African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences (AJAPAS)
Online ISSN: 2957-644X
Volume 4, Issue 4, 2025
Page No: 865-872
Website: https://aaasjournals.com/index.php/ajapas/index
ISI 2025: 1.126 **SJIFactor 2024: 6.752** **معامل التأثير العربي: 1.62**

Biosynthesis of silver nanoparticle from water extract and decaffeinated extract from green tea

Najla Mohamed Worayet [*1], Aisha Mohamed Al-Qallal [2], Selima Anwar Damouna [3]
[1,3] Department of Chemistry, Faculty of Science, Misrata University, Misrata, Libya
[2] Department of General Materials, Faculty of Technical Sciences, Misrata, Libya

التصنيع الحيوي للفضة النانوية من المستخلص المائي والمستخلص منزوع الكافيين للشاي الأخضر

نجلاء محمد وريث [*1]، عائشة محمد القلال [2]، سليمة أنور دمونة [3]
[1،3] قسم الكيمياء، كلية العلوم ، جامعة مصراتة، مصراتة، ليبيا
[2] قسم المواد العامة، كلية العلوم التقنية، مصراتة، ليبيا

[*]Corresponding author: n.wryt@sci.misuratau.edu.ly

Received: October 17, 2025	Accepted: December 23, 2025	Published: December 28, 2025

Abstract
Biosynthesis of metallic nanoparticles has attracted tremendous attention in recent years, numerous environmentally synthesis methods have been developed yielding nanoparticles via low cost, eco-friendly, and simple approaches. In this study, silver nanoparticles were synthesized using ultrasonic wave, Green Tea extract at room temperature, silver nanoparticle successfully synthesized. The formation of silver nanoparticle is confirmed by UV-VIS spectroscopy the absorption beak of surface plasmon resonance for nanoparticle synthesis from Green Tea extract at 444 nm while the nanoparticle synthesis from decaffeinated extract at 436nm. The FT-IR results revealed that the functional chemical groups in Green Tea significantly contributed to the synthesis of nanoparticles. The caffeine removal from Green Tea causes shifted in the peak of surface plasmon resonance to lower wavelength and the nanoparticles take more time to form.

Keywords: Green Tea, Biosynthesis, Siler nanoparticle, Caffeine.

الملخص
التصنيع الحيوي لجسيمات الفضة النانوية حظى باهتمام كبير في السنوات الأخيرة وتم تطوير العديد من الطرق البسيطة ومنخفضة التكلفة والصديقة للبيئة ، في هذه الدراسة تم استخدام الموجات فوق الصوتية في تحضير جسيمات الفضة النانوية من المستخلص المائي والمستخلص منزوع الكافيين للشاي الأخضر في درجة حرارة الغرفة باعتبارها طريقة آمنة وسهلة وغير مكلفة أو ضارة بالبيئة، جسيمات الفضة النانوية صنعت بنجاح وتم إثبات تصنيع الجسيمات باستخدام طيف الأشعة فوق البنفسجية والمرئية حيث أظهرت الجسيمات قمة امتصاص تعود لرنين بلازمون السطح عند 444 نانومتر للجسيمات المحضرة من مستخلص الشاي بينما أظهرت الجسيمات المحضرة من المستخلص منزوع الكافيين قمة امتصاص عند 436 نانومتر على التوالي. وأظهرت نتائج الأشعة تحت الحمراء أن المركبات الفعالة الموجودة في مستخلص الشاي الأخضر تعمل على اختزال وتثبيت أيون الفضة. إزالة الكافيين تسببت في إزاحة القمة التي تعود لرنين بلازمون السطح إلي طول موجي أقل كذلك أدى نزع الكافيين إلى زيادة الزمن اللازم لتكون جسيمات الفضة النانوية.

الكلمات المفتاحية: الشاي الأخضر، فضة نانوية، كافيين، التصنيع الحيوي.

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمة

تم اشتقاق كلمة نانو من الكلمة الإغريقية "Nanos" التي تعني القزم، ويقصد بها كل ما هو صغير النانو في النظام المتري هي 10^{-9}[1] الجسيمات النانوية هي دقائق متناهية الصغر تحتوي على بعد واحد على الأقل يتراوح بين 1-100 نانومتر يمكن الحصول عليها من مواد مختلفة مثل الفلزات كالذهب والفضة ونظراً لصغر حجمها فإن صفاتها تختلف عن المواد الأكبر حجما، وتتنوع من حيث طبيعة مصدرها إلى طبيعية أو مصنعة وقد تكون مواد عضوية أو غير عضوية [2]. تختلف الخصائص الميكانيكية، الفيزيائية، والبيولوجية للمواد النانوية اختلافا جوهريا في المقياس النانوي ومن الأسباب الرئيسية في هذا الاختلاف زيادة المساحة للمواد عند الحجم النانوي أي زيادة عدد الذرات المتواجدة على السطح، مما يزيد من نشاطها الكيمائي وذلك لأن التفاعلات الكيميائية تحدث عند السطح. التأثير الكمي نظرا لأبعادها الصغيرة التي تقترب من الأبعاد الذرية. [3] يعتبر الشاي من أكثر أنواع المشروبات الشعبية انتشارا في إنحاء العالم، و يحتوي على مضادات الأكسدة التي يمكن أن تساعد على تأخير حدوث الشيخوخة، كما تساعد في تجديد الخلايا وإصلاحها، وله القدرة أيضا على مقاومة نمو الكائنات الحية الدقيقة. كما يمكن للشاي أن يقلل من أمراض القلب والشرايين، وتعزيز صحة الفم، والحد من ارتفاع ضغط الدم . [5,4]الكافيين يتواجد بشكل طبيعي في أوراق، ثمار وبذور أكثر من 63 نوع من النباتات في العالم إذ يعمل مبيدا للآفات الطبيعية وهو مسحوق أبيض اللون ذو طعم مر اسمه العلمي trimethylxanthine -1,3,7 وصيغته الكيميائية $C_8H_{10}N_4O_2$ من أشهر مصادره حبوب البن، حبوب الكاكاو و أوراق الشاي. وهو عقار شبه قلوي من عائلة ميثيل زانثتين methylxanthine صنف من العقاقير المنشطة الأكثر استهلاكا حول العالم يتواجد في عدة مشروبات شائعة الاستهلاك كالمنبهات ومشروبات الطاقة حيث يعمل كمنبه للجهاز العصبي المركزي.[6] التصنيع الكيميائي للجسيمات النانوية ممكن أن يؤدي الي وجود بعض المواد الضارة ممتصة على سطح الجسيمات مما يسبب في وجود أضرار جانبية عند استخدامها في التطبيقات المختلفة، أما تصنيع الجسيمات النانوية بالطرق الخضراء بالإمكان أن يتم تلافي وجود مثل هذه المواد على سطح الجسيمات[7]. تستخدم المستخلصات النباتية مثل مستخلصات الشاي الأخضر في عملية تحضير الفضة النانوية بما يحتويه من مركبات مضادة للأكسدة قادرة على اختزال أيونات الفضة إلى الشكل المعدني دون الحاجة لاستخدام مواد كيميائية ضارة وتعتبر هذه الطريقة صديقة للبيئة وتساهم في التقليل من التكاليف[8] يهدف هذا البحث إلي تحضير جسيمات فضة نانوية باستخدام مستخلص الشاي الأخضر والشاي منزوع الكافيين.

الطرق والمواد materials and methods

جمع العينات: تم جمع عبوات من الشاي الأخضر نوع محمود مصنع في سيرلانكا من محلات تجارية محلية بمدينة مصراتة.

المواد الكيميائية المستخدمة:

نترات الفضة Extra pure من شركة Carlo Erba، ثنائي كلور ميتان بنسبة 99.9% من شركة Carlo Erba، ماء منزوع الأيونات.

الأجهزة المستخدمة:

محرك المغناطيسي Magnetic stirrer خلاط كهربائي ميزان حساس sensitive balance، جهاز الموجات فوق الصوتية ultrasonic generator PHYWE جهاز طيف الأشعة تحت الحمراء (Spectrometer (frontier -USA Spectrometer Agilent Technologies cary جهاز طيف الأشعة فوق البنفسجية IR -perkin Elmer FT 60UV-Vis Malaysia جهاز الطرد المركزي. Centerfuge Hettich ROTOFIX 32A

تحضير المستخلص المائي للشاي الأخضر

تم تحضير المستخلص كما هو مذكور في[9]مع بعض التعديلات حيث لم يتم استخدام حرارة في تحضير المستخلص بل عرض للموجات فوق الصوتية و الطريقة باختصار أخذت أوراق الشاي الأخضر ووضعت في الخلاط الكهربائي لتحويلها إلي مسحوق، تم أخذ 1جم من مسحوق الشاي الاخضر أضيف إليه 40 مل من الماء منزوع الأيونات وعرض للموجات فوق الصوتية لمدة 30 دقيقة باستخدام مولد موجات ووضع المزيج بعد ذلك على المحرك المغناطيسي لمدة 24 ساعة بعد مرور 24 ساعة رشح المحلول باستخدام القماش مرتين وبعدها رشح باستخدام ورقة Whatman رقم 1 وحفظ المستخلص في قنينة زجاجية داخل الثلاجة. [11,10]

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

تحضير جسيمات الفضة النانوية من مستخلص الشاي الأخضر بالتعريض الموجات فوق الصوتية

تم إضافة 3مل من المستخلص المائي للشاي الأخضر إلى 40 مل من محلول نترات الفضة (0.01مولاري) وتكون الإضافة على شكل قطرات باستخدام القطارة مع التحريك المستمر عند درجة حرارة الغرفة، بعد الانتهاء من الإضافة يوقف التحريك ويعرض المحلول للموجات فوق الصوتية لمدة 30 دقيقة ويتم حفظ المحلول في مكان مظلم عند درجة حرارة الغرفة مع ملاحظة تغير اللون بمرور الوقت بعد مرور 24ساعة يوضع المحلول في جهاز الطرد المركزي لمدة 15 دقيقة بسرعة 15000دورة/ دقيقة للحصول على راسب يتم تجفيفه. [11]

استخلاص الكافيين من الشاي الاخضر باستخدام الموجات فوق الصوتية

تم أخذ 15 جم من مسحوق الشاي الاخضر في كأس واضيف إليه 90 مل من ماء منزوع الايونات و وضع على محرك مغناطيسي عرض المحلول للموجات فوق صوتية لمدة 30 دقيقة وترك على المحرك المغناطيسي لمدة 24 ساعة تم استخلاص الكافيين من المحلول باستخدام قمع الفصل وذلك بوضع المحلول بعد مرور 24 ساعة في قمع الفصل وأضيف إليه ثنائي كلور ميتان وفي كل مرة يرج القمع عدة مرات ويترك على الحامل ليسقر و بعد انفصال المحلول إلي طبقتين طبقة عضوية وطبقة مائية ثم إزالة طبقة ثنائي كلوريد ميثان (الطبقة العضوية) في دورق نظيف وجاف، تكرر العملية ثلاث مرات. [12]

تحضير جسيمات الفضة النانوية من مستخلص الشاي الاخضر منزوع الكافيين

تم إضافة 3مل من مستخلص الشاي منزوع الكافيين إلي 40 مل من نترات الفضة (0.01) وتكون الإضافة على شكل قطرات باستخدام قطارة مع التحريك عد الانتهاء من الإضافة يوقف التحريك ويعرض المحلول للموجات فوق الصوتية لمدة 30 دقيقة ويتم حفظ المحلول في مكان مظلم عند درجة حرارة الغرفة مع ملاحظة تغير اللون بمرور الوقت بعد مرور 24 ساعة، يوضع المحلول في جهاز الطرد المركزي لمدة 15 دقيقة بسرعة 15000 دورة دقيقة للحصول علي راسب يتم تجفيفه. [11]

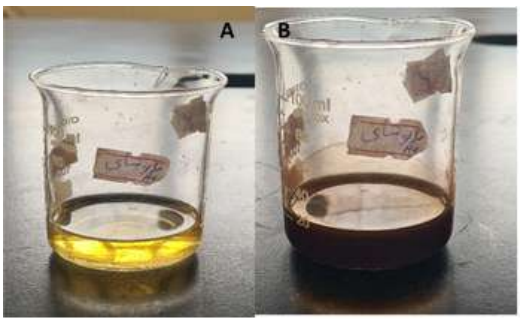
تشخيص جسيمات الفضة النانوية

تم قياس طيف الامتصاص لكل من محلول نترات الفضة والمستخلصات النباتية (الشاي والشاي منزوع الكافيين) قبل وبعد إضافتها لنترات الفضة وذلك باستخدام جهاز مطياف الاشعة المرئية وفوق البنفسجية uv-vis في المدى 200-800 نانومتر، وتم قياس طيف الاشعة تحت الحمراء لمستخلص الشاي الأخضر ولجسيمات الفضة النانوية.

النتائج والمناقشة

جسيمات الفضة النانوية المحضرة من مستخلص الشاي

بعد الانتهاء من إضافة مستخلص الشاي إلى محلول نترات الفضة لوحظ تغير لون المحلول إلى اللون الأصفر وبعد تعريض المحلول للموجات فوق الصوتية لوحظ بعد مرور حوالي 15 دقيقة تغير لون المحلول إلى اللون البني الغامق كما هو موضح في الشكل (1)، تغير اللون دلالة على تكون جسيمات الفضة النانوية،

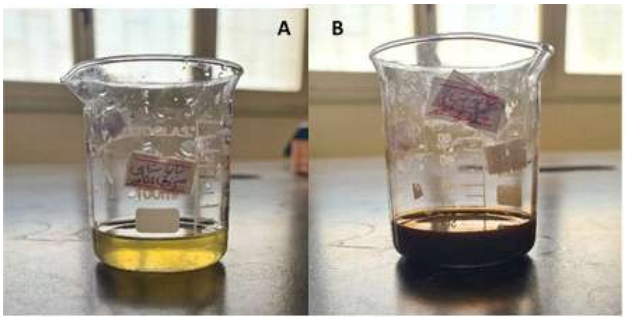


شكل 1: تغير اللون دلالة تكون جسيمات نانوية A لون المحلول بعد إضافة المستخلص B لون المحلول بعد مرور وقت من إضافة المستخلص.

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

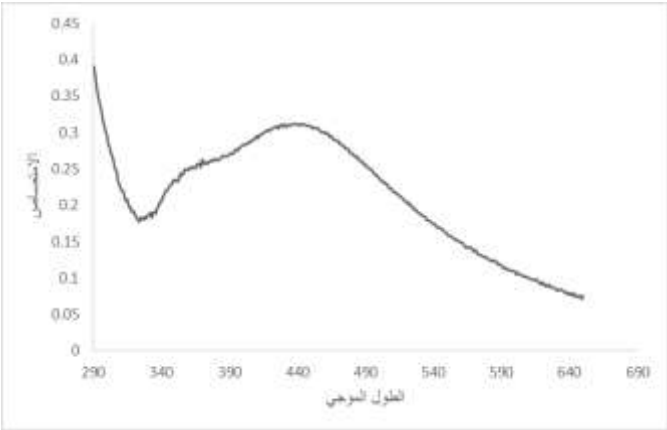
جسيمات الفضة النانوية المحضرة من مستخلص الشاي منزوع الكافيين

بعد الانتهاء من إضافة مستخلص الشاي منزوع الكافيين إلى محلول نترات الفضة لوحظ تغير لون المحلول إلى اللون الأصفر وبعد تعريض المحلول للموجات فوق الصوتية لوحظ بعد مرور حوالي 15 دقيقة تغير لون المحلول إلى اللون البني الغامق كما هو موضح في الشكل (2)، تغير اللون دلالة على تكون جسيمات الفضة النانوية،



شكل 2: تغير اللون دلالة على تكون جسيمات نانوية A لون المحلول بعد إضافة المستخلص منزوع الكافيين B لون المحلول بعد مرور وقت من اضافة المستخلص.

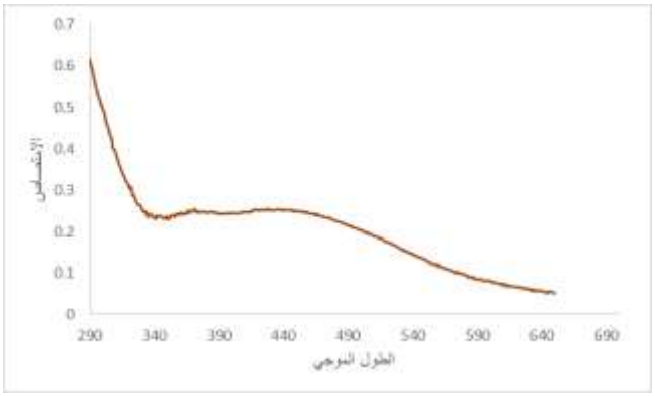
نتائج الاشعة فوق البنفسجية والمرئية UV-Vis



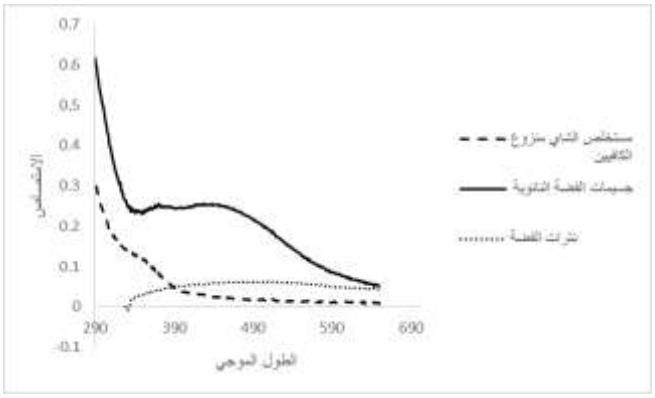
شكل 3: يوضح نتائج الأشعة فوق البنفسجية والمرئية لجسيمات الفضة النانوية المحضرة من مستخلص الشاي.

لإعطاء دليل اخر على تكون جسيمات الفضة النانوية تمت دراسة طيف المركب باستخدام جهاز الطيف فوق البنفسجي والمرئي حيث أظهرت الجسيمات النانوية المحضرة باستخدام المستخلص المائي للشاي وكذلك الجسيمات المحضرة باستخدام المستخلص المائي لشاي منزوع الكافيين قمة امتصاص عند 444 و 436 نانومتر على التوالي كما هو موضح في الشكل (3و4) وهذا يتفق مع نتائج دراسات سابقة [9] والتي تقول أن جسيمات الفضة النانوية تعطي قمة امتصاص في المدي 400-450نانومتر. ان ظهور الذروة المرتفعة هو النمط الطيفي الذي يحدث بسبب إثارة البلازمونات السطحية الموضعية التي تسبب تشتتا قويا للضوء بواسطة مجال كهربائي بطول موجي معين حيث تحدث ظاهرة الرنين، يبدأ الارتفاع من حوالي300nm ويكون على شكل بيضاوي Paraboıc من الأعلى وله قمة تمثل اعلى امتصاصية تقع عند 444 nm و 436 للجسيمات المحضرة من الشاي والشاي منزوع الكافيين على التوالي تم تهبط بعدها. إن الشكل البيضاوي الذي رأسه إلى الأعلى وقاعدته إلى الأسفل دليل على المادة النانوية والتي تبدأ بالتأثر عند تعريضها للأشعة فوق البنفسجية المرئية. [تشير الحزم الظاهرة التي لوحظت في المركبات النانوية من المكونات الرئيسة (مستخلص الشاي، مستخلص الشاي منزوع الكافيين ومحلول نترات الفضة) بوضوح إلى حدوث تفاعل بين المكونين وتشكل مركب نانوي ما هو موضح في الشكل(5و6).

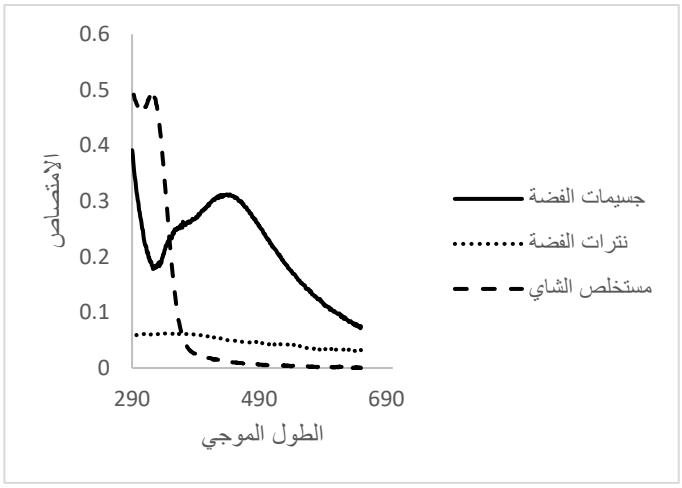
 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



شكل 4: يوضح نتائج الأشعة فوق البنفسجية والمرئية لجسيمات الفضة النانوية المحضرة من مستخلص الشاي منزوع الكافيين



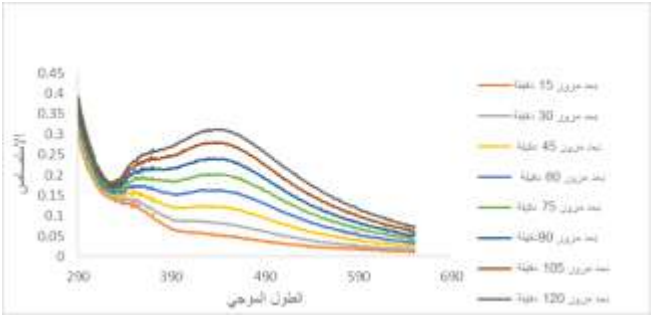
شكل 5: يوضح نتائج الأشعة فوق البنفسجية والمرئية لمستخلص الشاي ونترات الفضة وجسيمات الفضة النانوية



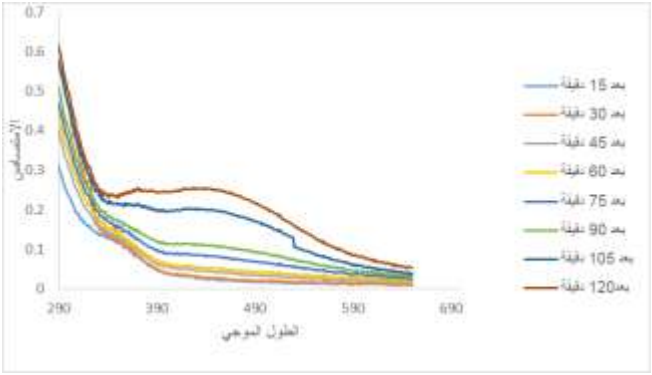
شكل 6: يوضح نتائج الأشعة فوق البنفسجية والمرئية لمستخلص الشاي ونترات الفضة وجسيمات الفضة النانوية

عند المقارنة بين سرعة تكون جسيمات الفضة النانوية المحضرة من مستخلص الشاي والجسيمات المحضرة من مستخلص الشاي منزوع الكافيين نلاحظ أن الجسيمات المحضرة من مستخلص الشاي تتكون اسرع من الجسيمات المحضرة من الشاي منزوع الكافيين كما هو موضح في الشكل (7و 8) حيث تم تتبع تكوين الجسيمات النانوية بواسطة طيف الاشعة فوق البنفسجية والمرئية وذلك بقياس الامتصاص كل 15 دقيقة لمدة ساعتين من بداية إضافة المستخلص لمحلول نترات الفضة.

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

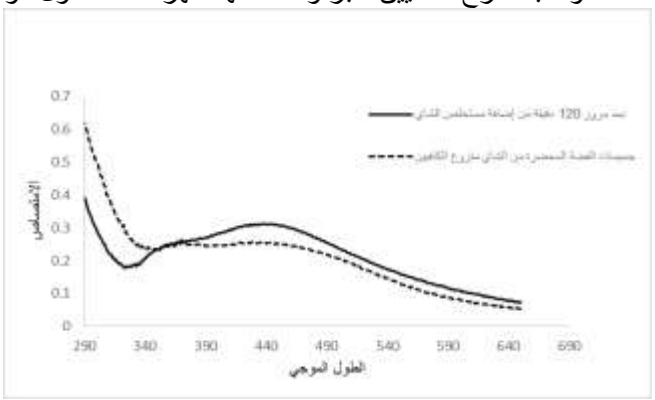


شكل 7: يوضح نتائج تتبع تكون جسيمات الفضة النانوية كل 15 دقيقة من إضافة مستخلص الشاي إلي محلول نترات الفضة



شكل 8: يوضح نتائج تتبع تكون جسيمات الفضة النانوية كل 15 دقيقة من إضافة مستخلص الشاي منزوع الكافيين إلي محلول نترات الفضة.

كما لوحظ أن الجسيمات المحضرة من مستخلص الشاي منزوع الكافيين كانت شدة الامتصاص لها أقل من شدة الامتصاص للجسيمات المحضرة من مستخلص الشاي بعد مرور ساعتين من بداية التفاعل كما هو موضح في الشكل(9) يمكن القول أن الكافيين يلعب دورا في اختزال أيون الفضة فمن المعروف أن الكافيين والبولي فينولات بإمكانها تكوين معقد مع ايونات فلزية في المحلول واختزالهم الي فلزات. إن الكافيين والبولي فينولات في هذه الدراسة تعمل كعامل اختزال وتثبيت لجسيمات الفضة وبالتالي عند نزع الكافيين من مستخلص الشاي استغرقت الجسيمات وقت أطول نسبيا لتتكون و من الممكن أن يكون حجم الجسيمات المتكونة بعد نزع الكافيين أكبر وذلك لأنها ظهرت عند طول موجي اصغر.

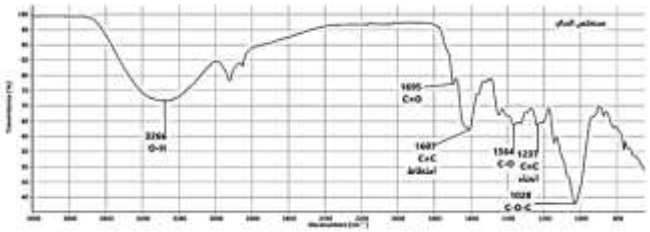


شكل 9: يوضح شدة الامتصاص للجسيمات المحضرة من مستخلص الشاي والشاي منزوع الكافيين بعد مرور ساعتين من إضافة المستخلص لمحلول نترات الفضة.

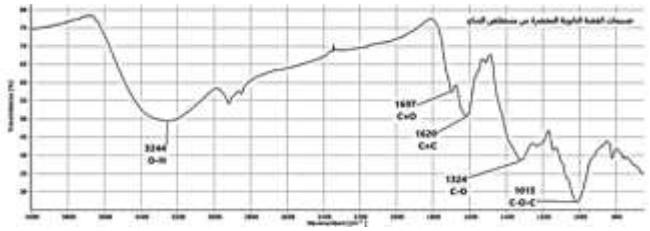
ـ نتائج الاشعة تحت الحمراء FT-IR

للتعرف على المجاميع الفعالة التي يحتويها المستخلص والمسؤولة عن اختزال نترات الفضة إلى جسيمات فضة نانوية والمجاميع الموجودة على سطح الجسيمات والتي تعمل على تثبيتها، استخدم مطياف الأشعة تحت الحمراء للمستخلص النباتي قبل وبعد إضافة نترات الفضة وكانت النتائج كما هو موضح في الشكل. (10و11و12)

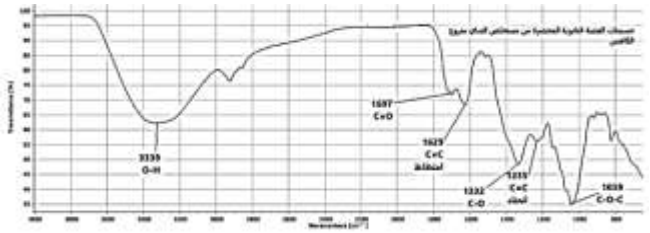
 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).



شكل 10: يوضح طيف الأشعة تحت الحمراء لمستخلص الشاي



شكل 11: يوضح طيف الأشعة تحت الحمراء لجسيمات الفضة النانوية المحضرة من مستخلص الشاي



شكل 12: يوضح طيف الأشعة تحت الحمراء لجسيمات الفضة النانوية المحضرة من مستخلص الشاي منزوع الكافيين

تظهر نتائج FT-IR أن كل العينات تحتوي على مجاميع كحولية فينولية وكربوكسيلية وذلك لوجود قمة امتصاص عريضة تعود لحزمة امتصاص مجموعة الهيدروكسيل O-H عند 3266-3339 سم$^{-1}$ وجود الكيتونات، الالدهيدات و الاسترات من الممكن الاستدلال عليه بوجود حزم الامتصاص عند 1695-1697 سم$^{-1}$ والتي تشير إلى امتطاط C=O، بينما حزمة الامتصاص عند 1235-1237 سم $^{-1}$تعود إلي امتصاص الانحناءbending لـ C=C حزمة الامتصاص عند 1620-1629 سم$^{-1}$ تشير إلي حزمة امتطاط C=C الاروماتية بينما قمة الامتصاص عند 1332-1364 سم$^{-1}$ تشير إلي مجموعة C-O الفينولية، قمة الامتصاص عند 1015-1039 سم$^{-1}$ تعود إلي امتصاص مجموعة C-O-C الايثر الاروماتي او السكريات المتعددة بالتالي فإن نتائج FT-IR تشير إلي وجود مركبات عضوية من مستخلص الشاي الأخضر على سطح الجسيمات النانوية وهذا يتفق مع نتائج دراسات سابقة [13-14] وعند مقارنة نتائج IR لمستخلص الشاي بجسيمات الفضة النانوية يمكن أن يشير انخفاض حزم الامتصاص التي تعود إلي امتطاط C=O و C=C وزيادة حزم الامتصاص التي تعود إلي انحناء C=O و C=C الي ان هذه المركبات تلعب دورا في اختزال أيونات الفضة إلي جسيمات فضة نانوية وبالتالي من الممكن القول ان المركبات الفعالة الموجودة في مستخلص الشاي تعمل على اختزال أيونات الفضة وتعمل كعوامل لتثبيت جسيمات الفضة النانوية.

الاستنتاج:

تم استخدام الموجات فوق الصوتية في تحضير جسيمات الفضة النانوية من المستخلصات المائية والمستخلصات المائية منزوعة الكافيين للشاي الأخضر باعتبارها طريقة آمنة وسهلة وغير مكلفة أو ضارة بالبيئة، وتم إثبات تصنيع الجسيمات باستخدام طيف الأشعة فوق البنفسجية كما أظهرت نتائج الأشعة تحت الحمراء أن المركبات الفعالة الموجودة في مستخلص الشاي الأخضر تعمل على اختزال وتثبيت أيون الفضة.

Compliance with ethical standards

Disclosure of conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

 Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

المراجع:

1. لخراز، م. ع.، الباقرمي، ع. م.، عميش، ع. م. 2022. "تخليق جسيمات الفضة النانوية باستخدام المستخلصات المائية لنباتات إكليل الجبل، الزعتر والبردقوشة." مجلة العلوم، جامعة مصراتة، عدد خاص بالمؤتمر السنوي السادس حول نظريات وتطبيقات العلوم الأساسية والحيوية، pp. 133-147.
2. حلفاوي، ف. 2020. "التكنولوجيا النانوية ومعالجة المحيط: تطبيق الجسيمات النانوية في مجال تنقية المياه." رسالة ماجستير. جمهورية الجزائر، جامعة قاصدي مرباح.
3. صغيري، أ. و مسعي، ع. 2020. "تحضير وتشخيص والفاعلية البيولوجية لجسيمات أكسيد الزنك ZnO المفعل بـ TMSEDTA." رسالة ماجستير. جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي، جمهورية الجزائر الديمقراطية الشعبية.
4. GONDOIN ،A. ،GRUSSU ،D. ،STEWART ،D. و MCDOUGALL ،G. J. 2010. "White and green tea polyphenols inhibit pancreatic lipase in vitro." Food Research International ،vol. 43 ،pp. 1537-1544.
5. أبوشعاله، ف. ع. ب. و العصاوي، م. س. م. 2020. "التلوث البكتيري لبعض العلامات التجارية للشاي المنتشرة في مدينة مصراته - ليبيا." مجلة العلوم، جامعة مصراتة، عدد خاص بالمؤتمر السنوي حول نظريات وتطبيقات العلوم الأساسية، pp. 250-258.
6. AWAN ،T. I. ،BASHIR ،A. و TEHSEEN ،A. 2020. "Chemistry of nanomaterials: fundamentals and applications." Elsevier.
7. علوش، م. 2020. "التخليق الحيوي للجسيمات النانوية وتطبيقاتها في مجال مكافحة الآفات الزراعية." مجلة وقاية النبات العربية، vol. 38، no. 4، pp. 267-280.
8. Sari ،R. ،Hasan ،W. ،Hendradi ،E. 2024. "Green synthesis of antimicrobial silver nanoparticles using green tea extract: The role of concentration and pH." J Sains Farm Kiln ،vol. 11 ،no. 1 ،pp. 25-31.
9. GAO ،L. ،LI ،Q. ،ZHAO ،Y. ،WANG ،H. ،LIU ،Y. ،SUN ،Y.، WANG ،F. ،JIA ،W. و HOU ،X. 2017. "Silver nanoparticles biologically synthesized using tea leaf extracts and their use for extension of fruit shelf life." IET Nanobiotechnology ،vol. 11 ،pp. 637-643.
10. ELSUPIKHE ،R. F. ،SHAMELI ،K. ،AHMAD ،M. B. ،IBRAHIM ،N. A. و ZAINUDIN ،N. 2015. "Green sonochemical synthesis of silver nanoparticles at varying concentrations of κ-carrageenan." Nanoscale Research Letters ،vol. 10 ،pp. 1-8.
11. وريث، ن. م. و الشريف، ع. ح. 2023. "تحضير الفضة النانوية من قشور الليمون باستخدام الموجات فوق الصوتية." مجلة العلوم، جامعة مصراته، vol. 5، pp. 46-48.
12. السعداوي، إ. س.، إمحمد، إ. غ.، السعداوي، س. س. و الهبيل، ص. ع. 2016. "تقدير تركيز الكافيين في بعض المشروبات وتأثير استهلاكه على عينة من طلبة جامعة طرابلس." مجلة البحوث الأكاديمية، عدد خاص بالمؤتمر العلمي الأول للأمن الغذائي وسلامة الغذاء، pp. 10-24.
13. RóNAVáRI ،A. ،KOVáCS ،D. ،IGAZ ،N. ،VáGVöLGYI ،C. ،BOROS ،I. M. ،KóNYA ،Z. ،PFEIFFER ،I. KIRICSI ،M. 2017. "Biological activity of green-synthesized silver nanoparticles depends on the applied natural extracts: a comprehensive study." International Journal of Nanomedicine ،vol. 12 ،pp. 871.
14. ELBOSSATY ،W. 2017. "Green tea as a biological system for the synthesis of silver nanoparticles." J. Biotechnol. Biomater ،vol. 7.

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions, and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of **AJAPAS** and/or the editor(s). **AJAPAS** and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions, or products referred to in the content.

Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).