

PHÂN TÍCH HÀM LƯỢNG ĐỒNG, CHÌ, CADMI VÀ KẼM TRONG CÂY SÀI ĐẤT BẰNG PHƯƠNG PHÁP ICP-MS

Vương Trường Xuân

Trường Đại học Khoa học - ĐH Thái Nguyên

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, hàm lượng tổng số của các kim loại đồng, chì, cadmi và kẽm trong 15 mẫu cây Sài đất lấy tại các địa điểm khác nhau ở một số tỉnh ở khu vực phía Bắc Việt Nam đã được phân tích bằng phương pháp ICP-MS. Kết quả của phương pháp thêm chuẩn cho thấy độ thu hồi của phương pháp đối với các kim loại đồng, chì, cadmi và kẽm nằm trong khoảng từ 82,19% đến 109,65%. Nồng độ của các kim loại đồng, chì, cadmi và kẽm trong 15 mẫu cây phân tích lần lượt nằm trong khoảng $5,510 \div 21,620$ mg/kg; $0,481 \div 1,628$ mg/kg; $0,125 \div 0,340$ mg/kg; $14,370 \div 36,830$ mg/kg. Kết quả của nghiên cứu cho thấy hàm lượng của cả 4 nguyên tố này trong 15 mẫu cây phân tích hầu hết đều thấp hơn giới hạn cho phép của tổ chức y tế thế giới (WHO) đối với cây thảo dược.

Từ khóa: Cây Sài Đất; phương pháp ICP-MS; hàm lượng chì; hàm lượng cadmi; hàm lượng kẽm; hàm lượng đồng

Ngày nhận bài: 09/12/2019; Ngày hoàn thiện: 28/4/2020; Ngày đăng: 11/5/2020

ANALYZING THE TOTAL CONTENT OF COPPER, LEAD, CADMIUM AND ZINC IN VERBESINA CALENDULACEA L. PLANT USING ICP-MS METHOD

Vuong Truong Xuan

TNU - University of Sciences

ABSTRACT

In this study, the total contents of copper, lead, cadmium and zinc in 15 *Verbesina calendulacea* L. samples collected at different locations in the Northern provinces of Vietnam were determined by ICP-MS. The results of the standard addition method showed that the recovery of the method for copper, lead, cadmium and zinc metals ranged from 82.19% to 109.65%. The concentrations of copper, lead, cadmium and zinc in the 15 analyzed plant samples ranged $5.510 \div 21.620$ mg/kg, $0.481 \div 1.628$ mg/kg, $0.125 \div 0.340$ mg/kg, $14.370 \div 36.830$ mg/kg, respectively. The results of the study showed that almost of the contents of copper, lead, cadmium and zinc in the 15 analyzed plant samples were lower than the permissible limit set by World Health Organization (WHO) for medicinal herbs.

Keywords: *Verbesina calendulacea* L.; ICP-MS method; copper content; lead content, cadmium content; zinc content

Received: 09/12/2019; Revised: 28/4/2020; Published: 11/5/2020

1. Mở đầu

Độc tính của kim loại vi lượng đối với sức khỏe con người và môi trường đã thu hút sự chú ý đáng kể trong thời gian gần đây. Thực vật là liên kết chính trong việc chuyển kim loại nặng từ đất bị ô nhiễm sang con người. Kim loại nặng có tốc độ bài tiết thấp qua thận, có xu hướng tích lũy trong chuỗi thức ăn và có thể gây hậu quả nghiêm trọng cho con người ngay cả ở mức nồng độ rất thấp. Các nguyên tố vi lượng như kẽm, đồng là các chất dinh dưỡng thiết yếu. Chúng rất quan trọng đối với các chức năng sinh lý và sinh học của cơ thể con người. Tuy nhiên, sự gia tăng lượng tiêu thụ của chúng trên mức giới hạn cho phép có thể trở nên độc hại [1], [2]. Hàm lượng cadmi trong cơ thể con người cao sẽ có độc tính nghiêm trọng ảnh hưởng đến sức khỏe con người. Thận là cơ quan bị ảnh hưởng nghiêm trọng khi bị nhiễm cadmi. Cadmi bị bài tiết rất chậm trong cơ thể con người và nó tích lũy trong thận của con người trong một thời gian tương đối dài, làm cho thận bị suy yếu và không thể hồi phục. Ở nồng độ cao, cadmi gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến gan và mạch máu và hệ thống miễn dịch [3]. Chì được biết đến là một trong những chất ô nhiễm môi trường có độc tính cao. Nó có thể tạo phức với các phân tử sinh học khác nhau và ảnh hưởng xấu đến chức năng của chúng. Phơi nhiễm chì có thể có một ảnh hưởng xấu đến máu, thần kinh, miễn dịch, thận, xương, hệ thống cơ bắp, sinh sản và tim mạch gây ra phối hợp cơ bắp kém, triệu chứng tiêu hóa, não và tổn thương thận, suy giảm thính lực và thị lực, và khuyết tật sinh sản [2].

Sự ô nhiễm kim loại nặng của các phương thuốc thảo dược cũng như cây thảo dược đã được báo cáo trước đó trong một số sản phẩm thảo dược ở châu Á, Nam Mỹ và châu Phi và ở các quốc gia khác nhau [2], [4].

Cây Sài Đất có tên khoa học là *Wedelia calendulacea* L. Theo như GS.TS Đỗ Tất Lợi, cây Sài Đất còn được gọi là cây húng trám, cây ngổ núi hay cúc nháp và được một số nơi

sử dụng như rau sống. Loại cây này được sử dụng phổ biến để làm cây thuốc kháng viêm như chữa viêm bàng quang, tẩm trị rôm sảy, làm thuốc uống phòng chạy sỏi và chữa sốt rét [5]. Hiện nay ở Việt Nam chưa có công trình nào nghiên cứu đánh giá hàm lượng các kim loại nặng trong cây Sài Đất và đánh giá mức độ an toàn của các kim loại này trong cây khi được sử dụng như thảo dược.

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định hàm lượng của các kim loại đồng, chì, cadmi và kẽm trong cây Sài Đất được lấy ở các khu vực địa lý khác nhau ở một số tỉnh phía Bắc Việt Nam để đánh giá mức độ ô nhiễm, sự an toàn và rủi ro sức khỏe tiềm ẩn của các kim loại này trong cây Sài Đất khi được sử dụng như một loại thảo dược chữa bệnh dựa trên các giới hạn tiêu chuẩn của Tổ chức y tế thế giới (WHO).

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Thiết bị

Các thiết bị bao gồm thiết bị phá mẫu dùng lò vi sóng Mars 6 và thiết bị phân tích hàm lượng tổng số của đồng, chì, cadmi và kẽm trên máy ICP-MS Agilent 7900 (Mỹ). Các thiết bị thuộc trung tâm nghiên cứu và chuyển giao công nghệ, viện Hàn lâm khoa học và Công nghệ Việt Nam.

2.2. Hóa chất

Các dung dịch axit HNO_3 , H_2O_2 (Merck) và các dung dịch chuẩn của đồng, chì, cadmi và kẽm được pha từ dung dịch chuẩn có nồng độ 1000 mg/L (Merck). Các dung dịch hóa chất đều được pha chế bằng nước cất 2 lần.

2.3. Mẫu phân tích

Mẫu cây Sài Đất được lấy ngẫu nhiên ở 15 điểm khác nhau ở các tỉnh phía Bắc Việt Nam để có được sự đa dạng về điều kiện tự nhiên. Sau khi đưa về phòng thí nghiệm, các mẫu được rửa sạch, sấy khô bằng tủ sấy sau đó được bảo quản trong túi nilon kín. Các mẫu được kí hiệu lần lượt là SĐ1 đến SĐ15. Thông tin về địa điểm của các mẫu phân tích được thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Địa điểm lấy mẫu và kí hiệu các mẫu cây Sài Đất

STT	Kí hiệu	Tọa độ	Địa điểm lấy mẫu
1	SD1	21°12'13.14"N 106° 0'9.13"E	Khu công nghiệp Yên Phong - Bắc Ninh (gần nhà máy xử lí nước thải)
2	SD2	21°12'7.82"N 105°58'32.38"E	Khu công nghiệp Yên Phong - Bắc Ninh (gần Samsung)
3	SD3	21°11'42.28"N 105°59'38.89"E	Khu công nghiệp Yên Phong - Bắc Ninh
4	SD4	21°12'36.07"N 106° 1'2.35"E	Trường mầm non xã Thụy Hòa - Yên Phong - Bắc Ninh
5	SD5	21°12'47.91"N 106° 1'2.64"E	Xã Thụy Hòa - Yên Phong - Bắc Ninh (bên lề đường)
6	SD6	21°12'8.84"N 105°57'49.51"E	Xã Thụy Hòa - Yên Phong - Bắc Ninh (gần đường cao tốc)
7	SD7	21°33'46.07"N 105°49'42.47"E	Khu dân sinh Ngõ 335, tổ 4, phường Tân Lập, thành phố Thái Nguyên
8	SD8	21°40'36.96"N 105°50'51.46"E	Khu dân sinh Thị trấn Sông Cầu - Đồng Hỷ - Thái Nguyên
9	SD9	21°41'46.73"N 106° 4'20.92"E	Cầu Bắc Bền gần chợ Trảng Xá - Võ Nhai - Thái Nguyên
10	SD10	21°36'25.76"N 105°49'33.18"E	Khu dân sinh Tổ 23, phường Hoàng Văn Thụ, thành phố Thái Nguyên
11	SD11	21°26'55.51"N 106° 2'2.26"E	Khu dân sinh xã Tân Đức - Phú Bình - Thái Nguyên
12	SD12	21° 7'10.59"N 106°34'36.14"E	Đồng Đò - Bình Triều - Đông Triều - Quảng Ninh
13	SD13	21° 6'20.64"N 106°35'40.25"E	Trại Dọc - Bình Triều - Đông Triều- Quảng Ninh
14	SD14	21° 6'26.13"N 106°35'4.22"E	Trại Thông - Bình Triều - Đông Triều - Quảng Ninh
15	SD15	21°56'5.73"N 105°47'59.81"E	Khu công nghiệp Thanh Bình - Chợ Mới - Bắc Kạn

2.4. Phương pháp xử lý mẫu và phân tích mẫu

Các mẫu phân tích được xử lý bằng phương pháp vô cơ hóa ướt với hỗn hợp axit HNO₃, H₂O₂ theo quy trình chuẩn tiêu chuẩn AOAC 2015.01 và EPA 200.8 [6]. Lấy một lượng mẫu cây Sài Đất khô nghiền nhỏ. Cân chính xác 0,5000 g mẫu. Thêm 5,0 mL HNO₃ đặc và 1,0 mL dung dịch H₂O₂ đặc, chuyển vào ống Teflon của lò vi sóng Mars 6. Mẫu sau khi xử lý bằng lò vi sóng được định mức và đem phân tích trên thiết bị ICP-MS Agilent 7900.

2.5. Đánh giá quy trình phân tích

Để đánh giá độ tin cậy của quy trình phân tích, các mẫu thêm chuẩn của các nguyên tố đồng, chì, cadmi và kẽm đã được thêm vào dung dịch nền cây Sài Đất để đánh giá hiệu suất thu hồi các nguyên tố đó của quy trình phân tích.

Các giá trị giới hạn phát hiện (LOD), giới hạn định lượng (LOQ) của phép đo, độ thu hồi và độ lệch chuẩn tương đối (RSD) được xác định theo các công thức sau:

Công thức tính LOD và LOQ theo đường chuẩn [7], [8]

$$LOD = \frac{3.S_a}{b} \text{ và } LOQ = \frac{10.S_a}{b} \quad (1)$$

Trong đó: S_a là độ lệch chuẩn của hàm tương ứng $y = b \cdot x + a$

b là độ dốc của đường chuẩn $y = b \cdot x + a$

Công thức tính độ thu hồi:

$$\%H = \frac{(F-I).100}{A} \quad (2)$$

Trong đó: F là nồng độ tổng của mẫu đã thêm chuẩn; I là nồng độ của mẫu nền;

(F – I) là nồng độ thêm tính được; A là nồng độ chuẩn thêm vào tính toán trên lý thuyết.

Công thức tính độ lệch chuẩn tương đối (RSD): $\%RSD = \frac{SD.100}{\bar{X}}$ (3)

Trong đó: SD là độ lệch chuẩn và được tính theo công thức

$$SD = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (X_k - \bar{X})^2} \quad (4)$$

x_k : giá trị đo được ở thí nghiệm thứ k và $\bar{X}$ là giá trị trung bình của n lần đo lặp lại

3. Kết quả và bàn luận

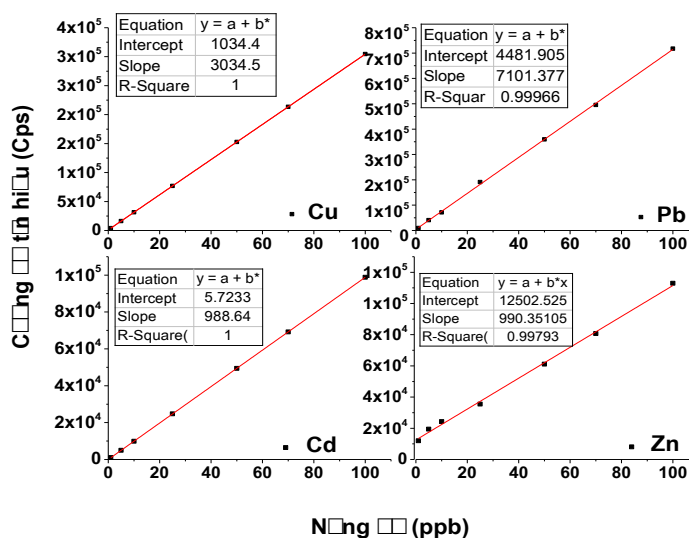
3.1. Các thông số đánh giá quy trình phân tích

Bảng 2. Bảng các thông số độ thu hồi trung bình, giới hạn phát hiện (LOD), giới hạn định lượng (LOQ), độ lệch chuẩn tương đối (RSD) và khoảng tuyến tính xác định Cu, Pb, Cd và Zn bằng phương pháp ICP-MS

STT	Nguyên tố	LOD (ppb)	LOQ (ppb)	RSD (%)	Độ thu hồi (%)	Khoảng tuyến tính (ppb)
1	Cu	0,296	0,987	12,87	109,65	b-100
2	Pb	0,029	0,097	9,24	82,19	b-100
3	Cd	0,001	0,003	4,63	83,20	b-100
4	Zn	0,253	0,843	3,05	105,60	b-100

b: mẫu trắng

Các phương trình đường chuẩn xác định đồng, chì, cadmi và kẽm bằng phương pháp ICP-MS được biểu diễn ở hình 1. Theo hình 1, các đường chuẩn xác định đồng, chì, cadmi và kẽm đều có độ tuyến tính rất tốt và có hệ số $R^2 > 0,995$. Phương trình đường chuẩn xác định các nguyên tố Cu, Pb, Cd và Zn lần lượt là: $Y = 3034,5.X + 1034,4$ ($R^2 = 1$); $Y = 7101,377.X + 4481,905$ ($R^2 = 0,9997$); $Y = 988,64.X + 5,72$ ($R^2 = 1$) và $Y = 990,351.X + 12502,525$ ($R^2 = 0,9979$).



Hình 1. Các phương trình đường chuẩn xác định Cu, Pb, Cd và Zn bằng phương pháp ICP-MS

3.2. Hàm lượng các kim loại trong mẫu phân tích

Hàm lượng của các kim loại Cu, Pb, Cd, Zn trong 15 mẫu cây Sài Đất được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3. Hàm lượng các kim loại Cu, Pb, Cd và Zn trong cây Sài Đất (mg/Kg khô; SD: độ lệch tiêu chuẩn)

STT	Mẫu	Hàm lượng các nguyên tố			
		Cu ($\pm$ SD)	Pb ($\pm$ SD)	Cd ($\pm$ SD)	Zn ($\pm$ SD)
1	SD1	13,590 $\pm$ 0,247	0,580 $\pm$ 0,142	0,161 $\pm$ 0,021	19,200 $\pm$ 0,207
2	SD2	16,540 $\pm$ 0,321	0,890 $\pm$ 0,091	0,139 $\pm$ 0,068	25,080 $\pm$ 0,901
3	SD3	15,610 $\pm$ 0,103	0,762 $\pm$ 0,102	0,188 $\pm$ 0,065	24,940 $\pm$ 0,894
4	SD4	9,130 $\pm$ 0,021	0,481 $\pm$ 0,210	0,178 $\pm$ 0,031	16,560 $\pm$ 1,021
5	SD5	8,960 $\pm$ 0,231	0,519 $\pm$ 0,081	0,171 $\pm$ 0,011	29,690 $\pm$ 0,698
6	SD6	15,750 $\pm$ 0,277	0,680 $\pm$ 0,092	0,206 $\pm$ 0,040	25,280 $\pm$ 0,201
7	SD7	15,212 $\pm$ 0,312	1,116 $\pm$ 0,059	0,209 $\pm$ 0,021	23,950 $\pm$ 0,981
8	SD8	21,620 $\pm$ 0,450	1,426 $\pm$ 0,081	0,270 $\pm$ 0,023	26,340 $\pm$ 0,894
9	SD9	17,950 $\pm$ 0,321	1,081 $\pm$ 0,085	0,303 $\pm$ 0,011	36,830 $\pm$ 1,231
10	SD10	11,030 $\pm$ 0,213	0,780 $\pm$ 0,071	0,211 $\pm$ 0,032	15,510 $\pm$ 0,570
11	SD11	5,510 $\pm$ 0,120	1,290 $\pm$ 0,102	0,125 $\pm$ 0,021	14,370 $\pm$ 0,421
12	SD12	14,750 $\pm$ 0,187	1,102 $\pm$ 0,110	0,242 $\pm$ 0,041	26,280 $\pm$ 0,895
13	SD13	15,210 $\pm$ 0,245	1,126 $\pm$ 0,058	0,241 $\pm$ 0,021	24,901 $\pm$ 1,021
14	SD14	20,526 $\pm$ 0,207	1,628 $\pm$ 0,094	0,297 $\pm$ 0,025	28,640 $\pm$ 0,879
15	SD15	16,945 $\pm$ 0,670	1,191 $\pm$ 0,098	0,340 $\pm$ 0,053	27,823 $\pm$ 0,925

Bảng 3 cho thấy, hàm lượng kim loại đồng trong 15 mẫu cây Sài Đất nằm trong khoảng từ 5,510 $\pm$ 0,012 mg/Kg đến 21,620 $\pm$ 0,450 mg/Kg. Trong đó hàm lượng đồng cao nhất ở mẫu SD8 và thấp nhất ở mẫu SD11. Hàm lượng chì trong các mẫu phân tích nằm trong khoảng từ 0,481 $\pm$ 0,210 mg/Kg đến 1,628 $\pm$ 0,094 mg/Kg. Trong đó hàm lượng chì cao nhất ở mẫu SD14 và thấp nhất ở mẫu SD4. Hàm lượng cadmi trong các mẫu cây Sài Đất phân tích nằm trong khoảng từ 0,125 $\pm$ 0,021 mg/Kg đến 0,340 $\pm$ 0,053 mg/Kg. Mẫu SD15 có hàm lượng cadmi cao nhất và mẫu SD11 có hàm lượng cadmi thấp nhất. Hàm lượng kẽm trong các mẫu cây phân tích nằm trong khoảng từ 14,370 $\pm$ 0,421 mg/Kg đến 36,830 $\pm$ 1,231 mg/Kg. Hàm lượng kẽm trong mẫu SD9 là cao nhất và trong mẫu SD11 là thấp nhất. Sự khác nhau về hàm lượng của các nguyên tố trên trong các mẫu phân tích là do sự khác nhau thời gian sinh trưởng của cây (cây già, cây non) về địa điểm lấy mẫu và điều kiện thổ nhưỡng. Tác giả A. K. Meena và các cộng sự cũng đã phân tích hàm lượng các nguyên tố Hg, Pb, Cd và As trong cây Sài Đất ở thành phố Patiala, Ấn Độ. Kết quả cho thấy hàm lượng các nguyên tố Pb và Cd trong các mẫu phân tích đều thấp hơn giới hạn cho phép của WHO [9].

Hàm lượng các kim loại Cu, Pb, Cd và Zn trong 15 mẫu cây Sài Đất giảm theo thứ tự là

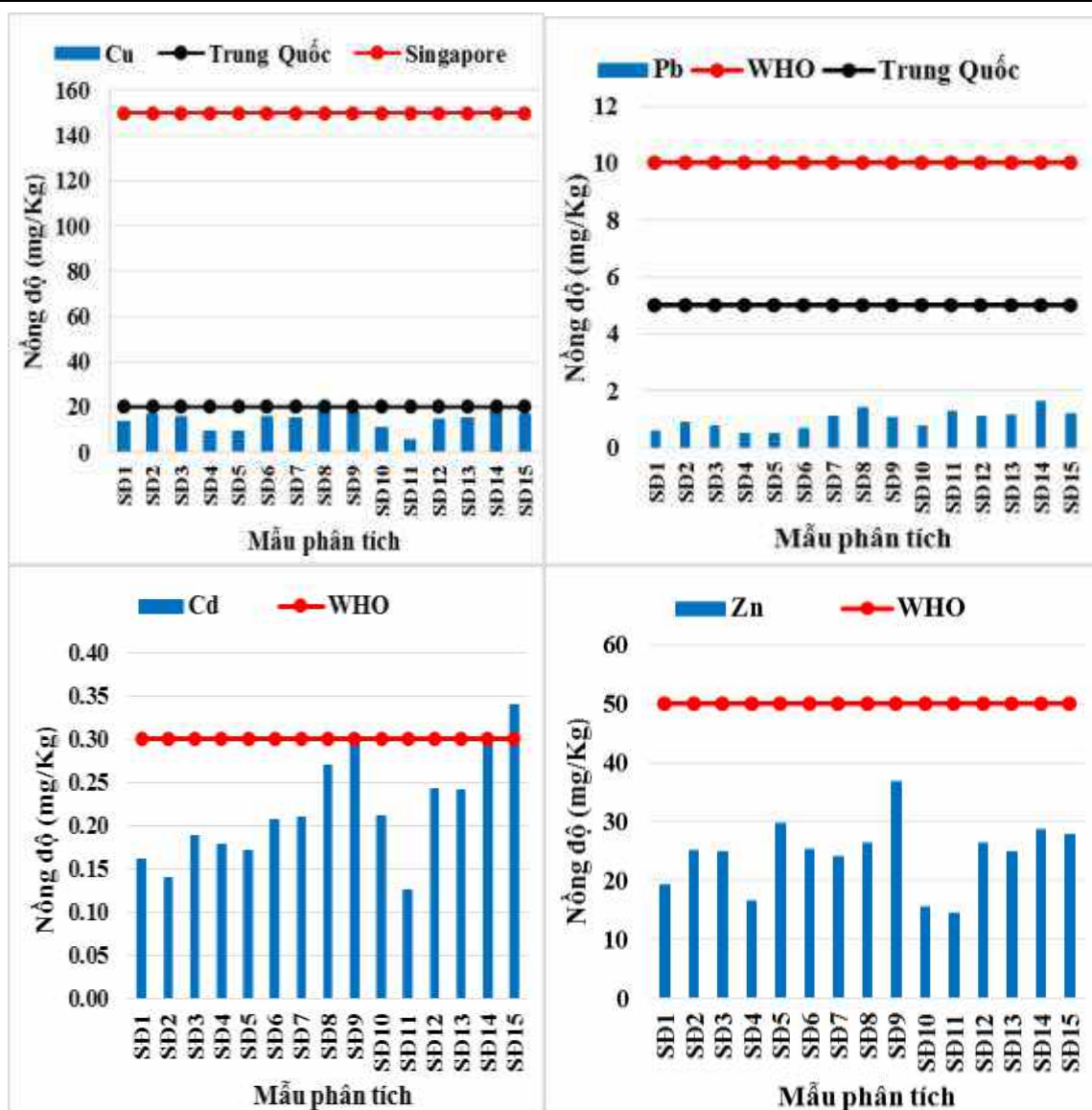
Zn > Cu > Pb > Cd. Kết quả này cũng phù hợp với kết quả phân tích hàm lượng kim loại trong cây thảo dược đã được công bố trong các nghiên cứu của nhiều tác giả khác trên thế giới. Tác giả M. Maobe và các cộng sự khi phân tích hàm lượng các kim loại Cu, Pb, Cd, Zn trong 6 loại cây thảo dược (*Carissa spinarum*, *Urtica dioica*, *Warburgia ugandensis*, *Senna didymobotrya*, *Bidens pilosa* và *Leonotis nepetifolia*) đều cho kết quả là hàm lượng của các kim loại là Zn > Cu > Pb > Cd [10]. Nhóm tác giả K. Agyarko, E. Darteh, and B. Berlinger khi phân tích hàm lượng các kim loại nặng trong cây thảo dược cỏ màn trầu trong 4 loại đất khác nhau cũng cho kết quả là hàm lượng Zn > Cu > Pb > Cd [11]. Tác giả Shadi Kohzadi và các cộng sự cũng phân tích hàm lượng Cu, Pb, Cd và Zn trong 16 loại cây thảo dược nghiên cứu tại Kurdistan, Iran. Kết quả cho thấy hàm lượng các nguyên tố trên cũng giảm theo thứ tự là Zn > Cu > Pb > Cd [12].

3.3 Đánh giá nguy cơ ô nhiễm

Để đánh giá mức độ ô nhiễm của các kim loại đồng, chì, cadmi và kẽm trong các mẫu cây Sài Đất, chúng tôi so sánh với các tiêu chuẩn cho phép về hàm lượng của các kim loại này trong cây thuốc. Các tiêu chuẩn giới hạn của các nước được trình bày ở bảng 4.

Bảng 4. Tiêu chuẩn giới hạn cho phép đối với Cu, Pb, Cd và Zn trong cây thảo dược của các nước [8],[13]

STT	Tiêu chuẩn	Cu	Pb	Cd	Zn
		mg/Kg			
1	Canada	-	10	0,3	-
2	Trung quốc	20	5	1	-
3	FAO/WHO	-	10	0,3	50
4	Singapore	150	20	-	-

**Hình 2.** Hàm lượng kim loại đồng, chì, cadmi và kẽm trong cây Sài Đất và các tiêu chuẩn giới hạn cho phép

Hàm lượng các kim loại đồng, chì, cadmi và kẽm trong các mẫu cây Sài Đất được so sánh với tiêu chuẩn giới hạn cho phép của các nước được thể hiện ở các hình trong Hình 2.

Theo hình 2, hàm lượng của kim loại đồng trong các mẫu phân tích đều thấp hơn so với

giới hạn cho phép theo tiêu chuẩn của Trung Quốc là 20 mg/Kg. Tương tự với chì, hàm lượng chì trong 15 mẫu phân tích đều có hàm lượng nhỏ hơn so với tiêu chuẩn cho phép trong cây thảo dược của tổ chức y tế thế giới WHO (10 mg/Kg) và của tiêu chuẩn Trung Quốc (5 mg/Kg).

Đối với hàm lượng cadmi, hàm lượng cadmi trong 14 mẫu phân tích đều thấp hơn tiêu chuẩn cho phép của WHO là 0,3 mg/Kg. Chỉ có riêng mẫu SD15 là hàm lượng Cd ($0,340 \pm 0,053$ mg/Kg) cao hơn một chút so với tiêu chuẩn giới hạn cho phép của WHO. Đối với kẽm, hàm lượng kẽm trong tất cả 15 mẫu phân tích đều thấp hơn tiêu chuẩn cho phép của WHO là 50 mg/Kg.

Như vậy, với cả bốn kim loại đồng, chì, cadmi và kẽm, hàm lượng của các kim loại này trong 14 mẫu cây Sài Đất đều thấp hơn giới hạn cho phép của WHO và các nước. Chỉ có riêng một trường hợp SD15 là hàm lượng cadmi cao hơn một chút so với giới hạn cho phép của WHO. Như vậy, có thể nói là hàm lượng các kim loại này trong các mẫu cây phân tích hầu hết là an toàn theo tiêu chuẩn của WHO.

4. Kết luận

Kết quả của nghiên cứu thu được cho thấy ICP-MS là một phương pháp xác định các nguyên tố vi lượng trong thực vật cho phép phân tích nhanh chóng đồng thời nhiều kim loại với độ chính xác và độ tin cậy tốt. Kết quả thu được cho thấy nồng độ các kim loại Cu, Pb, Cd và Zn trong 15 mẫu cây phân tích là khác nhau và nằm trong khoảng Cu: $5,510 \div 21,620$ mg/Kg, Pb: $0,481 \div 1,628$ mg/Kg, Cd: $0,125 \div 0,340$ mg/Kg và Zn: $14,370 \div 36,830$ mg/Kg. Từ kết quả của nghiên cứu này cho thấy, nhìn chung hàm lượng các kim loại Cu, Pb, Cd và Zn đều nhỏ hơn giới hạn cho phép của WHO và tiêu chuẩn các nước. Chỉ có một mẫu phân tích là có hàm lượng cadmi cao hơn so với giới hạn cho phép của WHO. Vì vậy, vẫn cần phải theo dõi, kiểm tra nồng độ kim loại độc hại trong cây thảo dược này trước khi sử dụng, đặc biệt là khi chúng được sử dụng như là thuốc uống để chữa bệnh.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được hỗ trợ kinh phí bởi đề tài mã số ĐH2017-TN06-02 và trường đại học Khoa Học – ĐHTN Thái Nguyên (TNUS).

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1]. S. I. Korfali, M. Mroueh, M. Al-Zein, and R. Salem, "Metal Concentration in Commonly Used Medicinal Herbs and Infusion by Lebanese Population: Health Impact," *J. Food Res.*, vol. 2, no. 2, pp. 70-82, 2013.
- [2]. R. Dghaim, S. Al Khatib, H. Rasool, and M. A. Khan, "Determination of heavy metals concentration in traditional herbs commonly consumed in the United Arab Emirates," *J. Environ. Public Health*, vol. 2015, [Online]. Available: <https://www.hindawi.com/journals/jeph/2015/973878/> [Accessed Apr. 26, 2020].
- [3]. S. Martin and W. Griswold, "Human Health Effects of Heavy Metals," *Environ. Sci. Technol. Briefs Citizens*, vol. 15, pp. 1-6, 2009.
- [4]. R. Singh, N. Gautam, A. Mishra, and R. Gupta, "Heavy metals and living systems: An overview," *Indian Journal of Pharmacology*, vol. 43, no. 3, pp. 246-253, 2011.
- [5]. L. T. Do, *Vietnamese Medicinal Plants and Herbs*. (in Vietnamese). Medicinal Publishing House, 2004.
- [6]. AOAC, *AOAC Official Method 2015.01 Heavy Metals in Food Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry First Action 2015*, 2015.
- [7]. V. B. G. Alankar Shrivastava, "Methods for the determination of limit of detection and limit of quantitation of the analytical methods," *Chronicles Young Sci.*, vol. 2, no. 1, pp. 21-25, 2011.
- [8]. X. T. Vương, "Analyzing the total content of zinc, copper, lead and cadmium in *Eleusine Indica* L plant using ICP-MS method," (in Vietnamese), *TNU Journal of Science and Technology*, vol. 208, no. 15, pp. 131-136, 2019.
- [9]. A. K. Meena, M. M. Rao, K. Kaur, and P. Panda, "Comparative evaluation of standardisation parameters between *Wedelia* genus species," *Int. J. Pharma Sci. Res.*, vol. 1, no. 3, pp. 207-210, 2010.
- [10]. M. Maobe, E. Gatebe, L. Gitu, and H. Rotich, "Profile of heavy metals in selected medicinal plants used for the treatment of diabetes, malaria and pneumonia in Kisii Region, Southwest Kenya," *Global Journal of pharmacology*, vol. 6, no. 3, pp. 245-251, 2012.
- [11]. K. Agyarko, E. Darteh, and B. Berlinger, "Metal levels in some refuse dump soils and plants in Ghana," *Plant, Soil Environ.*, vol. 56, no. 5, pp. 244-251, 2010.
- [12]. S. Kohzadi, B. Shahmoradi, E. Ghaderi, H. Loqmani, and A. Maleki, "Concentration, Source, and Potential Human Health Risk of Heavy Metals in the Commonly Consumed Medicinal Plants," *Biol. Trace Elem. Res.*, vol. 187, no. 1, pp. 41-50, 2019.
- [13]. WHO, *WHO Guidelines for assessing quality of herbal medicines with reference to contaminants and residues*, 2007.