



Research Article

Assessment of arsenic concentration in rice and risk characterizations in some provinces in the Red River Delta region

Nguyen Thi Phuong Mai^{1*}, Dinh Thi Diu¹, Nguyen Manh Khai¹,
Pham Thanh Nam¹, Duong Thi Hanh²

¹Faculty of Environmental sciences, University of Science,
Vietnam National University, Hanoi, Viet Nam

²Institute of Science and Technology for Energy and Environment,
Vietnam Academy of Science and Technology, Hanoi, Vietnam

(Received: 02 Jul 2024; Revised: 26 Aug 2024; Accepted: 30 Aug 2024)

Abstract

Arsenic (As) is a known human carcinogen, uptake of As causes adverse health effects such as cardiovascular diseases, skin diseases, and a variety of cancers (skin, lung). Rice grain is the most consumed cereal in Vietnam and accumulates higher concentrations of As compared to other cereal crops. In this study, the As content in rice and its risk characterization in the Red River Delta region were investigated. Rice samples were collected from traditional markets in Ha Nam, Nam Dinh, Thai Binh, Hung Yen, and supermarkets in Hanoi. The results showed that the average As concentrations in rice samples from traditional markets (0.178 mg/kg; 0.058 - 0.290 mg/kg) were higher than those from supermarkets (0.147 mg/kg; 0.092 - 0.189 mg/kg) ($p < 0.05$). Rice samples had a total As concentration to meet National technical regulation on rice for national reserve (QCVN 06:2019/BTC). The As concentration in supermarket rice is below the maximum allowable level according to CODEX standard. The chronic daily intake for children and adults is 0.0023 mg/kg/day and 0.0010 mg/kg/day, respectively, within the allowable limits based on CODEX standards.

Keywords: Arsenic, rice, risk characterization.

* Corresponding author: Nguyen Thi Phuong Mai (E-mail: npm82@gmail.com)

Doi: <https://doi.org/10.47866/2615-9252/vjfc.4357>

Đánh giá hàm lượng Arsenic (As) trong gạo và rủi ro sức khỏe ở một số tỉnh khu vực đồng bằng sông Hồng

Nguyễn Thị Phương Mai*, Đinh Thị Diệu¹, Nguyễn Mạnh Khải¹,
Phạm Thành Nam¹, Dương Thị Hạnh²

¹Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học tự nhiên,
Đại học Quốc gia Hà Nội, Hà Nội, Việt Nam

²Viện Khoa học công nghệ Năng lượng và Môi trường, Viện Hàn lâm Khoa học và
Công nghệ Việt Nam, Hà Nội, Việt Nam

Tóm tắt

Arsenic được liệt kê là chất gây ung thư ở người, hấp thụ As gây ảnh hưởng đến sức khỏe con người, gây ra một số bệnh như các bệnh về phổi và tim mạch, tổn thương da và nhiều loại bệnh ung thư. Gạo là nguồn lương thực được tiêu thụ chủ yếu ở Việt Nam và có khả năng tích lũy As cao hơn so với các thực phẩm khác. Trong nghiên cứu này, hàm lượng As trong gạo và rủi ro sức khỏe của As với người dân ở khu vực đồng bằng sông Hồng được đánh giá. Các mẫu gạo được lấy tại các chợ truyền thống ở một số tỉnh Hà Nam, Nam Định, Thái Bình, Hưng Yên và siêu thị ở Hà Nội. Kết quả cho thấy, hàm lượng As trung bình trong các mẫu gạo ở chợ truyền thống (0,178 mg/kg; 0,058 – 0,290 mg/kg) cao hơn so với As trong mẫu gạo ở siêu thị (0,147 mg/kg; 0,092 – 0,189 mg/kg) ($p < 0,05$). Các mẫu gạo được phân tích có hàm lượng As đạt Quy chuẩn kỹ thuật đối với gạo dự trữ quốc gia (QCVN 06:2019/BTC). Hàm lượng As trong gạo ở siêu thị dưới mức tối đa cho phép theo quy định của CODEX. Lượng tiêu thụ hàng ngày ước tính đối với trẻ em và người lớn lần lượt là 0,0023 mg/kg/ngày và 0,0010 mg/kg/ngày, giá trị nằm trong giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn CODEX.

Từ khóa: As, gạo, đặc tính rủi ro.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Arsenic (As) được liệt kê là chất gây ung thư ở người theo Cơ quan Nghiên cứu Ung thư Quốc tế (IARC). Lúa là cây trồng có khả năng tích lũy hàm lượng As cao hơn so với cây lương thực khác [1]. Nhiều nguyên nhân làm tăng hàm lượng As trong gạo như tưới nước bằng nước ngầm có hàm lượng As cao, đất trồng lúa bị ô nhiễm bởi các hoạt động công nghiệp, khai thác khoáng, điều kiện kỵ khí trong canh tác [2]. Đặc biệt, lúa được trồng ở vùng có hàm lượng As tự nhiên cao cũng có thể làm tăng hàm lượng As trong gạo [3]. Mặc dù gạo có khả năng tích lũy As cao nhưng gạo vẫn là nguồn lương thực chính của 50% dân số thế giới và là nguồn thực phẩm được sử dụng hàng ngày ở Việt Nam. Hấp thụ As qua đường ăn uống là nguy cơ ảnh hưởng đến sức khỏe con người gây ra các bệnh về phổi và tim mạch, tổn thương da và nhiều loại bệnh ung thư [4]. Chính vì vậy, đánh giá rủi ro sức khỏe con người do tiêu thụ thực phẩm có chứa As là cần thiết để giúp các nhà hoạch định chính sách xây dựng hiệu quả chiến lược kiểm soát ô nhiễm để bảo tồn môi trường và bảo vệ sức khỏe con người.

Tại Việt Nam, đồng bằng sông Hồng được xác định là vùng ô nhiễm As nghiêm trọng, hàm lượng As trong nước ngầm ở mức trung bình gấp khoảng 16 lần so với Quy chuẩn QCVN 01-1:2018/BYT (0,01 mg/L) [5]. Chính vì vậy, lúa trồng ở vùng đồng bằng sông Hồng có nguy cơ ô nhiễm As từ nguồn nước tưới tiêu. Việc sử dụng gạo ở vùng bị ô nhiễm As có thể ảnh hưởng đến sức khỏe con người. Vì các lý do trên, nghiên cứu này được thực hiện nhằm: (1) xác định nồng độ arsenic tổng số trong các mẫu gạo được tiêu thụ ở vùng đồng bằng sông Hồng, (2) tiến hành đánh giá rủi ro sức khỏe thông qua việc tiêu thụ gạo.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Lấy mẫu và phân tích

Trong nghiên cứu này, các mẫu gạo được mua tại các chợ/cửa hàng ở các tỉnh Hà Nam, Nam Định, Thái Bình, Hưng Yên và siêu thị tại Hà Nội. Thông tin về các mẫu gạo (loại gạo, nguồn gốc) được ghi lại trong quá trình lấy mẫu, các mẫu thu thập đại diện cho loại gạo được trồng và tiêu thụ ở khu vực lấy mẫu. Số lượng và loại gạo bao gồm: 15 mẫu gạo được lấy tại Duy Tiên, Hà Nam (gạo ND502, GS55, TH08, HT01), 03 mẫu được lấy ở Hưng Yên (Thái Xuyên, Bắc Thơm 7), 03 mẫu được lấy ở Nam Định (BC15 và ADI 30), 02 mẫu được lấy ở Thái Thụy, Thái Bình (Đài thơm), 09 mẫu gạo được mua tại siêu thị ở Hà Nội (gạo Đài Thơm, gạo Cỏ May, ST25, gạo thơm RVT, tám Điện Biên, Thiên Kim hương lài, gạo Trân Châu hương, Japonica, Nhật Bản, gạo Đài thơm). Các mẫu gạo được đựng trong túi zip có khóa và vận chuyển về phòng thí nghiệm tại khoa Môi trường, trường Đại học Khoa học tự nhiên. Sau đó, khoảng 20 g mẫu được đồng nhất, nghiền nhỏ và tiến hành phân hủy mẫu. Cân chính xác khoảng 0,5 g mẫu vào ống Teflon, thêm 7 mL HNO₃ 70% và 1 mL H₂O₂ 30% và phân hủy bằng lò vi sóng Ethos One (Milestone, Ý). Mẫu sau khi phân hủy được chuyển sang cốc thủy tinh, đun nhẹ ở 105°C để loại HNO₃ dư và chuyển sang môi trường HCl. As tổng số trong mẫu gạo được xác định trên thiết bị quang phổ hấp thụ nguyên tử kết hợp với thiết bị tạo khí hydrua (HVG – AA – 7000, Shimadzu, Nhật Bản) theo TCVN 6626:2000. Thực hiện phân tích mẫu trắng, mẫu lặp, mẫu thêm chuẩn được xác định cùng với quá trình phân hủy gạo. Chuẩn As có nồng độ từ 0,5 µg/L; 1 µg/L; 2 µg/L; 5 µg/L; 10 µg/L và 16 µg/L được pha từ dung dịch chuẩn gốc 1000 mg/L As (Merk, Đức). Giới hạn phát hiện (LOD) và giới hạn định lượng (LOQ) của As trong gạo lần lượt là 0,01 mg/kg và 0,02 mg/kg. Hiệu suất thu hồi As đạt từ 85 – 93%.

2.2. Đánh giá rủi ro sức khỏe

Mô hình đánh giá rủi ro sức khỏe của Cục Bảo vệ môi trường Mỹ [6] được sử dụng để ước tính lượng tiêu thụ hàng ngày (CDI_i) đối với người trưởng thành và trẻ em theo công thức sau:

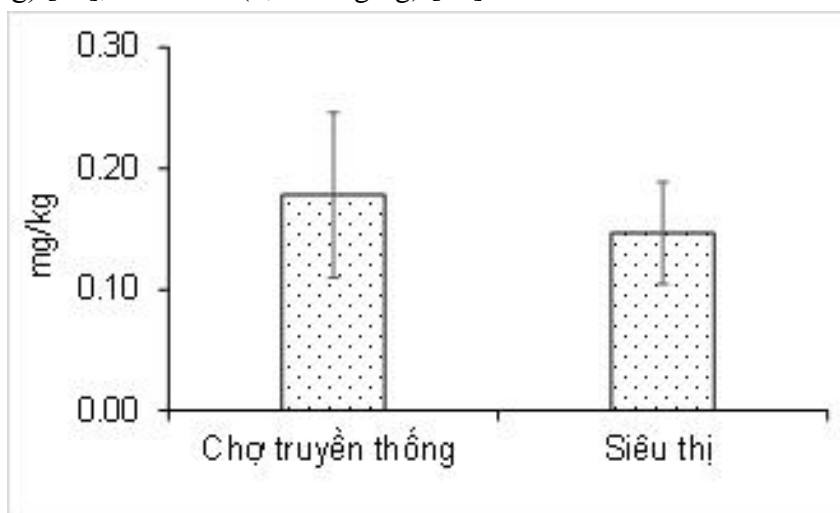
$$CDI_i = \frac{C_i \times IR_i}{BW_i}$$

Trong đó, C_i là nồng độ As trong gạo (mg/kg); IR_i: lượng gạo tiêu thụ hàng ngày (330 g/ngày đối với người lớn và 204,7 g/ngày đối với trẻ em) [7]; BW_i: trọng lượng cơ thể (55 kg đối với người lớn; 15 kg đối với trẻ em) [8].

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Hàm lượng As trong gạo

Kết quả phân tích hàm lượng As tại các chợ truyền thống và siêu thị ở vùng đồng bằng sông Hồng được chỉ ra ở Hình 1. Kết quả cho thấy hàm lượng As trung bình trong các mẫu gạo ở chợ truyền thống (0,178 mg/kg; 0,058 – 0,290 mg/kg) cao hơn so với As trong mẫu gạo ở siêu thị (0,147 mg/kg; 0,092 – 0,189 mg/kg) ($p < 0,05$). Kết quả này cao hơn so với các mẫu gạo được lấy ở Hà Nam (0,115 mg/kg) [10], Hồ Chí Minh (0,125 mg/kg) [7], Mexico (0,17 mg/kg) [3]. Tuy nhiên, hàm lượng As trong nghiên cứu này thấp hơn so với hàm lượng As trong các mẫu gạo ở khu vực bị ô nhiễm As như khu vực khai khoáng Bắc Kạn (0,29 mg/kg) [11], Hà Nam (0,225 mg/kg) [12].



Hình 1. Hàm lượng As trong gạo ở chợ truyền thống và siêu thị

Hàm lượng As trung bình trong các mẫu gạo tiêu thụ ở khu vực đồng bằng sông Hồng là 0,168 mg/kg (từ 0,058 đến 0,290 mg/kg). Tất cả các mẫu gạo được phân tích có hàm lượng As trong giới hạn cho phép theo Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia đối với gạo dự trữ Quốc gia (QCVN 06:2019/BTC) (hàm lượng As tổng số: 1,0 mg/kg). Nếu hàm lượng As tổng thấp hơn giới hạn tối đa cho phép theo tiêu chuẩn CODEX [13] thì không cần thử nghiệm thêm As vô cơ và mẫu kiểm nghiệm đạt yêu cầu theo tiêu chuẩn CODEX. Trong nghiên cứu này, hàm lượng As trong mẫu lấy ở siêu thị đều thấp hơn giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn CODEX (0,2 mg/kg). Điều này cho thấy các mẫu gạo trong siêu thị này đạt tiêu chuẩn CODEX. Đối với các mẫu gạo được lấy ở chợ, hàm lượng As tổng lớn hơn mức tối đa cho phép theo quy định CODEX, vì vậy cần xác định As vô cơ để có đánh giá chính xác hơn.

3.2. Đánh giá rủi ro sức khỏe

Kết quả tính toán lượng tiêu thụ hàng ngày (CDI_i) đánh giá rủi ro sức khỏe do tiêu thụ gạo chứa As ở chợ truyền thống và siêu thị thuộc đồng bằng sông Hồng được chỉ ra ở Bảng 1.

Bảng 1. Lượng tiêu thụ hàng ngày (CDI_i) đối với trẻ em và người lớn ở khu vực đồng bằng sông Hồng

	Nồng độ (mg/kg)	CDI (mg/kg/ngày)	
		Trẻ em	Người lớn
Trung bình	0,168	$2,3 \times 10^{-3}$	$1,0 \times 10^{-3}$
SD	0,064	$8,8 \times 10^{-4}$	$3,9 \times 10^{-4}$
Lớn nhất	0,290	$3,9 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^{-3}$
Nhỏ nhất	0,058	$7,9 \times 10^{-4}$	$3,5 \times 10^{-4}$

Kết quả tại Bảng 1 cho thấy lượng tiêu thụ hàng ngày ước tính đối với trẻ em và người lớn lần lượt là 0,0023 mg/kg/ngày (0,0008 – 0,0040 mg/kg/ngày) và 0,0010 mg/kg/ngày (0,0004 – 0,0017 mg/kg/ngày). Lượng hấp thụ As vô cơ hàng tuần (PTWI) theo tiêu chuẩn CODEX là 0,015 mg/kg-thể trọng, tương đương 0,0021 mg/kg-thể trọng/ngày [13]. Do đó, ước tính lượng As hấp thụ hàng ngày thông qua việc tiêu thụ gạo của nghiên cứu này đối với người lớn thấp hơn tiêu chuẩn CODEX. Ngược lại, lượng As hấp thụ hàng ngày đối với trẻ em cao hơn không đáng kể so với tiêu chuẩn CODEX. Các giá trị này tương đương với giá trị CDI (0,0013 mg/kg/ngày) được báo cáo bởi Chu Đình Bình và cộng sự ở khu vực Hà Nam [10]. Kết quả này cũng cao hơn so với nghiên cứu ở Thành phố Hồ Chí Minh (0,00035 – 0,00055 mg/kg/ngày) [7] và Mexico ($4,7 \times 10^{-5}$ mg/kg/ngày) [3]. Sự khác biệt về liều lượng tiêu thụ có thể là do sự khác biệt về trọng lượng cơ thể và lượng gạo tiêu thụ ở từng khu vực.

Kết quả nghiên cứu này chưa phát hiện bằng chứng về rủi ro sức khỏe do ăn gạo có chứa As bởi các hạn chế sau: thứ nhất là để đánh giá cụ thể hơn về rủi ro ung thư do tiêu thụ thực phẩm có chứa As, các loại thực phẩm khác như rau quả, thịt, cá, nước uống... cần phải nghiên cứu đánh giá; thứ hai là trong nghiên cứu này mới chỉ xác định hàm lượng As tổng số trong gạo, chưa thực hiện xác định được riêng rẽ As hữu cơ và As vô cơ như As (III) hoặc As (V); cỡ mẫu nghiên cứu còn nhỏ, mới thực hiện lấy mẫu ở 4/11 tỉnh, chưa đại diện cho toàn vùng đồng bằng sông Hồng, do đó, cần mở rộng quy mô và phạm vi trong các nghiên cứu tiếp theo.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này, hàm lượng As trong gạo và rủi ro sức khỏe của As ở một số tỉnh khu vực đồng bằng sông Hồng được đánh giá. Kết quả nghiên cứu cho thấy, hàm lượng As trung bình trong các mẫu gạo ở chợ truyền thống (0,178 mg/kg; 0,058 – 0,290 mg/kg) cao hơn so với As trong mẫu gạo ở siêu thị (0,147 mg/kg; 0,092 – 0,189 mg/kg) ($p < 0,05$). Tất cả các mẫu gạo được phân tích có hàm lượng As đạt Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia (QCVN 06:2019/BTC). Lượng tiêu thụ hàng ngày ước tính đối với trẻ em và người lớn lần lượt là 0,0023 mg/kg/ngày và 0,0010 mg/kg/ngày, giá trị nằm trong giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn CODEX. Để có đánh giá chính xác về rủi ro sức khỏe do phơi nhiễm As ở khu vực nghiên cứu cần phải có những nghiên cứu trong thời gian dài và liên tục, cũng như phân tích nguồn gây ô nhiễm As và các dạng As trong các loại thực phẩm khác nhau.

LỜI CẢM ƠN

Tập thể tác giả xin chân thành cảm ơn sự hỗ trợ một phần kinh phí từ Dự án “Chương trình hỗ trợ phát triển giáo dục đại học” (Dự án PHER) do Cơ quan Phát triển Quốc tế Hoa Kỳ (USAID) tài trợ cho công trình nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. P. N. Williams *et al.*, “Greatly Enhanced Arsenic Shoot Assimilation in Rice Leads to Elevated Grain Levels Compared to Wheat and Barley,” *Environmental Science & Technology*, vol. 41, no. 19, pp. 6854–6859, 2007.
- [2]. B. L. Batista, J. M. O. Souza, S. S. De Souza, and F. Barbosa, “Speciation of arsenic in rice and estimation of daily intake of different arsenic species by Brazilians through rice consumption,” *Journal of Hazardous Materials*, vol. 191, no. 1, pp. 342–348, 2011.
- [3]. L. García-Rico, M. P. Valenzuela-Rodríguez, M. M. Meza-Montenegro, and A. L. Lopez-Duarte, “Arsenic in rice and rice products in Northwestern Mexico and health risk assessment,” *Food Additives and Contaminants: Part B Surveillance*, vol. 13, no. 1, pp. 25–33, 2020.
- [4]. Agency for Toxic Substances and Disease (ATSDR), “Toxicological profile for arsenic,” *Atlanta (GA): United States Department of Health and Human Services, Public Health Services*, 2004.
- [5]. M. Berg *et al.*, “Magnitude of arsenic pollution in the Mekong and Red River Deltas — Cambodia and Vietnam,” *Science of The Total Environment*, vol. 372, no. 2, pp. 413–425, 2007.
- [6]. US EPA, “Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part F, Supplemental Guidance for Inhalation Risk Assessment),” *Office of Superfund Remediation and Technology Innovation Environmental Protection Agency*, vol. I, no. January, pp. 1–68, 2009.
- [7]. Ha Phan Ai Nguyen, Yen Hoang Cu, Pensri Watchalayann, and Nantika Soonthornchaikul, “Assessing inorganic arsenic in rice and its health risk to consumers in Ho Chi Minh City, Vietnam,” *Journal of Health Research*, vol. 35, no. 5, pp. 402–414, 2019.
- [8]. Van Anh Nguyen, Sunbaek Bang, Pham Hung Viet, and Kyoung-Woong Kim, “Contamination of groundwater and risk assessment for arsenic exposure in Ha Nam province, Vietnam,” *Environment International*, vol. 35, no. 3, pp. 466–472, 2009.
- [9]. US EPA, “Regional Screening Level (RSL) Summary Table. <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generic-tables>. Accessed date: May 2024.,” no. November, pp. 1–13, [Online]. Available:

http://www.epa.gov/reg3hwmd/risk/human/rbconcentration_table/Generic_Tables/index.htm. [Accessed: Mar 06, 2017].

- [10]. Dinh Binh Chu, Hung Tuan Duong, Minh Thi Nguyet Luu, Hong-An Vu-Thi, Bich Thuy Ly, and Vu Duc Loi, “Arsenic and Heavy Metals in Vietnamese Rice: Assessment of Human Exposure to These Elements through Rice Consumption,” *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, vol. 2021, no. Article ID 6661955, 10 pages, 2021.
- [11]. Thanh Son Tran, Viet Chien Dinh, Thi Anh Huong Nguyen, and Kyoung Woong Kim, “Heavy metals and arsenic concentrations in water, agricultural soil, and rice in Ngan Son district, Bac Kan province, Vietnam,” *Vietnamese Journal of Food Control*, vol. 3, no. 4. pp. 270–282, 2020.
- [12]. T. Agusa *et al.*, “Relationship of urinary arsenic metabolites to intake estimates in residents of the Red River Delta, Vietnam,” *Environmental Pollution*, vol. 157, no. 2. pp. 396–403, 2009.
- [13]. Codex Alimentarius, “General standard for contaminants and toxins in food and feed. CODEX STAN 193–1995,” 2023. https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B193-1995%252FCXS_193e.pdf.
- [14]. W. Carlton and W. Gustave, “Prevalence of arsenic contamination in rice and the potential health risks to the Bahamian population—A preliminary study,” *Frontier in Environmental Science*, vol. 10:1011785, 2022.