

NGHIÊN CỨU PHÂN HỦY MÀU NHUỘM DƯỚI SỰ HỖ TRỢ CỦA SIÊU ÂM

Bùi Mạnh Hà¹, Bùi Nguyễn Hoàng Trinh², Lê Ngọc Thạch³

¹*Viện Môi trường và Tài nguyên, Đại học Quốc gia Tp. HCM*

²*Khoa Môi trường, Đại học Yersin Đà Lạt*

³*Khoa Hóa học, Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Tp. HCM*

Đến Tòa soạn ngày: 10/11/2009

1. MỞ ĐẦU

Ngành dệt may Việt Nam được hình thành và phát triển hơn một thế kỉ, đã trở thành một trong những ngành công nghiệp quan trọng trong đời sống xã hội và kinh tế ở nước ta.

Tuy vậy, quá trình xử lí ứớt của công nghiệp dệt may, công nghệ nhuộm, làm phát sinh một lượng nước thải lớn và khó xử lí gây ra nhiều vấn đề về môi trường [1, 2].

Phần lớn màu nhuộm (MN) tồn tại trong nước thải nhuộm là loại hoạt tính, do độ tặn trích thấp, khả năng hòa tan vô hạn trong nước, công thức cấu tạo phức tạp chứa nhiều gốc mang màu khó phân hủy sinh học. Vì vậy việc xử lí triệt để nước thải nhuộm hoạt tính bằng các phương pháp thông thường như: keo tụ, hấp phụ, sinh học thường cho kết quả kém. Do đó việc tìm kiếm phương pháp mới có hiệu quả để giải bài toán nước thải nhuộm luôn thu hút rất nhiều các nhà khoa học trong và ngoài nước, một trong số những kĩ thuật mới đó là quá trình siêu âm (SA).

SA được định nghĩa là âm thanh có tần số lớn hơn 18 kHz, ngoài ngưỡng nghe của người, được biết đến từ lâu trên thế giới và đã áp dụng trong nhiều lĩnh vực như địa chất, y học, hóa học... nhưng gần đây mới được ứng dụng trong xử lí môi trường [3, 4, 5].

SA được xem là một trong các phương pháp oxid hóa tiên tiến (Advanced Oxidation Processes), cơ sở cung cấp năng lượng của SA chính là quá trình tạo và vỡ bọt tạo ra nhiệt độ và áp suất cực kỳ cao. Với sự hiện diện của nước, SA làm phát sinh các gốc tự do có hoạt tính oxid hóa mạnh như OH^\bullet , HO_2^\bullet , H^\bullet[6].

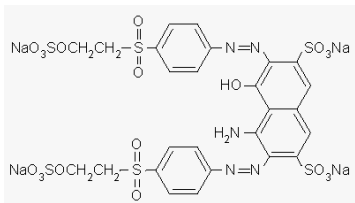
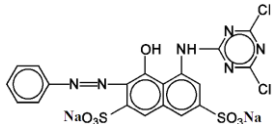
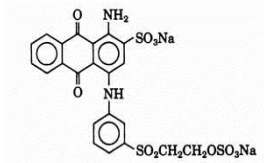
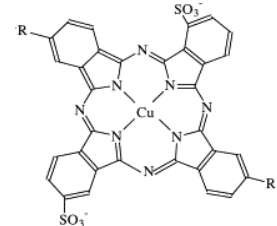
Trong báo cáo này chúng tôi tiến hành khảo sát quá trình dùng thanh SA tần số thấp để phân hủy màu của bốn loại màu nhuộm hoạt tính với các gốc mang màu azobenzen, anthraquinon, phtalocianin.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Hóa chất

Các MN sử dụng trong thí nghiệm là màu dùng trong kỹ thuật: Sunzol Black B 150%, Reactive Brilliant Red 5BS, Remazol Brilliant Blue R và Sunzol Turquoise Blue G 133, được cung cấp từ công đoạn nhuộm tại các công ty Kim Kim Anh và Tân Phú Cường (Tp Hồ Chí Minh).

Bảng 1. Một số tính chất MN hoạt tính dùng trong thí nghiệm

Công thức phân tử	λ_{\max} (nm), (gốc mang màu)	Phân tử khối
 <p>Reactive Black 5 (Sunzol Black B 150%)</p>	599 (Diazobenzen)	991.82
 <p>Reactive Red 2 (Reactive Brilliant Red 5BS)</p>	540 (Monoazobenzen)	615.33
 <p>Reactive Blue 19 (Remazol Brilliant Blue R)</p>	590 (Antraquinon)	626.54
 <p>$R - SO_2NHC_6H_4SO_2CH_2CH_2OSO_3Na$ Reactive Blue 21 (Sunzol Turquoise Blue G 133)</p>	630 (Ptalocianin)	1510.84

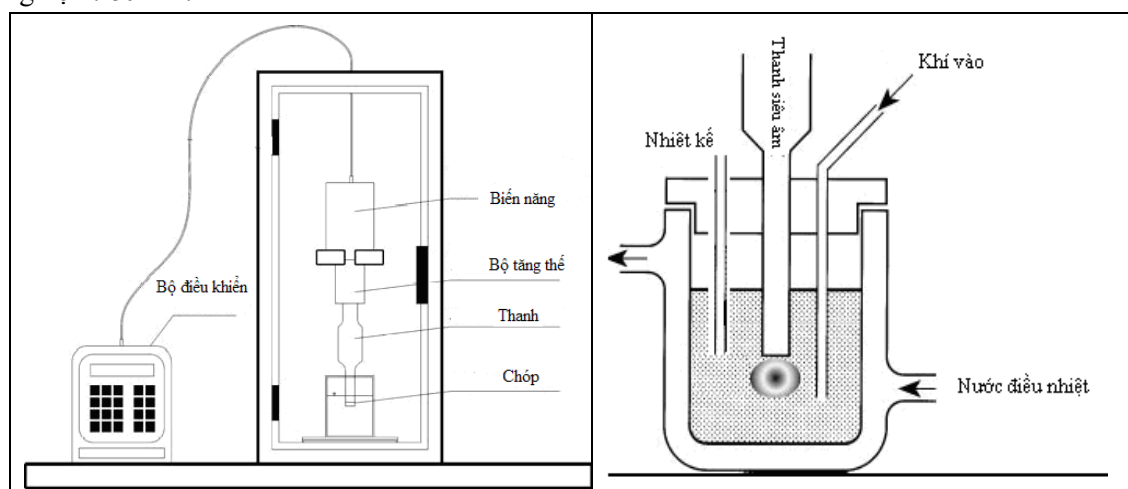
Các hóa chất trợ nhuộm cũng được cung cấp từ cơ sở nhuộm và các hóa chất tinh khiết khác.

2.2. Thiết bị

- Thanh siêu âm Sonics & Materials VCX-750, 20 KHz, $d = 11$ mm.
- Quang phổ kế tử ngoại Thermo, Genesys 10-S.
- Nhớt kế Cannon-Fenske cỡ 25 (0,5 - 2 cSt).
- pH kế Hana, HI9828 (thang đo 0-14).

- Sơ đồ thực nghiệm (hình 1): Thí nghiệm được tiến hành trong bình thủy tinh hình trụ 150 mL, bên ngoài có lớp nước làm lạnh bao bọc. Thanh SA được nối với bộ điều khiển. Ống dẫn khí được đặt vào bên trong bình phản ứng.

- Với: Độ sâu đầu dò: 1 cm; Độ sâu nhiệt kế: 1 cm; Độ sâu ống sục khí: 1,5 cm; Thể tích thí nghiệm: 80 mL.



Hình 1. Sơ đồ thí nghiệm dùng thanh SA

2.3. Thực hiện

2.3.1. Tạo mẫu thí nghiệm

Ở nhiệt độ thường độ hòa tan MN công nghiệp rất hạn chế. Để có dung dịch màu cung cấp cho quá trình xử lý dùng SA, chúng tôi tiến hành pha màu theo quy trình trong hình 2. Quá trình trải qua nhiều giai đoạn như: đun nóng, khuấy từ, chỉnh pH... nhằm mục đích tạo ra dung dịch chứa MN “tan hoàn toàn” và MN trong dung dịch phải ở dạng “đã thủy giải” (các gốc hoạt tính trong phân tử MN bị thay thế hoàn toàn bằng -OH [7]).

2.3.2. Thực nghiệm

2.3.2.1. Khử màu bằng SA

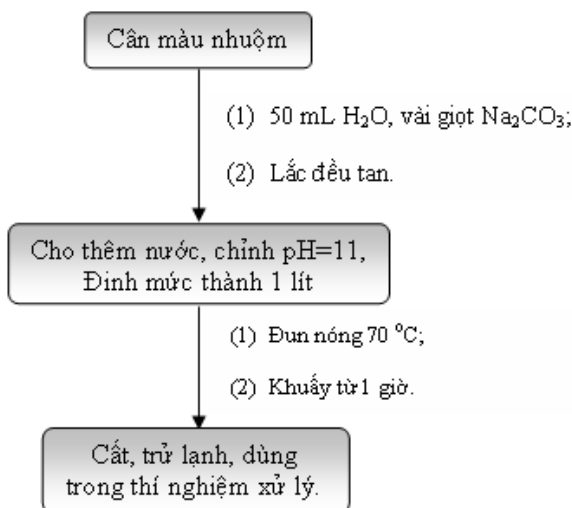
Lấy 100 mL dung dịch MN Sunzol Black B 150% (SBB) nồng độ C xác định. Dung dịch ban đầu được chỉnh đến giá trị pH cần thiết, bằng dung dịch NaOH và HCl (0,05 N), lấy 3 mL đem đo độ hấp thụ ở độ dài sóng tối ưu.

Cho 80 mL dung dịch trên vào bình chứa mẫu, lắp hệ thống thiết bị như trong hình 1. Mở bơm chỉnh lưu lượng sục khí vào bình đạt đến giá trị Q cần thiết. Bật máy điều nhiệt, cho nước

điều nhiệt qua bình phản ứng. Cài đặt giá trị nhiệt độ trên máy sao cho nhiệt độ đo được trên nhiệt kế đạt tới nhiệt độ cần khảo sát. Bật máy tạo SA, chỉnh công suất đến công suất P. Bấm đồng hồ đo ghi nhận thời gian SA.

Sau 30 phút, dừng hệ thống để yên dung dịch 15 phút, dùng pipet rút 3 mL mẫu đem đo độ hấp thụ ở độ dài sóng tối ưu. Ghi nhận kết quả.

Sau khi xác định được điều kiện xử lý thích hợp bằng SA (C, Q, T, P, t) với MN SBB, quy trình xử lý được áp dụng cho ba màu còn lại.



Hình 2. Quy trình pha dung dịch màu

2.3.2.2. Phân tích

Phổ UV-Vis của MN được xác định trên máy quang phổ tử ngoại.

Hiệu suất khử màu của MN được xác định theo công thức:

$$\% \text{ Khử màu} = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100$$

với A_0 : Độ hấp thụ của dung dịch MN ban đầu, A : Độ hấp thụ của dung dịch MN sau xử lý.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Khảo sát quá trình phân hủy màu nhuộm bằng sa

Căn cứ vào các tài liệu, sự nghiên cứu phân hủy màu azobenzen chiếm phần lớn [7], Trong số đó Reactive Black 5 (SBB) là một trong những màu được nghiên cứu nhiều nhất [8]. Hơn nữa, sau khi khảo sát một số cơ sở nhuộm, chúng tôi thấy đây là một trong những màu được sử dụng nhiều ở Tp. HCM. Đó là lí do SBB được lựa chọn nghiên cứu các điều kiện phân hủy.

3.1.1. Ảnh hưởng của công suất

Công suất “hiệu dụng” của thanh SA trong dung dịch, được thể hiện trên bộ phận điều khiển thanh SA. Công suất liên quan đến sự tạo bọt và vỡ bọt, do đó khi năng lượng cung cấp tăng, hiệu suất phản ứng cũng tăng theo [9].

Tiến hành thay đổi công suất SA, bằng cách cố định các yếu tố ban đầu: $T = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$, $Q = 0,8\text{ L/phút}$, $C = 10\text{ mg/L}$ (độ hấp thu tương ứng $A_{599} = 0,298$), $\text{pH} = 6,0$ và thay đổi công suất: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 W trong 30 phút.

Error! Not a valid link.

Error! Not a valid link.

Bảng 2. Kết quả khảo sát ảnh hưởng công suất đến hiệu quả xử lý MN SBB

Với mức công suất 50 W, hiệu suất xử lý đạt kết quả tốt nhất. Điều này có thể giải thích là khi công suất chiếu xạ đạt đến một mức độ nhất định, độ dẫn nhiệt của dung dịch (tỉ số nhiệt khí đặc trưng γ) thay đổi, xuất hiện những biến đổi trong việc tạo bọt và vỡ bọt, hiệu suất phản ứng có chiều hướng tăng. Tuy nhiên, do thể tích cố định nên khi công suất SA tăng quá cao, năng lượng “thừa” mất đi cũng tăng lên theo tỉ lệ thuận, điều này lại dẫn đến những tác động khác làm giảm $\gamma \rightarrow$ hiệu suất giảm.

3.1.2. Ảnh hưởng của lưu lượng không khí

Lý thuyết về quá trình tạo bọt cho thấy, khí hòa tan có độ dẫn nhiệt và khả năng hòa tan trong dung môi càng cao, quá trình tạo và vỡ bọt càng thuận lợi, hiệu suất SA gia tăng.

Chúng tôi khảo sát bằng cách cố định các yếu tố ban đầu: $T = 25^{\circ}\text{C}$, $P = 50\text{ W}$, $C = 10\text{ mg/L}$ ($A_{599} = 0,298$), $\text{pH} = 6,0$, $t = 30\text{ phút}$ và thay đổi lưu lượng không khí: $0,2 \rightarrow 1,0\text{ L/phút}$. Trong quá trình khảo sát, nhằm xác định vai trò của sục không khí đối với SA, tiến hành thêm hai điều kiện: có SA không sục không khí và ngược lại.

Kết quả ở bảng 3 cho thấy, không khí đóng vai trò tích cực trong sự phân hủy MN bằng SA.

Dưới điều kiện chỉ sục khí hoặc chỉ siêu âm, hiệu quả xử lý thấp hơn rất nhiều so với kết hợp sục khí và SA. Từ đó có thể khẳng định, trong trường hợp này không khí không đóng vai trò là chất oxy hóa chất hữu cơ, mà chính bản chất (tỉ số nhiệt) của nó làm gia tăng hiệu suất của quá trình SA.

Hơn nữa, khi quan sát bằng mắt thường quá trình sục khí tạo ra nhiều tăm bọt và mở rộng ra quá trình vỡ bọt, độ ổn nhiệt cũng tăng, điều này làm tăng hiệu suất.

Bảng 3. Kết quả khảo sát ảnh hưởng lưu lượng sục khí đến hiệu quả xử lý MN SBB

Error! Not a valid link.

Error! Not a valid link. Error! Not a valid link.

g: Phản ứng chỉ có SA, không sục khí; h: Phản ứng không SA, chỉ tiến hành sục khí với lưu lượng 0,6 L/phút.

3.1.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ

Nhiệt độ môi trường ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình hình thành bọt. Khi nhiệt độ môi trường thay đổi, áp suất bay hơi trong dung dịch thay đổi, quá trình tạo và vỡ bọt trong SA vì thế cũng thay đổi.

Chúng tôi tiến hành khảo sát bằng cách cố định các yếu tố: P: 50 W, Q: 0,6 L/phút, pH 6.1, với C = 10 mg/L ($A_{590} = 0,298$), trong thời gian 30 phút và thay đổi nhiệt độ dung dịch từ 15 - 40°C.

Bảng 4. Kết quả khảo sát ảnh hưởng nhiệt độ đến hiệu quả xử lý MN SBB

Error! Not a valid link.

Error! Not a valid link.

Sự thay đổi nhiệt độ ảnh hưởng rất đáng kể đến hiệu suất của phản ứng SA, với nhiệt độ 20°C phản ứng cho hiệu suất cao nhất. Hiệu suất càng giảm khi nhiệt độ càng tăng. Điều này có thể lý giải do khả năng hòa tan kém của khí ở nhiệt độ cao, làm giảm tâm bọt phản ứng, tác động đến hiệu quả khử màu.

3.1.4. Ảnh hưởng của nồng độ màu

Đến đây, chúng tôi đã xác định được các yếu tố cho hiệu suất cao nhất lúc này là: T = 20°C; P = 50 W; Q = 0,6 L/phút; C = 10 mg/L; pH = 6,0; t = 30 phút.

Nhằm khảo sát hiệu suất SA trong việc xử lý MN ở nồng độ khác nhau, chúng tôi thay đổi C lần lượt là: 5, 10, 15, 20, 25, 30 mg/L thu được thể hiện ở bảng 5.

Bảng 5. Kết quả khảo sát nồng độ

Error! Not a valid link.

Error! Not a valid link.

Nồng độ 10 mg/L là thích hợp nhất với điều kiện xử lý, trong trường hợp này nồng độ dung dịch càng giảm, hiệu suất xử lý càng tăng. Tuy nhiên, khi nồng độ giảm đến 5 mg/L, hiệu suất có xu hướng tăng không đáng kể. Điều này được giải thích là với một lượng các gốc tự do và H₂O₂

sinh ra trong phản ứng SA xác định (cố định thể tích và công suất) chỉ tương ứng phản ứng với một nồng độ màu xác định.

3.1.5. Ảnh hưởng của pH

Bảng 6. Kết quả khảo sát pH

Error! Not a valid link.

Error! Not a valid link.

pH ảnh hưởng đến độ hòa tan của khí và MN trong dung dịch, qua đó tác động đến hiệu suất phản ứng [9]. Để tìm hiểu tác động này, chúng tôi lựa chọn khoảng pH khảo sát rộng từ: acid, trung tính đến kiềm với các giá trị thay đổi: 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10 khi cố định các yếu tố: T = 20°C, P = 50 W, Q = 0,6 L/phút và C = 10 mg/L, trong 30 phút. Kết quả khảo sát pH được trình bày trên bảng 6.

Bản thân màu tại pH thấp đã có sự suy giảm, 0,303 → 0,296, ứng với pH từ 10 đến 1. Tuy nhiên, sự ảnh hưởng này là không đáng kể (< 3%). So với pH 4, hiệu suất khử màu tại pH bằng 3 cao hơn hẳn. Điều này có thể giải thích bởi 2 nguyên nhân:

- Khả năng hòa tan của MN vào pha hữu cơ tăng lên tại pH thấp, làm gia tăng điều kiện tiếp xúc của MN với nhóm OH⁻, vốn chỉ phân bố rộng trong pha lỏng - khí.

- Các ion cản trở nhóm OH⁻ hoạt động như: CO₃²⁻, HCO₃⁻ chuyển về dạng không hoạt động H₂CO₃, các gốc tự do hoạt động hiệu quả hơn.

Khi pH tăng đến 10 hiệu suất phản ứng lại tăng trở lại, trong khi OH⁻ sinh ra rất kém trong môi trường kiềm. Vậy tác nhân nào làm giảm màu? Trong môi trường kiềm, H₂O₂ rất hoạt động. Một vài nghiên cứu cho thấy tác nhân làm giảm màu trong trường hợp này chỉ có thể là H₂O₂ [9]. Dù vậy, hiệu suất phản ứng cũng không đáng kể. Điều này có thể do nồng độ H₂O₂ sinh ra trong phản ứng SA thấp, hoặc có thể khả năng khử màu của H₂O₂ không cao.

Mặc dù pH càng thấp hiệu suất càng cao. Tuy nhiên, thực tế để tạo pH từ 11 (giá trị thông thường của nguồn nước thải sau quá trình nhuộm hoạt tính) xuống pH bằng 1, 2 cần tiêu tốn một lượng acid trung hòa rất lớn. Hơn nữa với môi trường quá acid, khả năng thanh SA bị ăn mòn rất cao. Vì vậy, chúng tôi chọn pH = 3 là điều kiện thích hợp cho các khảo sát khác.

3.1.6. Ảnh hưởng của thời gian

Bên cạnh các thông số tối ưu hóa trong hệ thống đã được khảo sát khá đầy đủ, chúng tôi tiến hành khảo sát thời gian phản ứng để biết tại thời điểm nào phản ứng xảy ra hiệu quả nhất, khi cố định các yếu tố: T = 20°C, P = 50 W, Q = 0,6 L/phút, C = 10 mg/L, pH = 3,0.

Bảng 7. Kết quả khảo sát sự phân hủy màu theo thời gian

Error! Not a valid link.

Bảng 7 cho thấy, trong dung dịch sau SA có sự thay đổi độ dẫn, pH, độ nhớt giảm, chứng tỏ trong quá trình SA sinh ra ion, trong đó có H^+ , sự phân hủy MN xảy ra làm giảm giá trị độ nhớt có trong dung dịch. Sau khoảng 60 phút đầu tiên của quá trình SA, hiệu suất khử màu đạt > 80%. 30 phút tiếp theo của quá trình SA, hiệu suất xử lý màu gần như hoàn toàn (~ 95%).

3.2. Áp dụng điều kiện tối ưu trên các màu còn lại

Từ các kết quả nghiên cứu ở trên trong mục 3.1, chúng tôi đã tìm được điều kiện thích hợp để khảo sát sự phân hủy màu, bằng quá trình SA.

Dung dịch màu (10 ppm), $V = 80$ mL, pH đầu vào: $3,0 \div 0,2$, Lưu lượng sục khí (Q): 0,6 L/phút, Thời gian SA (t): 90 phút, Công suất SA (P): 50 W, Nhiệt độ phản ứng (T): 20°C.

Áp dụng các điều kiện thích hợp này lên ba MN còn lại, kết quả ghi trong bảng 8.

Bảng 8. Kết quả phân hủy màu RBB, RBR, STB

Error! Not a valid link.

Mặc dù với cơ cấu nhóm mang màu khác nhau azobenzen, antraquinon, ptalocianin nhưng hiệu quả khử màu gần như hoàn toàn (trên 90%) sau 90 phút. Chứng tỏ quá trình oxid hóa xảy ra là không chọn lọc. Điều này chỉ có thể thực hiện với các gốc oxid hóa mạnh điển hình như OH^\cdot . Tuy nhiên, vai trò của HO_2^\cdot , O_2^\cdot cũng cần được kiểm tra để làm rõ cơ chế phản ứng.

Quan sát khả năng khử màu của MN trong 60 phút đầu tiên cho thấy, hằng số vận tốc của phản ứng khử màu k đạt giá trị từ: -0,004 đến -0,001, khá cao nhưng so với giá trị -0,011 đến -0,012 của các nghiên cứu khác [10], chứng tỏ hiệu suất của thanh SA tần số 20 kHz chưa phải là thiết bị tối ưu trong các loại thiết bị SA.

3.3. So sánh với phương pháp keo tụ

Để so sánh hiệu suất khử màu SA so với các phương pháp khác, chúng tôi tiến hành khảo sát khả năng xử lý các MN này bằng phương pháp keo tụ phèn nhôm (thí nghiệm Jar-test). Đây là một phương pháp xử lý nước thải phổ biến trong hầu hết các ngành công nghiệp, trong đó có nước thải nhuộm.

Đầu tiên, chúng tôi tiến hành khảo sát khả năng xử lý dung dịch màu pha loãng 10 mg/L trong khoảng pH: 4, 5, 6, 7, 8 và cố định nồng độ phèn là 1000 mg/L.

Sau khi tìm được điểm pH tối ưu, chúng tôi tiến hành cố định yếu tố pH và thay đổi liều lượng phèn: 600, 800, 1000, 1200 và 1400 mg/L để tìm ra hàm lượng phèn tối ưu.

Hiệu suất xử lý được trình bày trong bảng 9.

Bảng 9. Hiệu suất xử lý MN khi thay đổi pH và lượng phèn nhôm

Error! Not a valid link.
Error! Not a valid link.

Tất cả các loại MN hoạt tính trên đều có điểm xử lý pH tối ưu là 6, trong đó khoảng pH từ 4 - 6 tỏ ra thích hợp với quá trình xử lý, ở pH kiềm (8) hoặc acid (3) đều không thích hợp cho quá trình keo tụ.

Liều lượng phèn tối ưu ghi nhận được là 800 mg/L, liều lượng phèn mặc dù không ảnh hưởng mạnh đến hiệu suất keo tụ như pH, nhưng ở nồng độ quá cao hoặc quá thấp đều không cho kết quả tốt.

Các MN hoạt tính ở nồng độ cao đều rất khó xử lý triệt để khi dùng phèn, kết quả xử lý thấp (< 23%) đối với 3 màu hoạt tính thông dụng RBR, SBB và RBB (có gốc mang màu azobenzen và antraquinon) càng khẳng định thêm điều đó^[10,11]. Riêng MN hoạt tính gốc mang màu ptalocianin (STB) với tâm mang màu là ion kim loại nặng nên thích hợp hơn đối với phương pháp xử lý keo tụ, hiệu suất cao hơn 3 loại MN kia nhưng cũng không triệt để (~ 70%).

Với hiệu suất vượt trội, trên 90% màu bị khử (sau 60 phút) không kể đó là MN nào, cho thấy sự hiệu quả của phương pháp SA so với phương pháp keo tụ.

4. KẾT LUẬN

- Bước đầu đã tìm ra điều kiện thích hợp cho sự phân hủy hoàn toàn MN hoạt tính dùng thanh SA.

- Khẳng định ưu thế của SA xử lý màu so với phương pháp xử lý keo tụ.

Mặc dù, đề tài đã khảo sát khá chi tiết các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình phân hủy MN dùng SA, nhưng động học của phản ứng vẫn chưa được nghiên cứu đầy đủ. Những nghiên cứu tiếp theo nên làm rõ một số vấn đề như: Xác định các sản phẩm trung gian của quá trình phân hủy MN thông qua chỉ tiêu: IC, LC/MS..., ảnh hưởng của tần số SA, các yếu tố cản trở sự hoạt động của OH[•] như các ion CO₃²⁻, SO₄²⁻, ..

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. R. Astrid, T. Michael, G. Georg - Ultrason. Sonochem. **11** (2004) 177-182.
2. J. Clark, D. Macquarrie - Handbook of Green Chemistry & Technology, Blackwell, Cornwall, 2002.
3. T. G. Gökce, N. H. Ince - Ultrasonics **42** (1) (2004) 603-609.
4. J. P. Lorimer, T. J. Mason, M. Plattes, S. S. Phull - Ultrason. Sonochem **7** (2000) 237-242.
5. T. J. Mason, J. P. Lorimer - Applied Sonochemistry, Wiley-VCH, Weinheim, 2002.
6. A. T. Matthew - Chemical Degradation Methods for Wastes and Pollutants, Marcel Dekker, New York, 2003.
7. H. Qi, L. H. Joanna, A. M. Ross - New J. Chem. **23** (1999) 845-849.
8. Trần Mạnh Trí, Trần Mạnh Trung - Quá trình oxy hoá nâng cao trong xử lý nước và nước thải, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, Tp Hồ Chí Minh, 2006.

9. S. Vajnhandl, A. M. L. Marechal - J. Hazard. Mater. **141** (1) (2007) 329-325.
10. D. B. Voncina, A. M. L. Marechal - Dyes Pigm. **59** (2) (2003) 173-179.
11. Z. T. Walter - Physicochemical Treatment of Hazardous Wastes, CRC Press, New York, 2004.

SUMMARY

EFFECTS OF SONICATION ON REMOVAL COLOR SOME REACTIVE DYES

Ultrasonic irradiation had been one of the advanced oxidation methods for decolorization four commercial reactive dyes: Sunzol Black B 150% (Reactive black 5), Procion Red MX 5B (Reactive red 2), Remazol Brilliant Blue R (Reactive blue 19), and Sunzol turquoise blue G 133 (Reactive blue 21). The objective of this paper is investigation of the low frequency - high power sonication (750 W-20 KHz) in the dye decolorization (measured by UV absorption) as well as control the experiment conditions by varying irradiation time, dye concentration, pH, temperature, air flow rate. The results indicated that the sonication had strong capacity in the dye decolorization.

Key words. Ultrasonic irradiation, decolorization, Reactive black 5, Reactive red 2, Reactive blue 19, Reactive blue 21.

Liên hệ với tác giả:

Lê Ngọc Thạch,

Email: lenthach@hcm.vnn.vn