

大米中的砷：食品安全方面迎来的新挑战

Rebia Ejaz^{1*}, Mian Kamran Sharif², Aysha Sameen¹, Rizwana Batool¹, Saima Tehseen¹, Mahwash Aziz¹

¹ Department of Food Science and Technology, Government College Women University, Faisalabad, Pakistan;

² Faculty of Food, Nutrition and Home Science, National Institute of Food Science and Technology, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

* 通讯作者: rebiaejaz.2500@gmail.com

摘要: 砷在食品中的残留几乎已经是全世界的重要公共卫生问题, 借此需要通过饮食方法来评估评估人类接触食物和饮食中砷的形态。在全球范围内, 大米是解决世界饥饿问题的重要商品, 对人类的生存极为重要。大米广泛用于婴儿配方奶粉、早餐麦片、面包、饼干、蛋糕、米粉饮料和其他食品的加工。而砷在米粒中的浓度较高, 占砷在食品分布中总量的 85% 以上, 对地球上的人类和动物生命造成严重危害。同时, 砷污染的水体和土壤可能通过水-土-植物途径对人体产生危害。

关键词: 大米; 砷; 健康威胁; 食品安全; 代谢紊乱

1. 引言

食物的元素组成是建立适当的营养素消耗模式以及确定其毒性暴露限度的有效方法。我们日常饮食或食物中存在的任何金属的总浓度无法衡量其毒性水平。在巴基斯坦的一些地区, 饮用水中的砷含量已超过可接受限度(10ppb), 因此可能演化成公共卫生方面的一个严重问题^[1]。

2. 关于砷

砷是一种纯元素晶体, 由不同的矿物质组成, 尤其是与硫和其他金属结合在一起。它首先由 Albert Magnus 于 1250 年记录, 以同素异形体的形式存在。在地球含量最丰富的元素中居第 53 位, 占地壳的 1.5ppm。砷在土壤和海水中的含量分别为 10ppm 和 1.6ppb。砷以三价砷酸盐和五价亚砷

酸盐的形式存在, 无论是单甲砷 (MMA) 还是二甲砷酸盐 (DMA), 它们的都有更加严重的危害。虽然一些细菌物种在砷代谢物存在的情况下能够进行呼吸作用, 但是砷几乎对所有生物体来说都是臭名昭著的毒药。地质条件、遗传因素以及其他人为活动, 如车辆更频繁的使用、烟雾的产生、农用化学品的应用以及工业废水的沉积, 会导致地下水和土壤受到砷的污染, 最终致使农产品恶化^[2,3]。

3. 土壤、水和植物中砷的存在

根据特定区域, 土壤中的总砷浓度含量从 10 ppm 到几千 ppm 不等。而在陆生植物中砷的浓度取决于土壤中砷含量和植物吸收积累的能力。此外, 在受污染场地生长的植物含有高达 1000

收稿日期: 2023-03-22

发表日期: 2023-06-20

English edition of this article is available online at <https://cae.usp-pl.com/index.php/fnc/article/view/1>

ppm 的砷，而未受污染的植物仅含 0.2 至 0.4 ppm 的砷。无机砷在源自陆地的食物中占主导地位，而在海洋食物中则是次要的^[4]。

砷的含量被认为是权衡和评估膳食砷危害的最关键的一方面。砷是一种有毒金属，存在于灌溉水中已有一定的安全限度，即 WHO 和 FAO 分别建议为 10ug/L 和 100ug/L。由于自然环境和人类活动导致砷含量超过安全水平，这对粮食安全至关重要，现今已引起警惕^[5,6]。

砷中毒会影响植物的光合作用，最终会影响优质水稻品种的生长，降低产量。稻苗的根部相较于稻秆和稻叶来说更容易吸收积累砷。而稻壳或外保护层比完整的稻谷含有更多的砷。经发现，稻谷碾米加工的副产品稻草是一种主要的农业来源，也是牛饲料的主要组成部分。因此，高含砷的牛饲料对动物生命构成了直接威胁，并通过相关的肉类、牛奶和其他食物间接影响人类健康^[7]。

可食用植物是印度、孟加拉国和巴基斯坦等亚洲国家以及拉丁美洲公认的砷污染源，因此对居民的健康构成威胁。很明显，长期接触含砷的水和植物，会对食品的生产和质量产生不利影响。栽培方法、植物组成、形态学、土壤生理学和砷形态的鉴定是研究食品吸收砷的重要方面^[7]。

4. 大米

农业居于全球众多行业之首，其覆盖面积也占土地面积的37%。水稻生产被视为养活世界一半人口的主食。水稻是一种喜水植物，从最开始种植到在田间进行进一步作业，都需要地下水灌溉。大米是世界上一半以上人口的主食之一。它是碳水化合物 (70%)、蛋白质 (6-9%) 和维生素 (1%) 的主要来源之一。米粒具有抗氧化、抗炎和

抗过敏的强大潜力，被广泛食用以促进健康，增进人民福祉。水稻自身形成了一个循环呼吸系统，直接通过表层叶片吸入氧气，为水下的茎叶提供根系生长所需的氧气，并向水中释放二氧化碳。

在全球范围内，大米是解决世界饥饿问题的重要商品，对人类的生存极为重要。亚洲人每年的大米消费量已超过 100 公斤/人。大米为人类提供了全球约 50% 的能源供应。大米被广泛用于婴儿配方奶粉、蛋糕、米浆、饮料和其他针对代谢紊乱的弱势群体的食品配方。但同时，此类产品可能含有砷，如个人疾病依赖于这些饮食，则会加重病情^[8]。

5. 食品中的砷

谷类和谷类产品是人类接触砷的主要来源。根据收集的人口接触数据，砷被指定为 I 类人类致癌物^[9]。天然存在的有机砷化合物是无毒的^[10]。通过饮食方法对食物和饮食中的砷形态进行评估以此来探索体人类通过饮食接触砷的途径^[11]。

5.1 大米中的砷

大约 90% 的砷以各种形式存在于水稻植物中，即 As III、As V 和 DMA。所有这些形式都是患癌的诱因，因为它们通过硅和磷酸盐转运通过特殊通道进入人体^[12]。首先，砷在水稻根部积累，然后由于金属之间形成螯合复合物并螯合在水稻细胞液泡内而向芽、叶和谷粒移动。与在有氧环境中生长最好的其他谷物（如小麦、大麦和玉米）相比，水稻在淹水条件下种植进行厌氧呼吸是导致水稻中砷浓度高达 10 倍的主要原因之一^[13,14]。

从以前的研究结果可以明显看出，不同的水稻品种含砷浓度有一定差异。与精米相比，糙米

含有更多的砷。与麸皮和稻壳相比，大米的胚乳部分含有最少的砷。由于全部的天然成分与营养益处，糙米是人们追捧的食物。但与此同时，这些在婴儿饮食中的使用中任然尚不安全。因此在食用前应明智地监测所设计食品的质量和安全性^[15]。最后得出的结论是，只有 As 含量较低的白米才能用于制造婴儿食品^[16,17]。

粮食作物中砷的积累已成为严重的公共卫生问题。2014 年，国际食品法典委员会/世界粮农组织 (CODEX/FAO) 制定了精米的最大限量 (0.2mg/kg)。2016 年，国际食品法典委员会 (CODEX) 建议糙米或大米(仅去壳米)的砷含量不应超过 0.35mg/kg。由大米及其面粉制成的食物不含麸质，可供乳糜泻患者或麸质不耐受者以及患有严重过敏症和乳糖不耐症的人食用。在西方人群中，包括儿童和老年人(65 岁以上)在内的高达 1% 的人是乳糜泻患者。乳糜泻是一种免疫介导的过敏症，与营养素和维生素的吸收不良有关，原因是对麸质的异常反应会损害婴儿期和青春期儿童的小肠内壁。由于缺乏麸质，大米及其制品是小麦制品的主要食用替代品。预烹制精米因其味道清淡、无染色、低致敏性和极其丰富营养价值而常用于母乳替代品^[18]。

大米样品(12)从澳大利亚当地市场采集，用于通过 ICP-MS 测定砷。所有大米样品中砷的平均浓度范围为 0.026 至 0.464 ppm。由于地理来源的差异，观察到砷浓度之间的差异。美国大米含砷量最高(0.25mg/kg)，其次分别是泰国大米(0.20mg/kg)、巴基斯坦大米(0.14mg/kg)、印度大米(0.10mg/kg)和埃及大米(0.09mg/kg)。一些正在研究的品种中含有浓度过高的有毒元素。有关部门迫切需要监管和监测稻谷中的砷含量，以改善

和保护公众健康。在孟加拉国和西孟加拉邦，数百万受试者通过水接触到 As 毒性。皮肤病、癌症风险和对儿童发育的潜在影响已成为砷监管的基础。根据食品法典，新鲜精米的最大允许限量 (0.2mg/kg)^[19]。

在大米产品中发现的大约 75-90% 的砷在分析过程中证明是无机物。包括油、米浆和醋在内的液态米产品含有 0.01 至 0.03ppm 的砷，含量低于固态米产品。砷的减少可能是由于在加工过程中用水稀释了大米。与牛奶相比，米浆被用作饮料，因此单调的摄入会导致受试者的膳食中砷含量的升高。

由于用含有一定毒性的地下水进行水稻灌溉在南亚和东南亚国家更为普遍。因此亚洲大米含有最高比例的无机砷，它具有更高的毒性、生物利用度和生物可及性。因此，亚洲大米被认为对当地居民以及从这些地区消费进口大米的其他人的健康构成严重危害。在受污染土壤中种植的稻谷中发现了较高水平的砷。如果在受污染的水中煮饭，煮熟的米饭将含有更多的砷浓度^[20]。

5.2 婴儿食品和砷

大米是许多婴儿食品的补充成分，也是美国婴儿食品的首选。在一项内部分析中，对 200 份婴儿食品大米样品的砷含量进行了检测，并与燕麦片等替代品进行了比较。每天喂食 2 或 3 份米饭的婴儿患癌症的风险高出可接受水平两倍。使用 HPLC-ICP-MS 系统对芬兰市场上的长粒米(8 个品种)和由米制成的婴儿食品(n=10)进行了无机和总砷含量评估。长粒米和婴儿食品无机砷含量平均值分别为 0.09 至 0.28mg/kg 和 0.11 至 0.13mg/kg。长粒米和婴儿食品的总砷浓度范围

为 0.11 至 0.65mg/kg 和 0.02 至 0.29mg/kg。表明每个年龄段的摄入量都非常接近 EFSA 设定的人体最低检测限，即每天 3ug/kg，根据婴儿体重设置^[21]。因此，有人建议婴儿每周吃的米糊不要超过一份，让他们的儿童饮食多样化，并鼓励食用其他由燕麦和玉米粒制成的食物，因为它们的砷含量较低^[22]。

另一项针对美国儿童的研究发现，每增加 1/4 杯煮熟的米饭，尿砷浓度就会增加 14 倍。生命早期的砷中毒与抑制生长和其他有害后果有关，包括高血压和肾功能障碍。根据食品及药物管理局（FDA）的说法，没有确凿的证据表明米糊作为第一种固体食品并不优于其他谷物^[23]。最初存在于大米中的总砷浓度在大米食品生产的加工过程中没有改变，并最终到达最终消费者手中。由于婴儿和儿童对砷中毒的免疫系统较弱且发育不全，因此需要特别注意食品安全。另一方面，摄入更多的婴儿配方奶粉和断奶食品或患有乳糖不耐的儿童更容易受到砷污染^[24]。

在一项研究中，欧洲食品安全局(EFSA)从欧洲国家收集了 103,773 份食品样本并进行了分析，用来估计通过摄入食物摄入的砷的含量。经过分析，欧盟确定以下食品中砷的最高法定阈值分别为：白米(0.2mg/kg)、蒸谷米(0.25mg/kg)、威化饼，饼干或蛋糕(0.30mg/kg)和婴儿食品(0.1mg/kg)。此外，食品及药物管理局还提出了与婴儿米粉相同的砷法定阈值(0.1mg/kg)，中国政府也规定了大米中无机砷的最高限值为 0.15mg/kg^[25]。

用受砷污染的水淘洗大米提高了土壤和作物污染的复杂性。在一些国家，用铁、锌和叶酸强化大米时，在烹饪前不进行冲洗和排水，以防止

营养素流失。另一方面，大米被洗三次，然后用大量水煮熟并沥干，由于大米蛋白质和无机大米之间的强结合，显著增加了人体接触砷的机会^[26]。与其他植物物种相比，在洪水条件下种植的水稻在谷物中积累了更高水平的砷。一项研究表明，精米中铁和锌的生物利用度对重金属含量有显著影响。许多其他研究人员正在尝试提高矿物质和其他主食的生物利用度，以维持个体的营养状况，这也可以减少砷的积累^[27,28]。

在日本的一项研究中，评估了加工、烹饪和储存对大米总砷含量的影响。通过去除10%的麸皮，精白米中的总砷减少到65%，而在带有麸皮层的糙米中观察到有50%含量的砷被去除。此外，经过三次去离子水洗涤后，白米中的砷含量分别降低到未经洗涤的生米的80%和75%。漂洗对砷含量的影响与糙米非常相似。用少量水（水米比为2:1）煮熟的大米没有去除砷，而储存一年的糙米表现出含有稳定的砷含量^[29]。根据砷从谷物到土壤的转移系数0.1，大米中的砷含量非常不均匀，范围为0.01至0.8 ppm^[30]。

通过 HPLC-ICP-MS 系统对大米和伏尔加麦(半熟小麦产品)样品(5g)进行砷形态分析，然后收集来自土耳其参与者(14-75 岁)的体内砷含量的相关信息。两种样品均以无机砷为主，但大米样品中的浓度(160mg/kg)高于保加利亚小麦(30 mg/kg)。食用大米越多的人，体内含砷的浓度越高，增加致癌风险。在欧洲和亚洲，一个人的平均大米摄入量为 9g/天和 278g/天^[31]。用充足的水煮米饭并丢弃多余的水显示砷含量低于生米饭，而用有限的水(蒸)煮饭不会影响砷浓度。米糠及其制品中砷含量是全谷物的 10-20 倍，作为健康食品危害更大^[32]。

据报道，在一些印度地区，不仅饮用水中存在砷，而且通过食用大米摄入人体的砷含量也很高，这也暗示印度人口中的砷含量很高。在富含砷的土壤和灌溉介质上种植的水稻作物也是砷的来源，其积累的砷含量高于正常土壤和水。对不同类别大米产品的平均砷含量进行了分析，结果表明，由于印度、欧盟和欧洲之间广泛的地理差异，固体食品的砷平均含量为0.14至0.28mg/kg，婴儿食品的平均砷含量为0.12至0.47mg/kg。

6. 砷测量

高效液相色谱法是一种通用且快速的监测方法，可用于测量米粉样品中的总无机砷和有机砷。它还配备了电感耦合等离子体质谱仪。在相同的保留时间内鉴定和洗脱各种形式的砷，并通过在反相柱上设置的等度洗脱程序完全分离。这是基于氢化物发生原子吸收光谱法有效测定水稻生物组织中砷含量的最新且可靠的分析方法。现在，由于易于操作和简单，非色谱法也被引入用于无机砷的测定^[33,34]。

7. 砷的减排策略

为此，筛选低砷含量的水稻品种应与其他可行的解决方案一起全面实施，以减轻砷对人类健康生存的威胁。此外，应修订有关婴儿食品中大米加工的简单建议，这可显着减少砷暴露^[35]。

与地中海气候的淹水条件相比，在饱和土壤中种植的水稻砷含量较低。通过有效的水资源管理系统增加了水稻产量。连续7年的喷灌将总砷浓度降低到漫灌初始值的六分之一(0.55至0.09 ppm)，而一个周期的喷灌减少了0.20 ppm的砷。此外，这两种灌溉技术都没有影响作物产量(3000kg/ha)。据悉，稻田水情的变化似乎有利于

防止砷的过度积累，并对食品安全和水资源保护产生重要影响^[21,36]。

处理重金属污染场地的最佳示范技术是固定化、土壤清洗和植物修复。在人口指数较高且可用于加强粮食安全的资金稀缺的国家，需要低成本和可持续的选择来恢复受污染的土地。由于土壤化学性质不同，重金属根据其在土壤中的浓度对植物产生低至重度的毒性作用。砷是一种非金属元素，也是土壤中的一种有害元素。根据砷对植物和人类健康的影响评估砷的毒性^[37]。建议在土壤中施用二氧化硅和磷肥，以减少砷通过土壤和灌溉水对水稻植物的吸收^[38]。

具有吸收、转运和去毒性等功能的特定基因系统可以减少水稻中砷的积累。因此，就培育抗性品种而言，基因改造对于作物改良非常重要，并揭示了这些作物是如何代谢的。通过使用有效和实用的方法，如基因工程，生产出砷含量低的水稻作物。此外，还采用包括甲基化和挥发在内的其他策略来最大程度地减少水稻品种中砷的暴露，因为这些过程将砷隔离在植物液泡中并使植物部分解毒。一些具有生物活性的水稻品种的砷含量最低，即比其他品种低20-30倍，这是由于这种有毒元素在水稻籽粒中吸收、转运和积累的途径发生了阻塞^[14,39]。

在最近的一次韩国研讨会上，评估了现有的降低重金属含量的技术及其在水稻种植系统、水稻土壤、水稻品种和灌溉过程中的优缺点。建立了一种综合方法，该方法涉及将补救方案和水资源管理系统与经济和技术上可行的方法相结合，以减轻砷水平。通过吸收剂(氧化铁涂层砂材料)过滤是一种新兴且有效的处理砷污染水溶液的方法，没有任何缺点。影响吸收的重要参数是 pH 值、

接触时间、吸附剂剂量和初始砷浓度。由于可用性、低成本和更好的性能，建议 5g/L 氧化铁涂层砂可以有效地去除溶液中 100 μ g/L 的砷^[40]。

8. 结论

大米是主要的饮食原料，也是许多国家的主食。大米被用来生产多种加工食品，包括糖浆、棒状食品、早餐麦片、饼干和薄脆饼干，以及是婴儿麦片的重要成分，即婴儿期的一种固体食物。同时，流行病学研究报告称，由于砷浓度较高，大米消费与人类健康疾病之间存在密切关联。含砷大米摄入量增加可能会增加患某些慢性病的风险，例如糖尿病、癌症、心血管疾病和皮肤损伤。因此，解决含砷食物与饮用水对健康挑的挑战和影响非常重要，尤其是对于偏远地区来说。在未来的研究中，应该更侧重于测量生物标本中的砷含量，以进一步了解膳食砷对健康的影响，并保护大众免受大米饮食的影响。

利益冲突

本文作者没有需要声明的利益冲突。

参考文献

- [1] Karagas MR, Punshon T, Davis M, et al. Rice intake and emerging concerns on arsenic in rice: A review of the human evidence and methodologic challenges. *Current Environmental Health Reports*, 2019, 6: 361–372.
- [2] Sohn E. Contamination: The toxic side of rice. *Nature*, 2014, 514: 62–63.
- [3] Punshon T, Jackson BP, Meharg AA, et al. Understanding arsenic dynamics in agronomic systems to predict and prevent uptake by crop plants. *Science of the Total Environment*, 2017, 581: 209–220.
- [4] Yuan ZF, Gustave W, Boyle J, et al. Arsenic behavior across soil-water interfaces in paddy soils: coupling, decoupling and speciation. *Chemosphere*, 2021, 269: 128–713.
- [5] Islam SF, de Neergaard A, Sander BO, et al. Reducing greenhouse gas emissions and grain arsenic and lead levels without compromising yield in organically produced rice. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2020, 295: 1–16.
- [6] Rokonuzzaman M, Li WC, Man YB, et al. Arsenic accumulation in rice: sources, human health impact and probable mitigation approaches. *Rice Science*, 2022, 29(4): 309–327.
- [7] Gousul Azam SMG, Afrin S, Naz S. Arsenic in cereals, their relation with human health risk, and possible mitigation strategies. *Food Reviews International*, 2017, 33: 620–643.
- [8] Majumder S, Banik P. Geographical variation of arsenic distribution in paddy soil, rice and rice-based products: A meta-analytic approach and implications to human health. *Journal of Environmental Management*, 2019, 233: 184–199.
- [9] IARC (International Agency for Research on Cancer). Arsenic and arsenic compounds. In *IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Arsenic, Metals, Fibres and Dusts*. 2012, 100: 41–94.
- [10] Chen Y, Han YH, Cao Y, et al. Arsenic transport in rice and biological solutions to reduce arsenic risk from rice. *Frontiers in Plant Science*, 2017, 8: 1–11.
- [11] Cubadda F, Jackson BP, Cottingham KL, et al. Human exposure to dietary inorganic arsenic and other arsenic species: State of knowledge,

- gaps and uncertainties. *Science of the Total Environment*, 2017, 579: 228–239.
- [12] Watson C, Gustave W. Prevalence of arsenic contamination in rice and the potential health risks to the Bahamian population—A preliminary study. *Frontiers in Environmental Science*, 2022, 10: 1–7.
- [13] Shri M, Dave R, Diwedi S, et al. Heterologous expression of *Ceratophyllum demersum* phytochelatin synthase, CdPCS1, in rice leads to lower arsenic accumulation in grain. *Scientific Reports*, 2014, 4: 57–84.
- [14] Zhang J, Zhao QZ, Duan GL, et al. Influence of sulphur on arsenic accumulation and metabolism in rice seedlings. *Environmental and Experimental Botany*, 2011, 72: 34–40.
- [15] Shraim AM. Rice is a potential dietary source of not only arsenic but also other toxic elements like lead and chromium. *Arabian Journal of Chemistry*, 2017, 1: 1–10.
- [16] Munera-Picazo S, Cano-Lamadrid M, Castaño-Iglesias MC, et al. Arsenic in your food: potential health hazards from arsenic found in rice. *Nutrition and Dietary Supplements*, 2015, 7:1–10.
- [17] Dai J, Tang Z, Gao AX, et al. Widespread occurrence of the highly toxic dimethylated monothioarsenate (DMMTA) in rice globally. *Environmental Science & Technology*, 2022, 56 (6): 3575–3586.
- [18] Arcella D, Cascio C, Gómez Ruiz JÁ. Chronic dietary exposure to inorganic arsenic. *European Food Safety Authority*, 2021, 19 (1): 1–10.
- [19] Codex Alimentarius Commission. Report of the eighth Session of the codex committee on contaminants in foods. Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Alimentarius Commission 37th Session Geneva, Switzerland, 2014.
- [20] Djahed B, Taghavi M, Farzadkia M, et al. Stochastic exposure and health risk assessment of rice contamination to the heavy metals in the market of Iranshahr, Iran. *Food and Chemical Toxicology*, 2018, 115: 405–412.
- [21] Rintala EM, Ekholm P, Koivisto P, et al. The intake of inorganic arsenic from long grain rice and rice-based baby food in Finland - Low safety margin warrants follow up. *Food chemistry*, 2014, 150: 199–205.
- [22] Sanchez TR, Oelsner EC, Lederer DJ, et al. Rice consumption and subclinical lung disease in us adults: Observational evidence from the multi-ethnic study of atherosclerosis. *American journal of epidemiology*, 2019, 188(9): 1655–1665.
- [23] FAO/WHO. Report of the eighth session of the Codex Committee on Contaminants in Foods, The Hague. Joint FAO/WHO Food Standards Programme Codex Alimentarius Commission 37th Session Geneva, Switzerland, The Netherlands 31 March–4 April, 2014.
- [24] Liu M, Zhang Q, Cheng M, et al. Rice life cycle-based global mercury biotransport and human methylmercury exposure. *Nature Communications*, 2019, 10: 5164.
- [25] United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service. China, Peoples Republic of FAIRS Product Specific Maximum Levels of Contaminants in Foods, Tech. Report No. CH6064. China, 2006.

- [26] Chaney RL, Kim WI, Kunhikrishnan A, et al. Integrated management strategies for arsenic and cadmium in rice paddy environments. *Geoderma*, 2016, 270: 1–2.
- [27] Chaney RL. How does contamination of rice soils with Cd and Zn cause high incidence of human Cd disease in subsistence rice farmers. *Current Pollution Reports* 1, 2015, 16–22.
- [28] Yin N, Wang P, Li Y, et al. Arsenic in rice bran products: in vitro oral bioaccessibility, arsenic transformation by human gut microbiota, and human health risk assessment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2019, 67(17): 4987–94.
- [29] Shigehiro N, Matsumoto E, Shindoh K, et al. Effects of polishing, cooking, and storing on total arsenic and arsenic species concentrations in rice cultivated in Japan. *Food chemistry*, 2015, 168: 294–301.
- [30] EFSA (European Food Safety Authority). Scientific Opinion on Arsenic in Food. EFSA Panel on Contaminants in the Food Chain. EFSA, Parma, Italy, 2010.
- [31] Sofuoglu SC, Guzelkaya H, Akgul O, et al. Speciated arsenic concentrations, exposure, and associated health risks for rice and bulgur. *Food and Chemical Toxicology*, 2014, 64: 184–191.
- [32] González N, Josep C, Antoni R, et al. Dietary exposure to total and inorganic arsenic via rice and rice-based products consumption. *Food and Chemical Toxicology*, 2020, 141: 11–14.
- [33] Nunes L, Li G, Chen WQ, et al. Embedded health risk from arsenic in globally traded rice. *Environmental Science & Technology*, 2022, 56(10): 1021.
- [34] Narukawaa T, Chibab K, Sinaviwate S, et al. A rapid monitoring method for inorganic arsenic in rice flour using reversed phase-high performance liquid chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*, 2017, 1479: 129–136.
- [35] Chen H, Tang Z, Wang P, et al. Geographical variations of cadmium and arsenic concentrations and arsenic speciation in Chinese rice. *Environmental Pollution*, 2018, 238: 482–490.
- [36] Jiménez EM, Meharg AA, Smolders E, et al. Sprinkler irrigation of rice fields reduces grain arsenic but enhances cadmium. *Science of the Total Environment*, 2014, 1: 468–473.
- [37] Vodyanitskii YN. Standards for the contents of heavy metals in soils of some states. *Annals of Agrarian Science*, 2016, 14: 257–263.
- [38] Oberoi S, Devleeschauwer B, Gibb HJ, et al. Global burden of cancer and coronary heart disease resulting from dietary exposure to arsenic, 2015. *Environmental Research*, 2019, 171: 185–192.
- [39] Taylor V, Goodale B, Raab A, et al. Human exposure to organic arsenic species from seafood. *Science of the Total Environment*, 2017, 581: 266–82.
- [40] Arikan S, Dolgen D, Alpaslan MN. Adsorptive removal of arsenic from aqueous solutions by iron oxide coated natural materials. *Arsenic Research Global Sustainability*, 2016, 1: 476–477.

Arsenic in Rice: An Emerging Challenge in Context of Food Security

Rebia Ejaz^{1*}; Mian Kamran Sharif²; Aysha Sameen¹; Rizwana Batool¹; Saima Tehseen¹; Mahwash Aziz¹

¹Department of Food Science and Technology, Government College Women University, Faisalabad, Pakistan;

²Faculty of Food, Nutrition and Home Science, National Institute of Food Science and Technology, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan

*Corresponding author: rebiaejaz.2500@gmail.com

Abstract: Arsenic speciation in food and diet was assessed for human exposure through dietary approaches because it seems as a critical public health issue all over the world. Globally, rice is a vital commodity in world hunger and vastly important for survival of human race. Rice is widely used for the formulation of baby formulas, breakfast cereals, bread, cookies, cakes, rice drinks and other foodstuff. Arsenic is concentrated at higher rates in rice grains and containing more than 85% of total arsenic forms that poses serious health ailments o human as well as animal life on the planet. Meanwhile, Arsenic contaminated water and soil may induce hazardous affects to humans through water-soil-plant pathway.

Keywords: Rice; Arsenic; Health Threat; Food Safety; Metabolic Disorders