



دراسة حول تأثير درجة الحموضة وزمن التلامس على كفاءة امتصاص ايونات الزرنيخ الثلاثي (III) من المحاليل المائية بواسطة مسحوق أوراق النيم (*Azadirachta indica*)

سامية أحمد الباهي

قسم الصحة العامة، كلية العلوم الصحية، جامعة مصراته، مصراته، ليبيا

البريد الإلكتروني samiaahmed7499@gmail.com

Study on the Effect of pH and Contact Time on the Adsorption Efficiency of Trivalent Arsenic (III) Ions from Aqueous Solutions Using Neem Leaf Powder (*Azadirachta indica*)

Samia Ahmed Elbahi

Department of Public Health, Faculty of Health Sciences, Misrata University, Misrata, Libya

تاريخ الاستلام: 2026/02/09 - تاريخ المراجعة: 2026/02/28 - تاريخ القبول: 2026/03/10 - تاريخ النشر: 2026/04/19

المخلص:

يشمل هذا البحث تحضير مسحوق أوراق شجرة النيم كمادة ماصة مشتقة من الكتلة الحيوية، ودراسة بعض العوامل المؤثرة الفيزيائية والكيميائية والكشف على علاقتها بالقدرة على الامتصاص، ويُظهر البحث اهتمامًا خاصًا بألية الامتصاص وفعالية الكتلة الحيوية منخفضة التكلفة، مما يوفر حلاً مستدامًا لإزالة أيونات الزرنيخ الثلاثي وتحديد فعاليات وتطوير ممارسات المعالجة الحيوية. يُعد التلوث الناتج عن الزرنيخ مشكلة بيئية رئيسية، ومن الضروري إيجاد حل لها، وهي الدافع وراء هذا البحث.

هدفت هذه الدراسة إلى تقييم نسبة إزالة أيونات الزرنيخ الثلاثي من المحاليل المائية باستخدام سلسلة من التجارب الدفعية على مسحوق أوراق شجرة النيم (*Azadirachta indica*)، ضمن درجات حموضة مختلفة.

تتناول هذه الدراسة إزالة أيونات الزرنيخ الثلاثي عن طريق امتزاز مسحوق أوراق شجرة النيم. تُظهر دراسات الامتزاز الدفعية أن لأوراق النيم قدرة كبيرة على امتزاز أيونات الزرنيخ الثلاثي من المحلول المائي. تشمل المعايير التي تم فحصها في هذه الدراسة، زمن التلامس ودرجة الحموضة.

دُرست تأثيرات زمن التلامس على الامتصاص الحيوي للزرنيخ لمدة تتراوح ما بين 60 و300 دقيقة، عند قيم مختلفة للرقم الهيدروجيني (4، 6، 9) في درجة حرارة 40 درجة مئوية. وتم ضبط الرقم الهيدروجيني باستخدام محاليل حمض الهيدروكلوريك. وجرعة من المادة الماصة الحيوية 10 جرام/لتر، وتركيز ابتدائي من الزرنيخ الثلاثي 20 (III) ملجم/لتر. تمت إزالة 90% من الزرنيخ الثلاثي (III) عند درجة الحموضة 6.

الكلمات المفتاحية: الزرنيخ الثلاثي، مسحوق أوراق شجرة النيم، زمن التلامس، درجة الحموضة، الامتصاص الحيوي.

Abstract:

This research involves the preparation of Neem leaf powder (*Azadirachta indica*) as a biomass-derived biosorbent. The study investigates several physicochemical factors and their correlation with adsorption capacity, with a particular focus on the adsorption mechanism and the efficacy of this low-cost biomass. This approach provides a sustainable solution for the removal of Arsenic (III) ions, aiming to determine effectiveness and advance bioremediation practices. Arsenic

contamination represents a major environmental challenge, and the urgent need for viable solutions serves as the primary motivation for this study.

The objective of this study was to evaluate the removal percentage of trivalent arsenic As (III) from aqueous solutions using a series of batch experiments on Neem leaf powder across various pH levels. The study explores the removal process through adsorption, where results indicate that Neem leaves possess a significant capacity for sequestering As (III) ions from aqueous media.

Key parameters examined in this study include contact time and pH. The effects of contact time on arsenic biosorption were studied over a range of 60 to 300 minutes, at different pH values (4, 6, and 9) and a constant temperature of 40°C. The pH levels were adjusted using Hydrochloric acid (HCl) solutions. With a biosorbent dosage of 10 g/L and an initial As (III) concentration of 20 mg/L, the maximum removal efficiency reached 90% at pH 6.

Keywords: As (III), Neem leaf powder, Contact time, PH, Bioabsorption.

المقدمة:

تُعد الزراعة والصناعة من أهم القطاعات التي تُطلق معدن الزرنيخ في البيئة. معظم أشكال الزرنيخ غير العضوية الموجودة في المياه الجوفية هي الزرنيخ الثلاثي (III) والزرنيخ الخماسي (V). يُعدّ الزرنيخ الثلاثي (III) أكثر خطورةً وُذوبانًا في المياه الجوفية من الزرنيخ الخماسي (V). من أهم الأضرار التي يسببها هي الإصابة بالسرطان، العقم والإجهاض لدى النساء، مشاكل القلب، تلف الدماغ وتلف الحمض النووي (DNA) بشكل ملحوظ عند استهلاك المياه الملوثة بالزرنيخ غير العضوي [1].

يُعدّ الزرنيخ عنصرًا شديد الخطورة ومسرطنًا، هو شبه فلز معروف بصلابته وهشاشته [5]. حرائق الغابات، والتجوية، والتعرية، والانفجارات البركانية هي بعض العمليات الطبيعية التي تُطلق الزرنيخ في البيئة [6]. علاوة على ذلك، تُساهم العمليات الصناعية مثل معالجة الزجاج والسبائك واستخدام المبيدات الحشرية في زيادة التلوث الناتج عن الزرنيخ [7].

استُخدمت العديد من التقنيات، بما في ذلك الترسيب المشترك مع الحديد أو الشب، والامتزاز على الندف المتخثرة، وراتنج التبادل الأيوني، والتناضح العكسي، وتقنيات الأغشية، لإزالة الزرنيخ من المحاليل المائية [2].

وتتطلب الحلول الفعالة اتخاذ إجراءات سريعة ومبنية على أسس علمية. فالزرنيخ والكاديوم والفلورايد والنيكل والزنك تشكل مخاطر صحية حتى بكميات ضئيلة على المدى الطويل [8]. ونظرًا لسميتها وثباتها في البيئة، تتجاوز المعادن الثقيلة المستويات الآمنة، مما يُسبب مخاطر صحية جسيمة [3]. وضعت منظمة الصحة العالمية والولايات المتحدة الأمريكية حدًا آمنًا قدره 10 ميكروغرام/لتر للزرنيخ في مياه الشرب

[9]. ومن الجدير بالذكر أنه يُسمح بكميات أعلى من الزرنيخ في بعض الدول، مثل بنغلاديش والصين وغيرها، مما يُساهم في زيادة المخاطر الصحية [10].

وتكمن الحاجة الملحة في تطوير أساليب مستدامة لإزالة تلوث الزرنيخ، قابلة للتطبيق على مستوى الأسر والمجتمعات [7]. تشمل الطرق المختلفة لإزالة الزرنيخ من الماء التبادل الأيوني [11]، والتخثير [12]، والتليد [13]، والأكسدة [14]، والامتزاز [15]، والترسيب [16]، والأغشية لأساليب [17]

يُعدّ الامتزاز تقنية واعدة لمعالجة الزرنيخ والتخلص من الملوثات الضارة [19]. يزيل الامتزاز الزرنيخ من المياه بصفة عامة، بما فيها مياه الصرف الصحي، وذلك لكون العملية فعالة بدون رواسب، ومنخفضة التكلفة [24]. هذا النهج متعدد الاستخدامات مناسب للتطبيقات واسعة النطاق وصغيرة النطاق، وهو ما يُعدّ ميزة خاصة للدول النامية [20]. بينما تعاني المواد الماصة التقليدية من تحديات مثل ارتفاع الأسعار وعدم كفاءة الإزالة، يبرز الامتزاز باستخدام مواد ماصة مشتقة من الكتلة الحيوية كحلّ عمليّ للتلوث، ولا سيما الزرنيخ [25].

تُعدّ الكتلة الحيوية، التي تشمل المخلفات الزراعية وبقايا الغابات، مادة ماصة منخفضة التكلفة وصديقة للبيئة ومفيدة بيئيًا (الامتزاز الحيوي) وتستخدم في معالجة المياه [27]. وبفضل بنيتها المسامية، وفرة تجديدها القصيرة، وفعاليتها، ومجموعاتها الوظيفية المتنوعة، يمكنها امتزاز الملوثات من مياه الصرف الصحي. وتحظى المواد الماصة المشتقة من الكتلة الحيوية باهتمام متزايد، وتخضع لأبحاث مكثفة لإزالة الزرنيخ نظرًا لخصائص سطحها المواتية، وتكلفتها المعقولة، وملاءمتها للبيئة [30].

حيث أُجري هذا العمل لتقييم استخدام مسحوق أوراق النيم دون أي معالجة مسبقة كمادة ماصة بديلة لإزالة الزرنيخ من المحاليل المائية. ينصب تركيزنا على دراسة تأثير بعض العوامل في إزالة أيونات الزرنيخ من المحاليل المائية.

المواد وطرق العمل:

1. تحضير المحلول القياسي من الزرنيخ الثلاثي (III) As:

بإذابة كمية مناسبة من الزرنيخ في 1000 مل من المحلول القياسي، تم تحضير محلول قياسي من الزرنيخ الثلاثي (As (III)) بتركيز 1.32 ج/1000 مل. ثم تم تخفيف المحلول القياسي بالماء المقطر لإجراء التجربة على دفعات للوصول إلى تركيز الزرنيخ المطلوب 10 جم/لتر [31].

2. تحضير المادة الماصة الحيوية (مسحوق أوراق النيم):

بعد تجفيفها تحت أشعة الشمس لمدة يومين، استُخدم الماء المقطر لإزالة أي غبار أو أوساخ متبقية. تمت غربلة مسحوق الاوراق باستخدام منخل رقم 200 وحفظت في عبوات بلاستيكية محكمة الإغلاق ومُعَلَّمة لاستخدامها لاحقاً. صغر حجم الجسيمات عملية الامتصاص الحيوي.

3. تحضير عينات المياه الملوثة الزرنيخ الثلاثي (III) As:

تم وضع 10 جم/ لتر من المواد الماصة الجافة مسحوق أوراق النيم في سلسلة من القوارير المعملية عبوة 100 مل والتي تحتوي على عينات المياه الملوثة والمحضرة مسبقاً، وذات تركيز 20 ملجم/لتر من معدن الزرنيخ الثلاثي. تم استخدام HNO₃ أو NH₃ للحصول على معايير مختلفة من الأس الهيدروجيني المستخدمة في البحث (3، 6، 9).

في درجة حرارة 40 درجة مئوية، رجت محتويات القوارير باستخدام جهاز الطرد المركزي 300 دورة في الدقيقة عند 40 درجة مئوية. تمت معايرة محتويات القوارير في أوقات زمنية مختلفة (60، 90، 120، 240 و300) دقيقة من بداية التعرض. تم ترشيح النفايات السائلة المعالجة بورق ترشيح Whatman 1 وحساب الكمية الممتصة للكروم بواسطة جهاز مقياس الطيف الضوئي Atomic adsorption spectrometer (AAS).

تم حساب النسبة المئوية لكفاءة امتصاص الزرنيخ على النحو التالي:

$$R\% = [C_0 - C_e]/C_0 \times 100$$

حيث R% هي النسبة المئوية لكفاءة الامتزاز،

C_0 = التركيز الاولي لأيون الزرنيخ قبل المعالجة

C_e = التركيز المتبقي لأيون الزرنيخ بعد المعالجة

تم تحضير هذه التركيزات مسبقاً. تم استخلاص الكتلة الحيوية من محاليل العينات بالترشيح، وتم قياس تركيز الزرنيخ في الراشح. استُخدم مطياف ضوئي لتحديد كمية الزرنيخ المتبقية بعد عملية الامتزاز الحيوي. تمت دراسة تأثير درجة الحموضة ومدة التلامس.

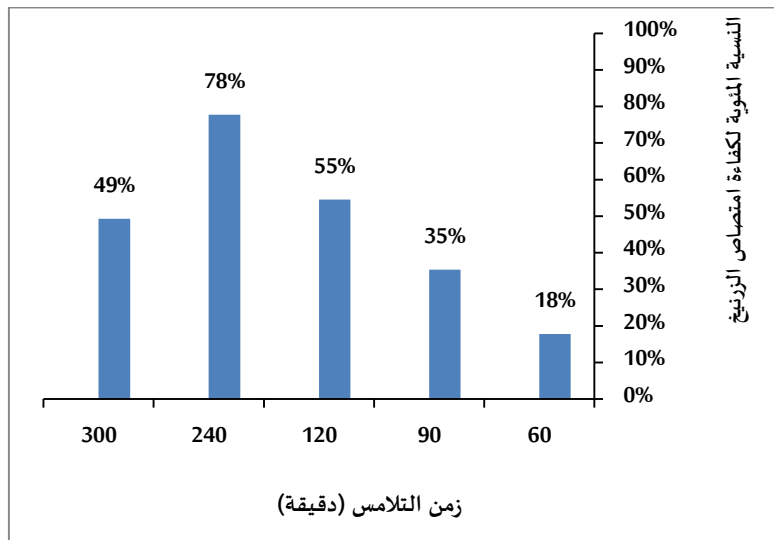
النتائج والمناقشة:**1. تأثير وقت التلامس على امتصاص المادة الماصة الحيوية:**

يظهر الجدول 1 الحصول على نسب مئوية مختلفة لكفاءة امتصاص الزرنيخ الثلاثي تحت ظروف تجريبية محددة

جدول 1: تأثير زمن التلامس على امتصاص الزرنيخ الثلاثي

كفاءة الامتصاص R (%)	تركيز الزرنيخ الثلاثي بعد المعالجة (ملجم/لتر)	زمن التلامس	درجة الرقم الهيدروجيني للمحلول المائي	تركيز للزرنيخ الثلاثي قبل المعالجة (ملجم/لتر)	درجة الحرارة	جرعة المادة الماصة (جم/لتر)
18 %	17.800	60	6	20	40	10
35 %	35.400	90				
55 %	54.500	120				
90 %	89.790	240				
49 %	49.300	300				

ويوضح الشكل 1 نسبة إزالة أيون معدن الزرنيخ الثلاثي باستخدام مسحوق أوراق النيم عند أوقات تلامس مختلفة، حيث تشير النتائج إلى أن أعلى امتزاز للزرنيخ بلغ حوالي 90% بعد مرور 240 دقيقة من بداية التعرض.



شكل 1: تأثير زمن التلامس على كفاءة امتصاص الزرنيخ الثلاثي

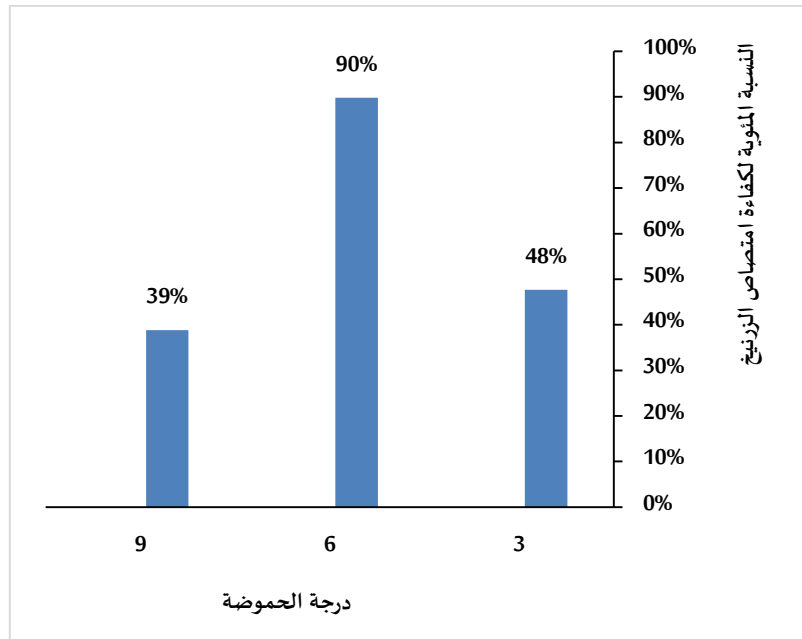
يُعد زمن التلامس أحد أهم المعايير التي يجب مراعاتها في تطبيقات معالجة المياه، حيث يلعب دوراً محورياً في عملية الامتزاز. في دراسات سابقة بلغت كفاءة إزالة الزرنيخ الثلاثي (III) من محلول مائي (100 ميكروغرام/لتر، 100 مل) باستخدام 0.1 غرام من الكتلة الحيوية 75% بعد فترة معالجة 12 ساعة [27]. عند استخدام محلول مائي يحتوي على الزرنيخ الثلاثي (III) بتركيز 10 ملغ/لتر في وجود كل من 1.0 غرام/لتر من الكتلة الحيوية، زادت إزالة الزرنيخ مع مرور الوقت ووصلت إلى 89% بعد 24 ساعة [28].

2. تأثير درجة الحموضة على كفاءة الامتصاص:

جدول 2: تأثير درجة الحموضة على كفاءة امتصاص الزرنيخ الثلاثي بعد 240 دقيقة

كفاءة الامتصاص R (%)	تركيز الزرنيخ الثلاثي بعد المعالجة (ملجم/لتر)	درجة الرقم الهيدروجيني للمحلول المائي	تركيز للزرنيخ الثلاثي قبل المعالجة (ملجم/لتر)	درجة الحرارة	جرعة المادة الماصة (جم/لتر)
48 %	47.700	3	20	40	10
90 %	89.790	6			
39 %	38.800	9			

يتبين من الجدول 2 وجود تأثير واضح لاختلاف درجة الحموضة على النسبة المئوية لكفاءة امتصاص الزرنيخ الثلاثي من المحلول المائي، حيث تُعرض النتائج في الشكل 2 زيادة تدريجية مع زيادة درجة الحموضة. فقد بلغت أعلى كفاءة لإزالة الزرنيخ الثلاثي 90% (III) عند درجة حموضة 6 تحت تأثير 40 درجة مئوية وذلك بعد فترة 240 دقيقة من بداية التجربة.



شكل 2: تأثير درجة الحموضة على كفاءة امتصاص الزرنيخ الثلاثي

في نطاق الرقم الهيدروجيني، 6 يحدث أعلى امتصاص للزرنيخ، حيث تتأثر كل من الشحنة السطحية للمواد الماصة (الشحنة السالبة) بالشحنة الموجبة لمحلول المعدني فيزداد التجاذب الكهروستاتيكي بين المادة الممتزة والمادة الماصة، مما يؤدي إلى زيادة الامتزاز، انخفاض معدل امتصاص الزرنيخ تدريجياً مع اختراقه لجزيئات المادة الماصة الحيوية، بعد أن كان سريعاً في البداية [32]

الاستنتاج:

يُعدّ وجود الزرنيخ في المياه مشكلة رئيسية تهدد حياة الانسان، ونظرًا لسميته العالية، حتى بتراكيز منخفضة، تواجهت أفكار لتقنيات تختص بالإزالة، قد تكون تلك التقنيات مكلفة وغير مجدية اقتصاديًا في أنظمة المجتمعات الصغيرة. لذلك، ثمة حاجة لتطوير طرق رخيصة وفعّالة لإزالة الزرنيخ من مياه الشرب. لذا تقدم أنظمة المعالجة الحيوية المقترحة حلاً محلياً مناسبة لإزالة الزرنيخ في المناطق المحلية، نظرًا لبساطتها وسهولة تشغيلها. هذه الطريقة فعّالة لمجموعة واسعة من التراكيز التي تكون مشابهة لتلك الموجودة في المياه الجوفية الملوثة. لن تحدث أي مشكلة تلوث ثانوي، لأن عملية إزالة الزرنيخ ممكنة. يمكن تحقيق الإزالة المباشرة للزرنيخ (III) دون الحاجة إلى أكسدة الأرسنيت إلى أرسينات أولاً، بينما تتطلب الطرق التقليدية عملية الأكسدة.

بناءً على نتائج هذا البحث، يمكن اعتبار مسحوق اوراق النيم مادة ماصة طبيعية وفعّالة ومنخفضة التكلفة ومتوفرة لإزالة الزرنيخ من المحاليل المائية والمياه الجوفية بشكل خاص.

المراجع:

1. Ros, M., Hernandez, M. T., Garcia, C., Bernal, A., & Pascual, J. A. (2005), Biopesticide effect of green compost against fusarium wilt on melon plants. *Journal of applied microbiology*,98(4), 845–854.<https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2004.02508.x>.
2. K.H. Hama Aziz, F.S. Mustafa, K.M. Omer, S. Hama, R.F. Hamarawf, K.O. (2023), Rahman, Heavy metal pollution in the aquatic environment: efficient and low-cost removal approaches to eliminate their toxicity: a review, *RSC Adv.* 17595–17610, <https://doi.org/10.1039/D3RA00723E>.
3. C. Zamora-Ledezma, D. Negrete-Bolagay, F. Figueroa, E. Zamora-Ledezma, M. Ni, F. Alexis, V.H. Guerrero, (2021), Heavy metal water pollution: a fresh look about hazards, novel and conventional remediation methods, *Environ. Technol. Innov.* 22, 101504, <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101504>.
4. P. Mahamallik, R. Swain, (2023), A mini-review on arsenic remediation techniques from water and future trends, *Water Sci. Technol.* 87, 3108–3123, <https://doi.org/10.2166/wst.2023.190>.
5. M.B. Shakoor, N.K. Niazi, I. Bibi, G. Murtaza, A. Kunhikrishnan, B. Seshadri, M. Shahid, S. Ali, N.S. Bolan, Y.S. Ok, M. Abid, F. Ali, (2016), Remediation of arsenic contaminated water using agricultural wastes as biosorbents, *Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.* 46, 467–499, <https://doi.org/10.1080/10643389.2015.1109910>.
6. M. McGeogh, H. Annath, C. Mangwandi, (2024), Turning teawaste particles into magnetic bio-sorbents particles for arsenic removal from wastewater: isotherm and kinetic studies, *Particuology* 87, 179–193, <https://doi.org/10.1016/j.partic.2023.08.003>.
7. P.B. Tchounwou, J.A. Centeno, A.K. (2004), Patlolla, Arsenic toxicity, mutagenesis,

- and carcinogenesis– a health risk assessment and management approach, *Mol. Cell. Biochem.* 255, 47–55, <https://doi.org/10.1023/B:MCBI.0000007260.32981.b9>.
8. S.H. Frisbie, E.J. Mitchell, (2022), Arsenic in drinking water: an analysis of global drinking water regulations and recommendations for updates to protect public health, *PLoS One* 17, e0263505, <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0263505>.
 9. A.K. Khanzada, H.E. Al-Hazmi, B. Sniatała, T.M. Joseph, J. Majtacz, S.A. Abdulrahman, S.S. Albaseer, T.A. Kurniawan, Z. Rahimi-Ahar, S. Habibzadeh, (2023), Hydrochar-nanoparticle integration for arsenic removal from wastewater: challenges, possible solutions, and future horizon, *Environ. Res.* 238 (1), 117164, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.117164>.
 10. A. Chiavola, E. D'Amato, R. Gavasci, P. Sirini, (2015), Arsenic removal from groundwater by ion exchange and adsorption processes: comparison of two different materials, *Water Supply* 15, 981–989, <https://doi.org/10.2166/ws.2015.054>.
 11. X. Wang, J. Xu, M. Xu, B. Zhou, J. Liang, L. Zhou, (2021), High-efficient removal of arsenite by coagulation with titanium xerogel coagulant, *Sep. Purif. Technol.* 258, 118047, <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.118047>.
 12. L.E. Lan, F.D. Reina, G.E. De Seta, J.M. Meichtry, M.I. Litter, (2023), Comparison between different technologies (Zerovalent iron, coagulation-flocculation, adsorption) for arsenic treatment at high concentrations, *Water* 15 (8) 1481, <https://doi.org/10.3390/w15081481>.
 13. Y. Wei, C. Liu, S. Luo, J. Ma, Y. Zhang, H. Feng, K. Yin, Q. He, (2018), Deep oxidation and removal of arsenite in groundwater by rationally positioning oxidation and adsorption sites in binary Fe-Cu oxide/TiO₂, *Chem. Eng. J.* 354, 825–834, <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.08.101>.
 14. Y. Babaee, C.N. Mulligan, M.S. Rahaman, (2018), Removal of arsenic (III) and arsenic (V) from aqueous solutions through adsorption by Fe/Cu nanoparticles, *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 93, 63–71, <https://doi.org/10.1002/jctb.5320>.
 15. Y. Wang, C. Lv, L. Xiao, G. Fu, Y. Liu, S. Ye, Y. Chen, (2019), Arsenic removal from alkaline leaching solution using Fe (III) precipitation, *Environ. Technol.* 40, 1714–1720, <https://doi.org/10.1080/09593330.2018.1429495>.
 16. K.C. Khulbe, T. Matsuura, (2018), Removal of heavy metals and pollutants by membrane adsorption techniques, *Appl. Water Sci.* 8, 19, <https://doi.org/10.1007/s13201-018-0661-6>.
 17. Sant'Anna, V., Biondo, E., Kolchinski, E. M., da Silva, L. F. S., Corrêa, A. P. F., Bach, E., & Brandelli, A. (2017), Total polyphenols, antioxidant, antimicrobial and allelopathic activities of spend coffee ground aqueous extract. *Waste and Biomass Valorization*, 8, 439-442.
 18. Duc, G., Aleksić, J., Marget, P., Mikic, A., Paull, j., Redden, R.J., Sass, o., Stoddard, F.L., Vandenberg, A., Vishnyakova, V., Torres, A.M., (2015). *Faba Bean*. In: De Ron, A. (eds) *Grain Legumes. Handbook of Plant Breeding*, vol 10. Springer, New York, NY. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2797-5_5.
 19. Yang, F., Chen, H., Changyan, L., Li, L., Liu, L., Han, X., Zhenghuang, W., & Sha, A. (2020), Transcriptome profile analysis of two *Vicia faba* cultivars with contrasting

- salinity tolerance during seed germination. *Scientific Reports*,10 (1).
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-64288-7>.
20. Vishnupriya, S., Roshini, D., Bhavaniramy, S., & Ramar, V. (2024). Faba bean starch: structure, functionality, and applications. *Non-Conventional Starch Sources*, 409-438.
 - The Effects of Fertilization with Dried Spent Coffee Grounds and their Extracts on Germination and Growth of Broad Bean Elareffi et al. *JOPAS Vol.23 No. 2*, 197.
 21. Warkentin, T. et al. (2015). Pea. In: De Ron, A. (eds) *Grain Legumes. Handbook of Plant Breeding*, vol 10. Springer, New York, NY.
 22. Vural, H., D. Esiyok and I. Duman, (2000). Kultur Sebzeleri. Ege Universitesi Ziraat Fakultesi Yayini, Izmir (Tr). *unguiculata L. Walp.) Genotypes in Delmarva Region of the United States. Crop/ Stress Physiology*, 191: 210-217.
 23. Ciurescu, G., Toncea, I., Ropotă, M., & Hăbeanu, M. (2018). Seeds composition and their nutrients quality of some pea (*Pisum sativum L.*) and lentil (*Lens culinaris Medik.*) cultivars. *Romanian Agricultural Research*, 35, 101-108.
 24. Cochran, D.R. and Gu, (2010). Effect of Coffee Grounds on Seed Germination. *Combined Proceedings International Plant Propagators' Society*, Volume 60, 2010.
 25. Priyadarshni, N.; Nath, P.; Chanda, N. (2020), Sustainable Removal of Arsenate, Arsenite and Bacterial Contamination from Water Using Biochar Stabilized Iron and Copper Oxide Nanoparticles and Associated Mechanism of the Remediation Process. *J. Water Process Eng.* 37, 101495.