African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences (AJAPAS)
Online ISSN: 2957-644X
Volume 4, Issue 1, January - March 2025
Page No: 376-381
Website: https://aaasjournals.com/index.php/ajapas/index
ISI 2024: 0.877 **SJIFactor 2024: 6.752** **معامل التأثير العربي: 1.62**

Review Study on Heavy Metal Concentrations in Medicinal Plants and Spices

Fatimah Mohammed Abdulrahman [1*], Haniya Muammar Muhammad Khalifa [2], Mabrouka Mohamed Muftah Abuamoud [3], Houria L Metraw [4], Rabeeah Ali Misbah [5]
[1, 2] Department of Chemistry, Faculty of Science, Bani Waleed University, Bani Waleed, Libya
[3] Department of Botany, Faculty of Science, University of Sirte, Sirte, Libya
[4] Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Bani Waleed University, Bani Waleed, Libya
[5] Department of Botany, Faculty of Science, Bani Waleed University, Bani Waleed, Libya

دراسة مراجعة حول تركيز المعادن الثقيلة في النباتات الطبية والتوابل

فاطمة محمد عبد الرحمن [1*]، هنية معمر محمد خليفة [2]، مبروكة محمد مفتاح ابوعمود [3]، حورية لطفي مطراو [4]، ربيعة علي مصباح [5]
[1, 2] قسم الكيمياء، كلية العلوم، جامعة بني وليد، بني وليد، ليبيا
[3] قسم علم النبات، كلية العلوم، جامعة سرت، سرت، ليبيا
[4] قسم وقاية النبات، كلية الزراعة، جامعة بني وليد، بني وليد، ليبيا
[5] قسم علم النبات، كلية العلوم، جامعة بني وليد، بني وليد، ليبيا

[*]Corresponding author: akashafatema@gmail.com

Received: December 30, 2024	Accepted: March 02, 2025	Published: March 08, 2025

Abstract:
Medicinal plants and spices are widely used worldwide for their medicinal and culinary properties. However, increasing pollution and industrial activities have led to the contamination of these plants with heavy metals, posing significant health risks to consumers. This review aims to provide a comprehensive overview of the levels of heavy metal concentrations in medicinal plants and spices, their sources, and potential health effects. The study also discusses the factors affecting the accumulation of heavy metals in these plants and the methods used for their detection and quantification. Furthermore, the review highlights the need for stringent regulatory measures to ensure the safety and efficacy of medicinal plants and spices.

Keywords: Spices, Medicinal herbs, Pollution, Heavy metals.

الملخص
تُستخدم النباتات الطبية والتوابل على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم لخصائصها العلاجية والطهوية. ومع ذلك، أدى التلوث المتزايد والأنشطة الصناعية إلى تلوث هذه النباتات بالمعادن الثقيلة، مما يشكل مخاطر صحية كبيرة للمستهلكين. تهدف هذه المراجعة إلى تقديم نظرة عامة شاملة على مستويات تركيز المعادن الثقيلة في النباتات الطبية والتوابل، ومصادرها، والآثار الصحية المحتملة. تناقش الدراسة أيضًا العوامل التي تؤثر على تراكم المعادن الثقيلة في هذه النباتات والطرق المستخدمة للكشف عنها وتحديد كميتها. وعلاوة على ذلك، تسلط المراجعة الضوء على الحاجة إلى تدابير تنظيمية صارمة لضمان سلامة وفعالية النباتات الطبية والتوابل.

الكلمات المفتاحية: توابل، اعشاب طبية، تلوث، معادن ثقيلة.

مقدمة

كانت النباتات الطبية والتوابل جزءًا لا يتجزأ من الطب التقليدي والممارسات الطهوية لقرون. وهي ذات قيمة لأنشطتها الدوائية المتنوعة وفوائدها الغذائية وخصائصها المعززة للنكهة[1]. ومع ذلك، أدى التلوث البيئي المتزايد إلى تلوث هذه النباتات بالمعادن الثقيلة، والتي يمكن أن تشكل مخاطر صحية خطيرة على البشر والحيوانات [3] ,[2]. ومن المعروف أن المعادن الثقيلة مثل الرصاص (Pb) والزئبق (Hg) والكادميوم (Cd) والزرنيخ (As) سامة حتى في تركيزات منخفضة ويمكن أن تتراكم في جسم الإنسان بمرور الوقت، مما يؤدي إلى اضطرابات صحية مختلفة [5] ,[4].

يمكن أن يحدث تلوث النباتات الطبية والتوابل بالمعادن الثقيلة من خلال طرق مختلفة، بما في ذلك الترسيب الجوي، والنفايات الصناعية، وبقايا المبيدات الحشرية، والتربة والمياه الملوثة[1]. يعتمد امتصاص المعادن الثقيلة من قبل النباتات على عدة عوامل، بما في ذلك نوع المعدن، ودرجة حموضة التربة، ووجود عناصر أخرى يمكن أن تتنافس على الامتصاص [6].يمكن أن يؤدي استهلاك النباتات الطبية والتوابل الملوثة إلى التسمم الحاد أو المزمن، اعتمادًا على مستوى التعرض والمعادن المعنية[9] ,[8] ,[7] .

تهدف هذه المراجعة إلى تقديم تحليل شامل لمستويات تركيز المعادن الثقيلة في النباتات الطبية والتوابل، ومصادرها، والآثار الصحية المحتملة. كما تناقش الدراسة العوامل التي تؤثر على تراكم المعادن الثقيلة في هذه النباتات والطرق المستخدمة للكشف عنها وتحديد كميتها.

المعادن الثقيلة في النباتات الطبية والتوابل

مصادر تلوث المعادن الثقيلة

يمكن للمعادن الثقيلة أن تدخل البيئة من خلال مصادر بشرية وطبيعية مختلفة. تشمل المصادر البشرية الانبعاثات الصناعية، وعوادم المركبات، وأنشطة التعدين، واستخدام الأسمدة والمبيدات الحشرية [10] . تشمل المصادر الطبيعية الانفجارات البركانية، وتآكل الصخور، وحرائق الغابات[11]. يمكن أن يحدث تلوث النباتات الطبية والتوابل بالمعادن الثقيلة من خلال امتصاص هذه المعادن من التربة أو الماء أو الهواء أثناء فترة النمو أو من خلال التلوث بعد الحصاد أثناء المعالجة والتخزين [12], [13]

مستويات تركيز المعادن الثقيلة في النباتات الطبية والتوابل

تُستخدم النباتات ومنها التوابل على نطاق واسع كمضافات للغذاء وهي معروفة بخصائصها المضادة للميكروبات ومضادات الأكسدة أيضا كمحفزات للنمو [16] ,[15] ,[14]. ومع ذلك، فهي أيضًا عرضة للتلوث بالمعادن الثقيلة بسبب تعرضها المكثف للملوثات البيئية أثناء النمو والمعالجة[17].

ففي دراسة أجريت في مدينة طرابلس من قبل [3] تم قياس تراكيز الرصاص (Pb) والكادميوم (Cd) في الفلفل الحار (*Capsicum frutescens*)، والفلفل الأسود (*Piper nigrum*)، والكركم (*Curcuma longa*)، والتوابل المختلطة (الحرارات) تم العثور على أعلى مستويات الرصاص (Pb) في *Curcuma longa* و*Capsicum frutescens* في أسواق الجملة (1.05 ± 0.01 مجم / كجم، 0.96 ± 0.06 مجم / كجم). تجاوزت مستويات الكادميوم (Cd) الحد المسموح به من قبل منظمة الأغذية والزراعة ومنظمة الصحة العالمية. كان تركيز الكادميوم (Cd) في *C. longa* و*P. nigrum* المباع في أسواق التجزئة مرتفعًا (0.36 ± 0.09 و0.35 ± 0.07 مجم / كجم، على التوالي) يليه تركيز 0.32 ± 0.04 مجم / كجم في *C. frutescens*. كما احتوت التوابل المختلطة المشتراة من أسواق الجملة على مستويات عالية من الكادميوم (0.31 ± 0.08 مجم / كجم).

الجدول (1): تراكيز المعادن الثقيلة في بعض النباتات الطبية والتوابل في مناطق مختلفة.

اسم النبات	المكان (المدينة /الدولة)	المعدن المدروس	طريقة القياس	النتيجة	المرجع
Rosmarimus officinalis, Thymus vulgris, Mentha varidies and Matricarie chamomilla	مصراته /ليبيا	Pb, Cd, Zn, Cu, Fe and Cr	مطياف الامتصاص الذري Atomic absorption spectrophotometer	كانت مستويات الرصاص والكادميوم والنحاس والزنك والحديد والكروم 0.13 - 0.76، 0.25 - 0.59، 0.28 - 1.85، 3.78 - 11.30، 2.09 - 6.83 ومن أقل من حساسية الجهاز إلى 1.73 (مجم / كجم)	[1]
الفلفل الأحمر والفلفل الأسود والكمون	فان /تركيا	Fe, Cu and Zn	ICP-MS	بلغ محتوى الحديد 557.5 ملغ/كجم، و467 ملغ/كجم، و122.5 ملغ/كجم، ومحتوى النحاس 19.4 ملغ/كجم، و12.3 ملغ/كجم، و11.9 ملغ/كجم، ومحتوى الزنك 17.6 ملغ/كجم، و36.5 ملغ/كجم، و11.9 ملغ/كجم في الفلفل	[18]

	الأسود والكمون والفلفل الأحمر على التوالي. وقد وجد أعلى محتوى من الحديد والنحاس والزنك في الفلفل الأسود وأقل محتوى من الحديد والنحاس والزنك في الفلفل الأحمر.				
الهيل ومسحوق الكاري والكركم	همدان /ايران	f Cr, Cu, Fe and Zn	ICP-OES	تم الكشف عن الكروم في عينات التوابل بتركيزات 0.08-1.67 مجم/كجم، والنحاس بتركيزات 0.05-1.28 مجم/كجم، والحديد بتركيزات 1.04-6.89 مجم/كجم، والزنك بتركيزات 0.40-2.25 مجم/كجم	[19]
فلفل احمر حار، قرنفل، بقدونس وفلفل اسود، كمون، غار، هيل، بابريكا	مصر	As, Cu, Fe and Zn	مطياف الامتصاص الذري Atomic absorption spectrophotometer	وجد أن نطاقات التركيز للعناصر المدروسة كانت 0.02-0.11، 3.72-21.04، 39.47-1261.21، و2.14-314.05 ملغ/كغ للزرنيخ والنحاس والحديد والزنك على التوالي.	[20]
القرنفل (Syzygium aromaticum)	زنجبار	Cr, Cd and Pb	Energy Dispersive X-Ray Fluorescence (EDXRF)	وأظهرت النتائج أن تركيز الكروم يتراوح من 10.3 إلى 16.25 جزء في المليون، والكادميوم من 2.61 إلى 8.00 جزء في المليون، والرصاص من 0.35 إلى 1.18 جزء في المليون.	[21]
بذور كورياريما وجذور الزنجبيل وثمار الفلفل الأحمر وجذور الكركم	أوروميا / إثيوبيا	Fe,) Zn, Cu, Cr, Mn, Ni, Cd, and Pb	ICP-OES	وأظهرت النتائج المتحصل عليها أن تركيزات المعادن الثقيلة في عينات الكوريما والفلفل الأحمر والزنجبيل والكركم بالملغ/كجم $^{-1}$ من الوزن الجاف كانت في نطاق (38.7-98.9) Fe، Mn (10.5-257.3)، Zn (7.3-29.2)، Cu (1.7-6.5)، Cr (5.4-9.7)، Cd (1.5-2.9)، Pb (14.5- 28.4) و Ni (3.9-6.7).	[17]
الفلفل الأسود (Piper nigrum)، والريحان (Ocimum basilicum)، والأوريجانو (Origanum vulgaris)، والفلفل الحلو (Capsicum annuum)، والبقدونس (Petroselinum Crispum)، وإكليل الجبل (Rosmarinus officinalis)	سراييفو/البوسنة والهرسك	Cr,) Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn	Flame Atomic Absorption Spectrometry	كان محتوى الكروم والنيكل في جميع العينات أقل من 5 ملغم/كجم. وكانت مستويات النحاس في نطاق 2.36-19.47 ملغم/كجم، والحديد 6.80-785.56 ملغم/كجم، والمنجنيز 6.14-59.36 ملغم/كجم، والرصاص 0.74-20.35 والزنك 6.93-85.44 ملغم/كجم.	[22]
Cuminum cyminum, Piper cubeba, Piper nigrum, Cinnamomum cassia, and Zingiber (officinale	سامراء/العراق	Fe,Ni ,Pb, Cr, Cd,Co	Atomic Absorption Spectrophotometer	وأشارت النتائج إلى أن تركيز Fe وNi وCd كان أعلى من الحد المسموح به في بعض العينات حسب مكان الجمع، مع انخفاض تركيز Co عن الحد المسموح به في جميع العينات، كما أشارت النتائج إلى أن تركيز Cr كان أقل من الحد المسموح به (0.2 جزء في المليون) لجميع العينات قيد البحث.	[23]

العوامل المؤثرة على تراكم المعادن الثقيلة

يتأثر تراكم المعادن الثقيلة في النباتات الطبية والتوابل بعدة عوامل، بما في ذلك نوع المعدن ودرجة حموضة التربة وملمس التربة ووجود عناصر أخرى يمكن أن تتنافس على الامتصاص [23]. على سبيل المثال، تميل النباتات المزروعة في تربة حمضية إلى تراكم مستويات أعلى من المعادن الثقيلة مثل الألومنيوم والحديد والمنجنيز، بينما تتراكم مستويات أعلى من الكادميوم والرصاص في النباتات المزروعة في تربة قلوية. يتأثر التوافر البيولوجي للمعادن الثقيلة في التربة أيضًا بوجود

المادة العضوية، والتي يمكن أن تتشابك مع المعادن وتقلل من توفرها لامتصاص النبات [24]. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن يؤدي استخدام الأسمدة والمبيدات الحشرية إلى زيادة تركيز المعادن الثقيلة في التربة، وبالتالي في النباتات.

الآثار الصحية لتلوث المعادن الثقيلة

يمكن أن يؤدي استهلاك النباتات الطبية والتوابل الملوثة بالمعادن الثقيلة إلى اضطرابات صحية مختلفة، اعتمادًا على نوع وتركيز المعدن. على سبيل المثال، من المعروف أن الرصاص يسبب تلفًا عصبيًا، وخاصة عند الأطفال، بينما يمكن أن يؤدي الكادميوم إلى تلف الكلى وإزالة المعادن من العظام [26] ,[25]. يرتبط الزئبق بالسمية الكلوية والسمية العصبية، في حين أن الزرنيخ مادة مسرطنة معروفة ويمكن أن تسبب آفات جلدية واضطرابات في الجهاز الهضمي وأمراض القلب والأوعية الدموية [28] ,[27]. تتفاقم المخاطر الصحية المرتبطة بتلوث المعادن الثقيلة في النباتات الطبية والتوابل والمنتجات النباتية بشكل عام بسبب حقيقة أن هذه المنتجات غالبًا ما يتم استهلاكها بكميات كبيرة وعلى مدى فترات طويلة. وعلاوة على ذلك، فإن الافتقار إلى اللوائح الموحدة وتدابير مراقبة الجودة في العديد من البلدان يزيد من خطر التعرض للمعادن الثقيلة من خلال هذه المنتجات [29].

طرق الكشف عن المعادن الثقيلة وتحديد كميتها

يعد الكشف عن المعادن الثقيلة وتحديد كميتها في النباتات الطبية والتوابل أمرًا بالغ الأهمية لضمان سلامتها وفعاليتها. تتوفر العديد من التقنيات التحليلية لهذا الغرض، بما في ذلك مطيافية الامتصاص الذري (AAS)، ومطيافية الكتلة البلازمية المقترنة بالحث (ICP-MS)، ومطيافية الامتصاص الذري الكهروحراري (ETAAS).

تعد تقنية AAS تقنية مستخدمة على نطاق واسع لتحديد المعادن الثقيلة في المواد النباتية نظرًا لبساطتها وحساسيتها وتكلفتها المنخفضة نسبيًا ([30]. من ناحية أخرى، توفر تقنية ICP-MS حساسية أعلى ويمكنها اكتشاف مجموعة واسعة من العناصر، مما يجعلها مناسبة لتحليل المعادن النزرة في مصفوفات معقدة ([2].

بالإضافة إلى هذه التقنيات، تُستخدم أيضًا طرق التحليل الطيفي مثل فلورسنت الأشعة السينية (XRF) وتحليل التنشيط النيوتروني (NAA) لتحديد المعادن الثقيلة في النباتات الطبية والتوابل. هذه الطرق غير مدمرة ويمكن أن توفر تحليلًا سريعًا، مما يجعلها مناسبة للفحص واسع النطاق للعينات.

التدابير التنظيمية والآفاق المستقبلية

إن تلوث النباتات الطبية والتوابل بالمعادن الثقيلة يشكل مصدر قلق متزايد على مستوى العالم، مما يستلزم تنفيذ تدابير تنظيمية صارمة لضمان سلامتها وفعاليتها. وقد وضعت العديد من البلدان حدوداً قصوى مسموح بها للمعادن الثقيلة في النباتات الطبية والتوابل، ولكن هناك حاجة إلى توحيد هذه المعايير على المستوى الدولي. وعلاوة على ذلك، هناك حاجة إلى تطوير بروتوكولات موحدة للكشف عن المعادن الثقيلة وتحديد كميتها في هذه المنتجات، فضلاً عن تنفيذ تدابير مراقبة الجودة في جميع مراحل الإنتاج، من الزراعة إلى المعالجة والتسويق.

وينبغي أن تركز البحوث المستقبلية على تحديد النباتات ذات المؤشرات الحيوية التي يمكن استخدامها لمراقبة تلوث المعادن الثقيلة في البيئة، فضلاً عن تطوير تقنيات المعالجة النباتية لإزالة المعادن الثقيلة من التربة الملوثة. بالإضافة إلى ذلك، ينبغي إجراء دراسات لتقييم المخاطر الصحية المرتبطة باستهلاك النباتات الطبية والتوابل الملوثة بالمعادن الثقيلة، وخاصة في الفئات السكانية المعرضة للخطر مثل الأطفال والنساء الحوامل.

الخاتمة

وفي الختام، فإن تلوث النباتات الطبية والتوابل بالمعادن الثقيلة يشكل مصدر قلق كبير للصحة العامة ويتطلب اهتمامًا فوريًا. وتختلف مستويات تركيز المعادن الثقيلة في هذه المنتجات على نطاق واسع اعتمادًا على الموقع الجغرافي وممارسات الزراعة وطرق المعالجة. والآثار الصحية المترتبة على تلوث المعادن الثقيلة شديدة، وهناك حاجة ملحة لتنفيذ التدابير التنظيمية وبروتوكولات مراقبة الجودة لضمان سلامة وفعالية هذه المنتجات. وينبغي أن تركز الأبحاث المستقبلية على تطوير تقنيات مبتكرة للكشف عن المعادن الثقيلة وتحديد كميتها، فضلاً عن تحديد الاستراتيجيات اللازمة للحد من تراكمها في النباتات الطبية والتوابل.

المراجع:

[1] A. M. Alkherraz, A. M. Amer, and A. M. Mlitan, "Determination of some heavy metals in four medicinal plants," *World Acad. Sci. Eng. Technol.*, vol. 78, no. June 2013, pp. 1568–1570, 2013.

[2] Y. Shin *et al.*, "The content and risk assessment of heavy metals in commercial herbal medicines," *Anal. Sci. Technol.*, vol. 36, no. 6, pp. 267–280, 2023, doi: 10.5806/AST.2023.36.6.267.

[3] Z. Mohamed, R. Ahlam, A. Khadija, A. Wafia, A.-T. Omer, and R. Barbara, "Lead and cadmium residue determination in spices available in Tripoli City markets (Libya)," *African J. Biochem. Res.*, vol. 8, no. 7, pp. 137–140, 2014, doi: 10.5897/ajbr2014.0766.

[4] Z. Wang, J. Yao, C. Tu, T. Yang, D. Sun, and C. Lin, “Determination of cadmium in Chinese pepper and its health implications based on bioaccessibility,” *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 30, no. 8, pp. 20297–20309, 2023, doi: 10.1007/s11356-022-23265-5.

[5] J. E. Forsyth *et al.*, “Reductions in spice lead levels in the republic of Georgia: 2020–2022,” *Environ. Res.*, vol. 250, p. 118504, 2024.

[6] H. Gong, L. Zhao, X. Rui, J. Hu, and N. Zhu, “A review of pristine and modified biochar immobilizing typical heavy metals in soil: applications and challenges,” *J. Hazard. Mater.*, vol. 432, p. 128668, 2022.

[7] I. Jawad, “Determination of heavy met herbs available on the Iraq,” *Adv. Environ. Biol*, vol. 10, no. 1, pp. 66–69, 2016.

[8] N. Pourang and A. S. Noori, “Assessment of metals in fourteen species of vegetables and crops cultivated in a suburban area using multivariate analyses,” *Toxicol. Environ. Chem.*, vol. 94, no. 4, pp. 694–712, 2012.

[9] I. Rehan, K. Rehan, M. Z. Khan, S. Sultana, R. Muhammad, and H. U. Khan, “Detection of nutritional and toxic elements in Pakistani pepper powders using laser induced breakdown spectroscopy,” *Anal. methods*, vol. 12, no. 20, pp. 2590–2598, 2020.

[10] M. O. A. Salem and I. A. S. Salem, “Detection of Heavy Metals in Goat Milk in Bani Waleed City-Libya,” *Libyan J. Ecol. Environ. Sci. Technol.*, vol. 5, no. 2, pp. 69–73, 2023, doi: http://aif-doi.org/LJEEST/050213.

[11] K. Chan, “Some aspects of toxic contaminants in herbal medicines,” *Chemosphere*, vol. 52, p. 1371, 2003.

[12] R. M. Harrison and M. B. Chirgawi, “The assessment of air and soil as contributors of some trace metals to vegetable plants.,” *Sci. Total Environ.*, vol. 83, p. 34, 1989.

[13] A. Maiga, D. Diallo, R. Bye, and B. S. Paulsen, “Determination of some toxic and essential metal ions in medicinal and edible plants from Mali,” *J. Agric. Food Chem.*, vol. 53, p. 2321, 2005.

[14] A. E. Kadak and M. O. A. Salem, “Antibacterial activity of chitosan, some plant seed extracts and oils against Escherichia coli and Staphylococcus aureus,” *Alınteri Zirai Bilim. Derg.*, vol. 35, no. 2, pp. 144–150, 2020.

[15] Y. Taştan and M. O. A. Salem, “Use of Phytochemicals as Feed Supplements in Aquaculture: A Review on Their Effects on Growth, Immune Response, and Antioxidant Status of Finfish,” *J. Agric. Prod.*, vol. 2, no. 1, pp. 32–43, Jun. 2021, doi: 10.29329/agripro.2021.344.5.

[16] M. O. A. Salem and M. A. S. LAKWANI, “Determination of chemical composition and biological activity of flaxseed (Linum usitatissimum) essential oil Mohamed,” *J. Biometry Stud.*, vol. 4, no. 2, pp. 91–96, 2024, doi: 10.61326/jofbs.v4i2.05.

[17] T. Adugna, G. Selale, and G. Regassa, “Assessment of Heavy Metal Contents in Some Common Spices Available in the Local Market of North Shewa Zone, Oromia Regional State, Ethiopia,” *Biol. Trace Elem. Res.*, vol. 202, no. 7, pp. 3349–3361, 2024, doi: 10.1007/s12011-023-03921-8.

[18] U. MERCAN YÜCEL and N. ATASOY, “Determination of Fe, Cu and Zn Content in Some Spices Sold Without Packaging in Van,” *Gıda*, vol. 44, no. 5, pp. 889–897, Aug. 2019, doi: 10.15237/gida.gd19032.

[19] S. Sobhanardakani, “Potential Health Risk Assessment of Cr, Cu, Fe and Zn for Human Population via Consumption of Commercial Spices; a Case Study of Hamedan City, Iran,” *Int. Arch. Heal. Sci.*, vol. 3, no. 3, pp. 119–124, 2016, doi: 10.18869/iahs.3.3.119.

[20] N. F. E. Soliman, “Metals Contents in Spices and Herbs Available on the Egyptian Market: Assessment of Potential Human Health Risk,” *Open Conf. Proc. J.*, vol. 6, no. 1, pp. 24–29, 2015, doi: 10.2174/2210289201506010024.

[21] F. O. Khamis, S. A. Suleiman, M. Sheikh, and A. O. Ali, “Heavy metals content in cloves spices (Syzygium aromaticum) cultivated in Zanzibar,” *Open Access Libr. J.*, vol. 8, no. 6, pp. 1–8, 2021.

[22] J. Huremović, B. Badema, T. Muhić-Šarac, A. Selović, and M. Memić, “Heavy Metal Contents in Spices from Markets in Sarajevo, Bosnia and Herzegovina,” *Kem. u Ind. Chem. Chem. Eng.*, vol. 63, no. 3–4, pp. 77–81, 2014.

[23] N. E. Abdul-Razzaq, R. R. Hameed Al-samarrai, and O. R. Alsamarrai, “Biochemical analysis for some heavy metals and antioxidant properties of some spices in the Samarra citylocal market,” *Int. J. Pharm. Res.*, vol. 16, no. 1, 2024, [Online]. Available: https://doi.org/10.31838/ijpr/2024.16.01.002

[24] M. O. A. Salem, B. A. F. Abdalah, and A. M. Mohamed, “Synergistic impact of olive waste on some soil properties: A comprehensive review,” *Arch. Agric. Sci. J.*, vol. 7, no. 3, pp. 23–29, 2024.

[25] م. ع. ع. سالم, إ. ع. سعيد, ع. ا. ع. ا. امحيسن, أ. ر. ع. أ. جريدة and ا. م. امحمد, “تقييم المخاطر الصحية لبعض المعادن الثقيلة في الحليب المبستر المتوفر للاستهلاك في مدينة بني وليد-ليبيا,” *African J. Adv. Pure Appl. Sci.*, vol. 2, no. 4, pp. 14–21, 2023.

[26] S. Akhtar *et al.*, “Determination of aflatoxin M1 and heavy metals in infant formula milk brands available in Pakistani markets,” *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.*, vol. 37, no. 1, pp. 79–86, 2017, doi: 10.5851/kosfa.2017.37.1.79.

[27] B. Ericson *et al.*, “Elevated levels of lead (Pb) identified in Georgian spices,” *Ann. Glob. Heal.*, vol. 86, no. 1, pp. 1–6, 2020, doi: 10.5334/aogh.3044.
[28] K. A. Angelon-Gaetz, M. N. Segule, and M. Wilson, “Lead Levels in Spices From Market Basket and Home Lead Investigation Samples in North Carolina,” *Public Health Rep.*, vol. 138, no. 1, pp. 91–96, 2023, doi: 10.1177/00333549211066152.
[29] M. O. A. Salem and N. moftah Mohamed, “Heavy Metal Contamination in the Fruit of Date Palm: An Overview,” *مجلة جامعة بني وليد للعلوم الإنسانية والتطبيقية*, vol. 10, no. 1, pp. 165–179, 2025.
[30] M. B. Sulaiman *et al.*, “Heavy metal contamination in medicinal plants: assessing carcinogenic and non-carcinogenic health risks,” *Discov. Environ.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–10, 2024, doi: 10.1007/s44274-024-00035-3.