

XÂY DỰNG QUY TRÌNH PHÂN TÍCH KIM LOẠI NẶNG TRONG RƯỢU TẠI VIỆT NAM TRÊN THIẾT BỊ ICP/MS

Đến tòa soạn 27 - 4 - 2017

**Hoàng Minh Tạo, Nguyễn Quang Trung, Lê Văn Nhân, Nguyễn Ngọc Tùng,
Phạm Thị Phương Thảo, Phạm Thị Trà, Vũ Đức Nam**

*Trung tâm Nghiên cứu và Chuyển giao công nghệ,
Viện Hàn Lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam*

SUMMARY

DETERMINATION OF THE ANALYTICAL PROCEDURE OF HEAVY METALS IN ALCOHOL BEVERAGES IN VIETNAM USING ICP/MS METHOD

This research was implemented in order to investigate the analytical procedure for heavy metals in alcoholic beverages through several steps such as removal of ethanol content, sample digestion by microwave method and then analysis on the ICP/MS instrument. The results were applied to identify heavy metals as Ti, Cr, Mn, Co, Ni, As, Ag, Cd, Pb in 19 samples belonging 8 different alcoholic beverages. The analytical procedure was investigated with the recovery values ranging between 67.4 – 117.5% and correlation coefficient was higher than 0.999. Concentrations of these heavy metals found in all vodkas were very low. Moreover, concentration of Pb, the most toxic heavy metal, found in these wine samples was lower than Vietnamese standard regulation by Ministry of Health of 200 µg/L.

Keywords: Heavy metals, wine, ICP-MS

1. MỞ ĐẦU

Theo Tổ chức Y tế thế giới WHO, có khoảng 60 loại bệnh khác nhau liên quan đến thói quen sử dụng bia rượu như gan, dạ dày, tim mạch.... Mặt khác, trong Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia đối với các sản phẩm đồ uống có cồn (QCVN 6-3:2010/BYT) mới chỉ

quy định được rất ít các chỉ tiêu (đối với kim loại nặng, chỉ có chì (Pb) và thiếc (Sn)). Các kim loại nặng vốn có độc tính cao, khi xâm nhập vào cơ thể con người sẽ ảnh hưởng tới sức khỏe, đặc biệt là chì (Pb), asen (As), và cadimi (Cd). Kim loại nặng có thể xâm nhập vào cơ thể con

người chủ yếu thông qua đường tiêu hóa và hô hấp.

Rượu là một loại đồ uống có cồn với nền phức tạp, bên cạnh nước, đường và cồn còn chứa một loạt các thành phần khác, cả vô cơ và hữu cơ. Các thành phần của rượu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố liên quan như nguyên liệu, đất, khí hậu, văn hóa, quá trình sản xuất, vận chuyển và bảo quản. Do đó, việc nghiên cứu và phân tích các kim loại, đặc biệt là các kim loại nặng trong thực phẩm nói chung, trong rượu nói riêng và tác động của chúng tới cơ thể con người nhằm đề ra các biện pháp tối ưu bảo vệ và chăm sóc sức khỏe cộng đồng là một việc vô cùng cần thiết.

Phương pháp phổ khối kết hợp plasma cao tần cảm ứng (ICP-MS) là một trong những phương pháp ưu việt giúp xác định nhanh nhiều kim loại cùng một lúc với độ nhạy, độ chính xác rất cao, độ lặp lại tốt, sẽ được sử dụng để phân tích các mẫu rượu thu thập được. Trước khi phân tích các kim loại nặng trong rượu, phương pháp xử lý mẫu rượu trong nghiên cứu

này cũng sẽ được đề cập nhằm đảm bảo quy trình phân tích tối ưu, kết quả phân tích chính xác.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Hóa chất, thiết bị thí nghiệm

- Nước siêu sạch (Elga, Anh),
- Axit HNO_3 đặc 65% (Merck, Germany),
- Hydroperoxit H_2O_2 30% (Merck, Germany),
- Tất cả các ống li tâm, ống phản ứng teflon, lọ đựng mẫu, các đồ dùng bằng nhựa để lấy mẫu, bảo quản mẫu đều là mới hoặc đã được làm sạch bằng cách ngâm 24 giờ trong HNO_3 10% sau đó rửa bằng nước siêu sạch.
- Các dung dịch chuẩn gốc: Chuẩn hỗn hợp: Ti, Cr, Mn, Co, Ni, As, Ag, Cd, Pb nồng độ 100 ppm - 1000ppm (Sigma Aldrich).

2.2. Thu thập và xử lý mẫu

- a. Lấy mẫu: Tổng số 19 mẫu rượu được chia thành 7 loại rượu đã được thu thập trên địa bàn thành phố Hà Nội trong khoảng thời gian từ tháng 6 - 12/2016 gồm các loại theo bảng 1 như sau:

Bảng 1: Các loại rượu thí nghiệm

TT	Loại rượu	Ký hiệu	Số lượng mẫu
1	Rượu sản xuất theo phương pháp thủ công	A (A1-A5)	05
2	Rượu sản xuất theo dây chuyền công nghiệp	B (B1-B3)	03
3	Rượu ngâm thực vật theo phương pháp thủ công	C (C1-C4)	04
4	Rượu ngâm thực vật trên dây chuyền công nghiệp	D (D1-D2)	02
5	Rượu vang Việt Nam	E (E1-E2)	02
6	Rượu lên men thủ công (sử dụng trực tiếp)	F (F1-F2)	02
7	Rượu Vodka nhập khẩu	G (G1)	01
	Tổng số		19

b. Bảo quản mẫu: Mẫu được thu thập sẽ được bảo quản trong tủ lạnh ở nhiệt độ 4°C và phân tích trong thời gian 6 tháng kể từ khi được thu thập.

2.3. Phương pháp phân tích

Các kim loại trong các mẫu rượu được xử lý mẫu và phân tích dựa trên phương pháp tiêu chuẩn AOAC 2015.01 dùng phân tích kim loại nặng trong rượu có một số thay đổi nhỏ cho phù hợp điều kiện phân tích [1], sử dụng phương pháp xử lý mẫu bằng lò vi sóng và phân tích trên thiết bị khối phổ kết hợp plasma cao tần cảm ứng ICP-MS 7900 Agilent[2]. Các điều kiện hoạt động của thiết bị phân tích được tối ưu để phân tích các kim loại trong rượu như sau:

Bảng 2. Điều kiện phá mẫu của lò vi sóng

Giai đoạn	Nhiệt độ (°C)	Thời gian gia nhiệt (phút)	Thời gian giữ nhiệt (phút)
1	150	15	10
2	30	15	10

Thiết bị ICP-MS 7900 Agilent được vận hành ở các điều kiện: công suất cao tần 1600W, độ sâu lấy mẫu 10 mm, khí mang 0,7 L/phút, khí phụ trợ 0,3 L/phút, đầu phun sương nhu động Micro Mist, nhiệt độ khoang phun 2°C, tốc độ dòng khí Heli 4,3 mL/phút, tốc độ dòng khí hydro 4,2 mL/phút, tốc độ bơm nhu động 4,2 r/s.

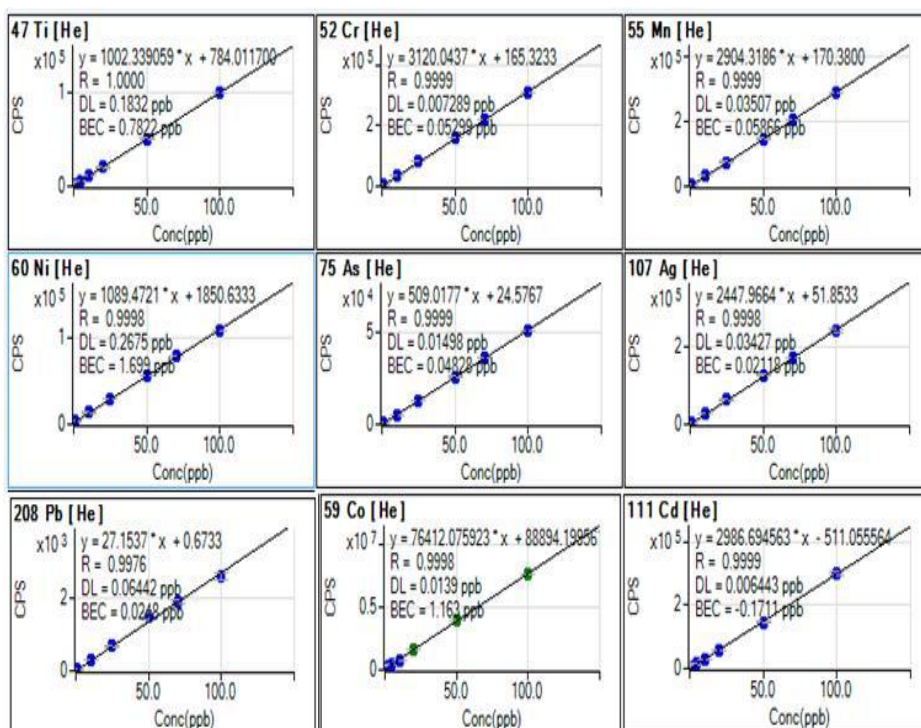
2.3.1. Khảo sát quá trình xử lý mẫu:

Phương pháp loại bỏ etanol trong rượu: Các mẫu rượu thông thường có hàm lượng etanol khoảng 10-45%. Etanol là chất dễ bay hơi, do đó trước khi mẫu được xử lý vi sóng ở nhiệt độ cao, đặc biệt khi sử dụng lò kín, tránh hiện tượng etanol bay hơi nhiều dẫn đến áp suất quá lớn có thể làm nổ ống Teflon thì phải tiến hành loại bớt etanol. Có nhiều phương pháp để loại etanol, ở đây hai phương pháp được sử dụng là đun mẫu trên bếp điện ở khoảng 80°C để etanol bay hơi và cô quay để đuổi etanol. Để so sánh hai phương pháp này, việc thêm chuẩn ngay từ đầu trước khi đun/cô quay với một mẫu rượu sau đó so sánh hiệu suất thu hồi đã được thực hiện. Kết quả thu được của phương pháp nào cho hiệu suất thu hồi cao, phương pháp nhanh và thuận tiện sẽ áp dụng để tiến hành loại bớt etanol trong rượu.

2.3.2. Quá trình phân tích

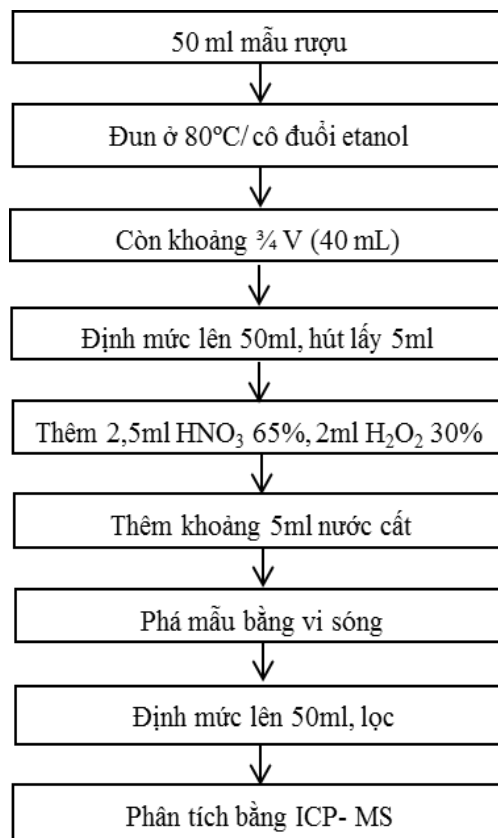
2.3.2.1. Xây dựng đường chuẩn

Đường chuẩn của hỗn hợp các kim loại được pha từ các dung dịch chuẩn gốc đã nêu trong mục 2.1. Trước tiên pha dung dịch chuẩn hỗn hợp có nồng độ 500ppb. Từ dung dịch chuẩn hỗn hợp 500ppb pha dãy dung dịch chuẩn có nồng độ từ 0-100 ppb và bơm lên thiết bị ICP/MS thu được các đường chuẩn của các kim loại như trong hình 1 sau:



Hình 1. Đường chuẩn của các kim loại nặng nặng trong nghiên cứu này

2.3.2.2. Quy trình phân tích mẫu



Hình 2. Quy trình phân tích kim loại nặng trong mẫu rượu

Quy trình phân tích mẫu được trình bày trên hình 2. Lấy chính xác 50ml mẫu rượu bằng bình định mức, cho mẫu vào cốc thủy tinh chịu nhiệt dung tích 100ml, đun ở 80°C cho etanol bay hơi đến khi còn khoảng 3/4 thể tích, lấy ra và định mức lên 50ml. Hút 5ml mẫu cho vào ống Teflon, thêm 2,5ml HNO₃ đặc 65%, 2ml H₂O₂ 30%, thêm khoảng 5ml nước cất. Đậy nắp ống và vặn chặt để đảm bảo hệ kín, cho vào xử lý trong lò vi sóng với chế độ được cài đặt như trình bày ở bảng 2. Để nguội mẫu đến nhiệt độ phòng và mở từ từ, cho mẫu vào ống li tâm dung tích 50ml, tráng rửa sạch ống teflon bằng nước siêu sạch và định mức lên 50ml. Lọc mẫu bằng giấy lọc băng xanh vào ống li tâm khác, sau đó cho mẫu vào lọ đựng mẫu và tiến hành phân tích hàm lượng kim loại trong mẫu bằng thiết bị ICP-MS.

2.3.2.3. Đánh giá hiệu suất thu hồi của phương pháp

Hiệu suất thu hồi của phương pháp được đánh giá bằng phương pháp thêm chuẩn: 40ml mẫu rượu được thêm 10ml dung dịch chuẩn 50ppb, mẫu thêm chuẩn chứa chuẩn 10ppb các chất cần phân tích trong mẫu. Sau đó mẫu được loại bỏ etanol đến khi còn khoảng 3/4 thể tích, lấy ra và định mức lên 5ml. Sau đó tiến hành tương tự như với mẫu thực không thêm chuẩn. Với các mẫu có hàm lượng vượt đường chuẩn, tiến hành pha loãng mẫu với hệ số pha loãng phù hợp, sau đó tiến hành thêm chuẩn và

phân tích tương tự. Các mẫu trắng đều được tiến hành song song trong suốt quá trình phân tích nhằm đảm bảo quá trình phân tích không bị ảnh hưởng bởi các chất nhiễu hay nhiễm bẩn.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả khảo sát quá trình xử lý mẫu

3.1.1. Phương pháp loại bỏ etanol

Dưới đây là kết quả khảo sát hai phương pháp đun trên bếp điện ở 80°C và cô quay để đuổi etanol trong một mẫu rượu ngâm thực vật theo phương pháp thủ công (C) và được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. So sánh nồng độ của các kim loại đo được sau khi thêm chuẩn 10ppb vào mẫu rượu ngâm thực vật theo phương pháp thủ công (C) và sử dụng các phương pháp loại bỏ etanol khác nhau

Kim loại	Sử dụng phương pháp đun ở 80°C (ppb)	Sử dụng phương pháp cô quay (ppb)
Ti	9,24	11,61
Cr	11,40	10,35
Mn	7,56	8,99
Co	10,37	9,68
Ni	11,03	9,18
As	11,75	12,25
Ag	7,85	9,88
Cd	10,18	7,61
Pb	10,21	6,28

Từ kết quả này có thể thấy cả hai phương pháp đều cho kết quả khá tốt, nồng độ của các kim loại nặng phân tích được khá cao. Trong trường hợp sử dụng bếp đun, nồng độ thu hồi của các kim loại dao động từ 7,56– 11,75 ppb trong khi sử dụng cô quay thì

hiệu suất từ 6,28 – 12,25 ppb. Đối với phương pháp sử dụng cô quay, nồng độ các kim loại dao động lớn hơn khi sử dụng phương pháp đun bay hơi có thể là do các kim loại bị lôi cuốn cùng etanol trong quá trình bay hơi nên dẫn đến việc hiệu suất thu thấp, không ổn định. Mặt khác phương pháp đun trên bếp điện nhanh hơn, đơn giản hơn nên được ưu tiên sử dụng.

3.1.2. Hiệu suất thu hồi của phương pháp

Khảo sát quá trình xử lý mẫu bằng cách thêm chuẩn trước khi tiến hành đun mẫu rượu đã được thực hiện. Bảng 4 trình bày kết quả hiệu suất thu hồi trong quá trình xử lý mẫu và phân tích đối với các mẫu thêm chuẩn.

Bảng 4. Hiệu suất thu hồi (H%) của các kim loại trong mẫu thêm chuẩn 10ppb trước khi đun

Kim loại	Ti	Cr	Mn	Co	Ni
H (%)	92,4	114,0	75,6	103,7	110,3
Kim loại	As	Ag	Cd	Pb	
H (%)	117,5	67,4	101,8	102,1	

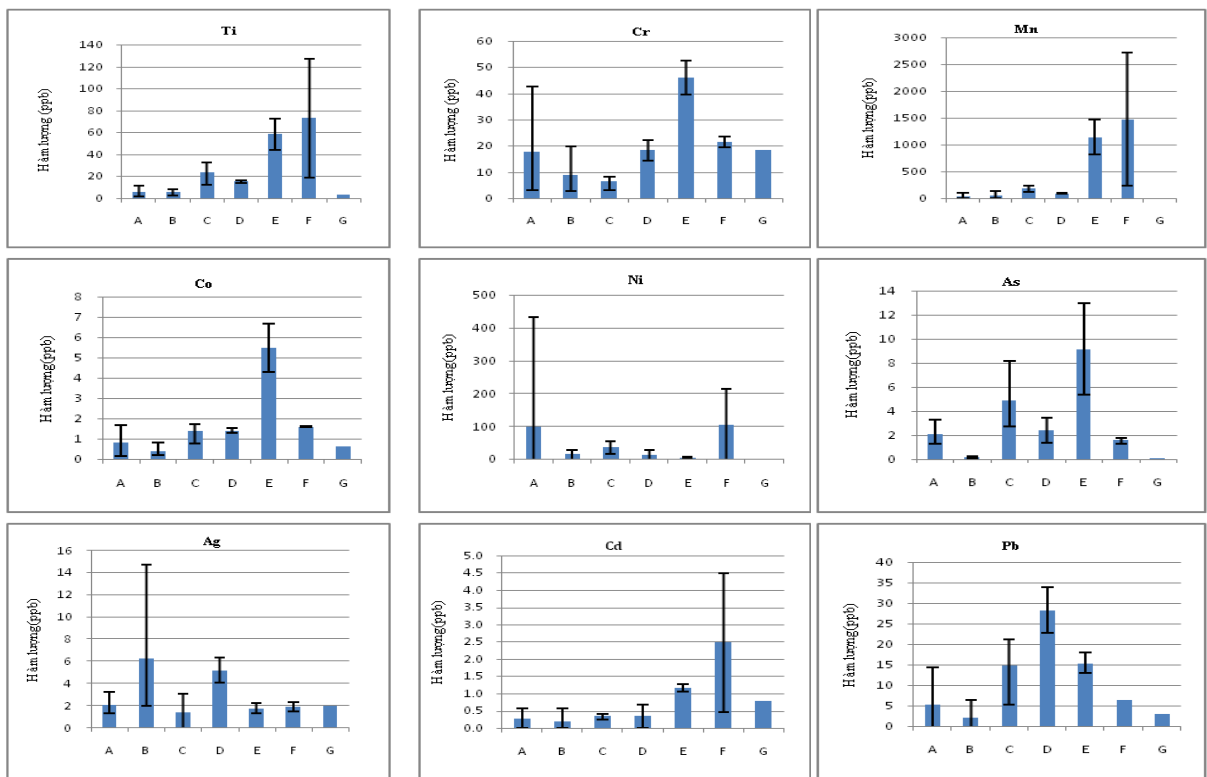
Kết quả thu được cho thấy hiệu suất thu hồi của mẫu thu được từ 67,4% - 117,5%, thấp nhất là Ag với hiệu suất thu hồi là 67,4% và cao nhất là As với 117,5%. Hiệu suất này hoàn toàn chấp nhận được trong quá trình phân tích lượng vết các kim loại nặng trong các mẫu rượu.

3.2. Kết quả mẫu rượu

Sau khi tiến hành khảo sát để đưa ra quy trình xử lý mẫu tối ưu, chúng tôi đã thu được kết quả hàm lượng kim loại trong các mẫu rượu như sau:

Bảng 5. Kết quả phân tích các kim loại trong các mẫu rượu

Nhóm	Mẫu	Nồng độ các chất phân tích trong mẫu (ppb)								
		Ti	Cr	Mn	Co	Ni	As	Ag	Cd	Pb
A	A1	1,78	5,42	99,30	1,67	4,41	1,28	3,27	0,06	4,91
	A2	5,92	42,60	35,98	0,99	23,64	3,29	1,41	0,28	14,52
	A3	2,08	2,99	1,40	0,14	35,69	1,63	2,64	<0,006	4,91
	A4	5,94	18,14	17,65	0,56	<0,160	1,26	1,36	0,58	3,27
	A5	11,49	19,56	38,38	0,83	433,64	2,75	1,84	0,38	<0,567
B	B1	2,97	2,68	<0,026	0,22	23,74	0,06	14,71	<0,006	<0,567
	B2	5,05	4,02	14,61	0,26	27,84	0,21	2,21	<0,006	6,55
	B3	8,12	20,04	135,43	0,82	<0,160	0,13	1,99	0,57	<0,567
C	C1	21,39	8,23	219,92	1,64	55,82	3,03	3,12	0,29	18,56
	C2	12,38	3,28	125,26	0,78	17,97	2,75	<0,036	0,24	5,44
	C3	32,97	6,46	240,25	1,73	44,56	5,65	1,47	0,41	21,29
	C4	26,73	7,55	188,70	1,48	30,72	8,18	1,13	0,40	14,74
D	D1	16,42	14,33	91,20	1,31	29,95	3,42	6,35	0,69	34,04
	D2	14,06	22,28	106,93	1,55	<0,160	1,37	4,09	<0,006	22,93
E	E1	72,78	52,43	820,24	4,30	4,44	12,93	2,21	1,06	18,01
	E2	44,26	39,54	1461,43	6,70	7,16	5,32	1,33	1,27	13,10
F	F1	19,21	19,65	237,53	1,59	<0,160	1,79	1,53	0,46	6,55
	F2	127,35	23,42	2717,66	1,63	213,98	1,30	2,33	4,49	6,55
G	G1	3,56	18,23	8,42	0,67	<0,160	0,06	2,01	0,79	3,27



Hình 3. So sánh nồng độ của các kim loại trong các nhóm mẫu rượu được nghiên cứu.

Từ kết quả phân tích ta thấy: Nồng độ Pb trong 19 mẫu được phát hiện từ dưới giới hạn phân tích ($<0,567 \mu\text{g/L}$) đối với các rượu được sản xuất theo dây chuyền công nghiệp (B1,B2,B3) tới giá trị cao nhất là rượu ngâm thực vật theo dây chuyền công nghiệp là 22,93 và 34,04 $\mu\text{g/L}$ (D1,D2). Tuy nhiên, Bộ Y Tế Việt Nam đưa ra mức giới hạn cho phép của kim loại Pb trong rượu vang là $200\mu\text{g/L}$ và không có quy định với các kim loại khác theo QCVN 6-3:2010/BYT và QCVN 8-2:2011/BYT [3][4]. Trong nghiên cứu này, hai mẫu rượu vang (E1,E2) đã được phân tích, hàm lượng Pb trong mẫu lần lượt là 13,10 và 18,01 $\mu\text{g/L}$ và nhỏ hơn rất nhiều giới hạn cho phép của nồng độ Pb trong rượu ($200\mu\text{g/L}$). Như vậy trong các mẫu rượu thu thập, không có mẫu

rượu vang nào có hàm lượng Pb vượt quá quy định. Các mẫu rượu chưng cất bằng phương pháp thủ công, rượu vodka nhập khẩu, rượu lên men thủ công, rượu được sản xuất theo dây chuyền công nghiệp có hàm lượng Pb nhỏ hơn $10\mu\text{g/L}$, đặc biệt có một mẫu rượu chưng cất bằng phương pháp thủ công, hai mẫu rượu sản xuất theo dây chuyền công nghiệp không phát hiện Pb trong mẫu. Thực tế thì các mẫu rượu ngâm thực vật theo dây chuyền công nghiệp được thu thập tại các siêu thị, chợ một cách ngẫu nhiên. Hơn nữa có rất ít thông tin về nguồn gốc và công nghệ sử dụng để sản xuất rượu trong nhà máy. Do vậy sự có mặt của Pb ở hàm lượng cao hơn so với các loại mẫu rượu khác có thể được giải thích có thể là do các mẫu rượu này là các mẫu rượu ngâm thực

vật, do quá trình pha chế tạo màu hoặc sử dụng các thiết bị có thể có chứa một hàm lượng chì nhất định sẽ dẫn tới sự tồn tại của Pb cao hơn so với các mẫu rượu khác.

Tất cả các mẫu đều có hàm lượng As nhỏ hơn $10\mu\text{g/L}$, ngoại trừ 1 mẫu rượu vang (E1) có hàm lượng As là $12,93\mu\text{g/L}$. Theo QCVN 6-3:2010/BYT và QCVN 8-2:2011/BYT thì không quy định hàm lượng As trong rượu vang. Tuy nhiên theo Quy định 46/2007/QĐ-BYT có quy định hàm lượng tối đa của một số kim loại nặng trong đồ uống có cồn, đối với As, Cd, Pb trong đồ uống có cồn không vượt quá 0,2; 1,0 và 0,5 mg/kg [5]. So sánh với các kim loại được phát hiện thì ta thấy rằng hàm lượng As được tìm thấy trong các mẫu rượu từ 0,06 mg/L tới $12,93\mu\text{g/L}$; hàm lượng Cd trong các mẫu rượu từ dưới giới hạn phát hiện tới $4,49\mu\text{g/L}$. Kết quả phân tích cho thấy rằng nồng độ kim loại trong tất cả mẫu rượu đều không vượt quá Quy định 46/2007/QĐ-BYT. Các nguyên tố vi lượng có thể gây hại khác như Cr, Cd, Ni cũng có hàm lượng thấp, tất cả các mẫu đều có hàm lượng Cd nhỏ hơn $10\mu\text{g/L}$, Cr và Ni đều nằm trong khoảng $10\mu\text{g/L} < \text{C} < 10\text{mg/L}$. Hàm lượng các kim loại này trong các mẫu rượu đều rất nhỏ, cỡ ppb nên có thể coi là không gây ảnh hưởng tới sức khỏe người uống. Mặt khác, các kim loại này cũng không được quy định trong các văn bản pháp luật tại Việt Nam hiện hành. Hình 3 cho thấy nồng độ của các kim loại được sắp xếp theo thứ tự tăng dần theo nồng độ

là $\text{Cd} < \text{Co} < \text{As} < \text{Ag} < \text{Pb} < \text{Cr} < \text{Ti} < \text{Ni} < \text{Mn}$. Nồng độ của Mn trong các mẫu rượu là cao nhất, dao động từ $< 0,026\text{ppb}$ đối với mẫu rượu trắng sản xuất trên dây chuyền sản xuất công nghiệp (B) đến $2717,66\text{ppb}$ đối với các mẫu rượu lên men thủ công (F). Hàm lượng của Mn cao đối với các loại rượu lên men thủ công có thể là do trong quá trình sản xuất rượu được chế biến trên các thiết bị đun, nấu hoặc chưng cất có chứa Mn dẫn đến lượng Mn trong rượu rất cao.

Như vậy, tất cả các mẫu rượu đều có hàm lượng các kim loại nằm trong khoảng cho phép của các nguyên tố vi lượng ($10\mu\text{g/L} < \text{C} < 10\text{mg/L}$), các nguyên tố có nguy cơ gây hại cho sức khỏe con người đều ở mức rất thấp so với quy định. Chúng ta biết rằng các kim loại nặng xuất hiện ở trong rượu có thể phát sinh từ các công đoạn trong quá trình sản xuất rượu thông qua một số nguồn nguyên liệu ban đầu [6]. Việc sử dụng các loại men khác nhau, các loại hình sản xuất cũng như các thiết bị sản xuất, đóng chai, lưu giữ/bảo quản và sự pha trộn/làm giả có thể là nguyên nhân dẫn tới sự xuất hiện của các kim loại ở trong rượu.

4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu này một phương pháp phân tích kim loại nặng đã được tiến hành để xác định các kim loại trong đồ uống có cồn (rượu sản xuất theo phương pháp thủ công, rượu sản xuất theo dây chuyền công nghiệp, rượu ngâm thực vật theo phương pháp thủ công, rượu ngâm thực vật trên dây chuyền công nghiệp, rượu vang Việt

Nam, rượu lên men thủ công (sử dụng trực tiếp) và rượu vodka nhập khẩu) bằng thiết bị ICP/MS. Giới hạn phát hiện dao động từ 0,006-0,567µg/L, hệ số hồi quy tuyến tính là $0.9998 \geq R \geq 0.9994$ đối với hầu hết các nguyên tố khẳng định rằng phương pháp nghiên cứu cho việc xác định lượng vết và siêu vết. Quy trình phân tích đã được áp dụng để xác định hàm lượng một số kim loại nặng trong một vài loại rượu được thu thập tại thành phố Hà Nội. Hiệu suất thu hồi của các kim loại trong nền mẫu rượu từ 67,4 đến 117,5%. Kết quả phân tích cho thấy không phát hiện được kim loại nặng (Pb) vượt quá so với Quy chuẩn cho phép của Bộ Y tế đối với kim loại nặng (Pb) là 200µg/L. Các kim loại nặng khác đều được phát hiện với nồng độ rất thấp và chưa được quy định giới hạn cho phép trong các văn bản pháp luật tại Việt Nam hiện hành.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ của đề tài nghiên cứu khoa học “Nghiên cứu xây dựng quy trình phân tích một số chất nguy hại trong rượu Việt Nam” (mã số VAST.CTG.05/15-16), Hợp phần 2 với nội dung nghiên cứu “Phát triển phương pháp nhận dạng chất độc trong thực phẩm” (Mã số VAST.TĐ.TP.02/16-18) thuộc dự án “Nghiên cứu xác định chất độc trong bảo quản và chế biến thực phẩm” (Mã số VAST.TĐ.16-18) do Viện Hàn lâm

Khoa học và Công nghệ Việt Nam phê duyệt và cấp kinh phí thực hiện.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. AOAC official method 2015.01. Heavy Metals in Food Inductively Coupled Plasma–Mass Spectrometry First Action (2015) <http://brooksapplied.com/wp-content/uploads/download/AOAC-Method-2015.01.pdf>
- [2]. Agilent Application note 5990-9971 EN https://www.agilent.com/cs/library/applications/5990-9971EN_AppNote_7700_Alcohol.pdf
- [3]. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia đối với các sản phẩm đồ uống có cồn, 6-3-2010/BYT. http://www.fsi.org.vn/van-ban-phap-ly/1020_2986/qcvn-6-32010byt-quy-chuan-ky-thuat-quoc-gia-doi-voi-cac-san-pham-do-uong-co-con.html
- [4]. Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia đối với giới hạn ô nhiễm kim loại nặng trong thực phẩm QCVN 8-2:2011/BYT. http://www.fsi.org.vn/pic/files/qcvn-8-2_2011-byt-gioi-han-o-nhiem-kim-loai-nang.pdf
- [5]. Quyết định 46/2007/QĐ-BYT quy định giới hạn tối đa ô nhiễm về sinh học và hóa học trong thực phẩm. <http://www.vinacert.vn/Uploads/image/tran-men/file/462007qdbyt.pdf>
- [6]. Pohl, P., 2007. What do metals tell us about wine? Trends in Analytical Chemistry 26 (9), 941-949.