

Mức độ ô nhiễm Bisphenol A trong nước mặt của hệ thống sông hồ thuộc trung tâm thành phố Hà Nội

Nguyễn Thúy Ngọc^{1,2*}, Trương Thị Kim^{1,2}, Phan Thị Lan Anh², Phùng Thị Vĩ²

¹Trung tâm Nghiên cứu Công nghệ Môi trường và Phát triển bền vững (CETASD), Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

²Phòng Thí nghiệm Trọng điểm Công nghệ phân tích phục vụ kiểm định môi trường và an toàn thực phẩm (KLATEFOS), Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

Ngày nhận bài 6/9/2021; ngày chuyển phân biện 10/9/2021; ngày nhận phân biện 7/10/2021; ngày chấp nhận đăng 13/10/2021

Tóm tắt:

Bisphenol A [4,4'-(propane-2,2-diyl)diphenol, BPA] là tiền chất để tổng hợp nhựa cacbonat và epoxy đang được sử dụng rộng rãi trên thế giới nhờ ứng dụng phổ biến trong cuộc sống. BPA được xếp vào các chất gây rối loạn nội tiết và ảnh hưởng xấu tới sức khỏe con người. Ngoài một lượng nhỏ BPA tồn lưu trong các loại nhựa và chính các sản phẩm đó sau khi sử dụng, thải loại sẽ bị bể gãy phân tử polymer làm cho BPA có khả năng đi vào môi trường sống. Để đánh giá sự có mặt của BPA trong môi trường nước mặt tại Hà Nội, nhóm nghiên cứu đã thu thập và phân tích mẫu nước của một số sông hồ tại trung tâm thành phố. Nồng độ trung bình của BPA trong 45 mẫu nước tại các sông hồ là 76,8 ng/l, nằm trong khoảng 6,6-284 ng/l. BPA ghi nhận với nồng độ cao nhất ở xung quanh Nhà máy xử lý nước thải Yên Sở (177 ng/l), tiếp đến là hồ Yên Sở (86,9 ng/l), các sông Tô Lịch, Nhuệ (~80 ng/l), Lừ, Sét, Kim Ngưu (~60 ng/l) và thấp nhất tại hồ Tây (20,1 ng/l). Nồng độ BPA được ghi nhận thấp hơn nhiều lần khi so sánh với giá trị không gây ảnh hưởng (PNEC) tới sinh vật thủy sinh theo quy định của Ủy ban châu Âu.

Từ khóa: Bisphenol A, Hà Nội, hồ, nước mặt, sông.

Chỉ số phân loại: 1.5

Mở đầu

Nhựa cacbonat và epoxy đang được sử dụng rộng rãi trên thế giới nhờ ứng dụng trong nhiều lĩnh vực. Nhựa cacbonat là loại polymer bền nhiệt, bền tác nhân môi trường và có tính chất cơ lý cao như nhẹ, đàn hồi, dễ lắp ráp, được sử dụng nhiều trong các đồ dùng sinh hoạt như vỏ điện thoại, máy tính, đĩa CD, dụng cụ thể thao, vật liệu cách điện cách nhiệt, chống cháy... [1]. Thêm nữa, nhờ có khả năng cho ánh sáng truyền qua tốt, nên nhựa cacbonat được thay thế kính trong xây dựng, làm tấm lợp lấy sáng, đồ trang trí... Nhựa epoxy được sản xuất trên quy mô công nghiệp từ năm 1947 với ứng dụng quan trọng là keo dán kỹ thuật và tạo màng sơn với ưu điểm có khả năng bám dính cao, độ dai chắc, chịu mài mòn, chịu dung môi hóa chất tốt. BPA là tiền chất được sử dụng để sản xuất hai loại nhựa phổ biến nêu trên [1]. BPA cũng từng được sử dụng trong vật liệu làm lớp lót cho hầu hết các thức ăn và đồ uống đóng hộp (hộp sữa công thức dạng lỏng dành cho trẻ sơ sinh). Lớp lót này có đặc điểm cứng, nhẹ, bền, giữ cho các hộp thức ăn và đồ uống khỏi bị rỉ sét, kéo dài thời hạn sử dụng của các sản phẩm đóng hộp [2, 3].

BPA đã được biết đến là chất có hại cho sức khỏe con

người. Từ năm 2002, Hiệp hội an toàn lương thực châu Âu (EFSA) đã đưa ra các đánh giá đầu tiên về tác hại của BPA trên chuột [3]. Các ảnh hưởng sức khỏe của BPA gây ra những thay đổi trong quá trình phát triển hệ thần kinh, tiền liệt tuyến ở phôi thai, trẻ sơ sinh và trẻ con. Sự tiếp xúc với BPA có thể ảnh hưởng tới thay đổi trong phát triển hành vi, chẳng hạn như tăng động; thêm vào đó nhiều nghiên cứu cho thấy mối liên hệ giữa BPA và bệnh tăng huyết áp, tiểu đường tuýp 2 và bệnh tim mạch [4]. BPA được xếp vào những chất gây rối loạn nội tiết tố [4-6]. BPA đang được thay thế bởi các hợp chất kém độc hơn và bị cấm có trong các chai nhựa, dụng cụ đựng đồ ăn, đồ uống và đặc biệt không được có trong chai đựng sữa của trẻ em [7].

Hai loại nhựa cacbonat và epoxy được sử dụng rộng rãi trong cuộc sống nên một lượng nhỏ BPA sẽ tồn lưu trong các loại nhựa này. Nguy hiểm hơn, chính các sản phẩm đó sau khi sử dụng, thải loại sẽ bị bể gãy phân tử polymer, làm cho BPA có khả năng đi vào môi trường sống, đặc biệt là môi trường nước và nước ngầm [7]. Để đánh giá sự có mặt của BPA trong nước mặt tại Hà Nội, chúng tôi đã thu thập và phân tích mẫu nước của các sông Nhuệ, Tô Lịch, Lừ, Sét, Kim Ngưu đoạn đi qua trung tâm Hà Nội và các hồ Tây, Yên

*Tác giả liên hệ: Email: ngthngoc@yahoo.com

Contamination level of Bisphenol A in surface water from urban rivers and lakes of Hanoi city

Thuy Ngoc Nguyen^{1,2*}, Thi Kim Truong^{1,2},
Thi Lan Anh Phan², Thi Vi Phung²

¹Research Centre for Environmental Technology
and Sustainable Development (CETASD), University of Science,
Vietnam National University, Hanoi

²Key Laboratory of Analytical Technology for Environmental Quality
and Food Safety Control (KLATEFOS), University of Science,
Vietnam National University, Hanoi

Received 6 September 2021; accepted 13 October 2021

Abstract:

Bisphenol A (BPA) is a precursor chemical to produce polycarbonate plastics and epoxy resins that have been widely used in the world with many essential daily applications. BPA is considered one of the endocrine-disrupting chemicals in animals, which causes harmful effects on health. Besides, BPA originates from resins and consumer products after use has been released into the environment. To assess the contamination level of BPA in surface water, this study collected and analysed water samples from rivers and lakes in the centre of Hanoi. The average concentration of BPA in 45 surface water samples was 76.8 ng/l (6.6–284 ng/l). The highest concentration of BPA was found at the surrounding area of the wastewater treatment plant in Yen So (177 ng/l), followed by the Yen So lake (86.9 ng/l), To Lich and Nhuê rivers (~80 ng/l), Lu, Set, Kim Nguu rivers (~60 ng/l) and the lowest level in West Lake (20.1 ng/l). The BPA levels in surface water were much lower than the predicted no-effect concentration (PNEC) which is used to assess the environmental risk to protect the aquatic organism from the European Union.

Keywords: Bisphenol A, Hanoi, lake, river, surface water.

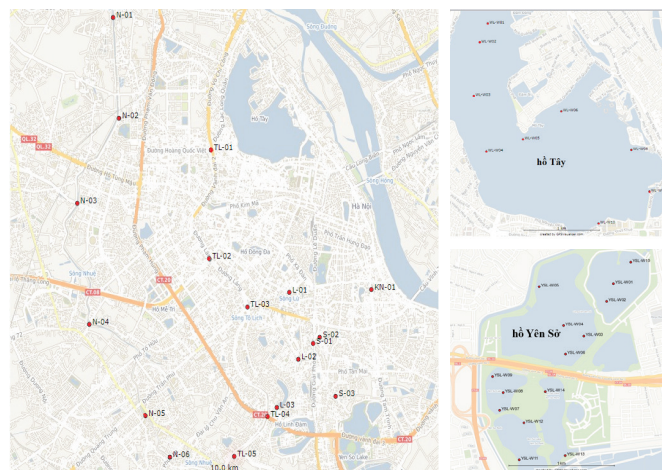
Classification number: 1.5

Sở. BPA trong mẫu nước được chiết pha rắn sử dụng cột pha đảo và phân tích trên thiết bị LC-MSMS. Kết quả phân tích sẽ được sử dụng để đánh giá mức độ ảnh hưởng của BPA tới các sinh vật thủy sinh của các sông, hồ này thông qua nồng độ dự đoán NPEC đối với BPA.

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Thu thập mẫu nước

18 mẫu nước mặt được lấy tại các sông Nhuê (đoạn chảy qua trung tâm Hà Nội), Tô Lịch, Lừ, Sét và Kim Ngưu; 9 mẫu nước được lấy tại hồ Tây và 14 mẫu nước tại hồ Yên Sở; cùng với 4 mẫu nước được thu thập xung quanh Nhà máy xử lý nước thải Yên Sở trong năm 2020. Các mẫu nước được lấy bằng gầu lấy mẫu ở độ sâu 0–30 cm. Mẫu nước được bảo quản ở 4°C sau khi lấy mẫu và tại phòng thí nghiệm. Các điểm lấy mẫu được thể hiện ở hình 1.



Hình 1. Vị trí lấy mẫu nước tại các sông, hồ trên địa bàn thành phố Hà Nội.

Hóa chất

Chất chuẩn BPA của hãng TCI (Nhật Bản) được pha trong dung môi metanol loại HPLC của hãng Merck (Đức). Các dung môi etyl axetat, H_2SO_4 , dung dịch NH_4OH tiêu chuẩn phân tích (pa) của hãng Merck (Đức). Cột chiết pha rắn Lichrolut PR-18 với 500 mg chất hấp phụ và thể tích cột 3 ml (Merck, Đức). Màng lọc thủy tinh Whatman GF/F 0,45 μm và màng nylon 0,2 μm của hãng Vertical được sử dụng để lọc mẫu trước khi xử lý và trước khi bơm mẫu vào thiết bị phân tích.

Phân tích

Mẫu nước được xử lý theo quy trình dựa trên công bố của Li và cs (2010) [8] có sự điều chỉnh, được tóm tắt như sau: 500 ml nước được lọc qua màng lọc thủy tinh Whatman GF/F để loại các cặn lơ lửng. Mẫu nước được chỉnh pH về 3 bằng dung dịch H_2SO_4 4 M và thêm 50 ml methanol, sau đó cho qua cột C18 đã được hoạt hóa (với methanol và nước)

với tốc độ khoảng 10 ml/phút. Cột chiết chứa chất phân tích tiếp theo được làm khô bằng bơm hút chân không. Chất phân tích được rửa giải bằng 8 ml etyl axetat. Dung dịch rửa giải được cô về 1 ml và lọc qua màng lọc nylon 0,2 μ m trước khi BPA được phân tích trên thiết bị sắc ký lỏng với 2 lần khối phổ, Nexera LC- MS/MS 8040, Shimadzu. Thiết bị sắc ký lỏng sử dụng cột pha đảo C18 (2,1x150 mm, 2,7 μ m) của Hãng Phenomenex ghép nối với cột bảo vệ C18 (2,1x20 mm, 5 μ m) của Agilent. Các điều kiện vận hành thiết bị cụ thể như sau: nhiệt độ lò cột 40°C; pha động metanol và nước Mili-Q chứa 1% dung dịch đệm NH_4OH được chạy theo chương trình gradient dung môi; chế độ ion hóa phun điện từ ion âm ESI(-) với tốc độ khí phun sương 3 l N_2 /phút và khí làm khô ở tốc độ 15 l N_2 /phút; khí Ar được sử dụng làm khí ion hóa học (CE) phân mảnh ion mẹ (m/z 226,95) thành các ion thứ cấp được cung cấp tại áp suất 230 kPa. Thề và mảnh phổ của ion thứ cấp của BPA được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Các thông số khối phổ phân tích BPA.

Ion mẹ (precursor) (m/z)	Ion con (product ion) (m/z)	Thế Q1 (V)	Thế CE (V)	Thế Q3 (V)
226,95	211,95*	16,0	17,0	19,0
226,95	132,90	16,0	25,0	21,0
226,95	210,95	15,0	29,0	19,0

*: mảnh ion định lượng.

Đường chuẩn BPA được lập trong khoảng nồng độ 1-200 ng/ml, với 7 điểm có hệ số tuyến tính của đường chuẩn $R^2 > 0,995$. Phân tích mẫu trắng và thu hồi luôn được thực hiện cùng một mẻ mẫu. Giới hạn định lượng của BPA trên nền mẫu nước sông là 4 ng/l. Số liệu nồng độ BPA của các sông hồ Hà Nội được phân tích bằng phần mềm thống kê SPSS Statistic, IBM.

Kết quả và thảo luận

Nồng độ BPA trong nước hồ Tây và Yên Sở

Nồng độ trung bình BPA trong nước hồ Tây tìm thấy là $20,1 \pm 10,6$ ng/l (khoảng nồng độ 6,6-38,2 ng/l), còn giá trị trung bình trong nước hồ Yên Sở cao hơn 4 lần là $86,9 \pm 61,2$ ng/l (32,8-272 ng/l) (bảng 2). Kết quả này cho thấy, hồ Yên Sở có tiềm năng ô nhiễm các chất hữu cơ như BPA cao hơn hồ Tây do hồ này nằm ở phía nam thành phố, nơi cuối nguồn của các sông thoát nước trong nội đô Hà Nội (Tô Lịch, Lừ, Sét và Kim Ngưu). Nước của các sông này mang theo nước mưa, nước thải sinh hoạt chưa xử lý, một phần sẽ được dẫn vào Nhà máy xử lý nước thải Yên Sở và một phần sẽ được dẫn trực tiếp vào hồ Yên Sở. Thêm vào đó, nước thải sau xử lý của Nhà máy xử lý nước thải Yên Sở sẽ chảy vào hồ. Nước đã xử lý của Nhà máy được thu thập tại một số điểm xung quanh nhà máy đã phát hiện thấy BPA cao hơn (trung bình 177 ng/l) gấp 2 lần so với BPA trong nước hồ Yên Sở. Như vậy, nước đã xử lý của Nhà máy xử lý nước

thải sinh hoạt là nguồn chứa chất ô nhiễm BPA có thể xuất phát từ nước thải đầu vào hoặc phát sinh chính trong quá trình xử lý.

Bảng 2. Kết quả nồng độ BPA (ng/l) tìm thấy trong các mẫu nước hồ.

Địa điểm	Số mẫu (n)	Trung bình (ng/l)	Độ lệch chuẩn (ng/l)	Giá trị lớn nhất (ng/l)	Giá trị nhỏ nhất (ng/l)
Hồ Tây	9	20,1	10,6	38,2	6,6
Hồ Yên Sở	14	86,9	61,2	272	32,8
Xung quanh Nhà máy xử lý nước thải Yên Sở	4	177	73,9	284	124

Nồng độ BPA trong nước tại hồ Yên Sở và xung quanh hồ gần tương đồng với nồng độ BPA trung bình 157,07 ng/l trong hồ Thái Hồ, Trung Quốc [9]. BPA trong hồ Tây của Việt Nam tương đương với nồng độ BPA trong hồ Tây, Vũ Hán, Trung Quốc [10] nồng độ BPA trong khoảng không phát hiện đến 37,1 ng/l.

Nồng độ BPA trong nước tại một số sông chảy trong thành phố Hà Nội

BPA trong nước mặt của một số sông trong nội đô Hà Nội dao động trong khoảng 40,9-122 ng/l. Nồng độ BPA trong nước sông Lừ, Sét và Kim Ngưu khá tương đồng nhau (60-70 ng/l). Nồng độ BPA cao hơn ở khoảng nồng độ 80 ng/l tại sông Nhuệ và Tô Lịch, hai con sông này rộng hơn nên khả năng chứa nước thải đô thị sẽ nhiều hơn và nhiều nguồn thải đổ vào hơn. BPA tại nước mặt sông Lừ, Sét, Kim Ngưu và Tô lịch không có sự dao động tại các điểm lấy mẫu. Sự dao động nồng độ BPA nhận thấy khá rõ ở điểm đầu (40,9 ng/l) và cuối nguồn (122 ng/l) của sông Nhuệ. Kết quả phân tích phương sai (ANOVA) cho thấy, nồng độ BPA trong nước tại các con sông trong nội đô khá tương đồng ($p > 0,05$) (bảng 3).

Bảng 3. Kết quả nồng độ BPA (ng/l) tìm thấy trong các mẫu nước sông.

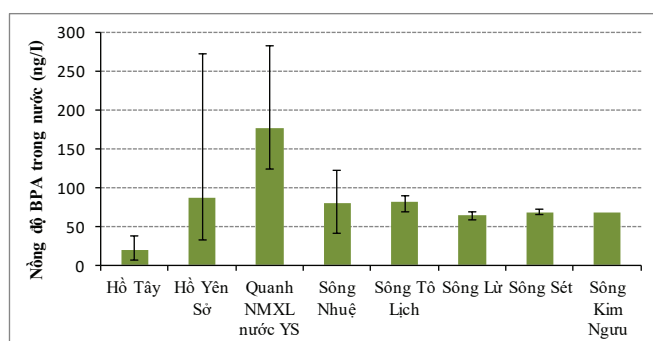
Địa điểm	Số mẫu (n)	Trung bình (ng/l)	Độ lệch chuẩn (ng/l)	Giá trị lớn nhất (ng/l)	Giá trị nhỏ nhất (ng/l)
Sông Nhuệ	6	80,0	31,6	122	40,9
Sông Tô Lịch	5	81,3	7,9	89,3	69,8
Sông Lừ	3	64,3	3,5	69,3	58,5
Sông Sét	3	68,8	5,5	72,4	65,4
Sông Kim Ngưu	1	67,5			

Nghiên cứu của Le Thi Minh Tam và cs (2016) [11] về dư lượng một số hợp chất gây rối loạn nội tiết trong nước mặt tại sông Đồng Nai và Sài Gòn đã ghi nhận nồng độ BPA trong kênh rạch tại trung tâm thành phố là 24,8-66,8 ng/l. Một số sông như Sinos, Brazil có nồng độ BPA từ không

phát hiện tới 517 ng/l; 3 sông ở miền nam Ấn Độ có BPA trong khoảng 2,8-136 ng/l; sông ở Trung Quốc có BPA 27,95-565,40 ng/l [5]. Để so sánh nồng độ BPA trong nước sông của nội đô Hà Nội với các con sông tại các thành phố trên thế giới cần có thêm dữ liệu về các nguồn nước cung cấp cho sông cũng như đặc điểm về lưu lượng, dòng chảy...

So sánh nồng độ BPA trong nước mặt tại sông và hồ Hà Nội

BPA được tìm thấy tại tất cả các mẫu nước của hệ thống sông hồ Hà Nội đã thu thập và phân tích, các số liệu chi tiết được biểu diễn trong hình 2. Trong kết quả này, nồng độ BPA trong nước hồ Tây là thấp nhất. Hồ Tây có diện tích 5,3 km², nằm ở phía tây bắc của Hà Nội, chứa lượng nước không lớn có nhiệm vụ điều hòa không khí của thành phố. Hà Nội với hệ thống sông nội đô gần 70 km, bao gồm các sông Nhuệ, Tô Lịch, Lừ, Sét và Kim Ngưu có nhiệm vụ thoát nước cho thành phố. Lượng nước mưa và nước thải đô thị đang cùng chảy trên các con sông này. Hiện nay, Hà Nội có 7 nhà máy xử lý nước thải nhưng chỉ giải quyết được 22% nước thải đô thị, còn 78% lượng nước thải đang đổ trực tiếp ra môi trường. BPA đã được tìm thấy khá phổ biến và chiếm thành phần nổi trội trong nhóm các chất dẻo hóa có trong nước thải đô thị của nhiều nghiên cứu trên thế giới [4, 12, 13]. Tại những con sông chảy trong nội đô Hà Nội, về cơ bản nồng độ trung bình của BPA là tương đương nhau (phân tích phương sai về sự tương đồng nhận được $p > 0,05$), chứng tỏ nguồn nước thải sinh hoạt là nguồn ô nhiễm chính. Điểm đáng ghi nhận ở đây là nồng độ BPA tại hồ Yên Sở và xung quanh Nhà máy xử lý nước Yên Sở cao hơn trong nước mặt của hồ Tây và các sông thoát nước. Nhà máy xử lý nước thải Yên Sở dường như không có khả năng xử lý chất gây rối loạn nội tiết tố này và còn là nơi tích tụ, phát tán BPA. Một số nghiên cứu đã cho thấy khả năng xử lý hợp chất BPA là tùy thuộc vào công nghệ xử lý nước thải [4], BPA được loại bỏ phần lớn do phân hủy sinh học [12] trong môi trường hiếu khí [4]. Để hiểu rõ hơn khả năng xử lý BPA tại nhà máy xử lý nước thải đô thị Yên Sở cần có những nghiên cứu tiếp theo.



Hình 2. Nồng độ BPA trong nước mặt sông hồ Hà Nội. NMXL: Nhà máy xử lý; YS: Yên Sở.

Đánh giá mức độ nguy hại đối với hệ sinh thái nước

Việc đánh giá mức độ nguy hại của một chất tới hệ sinh thái môi trường nước được xem xét trên cơ sở chất đó phát thải vào môi trường nước có nằm trong giới hạn an toàn với hệ sinh thái hay không. Thông thường, mức độ nguy hại này là tỷ số khi so sánh nồng độ thực tế của chất quan tâm (MEC) với nồng độ PNEC được dự đoán trước của nó. Đối với BPA, năm 2008, Ủy ban châu Âu đã đưa ra giá trị PNEC là 1.500 ng/l để bảo vệ các sinh vật trong môi trường nước [5]; Bộ Môi trường Nhật Bản đưa ra PNEC là 11 µg/l [14] và nhiều tài liệu đưa ra các giá trị cho từng loài cụ thể như ốc sên, loài giáp xác hay ấu trùng... [5]. Tỷ số MEC/PNEC được gọi là thương số rủi ro (RQ). Nếu $RQ < 0,1$: mỗi nguy hại thấp, nghĩa là có thể chấp nhận; $0,1 < RQ < 1$: mỗi nguy hại trung bình, cần những điều tra thêm; $RQ \geq 1$: mỗi nguy hại cao, cần có những đánh giá chi tiết. Dựa trên giá trị PNEC của châu Âu, kết quả BPA trong nước mặt thuộc hệ thống sông hồ Hà Nội cho giá trị RQ trung bình là $0,050 < 0,1$, tương ứng với BPA hiện tại có mỗi nguy hại thấp đối với sinh vật trong nước mặt của sông hồ. Tuy nhiên, có 1/14 mẫu tại khu vực hồ Yên Sở và 2/4 mẫu xung quanh Nhà máy xử lý nước thải Yên Sở có giá trị $RQ > 0,1$ (0,112-0,189), nhưng không có mẫu nào có giá trị $RQ > 1$. Chiều theo chỉ dẫn tiêu chuẩn môi trường của Canada [15] cho nước mặt (nồng độ BPA là 3.500 ng/l) thì nồng độ BPA trong nước mặt của hệ thống thoát nước sông hồ Hà Nội thấp hơn nhiều. Tuy nhiên, đây chỉ là đánh giá cho một hợp chất đơn lẻ, trên thực tế còn phải tính đến cả nhóm chất Bisphenol với đặc tính tương tự BPA có tồn tại trong môi trường nước.

Kết luận

BPA được tìm thấy trong tất cả các mẫu nước được thu thập tại các sông, hồ thuộc hệ thống thoát nước trong thành phố Hà Nội, nơi tiếp nhận nước mưa, nước thải đô thị của thành phố đã được xử lý và chưa được xử lý. BPA được tìm thấy cao nhất tại nguồn thải từ Nhà máy xử lý nước Yên Sở, tiếp đến là hồ Yên Sở nơi tiếp nhận nguồn nước sau khi xử lý của nhà máy. Các con sông trong nội đô như Tô Lịch, Nhuệ, Lừ, Sét, Kim Ngưu có nồng độ BPA trong nước mặt khá tương đồng nhau. BPA được phát hiện thấy thấp nhất tại hồ Tây của Hà Nội. Nguồn phát thải chính BPA vào nước của các sông, hồ Hà Nội là do nước thải đô thị, gồm nước thải sinh hoạt và sản xuất của thành phố. Nồng độ BPA trong tất cả các mẫu nước thấp hơn nhiều lần giá trị PNEC tới sinh vật thủy sinh của các nước châu Âu. Tuy nhiên, cần có những nghiên cứu mở rộng hơn cho nhiều đối tượng chất thuộc nhóm Bisphenol trong môi trường nước mặt của Hà Nội.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] O. Leena, A. Hassn, E. Abdalla (2016), "Determination of bisphenol A in exposed bottled water samples to direct sun light using multi walled carbon nanotubes as solid phase extraction sorbent", *Journal of Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, **8(7)**, pp.51-57.
- [2] Ban Sức khỏe công cộng Massachusetts (2015), *Cách bảo vệ trẻ tránh BPA (Bisphenol A)*.
- [3] World Health Organization (2009), *Bisphenol A (BPA) - Current State of Knowledge and Future Actions by WHO and FAO*, Food Agric. Organ. United Nations, International Food Safety Authorities Network, pp.1-6.
- [4] O.E. Ohore, Z. Songhe (2019), "Endocrine disrupting effects of Bisphenol A exposure and recent advances on its removal by water treatment systems - a review", *Scientific African*, **5**, DOI: 10.1016/j.sciaf.2019.e00135.
- [5] G.P. Peteffi, et al. (2019), "Ecotoxicological risk assessment due to the presence of Bisphenol A and caffeine in surface waters in the Sinos river Basin - Rio Grande do Sul - Brazil", *Brazilian Journal of Biology*, **79(4)**, pp.712-721.
- [6] A. Belfroid, M. Van Velzen, B. Van der Horst, D. Vethaak (2002), "Occurrence of Bisphenol A in surface water and uptake in fish: evaluation of field measurements", *Chemosphere*, **49(1)**, pp.97-103.
- [7] H.J. Lehmler, B. Liu, M. Gadogbe, W. Bao (2018), "Exposure to Bisphenol A, Bisphenol F, and Bisphenol S in U.S. adults and children: the national health and nutrition examination survey 2013-2014", *ACS Omega*, **3(6)**, pp.6523-6532.
- [8] X. Li, G.G. Ying, H.C. Su, X.B. Yang, L. Wang (2010), "Simultaneous determination and assessment of 4-nonylphenol, bisphenol A and triclosan in tap water, bottled water and baby bottles", *Environment International*, **36(6)**, pp.557-562.
- [9] D. Liu, et al. (2016), "Occurrence, distribution, and risk assessment of alkylphenols, bisphenol A, and tetrabromobisphenol A in surface water, suspended particulate matter, and sediment in Taihu lake and its tributaries", *Marine Pollution Bulletin*, **112(1-2)**, pp.142-150.
- [10] C. Wu, X. Huang, J. Lin, J. Liu (2015), "Occurrence and fate of selected endocrine-disrupting chemicals in water and sediment from an Urban lake", *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **68(2)**, pp.225-236.
- [11] Le Thi Minh Tam, Nguyen Phuoc Dan, Dinh Quoc Tuc, Ngo Huu Hao, Do Hong Lan Chi (2016), "Presence of e-EDCs in surface water and effluents of pollution sources in Sai Gon and Dong Nai river basin", *Sustainable Environment Research*, **26(1)**, pp.20-27.
- [12] Y. Hu, Q. Zhu, X. Yan, C. Liao, G. Jiang (2019), "Occurrence, fate and risk assessment of BPA and its substituents in wastewater treatment plant: a review", *Environmental Research*, **178**, DOI: 10.1016/j.envres.2019.108732.
- [13] Q. Sun, et al. (2017), "Fate and mass balance of Bisphenol analogues in wastewater treatment plants in Xiamen city, China", *Environmental Pollution*, **225**, pp.542-549.
- [14] H.T.C. Chau, et al. (2018), "Occurrence of 1153 organic micropollutants in the aquatic environment of Vietnam", *Environmental Science and Pollution Research*, **25(8)**, pp.7147-7156.
- [15] Environment and Climate Change Canada (2018), *Canadian Environmental Protection Act, 1999 - Federal Environmental Quality Guidelines - Bisphenol A*.