TÁCH LOẠI CÁC PHẨM NHUỘM CATION XANH METYLEN VÀ TÍM TINH THỂ TRONG NƯỚC SỬ DỤNG ĐÁ ONG BIẾN TÍNH BẰNG CHẤT HOẠT ĐỘNG BỀ MẶT ANION

Đến toà soạn 20-12-2019

Ngô Thị Mai Việt, Dương Thị Tú Anh
Khoa Hóa học – Trường Đại học Sư phạm Thái Nguyên

SUMMARY

REMOVAL OF CATIONIC DYES METHYLENE BLUE AND CRYSTAL VIOLET FROM AQUEOUS SOLUTION USING ANIONIC SURFACTANT MODIFIED LATERITE SOIL

This paper focus on removal of cationic dyes methylene blue (MB) and crystal violet (CV) from aqueous solution by using anionic surfactant modified laterite soil. The BET surface area and the point of zero charge of the material were determined as 54.02 m^2/g and 5.73, respectively. The FT-IR spectras of the material after sequential adsorption of MB and CV were studied. The concentration of MB and CV was measured by molecular absorption spectrometry method. Some optimum conditions for measuring MB and CV by the method were systematically studied and found as wave length 663 nm, pH 2 for MB; 590 nm, pH 3 for CV. The results indicated that some ions such as Fe^{3+}; Al^{3+}; Ca^{2+}; Zn^{2+}... reduced MB and CV adsorption capacity of the material. The removal efficiency of MB and CV using SDS modified laterite soil is always higher than that using laterite soil. Fixed – bed column adsorption capacity for MB and CV is 11.26 mg/g và 13.66 mg/g (at flow speed of 2.0 mL/min and MB concentration is 14.09 mg/L; CV concentration is 16.05 mg/L), respectively. The solution of 0.01 M HCl was used for elution MB and CV with effective elution is greater than 95%. The MB content of a waste water sample is removed.

1. MỞ ĐẦU

Phẩm nhuộm được sử dụng rộng rãi trong các ngành công nghiệp như dệt may, cao su, giấy, nhựa… Do tính tan cao, các phẩm nhuộm là nguồn gây ô nhiễm nước. Việc thải nước chứa phẩm nhuộm chưa qua xử lý vào các nguồn nước tự nhiên như ao, hồ, sông, suối… sẽ làm nhiễm độc các sinh vật sống trong nước do chúng cản trở sự hấp thụ oxy và ánh sáng mặt trời, gây bất lợi cho sự hô hấp, sinh trưởng của các loại thuỷ sinh, tác động xấu đến khả năng phân giải của vi sinh đối với các chất hữu cơ trong nước và phá hủy cảnh quan môi trường tự nhiên. Các thử nghiệm trên cá và các loại thủy sinh của hơn 3000 thuốc nhuộm nằm trong tất cả các nhóm từ không độc, độc vừa, rất độc đến cực độc cho thấy có khoảng 37% thuốc nhuộm gây độc cho cá và thủy sinh và 2% thuốc nhuộm ở mức độ rất độc và cực độc cho cá và thủy sinh [1-3]. Xanh metylen và tím tinh thể thuộc loại phẩm nhuộm cation, được sử dụng rộng rãi trong các ngành nhuộm vải, giấy, nilon, da, gỗ; sản xuất mực in... Xanh metylen cũng như đa số các phẩm nhuộm khác, rất khó phân hủy khi thải ra môi trường, có thể gây tổn thương vĩnh viễn cho đôi mắt của con người, động vật cũng như thủy sản. Ngoài ra, chúng cũng có thể gây kích ứng đường tiêu hóa

với các triệu chứng buồn nôn, tiêu chảy và gây kích ứng da cho con người [7, 9]. Bởi vậy, việc tìm ra phương pháp loại bỏ các phẩm nhuộm ra khỏi môi trường nước có ý nghĩa hết sức to lớn. Cho đến nay, phương pháp hấp phụ vẫn được lựa chọn và mang lại hiệu quả cao trong việc xử lý nguồn nước ô nhiễm nói chung và ô nhiễm phẩm nhuộm nói riêng [4, 6, 7, 9-11]. Đá ong tự nhiên có đặc tính hấp phụ. Tuy nhiên việc dùng đá ong tự nhiên để hấp phụ các phẩm nhuộm cation như xanh metylen hay tím tinh thể là không hiệu quả do đá ong là dương điện trong vùng pH < 7,4. Vì vậy, biến tính đá ong nói riêng và các loại vật liệu hấp phụ khác nói chung bằng chất hoạt động bề mặt hay các polime có bản chất anion để hấp phụ các chất độc hại dạng cation trong nước là hướng nghiên cứu thu hút được sự quan tâm của nhiều nhà khoa học [12-14]. Bài báo này trình bày khả năng tách loại xanh metylen và tím tinh thể của vật liệu đá ong biến tính bằng chất hoạt động bề mặt có bản chất anion sodium dedocyl sunfate (SDS).

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Hóa chất

2.2. Thiết bị

Máy quang phổ hấp thụ phân tử UV 1700 (Shimadzu – Nhật Bản); Cân điện tử 4 số Presisa XT120A-Switland; Máy đo pH 2 số Presisa 900 (Thuỵ Sĩ); Tủ sấy Jeitech (Hàn Quốc); Máy lắc H4Y (Trung Quốc); Máy ly tâm 800B (Trung Quốc).

2.3. Chế tạo vật liệu

Do đá ong tự nhiên có điểm đẳng điện là 7,4 [14] nên ở vùng pH < 7,4 đá ong sẽ tích điện dương. SDS là chất hoạt động bề mặt anion và có khả năng tạo micell [8] nên chúng tôi sử dụng SDS làm tác nhân biến tính đá ong. Qúa trình biến tính đá ong bằng chất hoạt động bề mặt được trình bày trong nghiên cứu trước đây của chúng tôi [14].

2.4. Thí nghiệm hấp phụ

Thực hiện các thí nghiệm hấp phụ theo phương pháp tĩnh và động ở nhiệt độ phòng. Các thí nghiệm được trình bày cụ thể trước mỗi kết quả nghiên cứu (mục III).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

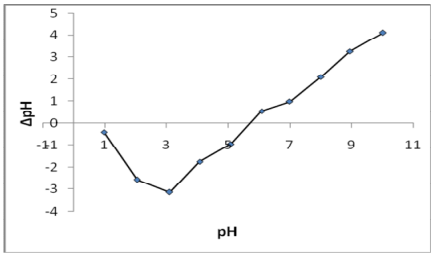
3.1. Một số đặc trưng hóa lý của vật liệu

Kết quả phân tích vật liệu bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD) và quang phổ hồng ngoại (IR) đã được chúng tôi trình bày trong [12]. Trong bài báo này, chúng tôi xác định diện tích bề mặt riêng và điểm đẳng điện của vật liệu. Diện tích bề mặt riêng của vật liệu được xác định theo phương pháp BET là: 54,02 m^2/g. Diện tích bề mặt riêng của đá ong tự nhiên là 68,03 m^2/g. Như vậy, việc biến tính đá ong tự nhiên bằng cách hấp phụ chất hoạt động bề mặt có bản chất anion là SDS đã thành công (làm giảm diện tích bề mặt riêng của đá ong tự nhiên từ 68,03 m^2/g xuống 54,02 m^2/g).

Việc xác định điểm đẳng điện cũng khẳng định sự thành công của quá trình biến tính vật liệu. Chuẩn bị 11 bình nón chứa 50 mL dung dịch NaCl 0,1M sau đó điều chỉnh pH của các dung dịch (pH ban đầu-$pH_{bđ}$) tăng dần từ 1 ÷ 10 bằng dung dịch NaOH hoặc HCl. Tiến hành cho vào các bình 1 gam vật liệu. Để yên các dung dịch trong 48h sau đó xác định lại pH của các dung dịch, giá trị pH này gọi là pH cân bằng (pH_{cb}). △pH là hiệu số giữa giá trị $pH_{bđ}$ và giá trị pH_{cb}. Vẽ đồ thị biểu diễn sự phụ thuộc của △pH vào $pH_{bđ}$, điểm giao nhau giữa đường cong với tọa độ mà tại đó △pH = 0 cho ta giá trị điểm đẳng điện của vật liệu.Kết quả xác định điểm đẳng điện của đá ong biến tính được thể hiện trong bảng 1 và hình 1.

Bảng 1. Xác định điểm đẳng điện của vật liệu

$pH_{bđ}$	0,98	2,06	3,11	4,08	5,09	6,10	7,00	8,02	8,96	10,03
pH_{cb}	1,39	4,63	6,25	5,83	6,03	5,55	6,02	5,93	5,70	5,93
ΔpH	-0,41	-2,57	-3,14	-1,75	-0,94	0,55	0,98	2,09	3,26	4,10

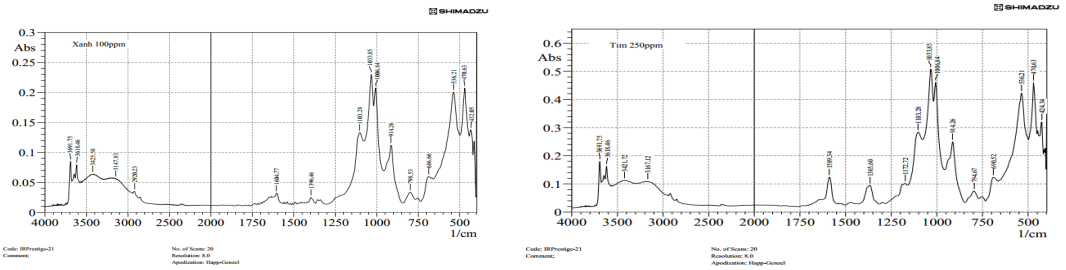


Hình 1. Điểm đẳng điện của vật liệu

Kết quả nghiên cứu cho thấy, giá trị điểm đẳng điện (pI) của vật liệu là 5,73. Điều này chứng tỏ quá trình biến tính đá ong bằng SDS là thành công do làm giảm điểm đẳng điện của đá ong tự nhiên.

3.2. Phổ hồng ngoại của vật liệu sau khi hấp phụ MB và CV

Phổ hồng ngoại của vật liệu sau khi hấp phụ MB và CV được trình bày trong hình 2.



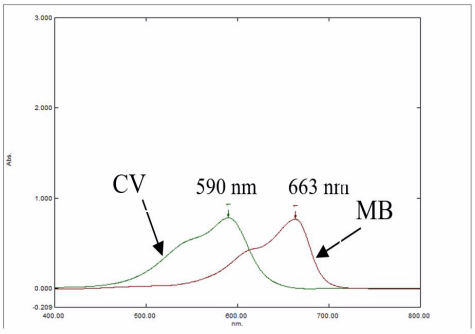
Hình 2. Phổ hồng ngoại của vật liệu sau khi hấp phụ MB (trái) và CV (phải)

Phổ hồng ngoại của vật liệu sau khi hấp phụ MB và CV xuất hiện vân phổ tại bước sóng 2920 cm^{-1} được quy gán cho dao động bất đối xứng của nhóm -CH_3 trong liên kết với vòng benzen [5]. Ngoài ra, các vân phổ của nhóm -CH_2- ở bước sóng 2926,01 cm^{-1} và 2854,65 cm^{-1} trong phổ hồng ngoại của đá ong biến tính không tìm thấy trong phổ hồng ngoại của vật liệu sau khi hấp phụ các cation chất màu. Kết quả này cho thấy, các cation chất màu đã được hấp phụ trên bề mặt của đá ong biến tính.

3.3. Điều kiện xác định xanh metylen và tím tinh thể bằng phương pháp UV-Vis

3.3.1. Khảo sát bước sóng

Tiến hành quét dải bước sóng của dung dịch MB và CV có nồng độ 5ppm trong vùng từ 400 nm đến 800 nm trên máy UV 1700 của hãng Shimadzu - Nhật Bản, chúng tôi thu được kết quả trong hình 3.

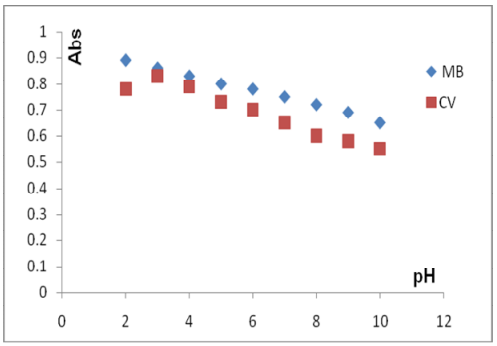


Hình 3. Dải bước sóng xác định MB và CV bằng phương pháp UV-Vis

Kết quả ở hình 3 cho thấy, tại bước sóng 663 nm và 590 nm thì độ hấp thụ quang của dung dịch MB và CV là cao nhất. Do đó, trong các thí nghiệm tiếp theo, chúng tôi sử dụng bước sóng 663 nm và 590 nm để đo phổ UV - Vis của các dung dịch xanh metylen và tím tinh thể.

3.3.2. Khảo sát pH

Trên cơ sở bước sóng đã lựa chọn, chúng tôi khảo sát sự ảnh hưởng của pH đến độ hấp thụ quang của dung dịch MB và CV (có cùng nồng độ là 5 ppm). Kết quả khảo sát được trình bày trong hình 4.

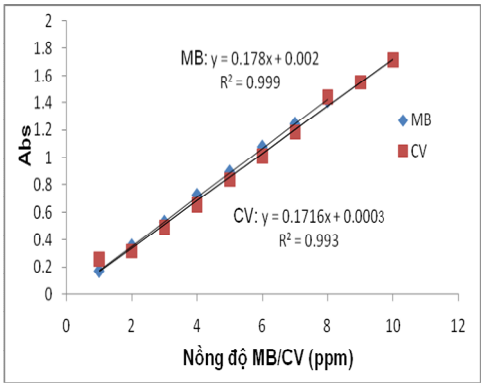


Hình 4. Ảnh hưởng của pH đến phép xác định MB và CV bằng phương pháp UV-Vis

Kết quả nghiên cứu cho thấy, độ hấp thụ quang của dung dịch xanh metylen và tím tinh thể đạt giá trị cực đại lần lượt tại pH 2 và pH 3. Trên cơ sở kết quả thu được, chúng tôi lựa chọn giá trị pH tối ưu cho phép đo UV – Vis của dung dịch xanh metylen là 2, của dung dịch tím tinh thể là 3.

3.3.3. Xây dựng đường chuẩn xác định MB và CV

Dựa trên kết quả về bước sóng và pH đã khảo sát, chúng tôi xây dựng đường chuẩn xác định xanh metylen và tím tinh thể. Kết quả được trình bày hình 5.



Hình 5. Đường chuẩn xác định MB và CV bằng phương pháp UV-Vis

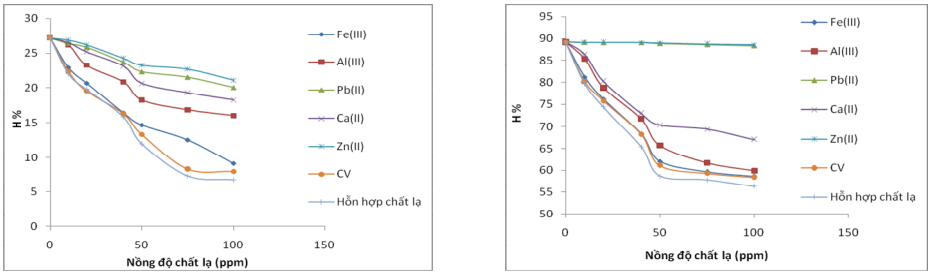
Từ đường chuẩn, xác định được giới hạn phát hiện (LOD) và giới hạn định lượng (LOQ) MB và CV theo phương pháp UV-Vis lần lượt là: 0,15 ppm và 0,50 ppm (MB); 0,76 ppm và 2,53 ppm (CV). Chúng tôi sử dụng đường chuẩn đã xây dựng được để xác định nồng độ của các dung dịch MB và CV trước và sau khi hấp phụ trên vật liệu.

3.4. Tách loại MB và CV trong nước

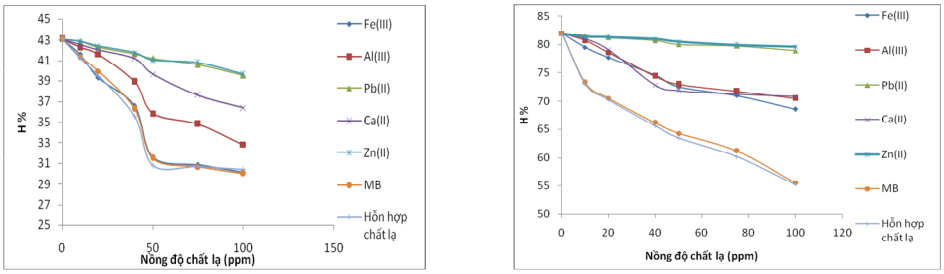
Mục đích của quá trình nghiên cứu là hướng đến việc tách loại MB và CV có trong mẫu thực và đánh giá hiệu quả tách loại MB và CV của đá ong biến tính so với đá ong tự nhiên. Tuy nhiên do trong mẫu thực còn chứa nhiều các chất khác ngoài các phẩm nhuộm nghiên cứu nên trước tiên chúng tôi tiến hành nghiên cứu sự ảnh hưởng của các chất lạ có thể có trong mẫu thực đến khả năng hấp phụ MB và CV của đá ong biến tính và đá ong tự nhiên. Kết quả nghiên cứu được trình bày trong mục III.4.1.

3.4.1. Ảnh hưởng của chất lạ đến khả năng hấp phụ xanh metylen và tím tinh thể của vật liệu

Do khi phân tích mẫu thực tế chúng tôi nhận thấy, ngoài phẩm nhuộm, trong mẫu còn chứa các cation kim loại như: Al^{3+}, Fe^{3+}, Zn^{2+}, Mg^{2+},... Vì vậy chúng tôi khảo sát sự ảnh hưởng của các ion này đến khả năng hấp phụ MB và CV của vật liệu. Quá trình khảo sát được tiến hành như sau: pha dung dịch MB (CV) với sự có mặt của từng ion Al^{3+}, Fe^{3+}, Zn^{2+}, Mg^{2+}, Pb^{2+}, Ca^{2+} và CV (MB) hoặc hỗn hợp các chất này. Cho 50 mL các dung dịch trên lần lượt vào các bình tam giác chứa 0,25 gam vật liệu đã được đánh số sao cho nồng độ của các chất lạ thay đổi từ 10 ÷ 100 ppm. Lắc các dung dịch ở nhiệt độ phòng với tốc độ 150 vòng/phút trong các điều kiện đã tối ưu về thời gian lắc và pH của môi trường [4]. Dùng máy li tâm để tách chất rắn ra khỏi dung dịch. Dựa vào đường chuẩn để xác định nồng độ của MB hoặc CV trong dung dịch trước và sau khi hấp phụ trên vật liệu.



Hình 6. Ảnh hưởng của các chất lạ đến hiệu suất hấp phụ MB của đá ong tự nhiên (trái) và đá ong biến tính (phải)



Hình 7. Ảnh hưởng của các chất lạ đến hiệu suất hấp phụ CV của đá ong tự nhiên (trái) và đá ong biến tính (phải)

Kết quả thực nghiệm cho thấy, trong vùng nồng độ khảo sát, các ion kim loại và chất màu có ảnh hưởng tới khả năng hấp phụ MB và CV của các vật liệu. Khi nồng độ các chất lạ càng tăng thì khả năng hấp phụ MB và CV của vật liệu càng giảm. Nguyên nhân là do sự có mặt của các chất lạ đã gây ra sự hấp phụ cạnh tranh, do đó các chất lạ bị hấp phụ một phần, đồng thời ngăn cản sự hấp phụ MB và CV của vật liệu dẫn đến dung lượng và hiệu suất hấp phụ MB và CV của vật liệu giảm. Mặt khác kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, ion Fe^{3+}có ảnh hưởng lớn nhất đến khả năng hấp phụchất màu của vật liệu, tiếp đến là ion Al^{3+}, Ca^{2+}, Pb^{2+}, Zn^{2+}. Điều này là phù hợp với lý thuyết về hấp phụ. Thông thường, khi hấp phụ các ion kim loại trên các vật liệu thì ion nào có điện tích càng lớn sẽ bị hấp phụ càng mạnh. Trong trường hợp các ion có cùng điện tích thì ion nào có bán kính hydrat nhỏ hơn sẽ bị hấp phụ mạnh hơn. Các kết quả cũng chứng minh rằng, hiệu suất hấp phụ MB và CV của đá ong biến tính luôn cao hơn so với đá ong tự nhiên. Điều này khẳng định việc biến tính đá ong bằng chất hoạt động bề mặt có bản chất anion rất hiệu quả cho quá trình tách loại các phẩm nhuộm cation.

3.4.2. Nghiên cứu khả năng hấp phụ xanh metylen và tím tinh thể của vật liệu theo phương pháp hấp phụ động

Quá trình nghiên cứu khả năng hấp phụ MB và CV của vật liệu theo phương pháp hấp phụ động được tiến hành như sau: lần lượt cho 1800 mL dung dịch MB và 1700 mL dung dịch tím tinh thể có nồng độ ban đầu lần lượt là 14,09 mg/L và 16,05 mg/L được cố định ở pH = 7,0 (đối với MB) và pH = 6,0 (đối với CV) đi qua 2 cột hấp phụ (đường kính của cột hấp phụ là 1 cm và chiều dài của cột hấp phụ là 25 cm) chứa 1 gam vật liệu với tốc độ dòng 2,0 mL/phút. Sau mỗi phân đoạn thể tích, xác định lại nồng độ của MB và CV trong dung dịch đi ra khỏi cột hấp phụ cho đến khi cột đạt cân bằng hấp phụ. Từ đó tính hàm lượng của MB và CV thoát ra sau mỗi phân đoạn thể tích. Kết quả nghiên cứu được trình bày trong bảng 2.

Bảng 2. Hàm lượng của xanh metylen và tím tinh thể sau mỗi phân đoạn thể tích

Số lần cho dung dịch qua cột	V(mL) dd qua cột tính từ lần 1	Hàm lượng MB (mg) thoát ra sau mỗi phân đoạn thể tích (C_0 = 14,09 mg/L)	Hàm lượng CV (mg) thoát ra sau mỗi phân đoạn thể tích (C_0 = 16,05 mg/L)
1	100	0	0
2	200	0	0
3	300	0,093	0,089
4	400	0,286	0,224
5	500	0,362	0,336
6	600	0,415	0,444
7	700	0,560	0,522
8	800	0,636	0,668
9	900	0,742	0,722
10	1000	0,834	0,858
11	1100	0,980	1,014
12	1200	1,162	1,234
13	1300	1,248	1,370
14	1400	1,291	1,443
15	1500	1,326	1,511
16	1600	1,370	1,581
17	1700	1,392	1,610
18	1800	1,401	-
Tổng hàm lượng phẩm nhuộm có trong mẫu		25,36	27,29
Tổng hàm lượng phẩm nhuộm thoát ra		14,1	13,63
Dung lượng hấp phụ trên cột (mg/g)		11,26	13,66

Như vậy, dung lượng hấp phụ xanh metylen và tím tinh thể trên cột lần lượt là 11,26 mg/g và 13,66 mg/g. Thông thường, dung lượng hấp phụ động đạt tối đa là 70% so với dung lượng hấp phụ tĩnh khi các điều kiện thí nghiệm là tương đương nhau (kích thước hạt vật liệu, pH, thời gian tiếp xúc giữa dung dịch nghiên cứu và vật liệu…). Do kích thước hạt vật liệu được sử dụng cho quá trình hấp phụ động lớn hơn so với kích thước hạt vật liệu được sử dụng cho các thí nghiệm hấp phụ tĩnh, và có thể do tốc độ chạy động là tương đối nhanh (2,0mL/phút) nên dung lượng hấp phụ động của xanh metylen chiếm khoảng 44% và của tím tinh thể chỉ chiếm khoảng 23% so với dung lượng hấp phụ tĩnh [4].

3.4.3. Nghiên cứu khả năng giải hấp

Sử dụng dung dịch HCl 0,01M để giải hấp MB và CV được hấp phụ trên cột, chúng tôi thu được các kết quả trong bảng 3.

Bảng 3. Hiệu suất giải hấp xanh metylen và tím tinh thể

Phân đoạn thể tích HCl V (mL)		5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Hiệu suất giải hấp (%)	MB	13,52	29,37	44,92	58,16	70,28	78,50	84,26	89,64	93,48	95,12
	CV	16,35	35,52	51,38	64,82	75,15	84,66	92,47	96,24	-	-

Với kết quả thu được, nhận thấy: dung dịch HCl 0,01 M có thể dùng để giải hấp khá tốt các phẩm nhuộm. Với 50 mL HCl 0,01 M có thể giải hấp trên 95% lượng MB hấp phụ trên cột trong khi hiệu suất giải hấp CV đạt trên 96% ứng với 40 mL HCl 0,01 M. Hiệu suất giải hấp CV cao hơn MB có thể là do phân tử CV phân cực hơn MB nên sự trao đổi giữa ion H^+ của dung dịch HCl với cation CV xảy ra nhanh và thuận lợi hơn so với MB.

3.4.4. Xử lý mẫu nước thải chứa MB

Mẫu nước thải chứa phẩm nhuộm được lấy tại Cơ sở nhuộm Hải Đăng, địa chỉ: Số 48 Phố Lụa, phường Vạn Phúc, quận Hà Đông, Hà Nội vào lúc $10^h30'$ ngày 09/4/2018. Quá trình lấy mẫu, xử lí mẫu và bảo quản mẫu được thực hiện theo đúng quy định. Tiến hành đo độ hấp thụ quang của mẫu nước thải và dựa vào đường chuẩn để xác định nồng độ của MB và CV trong dung dịch, chúng tôi nhận thấy: tại bước sóng 590 nm (bước sóng đặc trưng xác định tím tinh thể) không xuất hiện pic, tại bước sóng 663 nm (bước sóng xác định xanh metylen) có xuất hiện pic với độ hấp thụ quang là 0,256. Dựa vào đường chuẩn, chúng tôi xác định được nồng độ của MB trong mẫu nước thải theo phương pháp đường chuẩn là 1,426 mg/L. Tuy nhiên, đồ thị quét dải bước sóng của mẫu nước thải không chỉ xuất hiện pic duy nhất ở 663 nm mà còn xuất hiện các pic khác tại 535 nm, 626 nm chứng tỏ trong mẫu nước thải còn chứa các chất màu khác. Vì vậy, việc xác định nồng độ MB theo phương pháp đường chuẩn có thể không chính xác, do đó chúng tôi tiến hành xác định lại nồng độ MB theo phương pháp thêm chuẩn và xác định được nồng độ của MB trong mẫu nước thải là 1,78 mg/L. Chúng tôi cũng xác định nồng độ CV theo phương pháp thêm chuẩn, kết quả cho thấy trong mẫu nước thải không chứa CV.

Tiến hành xử lí MB trong mẫu nước thải theo quy trình sau: Cho 1 lít nước thải chứa MB chảy qua cột hấp phụ (đường kính của cột hấp phụ là 1 cm và chiều dài là 25 cm) chứa 1 gam vật liệu với tốc độ dòng 2,0 mL/phút. Sau mỗi phân đoạn thể tích, xác định lại nồng độ của MB trong dung dịch đi ra khỏi cột cho đến khi cột đạt cân bằng hấp phụ, từ đó tính hàm lượng của MB thoát ra sau mỗi phân đoạn thể tích. Kết quả xử lý mẫu nước thải chứa MB theo phương pháp hấp phụ động được trình bày trong bảng 4.

Bảng 4. Hàm lượng của xanh metylen trong mẫu nước thải sau mỗi phân đoạn thể tích

Số lần cho dung dịch qua cột	**V(mL) dung dịch qua cột tính từ lần 1**	**Hàm lượng MB (mg) thoát ra sau mỗi phân đoạn thể tích (C_0 = 1,78 mg/L)**
1	100	0,004
2	200	0,020
3	300	0,037
4	400	0,057
5	500	0,065
6	600	0,082
7	700	0,094
8	800	0,115
9	900	0,149
10	1000	0,170
Tổng hàm lượng MB có trong mẫu		1,780
Tổng hàm lượng MB thoát ra		0,793
Dung lượng hấp phụ trên cột (mg)		0,987

Kết quả cho thấy dung lượng hấp phụ xanh metylen trong mẫu nước thải (0,987 mg/g) thấp hơn nhiều so với mẫu giả (11,26 mg/g). Điều này được giải thích là do trong mẫu thực, ngoài xanh metylen còn có nhiều ion kim loại và chất màu khác nên xảy ra sự hấp phụ cạnh tranh, từ đó làm giảm khả năng hấp phụ xanh metylen của vật liệu. Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, hoàn toàn có thể sử dụng đá ong biến tính bằng chất hoạt động bề mặt có bản chất anion để hấp phụ các cation phẩm nhuộm.

4. KẾT LUẬN

1. Đã xác định được diện tích bề mặt riêng và điểm đẳng điện của đá ong biến tính. Kết quả thu được chứng tỏ việc biến tính đá ong bằng chất hoạt động bề mặt SDS là thành công.
2. Đã nghiên cứu phổ hồng ngoại của vật liệu sau khi hấp phụ MB và CV. Kết quả cho thấy MB và CV đã được hấp phụ trên vật liệu.
3. Đã nghiên cứu một số điều kiện tối ưu đo phổ UV-Vis của dung dịch MB và CV, đó là bước sóng và pH của dung dịch đo (663 nm, pH 2 đối với MB; 590 nm, pH 3 đối với CV).
3. Các ion Al^{3+}, Fe^{3+}, Zn^{2+}, Mg^{2+},... làm giảm khả năng hấp phụ MB và CV của đá ong tự nhiên và đá ong biến tính. Hiệu suất hấp phụ MB và CV của đá ong biến tính luôn cao hơn so với đá ong tự nhiên.
4. Dung lượng hấp phụ động MB và CV trên cột vật liệu đá ong biến tính đạt 11,26 mg/g và 13,66 mg/g.
5. Sử dụng 50 mL dung dịch HCl 0,01M giải hấp được trên 95% lượng MB; 40 mL dung dịch HCl 0,01M giải hấp được trên 96% lượng CV hấp phụ trên cột vật liệu.
6. Đã tách loại MB có trong một mẫu nước thải dệt nhuộm.

Lời cảm ơn: *Cảm ơn đề tài CS-2019-01 đã tài trợ kinh phí cho nghiên cứu này*

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Cục Thẩm định và Đánh giá tác động môi trường, Tổng cục môi trường (2009), *Hướng dẫn lập báo cáo đánh giá tác động môi trường dự án dệt nhuộm*, Hà Nội.
2. Đặng Trấn Phòng (2004), *Sinh thái và môi trường trong dệt nhuộm*, NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
3. Đặng Trấn Phòng, Trần Hiếu Nhuệ (2005), *Xử lí nước cấp và nước thải dệt nhuộm*, NXB Khoa học kĩ thuật, Hà Nội.
4. Trương Thị Hoa, Phạm Thị Quỳnh, Ngô Thị Mai Việt (2018), *Hấp phụ xanh metylen và tím tinh thể trên đá ong biến tính bằng chất hoạt động bề mặt*, Tạp chí Phân tích Hóa, Lý và Sinh học, T - 23, số 2, trang 84-92
5. Nguyễn Đình Triệu (1999), *Các phương pháp vật lí ứng dụng trong hóa học*, NXB Đại học Quốc Gia Hà Nội.
6. Asok Adak, Manas Bandyopadhyay, Anjali Pal (2006), *Fixed bed column study for the removal of crystal violet (C. I. Basic Violet 3) dye from aquatic environment by surfactant-modified alumina*, Dyes and Pigments 69, pp. 245-251.
7. A. Gurses, S. Karaca, C. Dogar, R. Bayrak, M. Acikyildiz, and M. Yalcin (2003), *Determination of adsorptive properties of clay/water system: methylene blue sorption*,Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 269, pp. 310 – 314.
8. Hongshu Zhang, Shiling Yuan, Jichao Sun, Jianqiang Liu,Haiping Li, Na Du, Wanguo Hou (2017), *Molecular Dynamics Simulation of Sodium Dodecylsulfate (SDS) Bilayers*, Journal of Colloid and Interface Science.
9. Martin A. Schoonen, Jan M.T. Schoonen (2014), *Removal of crystal violet from aqueous solutions using coal,* Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 422, pp. 1–8.
10. M.A.M. Salleh, D.K. Mahmoud, W.A.W.A. Karim, A. Idris (2011), *Cationic and anionic dye adsorption by agricultural solid wastes: A comprehensive review*, Desalination, Vol.280, No.1, pp.1-13.
11. Mohammad S. El-Geundi (1991), *Colour removal from textile effluents by adsorption techniques*, Water Research, Vol.25, No.3, pp.271-273.
12. Pham Thu Thao, Pham Tien Duc (2018), *Adsorptive removal of Rhodamine B using sodium dodecyl sulfate modified laterite soil*, Vietnam Journal of Science and Technology, Vol 56 (6), pp. 706-713.
13. Thi Phuong Minh Chu, et al. (2019), *Synthesis, characterization, and modification of alumina nanoparticales for cationic dye removal*, Materials, 12, 450, pp. 1-15.
14. Tien Duc Pham, Hoang Hiep Nguyen, Ngoc Viet Nguyen, Thanh Tu Vu, Thi Ngoc Mai Pham, Thi Hai Yen Doan, Manh Ha Nguyen, and Thi Mai Viet Ngo (2017), *Adsorptive Removal of Copper by Using Surfactant Modified Laterite Soil*, Journal of Chemistry, vol. 2017, pp. 1–10.