

NGHIÊN CỨU PHƯƠNG PHÁP XÁC ĐỊNH HÀM LƯỢNG HYDROCACBON THƠM ĐA VÒNG (PAHs) TRONG KHÔNG KHÍ XUNG QUANH BẢNG THIẾT BỊ HPLC - FLD

Trịnh Thị Thủy, Nguyễn Thành Trung
Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

Tóm tắt

Các hợp chất Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) là các hợp chất có độc tính liên quan đến bệnh ung thư và dị tật bẩm sinh ở trẻ sơ sinh. PAHs trong môi trường khí thường được nghiên cứu nhiều trong pha bụi. Nghiên cứu này thực hiện khảo sát các điều kiện đo PAHs trên thiết bị HPLC - FLD và điều kiện xử lý mẫu bụi tổng số để xác định hàm lượng PAHs. Nghiên cứu đã lựa chọn được dung môi dùng trong xử lý mẫu là Diclorometan: Acetone (9:1, v/v) và hệ dung môi pha động sử dụng trong HPLC là Acetonitrile và H₂O. Sau khi lựa chọn được điều kiện xử lý mẫu và điều kiện đo PAHs sử dụng HPLC - FLD, nghiên cứu đã tiến hành phân tích thử nghiệm PAHs trong bụi TSP đối với 03 mẫu.

Từ khóa: PAHs; HPLC - FLD; TSP; Không khí xung quanh.

Abstract

Research on analysis method for determination of polycyclic aromatic Hydrocarbon (PAHs) concentration in ambient air using HPLC_FLD

Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) are toxic chemicals linked to cancer and congenital heart defects. PAHs are found in the ambient air in the gas phase and as a sorbet to aerosols, but PAHs on airborne particles are more attractive to research. This study investigated the conditions for preparing dust samples and operating HPLC - FLD equipment to quantify PAHs in total suspended particulate matter (TSP). The mixture of solvent Dichloromethane (DCM) and Acetone (Ace) (9:1, v/v) was used to extract using the solid-liquid extraction technique, and the mobile phase for reversed-phase HPLC was Acetonitrile and H₂O. After that, three TSP samples were taken and processed to analyze the PAHs in the samples.

Keywords: PAHs; HPLC - FLD; TSP; Ambient air.

1. Mở đầu

Hydrocacbon thơm đa vòng (PAHs - Polycyclic Aromatic Hydrocarbons) là các hợp chất hóa học trong cấu tạo bao gồm các vòng thơm không chứa các dị tố hay mang theo nhóm thế và có thể có hai hay nhiều vòng thơm gắn với nhau tạo thành các hợp chất hữu cơ bền. Chính bản thân một số loại PAHs có thể gây hại trực tiếp cho cơ

thể hoặc những sản phẩm oxy hoá của PAHs là chất có độc tính cao với cơ thể. PAHs phơi nhiễm vào cơ thể con người thông qua thức ăn, nước uống, khí thở hoặc trực tiếp tiếp xúc với các vật liệu có chứa PAHs. Một số con đường phơi nhiễm PAHs chính bao gồm hít thở không khí xung quanh và trong nhà, ăn uống, chế biến thực phẩm, hút thuốc, hoặc khói từ lò sưởi [1, 2]. Phơi nhiễm

ngành nghiệp cũng có thể xảy ra ở người lao động hít phải khói thải như người bán hàng rong, cảnh sát giao thông, công nhân khai thác mỏ, hoặc làm việc trong lĩnh vực lọc hóa dầu.

Ảnh hưởng của các PAHs đối với sức khỏe con người phụ thuộc chủ yếu vào thời gian và cách thức phơi nhiễm, tuổi tác, tình trạng sức khỏe của cá nhân bị phơi nhiễm, liều lượng của các PAHs, cũng như độc tính tương đối của PAHs [2]. Ảnh hưởng của PAHs tới sức khỏe khi phơi nhiễm trong thời gian ngắn chưa có bằng chứng xác thực và rõ ràng. Do vậy, những thông tin khoa học về sự phân bố của trong pha bụi sẽ hữu ích cho việc đánh giá ảnh hưởng đến sức khỏe con người do phơi nhiễm PAHs trong môi trường không khí.

Hiện nay, nhiều phương pháp đã được phát triển để đo lường PAHs, nhưng đa phần đều gặp những hạn chế liên quan đến độ nhạy của thiết bị và độ phức tạp của quá trình xử lý mẫu. Độ chính xác của kết quả phân tích phụ thuộc nhiều vào thiết bị và quá trình xử lý mẫu. Hiện nay, tại Việt Nam đã có TCVN 11314:2016 hướng dẫn xác định tổng hydrocacbon thơm đa vòng (pha khí và pha hạt) - thu mẫu bằng bộ lọc hấp thụ với phân tích sắc ký khí/khối phổ (GC/MS). Tuy nhiên, không phải phòng thí nghiệm nào cũng được trang bị thiết bị phân tích sắc ký khí/khối phổ. Thiết bị HPLC là thiết bị phổ biến ở nhiều phòng thí nghiệm. Nghiên cứu này thực hiện khảo sát các điều kiện xử lý mẫu và điều kiện đo PAHs trên thiết bị HPLC - FLD trong mẫu bụi tổng số để xác định hàm lượng PAHs.

2. Phương pháp nghiên cứu

2.1. Phương pháp thực nghiệm

2.1.1. Hóa chất

Tất cả các hoá chất sử dụng đều có độ tinh khiết phân tích

- Dung môi: Acetonitrile, Methanol, Dichloromethane, Acetone, nước cất: Chuyên dụng cho sắc ký lỏng.

- PAHs chuẩn: Sản xuất tại Đức, nồng độ 2000 mg/L, hỗn hợp 16 loại PAH được pha bằng Acetonitrile, thành phần gồm: Napthalene, Acenaphthene, Acenaphthylene, Fluorene, Phenanthrene, Anthracene, Fluoranthene, Pyrene, Benzo[a]anthracene, Chrysene, Benzo[b]fluoranthene, Benzo[k]fluoranthene, Benzo[a]pyrene, Dibenzo[ah]anthracene, Indeno [1,2,3-cd] pyrene, Benzo[ghi]perylene.

- Khí N₂: Độ tinh khiết 99,99 %.

2.1.2. Thiết bị

- Thiết bị sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC) SHIMADZU với hệ thống phân tích hoàn chỉnh gồm: Bộ bơm mẫu khí, bơm truyền dung dịch pha động, bộ điều khiển, bộ nhập mẫu tự động, bộ nâng nhiệt, đầu dò huỳnh quang (FLD).

- Cột sắc ký C18 (150 × 4,6 mm, 5 µm).

- Cân phân tích, có khả năng cân chính xác 0,0001 g.

- Thiết bị siêu âm để rửa dụng cụ, siêu âm mẫu: S30 Elmasonic.

- Thiết bị cô cất chân không: STRIKE 202 của hãng STEROGIASS.

- Bộ cô khí Nitơ.

- Máy lắc.

- Máy ly tâm.

- Thiết bị lấy mẫu bụi TSP HV-500R của hãng Shibata - Nhật Bản.

Nghiên cứu

- Giấy lọc sợi thủy tinh lọc bụi TSP GB100R cho máy HV500R hãng Sibata.

- Các dụng cụ thủy tinh thông thường và dụng cụ, vật liệu phụ trợ khác.

2.1.3. Khảo sát điều kiện đo của thiết bị

Đối với thiết bị HPLC các điều kiện phân tích một chất hoặc nhóm chất được cài đặt bởi các thông số: Detector, cột sắc ký, tốc độ dòng, áp suất bơm, áp suất kích thích và bước sóng phát xạ, thể tích mẫu bơm, thành phần pha động, thời gian bơm mẫu.

Đối với điều kiện định lượng PAHs, dựa trên hướng dẫn vận hành thiết bị của nhà sản xuất, các điều kiện vận hành cơ bản như sau: Detector FLD, Cột sắc ký C18 - GISS (150 × 4,6 mm, 5 μm); Áp suất bơm 30 Bar, bước sóng kích thích 210 nm; Bước sóng phát xạ 450 nm, nhiệt độ cột 35 °C, thể tích bơm mẫu 20 μl, tốc độ pha động 1 ml/phút.

Hệ dung môi rửa giải dùng để phân tích PAHs bằng HPLC - FLD hầu hết là Acetonitrile/H₂O với các tỷ lệ khác nhau và Acetonitrile. Tiến hành khảo sát đối với hệ dung môi rửa giải và chương trình rửa giải như sau:

Bảng 1. Khảo sát các chương trình rửa giải

Chương trình 1 [3]	Chương trình 2 [4]	Chương trình 3 [5]
Kênh A: Acetonitrile Kênh B: H ₂ O Gradient:	Kênh A: Acetonitrile Kênh B: H ₂ O Gradient:	Kênh A: Acetonitrile Kênh B: H ₂ O Gradient:
0 - 20 phút 70 %A, 30 %B	0 - 5 phút 40 %A, 60 %B	0 - 15 phút 100 %A
20 - 40 phút 100 %A	5 - 20 phút 100 %A	15 - 20 phút 65 %A, 35 %B
40 - 60 phút 100 %A	20 - 40 phút 100 %A	20 - 25 phút 85 %A, 15 %B
> 60 phút 70 %A, 30 %B	> 40 phút 40 %A, 60 %B	25 - 30 phút 95 %A, 5 %B
		> 30 phút 100 %A

Các thí nghiệm khảo sát điều kiện đo của thiết bị được thực hiện đối với dung dịch chuẩn PAHs hỗn hợp có nồng độ 100 μg/L.

2.1.4. Xây dựng đường chuẩn

+ Đường chuẩn của 16 PAHs có dải làm việc trong khoảng từ nồng độ 1000 μg/L, 500 μg/L, 200 μg/L, 100 μg/L, 50 μg/L, 25 μg/L, 10 μg/L, 5 μg/L, 0,5 μg/L.

+ Các dung dịch chuẩn được bơm lên thiết bị phân tích HPLC- FLD bằng kỹ thuật bơm mẫu tự động. Đường chuẩn là đường biểu diễn sự phụ thuộc của diện tích pic vào nồng độ chất phân tích theo phương trình $y = a.x + b$ ($R^2 \geq 0.995$)

2.1.5. Khảo sát điều kiện xử lý mẫu

Các thí nghiệm khảo sát điều kiện xử lý mẫu được thực hiện trên nền mẫu giấy lọc trắng (loại giấy lọc GB100R dùng cho máy HV500R của hãng Sibata) thêm chuẩn dung dịch PAHs. Cắt nhỏ giấy lọc trắng, thêm chuẩn 1,5 ml dung dịch chuẩn có nồng độ 50μg/L, sau đó thực hiện quá trình xử lý mẫu. Các điều kiện xử lý mẫu được lựa chọn dựa trên cơ sở phân tích, tổng hợp kết quả nghiên cứu của các công trình liên quan. Nghiên cứu thực hiện khảo sát 3 điều kiện xử lý mẫu sau, mỗi thí nghiệm thực hiện lặp 3 lần:

Thí nghiệm 1 [6]: Chiết siêu âm mẫu phin lọc với 3 ml acetonitrile trong 30 phút, quá trình chiết lặp lại 3 lần, sau đó

dịch chiết được lọc qua màng lọc PTFE 0,45 μm , cô nito dịch chiết đến khi thể tích còn 1,5 ml, chuyển mẫu vào vial để phân tích trên thiết bị HPLC - FLD.

Thí nghiệm 2 [7]: Thêm 2,0 ml hỗn hợp acetonitrile/methanol (60/40 %, v/v) vào giấy lọc trắng đã thêm chuẩn PAHs ở trên, đặt trong bể siêu âm 60 phút, lấy ra lắc 60 phút bằng máy lắc, dùng kim tiêm microlit hút dung dịch ra. Quá trình này lặp lại 3 lần, sau đó dịch chiết được lọc qua màng lọc PTFE 0,45 μm , cô nito dịch chiết đến khi thể tích dung dịch còn 1,5 ml, chuyển mẫu vào vial để phân tích trên thiết bị HPLC - FLD.

Thí nghiệm 3 [8]: Cho giấy lọc trắng đã thêm chuẩn PAHs ở trên vào ống ly tâm 50 ml, thêm 30 ml dung dịch hỗn hợp Diclometan:Acetone (9:1, v/v), lắc trong máy lắc với tốc độ 2000 vòng/phút trong 30 phút, dịch chiết được ly tâm lấy phần phía trên, quá trình chiết lặp lại 3 lần. Thể tích dịch chiết sau đó được đi cô quay chân không để giảm thể tích dung môi về khoảng 10 ml, lọc dịch chiết qua màng lọc PTFE 0,45 μm , tiếp tục thực hiện cô dịch chiết đến cạn, thêm 1,5 ml acetonitrile hòa tan mẫu, chuyển mẫu vào vial để thực hiện để phân tích trên thiết bị HPLC - FLD.

2.1.6. Lấy mẫu bụi TSP

Sau khi lựa chọn được điều kiện xử lý mẫu và điều kiện đo trên thiết bị HPLC - FLD, thực hiện thử nghiệm phân tích PAHs trong 03 mẫu bụi TSP được lấy tại Cầu Diễn, phường Cầu Diễn, quận Nam Từ Liêm, thành phố Hà Nội trong tháng 8 năm 2023. Mẫu bụi TSP được lấy theo hướng dẫn của TCVN 5067:1995, phương pháp lấy mẫu hấp phụ chủ động liên tục lên phin lọc sợi thủy tinh (đường kính 55 mm) với tốc độ hút khí 30 lít/phút trong thời gian 8 giờ bằng thiết bị HV - 500R của hãng Shibata - Nhật Bản.

2.2. Phương pháp xử lý số liệu

Các số liệu thực nghiệm được xử lý trên phần mềm Excel 2016.

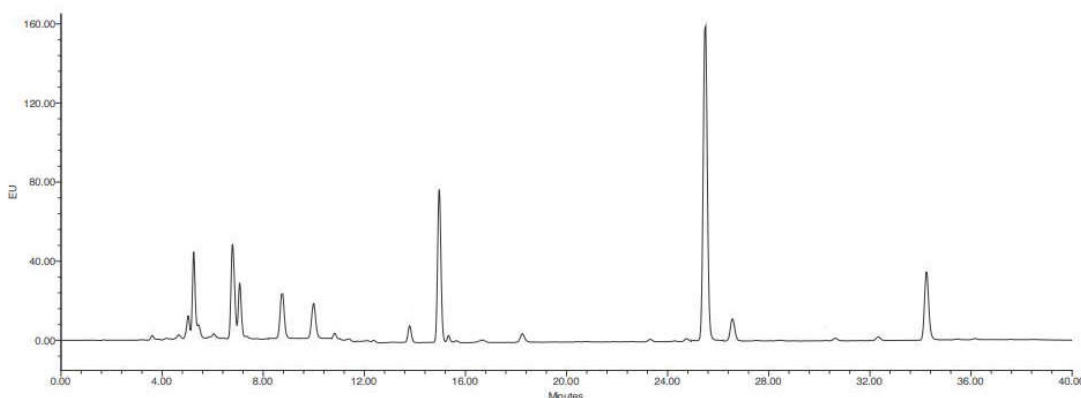
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Kết quả khảo sát điều kiện đo của thiết bị

Chương trình 1: Sắc ký đồ xuất hiện nhiều pic nhiễu, khả năng tách không rõ ràng.

Chương trình 3: Pic không cân xứng, kết quả giữa các lần tiêm mẫu, sắc ký đồ không ổn định, có thể chưa rửa giải được hết ở lần tiêm trước.

Chương trình 2: Pic cân đối, chân pic gọn, khả năng tách rõ ràng.



Hình 1: Sắc ký đồ của các PAHs với chương trình chạy số 2

Nghiên cứu

Như vậy, hệ dung môi rửa giải và chương trình rửa giải ở chương trình thứ 2 là tốt nhất. Qua các thí nghiệm khảo sát, điều kiện đo PAHs trên thiết bị HPLC - FLD được lựa chọn như sau:

Các điều kiện vận hành cơ bản: Cột sắc ký C18 (150 × 4,6 mm, 5 μm); Áp suất bơm 30 Bar, bước sóng kích thích 210 nm; Bước sóng phát xạ 450 nm, nhiệt độ cột 35 °C, thể tích bơm mẫu 20 μl, tốc độ pha động 1 ml/phút.

Bảng 2. Kết quả xây dựng đường chuẩn và khoảng tuyến tính của các PAHs trên thiết bị HPLC - FLD

STT	Chất	Phương trình đường chuẩn	Hệ số tương quan hồi quy R ²	Khoảng tuyến tính (μg/L)
1	Naphthalene	$y = 5644,7x + 26797$	0,9972	0,5 ÷ 500
2	Acenaphthylene	$y = 34274x - 39891$	0,9980	0,5 ÷ 1000
3	Acenaphthene	$y = 3868,3x + 32726$	0,9971	0,5 ÷ 1000
4	Fluorene	$y = 6969,9x + 36284$	0,9985	0,5 ÷ 200
5	Phenanthrene	$y = 5879,7x + 33008$	0,9956	0,5 ÷ 200
6	Anthracene	$y = 156191x - 509268$	0,9971	0,5 ÷ 1000
7	Fluoranthene	$y = 15104x + 74824$	0,9976	0,5 ÷ 200
8	Pyrene	$y = 16191x - 33224$	0,9977	0,5 ÷ 1000
9	Benzo(a)Anthracene	$y = 4013x + 68030$	0,9951	0,5 ÷ 500
10	Chrysene	$y = 4997,3x + 16619$	0,9974	0,5 ÷ 1000
11	Benzo(b)Fluoranthene	$y = 23358x + 52698$	0,9989	0,5 ÷ 200
12	Benzo(k)Fluoranthene	$y = 24760x - 42609$	0,9972	0,5 ÷ 1000
13	Benzo(a)Pyrene	$y = 4634x + 9235$	0,9989	0,5 ÷ 200
14	Benzo(g,h,i)Perylene	$y = 5267,6x + 11654$	0,9973	0,5 ÷ 500
15	Dibenzo(a,h)Anthracene	$y = 4973x + 10458$	0,9965	0,5 ÷ 500
16	Indeno(1,2,3-Cd)Pyrene	$y = 6324,2x + 13024$	0,9954	0,5 ÷ 200

Kết quả nghiên cứu cho thấy, với điều kiện đo đã khảo sát ở trên, các đường chuẩn xây dựng đều đạt yêu cầu về hệ số tương quan hồi quy $R^2 > 0,995$. Mỗi chất có khoảng tuyến tính xác định. Các chất Fluorene, Phenanthrene, Fluoranthene, Benzo(b) Fluoranthene, Benzo(a)Pyrene, Indeno(1,2,3-Cd) Pyrene có khoảng tuyến tính là 0,5 - 200 μg/L, các chất Naphthalene, Benzo(a) Anthracene, Benzo(g,h,i) Perylene, Dibenzo(a,h)Anthracene có

Chương trình rửa giải: Kênh A: Acetonitrile; Kênh B: H₂O, Gradient: 0 - 5 phút, 40 %A, 60 %B; 5 - 20 phút, 100 %A; 20 - 30 phút, 100 %A; > 40 phút, 40 %A, 60 %B.

3.2. Kết quả xây dựng đường chuẩn

Sau khi khảo sát điều kiện đo của thiết bị, tiến hành xây dựng đường chuẩn và xác định khoảng tuyến tính của PAHs, kết quả được thể hiện ở Bảng 2.

khoảng tuyến tính là 0,5 - 500 μg/L, các chất Acenaphthylene, Acenaphthene, Anthracene, Pyrene, Chrysene, Benzo(k) Fluoranthene có khoảng tuyến tính là 0,5 ÷ 1000 μg/L.

3.3. Kết quả khảo sát điều kiện xử lý mẫu

Dựa trên kết quả xây dựng đường chuẩn, thực hiện khảo sát điều kiện xử lý mẫu. Kết quả khảo sát 3 điều kiện xử lý mẫu được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3. Kết quả khảo sát các điều kiện xử lý mẫu

STT	Chất	Hiệu suất thu hồi đối với thí nghiệm 1 (%)	Hiệu suất thu hồi đối với thí nghiệm 2 (%)	Hiệu suất thu hồi đối với thí nghiệm 3 (%)
1	Naphthalene	52 - 60	62 - 71	83 - 96
2	Acenaphthylene	58 - 67	61 - 75	76 - 85
3	Acenaphthene	55 - 70	68 - 77	80 - 93
4	Fluorene	62 - 69	60 - 72	77 - 90
5	Phenanthrene	53 - 69	59 - 72	79 - 94
6	Anthracene	62 - 66	65 - 70	88 - 102
7	Fluoranthene	59 - 65	63 - 69	81 - 96
8	Pyrene	60 - 75	62 - 71	73 - 84
9	Benzo(a)Anthracene	68 - 77	71 - 86	84 - 101
10	Chrysene	50 - 62	65 - 73	78 - 97
11	Benzo(b)Fluoranthene	49 - 62	62 - 70	85 - 92
12	Benzo(k)Fluoranthene	55 - 63	68 - 77	80 - 98
13	Benzo(a)Pyrene	58 - 65	65 - 80	75 - 86
14	Benzo(g,h,i)Perylene	52 - 61	72 - 79	72 - 85
15	Dibenzo(a,h)Anthracene	61 - 67	73 - 83	88 - 102
16	Indeno(1,2,3-Cd)Pyrene	52 - 63	62 - 69	81 - 96

Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi chiết bằng hỗn hợp dung môi Diclometan:Acetone (9:1, v/v) với điều kiện xử lý mẫu số 3 độ thu hồi lớn nhất nằm trong khoảng 72 - 102 % và thỏa mãn theo yêu cầu theo quy định của AOAC (Hiệp hội các nhà hoá phân tích chính thống). Với các điều kiện xử lý mẫu còn lại, độ thu hồi của các PAHs thấp, không đạt yêu cầu theo quy định của AOAC [9].

3.4. Kết quả phân tích PAHs trong bụi tổng số

Nghiên cứu này đã thực hiện thu 3 mẫu bụi tổng số tại Cầu Diễn, phường Cầu Diễn, quận Nam Từ Liêm (2 mẫu được lấy vào 2 ngày trong tuần thứ 3 và thứ 5 (mẫu 1, mẫu 2), 1 mẫu được lấy vào ngày cuối tuần Chủ nhật (mẫu 3). Kết quả phân tích hàm lượng PAHs được thể hiện ở Bảng 4.

Bảng 4. Kết quả phân tích PAHs trong một số mẫu bụi tổng số

STT	Chất	Mẫu 1 (ng/m ³)	Mẫu 2 (ng/m ³)	Mẫu 3 (ng/m ³)
1	Naphthalene	3,142	3,29	3,772
2	Acenaphthylene	0,625	0,608	0,493
3	Acenaphthene	0,792	0,621	0,678
4	Fluorene	0,710	0,783	0,651
5	Phenanthrene	2,62	2,37	2,40
6	Anthracene	1,318	1,39	1,75
7	Fluoranthene	1,51	1,85	1,68
8	Pyrene	1,61	2,13	1,76
9	Benzo(a)Anthracene	0,598	0,734	0,558
10	Chrysene	0,642	0,743	0,514
11	Benzo(b)Fluoranthene	0,634	1,36	2,97
12	Benzo(k)Fluoranthene	0,667	0,712	0,615

STT	Chất	Mẫu 1 (ng/m ³)	Mẫu 2 (ng/m ³)	Mẫu 3 (ng/m ³)
13	Benzo(a)Pyrene	3,41	2,56	1,59
14	Benzo(g,h,i)Perylene	3,81	4,24	3,88
15	Dibenzo(a,h)Anthracene	0,669	0,754	0,632
16	Indeno(1,2,3-Cd)Pyrene	5,89	5,65	3,85

Kết quả nghiên cứu cho thấy các PAHs thường được phân loại thành các nhóm theo số vòng thơm hoặc theo một cách tương đối hơn là PAHs phân tử khối thấp (LMW - PAHs với 2 - 3 vòng thơm) và PAHs phân tử khối cao (HMW - PAHs với 4 vòng thơm trở lên). Đặc trưng tích lũy của các PAHs theo số vòng thơm của các mẫu khá là tương đồng nhau. Trong đó, các PAHs có khối lượng phân tử lớn (HMW - PAHs) như BbF, BaP, Ind, BghiP được phát hiện với nồng độ cao trong không khí nhìn chung chiếm tỷ lệ cao hơn so với các PAHs có khối lượng phân tử nhỏ (LMW - PAHs).

4. Kết luận

Nghiên cứu này đã thực hiện khảo sát các điều kiện đo PAHs trên thiết bị HPLC - FLD và điều kiện xử lý mẫu bụi tổng số để xác định hàm lượng PAHs. Điều kiện đo PAHs trên thiết bị HPLC - FLD bao gồm các điều kiện vận hành cơ bản: Cột sắc ký C18 (150 × 4,6 mm, 5 μm); Áp suất bơm 30 Bar, bước sóng kích thích 210 nm; Bước sóng phát xạ 450 nm, nhiệt độ cột 35 °C, thể tích bơm mẫu 20 μl, tốc độ pha động 1 ml/phút. Chương trình rửa giải: Kênh A: Acetonitrile; Kênh B: H₂O, Gradient: 0 - 5 phút, 40 %A, 60 %B; 5 - 20 phút, 100 %A; 20 - 30 phút, 100 %A; > 40 phút, 40 %A, 60 %B. Điều kiện xử lý mẫu: Sử dụng hỗn hợp Diclometan: Acetone (9:1, v/v), lắc chiết bằng máy lắc 30 phút, dịch chiết được làm bay hơi đến 10 ml, sau đó lọc qua màng

lọc PTFE 0,45 μm, tiếp tục cô dịch chiết đến cạn, thêm 1,5 ml acetonitrile hòa tan mẫu, chuyển mẫu vào vial để thực hiện để phân tích trên thiết bị HPLC - FLD. Nghiên cứu đã thử nghiệm phân tích PAHs trong 3 mẫu bụi tổng TSP.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu được hoàn thành dưới sự hỗ trợ của đề tài cấp Cơ sở “*Nghiên cứu, khảo sát quy trình phân tích hàm lượng PAHs trong bụi tổng số sử dụng thiết bị sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC)*”. Mã số: 13.01.23.K.02.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Kim K.H., Jahan S.A., Kabir E., Brown R.J., (2013). *A review of airborne polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) and their human health effects*. Environ Int, 60: 71 - 80.
- [2]. Gachanja, A. N. Maritim, P. K. Polycyclic (2018). *Aromatic Hydrocarbons - Determination, Encyclopedia of Analytical Science*. (3rd ed.), vol. 8, p. 328-340, Elsevier. ISBN: 9780081019832.
- [3]. Do-Yeong Kim, Bo-Eun Lee, Han-Seung Shin (2021). *Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in smoking cessation aids by using high-performance liquid chromatography*. Analytical Biochemistry, 617, 114119: 1 - 7.
- [4]. Anna Onopiuk, Klaudia Kołodziejczak, Monika Marcinkowska-Lesiak, Andrzej Poltorak (2022). *Determination of polycyclic aromatic hydrocarbons using different extraction methods and HPLC-FLD detection in smoked and grilled meat products*. Food Chemistry, 373,131506: 1 - 7.
- [5]. Bhupander Kumar, V. K. Verma, R., Gaur, Sanjay Kumar, C. S. Sharma and A. B.

- Akolkar (2014). *Validation of HPLC method for determination of priority polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHS) in wastewater and sediments*. *Advances in Applied Science Research*, 5(1):201 - 209.
- [6]. Alessandro Bacaloni, Claudia Cafaro, Loretta De Giorgi, Roberta Ruocco, Lelio Zoccolillo (2004). *Improved analysis of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in atmospheric particulate matter by HPLC-fluorescence*. *Annali di Chimica*, 94(9-10):751 - 759.
- [7]. H. Assenmacher-Maiworm, J.-U. Hahn, B. Heinrich, C. Schuh, R. Hebisch, T. H. Brock, A. Hartwig, MAK Commission (2018). *Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) - Method for the determination of semi-volatile PAHs in workplace air using high-performance liquid chromatography (HPLC)*. Wiley. Online Library, Volume 3: 902 - 917.
- [8]. Ester Tio Minar Erawaty Silalahi, Sofia Anita and Hilwan Y. Teruna (2021). *Comparison of Extraction Techniques for the Determination of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Soil*. *Journal of Physics: Conference Series*, 1819 (2021): 012061, IOP Publishing doi:10.1088/1742-6596/1819/1/012061.
- [9]. AOAC International (2016). *Appendix F: Guidelines for Standard Method Performance Requirements*. AOAC Official Methods of Analysis.
- BBT nhận bài: 26/10/2023; Phản biện xong: 21/11/2023; Chấp nhận đăng: 15/12/2023