

Nghiên cứu quá trình oxy hóa hợp chất Malachite xanh trong nước thải nuôi tôm bằng H₂O₂ kết hợp với chiếu xạ bằng đèn LED cực tím

Nguyễn Lê Minh Trí*, Nguyễn Thị Phương Thảo, Trà Văn Tung, Ngô Thị Phương Nam, Nguyễn Quốc An, Trần Thị Huệ



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

TÓM TẮT

Phương pháp oxy hóa bậc cao dựa vào cơ chế gốc tự do là phương pháp oxy hóa các hợp chất hữu cơ thành các phân tử nhỏ hơn như CO₂ và H₂O nhờ vào tính oxy hóa mạnh của các gốc tự do. Nghiên cứu này khảo sát quá trình phân hủy của hợp chất Malachite xanh (MG) trong nước thải của ao nuôi tôm bởi tác nhân H₂O₂ kết hợp với quá trình chiếu xạ bởi đèn LED cực tím. Hiệu suất làm mất màu MG sau khảo sát đạt xấp xỉ 90 % sau 60 phút chiếu xạ đối với cả hai nồng độ H₂O₂ lần lượt là 12 g.L⁻¹ và 24 g.L⁻¹, đồng thời đi kèm với quá trình phân hủy của các dẫn xuất benzophenone thành các phân tử nhỏ hơn không mang màu. Sự biến thiên của các thông số hóa, lý liên quan đến chất lượng nước trong quá trình phân hủy của hợp chất MG cũng được khảo sát. Quá trình oxy hóa MG bởi tia cực tím và H₂O₂ làm giảm hàm lượng các chất hòa tan trong nước thải, đồng thời làm tăng hàm lượng oxi hòa tan trong nước thải từ 2 - 4 lần, Nghiên cứu cũng cho thấy H₂O₂ thúc đẩy quá trình phân hủy MG diễn ra nhanh hơn và hoàn toàn hơn. Nghiên cứu đã cho thấy khả năng giảm thiểu hàm lượng MG trong nước thải bằng quá trình oxy hóa bậc cao sử dụng tia UV và H₂O₂.

Từ khóa: Malachite xanh, nuôi tôm, oxy hóa, H₂O₂, UV, LED

MỞ ĐẦU

Malachite xanh là một chất phẩm nhuộm được sử dụng rộng rãi trong ngành dệt nhuộm, mỹ phẩm, thủ công mỹ nghệ, in ấn và thuốc da^{1,2}. Trong ngành y sinh, Malachite xanh được sử dụng để nhuộm màu các chủng loại vi khuẩn như H.P., trực khuẩn mycobacteria, và các loài ký sinh trùng thuộc họ *Rickettsia*^{3,4}, cũng như được dùng trong kỹ thuật điều trị ung thư⁵⁻⁷. Malachite xanh là hợp chất dễ tan trong nước nhưng lại không thể tự phân hủy sinh học vì giá trị BOD₅ của nó gần như bằng 0. Trong môi trường nước, Malachite xanh tồn tại ở ba dạng cấu trúc phân tử là dạng ion phân tử, phân tử trung hòa điện dạng leucocarinol và phân tử trung hòa điện dạng leuco⁸. Trong đó, phân tử trung hòa điện dạng leucocarinol của malachite xanh dễ phân tán và bị hấp thụ bởi sinh vật thủy sinh. Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng phân tử trung hòa điện dạng leucocarinol của Malachite xanh có thời gian tồn tại trong mô và nội tạng của cá lâu hơn dạng ion phân tử của nó^{9,10}. Do có khả năng kháng nấm và ký sinh trùng, Malachite xanh đã được sử dụng trong các trang trại nuôi tôm giống với hàm lượng dao động từ 0.01 ppm đến 2 ppm ở các nước Đông Nam Á vào thập niên 1990^{11,12}. Việc sử dụng Malachite xanh trong nuôi trồng thủy sản vẫn còn diễn ra dù nhiều nước đã ban hành lệnh cấm sử

dụng hoặc giới hạn hàm lượng hợp chất này trong hoạt động nuôi trồng thủy sản vì khả năng gây ung thư tim ẩn của nó cho con người^{13,14}. Do đó, cần thiết có phương pháp để giảm thiểu hàm lượng Malachite xanh trong môi trường nước.

Hiện nay, nhiều nghiên cứu đã cho thấy quá trình giảm thiểu hàm lượng Malachite xanh trong môi trường nước có thể được thực hiện bằng nhiều phương pháp khác nhau như: phương pháp hấp phụ, phương pháp sử dụng vi sinh vật, phương pháp sử dụng thực vật thủy sinh, phương pháp oxy hóa bậc cao¹⁵⁻¹⁹. Phương pháp hấp phụ có đặc tính là đơn giản, dễ thực hiện, sử dụng được các nguồn nguyên vật liệu có giá thành thấp để làm vật liệu hấp phụ và không có khả năng phân hủy hợp chất Malachite xanh^{15,20}. Trong khi đó, phương pháp sử dụng các chủng vi sinh vật lại có khả năng phân hủy hợp chất Malachite xanh thành các hợp chất thân thiện với môi trường. Phương pháp này có tính chọn lọc cao và dễ thực hiện¹⁸. Tuy nhiên, phương pháp này lại tốn kém và đòi hỏi cần tạo ra môi trường thuận lợi cho vi sinh vật phát triển²¹. Phương pháp sử dụng các loài thực vật thủy sinh như cây bán hạ roi (*Typhonium flagelliforme*), thủy trúc (*Cyperus alternifolius*), bèo cái (*Pistia stratiotes* L.) có khả năng hấp thu một phần hoặc toàn bộ chất ô nhiễm^{22,23}. Phương pháp này có đặc

Viện Môi trường và Tài nguyên,
ĐHQG-HCM, Việt Nam

Liên hệ

Nguyễn Lê Minh Trí, Viện Môi trường và Tài
nguyên, ĐHQG-HCM, Việt Nam

Email: trihankiner215@yahoo.com

Lịch sử

- Ngày nhận: 03-7-2024
- Ngày sửa đổi: 21-01-2025
- Ngày chấp nhận: 18-8-2025
- Ngày đăng: 24-12-2025

DOI:

<https://doi.org/10.32508/stdjsec.v9i2.780>



Bản quyền

© ĐHQG Tp.HCM. Đây là bài báo công bố mở được phát hành theo các điều khoản của the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Trích dẫn bài báo này: Minh Trí N L, Phương Thảo N T, Văn Tung T, Phương Nam N T, Quốc An N, Thị Huệ T. **Nghiên cứu quá trình oxy hóa hợp chất Malachite xanh trong nước thải nuôi tôm bằng H₂O₂ kết hợp với chiếu xạ bằng đèn LED cực tím.** *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.* 2025; 9(2):1147-1154.

tính là thân thiện với môi trường, ít tốn kém và giữ gìn được cảnh quan²³. Đối với phương pháp oxy hóa bậc cao, nhờ vào sự tham gia của các gốc tự do có tính oxy hóa mạnh mà phương pháp này có khả năng oxy hóa các hợp chất hữu cơ thành các phân tử nhỏ hơn như CO₂ và H₂O. H₂O₂ là hợp chất vừa có tính oxy hóa vừa có tính khử, và có giá thành rẻ. Khi H₂O₂ được sử dụng kết hợp với quá trình chiếu xạ H₂O₂ bởi tia cực tím UV, quá trình này sẽ làm sản sinh các gốc hydroxyl (·OH) có khả năng oxy hóa các hợp chất hữu cơ hoặc phản ứng với chất vô cơ, đồng thời các gốc này có thể phá vỡ các liên kết của các nhóm chức không phân cực dưới tác dụng của nhiệt độ²⁴. Vai trò của H₂O₂ trong quá trình phân hủy hợp chất Malachite xanh trong môi trường nước đã được đề cập trong các nghiên cứu gần đây^{25,26}.

Trong hoạt động nuôi tôm ở nước ta, H₂O₂ được sử dụng trong các ao nuôi tôm để khử trùng nước, khống chế tảo phát triển và bổ sung oxy cho ao nuôi tôm. Việc nghiên cứu về khả năng phân hủy của hợp chất Malachite xanh trong nước thải của ao nuôi tôm là cần thiết. Tác giả N. Modirshahla và đồng nghiệp đã báo cáo về quá trình mất màu của Malachite xanh trong môi trường nước bởi tác nhân UV (254 nm) và H₂O₂²⁷. Khi nghiên cứu về quá trình phân hủy của Malachite xanh, Muhammad Abdul Rauf và đồng nghiệp đã ghi nhận 40 % hàm lượng Malachite xanh phân hủy ở giá trị pH tối ưu (pH = 4) bởi H₂O₂ dưới quá trình chiếu xạ tia UV (254 nm)²⁸. Bên cạnh đó, nghiên cứu của tác giả Phạm Trần Bảo Nghi và đồng nghiệp đã cho thấy hiệu quả giảm thiểu hàm lượng Malachite xanh trong môi trường nước bởi vật liệu Cu/ZIP khi có mặt H₂O₂²⁹. Bằng việc kết hợp giữa quá trình oxy hóa bậc cao và tác nhân UV, nghiên cứu của tác giả Nguyễn Trọng Anh và đồng nghiệp cũng cho thấy khả năng làm mất màu và giảm thiểu hàm lượng COD trong nước thải dệt nhuộm³⁰. Tuy nhiên, hiện có ít nghiên cứu về khả năng phân hủy của hợp chất Malachite xanh trong nước thải của ao nuôi tôm sử dụng quá trình oxy hóa bậc cao cũng như sự thay đổi của các thông số pH, tổng hàm lượng chất rắn hòa tan và oxy hòa tan theo thời gian chiếu xạ UV. Vì vậy, trong nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành khảo sát quá trình phân hủy của hợp chất Malachite xanh (MG) trong nước thải của ao nuôi tôm bởi tác nhân H₂O₂ kết hợp với quá trình chiếu xạ bởi đèn UV-LED. Đồng thời, sự thay đổi của các thông số hóa, lý liên quan đến chất lượng nước trong quá trình phân hủy của hợp chất MG cũng được khảo sát.

ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

ĐỐI TƯỢNG NGHIÊN CỨU

Chúng tôi tiến hành nghiên cứu trên đối tượng là nước thải nuôi tôm chứa hợp chất MG. Nước thải nuôi tôm được thêm vào hợp chất MG sao cho nồng độ của MG đạt giá trị là 16 mg.L⁻¹.

PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Phương pháp tổng hợp tài liệu

Nhóm nghiên cứu tiến hành tìm kiếm và thu thập các tài liệu là các công trình khoa học được công bố ở trong nước và quốc tế. Các công trình này được sử dụng để phục vụ cho quá trình xây dựng cơ sở lý luận và phương pháp nghiên cứu của nghiên cứu.

Phương pháp lấy mẫu

Nhóm nghiên cứu tiến hành lấy ba mẫu tại ba vị trí khác nhau của ao chứa nước thải nuôi tôm, cách nhau 10 m, ở độ sâu 20 cm. Các mẫu được lấy trong khoảng thời gian từ 13 h đến 15 h trong cùng một ngày không có mưa tại hộ nuôi tôm thê chân trắng ở tỉnh Sóc Trăng. Các mẫu được chứa trong can nhựa 2 lít, dán nhãn, được bảo quản và vận chuyển về phòng thí nghiệm để phân tích. Quá trình phân tích các mẫu được thực hiện theo các tiêu chuẩn TCVN và SMEWW hiện hành. Các thông số khảo sát được đo trực tiếp bởi thiết bị cầm tay Aqua TROLL 500 (USA). Danh mục các thông số hoá lý và phương pháp phân tích tương ứng được trình bày tại Bảng 1.

Bảng 1: Các thông số hóa lý cần phân tích và các phương pháp phân tích được sử dụng

Số thứ tự	Tên thông số	Phương pháp phân tích
1	pH	Đo trực tiếp
2	Nhiệt độ	Đo trực tiếp
3	DO	Đo trực tiếp
4	TDS	Đo trực tiếp
5	COD	SMEWW 5220C:2017
6	TSS	SMEWW 2540D: 2017

Phương pháp đo hàm lượng hợp chất Malachite xanh

Hàm lượng hợp chất MG trong dung dịch được xác định dựa trên việc đo phổ hấp thu phân tử UV-VIS của hợp chất MG tại bước sóng hấp thu cực đại λ_{max} = 618 nm. Nhóm nghiên cứu tiến hành thiết lập phương trình đường chuẩn để xác định nồng độ của hợp chất MG tại cùng bước sóng hấp thu cực đại. Hiệu

suất xử lý hợp chất MG được xác định từ công thức sau:

$$R(\%) = \frac{C}{C_0} \times 100$$

trong đó, C_0 (mg.L^{-1}) là nồng độ lúc ban đầu ($t = 0$) của hợp chất MG,
 C (mg.L^{-1}) là nồng độ của hợp chất MG đo được tại thời điểm $t \neq 0$,
 R (%) là hiệu suất xử lý hợp chất MG.

Phương pháp tiến hành thí nghiệm

50 mL dung dịch chứa hợp chất MG có nồng độ là 16 mg.L^{-1} được chứa trong becher 250 mL. Tiến hành thêm vào dung dịch một lượng thể tích dung dịch H_2O_2 30 % sao cho thu được các dung dịch có nồng độ H_2O_2 được khảo sát là 4, 8 và 12 g.L^{-1} . Sau đó tiến hành chiếu xạ dung dịch ở phía trên mặt thoáng 10 cm bằng đèn UV-LED 365 nm trong 60 phút trong điều kiện khuấy trộn dung dịch bằng máy khuấy từ. Sau khoảng thời gian 15-30 phút, tiến hành rút ra 5 mL dung dịch rồi cho vào ống quay ly tâm, tiến hành quay ly tâm trong 3 phút với vận tốc quay ly tâm là $3000 \text{ vòng.phút}^{-1}$. Dung dịch sau khi quay ly tâm được mang đi đo quang ở bước sóng hấp thụ cực đại $\lambda_{\text{max}} = 618 \text{ nm}$. Để khảo sát sự hình thành của các dẫn xuất benzophenone trong quá trình phân hủy của MG, phổ hấp thụ UV-VIS của MG được đo bởi thiết bị trắc quang UV-VIS từ 200 nm đến 800 nm. Trước khi tiến hành các thử nghiệm, pH của dung dịch được điều chỉnh bằng cách thêm HCl hoặc NaOH có nồng độ 0.1 M.

Phương pháp xử lý số liệu

Các dữ liệu đo sẽ được thu thập, lưu trữ và xử lý trong phần mềm Excel, và được trình bày dưới dạng đồ thị và bảng biểu.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ H_2O_2 và thời gian phản ứng

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nồng độ H_2O_2 lên hiệu suất xử lý MG (pH = 8) trong Hình 1a cho thấy hiệu suất xử lý MG tăng khi tăng nồng độ H_2O_2 từ 4 g.L^{-1} lên 12 g.L^{-1} trong 30 phút đầu tiên của quá trình chiếu xạ tia UV. Hiệu suất xử lý MG của cả ba nồng độ H_2O_2 được khảo sát đều đạt xấp xỉ khoảng 93 % sau 60 phút chiếu xạ. Sự biến thiên tỉ lệ nghịch của hiệu suất xử lý MG theo nồng độ H_2O_2 cũng được quan sát qua nghiên cứu của N.Modirshahla và đồng nghiệp²⁷. Khi quan sát phổ hấp thụ UV-VIS của MG (Hình 1b), ta thấy cường độ của các đỉnh phổ hấp

thu giảm dần theo nồng độ H_2O_2 , cho thấy quá trình phân hủy của MG diễn ra mạnh mẽ ở nồng độ cao của H_2O_2 . Đồng thời, hiệu suất phân hủy MG tăng theo thời gian chiếu xạ. Điều này được thể hiện thông qua sự dịch chuyển về bước sóng ngắn hơn của đỉnh phổ hấp thụ tại bước sóng hấp thụ cực đại theo thời gian chiếu xạ (Hình 1c), cho thấy quá trình oxy hóa nhóm chức amin diễn ra theo thời gian. Sự hình thành của đỉnh hấp thụ tại bước sóng hấp thụ 350 nm cho thấy sự tạo thành các dẫn xuất benzophenone được tạo thành là kết quả của quá trình phân hủy MG.

Khảo sát quá trình phân hủy của MG bởi tia UV và vai trò của H_2O_2

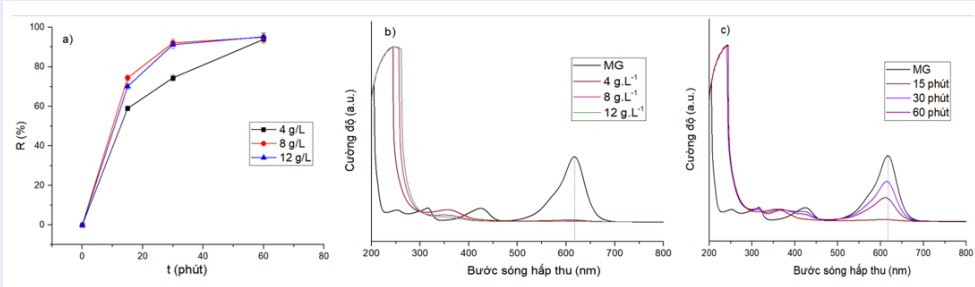
Hình 2 cho thấy khả năng phân hủy của MG bởi tia UV khi không có mặt H_2O_2 . Quá trình phân hủy MG bởi tia UV diễn ra mạnh mẽ trong điều kiện môi trường kiềm. Hiệu suất phân hủy MG tăng khi pH tăng. Khi không có mặt H_2O_2 , hiệu suất phân hủy MG thấp hơn khi có sự tham gia của H_2O_2 . Mặt khác, kết quả tính toán hằng số tốc độ phản ứng cho thấy quá trình phân hủy MG khi có mặt H_2O_2 có hằng số tốc độ phản ứng cao hơn hẳn so với khi không có mặt H_2O_2 (Bảng 2). Điều này cho thấy vai trò của H_2O_2 trong việc thúc đẩy quá trình phân hủy MG diễn ra nhanh hơn.

Bảng 2: Hằng số tốc độ phản ứng của các quá trình phân hủy MG.

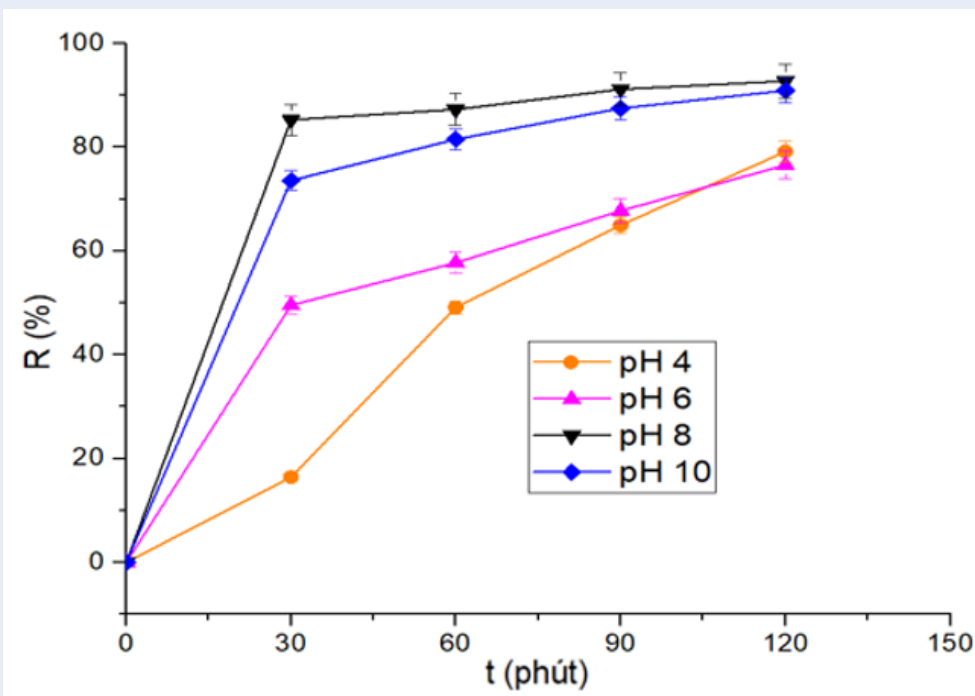
Số thứ tự	Điều kiện của phản ứng	$k.10^2$ (phút^{-1})	R^2
1	pH 4 + UV	1,34	0,98
2	pH 6 + UV	1,12	0,95
3	pH 8 + UV	1,92	0,75
4	pH 10 + UV	1,85	0,89
5	pH 8 + H_2O_2 (4 g.L^{-1}) + UV	4,54	0,99
6	pH 8 + H_2O_2 (8 g.L^{-1}) + UV	4,82	0,85
7	pH 8 + H_2O_2 (12 g.L^{-1}) + UV	4,98	0,89

Khảo sát sự phân hủy của MG trong nước thải nuôi tôm bởi tia UV và H_2O_2

Quá trình phân hủy của MG trong nước thải nuôi tôm (pH = 8) được thực hiện trong điều kiện dung dịch được chiếu xạ bởi tia UV và có chứa H_2O_2 với nồng độ lần lượt là 12 g.L^{-1} và 24 g.L^{-1} (gọi là M1 và M2). Thông số chất lượng nước thải nuôi tôm được nêu



Hình 1: a) Hiệu suất xử lý MG của 3 nồng độ H₂O₂ được khảo sát; b) Phổ hấp thụ UV-VIS của MG của các dung dịch sau 60 phút; c) Phổ hấp thụ UV-VIS của MG theo thời gian chiếu xạ



Hình 2: Hiệu suất phân hủy MG khi không có H₂O₂ ở các giá trị pH khác nhau.

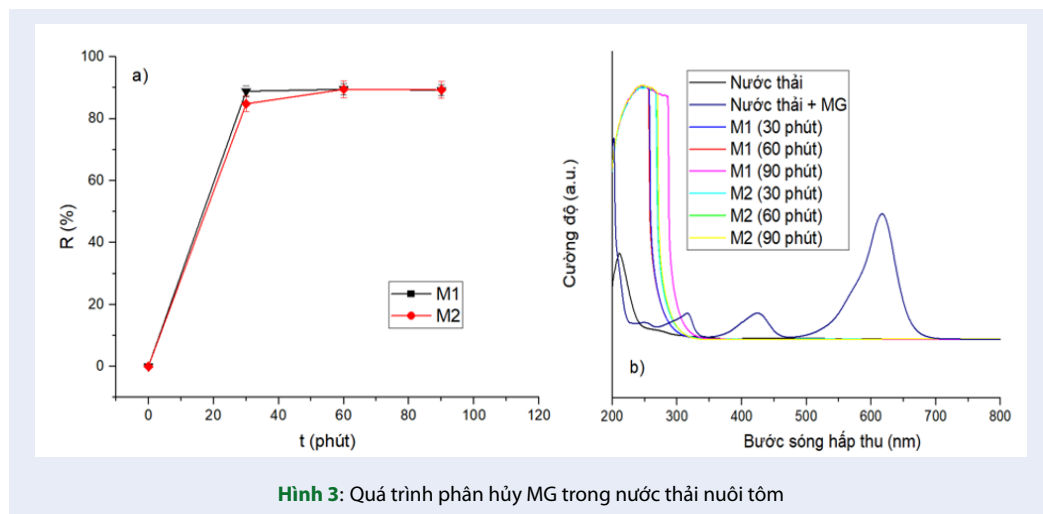
trong Bảng 3. Sau 60 phút chiếu xạ, hiệu suất phân hủy MG ghi nhận được đối với hai giá trị nồng độ H₂O₂ đều xấp xỉ 90 % (Hình 3a). Kết quả phân tích phổ UV-VIS cho thấy đều không phát hiện các đỉnh hấp thụ của MG cũng như của các dẫn xuất benzophenone tại 340 và 380 nm, chứng tỏ các dẫn xuất benzophenone tiếp tục phân hủy thành các phân tử nhỏ hơn không mang màu theo cơ chế N-demethyl hóa và cơ chế mở vòng benzene⁸ (Hình 3b).

Giá trị pH của các dung dịch dao động trong khoảng 6,5 – 8 trong quá trình chiếu xạ và đạt giá trị ổn định sau 90 phút (Hình 4). Trong khi đó, giá trị tổng hàm lượng chất rắn hòa tan của các dung dịch giảm sau

Bảng 3: Thông số chất lượng nước thải nuôi tôm.

Số thứ tự	Thông số (đơn vị)	Trị số
1	pH	8,0
2	COD (mg.L ⁻¹)	105
3	TSS (mg.L ⁻¹)	18
4	Nhiệt độ (°C)	32

quá trình chiếu xạ, cho thấy quá trình oxy hóa bởi UV và H₂O₂ làm giảm hàm lượng các chất hòa tan trong nước thải. Đồng thời, quá trình này cũng làm tăng



Hình 3: Quá trình phân hủy MG trong nước thải nuôi tôm

hàm lượng oxy hòa tan trong nước thải từ 2 - 4 lần. Quá trình phân hủy của H_2O_2 dưới tác dụng của tia UV sẽ tạo thành các gốc tự do có tính oxy hóa mạnh, đồng thời giải phóng O_2 ³¹.

KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã tiến hành khảo sát quá trình phân hủy MG dưới sự chiếu xạ của đèn UV-LED với sự tham gia của tác nhân oxy hóa H_2O_2 . Kết quả cho thấy khi tăng nồng độ H_2O_2 từ 4 g.L^{-1} lên 12 g.L^{-1} , hiệu suất xử lý MG tăng trong 30 phút đầu tiên của quá trình chiếu xạ tia UV và đạt xấp xỉ khoảng 93 % sau 60 phút chiếu xạ. Quá trình phân hủy của MG đi kèm với sự oxy hóa nhóm chức amin trong phân tử MG đã dẫn đến sự tạo thành các dẫn xuất benzophenone là các sản phẩm của quá trình phân hủy MG. Mặc dù MG có khả năng phân hủy bởi tia UV, sự có mặt của H_2O_2 đã góp phần thúc đẩy quá trình phân hủy của MG nhanh hơn và hoàn toàn hơn. Trong nền mẫu là nước thải nuôi tôm, nghiên cứu đã cho thấy hiệu suất phân hủy MG đạt xấp xỉ 90 % sau 60 phút chiếu xạ đối với nồng độ H_2O_2 lần lượt là 12 g.L^{-1} và 24 g.L^{-1} , đồng thời đi kèm với quá trình phân hủy của các dẫn xuất benzophenone thành các phân tử nhỏ hơn không mang màu. Quá trình oxy hóa MG bởi UV và H_2O_2 làm giảm hàm lượng các chất hòa tan trong nước thải, đồng thời làm tăng hàm lượng oxy hòa tan trong nước thải. Nghiên cứu đã cho thấy khả năng giảm thiểu hàm lượng MG trong nước thải bằng quá trình oxy hóa bậc cao sử dụng tia UV và H_2O_2 .

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số DN2022-24-01. Tập thể tác giả chân

thành gửi lời cảm ơn đến ĐHQG-HCM đã tài trợ thực hiện nghiên cứu này, Viện Môi trường và Tài nguyên đã hỗ trợ, tạo mọi điều kiện thuận lợi để chúng tôi có thể hoàn thành nghiên cứu. Chân thành cảm ơn các Sở Ban Ngành đặc biệt là Sở Tài nguyên và Môi trường các tỉnh ĐBSCL đã hỗ trợ và cung cấp số liệu, tạo điều kiện khảo sát thực tế địa phương.

DANH MỤC TỪ VIẾT TẮT

UV: Ultraviolet
LED: Light-Emitting Diode
COD: Chemical Oxygen Demand
DO: Dissolved Oxygen
BOD: Biochemical Oxygen Demand
TSS: Total Suspended Solid
TCVN: Tiêu Chuẩn Việt Nam

XUNG ĐỘT LỢI ÍCH

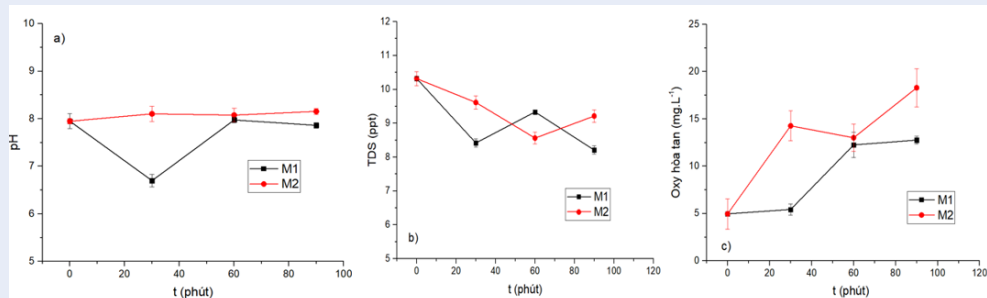
Nhóm tác giả cam đoan rằng không có xung đột lợi ích trong công bố bài báo này.

ĐÓNG GÓP CỦA TÁC GIẢ

Tác giả Nguyễn Lê Minh Trí, Nguyễn Thị Phương Thảo, Trà Văn Tung, Ngô Thị Phương Nam, Nguyễn Quốc An, Trần Thị Hiệu cùng thực hiện tất cả các bước và quy trình xây dựng kết quả của nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Sabnis RW. Handbook of Acid-Base Indicators. CRC Press; 2007. p. 416. Available from: <https://doi.org/10.1201/9780849382192>.
2. Canada Go. Risk management scope for certain triaryl-methanes, specifically: Basic Violet 3 (CAS 548-62-9), Malachite Green (CAS 569-64-2), Basic Violet 4 (CAS 2390-59-2), Basic Blue 7 (CAS 2390-60-5). Ottawa (ON), Canada: Health Canada. Health Canada; 2018.



Hình 4: Sự biến thiên của các thông số được khảo sát trong quá trình chiếu xạ

3. Giménez DF. Staining Rickettsiae in Yolk-Sac Cultures. *Stain Technology*. 1964;39(3):135–40. Available from: <https://doi.org/10.3109/10520296409061219>.
4. Bueke V, Dickson R, Philips S. Differential Stain for acid fast Bacteria and Spores. *Stain Technology*. 1932;7(1):21–4. Available from: <https://doi.org/10.3109/10520293209116065>.
5. Kandela IK, Bartlett JA, Indig GL. Effect of molecular structure on the selective phototoxicity of triarylmethane dyes towards tumor cells. *Photochemical & Photobiological Sciences : Official Journal of the European Photochemistry Association and the European Society for Photobiology*. 2002;1(5):309–14. Available from: <https://doi.org/10.1039/b110572h>.
6. Aljarrah K, Al-Akhras MA, Makhadmeh GN, AlZoubi T, Abuel-samen A, Zyoud SH, et al. Boosting the in-vitro effectiveness of photodynamic therapy on MCF-7 breast cancer cells with encapsulated malachite green by silica nanoparticles. *Results in Materials*. 2024;22. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rinma.2024.100582>.
7. Ahdal KA, Maawadh AM, Deeb LA, Alshamrani AS, Almohareb T, Alrahlah A. Effect of malachite green, ocimum sanctum, and Er, Cr: YSGG laser on antimicrobial activity against S.mutans and CAD disinfection bonded to resin restoration. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. 2023;42. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2023.103571>.
8. Yong L, Zhanqi G, Yuefei J, Xiaobin H, Cheng S, Shaogui Y, et al. Photodegradation of malachite green under simulated and natural irradiation: kinetics, products, and pathways. *Journal of Hazardous Materials*. 2015;285:127–36. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.11.041>.
9. de Freitas LV, Silveira JG, Damaceno MA, Campanharo SC, da Silva AF, Mangabeira DSJJ, et al. Evaluating the persistence of malachite green residues in tilapia and pacu fish. *Environmental Toxicology and Pharmacology*. 2024;106:104382. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2024.104382>.
10. Chen G, Miao S. HPLC determination and MS confirmation of malachite green, gentian violet, and their leuco metabolite residues in channel catfish muscle. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2010;58(12):7109–14. Available from: <https://doi.org/10.1021/jf9043925>.
11. Primavera JH, Lavilla-Pitogo CR, Ladjá JM, Peña MRD. A survey of chemical and biological products used in intensive prawn farms in the Philippines. *Marine Pollution Bulletin*. 1993;26(1):35–40. Available from: [https://doi.org/10.1016/0025-326X\(93\)90595-B](https://doi.org/10.1016/0025-326X(93)90595-B).
12. Wijegoonawardena PK. The use of chemotherapeutic agents in shrimp hatcheries in Sri Lanka. In: *Proceedings of the Meeting on the Use of Chemicals in Aquaculture in Asia*; 2000. p. 185–92.
13. Deng P, Feng J, Wei Y, Xiao J, Li J, He Q. Fast and ultrasensitive trace malachite green detection in aquaculture and fisheries by using hexadecylpyridinium bromide modified electrochemical sensor. *Journal of Food Composition and Analysis*. An Official Publication of the United Nations University, International Network of Food Data Systems. 2021;102:104003. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104003>.
14. Dong J, Li Z, Wang Y, Jin M, Shen Y, Xu Z, et al. Generation of functional single-chain fragment variable from hybridoma and development of chemiluminescence enzyme immunoassay for determination of total malachite green in tilapia fish. *Food Chemistry*. 2021;337. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127780>.
15. Hosny NM, Gomaa I, Elmaghary MG. Adsorption of polluted dyes from water by transition metal oxides: A review. *Applied Surface Science Advances*. 2023;15:100395. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.apsadv.2023.100395>.
16. Kadhom M, Deng B. Metal-organic frameworks (MOFs) in water filtration membranes for desalination and other applications. *Applied Materials Today*. 2018;11:219–30. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.apmt.2018.02.008>.
17. Sharma J, Sharma S, Soni V. Toxicity of malachite green on plants and its phytoremediation: A review. *Regional Studies in Marine Science*. 2023;62. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2023.102911>.
18. Bhatia D, Sharma NR, Singh J, Kanwar RS. Biological methods for textile dye removal from wastewater: A review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*. 2017;47(19):1836–76. Available from: <https://doi.org/10.1080/10643389.2017.1393263>.
19. Ansari A, Nematollahi D. A comprehensive study on the electrocatalytic degradation, electrochemical behavior and degradation mechanism of malachite green using electrodeposited nanostructured β -PbO₂ electrodes. *Water Research*. 2018;144:462–73. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.07.056>.
20. Yuningsih NE, Ariani L, Suprpto S, Ulfir I, Harmami H, Juwono H, et al. Adsorption of Malachite Green Using Activated Carbon from Mangosteen Peel: Optimization Using Box-Behnken Design. *Journal of Renewable Materials*. 2024;12(5):981–92. Available from: <https://doi.org/10.32604/jrm.2024.049109>.
21. Oladaye PO, Ajiboye TO, Wanyonyi WC, Omotola EO, Oladipo ME. Ozonation, electrochemical, and biological methods for the remediation of malachite green dye wastewaters: A mini review. *Sustainable Chemistry for the Environment*. 2023;3. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.scenv.2023.100033>.
22. Kagalkar AN, Jagtap UB, Jadhav JP, Govindwar SP, Bapat VA. Studies on phytoremediation potentiality of Typhonium flagelliforme for the degradation of Brilliant Blue R. *Planta*. 2010;232(1):271–85. Available from: <https://doi.org/10.1007/s00425-010-1157-2>.
23. Raza M, Nosheen A, Yasmin H, Naz R, Shah SMU, Ambreen J, et al. Application of aquatic plants alone as well as in combination for phytoremediation of household and industrial wastewater. *Journal of King Saud University Science*. 2023;35(7). Available from: [https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.35\(7\)](https://doi.org/10.1016/j.jksus.2023.35(7)).

- 2023.102805.
24. Truc NTT, Lee BK. Sustainable hydrophilization to separate hazardous chlorine PVC from plastic wastes using H₂O₂/ultrasonic irrigation. *Waste Management*. 2019;88:28–38. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.03.033>.
25. Li Y, Wang X, Wang X, Xia Y, Zhang A, Shi J, et al. Z-scheme BiVO₄/g-C₃N₄ heterojunction: an efficient, stable and heterogeneous catalyst with highly enhanced photocatalytic activity towards Malachite Green assisted by H₂O₂ under visible light. *Colloids and Surfaces A, Physicochemical and Engineering Aspects*. 2021;618. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.126445>.
26. Das KC, Dhar SS. Rapid catalytic degradation of malachite green by MgFe₂O₄ nanoparticles in presence of H₂O₂. *Journal of Alloys and Compounds*. 2020;828. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2020.154462>.
27. Modirshahla N, Behnajady MA. Photooxidative degradation of Malachite Green (MG) by UV/H₂O₂: influence of operational parameters and kinetic modeling. *Dyes and Pigments*. 2006;70(1):54–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2005.04.012>.
28. Rauf MA, Ali L, Sadig MS, Ashraf SS, Hisaindee S. Comparative degradation studies of Malachite Green and Thiazole Yellow G and their binary mixture using UV/H₂O₂. *Desalination and Water Treatment*. 2016;57(18):8336–42. Available from: <https://doi.org/10.1080/19443994.2015.1017745>.
29. Nghi PTB, Huy TB, Tân HNT, Đ H Giao. Nghiên cứu sử dụng vật liệu Cu/ZIF làm xúc tác xử lý malachite green với sự có mặt của hydrogen peroxide. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*. 2023;59:81–9.
30. PKH NTA, Thương NT. Xử Lý Nước Thải Dệt Nhuộm Bằng Quá Trình Oxy Hoá Bậc Cao Kết Hợp Với Uv. *Tạp chí Khoa học Lạc Hồng*. 2020;9:47–52.
31. Boutiti A, Zouaghi R, Bendjabeur SE, Guittouneau S, Se-hili T. Photodegradation of 1-hexyl-3-methylimidazolium by UV/H₂O₂ and UV/TiO₂: influence of pH and chloride. *Journal of Photochemistry and Photobiology A Chemistry*. 2017;336:164–9. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2016.12.030>.



Treatment of malachite green in the wastewater of a shrimp farming activity using a H₂O₂/UV-LED system

Nguyen Le Minh Tri*, Nguyen Thi Phuong Thao, Tra Van Tung, Ngo Thi Phuong Nam, Nguyen Quoc An, Tran Thi Hieu



Use your smartphone to scan this QR code and download this article

ABSTRACT

The free-radical- based advanced oxidation method is a method that can oxidize organic substances into simple molecules such as CO₂ and H₂O due to the formation of free radicals with strong oxidizing power. In this study, we investigated the decomposition of Malachite green (MG) compound in the wastewater of a shrimp farming activity by using H₂O₂/UV-LED system. The study showed that MG decomposition efficiency reached approximately 90% after 60 minutes of the UV irradiation in the presence of H₂O₂ with concentrations of 12 g.L⁻¹ and 24 g.L⁻¹. It led to the decomposition process of MG into benzophenone derivatives, and smaller and colorless molecules. Fluctuations in chemical and physical parameters related to wastewater quality during the decomposition process of MG compound were also investigated. The results showed that the oxidation of MG by H₂O₂ under UV irradiation reduced the concentration of total dissolved substances in the wastewater, while increasing its dissolved oxygen content by 2-4 times. The study also showed that H₂O₂ promoted the decomposition of MG faster and more completely. The results revealed the role of advanced oxidation process in the valorization of MG by UV and H₂O₂.

Key words: Malachite green, shrimp farming, oxidation, H₂O₂, UV, LED

Institute for Environment and Resources,
VNU-HCM, Vietnam

Correspondence

Nguyen Le Minh Tri, Institute for
Environment and Resources, VNU-HCM,
Vietnam

Email: trihankiner215@yahoo.com

History

- Received: 03-7-2024
- Revised: 21-01-2025
- Accepted: 18-8-2025
- Published Online: 24-12-2025

DOI :

<https://doi.org/10.32508/stdjsee.v9i2.780>



Copyright

© VNUHCM Press. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International license.



Cite this article : Minh Tri N L, Phuong Thao N T, Van Tung T, Phuong Nam N T, Quoc An N, Thi Hieu T. **Treatment of malachite green in the wastewater of a shrimp farming activity using a H₂O₂/UV-LED system.** *Sci. Tech. Dev. J. - Sci. Earth Environ.* 2025; 9(2):1147-1154.