



Nghiên cứu thôi nhiễm cadimi, chì và mangan từ bình gốm không tráng men vào nước dưa muối và nước tương

Release of Cadmium, Lead and Manganese from Unglazed Ceramic Food Containers to Pickled Mustard Greens Juice and Soy Sauce

Vũ Thúy Nga¹, Vũ Thị Ngọc Minh^{2,*}

¹*Viện Nghiên cứu Sành sứ Thủy tinh Công nghiệp, số 132, Nguyễn Tuân, Thanh Xuân, Hà Nội*

²*Viện Kỹ thuật Hóa học, Đại học Bách Khoa Hà Nội, số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội*

*Email: minh.vuthingoc@hust.edu.vn

ARTICLE INFO

Received: 11/01/2021

Accepted: 30/4/2021

Published: 30/6/2021

Keywords:

cadimi, chì, mangan, bình gốm, thực phẩm

cadmium, lead, manganese, ceramic containers, food

ABSTRACT

Leaching of toxic elements from containers to food can be a direct threat to human health, especially when they are used to hold highly corrosive foods over a long time. The concern of this study is the leaching of cadmium, lead and manganese from unglazed ceramic containers when holding two leachates, including pickled mustard greens juice and a soy sauce. The containers were randomly collected from four ceramic production facilities in Bat Trang - Hanoi, Nam Sach - Hai Duong, Tien Hai - Thai Binh and Thuan An - Binh Duong, where no standard was employed to control heavy metal contents in raw materials and products. The release of cadmium, lead and manganese from the containers to the leachates were analyzed at 24-hour intervals for six days for pickle juice and at two-month intervals for a year for soy sauce. The results showed that the concentrations of those elements increased non-linearly during the course of the study and increased more rapidly in the more acidic medium. The concentrations of cadmium, lead and manganese in the pickle juice (pH reduced from 4.1 to 2.9) after six days were 80.78, 140.10, and 150.11 ppb, and in the soy sauce (pH stable at 6.1) after twelve months were 11.32, 11.86 and 13.87 ppb, respectively. It suggests that further research on the long-term leaching of toxic elements from containers to highly acidic foods is needed to protect the health of consumers.

Giới thiệu chung

Trong cơ thể các sinh vật sống, bao gồm cả con người, thường có chứa một lượng nhất định các kim loại nặng với tỷ lệ rất nhỏ. Nhiều trong số chúng đóng vai trò thiết yếu đối với sinh vật sống. Ví dụ, sắt và đồng là các nguyên tố cần thiết để tạo máu, vàng có thể giúp

cải thiện lưu thông máu, kích thích các tế bào và dây thần kinh của cơ thể, và do đó làm tăng tốc độ trao đổi chất của tế bào da, crôm cần thiết cho quá trình chuyển hóa đường và chất béo. Tuy nhiên, với nồng độ lớn thì chúng gây ngộ độc và ảnh hưởng xấu đến sức khỏe, thậm chí tính mạng của con người. Đặc biệt, các nguyên tố như cadimi, chì, asen, berili, thủy ngân và bari không cho thấy bất kỳ chức năng có lợi nào đối

<https://doi.org/10.51316/jca.2021.060>

với con người [1,2]. Sự nhiễm độc các kim loại nặng có thể gây tổn thương ở các hệ tiêu hóa, tuần hoàn, thần kinh, nội tiết,... [3-6]. Việc hấp thu nhiều lượng nhỏ dài hạn sẽ khiến những kim loại này tích lũy thành lượng lớn trong cơ thể và nhiễm độc dần dần.

Con người tiếp xúc với kim loại qua các con đường phơi nhiễm khác nhau, phổ biến nhất là hít phải không khí bị ô nhiễm và ăn phải thực phẩm, nước và dược liệu chứa những kim loại này. Kim loại nặng đi vào thực phẩm từ nhiều nguồn, như nhiễm trực tiếp trong quá trình sản xuất, từ đất giàu kim loại, không khí hoặc nước bị ô nhiễm, hoặc do sử dụng thuốc trừ sâu hoặc phân bón. Thực phẩm cũng có thể bị ô nhiễm trong quá trình vận chuyển, chế biến công nghiệp hoặc trong quá trình bảo quản [7]. Đã có những báo cáo chỉ ra rằng một số dụng cụ nhà bếp dùng để chế biến thực phẩm có thể gây ra rủi ro đáng kể vì chúng được sản xuất từ nguyên liệu nhiễm kim loại độc hại [8,9].

Các đồ gốm không tráng men được sử dụng phổ biến để đựng và lưu trữ thực phẩm, đặc biệt là những món ăn cổ truyền như dưa muối và nước tương. Nếu không được kiểm soát, những vật chứa này có thể bị nhiễm kim loại nặng từ nguyên liệu và/hoặc nước trong quá trình sản xuất. Các kim loại nặng có thể bị rửa trôi hoặc ngấm sang thực phẩm trong quá trình sử dụng tùy thuộc vào các điều kiện tiếp xúc cũng như những đặc tính vật lý và hóa học của thực phẩm, như nhiệt độ và pH. Ở Việt Nam, Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia QCVN 12-4:2015-BYT quy định chi tiết nồng độ tối đa của chì và cadimi đối với bao bì, dụng cụ làm bằng thủy tinh, gốm, sứ và tráng men tiếp xúc trực tiếp với thực phẩm. Tuy nhiên, các cơ sở sản xuất chỉ kiểm soát thành phần hóa học của nguyên liệu đầu vào mà không áp dụng kiểm soát thời gian phơi nhiễm đối với sản phẩm đầu ra. Mặt khác, qua kiểm tra sơ bộ thành phần hóa học của các mẫu nghiên cứu đã thấy rằng hàm lượng mangan khá cao. Vì vậy, thời gian phơi nhiễm, chì và mangan cũng được quan tâm và đưa vào khảo sát.

Trong nội dung của bài báo, chúng tôi trình bày các kết quả thực nghiệm về sự phơi nhiễm cadimi, chì và mangan từ các bình gốm không tráng men vào nước dưa muối và nước tương tương ứng với thời gian bảo quản trung bình của hai loại thực phẩm truyền thống này trong thực tế. Các phép phân tích như nhiễu xạ tia X (XRD), phổ huỳnh quang tia X (XRF) và phổ hấp thụ nguyên tử (AAS) được sử dụng để thu nhận số liệu.

Thực nghiệm và phương pháp nghiên cứu

Các bình gốm hình trụ không tráng men có dung tích 5 lít được lấy ngẫu nhiên từ bốn cơ sở sản xuất tại Bát Tràng - Hà Nội, Nam Sách - Hải Dương, Tiền Hải - Thái Bình và Thuận An - Bình Dương. Vì lý do truyền thông, tên của các cơ sở sản xuất không được nêu rõ trong bài viết. Trước khi thí nghiệm, các bình gốm được rửa bằng nước rửa bát thông dụng, tráng bằng nước máy và hong khô, mô phỏng đúng theo cách sử dụng hàng ngày.

Ba bình gốm trong mỗi lô mẫu được đập và nghiền nhỏ để phân tích thành phần khoáng trên thiết bị nhiễu xạ tia X D2 Phaser của hãng Bruker (Đức), phân tích thành phần hóa học trên thiết bị huỳnh quang tia X S2 PUMA của hãng Bruker (Đức) và thiết bị đo quang phổ hấp thụ nguyên tử ZENIT 700P của hãng Analytik Jena (Đức). Kết quả báo cáo là trung bình của ba lần đo.

Hai loại thực phẩm được dùng làm dung dịch ngâm chiết là nước dưa cải bẹ muối có độ pH ban đầu bằng 4,1 và nước tương có độ pH ban đầu bằng 6,1. Mỗi loại được đổ vào ba bình gốm, bảo quản ở nhiệt độ 25 ± 5 °C. Thời gian ngâm chiết bằng thời gian bảo quản các thực phẩm này trong thực tế, đối với nước dưa muối là sáu ngày, đối với nước tương là một năm. Chu kỳ lấy mẫu đối với nước dưa muối là 24 giờ, đối với nước tương là một tháng. Tại thời điểm lấy mẫu, pH của các dung dịch được đo lại và 5 ml dung dịch được lấy từ mỗi bình chứa để phân tích.

Nồng độ của Cd, Mn và Pb trong các dung dịch được xác định bằng phương pháp đo quang phổ hấp thụ nguyên tử chế độ lò graphite (G-AAS) với các giới hạn phát hiện Cd 0,20 ppb; Mn 2,0 ppb và Pb 0,40 ppb. Dãy đường chuẩn được thiết lập ở các nồng độ 0; 1; 2; 5; 10 và 20 ppb. Trường hợp nồng độ nguyên tố lớn thì dung dịch được pha loãng đến giới hạn phát hiện được. Kết quả báo cáo là trung bình của ba lần đo. Đường xu hướng của các đồ thị được xây dựng bằng ứng dụng Microsoft Excel.

Kết quả và thảo luận

Đặc trưng hóa học và khoáng học của các mẫu sản phẩm gốm

Kiểm tra ban đầu cho thấy các mẫu gốm đều đáp ứng được Quy chuẩn Việt Nam QCVN 12-4:2015/BYT về vệ sinh an toàn thực phẩm đối với bao bì, dụng cụ làm bằng thủy tinh, gốm, sứ và tráng men tiếp xúc trực tiếp với thực phẩm.

Nhìn chung, thành phần hóa học của các mẫu gốm khá tương đồng (Bảng 1). Mẫu gốm Nam Sách có hàm

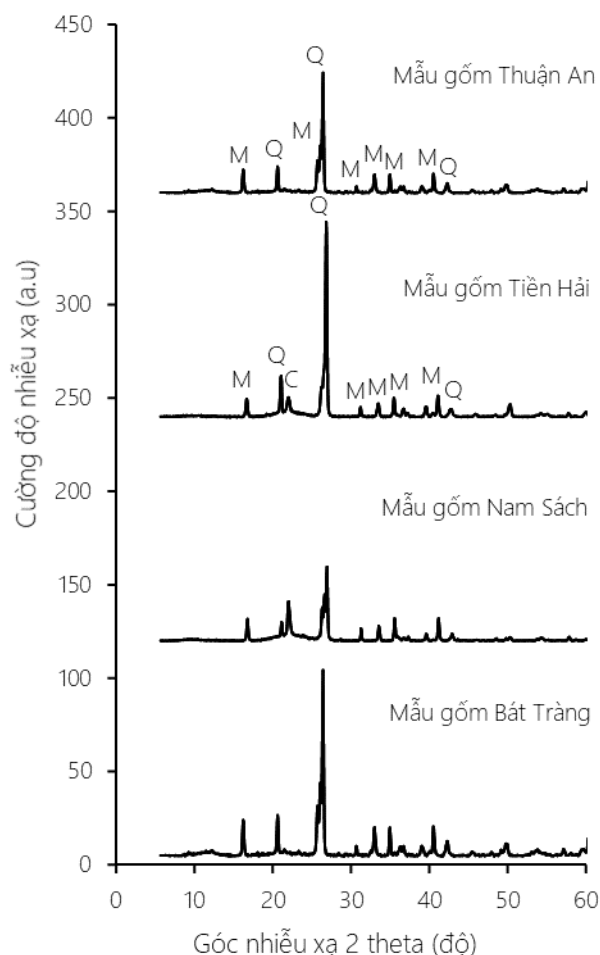
lượng Al_2O_3 thấp hơn so với các mẫu còn lại, hàm lượng Fe_2O_3 và MgO nhỉnh hơn so với các mẫu gốm Bát Tràng và Tiền Hải. Đây có thể là nguyên nhân khiến độ chịu lửa của mẫu gốm Nam Sách thấp hơn so với mẫu gốm Bát Tràng và Tiền Hải, dẫn đến pha lỏng được tạo ra nhiều hơn trong quá trình nung, hòa tan nhiều thạch anh trong nguyên liệu nên cực đại nhiễu xạ của quartz trên giản đồ XRD của mẫu gốm Nam Sách thấp hơn so với các mẫu gốm còn lại (Hình 1). Một khả năng khác có thể xét đến là phối liệu của mẫu gốm Nam Sách được nghiền mịn so với phối liệu của các mẫu gốm còn lại, khiến lượng thạch anh dư và tái kết tinh trong sản phẩm cuối cùng nhỏ hơn. Điều này cần được kiểm tra tại cơ sở sản xuất. Khả năng lượng quartz trong phối liệu Nam Sách nhỏ hơn có thể được loại trừ vì tỷ lệ khối lượng $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ cao nhất trong bốn mẫu gốm.

Bảng 1: Thành phần hóa học của các mẫu gốm.

Chỉ tiêu	Thành phần hóa học				Đơn vị
	Mẫu gốm Bát Tràng	Mẫu gốm Nam Sách	Mẫu gốm Tiền Hải	Mẫu gốm Thuận An	
SiO_2	65,15	66,29	66,42	65,15	%
Al_2O_3	28,32	26,14	26,48	27,42	%
Fe_2O_3	0,75	0,82	0,77	0,95	%
TiO_2	0,03	0,07	0,08	0,06	%
CaO	1,85	1,85	1,85	1,85	%
MgO	0,99	1,24	0,96	1,32	%
K_2O	1,93	1,78	1,92	1,87	%
NaO	0,67	0,67	0,67	0,67	%
ZnO	0,01	0,01	0,01	0,01	%
MnO	0,11	0,08	0,09	0,15	%
Cr_2O_3	0,01	0,02	0,03	0,02	%
CuO	0,01	0,02	0,01	0,02	%
ZrO_2	0,01	0,01	0,01	0,01	%
Pb	569,61	586,32	685,53	757,99	mg/kg
Cd	422,43	492,8	562,82	571,39	mg/kg

Hàm lượng cadimi, chì và mangan trong các mẫu gốm đều thể hiện hai quy luật rất rõ nét. Thứ nhất, hàm lượng chì bằng khoảng 1,2 đến 1,3 hàm lượng cadimi ở tất cả các mẫu. Thứ hai, hàm lượng cadimi và chì ở mẫu gốm Bát Tràng là thấp nhất, cao hơn ở mẫu gốm Nam Sách, sau đó đến mẫu gốm Tiền Hải, và cao nhất ở mẫu gốm Thuận An.

Về thành phần khoáng học, ngoài pha thủy tinh (vô định hình), hai pha tinh thể nổi bật nhất của các mẫu gốm là quartz (SiO_2) và mullite ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$). Cá biệt, pha cristoballite (SiO_2) xuất hiện trên các mẫu gốm Nam Sách và Tiền Hải. Bốn pha này đều là các pha cơ bản và đặc trưng của gốm sứ dân dụng.



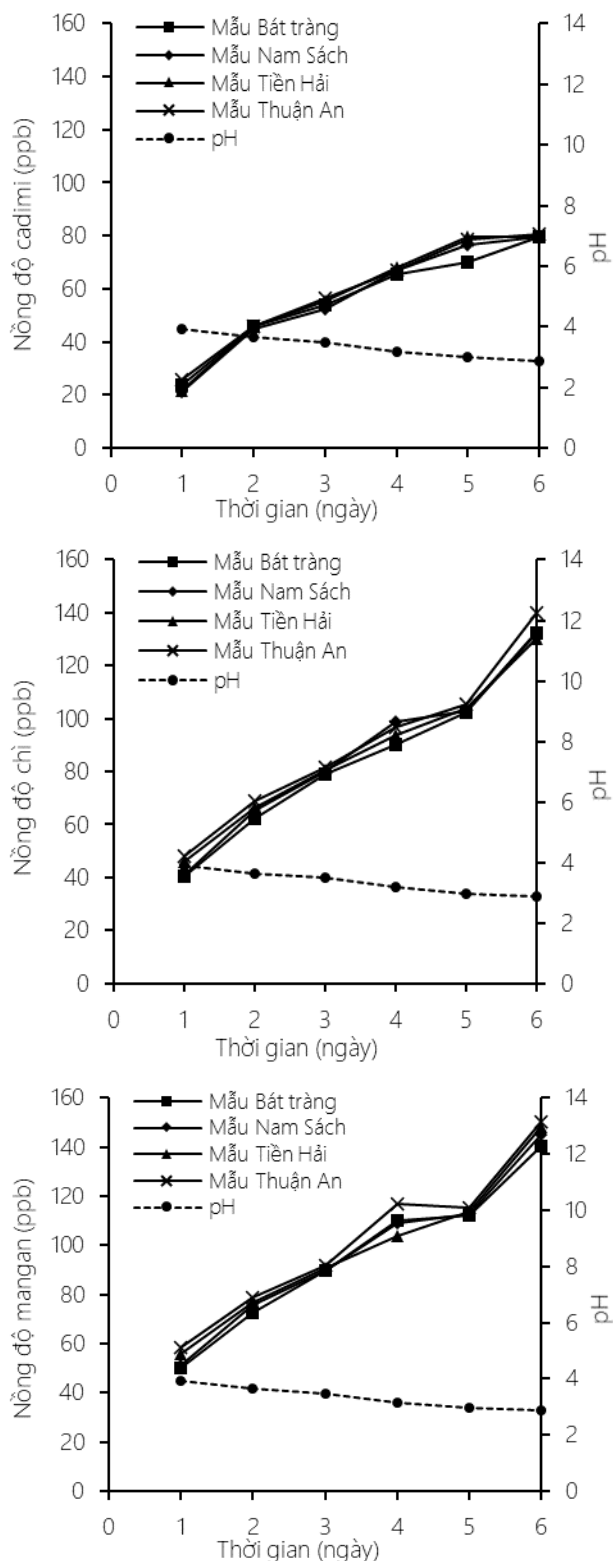
Hình 1: Giản đồ nhiễu tia X của các mẫu gốm.
M: mullite, Q: quartz, C: cristoballite.

Thôi nhiễm cadimi, chì và mangan vào nước dưa cải bẹ muối

Hình 2 cho thấy Cd, Pb và Mn trong các mẫu gốm liên tục bị rửa trôi vào nước dưa muối trong sáu ngày nhưng có sự khác biệt về quy luật. Nhìn chung, nồng độ Cd tăng theo phương trình bậc hai còn nồng độ Pb và Mn tăng tuyến tính (Bảng 2). Bên cạnh đó, mức độ thôi nhiễm từ mẫu gốm Thuận An đạt giá trị lớn nhất.

Hệ số R^2 của các phương trình bậc hai thể hiện xu thế thay đổi nồng độ của Cd đạt 0,98 – 0,99 chứng tỏ sự phù hợp tốt giữa các phương trình với số liệu thực nghiệm. Ở ngày thứ sáu, nồng độ cadimi của các dung dịch đều ở ngưỡng 80 – 81 ppb. Trừ trường hợp mẫu gốm Bát Tràng, tốc độ tăng nồng độ Cd ở ba mẫu còn

lại bắt đầu giảm ở những ngày cuối nên không có sự khác biệt lớn về nồng độ giữa ngày thứ năm và ngày thứ sáu. Ở mẫu gồm Bát Tràng, tốc độ tăng nồng độ Cd giữ ổn định trước và sau ngày thứ năm, thể hiện Cd vẫn đang có xu hướng tiếp tục bị rửa trôi.



Hình 2: Nồng độ cadimi, chì và mangan trong nước dưa muối

Bảng 2: Phương trình thể hiện xu thế biến đổi của pH và nồng độ của các nguyên tố Cd, Pb và Mn trong dung dịch nước dưa muối.

Mẫu	Phương trình	R ²
Cd		
Bát Tràng	$y = -1,38x^2 + 20,09x + 6,97$	0,98
Nam Sách	$y = -1,70x^2 + 23,40x + 0,81$	0,99
Tiền Hải	$y = -2,00x^2 + 25,51x - 0,62$	0,99
Thuận An	$y = -1,50x^2 + 21,43x + 6,79$	0,99
Pb		
Bát Tràng	$y = 16,96x + 25,07$	0,98
Nam Sách	$y = 16,81x + 27,89$	0,97
Tiền Hải	$y = 15,59x + 32,32$	0,98
Thuận An	$y = 16,70x + 31,72$	0,96
Mn		
Bát Tràng	$y = 16,87x + 36,82$	0,97
Nam Sách	$y = 17,11x + 37,43$	0,97
Tiền Hải	$y = 16,71x + 39,66$	0,96
Thuận An	$y = 16,97x + 42,51$	0,96
pH	$y = -0,22x + 4,09$	0,99

Điểm gãy tại ngày thứ năm trên các đồ thị thể hiện sự thay đổi nồng độ của Pb và Mn làm giảm tính tuyến tính, vì vậy hệ số R² của các phương trình tuyến tính chỉ đạt 0,96 – 0,97 trong một số trường hợp. Sự tăng tốc sau ngày thứ năm có thể được giải thích bằng sự giảm liên tục của pH của dung dịch, từ 3,9 xuống 2,9. pH giảm là do các vi khuẩn trong nước dưa muối vẫn tiếp tục hoạt động trong quá trình ngâm chiết, làm tăng nồng độ axit lactic.

Ở ngày thứ sáu, nồng độ Pb và Mn cao gần gấp đôi so với Cd. Nồng độ Pb của các mẫu gồm Bát Tràng, Nam Sách, Tiền Hải và Thuận An lần lượt là 133, 133, 130 và 140 ppb, còn nồng độ Mn tương ứng là 140, 145, 148 và 150 ppb. Nồng độ Cd giữ ổn định sau ngày thứ năm trong khi nồng độ Pb và Mn vẫn tiếp tục tăng, chứng tỏ Cd đã đạt giới hạn hòa tan. Để kiểm chứng điều này cần tiến hành ngâm chiết trong thời gian dài hơn. So với nồng độ Cd trong dịch ngâm chiết ở ngày thứ sáu, nồng độ Pb bằng khoảng 1,6 đến 1,7 lần, còn nồng độ Mn bằng 1,8 đến 1,9 lần ở tất cả các mẫu.

Thôi nhiễm cadimi, chì và mangan vào nước tương

Khi tiếp xúc với nước tương, tốc độ thôi nhiễm Cd, Pb và Mn rất thấp, nồng độ của mỗi nguyên tố không

vượt quá 14 ppb ở tất cả các mẫu nghiên cứu. Nguyên nhân có thể là do nước tương có không có tính axit mạnh và pH không giảm theo thời gian như ở nước dưa muối mà ổn định ở giá trị 6,1 (Hình 3).

Xét về quy luật, sự phụ thuộc của nồng độ chì trong nước tương vào thời gian có thể được biểu diễn bằng các đường tuyến tính với hệ số R^2 từ 0,98 đến 0,99. Đặc biệt, góc nghiêng của các đường thẳng khá gần nhau, dao động từ 0,82 đến 0,88, thấp hơn ở các mẫu gồm Bát Tràng và Nam Sách, cao hơn ở các mẫu gồm Tiền Hải và Thái Bình. Ở cả hai trường hợp, trong nước dưa muối và trong nước tương, hầu như không tìm thấy sự ảnh hưởng của hàm lượng Pb trong mẫu gồm ban đầu đến tốc độ thôi nhiễm. Nồng độ Pb trong dịch chiết ở tháng cuối cùng gần bằng nhau, nằm trong khoảng từ 11,20 đến 11,86 ppb.

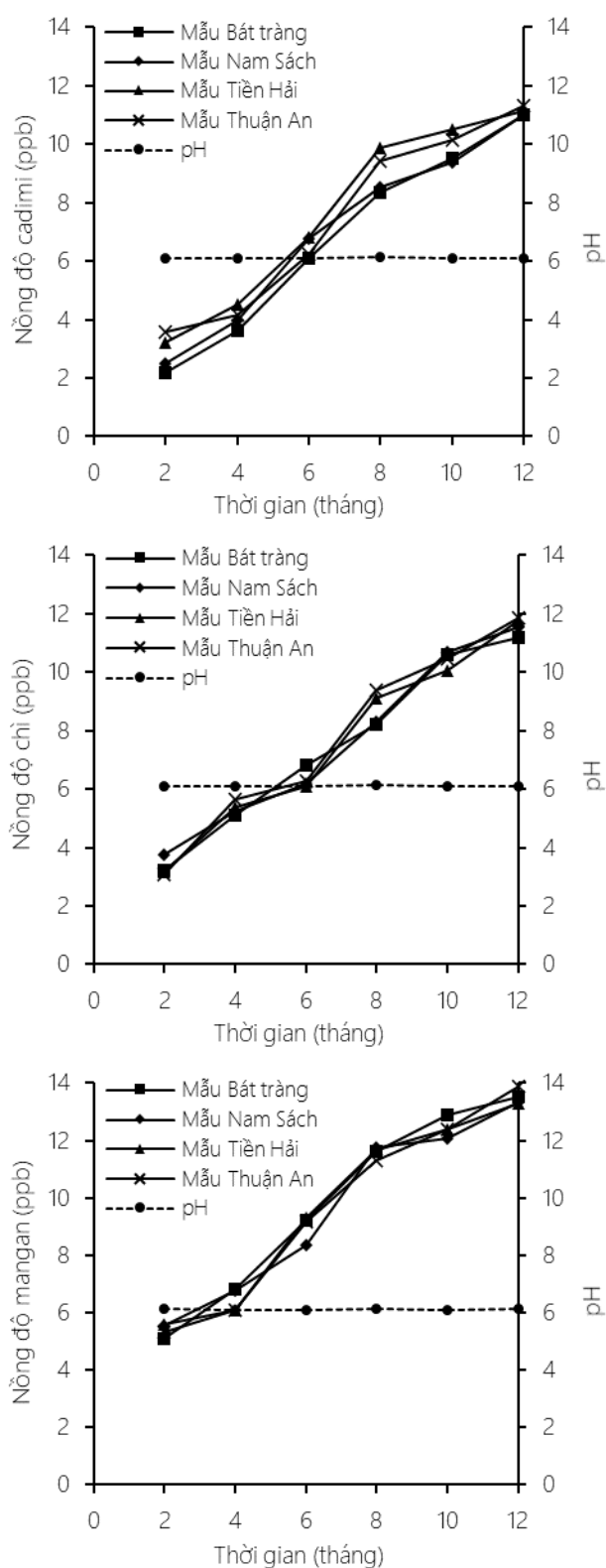
Từ nồng độ cadimi trong các dịch chiết có thể thấy rằng mẫu gồm có hàm lượng Cd cao hơn thì thôi nhiễm nhiều Cd hơn ở tháng thứ hai. Tuy nhiên, quy luật này không còn đúng ở những chu kỳ sau. Nồng độ Cd trong nước tương đựng trong bình gồm Bát Tràng và Nam Sách tăng theo quy luật tuyến tính, với R^2 tương ứng bằng 0,99 và 0,98. Ở những bình gồm còn lại, tốc độ thôi nhiễm Cd chậm lại từ tháng thứ tám. Vì vậy khi áp dụng xu hướng tuyến tính vào đồ thị của các mẫu Tiền Hải và Nam Sách thì R^2 chỉ đạt tương ứng 0,95 và 0,96. Nếu áp dụng xu hướng bậc hai vào đồ thị của mẫu gồm Tiền Hải thì R^2 tăng đến 0,97. Nồng độ Cd trong dịch chiết ở tháng cuối cùng gần bằng nhau, nằm trong khoảng từ 11,00 đến 11,31 ppb. Như vậy, ở tháng thứ mười hai, nồng độ Cd gần bằng nồng độ Pb trong dịch chiết ở tất cả các mẫu.

Mangan thôi nhiễm nhanh hơn so với cadimi và chì. Ngay ở tháng thứ hai, nồng độ mangan trong dịch chiết đã đạt trên 5 ppb trong khi cadimi và chì không vượt quá 4 ppb. Ở tháng cuối cùng, nồng độ Mn đạt trên 13 ppb trong khi cadimi và chì không vượt quá 12 ppb. Mặc dù vậy, mức chênh lệch này không phải là rất lớn.

Xét về quy luật, khi áp dụng xu hướng tuyến tính vào các đồ thị thì giá trị hệ số R^2 của các mẫu gồm Bát Tràng, Nam Sách, Tiền Hải và Thuận An lần lượt là 0,97; 0,96; 0,94 và 0,97. Nếu áp dụng xu hướng bậc ba vào đồ thị của các mẫu gồm Nam Sách và Tiền Hải thì R^2 cùng tăng lên 0,98. Trên đồ thị cũng cho thấy tốc độ thôi nhiễm mangan từ các mẫu gồm này bắt đầu giảm ở tháng thứ tám.

Như vậy, yếu tố môi trường, cụ thể ở đây là pH của dịch chiết, có tác động rất lớn tới tốc độ và mức độ thôi nhiễm cadimi, chì và mangan. Chỉ sau một ngày,

nồng độ các nguyên tố này trong nước dưa muối với độ pH ban đầu bằng 4,1 đạt từ gấp hai đến gần bốn lần nồng độ của chúng trong nước tương với độ pH bằng 6,1 sau một năm.



Hình 3: Nồng độ cadimi, chì và mangan trong nước tương

Sự khác biệt về tốc độ thôi nhiễm của cùng kim loại ở các mẫu gốm có thể do nhiều nguyên nhân. Thứ nhất là do sự chênh lệch nồng độ cadimi, chì và mangan trong các mẫu gốm ban đầu. Thứ hai, kỹ thuật sản xuất ở mỗi cơ sở sản xuất có thể mang đến những đặc thù riêng cho từng sản phẩm, bao gồm thành phần pha như đã thể hiện trên Hình 1, độ nhám bề mặt và mức độ sít chặt về cấu trúc. Mỗi trong những đặc điểm này đều có thể ảnh hưởng đến tốc độ thôi nhiễm. Sự ảnh hưởng tổng hợp của các yếu tố sẽ khiến biểu hiện của quá trình thôi nhiễm trở nên khó dự đoán hơn.

Nghiên cứu này chưa xét đến ảnh hưởng của nhiệt độ đến tốc độ thôi nhiễm, nhất là với đồ gốm dùng để đun nấu. Đây là một yếu tố môi trường rất đáng được quan tâm, và đặc biệt đáng quan tâm hơn khi kết hợp nhiệt độ đun nấu với thực phẩm chua có pH thấp.

Bảng 3: Phương trình thể hiện xu thế biến đổi nồng độ của các nguyên tố Cd, Pb và Mn trong dung dịch nước tương.

Mẫu	Phương trình	R ²
Cd		
Bát Tràng	$y = 0,91x + 0,40$	0,99
Nam Sách	$y = 0,86x + 1,00$	0,98
Tiền Hải	$y = -0,05x^2 + 1,50x - 0,06$	0,97
Thuận An	$y = 0,86x + 1,49$	0,96
Pb		
Bát Tràng	$y = 0,83x + 1,73$	0,99
Nam Sách	$y = 0,82x + 1,86$	0,98
Tiền Hải	$y = 0,86x + 1,59$	0,98
Thuận An	$y = 0,88x + 1,64$	0,98
Mn		
Bát Tràng	$y = 0,89x + 3,59$	0,97
Nam Sách	$y = -0,01x^3 + 0,27x^2 - 0,61x + 5,76$	0,98
Tiền Hải	$y = -0,02x^3 + 0,33x^2 - 0,85x + 5,92$	0,98
Thuận An	$y = 0,91x + 3,31$	0,97

Kết luận

Thôi nhiễm cadimi, chì và mangan từ bình gốm không tráng men vào thực phẩm dạng lỏng phụ thuộc rất lớn vào tính axit của môi trường. Trong môi trường nước tương với độ pH bằng 6,1, cả ba nguyên tố đều thôi nhiễm với tốc độ thấp, thậm chí tổng lượng thôi nhiễm sau một năm không vượt quá 14 ppb, chưa bằng một nửa lượng thôi nhiễm sau một ngày trong môi trường nước dưa muối với độ pH ban đầu bằng 4,1. Trong nước tương, mức độ thôi nhiễm của Cd và Pb gần bằng nhau và gần bằng 11 ppb sau một năm, hơi thấp hơn mức độ thôi nhiễm của Mn. Trong môi trường nước dưa muối, Pb và Mn thôi nhiễm nhanh hơn và nhiều hơn so với Cd. Ở ngày ngâm chiết thứ sáu, nồng độ Pb gấp 1,6 đến 1,7 lần và nồng độ Mn gấp 1,8 đến 1,9 lần so với nồng độ Cd. Nghiên cứu sâu hơn về ảnh hưởng kết hợp của nhiệt độ và pH đến mức độ thôi nhiễm các nguyên tố độc hại từ sản phẩm gốm dùng để đun nấu là cần thiết để tìm ra giới hạn thôi nhiễm nhằm có cơ sở để xây dựng các biện pháp kiểm soát thích hợp để bảo vệ người tiêu dùng.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Công Thương thông qua đề tài nghiên cứu khoa học mã số ĐTKHCN.NSCL.042/20, thuộc Dự án “Nâng cao năng suất và chất lượng sản phẩm hàng hóa ngành công nghiệp”. Nhóm nghiên cứu xin trân trọng cảm ơn.

Tài liệu tham khảo

1. L.W. Chang, L. Magos, T. Suzuki, Toxicology of metals, Taylor & Francis US, 1996.
2. A. Abou-Arab, M. Abou Donia, J. Agric. Food Chem. 48(2000) 2300-2304. <https://doi.org/10.1021/jf990508p>
3. A. Schütz, M. Olsson, A. Jensen, L. Gerhardsson, J. Börjesson, S. Mattsson, S. Skerfving, Int. Arch. Occup. Environ. Health 78(2005) 35-43. <https://doi.org/10.1007/s00420-004-0559-5>
4. T.W. Lepper, E. Oliveira, G.D.W. Koch, D.B. Berlese, L.R. Feksa, Toxicol In Vitro. 24(2010) 1045-1051. <https://doi.org/10.1016/j.tiv.2009.11.012>
5. G.W. Buchko, N.J. Hess, M.A. Kennedy, Carcinogenesis 21(2000) 1051-1057. <https://doi.org/10.1093/carcin/21.5.1051>
6. C.L. Keen, J.L. Ensunsa, M.S. Clegg, Metal Ions in Biological Systems, CRC Press, 2000 89.
7. B.L. Gulson, K.J. Mizon, M.J. Korsch, D. Howarth, Sci. Total Environ. 181(1996) 223-230. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(95\)05015-9](https://doi.org/10.1016/0048-9697(95)05015-9)

8. D. Wallace, D. Kalman, T. Bird, *Sci. Total Environ.* 44(1985) 289-292. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(85\)90101-9](https://doi.org/10.1016/0048-9697(85)90101-9)
9. A.I. Seldén, B.E. Bergström, L.-G. Gunnarsson, *Int. J. Hyg. Environ. Health* 211(2008) 587-590. <https://doi.org/10.1016/j.jjheh.2007.11.003>