

تقييم مستويات تراكيز العناصر الثقيلة في الأرز المستورد باستخدام تقنية الامتصاص الذري

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-ak22>

Received	2026/04/24	تم استلام الورقة العلمية في
Accepted	2026/05/19	تم قبول الورقة العلمية في
Published	2026/05/20	تم نشر الورقة العلمية في

## تقييم مستويات تراكيز العناصر الثقيلة في الأرز المستورد باستخدام تقنية الامتصاص الذري

كريمة القمودي زعيط<sup>2</sup>

2- قسم التغذية - كلية التقنية الطبية

جامعة الزاوية - ليبيا

أحلام القمودي زعيط<sup>1</sup>

1- قسم علم النبات - كلية العلوم

جامعة الزاوية - ليبيا

Ah.zaet@zu.edu.ly

### الملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تقييم مستويات تراكيز المعادن الثقيلة (الكاديوم والرصاص والزرنيخ) وأثرها على الصحة العامة، في عينات الأرز المستوردة من مصادر مختلفة (الأرز البرتغالي، الأرز الأمريكي، الأرز الهندي، الأرز التايلاندي، والأرز المصري)، ومقارنة النتائج بالمعايير الدولية، تم تحليل العينات باستخدام جهاز الامتصاص الذري نوع Varian مع تحليل ثلاثة تكرارات لكل عينة، أظهرت النتائج وجود الكاديوم في عينتين فقط (الأمريكية والمصرية) بتراكيز 0.00095 و 0.00013 ملليجرام/ كيلوجرام على التوالي، بينما لم يتم الكشف عن عنصر الرصاص أو الزرنيخ في أي من العينات الأخرى، عليه فإن جميع القيم المتحصل عليها كانت أقل بكثير من حدود الدولية المسموح بها، وتؤكد النتائج أن جميع العينات المدروسة آمنة للاستهلاك البشري، وتوصي هذه الدراسة باستمرار المراقبة الدورية للعناصر الثقيلة في واردات الأرز للحفاظ على الحدود الدولية المسموح بها.

**الكلمات المفتاحية:** الأرز، الرصاص، الزرنيخ، الكاديوم، المعادن الثقيلة.

## Assessment of heavy metal concentration levels in imported rice using atomic absorption spectroscopy

Ahlam Algamodi Zaet<sup>1</sup>, Karema Algamodi Zeat<sup>2</sup>

1-Department of Botany, Faculty of Science, University of Zawia,  
Libya.

2-Department of Medical Nutrition, Faculty of Medical Technology,  
University of Zawia, Libya.<sup>2</sup>  
Ah.zaet@zu.edu.ly

### Abstract:

This study aims to evaluate the levels of heavy metal concentrations (cadmium, lead and arsenic) in rice samples imported from different sources (Portuguese rice, American rice, Indian rice, Thai rice and Egyptian rice), and their impact on public health.

Comparing the results with international standards, the samples were analyzed using a Varian atomic absorption spectrometer (AAS) with three replicates for each sample. The results showed the presence of cadmium in only two samples (American and Egyptian) at concentrations of 0.00095 and 0.00013 mg/kg respectively, while lead and arsenic were not detected in any of the other samples. Therefore, all the values obtained were much lower than the internationally permitted limits. The results confirm that all the studied samples are safe for human consumption, this study recommends continuing periodic monitoring of heavy metals in rice imports to maintain the internationally permitted limits.

**Keywords:** Rice, Lead, Arsenic, Cadmium, Heavy metals.

### المقدمة:

يُعدّ الأرز (*Oryza sativa* L.) الغذاء الأساسي لأكثر من نصف سكان العالم، ويُزرع ويُستهلك حوالي 90% من أرز العالم في آسيا، ويُعتبر الأرز محصولاً غذائياً ذا أهمية اقتصادية كبيرة (Sangeetha et al., 2020)، إذ يُساهم في تنوع القيمة الغذائية ويُساعد في الحدّ من الفقر، وفي عدة بلدان آسيوية يعتمد السكان على الأرز للحصول

تقييم مستويات تراكم العناصر الثقيلة في الأرز المستورد باستخدام تقنية الامتصاص الذري

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-ak22>

على أكثر من ثلثي السرعات الحرارية و60% من البروتين في غذائهم. وتعد زراعة الأرز وتجهيزه أيضا المصدر الرئيسي للعمل والدخل بالنسبة لنحو ملياري شخص (FAO, 2024).

ومع ذلك أصبحت الملوثات البيئية وخاصة العناصر الثقيلة تشكل تهديداً خطيراً لسلامة الغذاء العالمية. تشير الدراسات الحديثة إلى أن الأرز يمتاز بقدرة فريدة على تراكم العناصر الثقيلة في حبوبه مقارنة بالمحاصيل الأخرى (Zhao & Wang, 2020) ، في على سبيل المثال تبلغ قدرة الأرز على تراكم المعادن الثقيلة ثلاث اضعاف قدرة القمح تقريباً (Wei et al., 2023)، مما يجعله مصدراً رئيسياً للتعرض البشري لهذه المواد السامة (Zafarzadeh and Shahryari, 2025).

تتعدد مصادر تلوث الأرز بالعناصر الثقيلة، منها المحتوى الطبيعي العالي للعناصر الثقيلة في بعض التربة (Zafarzadeh and Shahryari, 2025) و (Salah et al., 2025)، والمياه الملوثة من المصادر الصناعية (Bhoi et al., 2025)، وكذلك أنشطة التعدين والصهر خاصة مناجم الرصاص والزنك التي تطلق الزرنيخ والكاديميوم والرصاص الى البيئة الزراعية (Hu et al., 2025) كذلك قد تحتوي بعض المبيدات والاسمدة على شوائب من العناصر الثقيلة (Alsaadie et al., 2019).

تظهر الأبحاث أن العناصر الثقيلة تتراكم بشكل متفاوت في أجزاء النبات المختلفة، ففي دراسة حديثة (Hu et al., 2025) على زراعة الأرز بالقرب من منجم الرصاص والزنك، وجد أن العناصر الثقيلة تتراكم بشكل رئيسي في الجذور، مع أقل محتوى في الحبوب، ومع ذلك أظهر الكادميوم قدرة تراكمية عالية بشكل استثنائي، حيث بلغ معامل التركيز الحيوي 0.79 و1.04 و1.95 في مراحل التفرع والتزهير والنضج على التوالي، مما يشير إلى زيادة تراكمه مع نمو النبات.

أما بالنسبة للرصاص، فقد أظهرت الدراسات أنه يتأثر بشدة بعمليات الغسل والنقع والطهي المنزلي، حيث يمكن أن تقلل هذه المعالجات من وجوده بشكل كبير (Zafarzadeh and Shahryari, 2025)، كما اشارت هذه الدراسة ان المخاطر الصحية للأطفال تكون أعلى بكثير من البالغين نتيجة استهلاك الأرز الملوث بالعناصر الثقيلة (Shu et al., 2025).

تقييم مستويات تراكيز العناصر الثقيلة في الأرز المستورد باستخدام تقنية الامتصاص الذري

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-ak22>

تعتبر منظمة الصحة العالمية (WHO) الكاديوم والزرنيخ والرصاص معادن ثقيلة وسامة ومسرطنة وتتراكم في الجسم وتؤثر على الكلى والعظام، وفي حالة تواجدتها بتراكيز مرتفعة تسبب العديد من المشاكل الصحية مثل الأمراض الرئوية والنفسية والاضطرابات الهرمونية والأمراض التناسلية، إذ لها القدرة على التفاعل مع مكونات الخلايا (Almaqtaf et al., 2024)، وتضع معايير صارمة للحد من وجودها في الأغذية، وخاصة الأرز الذي يعد مصدراً رئيسياً للتعرض له (Visciano, 2025).  
تعد ليبيا من الدول المستوردة للأرز، حيث يُشكل هذا المحصول جزءاً أساسياً من النظام الغذائي اليومي، ونظراً للطبيعة الفسيولوجية لنبات الأرز وطريقة زراعته في الأراضي المغمورة بالمياه، فإنه يُظهر قدرة فريدة على تراكم العناصر الثقيلة من التربة ومصادر الري، مما يجعله من أكثر الحبوب حساسية للتلوث بالمعادن الثقيلة (Afzal, 2024).  
يهدف البحث الى تحديد محتوى عنصر الرصاص والزرنيخ والكاديوم في بعض عينات الأرز في السوق الليبي ومقارنتها بالحدود القصوى المسموح بها من قبل المواصفات الدولية والعالمية.

#### المواد وطرق العمل:

#### جمع العينات:

تم جمع عينات الأرز التجارية من أصول جغرافية مختلفة (البرتغال، الولايات المتحدة الأمريكية، الهند، تايلند، ومصر)، من أسواق مدينة الزاوية – ليبيا، عشوائياً بواقع 15 عينة، وتعبئتها في أكياس نظيفة من البولي إيثيلين، ثم نُقلت إلى مختبر دلتا للخدمات الفنية (DTS) للتحليل في أكتوبر 2025 .

#### المواد الكيماوية المستخدمة:

- ماء مقطر مرتين خالي من الايونات.
- حمض النيتريك المركز التركيز %65.
- حمض الهيدروكلوريك المركز التركيز %60.
- محاليل قياسية للعناصر: الرصاص، الكاديوم، الزرنيخ.

#### الأجهزة المستخدمة:

تقييم مستويات تراكيز العناصر الثقيلة في الأرز المستورد باستخدام تقنية الامتصاص الذري

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-ak22>

جهاز الامتصاص الذري - الفرن الجرافيتي نوع Varian-USA

### طريقة قياس العناصر الثقيلة في عينات الأرز:

تم وزن 2 جرام من العينة الارز (3 مكررات) ووضعها في جفناات خزفية بالغطاء لإزالة كل المركبات العضوية وتحويلها الى رماد في درجة حرارة 500 م°، تُبرد العينات ثم تُطحن لتسهيل عملية الإذابة، ويتم إضافة 2 مليلتر من حمض النيتريك HNO<sub>3</sub> لهضم العينة وإذابة كل المعادن وتحويلها الى الصورة السائلة، توضع العينات في الجفناات على صفيح ساخن وتسخن العينة في درجة حرارة 90 م° لهضم العينات وإزالة كل المركبات العضوية وتحويل كل المعادن الثقيلة في العينة الى الصورة السائلة الأيونية، تبرد الجفناات الى درجة حرارة المعمل ثم يتم إزالة الاحماض من خلال التسخين على صفيح ساخن الى قرب جفاف المحلول، يتم تبريد العينات وغسل جوانب الجفناات والغطاء بمحلول 2% حمض النيتريك HNO<sub>3</sub> وتحويل المحلول بالكامل الى دورق حجمي 50 مليلتر واكمال الحجم بالماء المقطر.

يتم اعداد المنحنى القياسي للعناصر المراد قياسها باستخدام محاليل قياسية الملائمة لكل عنصر وقياس الامتصاص باستخدام جهاز الامتصاص الذري نوع Varian، ولقياس تركيز العناصر الثقيلة في العينات يتم استخدام القانون التالي:

$$\text{Metal Content} \left( \frac{\text{mg}}{\text{Kg}} \right) = \left( \frac{\text{Conc} \left( \frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) * \text{volume of sample (L)}}{\text{wt. of smple (Kg)}} \right)$$

حيث:

Metal content = محتوى العينة من العنصر بوحدات مليجرام / كيلوجرام

Conc. = تركيز العنصر في العينة بوحددة ميكروجرام / لتر

Volume of sample = حجم العينة = 50 مليلتر

Wt. of sample = وزن العينة 2 جرام

(Gong et al., 2020)

تقييم مستويات تراكيز العناصر الثقيلة في الأرز المستورد باستخدام تقنية الامتصاص الذري

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-ak22>

### التحليل الاحصائي:

حُسب المتوسط الحسابي (3 مكررات لكل عينة) والانحراف المعياري لقيم العناصر المدروسة واجري اختبار تحليل فرق البيانات باستخدام ANOVA One-Way احادي الاتجاه عند مستوى معنوية  $p \leq 0.05$ .

### النتائج والمناقشة:

يوضح جدول (1) متوسط تركيز العناصر (الكاديوم والزرنيخ والرصاص) في عينات الأرز من مصادر مختلفة.

الجدول 1. متوسط النتائج المتحصل عليها من جهاز الامتصاص الذري (AAS) والمقدرة بوحدة mg/kg للعناصر الثقيلة الكاديوم والزرنيخ والرصاص.

الانحراف المعياري sig	الرصاص	الزرنيخ	الكاديوم	عينات الارز
0	0	0	0	ارز برتغالي
0.00087	0	0	0.00095	ارز امريكي
0	0	0	0	ارز هندي
0	0	0	0	ارز تايلندي
0.000025	0	0	0.00013	ارز مصري

الجدول 2. يبين المعايير الدولية المرجعية للحد الأقصى للعناصر الثقيلة في الأرز

المنظمة	الكاديوم	الزرنيخ	الرصاص
FAO/WHO	0.4 mg/kg	0.20 mg/kg	0.1- 0.2 mg/kg
EU	0.2 mg/kg	0.15 mg/kg	0.1- 0.2 mg/kg
FDA	لا يوجد حد محدد للأرز العادي، لكن هناك توجيهات لأغذية الأطفال	0.1 mg/kg	20 mg/kg

تقييم مستويات تراكيز العناصر الثقيلة في الأرز المستورد باستخدام تقنية الامتصاص الذري

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-ak22>

أظهرت النتائج كما موضح بالجدول (1) أن متوسط تراكيز العناصر الثقيلة في جميع عينات الأرز المدروسة (الكاديوم والزرنيخ والرصاص) كانت أقل بكثير من الحدود القصوى المسموح بها دولياً. فبالنسبة للكاديوم سجلت العينات الأمريكية والمصرية تراكيز بلغت المتوسطات 0.00095 و 0.00013 mg/kg على التوالي، وهي تقل عن الحد الأقصى المحدد من قبل منظمة الصحة العالمية WHO ومنظمة الأغذية والزراعة (FAO) (0.4 mg/kg) (Seyfferth et al., 2025) وكذلك تقل عن المعايير الأوروبية EU الأكثر صرامة (0.2 mg/kg) (Chu et al., 2026) كما مبين بالجدول (2). كما أوضح التحليل الإحصائي أن هناك فروق معنوية بين أنواع الأرز في تركيز عنصر الكاديوم  $P < 0.000001$  و  $F=316.61$ ، كما أظهر التحليل الإحصائي بعدم وجود فروق معنوية بين متوسط تركيز الكاديوم في الأرز المصري والأرز الأمريكي  $P=0.076$ .

أما بالنسبة للزرنيخ والرصاص، فقد كانت القيم غير محسوسة (صفر) في جميع العينات، مما يجعلها أقل بكثير من الحد الأقصى المسموح به، وهو (0.2 mg/kg) للزرنيخ و (0.1-0.2 mg/kg) للرصاص وفق منظمة الصحة العالمية WHO، ومنظمة الأغذية والزراعة FAO، كذلك اقل من المعايير الأوروبية UE، للزرنيخ 0.15 mg/kg، وللرصاص (0.1-0.2 mg/kg) (EFSA Panel, 2024).

تتوافق هذه النتائج مع (Zhao et al., 2024) التي تشير إلى أن المعدل المسموح به للكاديوم في الأرز يتراوح عادةً بين 0.004 إلى 0.02 mg/kg في معظم المناطق غير الملوثة. حيث سجل الأرز المصري تركيز 0.00013 mg/kg للكاديوم وهو أقل من المعدلات المسجلة في دراسات سابقة للأرز المصري، مما يدل على نقاوة عالية وعدم وجود تلوث بيئي في مناطق الزراعة المدروسة. ويُعزى هذا المستوى الطبيعي في هذه الدراسة إلى التأثير الضئيل للأنشطة البشرية والتعدينية والصناعية في المنطقة، وربما إلى تأثير التركيب الجيني والذي لا يزال بحاجة إلى دراسة من خلال تحليل تربة حقول الأرز (Shi et al., 2023). كما تتوافق هذه الدراسة مع ما أوضحه (Soe et al., 2021) ان الأرز المصري يحتوي على نسب اقل من الكاديوم والزرنيخ.

تقييم مستويات تراكيز العناصر الثقيلة في الأرز المستورد باستخدام تقنية الامتصاص الذري

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-ak22>

كما أظهر الأرز الأمريكي أعلى متوسط تركيز للكاديوم ( $0.00095 \text{ mg/kg}$ ) بين العينات، حيث أوضح (Zhao & Wang, 2020) أن الكاديوم ينتقل إلى الأرز بشكل أساسي من التربة الملوثة الناتجة عن الأنشطة الصناعية أو استخدام الأسمدة. وهو يتوافق مع الدراسة (Shraim, 2014) التي تشير إلى احتواء الأرز الأمريكي نسب أعلى من الزرنيخ والكاديوم مقارنة ببعض المناطق. أما الأرز الهندي والتايلندي والبرتغالي لم تُكشف عن وجود للعناصر الثقيلة في العينات المدروسة، تتفق هذه الدراسة مع ما أوضحه (Myat Seo et al., 2023) ان عينات الأرز المدروسة تحتوي نسبة من الكاديوم بمعدل  $0.0056 \text{ mg/kg}$  أقل من الحد الأقصى المسموح به بأكثر من عشرة أضعاف، حيث وصلت إلى نطاقات تركيز مماثلة لأدنى مستوى في الدراسات المنشورة. وقد عُزيت مستويات الخلفية الطبيعية في هذه الدراسة إلى قلة الأنشطة البشرية والصناعية للمنطقة المدروسة.

لا تعني القيم الصفرية المسجلة بالضرورة عدم وجود العنصر، بل قد تشير إلى أن التراكيز أقل من حد الكشف للطريقة التحليلية المستخدمة، فباستخدام تقنيات ICP-MS مطياف الكتلة مع البلازما الحديثة، تبلغ حدود الكشف للكاديوم عادةً بين  $(-0.00016 - 0.002 \text{ mg/kg})$ . حيث أظهرت بعض الدراسات (Wei et al., 2023) أن التعرض طويل الأمد لتركيزات منخفضة في الحدود المسموح بها من العناصر الثقيلة يمكن أن يسبب أمراضاً مثل ارتفاع ضغط الدم والاضطرابات العصبية وحتى السرطان، بالإضافة إلى ذلك تختلف معايير التعرض باختلاف العمر ووزن الجسم. أما القيم الصفرية للزرنيخ والرصاص فتعكس احتمالاً عالياً لأن تكون تراكيزها أقل من  $0.001 \text{ mg/kg}$ ، وهو ما يؤكد سلامة العينات من هذه العناصر السامة.

### الاستنتاجات والتوصيات

أظهرت النتائج أن متوسط تركيز العناصر المدروسة ضمن الحدود المسموح بها وتؤكد النتائج أن جميع العينات المدروسة آمنة للاستهلاك البشري وتحقق متطلبات الاتحاد الأوروبي EU، ومنظمة الصحة العالمية WHO. وتوصي هذه الدراسة باستمرار المراقبة

تقييم مستويات تراكيز العناصر الثقيلة في الأرز المستورد باستخدام تقنية الامتصاص الذري

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-ak22>

الدورية للعناصر الثقيلة في واردات الأرز، مع التركيز على الكاديوم كمؤشر رئيسي للتلوث، وضرورة تطبيق ممارسات زراعية جيدة لضمان استمرارية جودة المنتجات الغذائية.

#### الخلاصة:

تُعد سلامة الأرز المستورد قضية حيوية لمليارات المستهلكين حول العالم، في هذه الدراسة قيّمنا مستويات ثلاثة عناصر ثقيلة (الكاديوم، الرصاص، والزرنيخ) في عينات من الأرز المستورد من خمسة بلدان (البرتغال، أمريكا، الهند، تايلاند، ومصر) باستخدام جهاز الامتصاص الذري (Varian) مع ثلاثة تكرارات لكل عينة. أظهرت النتائج عدم وجود الرصاص أو الزرنيخ في أي عينة، بينما اقتصر الكاديوم على عينتين فقط (الأمريكية والمصرية) بتراكيز ضئيلة للغاية (0.00013 و 0.00095 ملليغرام/كيلوغرام)، وجميع القيم جاءت أقل بكثير من الحدود الدولية المسموح بها، مما يؤكد أن جميع العينات آمنة للاستهلاك البشري، مع ذلك نوصي باستمرار المراقبة الدورية للحفاظ على هذه المعايير.

#### المراجع:

- Afzal, M., Muhammad, S., Tan, D., Kaleem, S., Khattak, A. A., Wang, X., ... & Tan, Z. (2024). The effects of heavy metal pollution on soil nitrogen transformation and rice volatile organic compounds under different water management practices. *Plants*, 13(6), 871.
- Alsaadie, N. A., Falih, A. S. & Mouhamad, R. (2019). Effect of Mineral Fertilizers Application on Accumulation of Heavy Metals in Soils and Tomato Plant. *Syrian Journal of Agricultural Research – SJAR* 6(2): 395-404.
- Almaqtuf, A. A., Almaqtuf, A. B. A. & Ali, A. M. A. (2024). Estimating the concentration of the lead and cadmium in canned food from Al-Asabaa city. *African Journal of Advanced Pure and Applied Sciences (AJAPAS)*. 4(1):30-35.
- Bhoi, R., Naik, B., Pradhan, A., & Sahu, C. (2025). Health risk assessment of heavy metal contamination in rice cultivation of Eastern India. *Discover Environment*, 3(1), 193.

تقييم مستويات تراكيز العناصر الثقيلة في الأرز المستورد باستخدام تقنية الامتصاص الذري

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-ak22>

- Chu, H., Zhang, H., Ren, D., Jiang, X., Yu, Y., Zhu, J., ... & Ding, Z. (2026). Assessing the health risks of rice cadmium content standards in China. *Science Advances*, 12(8), eadw4382.
- EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain (CONTAM), Schrenk, D., Bignami, M., Bodin, L., Chipman, J. K., del Mazo, J., ... & Schwerdtle, T. (2024). Update of the risk assessment of inorganic arsenic in food. *EFSA journal*, 22(1), e8488.
- FAO. (2024). FAOSTAT Statistical Database. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Retrieved from <https://www.fao.org/faostat>
- Gong, L., Qiu, D., Yao, X., & Yang, G. (2020, June). Determination of heavy metals in the plant sample pretreatment methods. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1549, No. 2, p. 022008). IOP Publishing.
- Hu, F., Wang, B., Zhang, L., Wang, Y., Sha, J., Dong, J., ... & An, J. (2025). Ecotoxicological Effects of Heavy Metals on Rice (*Oryza sativa* L.) Across Its Life Cycle and Health Risk Assessment in Soils Around Pb–Zn Mine. *Plants*, 15(1), 30.
- Myat Soe, A. M., Mu, A. A., & Toyoda, K. (2023). Arsenic and heavy metal contents in white rice samples from rainfed paddy fields in Yangon division, Myanmar—Natural background levels?. *Plos one*, 18(3), e0283420.
- Salah, M. A., Al-Jumaily, H. A., & Al-mufti, T. M. (2025). Geochemical Evaluation of Arsenic Content in Different Types of Soils in Kirkuk Governorate/Northern Iraq.
- Sangeetha, J., Thangadurai, D., Fayeun, L. S., Akinwale, J. A., Habeeb, J., Maxim, S. S., ... & Islam, S. (2020). Origin and evolution of rice as domesticated food crop. In *Rice Research for Quality Improvement: Genomics and Genetic Engineering: Volume 1: Breeding Techniques and Abiotic Stress Tolerance* (pp. 1-14). Singapore: Springer Singapore.
- Seyfferth, A. L., Limmer, M. A., Jackson, B. P., & Runkle, B. R. (2025). Concentrations and health implications of As, Hg, and Cd and micronutrients in rice and emissions of CH<sub>4</sub>

تقييم مستويات تراكيز العناصر الثقيلة في الأرز المستورد باستخدام تقنية الامتصاص الذري

<http://www.doi.org/10.62341/istj-vol38-2-ak22>

- from variably flooded paddies. *GeoHealth*, 9(8), e2025GH001410.
- Shi, Z., Carey, M., Davidson, E., Meharg, C., & Meharg, A. A. (2021). Avoiding rice-based cadmium and inorganic arsenic in infant diets through selection of products low in concentration of these contaminants. *Exposure and Health*, 13(2), 229-235.
- Shraim, A. M. (2014). Rice is a potential dietary source of not only arsenic but also other toxic elements like lead and chromium. *Arabian Journal of Chemistry*, 10, S3434-S3443.
- Shu, L., Yang, G., Liu, S., Huang, N., Wang, R., Deng, Y., Zhang, Y., Li, S., Sun, H., Li, B., & Lin, D. (2025). A comprehensive review on arsenic exposure and risk assessment in infants and young children diets: Health implications and mitigation interventions in a global perspective. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 24(1), e70063.
- Visciano, P. (2025). Arsenic in water and food: Toxicity and human exposure. *Foods*, 14(13), 2229.
- Wei, R., Chen, C., Kou, M., Liu, Z., Wang, Z., Cai, J., & Tan, W. (2023). Heavy metal concentrations in rice that meet safety standards can still pose a risk to human health. *Communications earth & environment*, 4(1), 84.
- Zafarzadeh, A., & Shahryari, A. (2025). Risk assessment of heavy metals in north of Iran (Sari) rice and implications for human health. *Scientific Reports*, 15(1), 38290.
- Zhao, D., Wang, P., & Zhao, F. J. (2024). Toxic metals and metalloids in food: Current status, health risks, and mitigation strategies. *Current environmental health reports*, 11(4), 468-483.
- Zhao, F. J., & Wang, P. (2020). Arsenic and cadmium accumulation in rice and mitigation strategies. *Plant and Soil*, 446(1), 1-21.