Title	**Analytical Evaluation of Total and Bio-accessible Metals and Metalloids in Household Spices**
Supervisor	**Jameel Ahmed Baig**
Students	Hani Saleem Alharbi and Abdulrahman Al-Awad
Abstract	The present study aimed to assess both the total concentrations and bio-accessible fractions of selected trace elements and toxic metals in spices. A total of fifteen spices, including Achillea, anise, black seed, cinnamon, cumin, fennel, fenugreek, ginger, myrrh, rosemary, sage, sesame, thyme, turmeric, and wormwood, were analyzed. The investigated elements included essential trace elements such as copper (Cu), manganese (Mn), selenium (Se), and zinc (Zn), as well as toxic metals including aluminum (Al), cadmium (Cd), and lead (Pb). Total elemental concentrations were determined following acid digestion, while bio-accessible fractions were evaluated using infusion/extraction procedures designed to simulate human consumption conditions. The analytical results demonstrated considerable variation in elemental concentrations among the studied spices. Essential elements, particularly Mn and Zn, were present at comparatively higher concentrations, indicating that spices may contribute to dietary micronutrient intake. Toxic metals such as Cd and Pb were detected in all analyzed samples at varying levels, although most concentrations remained within internationally accepted permissible limits. Among the studied spices, thyme, myrrh, and achillea exhibited relatively elevated Pb and Al concentrations, while turmeric, rosemary, and ginger showed higher Cd levels. Bio-accessibility studies revealed that only a fraction of the total elemental content becomes available for absorption during consumption. The bio-accessible concentrations were generally lower than the total concentrations, demonstrating limited transfer of elements into infusion media. However, some spices, particularly ginger, exhibited comparatively high bio-accessibility for both essential and toxic elements, suggesting greater elemental mobility and extractability. In contrast, sesame displayed low bio-accessible fractions despite moderate total concentrations, indicating stronger retention of elements within the spice matrix.

الملخص باللغة العربية	هدفت هذه الدراسة إلى تقييم كلٍّ من التركيزات الكلية والأجزاء المتاحة بيولوجيًا لعناصر نادرة ومعادن سامة مختارة في التوابل. وتم تحليل خمسة عشر نوعًا من التوابل، تشمل الأخيليا، واليانسون، وحبة البركة، والقرفة، والكمون، والشمر، والحلبة، والزنجبيل، والمر، وإكليل الجبل، والمريمية، والسمسم، (Zn)، والزنك (Se)، والسيلينيوم (Mn)، والمنغنيز (Cu)، والزعتر، والكركم، والشيح. وشملت العناصر المدروسة عناصر نادرة أساسية مثل النحاس (Pb)، والرصاص (Cd)، والكادميوم (Al)، بالإضافة إلى معادن سامة مثل الألومنيوم (. وتم تحديد التركيزات الكلية للعناصر بعد الهضم الحمضي، بينما تم تقييم الأجزاء المتاحة بيولوجيًا باستخدام إجراءات النقع/الاستخلاص المصممة لمحاكاة ظروف الاستهلاك البشري. وأظهرت نتائج التحليل تباينًا كبيرًا في تركيزات العناصر بين التوابل المدروسة. وكانت العناصر الأساسية، وخاصة المنغنيز والزنك، موجودة بتركيزات أعلى نسبيًا، مما يشير إلى أن التوابل قد تساهم في تناول المغذيات الدقيقة الغذائية. تم الكشف عن معادن سامة مثل الكادميوم والرصاص في جميع العينات المُحللة بمستويات متفاوتة، مع أن معظم التركيزات بقيت ضمن الحدود المسموح بها دوليًا. ومن بين التوابل المدروسة، أظهر الزعتر والمر والأخيليا تركيزات مرتفعة نسبيًا من الرصاص والألومنيوم، بينما أظهر الكركم وإكليل الجبل والزنجبيل مستويات أعلى من الكادميوم. وكشفت دراسات التوافر الحيوي أن جزءًا فقط من إجمالي محتوى العناصر يصبح متاحًا للامتصاص أثناء الاستهلاك. وكانت التركيزات المتاحة حيويًا أقل عمومًا من التركيزات الكلية، مما يدل على محدودية انتقال العناصر إلى وسط النقع. ومع ذلك، أظهرت بعض التوابل، ولا سيما الزنجبيل، توافرًا حيويًا عاليًا نسبيًا لكل من العناصر الأساسية والسامة، مما يشير إلى زيادة حركة العناصر وقابليتها للاستخلاص. في المقابل، أظهر السمسم أجزاءً منخفضة من العناصر المتاحة حيويًا على الرغم من التركيزات الكلية المعتدلة، مما يدل على احتفاظ أقوى بالعناصر داخل مصفوفة التوابل.