

تخليق جزيئات الذهب النانوية باستخدام مستخلص Annona muricata بذور نبات القشطة

عادل محمد مليطان^{1*}، مختار المبروك ابورزيزة²، امينة مفتاح الفلوس²

¹ قسم الكيمياء ، كلية العلوم ، جامعة مصراته ، مصراته ، ليبيا
² قسم الكيمياء ، كلية العلوم ، الجامعة الأسمرية الإسلامية ، زليتن ، ليبيا

* لمراسلة المؤلف: adel_mlitan@sci.misuratau.edu.ly

نشرت: 30 مارس 2025

قبلت: 17 مارس 2025

استلمت: 04 مارس 2025

الملخص:

تبحث هذه الدراسة في التركيب الأخضر لجسيمات الذهب النانوية (AuNPs) باستخدام مستخلص بذور القشطة *Annona muricata*. تم توصيف جسيمات الذهب النانوية المصنعة باستخدام مطيافية تحويل فورييه بالأشعة تحت الحمراء (FTIR) والمجهر الإلكتروني الماسح (SEM). أظهرت جسيمات الذهب النانوية المصنعة باللون الأخضر شكلاً كروياً إلى شبه كروي بأحجام تتراوح من 20 إلى 60 نانومتر (SEM) و تشير الأشعة تحت الحمراء (FTIR) إلى وجود القمة العريضة القوية التي لوحظت عند 3291.48 سم⁻¹ إلى اهتزازات تمدد هيدروكسيل، والتي يمكن أن تُعزى إلى وجود مركبات فينولية وكحولية في مستخلص البذور.

الكلمات المفتاحية: التخليق الحيوي ، جزيئات الذهب النانوية ، المواد الكيميائية النباتية.

Biosynthesis of Gold Nanoparticles Using Plant Seed Annona Muricata Extract

Adel Mohamed Mlitan^{1*}, Moktar M. Aburzeza²,

Amina Moftah Alfalos²

¹Department of Chemistry, Faculty of Science, University of Misurata, Misurata, Libya

²Department of Chemistry, Faculty of Science, Alasmariya Islamic University, Zliten, Libya

* Corresponding author: adel_mlitan@sci.misuratau.edu.ly

Received: Mar. 04, 2025

Accepted: Mar. 17, 2025

Published: Mar. 30, 2025

Abstract:

This study investigates the green synthesis of gold nanoparticles (AuNPs) using *Annona muricata* seed extract. The synthesized gold nanoparticles were characterized using Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR) and Scanning Electron Microscopy (SEM). The synthesized green gold nanoparticles showed a spherical to sub-spherical shape with sizes ranging from 20 to 60 nm (SEM). The strong broad peak observed at 3291.48 cm⁻¹ from FTIR indicates hydroxyl stretching vibrations, which can be attributed to the presence of phenolic and alcoholic compounds in the seed extract.

Keywords: Biosynthesis, gold nanoparticles, Phytochemicals.

1. المقدمة

في السنوات الأخيرة اكتسبت جسيمات النانو الذهبية (AuNPs) أهمية فريدة بسبب خصائصها الفيزيائية والكيميائية الفريدة، بما في ذلك رنين البلازمون السطحي، ونسبة السطح إلى الحجم العالية، وسهولة التشغيل [1،2] تجعل هذه الخصائص جسيمات النانو الذهبية مرشحين جاذبين لتطبيقات طبية حيوية مختلفة، بما في ذلك تشخيص السرطان والتصوير والعلاج [3،4] اكتسب تخليق جسيمات النانو الذهبية باستخدام المستخلصات النباتية، والمعروف باسم التخليق الأخضر، الاهتمام كبديل صديق للبيئة وفعال من حيث التكلفة للطرق الكيميائية التقليدية [5،6] يستفيد هذا النهج من خصائص الاختزال والاستقرار للجزيئات الحيوية المشتقة من النباتات، مما قد يضيف خصائص علاجية إضافية على الجسيمات النانوية [7،8] يوفر التخليق الأخضر العديد من المزايا مقارنة بالطرق التقليدية، بما في ذلك القضاء على المواد الكيميائية السامة، وظروف التفاعل المعتدلة، وإمكانية التوسع [9،10]. تُستخدم نبتة موريكاتا، المعروفة باسم القشطة أو الجرافيوولا، تقليدياً في العديد من الثقافات لخصائصها الطبية، بما في ذلك التأثيرات المحتملة المضادة للسرطان [11،12] تحتوي النبتة على مجموعة متنوعة من المركبات النشطة بيولوجياً، بما في ذلك الأستروجينينات والقلويدات والمركبات الفينولية والفلافونويدات [13،14] وقد أظهرت هذه المواد الكيميائية النباتية أنشطة بيولوجية مختلفة [15،16]. تهدف هذه الدراسة إلى التحقيق في التركيب الأخضر لجسيمات النانو الذهبية باستخدام مستخلص بذور موريكاتا، وتوصيف الجسيمات النانوية الناتجة. سيتم توصيف جسيمات النانو الذهبية المركبة بدقة باستخدام التحليل الطيفي بالأشعة تحت الحمراء بتحويل فورييه (FTIR)، والمجهر الإلكتروني الماسح (SEM).

الطرق والأجهزة:

2. التخليق الحيوي لجسيمات الذهب النانوية (AuNPs)

1.2 إعداد المواد النباتية:

تم جمع بذور *Annona muricata* وإثبات صحتها ومعالجتها. تم غسل البذور جيدًا وتجفيفها بالهواء وطحنها إلى مسحوق ناعم باستخدام مطحنة ميكانيكية. تم تخزين المسحوق في حاويات محكمة الغلق عند 4 درجات مئوية حتى حين الاستخدام.

2.2 تحضير المستخلص:

تم إجراء الاستخلاص المائي عن طريق خلط 10 جرام من مسحوق البذور مع 100 مل من الماء منزوع الأيونات. تم تسخين الخليط عند 60 درجة مئوية لمدة 30 دقيقة مع التحريك المستمر، ثم تم ترشيحه من خلال ورق الترشيح Whatman رقم 1. تم طرد المرشح بسرعة 10000 دورة في الدقيقة لمدة 15 دقيقة. تم جمع الجزء العلوي وتخزينه عند 4 درجات مئوية.

3.2 تخليق جسيمات الذهب النانوية:

تم إجراء تخليق جسيمات النانو الذهبية بإضافة مستخلص بذور نبات *A. muricata* إلى محلول 1 ملي مولار من حمض الكلورو أوريك (AuHCl_4) بنسبة 9:1. تم تحضير خليط التفاعل في درجة حرارة الغرفة مع التحريك المستمر لمدة 24 ساعة. تم الإشارة إلى تكوين جسيمات النانو الذهبية من خلال تغير اللون من الأصفر الباهت إلى الأرجواني الداكن.

3. توصيف جسيمات النانو الذهبية

1.3 مطيافية تحويل فورييه بالأشعة تحت الحمراء (FTIR):

تم إجراء تحليل FTIR لتحديد المجموعات الوظيفية المشاركة في اختزال وتثبيت جسيمات النانو الذهبية. تم تسجيل الأطياف على مطياف FTIR (Nicolet iS50, Thermo Fisher Scientific, USA) في نطاق 400-4000 cm^{-1} .

2.3 تحليل المجهر الإلكتروني الماسح (SEM)

للتعمق في مورفولوجيا السطح المعقدة والبنية الداخلية لنظام توصيل الدواء الخاص بنا، استخدمنا المجهر الإلكتروني الماسح عالي الدقة. سمحت لنا تقنية التصوير القوية هذه بالنظر إلى عالم النانو الخاص بجزيئاتنا، وكشف تفاصيل بالغة الأهمية حول حجمها وشكلها وخصائص سطحها.

(1) إعداد العينة:

تم تثبيت العينات بدقة على أعواد من الألومنيوم
تم إنشاء جسر موصل باستخدام شريط كربوني مزدوج الجوانب
لتعزيز وضوح الصورة، تم طلاء العينات بطبقة رقيقة من الذهب بسمك 10 نانومتر

(2) بروتوكول التصوير:

تم استخدام جهاز المسح الإلكتروني المتطور FEI Quanta 250 FEG (أو ما يعادله)
تم التقاط طيف التكبير (500x إلى 5000x)
تم استخدام جهد تسريع لطيف (5-10 كيلو فولت) للحفاظ على سلامة العينة
تم فحص كل من الأسطح الخارجية والمقاطع العرضية الداخلية
لقد سمح لنا هذا النهج الشامل بتصوير التحولات الشكلية المحتملة التي تحدث أثناء عملية إطلاق
الدواء، مما يوفر رؤى لا تقدر بثمن حول آليات إطلاق النظام والأداء العام.

4. النتائج والمناقشة**توصيف جسيمات الذهب النانوية:****تحليل FTIR**

تم استخدام مطيافية تحويل فورييه بالأشعة تحت الحمراء (FTIR) لتحديد المجموعات الوظيفية
الموجودة في الجسيمات النانوية الذهبية المصنعة بيولوجيًا باستخدام مستخلص بذور نبات
Annona muricata. يوفر هذا التحليل رؤى حاسمة حول الجزيئات الحيوية المسؤولة عن اختزال
أيونات الذهب واستقرار الجسيمات النانوية الناتجة (الشكل 1).

يُظهر طيف الأشعة تحت الحمراء بتقنية تحويل فورييه لجزيئات الذهب النانوية المصنعة عدة قمم
مميزة توضح طبيعة عوامل التغطية والتنشيط المستمدة من مستخلص بذور نبات *Annona*
muricata. تشير القمة العريضة القوية التي لوحظت عند 3291.48 سم⁻¹ إلى اهتزازات تمدد
هيدروكسيل، والتي يمكن أن تُعزى إلى وجود مركبات فينولية وكحولات في مستخلص البذور.
تُعرف هذه المركبات بخصائصها المضادة للأكسدة القوية ومن المرجح أن تلعب دورًا مهمًا في
اختزال أيونات الذهب إلى جسيمات نانوية.

تتوافق الذروة الملحوظة عند 2919.79 سم⁻¹ مع اهتزازات تمدد CH للألكانات، مما يشير إلى
وجود مركبات عضوية مختلفة من المستخلص النباتي. تشير هذه الذروة، إلى جانب الذروة الأصغر

عند 2851.48 سم⁻¹، إلى تورط الهيدروكربونات طويلة السلسلة في تغطية الجسيمات النانوية، مما قد يساهم في استقرارها.

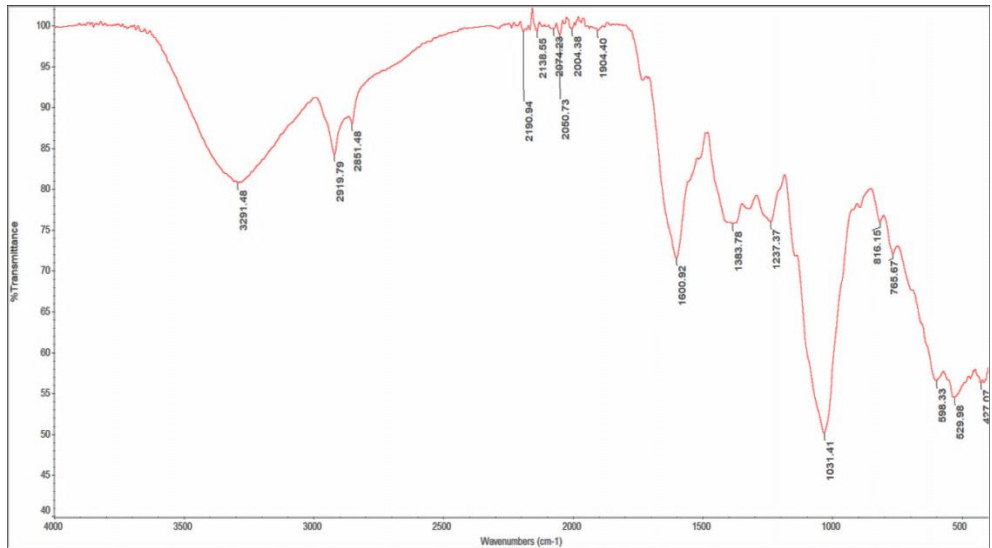
يكشف الطيف عن مجموعة من القمم في نطاق 2190.94 سم⁻¹ إلى 1904.40 سم⁻¹، مع ذروة ملحوظة عند 2050.73 سم⁻¹. يمكن أن ترتبط هذه القمم بتمدد $C\equiv N$ أو الروابط المزدوجة المتراكمة ($C=C=C$)، مما يشير ربما إلى وجود قلويديات أو مركبات أخرى تحتوي على النيتروجين في المستخلص. قد تساهم هذه المركبات في كل من عملية الاختزال والأنشطة البيولوجية للجسيمات النانوية المصنعة.

إن الذروة القوية عند 1600.92 سم⁻¹ هي سمة مميزة لتمدد $C=C$ في الحلقات العطرية و/أو تمدد $C=O$ في مجموعات الأמיד (نطاق الأמיד I). تشير هذه الذروة إلى وجود الفلافونويدات أو البروتينات، والتي تعد ضرورية لاستقرار الجسيمات النانوية وقد تساهم أيضًا في تعزيز أنشطتها البيولوجية. كما أن تورط البروتينات في تغطية الجسيمات النانوية مدعوم أيضًا بالذروة عند 1383.78 سم⁻¹، والتي تتوافق على الأرجح مع انحناء CH للألكانات أو تمدد NO المتماثل لمركبات النيترو.

يمكن أن يُعزى الذروة عند 1237.37 سم⁻¹ إلى اهتزازات تمدد ثاني أكسيد الكربون في الفينولات أو الإثيرات أو الإسترات، مما يؤكد وجود مركبات فينولية من مستخلص بذور أنونا موريكاتا. تُعرف هذه المركبات بخصائصها المضادة للأكسدة القوية وقد تلعب دورًا مزدوجًا في كل من تخليق الجسيمات النانوية الذهبية والأنشطة البيولوجية لها.

تشير الذروة القوية التي تم رصدها عند 1031.41 سم⁻¹ إلى اهتزازات تمدد أول أكسيد الكربون في الكحولات أو الأحماض الكربوكسيلية أو الإسترات أو الأثيرات. تشير هذه الذروة، إلى جانب الذروة عند 816.15 سم⁻¹ و 765.67 سم⁻¹ في منطقة بصمة الإصبع، إلى وجود مجموعات وظيفية مختلفة تحتوي على الأكسجين والتي من المحتمل أن تشارك في تثبيت الجسيمات النانوية.

يمكن أن ترتبط القمم عند 598.33 سم⁻¹ و 529.98 سم⁻¹ و 427.07 سم⁻¹ في منطقة الرقم الموجي الأدنى بروابط معدنية-أكسجين، مما يشير إلى التفاعل بين الجسيمات النانوية الذهبية والمجموعات الوظيفية المحتوية على الأكسجين من الجزيئات الحيوية. هذه التفاعلات ضرورية لاستقرار الجسيمات النانوية وقد تؤثر على حجمها وشكلها.



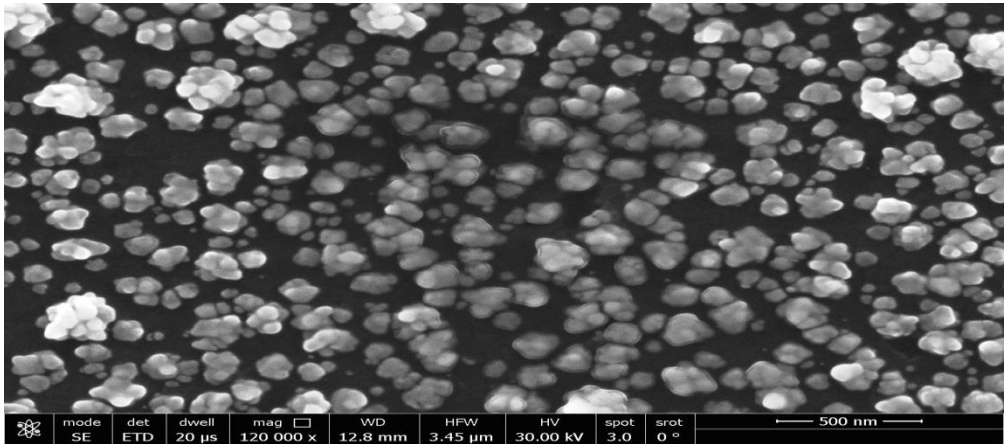
الشكل (1): نمط FTIR الموضح لجسيمات الذهب النانوية.

ومع ذلك، يوفر تحليل FTIR دليلاً قوياً على التخليق الحيوي الناجح لجزيئات الذهب النانوية باستخدام مستخلص بذور *A. muricata*. يكشف الطيف عن وجود العديد من المركبات النشطة بيولوجياً مثل الفينول والفلافونويد والبروتينات وربما القلويدات، والتي هي المسؤولة عن تقليل أيونات الذهب واستقرار الجسيمات النانوية الناتجة. لا تسهل هذه الجزيئات الحيوية عملية التركيب فحسب، بل تشكل أيضاً طبقة واقية حول الجسيمات النانوية، مما يعزز استقرارها وتوافقها البيولوجي. قد يساهم وجود هذه المركبات النشطة بيولوجياً على سطح الجسيمات النانوية الذهبية بشكل كبير في خصائصها المضادة للأكسدة الملحوظة ونشاطها المضاد للسرطان ضد خلايا سرطان الثدي الإيجابية لـ MCF-7. يمكن أن يفسر التأثير التآزري بين الخصائص الجوهريّة لجسيمات الذهب النانوية والمركبات النشطة بيولوجياً من مستخلص بذور *A. muricata*.

التوصيف المورفولوجي لجسيمات الذهب النانوية:

تحليل المجهر الإلكتروني الماسح (SEM)

تم إجراء مزيد من البحث في مورفولوجيا وخصائص سطح الجسيمات النانوية الذهبية المصنعة باللون الأخضر باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح (SEM). يوضح الشكل X صورة مجهرية عالية الدقة للمجهر الإلكتروني الماسح لجسيمات النانو الذهبية عند تكبير 120000 ضعف.



الشكل (2): صورة مجهرية بالمجهر الإلكتروني الماسح لجسيمات النانو الذهبية المصنعة باللون الأخضر عند تكبير 120000 ضعف. مقياس الشريط: 500 نانومتر.

يكشف تحليل المجهر الإلكتروني الماسح عن العديد من الميزات الرئيسية لـ AuNPs المصنعة:

1. مورفولوجيا الجسيمات: تظهر جسيمات النانو الذهبية أشكالاً كروية إلى شبه كروية بشكل أساسي، هذا الشكل نموذجي لجسيمات النانو الذهبية المصنعة باستخدام مستخلصات نباتية، حيث يمكن لمجموعة متنوعة من الجزيئات الحيوية أن تؤدي إلى اختلافات طفيفة في شكل الجسيمات.
2. توزيع الحجم: تظهر صورة المجهر الإلكتروني الماسح مجموعة من أحجام الجسيمات، حيث تقع غالبية الجسيمات ضمن نطاق قطر 20-60 نانومتر. مما يؤكد اتساق طريقة التوليف.
3. حالة التجمع: في حين يمكن رؤية بعض التجمعات الجزيئية، إلا أن جسيمات النانو الذهبية تبدو بشكل عام منتشرة بشكل جيد عبر مجال الرؤية.
4. الملمس السطحي: يكشف الفحص باستخدام تكبير أعلى عن خشونة سطحية طفيفة على بعض الجسيمات، والتي قد تُعزى إلى امتصاص المركبات العضوية من مستخلص بذور *Annona muricata* المستخدم في عملية التخليق الأخضر.

إن الشكل الكروي ونطاق الحجم (20-60 نانومتر) لجسيمات النانو الذهبية مناسبان بشكل خاص للتطبيقات الطبية الحيوية، حيث يمكن أن يسهل الامتصاص الخلوي والتفاعل مع الأنظمة البيولوجية.

5. الخاتمة

تُظهر هذه الدراسة نجاح التخليق الحيوي لجسيمات الذهب النانوية (AuNPs) باستخدام مستخلص بذور *Annona muricata* ونهج التوصيف باستخدام مطيافية تحويل فورييه بالأشعة تحت الحمراء (FTIR) الذي أظهر وجود مركبات فينولية وكحولية والمجهر الإلكتروني الماسح (SEM) الذي كشف عن تكوين جسيمات ذهب نانوية مستقرة وبلورية ذات مورفولوجيا كروية إلى شبه كروية في الغالب وأحجام تتراوح من 20 إلى 60 نانومتر.

المراجع

- [1] Y.-C. Yeh, B. Creran, and V. M. Rotello, "Gold Nanoparticles: Preparation, Properties, and Applications in Bionanotechnology," *Nanoscale*, vol. 4, no. 6, pp. 1871–1880, Mar. 2012, doi: <https://doi.org/10.1039/c1nr11188d>.
- [2] E. C. Dreaden, A. M. Alkilany, X. Huang, C. J. Murphy, and M. A. El-Sayed, "ChemInform Abstract: The Golden Age: Gold Nanoparticles for Biomedicine," *ChemInform*, vol. 43, no. 27, p. 2740-2779, Jun. 2012, doi: <https://doi.org/10.1002/chin.201227268>.
- [3] P. Ghosh, G. Han, M. DE, C. Kim, and V. Rotello, "Gold nanoparticles in delivery applications☆," *Advanced Drug Delivery Reviews*, vol. 60, no. 11, pp. 1307–1315, Aug. 2008, doi: <https://doi.org/10.1016/j.addr.2008.03.016>.
- [4] S. Hwang, J. Nam, S. Jung, J. Song, H. Doh, and S. Kim, "Gold nanoparticle-mediated photothermal therapy: current status and future perspective," *Nanomedicine*, vol. 9, no. 13, pp. 2003–2022, Sep. 2014, doi: <https://doi.org/10.2217/nnm.14.147>.
- [5] S. Iravani, "Green synthesis of metal nanoparticles using plants," *Green Chemistry*, vol. 13, no. 10, p. 2638-2650, 2011, doi: <https://doi.org/10.1039/c1gc15386b>.
- [6] M. S. Akhtar, J. Panwar, and Y.-S. Yun, "Biogenic Synthesis of Metallic Nanoparticles by Plant Extracts," *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, vol. 1, no. 6, pp. 591–602, Apr. 2013, doi: <https://doi.org/10.1021/sc300118u>.
- [7] P. Kuppusamy, M. M. Yusoff, G. P. Maniam, and N. Govindan, "Biosynthesis of metallic nanoparticles using plant derivatives and their new avenues in pharmacological applications – An updated report," *Saudi Pharmaceutical Journal*, vol. 24, no. 4, pp. 473–484, Jul. 2016, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jsps.2014.11.013>.
- [8] M. Ovais et al., "Green synthesis of silver nanoparticles via plant extracts: beginning a new era in cancer theranostics," *Nanomedicine*, vol. 11, no. 23, pp. 3157–3177, Dec. 2016, doi: <https://doi.org/10.2217/nnm-2016-0279>.
- [9] V. V. Makarov et al., "'Green' Nanotechnologies: Synthesis of Metal Nanoparticles Using Plants," *Acta Naturae*, vol. 6, no. 1, pp. 35–44, Mar. 2014, doi: <https://doi.org/10.32607/20758251-2014-6-1-35-44>.

- [10] I. Hussain, N. B. Singh, A. Singh, H. Singh, and S. C. Singh, "Green synthesis of nanoparticles and its potential application," *Biotechnology Letters*, vol. 38, no. 4, pp. 545–560, Dec. 2015, doi: <https://doi.org/10.1007/s10529-015-2026-7>.
- [11] S. Moghadamtousi, M. Fadaeinasab, S. Nikzad, G. Mohan, H. Ali, and H. Kadir, "Annona muricata (Annonaceae): A Review of Its Traditional Uses, Isolated Acetogenins and Biological Activities," *International Journal of Molecular Sciences*, vol. 16, no. 7, pp. 15625–15658, Jul. 2015, doi: <https://doi.org/10.3390/ijms160715625>.
- [12] A. V. Coria-Téllez, E. Montalvo-González, E. M. Yahia, and E. N. Obledo-Vázquez, "Annona muricata: A comprehensive review on its traditional medicinal uses, phytochemicals, pharmacological activities, mechanisms of action and toxicity," *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 11, no. 5, pp. 662–691, Jul. 2018, doi: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.01.004>.
- [13] Y. Gavamukulya, F. Abou-Elella, F. Wamunyokoli, and H. AEl-Shemy, "Phytochemical screening, anti-oxidant activity and in vitro anticancer potential of ethanolic and water leaves extracts of Annona muricata (Graviola)," *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, vol. 7, pp. S355–S363, Sep. 2014, doi: [https://doi.org/10.1016/s1995-7645\(14\)60258-3](https://doi.org/10.1016/s1995-7645(14)60258-3).
- [14] S. Sun, J. Liu, H. Kadouh, X. Sun, and K. Zhou, "Three new anti-proliferative Annonaceous acetogenins with mono-tetrahydrofuran ring from graviola fruit (Annona muricata)," *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, vol. 24, no. 12, pp. 2773–2776, Jun. 2014, doi: <https://doi.org/10.1016/j.bmcl.2014.03.099>.
- [15] M. P. Torres et al., "Graviola: A novel promising natural-derived drug that inhibits tumorigenicity and metastasis of pancreatic cancer cells in vitro and in vivo through altering cell metabolism," *Cancer Letters*, vol. 323, no. 1, pp. 29–40, Oct. 2012, doi: <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2012.03.031>.
- [16] A. K. Qazi et al., "Emerging therapeutic potential of graviola and its constituents in cancers," *Carcinogenesis*, vol. 39, no. 4, pp. 522–533, Feb. 2018, doi: <https://doi.org/10.1093/carcin/bgy024>.