

Đánh giá hiệu quả khử trùng và xử lý chất hữu cơ trong nước mặt bằng Ferrate

○ NGÔ THÚY AN

Đại học An Giang

TRẦN TIẾN KHÔI, NGUYỄN THỊ NGỌC DUY, BÙI QUỐC NGUYÊN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh (ĐHQG-HCM) trong khuôn khổ Đề tài mã số C2015-20-32.

Email:khoi.tran@hcmut.edu.vn

Đặt vấn đề

Khi thiên tai, lũ lụt xảy ra, rác, đất rửa trôi, phù sa trong nước, cộng với chất thải sinh hoạt của con người làm nước ô nhiễm nặng nề, không thể sử dụng để sinh hoạt, kéo theo nguy cơ dịch bệnh nếu người dân buộc phải sử dụng trực tiếp nguồn nước nhiễm bẩn này. Hiện tại, người dân vùng lũ thường sử dụng phèn nhôm để keo tụ và lắng cặn, sau đó khử trùng bằng cloramin B. Một số sản phẩm tiện dụng dựa trên phèn và clo đã được cung cấp dạng viên nén 2 trong 1 ví dụ như Aquatab, Aquasure... Tuy nhiên, khi hàm lượng chất hữu cơ cao, khử trùng bằng clo có thể sinh ra các sản phẩm phụ độc hại như THMs, HAAs .

Ferrate (FeO_4^{2-}), một dạng hợp chất sắt hóa trị 6 (Fe(VI)) dạng rắn, là hợp chất có tính năng kép: Ôxy hóa mạnh và keo tụ . Ferrate là một chất ôxy hóa mạnh trong 1 khoảng pH rộng với điện thế ôxy hóa của nó thay đổi từ +2,2V đến +0,7V tùy theo điều kiện acid hay kiềm . Trong môi trường acid, ferrate là chất ôxy hóa mạnh hơn clo, H_2O_2 và ôzôn . Hơn nữa, khi cho vào nước, Fe(VI) bị khử thành Fe(III), ngay sau đó qua quá trình thủy phân Fe(III) chuyển thành $Fe(OH)_3$ – một chất có tính năng keo tụ. Vì vậy ferrate có tính năng kép trong xử lý nước.

Nhờ các tính năng này, ferrate có thể xử lý nước nhiễm bẩn đạt chất lượng ăn uống thông qua một công đoạn đơn giản là hòa tan hóa chất vào nước và chờ lắng trong (hoặc lọc nhanh) để sử dụng. Từ đó cho thấy khả năng ứng dụng ferrate như là một giải pháp cấp nước khẩn cấp cho vùng lũ có tiềm năng rất cao.

Vật liệu và Phương pháp nghiên cứu

Hóa chất

Dung dịch ferrate được điều chế trong phòng thí nghiệm Khoa Môi trường và Tài nguyên, Đại học Bách

Khoa TP. Hồ Chí Minh theo phương pháp của Thompson có nồng độ ban đầu trong khoảng 40-50 mM. Các thí nghiệm được thực hiện từ dung dịch 10mM pha chế ngay trước khi làm thí nghiệm. Phèn nhôm $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ sử dụng có xuất xứ từ Đức (Merck).

Mẫu nước nghiên cứu

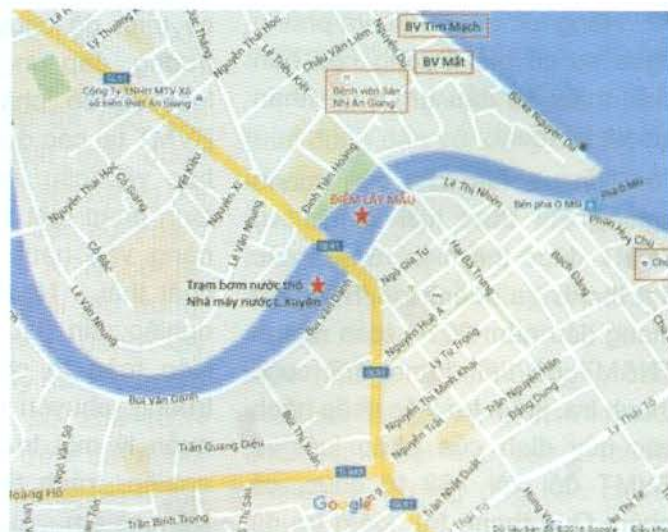
Mẫu nước đầu vào lấy từ sông Hậu trong và ngoài mùa lũ, được trữ lạnh ở 4°C, không quá 10 ngày. Mẫu nước trong mùa lũ được lấy vào giữa tháng 9 năm 2014, thuộc giai đoạn đỉnh lũ. Kết quả phân tích chất lượng mẫu nước được trình bày trong bảng 1.

Vị trí lấy mẫu cách trạm bơm nước thô của nhà máy nước Long Xuyên 20m, hướng về phía đầu nguồn, thuộc phường Mỹ Xuyên, TP. Long Xuyên, tỉnh An Giang. Tọa độ 10°23'01.3"N, 105°26'21.0"E.

Phương pháp nghiên cứu

Mẫu nước được làm thí nghiệm Jar_test (20 phút) với ferrate và phèn nhôm ở các liều lượng tăng

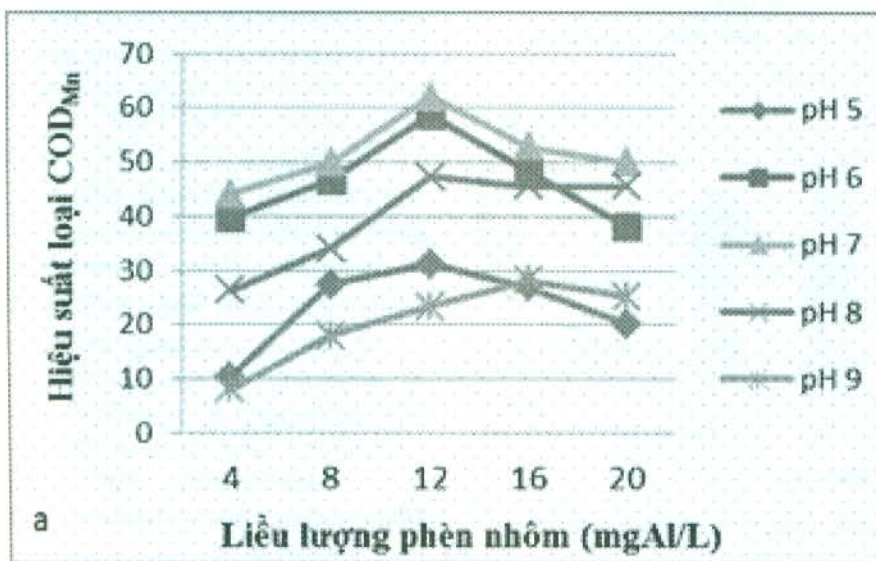
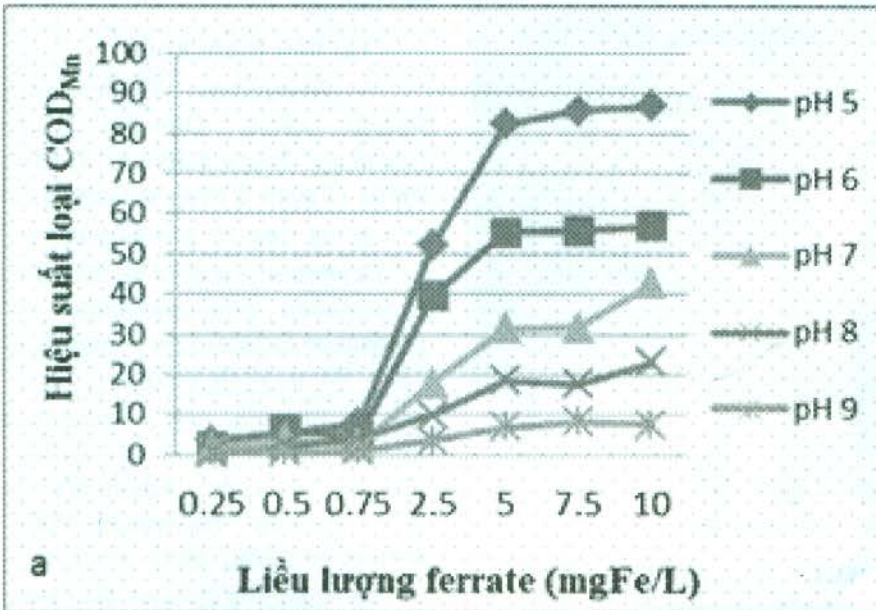
Hình 1: Vị trí lấy mẫu nước nghiên cứu



Bảng 1. Thành phần, tính chất nước thô sông Hậu trong mùa lũ năm 2014

Thông số	Đơn vị	Giá trị	n
pH	-	7.02 7.30	3
SS	mg/L	164±1.15	3
Độ đục	NTU	109±2.08	3
Độ màu	Pt - Co	0.339±0.006	3
Sắt tổng	mg/L	0.7688	3
COD _{Mn}	mg/L	19.73±0.05	3
UV ₂₅₄	cm ⁻¹	0.0436	3
Coliforms	MPN/100ml	29.10 ⁴	3

Hình 2. Hiệu quả xử lý chất hữu cơ



dẫn trong khoảng pH từ 5 đến 9. Nước sau Jar-test được để lắng tĩnh trong 1 giờ sau đó phân tích các chỉ tiêu chất lượng nước (COD_{Mn}, độ màu, độ đục, coliform) được để đánh giá hiệu quả xử lý và so sánh giữa 2 loại phèn.

Kết quả vào thảo luận

Hiệu quả xử lý chất hữu cơ

Hiệu quả xử lý chất hữu cơ (đánh giá qua chỉ tiêu COD_{Mn}) được trình bày ở hình 2. Kết quả nghiên cứu cho thấy hiệu quả xử lý chất hữu cơ của ferrate nhìn chung cao hơn phèn nhôm. Theo nghiên cứu của Graham và cộng sự, ferrate sẽ phân hủy tốt hơn so với phèn đối với các chất hữu cơ mạch ngắn và dễ bị oxi hóa, khi đó cơ chế oxi hóa sẽ vượt trội so với keo tụ. Như vậy, chất ô nhiễm hữu cơ ở sông Hậu tại vị trí nghiên cứu có thể bị ô nhiễm chính từ chất thải sinh hoạt hơn là humic từ thượng nguồn. Hiệu quả xử lý chất hữu cơ đạt cao nhất ở pH 5, đạt tới gần 90% đối với ferrate với liều lượng 10 mg/L trong khi đó phèn nhôm chỉ xử lý được hơn 60% với liều lượng 12 mg/L. Điều này hoàn toàn phù hợp với đặc tính của ferrate là có điện thế oxi hóa khử tăng khi pH giảm. Ở pH 6, ferrate cũng có thể phân hủy được 60% chất hữu cơ, cho thấy khả năng ứng dụng của ferrate vào thực tế là khả thi.

Hiệu quả khử trùng

Hiệu quả khử trùng nước mặt được đánh giá thông qua thông số Coliforms tổng số (gọi tắt là Coliforms). Mật độ Coliforms đầu vào là 2,9 10⁵ MPN/100ml. Hiệu suất khử Coliforms bằng ferrate và phèn nhôm được trình bày ở hình 3 và 4.

Tại pH 5, hiệu suất khử trùng bằng ferrate cao đạt được ngay cả ở hàm lượng ferrate rất thấp. ở

liều lượng ferrate 0.75 mgFe/L, đã có thể đạt đến hiệu suất loại bỏ *Coliforms* 88.1%. Khi tăng nồng độ lên 2.5 mgFe/L, hiệu suất loại bỏ đạt 99.7%. Từ nồng độ 5 mgFe/L trở lên, ferrate loại bỏ hoàn toàn *Coliforms* (5 log). Tương tự như oxi hóa chất hữu cơ, pH 5 cho hiệu suất khử *Coliforms* cao nhất so với các pH khác trong nghiên cứu, có thể nhờ vào khả năng oxi hóa cao của ferrate tại pH thấp. kết quả này hoàn toàn tương đồng với các nghiên cứu trước đây

So với tất cả pH còn lại, hiệu suất loại bỏ *Coliforms* bằng phèn nhôm tại pH 5 cao nhất, đạt 75.9% tại 12 mgAl/L. So với pH 7

(tối ưu cho keo tụ bằng phèn nhôm), hiệu suất xử lý *Coliforms* tại pH 5 cao hơn 16% - 20%. Như vậy, so với ferrate, khả năng loại bỏ *Coliforms* của phèn nhôm không đáng kể: 1log.

Kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, ferrate cũng có khả năng xử lý độ đục và độ màu trong nước, tuy nhiên đạt hiệu suất cao nhất (95%) ở các pH khác 5. Như vậy, phải có sự lựa chọn pH phù hợp với mục tiêu ưu tiên là chất hữu cơ hay độ đục. Hơn nữa, khả năng xử lý độ màu và độ đục của ferrate kém hơn phèn nhôm. Nguyên nhân chính là do sử dụng hàm lượng thấp hơn, chất lượng bùn cặn tào thành không tốt bằng

phèn nhôm dẫn đến hiệu quả xử lý độ màu và độ đục kém hơn do 2 chỉ tiêu giảm mạnh do hiệu ứng keo tụ hơn là hiệu ứng oxi hóa .

Kết luận

Sử dụng ferrate để xử lý chất hữu cơ, khử trùng nước và loại bỏ độ đục đã được chứng minh là hiệu quả trong nghiên cứu này. Khi dùng ferrate ở liều lượng tối ưu, pH 5 thích hợp nhất cho quá trình loại bỏ độ màu, sắt tổng, COD_{Mn} và *Coliforms* (tất cả đều đạt chuẩn nước uống QCVN 01:2009/BYT). Tuy nhiên, hàm lượng độ đục đầu ra tại pH này chỉ chuẩn cho phép khi sử dụng thêm cột lọc cát.

Tài liệu tham khảo

1. Aniruddha Bhalchandra Pandit, J.K.K., *Drinking Water Disinfection Techniques*. 2012: CRC Press - Taylor & Francis Groups.
2. G. W. Thompson, L.T.Ockerman, and J.M.Schreyer, *Preparation and purification of potassium ferrate*. *J Am Chem Soc*, 1951. **73**: p. 1379-1381.
3. Sharma, V.K., *Potassium ferrate(VI): an environmentally friendly oxidant*. *Advances in Environmental Research*, 2002. **6**(2): p. 143-156.
4. Jiang, J.Q. and B. Lloyd, *Progress in the development and use of ferrate(VI) salt as an oxidant and coagulant for water and wastewater treatment*. *Water Research*, 2002. **36**(6): p. 1397-1408.
5. Graham, N.J.D., T.T. Khoi, and J.Q. Jiang, *Oxidation and coagulation of humic substances by potassium ferrate*. *Water Science and Technology*, 2010. **62**(4): p. 929-936.
6. Hu, L., *Oxidative treatment of emerging micropollutants and viral pathogens by potassium permanganate and ferrate: Kinetics and Mechanisms*, in *Civil Engineering*. 2011, University of Illinois: USA. ■

Hình 3. Hiệu quả loại bỏ *Coliforms* của phèn nhôm ở pH = 5

