

KHẢO SÁT CÁC ĐIỀU KIỆN THÍCH HỢP ĐỂ XÁC ĐỊNH VI NHỰA (MPs) TRONG MẪU CÁ

Trần Thị Ái Mỹ*, Phạm Thế Dũng

Khoa Hóa, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế, 77 Nguyễn Huệ, Huế, Việt Nam

* Tác giả liên hệ Trần Thị Ái Mỹ <aimy.chem@hueuni.edu.vn>
(Ngày nhận bài: 18-05-2020; Ngày chấp nhận đăng: 03-06-2020)

Tóm tắt. Trong nghiên cứu này, các điều kiện gồm dung dịch phân hủy mẫu (axit, bazơ, H₂O₂), nhiệt độ và thời gian đã được khảo sát để xác định vi nhựa (MPs) trong các mẫu cá. Tỷ lệ phân hủy mẫu thích hợp của dung dịch KOH 10%/mẫu cá là 10:1 (v/w) trong 48 giờ ở 40 °C. Dung dịch thích hợp để tách nổi các vi nhựa trong dịch chiết mẫu cá sau quá trình phân hủy mẫu là NaCl 2 M. Hàm lượng vi nhựa trong mẫu cá nục (*Decapterus lajangan*) là $1,1 \pm 0,2$ hạt/g mẫu ướt hay $65,4 \pm 12,6$ hạt/cá thể.

Từ khóa: vi nhựa, MPs, KOH, cá

Analytical conditions for determination of microplastics in fish

Tran Thi Ai My*, Pham The Dung

Department of Chemistry, University of Sciences, Hue University, 77 Nguyen Hue St., Hue, Vietnam

* Correspondence to Tran Thi Ai My <aimy.chem@hueuni.edu.vn>
(Received: 18 May 2020; Accepted: 03 June 2020)

Abstract. In this study, different analytical conditions, including digestion solutions (acid, base, and H₂O₂), temperatures, and time were investigated to determine microplastics (MPs) in fish samples. The suitable digestion ratio of 10% KOH/fish sample is 10:1 (v/w) in 48 hours at 40 °C. The suitable solution for the flotation of the MPs is 2 M NaCl. The MPs concentration in layang scad fish (*Decapterus lajangan*) is 1.1 ± 0.2 particles/g wet samples or 65.4 ± 12.6 particles/individual.

Keywords: microplastics, MPs, KOH, fish

1 Mở đầu

Các vi nhựa (MPs) được phát hiện lần đầu tiên ở Bắc Mỹ dưới dạng hình cầu trong các sinh vật phù du dọc theo bờ biển New England vào những năm 1970 [1]. Sau đó, rất nhiều nghiên cứu đã tìm thấy nhựa và MPs ở hầu hết các hệ sinh thái (đại dương, biển, hồ và sông) [2-4].

Theo FAO, MPs đã được tìm thấy trong 11 loài trong tổng số 25 loài cá biển được đánh bắt chủ yếu trên toàn cầu [5]. MPs cũng được tìm thấy ở các loài cá như cá tuyết Đại Tây Dương (*Gadus morhua*), cá tuyết châu Âu (*Merluccius merluccius*), cá đối đỏ (*Mullus barbatus*) từ một số địa phương [6-8].

Các vi nhựa với kích thước nhỏ nên các vi sinh vật biển khác nhau thường nhầm lẫn chúng là thức ăn [9, 10]. Sau khi đi vào cơ thể, MPs có thể thông qua hệ thống tuần hoàn để xâm nhập vào các mô và tế bào khác nhau, do đó có khả năng gây ra một số loại tác dụng phụ [9, 11]. Những tác động này có thể do chính MPs gây ra (ví dụ như ảnh hưởng vật lý hoặc ảnh hưởng do phản ứng hóa học xảy ra giữa hạt/sợi MPs với các mô và tế bào trong cơ thể động vật sống) hoặc giữa các hóa chất được thêm vào trong quá trình sản xuất MPs hoặc các hóa chất hấp thụ vào MPs trong khoảng thời gian MPs tồn tại trong môi trường [12, 13]. Thậm chí, các loài thủy – hải sản được nuôi cũng có thể hấp thụ MPs vào cơ thể do tiêu thụ bột thức ăn nhiễm MPs [14]. Vì vậy, thông qua chuỗi thức ăn, MPs cùng với những chất độc hấp thụ trên MPs có thể xâm nhập vào các động vật bậc cao hơn và cuối cùng là con người [12, 13, 15].

Để định lượng các MPs trong cá, cần nghiên cứu phương pháp phân hủy mẫu hiệu quả để tách các MPs ra khỏi nền mẫu sinh học mà không làm phá hủy chúng. Một số nghiên cứu cho rằng các dung dịch phân hủy mẫu khác nhau có thể ảnh hưởng đến chất lượng MPs (thay đổi màu MPs ban đầu hay thậm chí phá hủy MPs). Tác động của nhiệt độ   đến hiệu quả phân hủy mẫu cũng là một vấn đề đặc biệt quan trọng vì ở nhiệt độ cao hơn thì có thể làm tăng tốc độ phân hủy mẫu, nhưng nhiệt độ cao cũng có nguy cơ làm phân hủy các polymer (MPs) [16].

Vì vậy, nghiên cứu này với mục đích tìm ra (1) các điều kiện thích hợp để phân hủy mẫu cá bao gồm dung dịch phân hủy mẫu, nhiệt độ và thời gian và (2) dung dịch phù hợp để tách nổi các polymer sau quá trình phân hủy mẫu.

2 Phương pháp

2.1 Hóa chất, dụng cụ, thiết bị

Các hóa chất rắn khan: KOH, NaI, NaCl, KCl và các axit đậm đặc: HNO₃, HCl, H₂O₂ đều là loại tinh khiết phân tích (Merck, Đức). Các dụng cụ thủy tinh đều được rửa sạch trước khi sử dụng theo các tiêu chuẩn phân tích lượng vết. Các thiết bị đã sử dụng bao gồm kính hiển vi Olympus BX51 gắn camera Infinity 1, bộ lọc hút chân không Rocker 3 nhánh (Đài Loan), bể chiết siêu âm (Power Sonic 420, Hàn Quốc), máy xay cầm tay (Philip, Nhật) và tủ sấy (OF-02, Hàn Quốc).

2.2 Chuẩn bị mẫu

Mẫu cá nục (*Decapterus lajangan*) được mua tại chợ thương mại ở thành phố Huế vào tháng 3 năm 2020. Mẫu được gói trong giấy nhôm và bảo quản lạnh trong quá trình vận chuyển về phòng thí nghiệm. Các mẫu cá sau khi mang về phòng thí nghiệm được tiến hành xác định các thông số: tổng khối lượng mẫu, tổng khối lượng thịt cá tách được, kích thước trung bình của mỗi mẫu cá gồm chiều dài (D , cm) và chiều rộng (R , cm) (Bảng 1). Phần thịt được xay nhuyễn, chia đều ra thành các phần nhỏ để thuận lợi cho quá trình phân tích.

Bảng 1. Các thông tin chung của các mẫu cá

Ký hiệu mẫu	Kích thước tb Mẫu cá ($D \times R$), cm \times cm	Khối lượng mẫu, g	Khối lượng thịt cá tách được, g
CN1	21,7 \times 4,2	104	69
CN2	20,8 \times 4,0	96	68
CN3	20,5 \times 3,5	86	58
CN4	19,5 \times 3,3	71	46

2.3 Phương pháp phân tích

Phân hủy mẫu để tách các MPs ra khỏi nền mẫu cá

Khảo sát sự phân hủy mẫu bằng các tác nhân khác nhau như HCl, HNO₃, H₂O₂ và KOH ở các nhiệt độ ủ khác nhau (25, 40, 50 và 60 °C) trong 1–4 ngày.

Hiệu quả của quá trình phân hủy mẫu $H(\%)$ được đánh giá thông qua việc xác định hàm lượng sinh vật chưa bị phân hủy hoặc còn lại rất ít (nhỏ hơn 5%) giữ lại trên giấy lọc (nếu có) theo công thức

$$H(\%) = \frac{m_s - (m_a - m_0)}{m_s} \times 100 \quad (1)$$

trong đó m_s là khối lượng mẫu sinh vật đem phân hủy; m_a là khối lượng của giấy lọc đã sấy khô sau khi lọc; m_0 là khối lượng của giấy lọc đã sấy khô trước khi lọc.

Tách polymer ra khỏi dịch chiết mẫu cá sau khi phân hủy

Thêm dung dịch NaI (hoặc NaCl, KCl, ZnCl₂) với nồng độ thích hợp và mẫu sau khi được phân hủy ở các điều kiện khác nhau. Phần nổi ở trên được tách ra và cho qua phễu lọc; phần cặn còn lại tiếp tục hòa tan với NaI (hoặc NaCl, KCl, ZnCl₂). Tiếp tục tách phần nổi qua giấy lọc, lặp lại quá trình này cho đến khi tách hết MPs ra khỏi dịch chiết mẫu.

Xác định kích thước/loại/kiểu dáng/màu sắc các MPs bằng kính hiển vi Olympus BX51, gắn camera Infinity 1. Xử lý số liệu thực nghiệm bằng các phương pháp thống kê.

3 Kết quả và thảo luận

3.1 Khảo sát các điều kiện phân hủy mẫu cá để xác định các vi nhựa

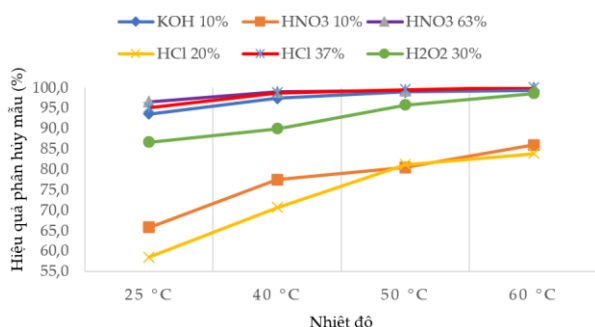
Hiện nay, chưa có phương pháp tiêu chuẩn nào loại bỏ hoàn toàn các mô sinh vật mà không ảnh hưởng đến tính toàn vẹn của

polymer. Cho đến nay, bốn nhóm chất chính đã được sử dụng để loại bỏ các chất hữu cơ trong nền mẫu sinh vật, bao gồm axit [17, 18], bazơ [19, 20], các nhóm chất oxi hóa mạnh khác [17, 21] và enzyme [22]. Tuy nhiên, cần phải nghiên cứu điều kiện phù hợp nhất để các polymer không bị phân hủy cùng với nền mẫu sinh học. Axit và bazơ là các chất phân hủy tốt các mô sinh học thông qua việc tách protein, carbohydrate và chất béo [17]. NaOH không được lựa chọn để khảo sát trong nghiên cứu này bởi vì Cole và cs. [22] cho thấy, mặc dù ủ các sinh vật phù du trong dung dịch NaOH 10 M ở 60 °C mang lại hiệu quả phân hủy mẫu là 91%, nhưng nó đã gây ra sự biến đổi màu cho nylon, polyethylene và polyvinyl chloride (PVC). Trong nghiên cứu này, việc phân hủy mẫu bằng sáu tác nhân được thực hiện trong các điều kiện nhiệt độ và thời gian khác nhau. Nguyên tắc lựa chọn các điều kiện thích hợp là thay đổi yếu tố khảo sát và cố định các yếu tố còn lại.

Ảnh hưởng của dung dịch phân hủy mẫu ở các nhiệt độ khác nhau.

60 mL dung dịch phân hủy mẫu gồm KOH (10%), H₂O₂ (35%), HCl 20%, HCl 37%, HCl 10% và HNO₃ 20% được cho vào 6,0 g các mẫu cá đựng trong chai thủy tinh DURAN 100 mL, vắn chặt bằng nắp kín (tỉ lệ dung dịch phân hủy mẫu và khối lượng cá là 10:1 v/w). Các chai được đặt ở nhiệt độ phòng (25 °C), 40, 50 và 60 °C (trong tủ sấy) trong 96 giờ. Các chất phân hủy được lọc qua giấy lọc Whatman số 1821-047 (đường kính 47 mm, kích thước lỗ lọc 1,0 μm) bằng hệ thống hút chân không. Trước và sau khi lọc, giấy lọc được lưu giữ ở 50 °C trong 5 giờ và sau đó cân trên cân phân tích với độ chính xác 0,1 mg để kiểm tra sự thay đổi khối lượng (nếu có) của giấy lọc do quá trình xử lý hóa học. Giấy lọc là mẫu trắng được sấy khô ở 50 °C trong 5 giờ và cân. Không có sự khác biệt đáng kể về khối lượng của các giấy lọc là mẫu trắng trước và sau khi xử lý hóa học (t-test, $p > 0,05$).

Hiệu quả phân hủy mẫu được xác định theo công thức (1). Hiệu quả phân hủy mẫu sinh học bằng HNO₃ 10% hoặc HCl 20% trong vòng 96 giờ ở bất kỳ nhiệt độ nào đều không đạt tối ưu ($H < 95\%$) và do đó, những dung dịch này không phải là những tác nhân phù hợp để phân hủy mẫu cá (Hình 1). Điều này tương đồng với công bố của Nuelle và cs. [21] khi cho rằng HCl 20% không có khả năng phân hủy vật liệu hữu cơ trong nền mẫu sinh học. H₂O₂ cho hiệu quả phân hủy mẫu rất cao ($H > 95\%$) khi nhiệt độ càng tăng (>40 °C). Kết quả này hoàn toàn tương đồng với nghiên cứu của Li và cs. [23] khi chỉ ra việc ủ thối của các loài động vật thân mềm hai mảnh vỏ trong H₂O₂ 30% ở 65 °C trong 24 giờ giúp phân hủy tốt các mô mềm. HNO₃ 63%, HCl 37% và KOH 10% là những tác nhân phân hủy mẫu tốt với hiệu quả của quá trình phân hủy mẫu đều đạt trên 95%.



Hình 1. Hiệu quả phân hủy mẫu cá ở các điều kiện khác nhau

Tiếp tục thêm 15 mL dung dịch NaI 2 M vào các mẫu có hiệu quả phân hủy cao (dung dịch HNO₃ 63%, HCl 37% và KOH 10% ở các nhiệt độ 25, 40, 50 và 60 °C và dung dịch H₂O₂ 30% ở 50 và 60 °C); lắc siêu âm và để lắng. Phần nổi là các polymer ở trên, được cho qua phễu lọc. Tiếp tục hòa tan phần cặn còn lại trong dung dịch NaI và tách phần nổi qua giấy lọc. Lặp lại quá trình này cho đến khi tách hết MPs trên giấy lọc. NaI được chọn làm dung dịch tách nổi MPs vì đây là một loại muối có khối lượng riêng khá cao ($d = 3,67 \text{ g/cm}^3$), cho phép phân tách hiệu quả hầu hết các polymer [21].

Phương pháp phân tích phương sai 2 yếu tố (two-way ANOVA) với mức ý nghĩa $p = 0,05$ để đánh giá ảnh hưởng của các phương án phân hủy mẫu khác nhau đến kết quả xác định MPs cho thấy:

Các dung dịch phân hủy mẫu khác nhau cho kết quả hàm lượng MPs trung bình trong mẫu phân tích khác nhau ($F_{\text{tính}} = 4,857 > F_{\text{lý thuyết}} (p = 0,05; f_1 = 3, f_2 = 9) = 3,862$) với $p < 0,05$, trong đó phương án phân hủy mẫu bằng KOH 10% cho hàm lượng cao nhất (Bảng 2).

Các nhiệt độ phân hủy mẫu khác nhau cho kết quả hàm lượng MPs trong mẫu phân tích không khác biệt về mặt thống kê ($F_{\text{tính}} = 1,206 < F_{\text{lý thuyết}} (p = 0,15; f_1 = 3, f_2 = 9) = 3,862$) với $p > 0,05$.

Bảng 2. Hàm lượng MPs (hạt/g ww) (*) trong các mẫu thí nghiệm với các phương án phân hủy mẫu khác nhau(**)

Tác nhân phân hủy mẫu	Nhiệt độ, °C			
	25	40	50	60
KOH 10%	0,56	0,99	0,95	1,05
HNO ₃ 63%	0,28	0,32	0,17	0,46
HCl 37%	0,38	0,33	0,41	0,15
H ₂ O ₂ 30%	–	–	0,83	0,67

(*) Các MPs có thể bao gồm dạng hạt, sợi, mảnh; (**) Điều kiện thí nghiệm: dung dịch phân hủy mẫu và khối lượng mẫu cá theo tỉ lệ 10:1 v/w.

HCl và HNO₃ đậm đặc có thể phân hủy một số polymer ở bất kỳ nhiệt độ nào, dẫn đến việc suy giảm hàm lượng MPs trên thực tế trong mẫu (Bảng 2). Điều này cũng đã được Claessens và cs. [24] công bố: hạt polystyrene (PS) bị tan chảy khi tiếp xúc trực tiếp với axit nitric. Các nghiên cứu khác cũng cho thấy, khi nhiệt độ tăng, H₂O₂ đậm đặc có khả năng phân hủy PS và PVC [25] hay gây ra sự thay đổi màu của polyethylene terephthalate [21].

Dung dịch KOH 10% ở 40, 50 và 60 °C đã loại bỏ các mô tốt ($H > 95\%$, Hình 1), đồng thời cũng ít phá hủy các polymer nhất và cho hàm lượng MPs cao nhất (Bảng 2) trong số các dung dịch phân hủy mẫu đã khảo sát. Mặt khác, dung dịch KOH 10% ở 25 °C cho thấy hiệu quả loại bỏ các mô thấp hơn ($H < 95\%$), nên hàm lượng MPs thấp hơn so với các phương án phân hủy mẫu còn lại. Do đó, chúng tôi lựa chọn dung dịch KOH 10% ở 40 °C (tỉ lệ 1:10, w/v, 1 g mẫu ướt tương ứng với 10 mL KOH 10%) là điều kiện phân hủy mẫu thích hợp nhất.

Ảnh hưởng của thời gian phân hủy mẫu

Mẫu cá (6,0 g) được phân hủy mẫu bằng 60 mL KOH 10% ở 40 °C trong 24, 48, 72 và 96 giờ.

Thời gian 24 giờ là chưa đủ để mẫu phân hủy hoàn toàn trong KOH 10% ở 40 °C ($H < 95\%$, Bảng 3). Phương pháp ANOVA 1 yếu tố (one-way ANOVA) cho thấy các thời gian phân hủy mẫu khác nhau không ảnh hưởng nhiều đến hiệu quả của quá trình phân hủy với mức ý nghĩa $p > 0,05$ ($F_{\text{tính}} = 1,369 < F_{\text{lý thuyết}} (p = 0,05; f_1 = 2, f_2 = 9) = 4,256$). Do đó, mẫu được phân hủy trong 48 giờ để tiết kiệm thời gian cho các thí nghiệm tiếp theo.

Bảng 3. Hiệu quả phân hủy mẫu cá ở các thời gian phân hủy mẫu khác nhau (*)

Thời gian phân hủy mẫu, giờ	24	48	72	96
	87	95	97	96
Hiệu quả phân hủy mẫu, %	85	96	95	98
	88	97	98	96
	87	95	97	98

(*) Điều kiện thí nghiệm: 60 mL dung dịch KOH 10%, dùng để phân hủy 6,0 g các mẫu cá, nhiệt độ tủ sấy là 40 °C.

3.2 Ảnh hưởng của dung dịch tách nổi các polymer sau quá trình phân hủy mẫu

Như đã nói ở trên, NaI là một loại muối có khối lượng riêng khá lớn, cho phép phân tách hiệu quả hầu hết các polymer [21] bao gồm các polymer có khối lượng riêng lớn như PET ($d = 1.32\div 1.41$ g/cm³) và PVC ($d = 1.14\div 1.56$ g/cm³). Tuy nhiên, giá thành của NaI khá cao, do đó việc khảo sát các dung dịch có giá thành thấp hơn như NaCl ($d = 2,16$ g/cm³), KCl ($d = 1,98$ g/cm³), và ZnCl₂ ($d = 2,91$ g/cm³) để lựa chọn dung dịch tách nổi polymer phù hợp nhằm tiết kiệm chi phí phân tích là cần thiết.

Sau khi được phân hủy bằng dung dịch KOH 10% ở 40 °C (tỉ lệ dung dịch và khối lượng phân hủy là 10:1, v/w) trong 48 giờ, mẫu được lấy ra và để nguội đến nhiệt độ phòng. 15 mL dung dịch NaI 2 M, NaCl 2 M, KCl 2 M và ZnCl₂ 2 M được thêm vào các dịch chiết mẫu khác nhau để khảo sát hiệu quả tách nổi polymer. Sau quá trình lắc, ly tâm, lắng, lọc, phần nổi ở trên được tách ra và cho qua phễu lọc, phần cặn còn lại tiếp tục hòa tan với dung dịch tách nổi, tiếp tục tách phần nổi qua giấy lọc; lặp lại quá trình này 3 lần để đảm bảo tách hết được polymer trên giấy lọc.

Phương pháp ANOVA 1 yếu tố (one-way ANOVA) với các số liệu ở Bảng 4 cho thấy các dung dịch tách nổi polymer không ảnh hưởng nhiều đến kết quả thí nghiệm (hàm lượng MPs trung bình) với mức ý nghĩa $p > 0,05$ ($F_{\text{tính}} = 2,555 < F_{\text{lý thuyết}} (p = 0,05; f_1 = 3, f_2 = 12) = 3,490$). Do đó, để tiết kiệm chi phí, dung dịch NaCl 2 M là một lựa chọn có thể thay thế tốt để tiến hành tách nổi polymer khỏi dịch chiết mẫu cá sau khi phân hủy mẫu bằng dung dịch KOH 10%.

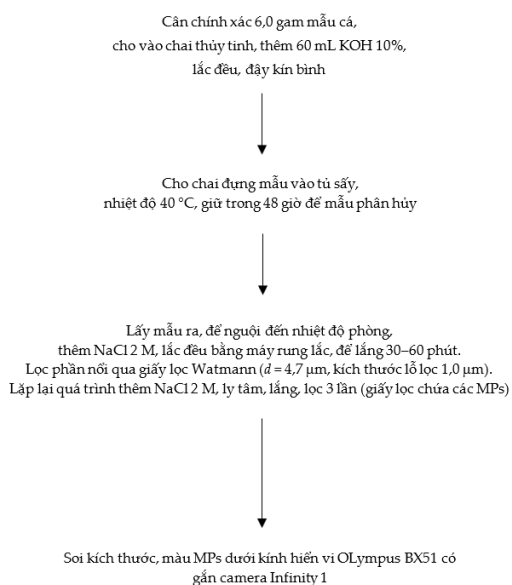
Bảng 4. Ảnh hưởng của các dung dịch khác nhau đến khả năng tách nổi polymer ra khỏi dịch chiết mẫu cá (*)

Dung dịch tách nổi polymer	Hàm lượng MPs (hạt/g ww) trong các mẫu thí nghiệm			
NaI 2 M	1,5	0,8	2,3	1,3
NaCl 2 M	1,0	1,8	1,2	0,8
KCl 2 M	0,7	0,8	1,0	0,8
ZnCl ₂ 2 M	0,7	0,7	0,8	1,2

(*) Điều kiện thí nghiệm: 60 mL dung dịch KOH 10% dùng để phân hủy 6,0 g các mẫu cá, nhiệt độ tủ sấy là 40 °C.

3.3 Quy trình phân tích

Trên cơ sở các kết quả thu được, chúng tôi đề xuất một quy trình phân tích vi nhựa trong mẫu cá (Hình 2).



Hình 2. Quy trình phân tích các vi nhựa (MPs) trong mẫu cá

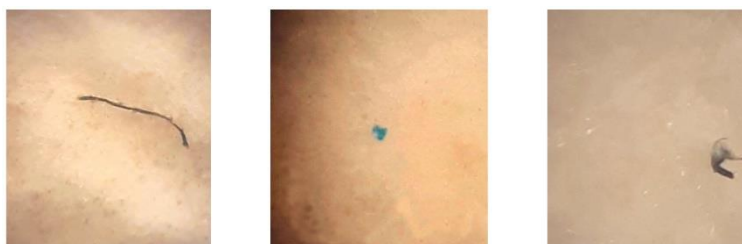
3.4 Xác định hàm lượng MPs trong cá nục (Decapterus lajang) tiêu thụ ở thành phố Huế

Kết quả phân tích hàm lượng MPs trong các mẫu cá nục thu thập ở chợ thương mại ở thành phố Huế được trình bày ở Bảng 5. Nhìn chung, mức tích lũy vi nhựa trong cá nục khảo sát không quá cao và cũng không quá thấp so với kết quả đối với các loài cá khác trên thế giới. Nghiên cứu gần đây nhất của Zhu và cs. [26] cho thấy sự có mặt của MPs trong tất cả các mẫu cá (lấy ở các độ sâu khác nhau) tại biển Đông với hàm lượng trung bình là chưa đến 2 hạt/g mẫu. Hình ảnh một số hạt/sợi MPs trên Hình 3 cho thấy các loại MPs khác nhau về kích thước, màu sắc và hình dạng. Do đó, cần có nghiên cứu sâu hơn về phân tích cấu trúc để xác định các loại hạt/sợi MPs nhằm góp phần dự đoán nguồn gốc ô nhiễm vi nhựa trong các mẫu nghiên cứu để có những giải pháp giảm thiểu thích hợp.

Bảng 5. Hàm lượng MPs trong cá nục tiêu thụ ở Thành phố Huế^(a)

Mẫu ^(b)	CN1	CN2	CN3	CN4	Trung bình
Hạt/g ww	1,0	1,0	1,3	1,0	1,1 ± 0,2
Hạt/cá thể	65,6	70,8	77,3	47,9	65,4 ± 12,6

^(a) Điều kiện thí nghiệm: KOH 10% dùng để phân hủy mẫu cá với tỉ lệ thể tích (mL)/khối lượng (g) v/w tương ứng là 10:1 (10 mL KOH 10% tương ứng với 1 g mẫu); nhiệt độ tủ sấy: 40 °C; thời gian: 48 giờ; dung dịch tách nổi polymer là NaCl 2 M; ^(b) Các mẫu được lấy vào tháng 3/2020.



Hình 3. Một số hình ảnh MPs trong các mẫu cá nghiên cứu

4 Kết luận

Phương pháp phân hủy mẫu cá trong dung dịch KOH 10% theo tỉ lệ phản ứng tương ứng 10:1 v/w (10 mL KOH 10% tương đương với 1,0 g mẫu cá đã xay nhuyễn) ở 40 °C trong 48 giờ đã được lựa chọn. Phương pháp này có thể áp dụng để phân tích thành công hàm lượng các vi nhựa trong cá. Tuy số liệu phân tích mẫu thực tế chưa nhiều, nhưng có thể thấy rằng vi nhựa tồn tại trong các mẫu cá khảo sát là điều đáng quan tâm và báo động. Ngoài ra, kết quả xác định MPs trong các mẫu cá khảo sát cũng cho thấy có nhiều loại MPs khác nhau (hình dáng, màu sắc). Do đó, mở rộng nghiên cứu sâu hơn về vi nhựa trong cá nói riêng và thực phẩm nói chung là rất cần thiết nhằm có cái nhìn bao quát về nhiễm bẩn vi nhựa trong thực phẩm để kịp thời có những giải pháp khuyến cáo thích hợp.

Thông tin tài trợ

Công trình được thực hiện với sự tài trợ kinh phí của Đại học Huế (Đề tài mã số DHH2020-01-171).

Tài liệu tham khảo

1. Carpenter EJ, Smith KL. Plastics on the Sargasso sea surface. *Science*. 1972;175(4027):1240-1241.
2. Eriksen M, Lebreton LC, Carson HS, Thiel M, Moore CJ, Borerro JC, et al. Plastic pollution in the world's oceans: more than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PloS One*. 2014; 9(12):e111913.
3. Frère L, Paul-Pont I, Rinnert E, Petton S, Jaffré J, Bihannic I, et al. Influence of environmental and anthropogenic factors on the composition, concentration and spatial distribution of microplastics: a case study of the Bay of Brest (Brittany, France). *Environmental Pollution*. 2017;225:211-222.
4. Peters CA, Bratton SP. Urbanization is a major influence on microplastic ingestion by sunfish in the Brazos River Basin, Central Texas, USA. *Environmental Pollution*. 2016;210:380-387.
5. FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture [internet]. Rome: Programming and Documentation Service of the FAO Conference, Council and Protocol Affairs Division; 2016. 200 p. Available from: <http://www.fao.org/3/a-i5555e.pdf>
6. Avio CG, Gorbi S, Milan M, Benedetti M, Fattorini D, d'Errico G, et al. Pollutants bioavailability and toxicological risk from microplastics to marine mussels. *Environmental Pollution*. 2015;198:211-222.
7. Brate ILN, Eidsvoll DP, Steindal CC, Thomas KV. Plastic ingestion by Atlantic cod (*Gadus morhua*) from the Norwegian coast. *Marine Pollution Bulletin*. 2016;112 (1-2):105-110.
8. Compa C, Ventero A, Iglesias M, Deudero S. Ingestion of microplastics and natural fibres in *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792) and *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) along the Spanish Mediterranean coast. *Marine Pollution Bulletin*. 2018;128:89-96.
9. Naji A, Nuri M, Vethaak AD. Microplastics contamination in molluscs from the northern part of the Persian Gulf. *Environmental Pollution*. 2018;235:113-120.
10. Avio CG, Gorbi S, Regoli F. Plastics and microplastics in the oceans: from emerging pollutants to emerged threat. *Marine Environmental Research*. 2017;128:2-11.
11. Hartmann NB, Rist S, Bodin J, Jensen LHS, Schmidt SN, Mayer P, et al. Microplastics as vectors for environmental contaminants: exploring sorption, desorption, and transfer to biota. *Integrated Environmental Assessment and Management*. 2017;13(3):488-493.
12. Teuten EL, Saquing JM, Knappe DR, Barlaz MA, Jonsson S, Björn, A et al. Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 2009; 364:2027-2045.
13. Renzi M, Guerranti C, Blašković A. Microplastic contents from maricultured and natural mussels. *Marine Environmental Research*. 2018;131:248-251.
14. Bouwmeester H, Hollman PCH, Peters RJB. Potential health impact of environmentally released micro- and nano-plastics in the human food production chain: experiences from nanotoxicology. *Environmental Science & Technology*. 2015;49:8932-8947.

15. Thermo Fisher Scientific. Chemical Compatibility Guide. 2016.
16. Collard F, Gilbert B, Eppe G, Parmentier E, Das K. Detection of anthropogenic particles in fish stomachs: an isolation method adapted to identification by Raman spectroscopy. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*. 2015;69:331-339.
17. Vandermeersch G, van Cauwenberghe L, Janssen CR, Marques A, Granby K, Fait Gr, et al. A critical view on microplastic quantification in aquatic organisms. *Environmental Research*. 2015;143:46-53.
18. Foekema EM, De Grijter C, Mergia MT, van Franeker JA, Murk AJ, Koelmans AA. Plastic in north sea fish. *Environmental Science & Technology*. 2013;47:8818-8824.
19. Rochman CM, Tahir A, Williams SL, Baxa DV, Lam R, Miller JT, et al. Anthropogenic debris in seafood: plastic debris and fibers from textiles in fish and bivalves sold for human consumption. *Scientific Reports*. 2015;5:14340. 2015.
20. Nuelle M-T, Dekiff JH, Remy D, Fries E. A new analytical approach for monitoring microplastics in marine sediments. *Environmental Pollution*. 2014;184:161-169.
21. Cole M, Webb H, Lindeque PK, Fileman ES, Halsband C, Galloway TS. Isolation of microplastics in biota-rich seawater samples and marine organisms. *Scientific Reports*. 2015;4:4528.
22. Li J, Yang D, Li L, Jabeen K, Shi H. Microplastics in commercial bivalves from China. *Environmental Pollution*. 2015;207:190-195.
23. Claessens M, Van Cauwenberghe L, Vandegehuchte MB, Janssen CR. New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms. *Marine Pollution Bulletin*. 2013;70:227-233.
24. Karami A, Golieskardi A, Ho YB, Larat V, Salamatinia B. Microplastics in eviscerated flesh and excised organs of dried fish. *Scientific Reports*. 2017;7:5473.
25. Zhu L, Wang H, Chen B, Sun X, Qu K, Xia B. Microplastic ingestion in deep-sea fish from the South China Sea. *Science of The Total Environment*. 2019;677:493-501.