



Bài báo nghiên cứu

XÁC ĐỊNH HÀM LƯỢNG MỘT SỐ NGUYÊN TỐ VẾT THIẾT YẾU CÓ TRONG HẠT CÀ PHÊ TRỒNG Ở TỈNH LÂM ĐỒNG BẰNG PHƯƠNG PHÁP PHÂN TÍCH KÍCH HOẠT NEUTRON

Tương Thị Thu Hương*, Trần Tuấn Anh, Huỳnh Thái Kim Ngân,
Nguyễn Hữu Nghĩa, Nguyễn Minh Đạo, Lê Việt Phong

Viện Nghiên cứu Hạt nhân Đà Lạt, Việt Nam

*Tác giả liên hệ: Tương Thị Thu Hương – Email: tuongthuong@yahoo.com

Ngày nhận bài: 22-5-2024; ngày nhận bài sửa: 03-10-2024; ngày duyệt đăng: 24-10-2024

TÓM TẮT

Tại phòng thí nghiệm NAA Đà Lạt, phương pháp INAA được sử dụng để xác định thành phần nguyên tố của các mẫu cà phê đồng Arabica và Robusta mùa vụ 2022/2023 trồng ở tỉnh Lâm Đồng. Các mẫu được thu thập ở 4 vùng Lâm Hà, Đức Trọng, Bảo Lộc, và Đà Lạt. Các nguyên tố vết cần thiết đã được phân tích là Co, Cr, Fe, Zn. Mẫu chuẩn kiểm soát quy trình phân tích được dùng là Spinach Leaves NIST 1570a. Chỉ số rủi ro sức khỏe HRI (Health Risk Index) được tính toán với từng nguyên tố trong mỗi mẫu cà phê đều có giá trị nhỏ hơn 1. Chỉ số HRI trung bình (HRI_{mean}) theo vùng trồng cũng chỉ ra rằng sử dụng cà phê ở Lâm Đồng không gây rủi ro cho người tiêu dùng.

Từ khóa: Cà phê Arabica, Robusta, chỉ số rủi ro sức khỏe HRI; Phân tích kích hoạt neutron NAA

1. Giới thiệu

Cà phê là một trong năm thức uống phổ biến nhất thế giới. Nhu cầu tiêu thụ năm 2020/2021 trên toàn thế giới là 166 triệu bao (60kg/bao) (ICO, 2021). Với nhu cầu tiêu thụ ngày càng tăng, cà phê đã trở thành đối tượng của nhiều nghiên cứu trên thế giới. Đến thời điểm hiện tại, nhìn chung, bằng phương pháp thống kê, nhiều nghiên cứu cho thấy cà phê mang lại nhiều lợi ích về mặt sức khỏe cho người tiêu dùng hơn là bất lợi.

Năm 2014, Jae-Hoon Bae và cộng sự đã tổng hợp hơn 8000 nghiên cứu về cà phê trong hơn 40 năm, báo cáo đưa ra những kết quả nghiên cứu về sức khỏe có liên quan đến cà phê (Bae et al., 2014). Báo cáo cho rằng, tiêu thụ caffeine không quá 300mg/ngày (tương đương 2-3 cốc cà phê), người dùng sẽ không bị ảnh hưởng bởi bất kỳ tác dụng phụ nào. Tuy nhiên, nghiên cứu cũng nhấn mạnh, vượt quá liều tiêu thụ caffeine có thể gây say thai và giảm sự

Cite this article as: Tuong Thi Thu Huong, Tran Tuan Anh, Huynh Thai Kim Ngan, Nguyen Huu Nghia, Nguyen Minh Dao, & Le Viet Phong (2024). Determination of essential trace elements in coffee beans grown in Lam Dong Province using INAA method. *Ho Chi Minh City University of Education Journal of Science*, 21(11), 2090-2103.

phát triển của thai nhi. Báo cáo cũng chỉ ra nhiều nghiên cứu cho thấy uống cà phê có thể giúp ngăn ngừa một số bệnh mãn tính, giảm đáng kể nguy cơ phát triển bệnh tiểu đường loại 2, giảm nguy cơ tổn thương gan ở những người có nguy cơ mắc bệnh gan cao bao gồm tổn thương gan, xơ gan và ung thư biểu mô tế bào gan, giảm nguy cơ mắc bệnh Parkinson ở nam giới và phụ nữ chưa bao giờ sử dụng estrogen sau mãn kinh, giảm nguy cơ mắc bệnh Alzheimer ở những người thường xuyên uống cà phê có chứa caffeine so với những người không uống loại cà phê này. Cà phê cũng đã được chứng minh là cải thiện hiệu suất sức bền trong các hoạt động thể chất trong thời gian dài. Tỷ lệ giảm nguy cơ tử tử là 13% đối với mỗi tách cà phê được tiêu thụ hàng ngày. Tiêu thụ cà phê cũng giúp giảm nguy cơ ung thư ở nhiều vị trí khác nhau bao gồm gan và đại trực tràng, nhưng không có lời giải thích rõ ràng nào về cách thức cà phê bảo vệ chống lại ung thư.

Cà phê là loại thức uống giàu chất chống ô xy hóa, axit chlorogenic là một trong những hợp chất chống oxy hóa mạnh chính trong cà phê, với các loại cà phê rang vừa (medium) sẽ có hoạt tính chống ô xy hóa cao nhất. Uống cà phê lên dầu có thể gây tăng cholesterol ở cả nam và nữ, người dùng có thể loại bỏ lớp dầu bằng giấy lọc. Tuy nhiên, caffeine làm giảm nhẹ hiệu quả hấp thu canxi ở đường tiêu hóa. Vì vậy, bổ sung đầy đủ canxi và vitamin D và uống cà phê ở mức 2-3 cốc/ngày có thể giúp giảm nguy cơ loãng xương và gãy xương liên quan, đặc biệt ở người lớn tuổi. Cũng có những nghiên cứu cho thấy cà phê không ảnh hưởng đến tim và huyết áp. (Barger-Lux & Heaney, 1995; Dawber et al., 1974; De Giuseppe et al., 2019; Dórea & da Costa, 2005; Gómez-Ruiz et al., 2007; Greenland, 1993; Hasling et al., 1992; Heyden et al., 1978; Jansen et al., 1995; Jee et al., 2001; Rosengren & Wilhelmsen, 1991; Thelle et al., 1983).

Như đã nói ở trên, cà phê là một trong năm thức uống tiêu thụ nhiều nhất thế giới, do đó các nghiên cứu về cà phê luôn được quan tâm và tăng không ngừng theo thời gian. Ngoài những nghiên cứu liên quan giữa cà phê và sức khỏe, phân tích hàm lượng nguyên tố có trong hạt cà phê cũng được đẩy mạnh để khuyến cáo liều lượng dùng hàng ngày cho người tiêu dùng. Đối với nhóm các nguyên tố vết thiết yếu cho cơ thể con người (được hiểu là các nguyên tố nếu thiếu hoặc thừa đều gây ảnh hưởng không tốt đến sức khỏe), hiện nay, có nhiều phương pháp phân tích, trong đó các phương pháp phổ biến đã công bố như ETAAS (Jeszka-Skowron et al., 2016; Krivan et al., 1993; Magalhães et al., 1999; Rubio et al., 2019)...., ICP-OES (Anthemidis & Pliatsika, 2005; Árvay et al., 2019; Oleszczuk et al., 2007)...., FAAS (Amorim Filho et al., 2007; Gure et al., 2018; NIKUS, 2018; Onianwa et al., 1999)...., ICP-MS (Bitter et al., 2020; Rodrigues et al., 2011; Santos et al., 2004)...., TXRF (Haswell & Walmsley, 1998), và INAA.

Phương pháp INAA rất hữu ích cho việc phân tích hàm lượng nguyên tố trong hạt cà phê. Hàm lượng nguyên tố được xác định nhằm truy suất nguồn gốc (Krivan et al., 1993; Rodrigues et al., 2011), phân biệt và đánh giá chất lượng cà phê hữu cơ (De Nadai Fernandes et al., 2002; Tagliaferro et al., 2006), cũng như phân tích hàm lượng các nguyên tố đa lượng,

vi lượng, hay độc hại và so sánh với giá trị khuyến nghị nhằm khuyến cáo lượng dùng hàng ngày (Gebretsadik et al., 2015; Khunlert et al., 2022; Messaoudi et al., 2018; Vega-Carrillo et al., 2002; Zaidi et al., 2005).

Với hạt cà phê Việt Nam, năm 2014, nhóm nghiên cứu Trần Văn Cường (Tran et al., 2014) báo cáo rằng hàm lượng một số nguyên tố trong hạt cà phê không thay đổi khi rang. Jeszka và cộng sự cũng đã có nghiên cứu về khả năng chống ô xy hóa của cà phê Việt Nam cao hơn các loại cà phê thu thập ở các nước khác (Jeszka-Skowron et al., 2016). Năm 2020, Tien và cộng sự nghiên cứu về ảnh hưởng của polyalite đến năng suất và chất lượng cà phê (Tien et al., 2020). Ngoài ra chưa có nghiên cứu cụ thể nào liên quan đến các chất dinh dưỡng hay các chất nguy hại trong hạt cà phê của Việt Nam.

Hiện tại Việt Nam có nhiều vùng trồng cà phê sản lượng lớn như các tỉnh Tây Nguyên, Quảng Trị, Sơn La, Điện Biên..., tuy nhiên, bước đầu trong nghiên cứu này, hàm lượng các nguyên tố Co, Cr, Fe, và Zn trong nhóm nguyên tố vết cần thiết có trong hạt cà phê Robusta và Arabica trồng tại khu vực Lâm Đồng sẽ được phân tích, sau đó đánh giá chỉ số rủi ro sức khỏe HRI đối với từng nguyên tố thông qua sự ước lượng mức tiêu thụ cà phê hàng ngày của người dùng.

2. Đối tượng và phương pháp

2.1. Chuẩn bị mẫu

Tỉnh Lâm Đồng có đất đai, khí hậu, và độ cao phù hợp trồng cả 2 loại cà phê Arabica và Robusta, 38 mẫu cà phê tươi và chín vào mùa vụ 2022-2023 được nhóm nghiên cứu thu hái ngẫu nhiên tại huyện Lâm Hà, huyện Đức Trọng, thành phố Bảo Lộc, và thành phố Đà Lạt với cả hai loại. Các mẫu thu thập về được đánh dấu theo mã và ghi lại định vị để xác định vị trí lấy mẫu và độ cao. Quả cà phê tươi được rửa sạch nhiều lần bằng nước máy và cuối cùng là một lần nước cất, sau đó hạt được sấy khô cả vỏ trong tủ sấy ở nhiệt độ 60°C đến khi nhân đạt độ ẩm khoảng 5-7%. Các hạt cà phê nhân được tách ra từ vỏ và nghiền bằng máy nghiền bi. Sau khi các mẫu nghiền thành bột mịn với kích thước khoảng 200 mesh, mẫu được đóng gói vào túi nilon nhỏ với khối lượng khoảng 200mg và chuẩn bị cho quá trình phân tích (Ho et al., 2016).

2.2. Phương pháp phân tích kích hoạt neutron

Để xác định hàm lượng các nguyên tố, phương pháp phân tích kích hoạt neutron chuẩn hóa k_0 được sử dụng. Với chu kỳ bán rã của các nguyên tố Co, Cr, Zn, và Fe lần lượt là 1925,2 ngày, 27,7 ngày, 243,9 ngày, và 44,5 ngày, đây là các nguyên tố có chu kỳ bán rã dài, mâm quay là lựa chọn phù hợp để chiếu mẫu. Mẫu đã chuẩn bị được đóng gói vào ống nhôm cùng với lá dò vàng và mẫu chuẩn, sau đó đem chiếu tại Lò phản ứng hạt nhân Đà Lạt, công suất 500kW, vị trí mâm quay, thông lượng neutron $\varphi_{th} = 3,8 \times 10^{12} \text{ n.c}^{-2}.\text{s}^{-1}$, hệ số $\alpha = 0,071$, $f = 39,5$, thời gian chiếu 15h. Các nguyên tố Co, Cr, Zn, và Fe đo tốt nhất khi mẫu để rã từ 2-3 tuần sau khi chiếu. Hệ đo HPGe GMX-30190 tại phòng thí nghiệm INAA, Viện Nghiên cứu hạt nhân được sử dụng để đo đạc. Mẫu chuẩn dùng trong quy trình phân tích là Spinach

Leaves SRM 1570a, lá dò sử dụng lá dò vàng. Thông số của các thiết bị chiếu, đo sử dụng trong quá trình phân tích cùng đánh giá chất lượng phương pháp có thể tham khảo trong công bố của Manh-Dung Ho, và Phuong Truc Huynh (Ho et al., 2016; Huynh et al., 2020). Sau khi hoàn tất việc đo mẫu, hàm lượng các nguyên tố được tính toán bằng chương trình k₀-IAEA, một chương trình đã được ghi nhận về khả năng tính toán tin cậy trong IAEA-TECHDOC-2026 (IAEA, 2023).

2.3. Chỉ số rủi ro sức khỏe HRI (Health Risk Index)

Chỉ số rủi ro sức khỏe (HRI) của mỗi nguyên tố được tính toán thông qua một lượng thức uống hàng ngày (DIM) của người dùng chia cho hàm lượng tham chiếu (RfD). Giá trị của HRI nhỏ hơn 1 được coi là an toàn (Khan et al., 2008; Rutigliano et al., 2019).

$$HRI = \frac{DIM}{RfD} \tag{1}$$

trong đó: DIM (Daily intake of metal) lượng hấp thụ hàng ngày tính toán bằng công thức

$$DIM = \frac{C_m * C_f * D_{fi}}{B_w} \tag{2}$$

với C_m, C_f, D_{fi}, và B_w lần lượt là hàm lượng nguyên tố quan tâm có trong chiết suất của cà phê (mg/kg), hệ số chuyển đổi giữa hạt cà phê khô vào tươi tính bằng tỉ lệ khối lượng khô/tươi, khối lượng tiêu thụ trung bình hàng ngày của người trưởng thành (kg), và trung bình cân nặng của người tiêu thụ (kg).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả phân tích mẫu chuẩn

Kết quả phân tích hàm lượng các nguyên tố trong mẫu chuẩn Spinach Leaves SRM 1570a nhằm kiểm tra quy trình cùng giá trị tham khảo được liệt kê ở Bảng 1. Hệ số z-score được sử dụng để đánh giá độ chính xác của kết quả phân tích bằng cách so sánh các giá trị phân tích và giá trị chứng nhận (Thompson et al., 2006). Với các nguyên tố quan tâm gồm Co, Cr, Fe, và Zn, z-score từ -2 đến +2 cho thấy kết quả phân tích là đáng tin cậy. Tuy nhiên, nếu phân tích Sr thì kết quả cần phải xem xét lại.

Bảng 1. Kết quả phân tích mẫu chuẩn Spinach Leaves SRM 1570a và giá trị tham khảo

Nguyên tố	Hàm lượng phân tích (ppm)	Hàm lượng tham khảo (ppm)	z-score	Độ lệch (%)
Co	0,38 ± 0,01	0,39 ± 0,05 ^a	-0,1	1,9
Cr	1,87 ± 0,17	1,92 ± 0,04 ^b	-1,3	2,6
Fe	287 ± 12	293 ± 6 ^b	-1,0	2,1
Zn	81 ± 2	82 ± 3 ^a	-0,4	1,6
Sr	53,9±14,8	55,6 ± 0,8 ^a	-2,2	3,1
Th	0,04±0,01	0,048 ± 0,003 ^a	-1,7	11

a: Hàm lượng nguyên tố công bố từ nhà cung cấp NIST

b: Hàm lượng tham khảo từ nghiên cứu của Donald A. Becker (Becker, 1995).

3.2. Kết quả phân tích mẫu cà phê nhân xanh

Giá trị hàm lượng các nguyên tố quan tâm trong hạt cà phê nhân xanh được liệt kê ở Bảng 2, thông tin bao gồm vùng trồng, số lượng mẫu thu thập (n), hàm lượng \pm độ lệch chuẩn (SD), cùng với giá trị min-max của hàm lượng theo vùng thu thập mẫu. Ngoài ra, giá trị hàm lượng tham khảo từ những nghiên cứu trước đó do Pohl tổng hợp trên khắp thế giới cũng được liệt kê để dễ so sánh. Trong báo cáo tổng hợp của Pohl, kết quả phân tích giá trị hàm lượng của Co, Cr, Fe, và Zn trong mẫu cà phê nhân xanh thu thập tại các chợ và sàn thương mại cũng đã được trích dẫn để tham khảo trong Bảng 2 của nghiên cứu này (Pohl et al., 2013).

Bảng 2. Kết quả hàm lượng trung bình các nguyên tố quan tâm có trong hạt cà phê nhân xanh và giá trị min-max

Vùng	n	Co	Cr	Fe	Zn
Bảo Lộc	9	0,46 \pm 0,22 (0,17-0,81)	0,89 \pm 0,36 (0,39-1,35)	40 \pm 14 (26-71)	5,5 \pm 3,7 (1,9-11,9)
Đà Lạt	20	0,22 \pm 0,18 (0,05-0,66)	1,16 \pm 0,55 (0,22-2,52)	32 \pm 6 (24-46)	7,6 \pm 5,3 (0,8-26)
Đức Trọng	5	1,08 \pm 0,69 (0,39-1,91)	0,52 \pm 0,27 (0,17-0,79)	28 \pm 7 (16-33)	6,8 \pm 2,7 (3,5-9,9)
Lâm Hà	4	0,55 \pm 0,23 (0,27-0,82)	1,08 \pm 0,65 (0,58-1,98)	42 \pm 11 (28-56)	6,8 \pm 3,0 (3,4-10,2)
Nghiên cứu khác (Pohl et al., 2013)		(0,02-0,62)	(0,08-1,01)	(24,8-108)	(3,6-61,3)

Như Bảng 2, kết quả phân tích hàm lượng nguyên tố Co có trong mẫu cà phê ở Đức Trọng là 1,08ppm và Cr trong mẫu cà phê Đà Lạt là 1,16ppm, hai giá trị này đều cao hơn các kết quả phân tích hàm lượng các hạt cà phê mà Pohl và cộng sự đã tổng hợp từ các nghiên cứu trước đó trên toàn thế giới với. Kết quả hàm lượng cũng cho thấy khoảng cách min và max của các nguyên tố cách biệt khá lớn ở mỗi vùng trồng trong cùng tỉnh Lâm Đồng.

Với các mẫu ở Đức Trọng, hàm lượng Co có trong hạt cà phê cao hơn các vùng khác trong tỉnh và cao hơn cả các nghiên cứu trước đây mà Pohl đã tổng hợp. Tuy nhiên hàm lượng của Cr và Fe tại Đức Trọng lại thấp nhất so với Bảo Lộc, Đà Lạt, và Lâm Hà. Hiện tại khó có thể kết luận được nguyên nhân chênh lệch hàm lượng nguyên tố Co là từ đâu nếu chưa phân tích đất trồng cà phê và theo dõi chế độ canh tác cụ thể.

3.3. Kết quả tính toán giá trị rủi ro sức khỏe HRI

Người dùng sẽ hấp thụ cà phê qua đường uống, nghĩa là hạt cà phê đã phải được rang xay và pha chế ra dịch chiết. Do nghiên cứu này chỉ đo đạc hàm lượng trên hạt cà phê nhân xanh nên nhóm nghiên cứu sẽ dựa vào các nghiên cứu khác để tính toán hàm lượng nguyên tố có trong dịch chiết cà phê từ hàm lượng nguyên tố của hạt cà phê nhân xanh.

Theo thông tin của Payel Ghosh và cộng sự về xử lí hạt cà phê sau khi hái, với 100g quả tươi Arabica sau khi sấy khô đến độ ẩm 12% thì còn lại 19g nhân xanh, tương tự với

Robusta là 22g (Ghosh & Venkatachalapathy, 2014). Tuy nhiên, để tính toán DIM, hàm lượng cà phê người dùng uống vào cần được tính trên dịch chiết của hạt cà phê đã rang. Mohammedsani Amin Ameyu tập hợp thông tin từ các báo cáo của những nghiên cứu khác nhau, khối lượng hạt cà phê sau khi rang sẽ mất đi từ 16% đến 19% (Ameyu & Mechara, 2016). Giả sử rằng khối lượng trung bình mất đi sau khi rang hạt cà phê là 17,5% thì hạt Arabica từ 19g chỉ còn 15,6g và Robusta từ 22g còn 18,1g. Do đó, C_f - tỉ lệ khối lượng khô/tươi với hạt cà phê Arabica là 0,156 và Robusta là 0,181.

Giả sử rằng hàm lượng các nguyên tố quan tâm của hạt cà phê xanh và hạt cà phê sau khi rang là bằng nhau, cà phê rang được pha bằng nước nóng từ 95-100 độ C trong khoảng 5-15 phút để lấy dịch chiết, các nguyên tố sẽ được chiết xuất ra nước với các tỉ lệ khác nhau. Bảng 3 liệt kê khả năng chiết suất của các nguyên tố quan tâm (%) có trong hạt cà phê theo báo cáo của Grembecka và cộng sự, Ashu và cộng sự (Ashu & Chandravanshi, 2011; Grembecka et al., 2007). Bảng 4 là kết quả ước lượng hàm lượng các nguyên tố (mg/kg) có trong dịch chiết.

Bảng 3. Khả năng chiết suất (%) của các nguyên tố có trong hạt cà phê

Nhóm nghiên cứu	Loại cà phê	Co	Cr	Fe	Zn
Grembecka et al.	Arabica và Robusta	25,7	62,2	7,8	28,7
	Arabica	49,8	50,9	8,01	40,2
	Arabica và Robusta (hòa tan)	92,5	96,5	86,8	85,6
Ashu & Chandravanshi	Arabica và Robusta	39,8	-	11,6	57,5

Bảng 4. Ước lượng hàm lượng (mg/kg) các nguyên tố có trong dịch chiết cà phê

Vùng	Co	Cr	Fe	Zn
Bảo Lộc	0,18 ± 0,08	0,51 ± 0,20	3,7 ± 1,3	2,3 ± 1,6
Lâm Hà	0,21 ± 0,09	0,61 ± 0,37	3,8 ± 1,1	2,9 ± 1,3
Đức Trọng	0,42 ± 0,27	0,29 ± 0,15	2,6 ± 0,7	2,9 ± 1,2
Đà Lạt	0,09 ± 0,07	0,65 ± 0,31	3,0 ± 0,5	3,2 ± 2,2

Theo thông tin trong ấn phẩm Recent Advances in Trace Elements, chương 18: Trace Elements in Human Health xuất bản năm 2018 (Chojnacka & Saeid, 2018), hàm lượng tiêu thụ hàng ngày được khuyến cáo cho cơ thể người lớn (RfD) đối với các nguyên tố Co, Cr, Fe, Zn lần lượt là 0,006mg, 0,12mg, 18mg, và 15mg. Giả sử lượng tiêu thụ trung bình hàng ngày tính trên 2 cốc cà phê với khối lượng pha khoảng 0,04kg, cân nặng trung bình của người Việt Nam trưởng thành khoảng 60kg, HRI sẽ được tính toán ước lượng cho mỗi nguyên tố trong một mẫu và HRI_{mean} sẽ được tính cho mỗi vùng. Bảng 5 liệt kê thông tin HRI_{mean} tính toán cho hàm lượng mỗi nguyên tố có trong hạt cà phê tại 4 vùng trồng của tỉnh Lâm Đồng.

Bảng 5. Chỉ số HRI trung bình theo vùng của các nguyên tố quan tâm có trong hạt cà phê

Vùng	Co	Cr	Fe	Zn
Bảo Lộc	$3,5 \times 10^{-3}$	$5,1 \times 10^{-4}$	$2,5 \times 10^{-5}$	$1,9 \times 10^{-5}$
Lâm Hà	$4,3 \times 10^{-3}$	$6,1 \times 10^{-4}$	$2,6 \times 10^{-5}$	$2,3 \times 10^{-5}$
Đức Trọng	$8,3 \times 10^{-3}$	$2,9 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^{-5}$	$2,3 \times 10^{-5}$
Đà Lạt	$1,5 \times 10^{-3}$	$5,6 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^{-5}$	$2,2 \times 10^{-5}$

3.4. Đánh giá rủi ro

Giá trị HRI là giá trị cần thiết và nên được tính toán để đánh giá rủi ro khi người dùng tiêu thụ cà phê. Để đảm bảo sức khỏe và hạnh phúc của con người, lượng hấp thụ các nguyên tố vết cần được kiểm soát. Đã nhiều nghiên cứu báo cáo rằng, các nguyên tố vết như Co, Cr, Fe, và Zn đã có những ảnh hưởng mật thiết đến cơ thể con người.

Cobalt (Co): Co được hấp thụ vào cơ thể con người qua ăn uống, hô hấp, da, và qua các bộ phận nhân tạo cấy ghép sinh học. Chúng sẽ liên kết với protein trong máu và được vận chuyển đi khắp cơ thể. Co có thể tồn tại ở dạng hữu cơ và vô cơ. Ở dạng hữu cơ, Co là thành phần không thể thiếu của vitamin B12 và có vai trò quan trọng trong việc hình thành các axit amin và chất dẫn truyền thần kinh cần thiết cho hoạt động bình thường của sinh vật. Các dạng Co vô cơ độc hại đối với cơ thể con người và chúng ở trong cơ thể càng lâu thì chúng càng gây ra nhiều tác động bất lợi cho tế bào. Thiếu hụt Co dẫn đến thiếu máu, suy giảm chức năng tuyến giáp, tăng nguy cơ bất thường và suy giảm phát triển ở trẻ sơ sinh, có thể gây ung thư phổi... (Czarnek et al., 2015; Sanjari et al., 2014; Xie et al., 2016). Dư thừa Co trong cơ thể có thể làm tăng hoạt động của tuyến giáp và tủy xương, dẫn đến sản xuất quá nhiều hồng cầu, xơ hóa phổi và hen suyễn (Lombaert et al., 2008). Với những bệnh nhân cấy ghép sinh học có thể bị nhiễm độc kim loại với triệu chứng đau hông, khó thở, mất thính giác, mất vị giác, sụt cân, thuyên tắc phổi và bệnh liên quan cơ tim (Fox et al., 2016). Các sản phẩm và dụng cụ dùng trong nha khoa cũng chứa Co và Cr, chúng dẫn đến khả năng gây dị ứng và bệnh chàm tay (Kettelarj et al., 2014).

Chrome (Cr): Cr được hấp thụ vào cơ thể thông qua ăn uống, hít thở và các ác dụng cụ cấy ghép sinh học. Đối với người thừa cân, Cr giúp kiểm soát lượng đường và lipid trong máu (Nguta, 2010; Organization, 1996). Tuy nhiên, Cr(VI) là chất gây ô nhiễm công nghiệp độc hại và đã được phân loại là chất gây ung thư có đặc tính gây đột biến và gây quái thai. Phơi nhiễm Cr do nghề nghiệp qua đường hô hấp có liên quan đến nhiều bệnh như ung thư phổi, đường tiêu hóa và hệ thần kinh trung ương (Krejpcio, 2001).

Iron (Fe): Fe được hấp thụ từ ăn uống và là nguyên tố vi lượng thiết yếu phong phú nhất trong cơ thể con người. Fe tham gia vào hầu hết các quá trình trao đổi chất liên quan đến oxy. Fe là một thành phần quan trọng của huyết sắc tố, rất cần thiết trong nhiều quá trình trao đổi chất, tổng hợp DNA, điều hòa hoạt động của tế bào, giải độc cơ thể, sản xuất hồng cầu và bạch cầu. Fe cũng tham gia vào việc tổng hợp các chất dẫn truyền thần kinh, hỗ trợ

sự phát triển và hoạt động của hệ thần kinh trung ương. Hơn nữa, Fe có trong nhiều loại enzyme, kích hoạt các enzyme tạo ra năng lượng. Sự mất cân bằng sắt trong bất kỳ quá trình trao đổi chất nào cũng sẽ dẫn đến các tình trạng sức khỏe nghiêm trọng (Chojnacka & Saeid, 2018).

Zinc (Zn): Zn là kim loại phổ biến thứ hai trong cơ thể sinh vật sau Fe, và nó là kim loại duy nhất xuất hiện trong tất cả các loại enzyme (Broadley et al., 2007; Wapnir, 1990). Zn cũng được hấp thụ vào cơ thể qua đường ăn uống. Chúng được lưu trữ trong tuyến tiền liệt, các bộ phận của mắt, não, cơ, xương, thận và gan (Pfeiffer & Braverman, 1982). Thừa sắt có thể làm giảm hấp thu kẽm và ngược lại (Valko et al., 2005). Zn cần thiết cho hoạt động xúc tác của một lượng lớn enzyme. Fe đóng vai trò quan trọng trong chức năng miễn dịch, chữa lành vết thương, tổng hợp protein, tổng hợp DNA và phân chia tế bào. Kẽm cần thiết cho vị giác và khứu giác, hỗ trợ sự tăng trưởng và phát triển bình thường cho bào thai, trẻ nhỏ và thanh thiếu niên. Sự thừa và thiếu Zn ảnh hưởng đến cơ thể con người đã được mô tả cụ thể trong quyển Recent Advances in Trace Elements (Chojnacka & Saeid, 2018). Ngoài ra, Zn cũng được cho rằng chúng sở hữu các đặc tính chống oxy hóa và do đó có thể đóng vai trò đẩy nhanh quá trình chữa lành vết thương sau chấn thương và bảo vệ chống lão hóa nhanh (Fabris & Mocchegiani, 1995; Milbury & Richer, 2007). Các ion kẽm là chất kháng khuẩn hiệu quả ngay cả ở hàm lượng thấp.

Theo như mô tả ở trên, Co và Cr là 2 nguyên tố có nguy cơ gây hại cho con người cao và hàm lượng cho phép tiêu thụ mỗi ngày chỉ 0,006mg đối với Co và 0,12mg đối với Cr (Chojnacka & Saeid, 2018). Nhưng với mẫu cà phê ở tỉnh Lâm Đồng, HRI_{mean} tính cho các nguyên tố này là rất nhỏ, chỉ 10^{-3} và 10^{-4} lần lượt với Co và Cr. Tương tự, Fe và Zn cũng có HRI_{mean} rất nhỏ. Những kết quả này cho thấy rằng đối với các nguyên tố Co, Cr, Fe, và Zn, tiêu thụ cà phê trong tỉnh Lâm Đồng không gây rủi ro cho người dùng.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã xác định hàm lượng các nguyên tố vết thiết yếu trong hạt cà phê (Co, Cr, Fe, và Zn) trồng ở 04 vùng thuộc tỉnh Lâm Đồng là Đà Lạt, Lâm Hà, Đức Trọng, và Bảo Lộc. Mẫu được thu hái từ vườn và phân tích bằng phương pháp INAA với độ chính xác cao và cho kết quả tin cậy. Kết quả hàm lượng 04 nguyên tố vết trong hạt cà phê tỉnh Lâm Đồng nằm trong dải hàm lượng được nghiên cứu trước đây ngoại trừ hàm lượng Co trồng ở Đức Trọng.

Với kết quả hàm lượng tính toán được từ cà phê nhân xanh trong nghiên cứu này, đồng thời tham khảo kết quả từ những nghiên cứu khác, hàm lượng 04 nguyên tố trong dịch chiết cà phê mà người dùng sử dụng mỗi ngày đã được ước lượng và chỉ số rủi ro sức khỏe (HRI) đã được tính toán. Tổng số 38 mẫu đều cho chỉ số HRI nhỏ hơn giá trị an toàn là 1. Chỉ số HRI cũng cho thấy rằng với nhiều cách pha khác nhau (không tính đến cà phê hòa tan và không kể đến những thực phẩm khác mà người dùng nạp vào cơ thể), tiêu thụ mỗi ngày 40g tương đương 2 cốc cà phê trồng ở Lâm Đồng, với 4 nguyên tố Co, Cr, Fe, và Zn, không gây

rủi ro đến sức khỏe người dùng.

Để có những kết luận chuyên sâu hơn về kết quả, nhóm tác giả cần có thêm những nghiên cứu khác liên quan đến những yếu tố có thể ảnh hưởng đến hàm lượng các nguyên tố trong hạt cà phê như đất trồng, phân bón, nước tưới, và hệ sinh thái quanh các vùng lấy mẫu.

❖ **Tuyên bố về quyền lợi:** Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.

❖ **Lời cảm ơn:** Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Hùng Farm, Future Farm, Sơn Pacamara Farm, Le J' Roastery, Mew Roastery đã tạo điều kiện cho nhóm tác giả thu hái cà phê tại farm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Ameyu, M. A., & Mechara, E. (2016). Physical quality analysis of roasted arabica coffee beans subjected to different harvesting and postharvest processing methods in Eastern Ethiopia. *Food Science and Quality Management*, 57, 1-9.
- Amorim Filho, V. R., Polito, W. L., & Gomes Neto, J. A. (2007). Comparative studies of the sample decomposition of green and roasted coffee for determination of nutrients and data exploratory analysis. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 18, 47-53.
- Anthemidis, A., & Pliatsika, V. (2005). On-line slurry formation and nebulization for inductively coupled plasma atomic emission spectrometry. Multi-element analysis of cocoa and coffee powder samples. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, 20(11), 1280-1286.
- Árvay, J., Šnirc, M., Hauptvogel, M., Bilčíková, J., Bobková, A., Demková, L., Hudáček, M., Hrstková, M., Lošák, T., & Král, M. (2019). Concentration of micro-and macro-elements in green and roasted coffee: influence of roasting degree and risk assessment for the consumers. *Biological trace element research*, 190, 226-233.
- Ashu, R., & Chandravanshi, B. S. (2011). Concentration levels of metals in commercially available Ethiopian roasted coffee powders and their infusions. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 25(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.4314/bcse.v25i1.63356>
- Bae, J.-H., Park, J.-H., Im, S.-S., & Song, D.-K. (2014). Coffee and health. *Integrative medicine research*, 3(4), 189-191. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.imr.2014.08.002>
- Barger-Lux, M., & Heaney, R. P. (1995). Caffeine and the calcium economy revisited. *Osteoporosis international*, 5, 97-102. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF01623310>
- Becker, D. A. (1995). Determination of 21 elements by INAA for certification of SRM 1570a, Spinach. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 193(1), 125-132.
- Bitter, N. Q., Fernandez, D. P., Driscoll, A. W., Howa, J. D., & Ehleringer, J. R. (2020). Distinguishing the region-of-origin of roasted coffee beans with trace element ratios. *Food chemistry*, 320, 126602.
- Broadley, M. R., White, P. J., Hammond, J. P., Zelko, I., & Lux, A. (2007). Zinc in plants. *New Phytologist*, 173(4), 677-702. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2007.01996.x>

- Chojnacka, K., & Saeid, A. (2018). Recent Advances in Trace Elements. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781119133780.ch15>
- Czarnek, K., Terpiłowska, S., & Siwicki, A. K. (2015). Selected aspects of the action of cobalt ions in the human body. *Cent Eur J Immunol*, 40(2), 236-242. <https://doi.org/10.5114/ceji.2015.52837>
- Dawber, T. R., Kannel, W. B., & Gordon, T. (1974). Coffee and cardiovascular disease: Observations from the Framingham study. *New England Journal of Medicine*, 291(17), 871-874. <https://doi.org/10.1056/NEJM197410242911703>
- De Giuseppe, R., Di Napoli, I., Granata, F., Mottolese, A., & Cena, H. (2019). Caffeine and blood pressure: a critical review perspective. *Nutrition research reviews*, 32(2), 169-175. <https://doi.org/https://doi.org/10.1017/S0954422419000015>
- De Nadai Fernandes, E. A., Tagliaferro, F. S., Azevedo-Filho, A., & Bode, P. (2002). Organic coffee discrimination with INAA and data mining/KDD techniques: new perspectives for coffee trade. *Accreditation and quality assurance*, 7, 378-387.
- Dórea, J. G., & da Costa, T. H. M. (2005). Is coffee a functional food? *British journal of nutrition*, 93(6), 773-782. <https://doi.org/https://doi.org/10.1079/BJN20051370>
- Fabris, N., & Mocchegiani, E. (1995). Zinc, human diseases and aging. *Aging Clinical and Experimental Research*, 7, 77-93. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF03324297>
- Fox, K. A., Phillips, T. M., Yanta, J. H., & Abesamis, M. G. (2016). Fatal cobalt toxicity after total hip arthroplasty revision for fractured ceramic components. *Clinical toxicology*, 54(9), 874-877. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/15563650.2016.1214274>
- Gebretsadik, A. T., Berhanu, T., & Kefarge, B. (2015). Levels of selected essential and nonessential metals in roasted coffee beans of Yirgacheffe and Sidama, Ethiopia. *Am. J. Environ. Prot*, 4, 188-192.
- Ghosh, P., & Venkatachalapathy, N. (2014). Processing and drying of coffee—a review. *Int. J. Eng. Res. Technol*, 3(12), 784-794.
- Gómez-Ruiz, J. Á., Leake, D. S., & Ames, J. M. (2007). In vitro antioxidant activity of coffee compounds and their metabolites. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(17), 6962-6969. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/jf0710985>
- Greenland, S. (1993). A meta-analysis of coffee, myocardial infarction, and coronary death. *Epidemiology*, 4(4), 366-374. <https://doi.org/https://doi.org/10.1097/00001648-199307000-00013>
- Grembecka, M., Malinowska, E., & Szefer, P. (2007). Differentiation of market coffee and its infusions in view of their mineral composition. *Science of the Total Environment*, 383(1-3), 59-69. <https://doi.org/https://doi.org/10.1021/jf0710985>
- Gure, A., Chandravanshi, B. S., & Godeto, T. W. (2018). Assessment of metals in roasted indigenous coffee varieties of Ethiopia. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 32(1), 27-38.
- Hasling, C., Søndergaard, K., Charles, P., & Mosekilde, L. (1992). Calcium metabolism in postmenopausal osteoporotic women is determined by dietary calcium and coffee intake. *The Journal of nutrition*, 122(5), 1119-1126. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/jn/122.5.1119>

- Haswell, S., & Walmsley, A. (1998). Multivariate data visualisation methods based on multi-elemental analysis of wines and coffees using total reflection X-ray fluorescence analysis. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, *13*(2), 131-134.
- Heyden, S., Tyroler, H. A., Heiss, G., Hames, C. G., & Bartel, A. (1978). Coffee consumption and mortality: total mortality, stroke mortality, and coronary heart disease mortality. *Archives of internal medicine*, *138*(10), 1472-1475. <https://doi.org/doi:10.1001/archinte.1978.03630350010006>
- Ho, M.-D., Tran, Q.-T., Ho, V.-D., Cao, D.-V., & Nguyen, T.-S. (2016). Quality evaluation of the k₀-standardized neutron activation analysis at the Dalat research reactor. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, *309*, 135-143. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s10967-016-4795-4>
- Ho, M.-D., Tran, Q.-T., Ho, V.-D., & Nguyen, T.-S. (2016). Determination of multi-element composition of Vietnamese marine sediment and tuna fish by k₀-standardized neutron activation analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, *309*, 235-241.
- Huynh, P. T., Tran, T. P. N., Dinh, B. T., Nguyen, L. T. T., Truong, L. T. H., Tran, A. T., Ho, D. M., & Van Nguyen, D. (2020). Analysis of trace elements in the fingernails of breast cancer patients using instrumental neutron activation analysis. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, *324*, 663-671. <https://doi.org/https://link.springer.com/article/10.1007/s10967-020-07093-w>
- IAEA. (2023). *Intercomparison of k₀-NAA Software Packages*. <https://www.iaea.org/publications/15311/intercomparison-of-k0-naa-software-packages>
- ICO. (2021). *Crop year production by country*. <https://www.ico.org/prices/po-production.pdf>
- Jansen, D. F., Nedeljkovic, S., Feskens, E. J., Ostojic, M. C., Grujic, M. Z., Bloemberg, B. P., & Kromhout, D. (1995). Coffee consumption, alcohol use, and cigarette smoking as determinants of serum total and HDL cholesterol in two Serbian cohorts of the Seven Countries Study. *Arteriosclerosis, thrombosis, and vascular biology*, *15*(11), 1793-1797. <https://doi.org/https://doi.org/10.1161/ATVB.15v11.1793>
- Jee, S. H., He, J., Appel, L. J., Whelton, P. K., Suh, I., & Klag, M. J. (2001). Coffee consumption and serum lipids: a meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *American journal of epidemiology*, *153*(4), 353-362. <https://doi.org/https://doi.org/10.1093/aje/153.4.353>
- Jeszka-Skowron, M., Stanis, E., & De Peña, M. P. (2016). Relationship between antioxidant capacity, chlorogenic acids and elemental composition of green coffee. *Lwt*, *73*, 243-250.
- Kettelarij, J. A., Lidén, C., Axén, E., & Julander, A. (2014). Cobalt, nickel and chromium release from dental tools and alloys. *Contact Dermatitis*, *70*(1), 3-10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/cod.12111>
- Khan, S., Cao, Q., Zheng, Y., Huang, Y., & Zhu, Y. (2008). Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. *Environmental pollution*, *152*(3), 686-692. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envpol.2007.06.056>
- Khunlert, P., Imsilp, K., Poapolathep, A., Poapolathep, S., & Tanhan, P. (2022). Pyrethroid and Heavy Metal Residues in Different Coffee Bean Preparation Processes and Human Health Risk Assessments via Consumption. *EnvironmentAsia*, *15*(1).

- Krejpcio, Z. (2001). Essentiality of chromium for human nutrition and health. *Polish Journal of Environmental Studies*, 10(6), 399-404.
- Krivan, V., Barth, P., & Morales, A. F. (1993). Multielement analysis of green coffee and its possible use for the determination of origin. *Microchimica acta*, 110, 217-236. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/BF01245106>
- Lombaert, N., Lison, D., Van Hummelen, P., & Kirsch-Volders, M. (2008). In vitro expression of hard metal dust (WC-Co)--responsive genes in human peripheral blood mononucleated cells. *Toxicol Appl Pharmacol*, 227(2), 299-312. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2007.11.002>
- Magalhães, C. E., Lima, É. C., Krug, F. J., & Arruda, M. A. (1999). Direct Analysis of Coffee and Tea for Aluminium Determination by Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry. *Microchimica acta*, 132, 95-100.
- Messaoudi, M., Begaa, S., Hamidatou, L., Salhi, M. h., Ouakouak, H., Mouzai, M., & Hassani, A. (2018). Neutron activation analysis of major and trace elements in Arabica and Robusta coffee beans samples consumed in Algeria. *Radiochimica Acta*, 106(6), 525-533.
- Milbury, P. E., & Richer, A. C. (2007). *Understanding the antioxidant controversy: scrutinizing the fountain of youth*. Bloomsbury Publishing USA.
- Nguta, J. (2010). Essential trace elements: trace elements in human and animal health. *LAP Lambert Academic Publishing*.
- Nikus, D. A. (2018). Levels of selected essential and nonessential metals in roasted hararghe coffee bean varieties. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/774>
- Oleszczuk, N., Castro, J. T., da Silva, M. M., Maria das Graças, A. K., Welz, B., & Vale, M. G. R. (2007). Method development for the determination of manganese, cobalt and copper in green coffee comparing direct solid sampling electrothermal atomic absorption spectrometry and inductively coupled plasma optical emission spectrometry. *Talanta*, 73(5), 862-869.
- Onianwa, P., Adetola, I., Iwegbue, C., Ojo, M., & Tella, O. (1999). Trace heavy metals composition of some Nigerian beverages and food drinks. *Food chemistry*, 66(3), 275-279.
- Organization, W. H. (1996). *Trace elements in human nutrition and health*. World Health Organization.
- Pfeiffer, C. C., & Braverman, E. R. (1982). Zinc, the brain and behavior. *Biological psychiatry*, 17(4), 513-532.
- Pohl, P., Stelmach, E., Welna, M., & Szymczycha-Madeja, A. (2013). Determination of the elemental composition of coffee using instrumental methods. *Food analytical methods*, 6, 598-613. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s12161-012-9467-6>
- Rodrigues, C., Brunner, M., Steiman, S., Bowen, G. J., Nogueira, J. M., Gautz, L., Prohaska, T., & Máguas, C. (2011). Isotopes as tracers of the Hawaiian coffee-producing regions. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(18), 10239-10246.
- Rosengren, A., & Wilhelmsen, L. (1991). Coffee, coronary heart disease and mortality in middle-aged Swedish men: findings from the Primary Prevention Study. *Journal of internal medicine*, 230(1), 67-71. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2796.1991.tb00407.x>
- Rubio, C., Balverdi, M., Marchisio, P., & Sales, A. (2019). Levels of toxic elements in green coffee and their infusions commercialized in Argentina. *SF J Pharm Anal Chem*. 2019; 2 (2), 1016.

- Rutigliano, F. A., Marzaioli, R., De Crescenzo, S., & Trifuoggi, M. (2019). Human health risk from consumption of two common crops grown in polluted soils. *Science of the Total Environment*, 691, 195-204. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.037>
- Sanjari, M., Gholamhoseinian, A., & Nakhaee, A. (2014). The association between cobalt deficiency and endemic goiter in school-aged children. *Endocrinology and Metabolism*, 29(3), 307-311. <https://doi.org/https://doi.org/10.3803/EnM.2014.29.3.307>
- Santos, E., Lauria, D., & Da Silveira, C. P. (2004). Assessment of daily intake of trace elements due to consumption of foodstuffs by adult inhabitants of Rio de Janeiro city. *Science of the Total Environment*, 327(1-3), 69-79.
- Tagliaferro, F., De Nadai Fernandes, E., & Bacchi, M. A. (2006). Quality assessment of organic coffee beans for the preparation of a candidate reference material. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 269(2), 371-375.
- Thelle, D. S., Arnesen, E., & Førde, O. H. (1983). The Tromsø heart study: does coffee raise serum cholesterol? *New England Journal of Medicine*, 308(24), 1454-1457. <https://doi.org/https://doi.org/10.1056/nejm198306163082405>
- Thompson, M., Ellison, S. L. R., & Wood, R. (2006). The International Harmonized Protocol for the proficiency testing of analytical chemistry laboratories (IUPAC Technical Report). *Pure and Applied Chemistry*, 78(1), 145-196. <https://doi.org/doi:10.1351/pac200678010145>
- Tien, T., Thu, T., Truc, H., & Tu, T. (2020). Polyhalite effects on coffee (*Coffea robusta*) yield and quality in Central Highlands, Vietnam.
- Valko, M., Morris, H., & Cronin, M. (2005). Metals, toxicity and oxidative stress. *Current medicinal chemistry*, 12(10), 1161-1208. <https://doi.org/https://doi.org/10.2174/0929867053764635>
- Van Cuong, T., Ling, L. H., Quan, G. K., Jin, S., Jie, S. S., Le Linh, T., & Tiep, T. D. (2014). Effect of roasting conditions on concentration in elements of Vietnam Robusta coffee. *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology*, 18(2), 19-34.
- Vega-Carrillo, H., Iskander, F., & Manzanares-Acuna, E. (2002). Elemental content in ground and soluble/instant coffee. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 252(1), 75-80.
- Wapnir, R. A. (1990). *Protein nutrition and mineral absorption*. CRC Press.
- Xie, H., Smith, L. J., Holmes, A. L., Zheng, T., & Pierce Wise Sr, J. (2016). The cytotoxicity and genotoxicity of soluble and particulate cobalt in human lung epithelial cells. *Environmental and molecular mutagenesis*, 57(4), 282-287.
- Zaidi, J., Fatima, I., Arif, M., & Qureshi, I. (2005). Determination of trace elements in coffee beans and instant coffee of various origins by INAA. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 267, 109-112.

**DETERMINATION OF ESSENTIAL TRACE ELEMENTS IN COFFEE BEANS GROWN
IN LAM DONG PROVINCE USING INAA METHOD**

Tuong Thi Thu Huong^{*}, *Tran Tuan Anh*, *Huynh Thai Kim Ngan*,
Nguyen Huu Nghia, *Nguyen Minh Dao*, *Le Viet Phong*

Dalat Nuclear Research Institute, Vietnam

**Corresponding author: Tuong Thi Thu Huong – Email: tuongthuong@yahoo.com*

Received: May 22, 2024; Revised: October 03, 2024; Accepted: October 24, 2024

ABSTRACT

In this study, the INAA technique was employed to analyze the concentration of four essential trace elements Cobalt, Chrome, Zinc, and Iron in the Arabica and Robusta coffee beans harvested in the 2022/2023 season. The samples were collected from four different coffee-growing areas of Lam Dong province, including Lam Ha, Duc Trong, Bao Loc, and Da Lat. In the analyzing process, the certified reference material Spinach Leaves NIST 1570a was used for quality control. The Health Risk Index (HRI) was observed to be less than 1 for each element. In addition, the average HRI index (HRI_{mean}) was also calculated for each area, indicating that the consumption of the investigated coffee beans presents no risk to the consumers.

Keywords: coffee Arabica; coffee Robusta; Health Risk Index; Neutron activation analysis method