

SỬ DỤNG NƯỚC THẢI TỔNG HỢP TRONG GIẢNG DẠY THỰC HÀNH QUÁ TRÌNH BÙN HOẠT TÍNH UTILIZATION OF SYNTHETIC WASTEWATER IN EXPERIMENTAL TEACHING FOR ACTIVATED SLUDGE PROCESS

Bùi Minh Triết

Trường Đại học Đồng Tháp, Việt Nam

Ngày toà soạn nhận bài 28/8/2017, ngày phản biện đánh giá 7/9/2017, ngày chấp nhận đăng 26/10/2017.

TÓM TẮT

Thực hành về quá trình bùn hoạt tính là nội dung quan trọng trong chương trình đào tạo của các ngành môi trường. Tuy nhiên, việc sử dụng nước thải thật cho các thí nghiệm bùn hoạt tính có nhiều hạn chế như: nguy cơ về vấn đề về vệ sinh và sức khỏe, khó kiểm soát thành phần nước thải, rủi ro cao. Nước thải tổng hợp khắc phục được các nhược điểm của nước thải thật và có thể thay thế nước thải thật trong giảng dạy về quá trình bùn hoạt tính. Bài báo này trình bày một số khuyến cáo về thành phần của nước thải tổng hợp cũng như việc ứng dụng nước thải tổng hợp trong giảng dạy thực hành quá trình bùn hoạt tính. Các khuyến cáo này tập trung vào việc chọn lựa nguồn carbon; tỷ lệ giữa carbon, nitơ và phospho; hàm lượng cần thiết của các nguyên tố vi lượng; tồn trữ nước thải tổng hợp và những ảnh hưởng tiềm năng của nước thải tổng hợp đối với quá trình giảng dạy.

Từ khóa: nước thải tổng hợp; quá trình bùn hoạt tính; giảng dạy thực hành; thành phần; ứng dụng.

ABSTRACT

Activated sludge process plays an important role in the curricula of environmental majors. The implementation of activated sludge experiments with real wastewater shows many drawbacks: health hazards, poor control of wastewater composition, potential accidents. Synthetic wastewater can be an effective alternative for real wastewater in the instruction of activated sludge experiments. This paper presents some recommendations on composition and application of synthetic wastewater for experimental teaching for activated sludge process. The recommendations focus on the choice of carbon source; $BOD_5:N:P$ ratio; concentrations of trace elements; the storage of synthetic wastewater; potential effects of synthetic wastewater on teaching process.

Keywords: synthetic wastewater; activated sludge process; experimental teaching; composition; application.

1. GIỚI THIỆU

Quá trình bùn hoạt tính là một quá trình xử lý nước thải sử dụng không khí và các bông bùn vi sinh (bùn hoạt tính). Bùn hoạt tính được cấp oxi và trộn với nước thải nhờ thiết bị cấp khí. Các vi sinh vật trong bùn hoạt tính (BHT) sử dụng các chất hữu cơ trong nước thải như nguồn cung cấp dinh dưỡng, các chất này bị phân hủy hay đồng hóa thành sinh khối của vi sinh. Các thành phần vô cơ như NH_4^+ , PO_4^{3-} cũng có thể

được xử lý một cách hiệu quả bằng BHT. Bùn hoạt tính sau đó được tách khỏi nước thải đã qua xử lý bằng biện pháp lắng hay lọc. Quá trình bùn hoạt tính là quá trình sinh học quan trọng nhất trong công nghệ xử lý nước thải, được giảng dạy trong nhiều chuyên ngành như Kỹ thuật môi trường, Quản lý môi trường, Khoa học môi trường, Công nghệ môi trường.

Thực hành quá trình BHT là nội dung không thể thiếu trong đào tạo các kỹ sư thiết

kế, kỹ sư vận hành hệ thống xử lý nước thải. Mục tiêu của bài thực hành là:

- Phát triển kỹ năng phân tích, kỹ năng làm việc nhóm của sinh viên. Sinh viên phải vận dụng kiến thức đã học để giải thích kết quả thí nghiệm và phối hợp với các thành viên trong nhóm của mình để hoàn thành thí nghiệm. Mỗi buổi vận hành có ít nhất 2 nhóm, mỗi nhóm xử lý một loại nước thải có thành phần khác nhau.

- Bước đầu tạo cơ hội cho sinh viên được tiếp cận và vận hành hệ thống BHT. Thấy được sự ảnh hưởng của loại nước thải và điều kiện vận hành đến hiệu quả loại bỏ chất ô nhiễm của BHT. Người học sẽ thay đổi các thông số vận hành của mô hình BHT, theo dõi đáp ứng của BHT với sự thay đổi, từ đó xác định 2 thông số: hệ số phân hủy nội bào và hệ số năng suất sử dụng chất nền cực đại của vi sinh trong BHT. Đây là 2 thông số được ứng dụng để thiết kế các bể bùn BHT.

Vật liệu cần thiết cho bài thực hành này là nước thải. Tuy nhiên việc sử dụng nước thải thật từ sinh hoạt hay từ các cơ sở sản xuất có nhiều hạn chế:

(a) Vi sinh vật gây bệnh có thể hiện diện trong nước thải thật. Mùi hôi phát sinh trong quá trình tồn trữ nước thải. Bùn thải từ thí nghiệm có khả năng chứa hàm lượng cao các chất nguy hại có nguồn gốc từ nước thải.

(b) Khó kiểm soát được chất lượng nước thải như độ đậm đặc hữu cơ, tỷ lệ các thành phần. Bên cạnh đó, hoạt động sản xuất có thể dùng các chất tẩy rửa, các chất diệt khuẩn, dung môi, phụ gia gây độc cho vi sinh. Khi thành phần nước thải thay đổi đột ngột, các bố trí tốn nhiều thời gian phải tiến hành từ đầu, ảnh hưởng đến tiến độ và hiệu quả giảng dạy.

(c) Rủi ro cao. Nguy cơ xảy ra tai nạn trong khâu thu và vận chuyển nước thải về phòng thí nghiệm. Bất kỳ lúc nào, doanh nghiệp cũng có thể từ chối việc xin nước thải, đã được thỏa thuận từ trước. Có thể gặp vấn đề về pháp lý khi vận chuyển một lượng lớn nước thải. Trong khi đó việc bố trí thí nghiệm và tổ chức giảng dạy tại nơi có nguồn nước thải là không khả thi.

Nước thải tổng hợp (synthetic wastewater) là dung dịch được điều chế trong phòng thí nghiệm có thành phần mô phỏng một loại nước thải cụ thể. Việc sử dụng nước thải tổng hợp (NTTH) thay thế cho nước thải thật sẽ khắc phục được những hạn chế của nước thải thật. Bài báo này trình bày những lưu ý đối với thành phần của nước thải tổng hợp và việc sử dụng NTTH trong giảng dạy thực hành xử lý nước thải bằng quá trình BHT.

2. THÀNH PHẦN CỦA NƯỚC THẢI TỔNG HỢP

Khi điều chế NTTH cho thí nghiệm BHT, cần lưu ý rằng trong hệ thống xử lý nước thải có bể BHT thì trước bể BHT đã có các công trình xử lý nước thải khác. Do đó thành phần của nước thải vào bể BHT có sự khác biệt đáng kể so với nước thải thô, đặc biệt về hàm lượng các chất lơ lửng, dầu mỡ, hàm lượng BOD₅, COD. Trong trường hợp trước bể BHT có công trình sinh học khác thì tỷ lệ BOD₅/COD của nước thải vào bể BHT thường sẽ thấp hơn nước thải thô [1] [2].

Thành phần của NTTH bao gồm nguồn dinh dưỡng carbon, các nguyên tố đa lượng và vi lượng. Tiêu chí để chọn cơ chất cho NTTH là độ an toàn, tính thân thiện với môi trường, mức độ dễ tìm, giá thành, vai trò trong thực tế và yêu cầu đặc trưng của thí nghiệm.

Vi khuẩn sử dụng nguồn dinh dưỡng carbon cho hoạt động trao đổi chất và tổng hợp tế bào. Thành phần chiếm tỷ lệ cao nhất trong NTTH là nguồn carbon. Nguồn carbon mà các trạm xử lý nước thải thường sử dụng là: methanol, ethanol, muối acetate, acid acetic, glucose và dịch rỉ đường. Trong đó methanol và ethanol là các chất bay hơi dễ bắt lửa.

Muối acetate, acid acetic và glucose là các chất thường thấy trong các phòng thí nghiệm sinh, hóa ở trường đại học. Muối acetate và acid acetic là thành phần cần có trong các thí nghiệm dùng BHT để loại bỏ phospho trong nước thải. Acetate thường chiếm 50% tới 70% tổng acid bay hơi (VFA) của nước thải, để quá trình xử lý phospho bằng vi sinh diễn ra hiệu quả thì tỷ lệ VFA/P phải lớn hơn 7.

Dịch rỉ đường là chất thải của quá trình sản xuất đường nên có giá thành rẻ. Tuy nhiên, thành phần của dịch rỉ đường lại thay đổi theo mùa, loại thực vật, công nghệ sản xuất và khâu tồn trữ. Bên cạnh đó là sự hiện diện của các hợp chất có vòng thơm trong thành phần dịch rỉ đường, đây là các hợp chất khó xử lý bằng BHT. Có thể ứng dụng dịch rỉ đường cho phân thực hành xử lý hóa học, sau đó dùng nước thải qua xử lý hóa học cho bài quá trình BHT.

Sự không cân bằng giữa dinh dưỡng carbon và hàm lượng nitơ, phospho trong NTTH có thể dẫn đến sự cố trong quá trình nuôi cấy BHT chuẩn bị cho thí nghiệm. Các sự cố thường gặp là nổi váng bọt và bùn khó lắng. Chỉ tiêu BOD₅ cho biết mức độ đậm đặc các chất hữu cơ trong nước thải. Một gam glucose tương đương với 0,80 gam BOD₅ [3]. Tỷ lệ này với acid acetic và muối sodium acetate lần lượt là 0,62 và 0,33 [3]. Còn theo James Dumanowski và Arvid Strom 1 ml dịch rỉ đường tương đương với 1,16g BOD₅ [4]. Nhiều tài liệu khuyến cáo để đảm bảo sự cân bằng giữa dinh dưỡng carbon và hàm lượng nitơ, phospho thì tỷ lệ BOD₅:N:P cho quá trình BHT cần đạt 100:5:1.

Bên cạnh nguồn dinh dưỡng carbon, NTTH phải chứa một hàm lượng nhất định nguyên tố đa lượng và vi lượng cần thiết. Hàm lượng phospho và hàm lượng tối thiểu của K và Mg trong dung dịch phải đảm bảo đạt tỷ lệ 1:1:3 (Mg:K:P) [5]. Bởi vì Mg và K là các nguyên tố thiết yếu cho sự hình thành poly-P của vi sinh vật.

Bảng 1. Nhu cầu dinh dưỡng vi lượng của BHT [6]

Nguyên tố	Nhu cầu (mg/mg BOD)
Mn	10×10^{-5}
Cu	15×10^{-5}
Zn	16×10^{-5}
Mo	43×10^{-5}
Se	14×10^{-10}
Mg	30×10^{-4}
Co	13×10^{-5}

Nguyên tố	Nhu cầu (mg/mg BOD)
Ca	62×10^{-4}
Na	5×10^{-5}
K	45×10^{-4}
Fe	12×10^{-3}

Hiệu quả xử lý nước thải của quá trình BHT lệ thuộc nhiều vào sự ổn định của bông BHT. Bề mặt tế bào vi khuẩn được tích điện âm, sự hiện diện của cation hóa trị hai được cho là giúp tạo cầu nối gắn kết các tế bào vi khuẩn của BHT. Nếu lực ion (ionic strength) của môi trường dưới 0,05 thì sự gia tăng của lực ion giúp gia tăng độ ổn định của BHT, tạo cho bông BHT khả năng lắng tốt. Có nghiên cứu cho thấy hàm lượng tối thiểu Ca và Mg để tạo nên bông bùn sinh học có khả năng lắng tốt là 14 – 40 mg/L cho Ca và 8 – 24 mg/L cho Mg [7]. Tuy nhiên hàm lượng cần thiết thực tế của Ca và Mg còn tùy thuộc vào lực ion của nước thải được xử lý. Ngoài ra tỷ lệ giữa cation hóa trị hai và cation hóa trị một cũng là yếu tố quan trọng bởi vì khi tỷ lệ này nhỏ hơn 0,5 khả năng lắng của bông bùn suy giảm [7].

Trong thí nghiệm so sánh hiệu quả xử lý NTTH và nước thải chế biến cá của mô hình BHT hoạt động theo mẻ, D.P. Mesquita và cộng sự đã sử dụng NTTH có thành phần gồm NH₄Cl (76,1 mg/L), C₆H₁₂O₆ (300 mg/L), MgSO₄.7H₂O (16,7 mg/L), NaHCO₃ (243,3 mg/L); Na₂CO₃ (162,2 mg/L), Na₂HPO₄.12H₂O (46,2 mg/L), CaCl₂.7H₂O (4,7 mg/L) và KCl (4,7 mg/L) [8]. Kết quả của nghiên cứu cho thấy NTTH chỉ gồm glucose là nguồn carbon không thích hợp để mô phỏng nước thải chế biến cá.

Kangala B. Chipasa và Krystyna Mdrzycka khảo sát quá trình phân hủy lipid trong nước thải bởi BHT [9]. Nghiên cứu sử dụng NTTH có thành phần gồm: dầu hạt cải tinh luyện (1 g/L), Tween 80 (1 g/L), MgSO₄.7H₂O (0,08 g/L), NaNO₃ (1 g/L), K₂HPO₄ (1,5 g/L), KH₂PO₄ (2 g/L), NaHPO₄.7H₂O (0,4 g/L), NH₄Cl (0,5 g/L), (NH₄)₂SO₄ (0,5 g/L), FeSO₄.7H₂O (0,05 g/L); Na₂MoO₄.2H₂O (0,025 g/L),

$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,035 g/L), $\text{CaSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (0,02 g/L), $\text{ZnSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (0,015 g/L), $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ (0,025 g/L) và $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (0,025 g/L). Sau 7 ngày vận hành hàm lượng lipid trong nước thải giảm từ 2000 mg/L còn 300 mg/L, hàm lượng lipid giảm mạnh trong 24h đầu, từ 2000 mg/L xuống khoảng 600 mg/L sau 1 ngày. Tuy nhiên các tác giả đã không đề cập đến khả năng lắng hay tình trạng của bông BHT sau quá trình xử lý nước thải chứa hàm lượng cao lipid.

Để mô phỏng nước thải sinh hoạt tài liệu của OECD đề xuất NTTH có thành phần được điều chế như sau, hòa tan trong mỗi lít nước máy: peptone (160 mg), meat extract (110 mg), urea (30 mg), K_2HPO_4 (28 mg), NaCl (7 mg), $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (4 mg), $\text{Mg}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (2 mg). NTTH này có hàm lượng chất hữu cơ hòa tan (DOC) khoảng 100 mg/L [10].

Một số thí nghiệm phối trộn 10% thể tích nước thải thật và 90% nước thải tổng hợp. Việc phối trộn này nhằm giảm sự khác biệt giữa nước thải thật và NTTH. Tuy nhiên, có nghiên cứu cho thấy sử dụng phối hợp nước thải sinh hoạt và NTTH đã làm giảm hiệu quả loại bỏ các hợp chất hữu cơ hòa tan so với sử dụng riêng nước thải sinh hoạt [11][12].

3. NHỮNG LƯU Ý TRONG GIẢNG DẠY

Nếu phải tiến hành nhiều thí nghiệm hay thí nghiệm kéo dài, NTTH có thể được điều chế ở dạng cô đặc, thanh trùng (trong 1h ở 110°C) và sử dụng như dung dịch stock. Tuy nhiên trong quá trình tồn trữ, dung dịch phải bị loại bỏ nếu xuất hiện kết tủa hay có dấu hiệu nhiễm vi sinh như dung dịch chuyển sang đục hay xuất hiện bọt khí. Khi được điều chế bằng nước cất, NTTH theo công thức của OECD có thể trữ ở 1°C trong một tuần.

Kết quả thí nghiệm với NTTH có thể tốt hơn nước thải thật mà nó mô phỏng do nước thải thật có thành phần phức tạp và chứa

nhiều chất hữu cơ khó phân hủy. Cũng có trường hợp ghi nhận BHT được nuôi cấy bằng nước thải thật cho hiệu quả xử lý tốt hơn, có thể do nước thải thật có thành phần vi sinh phong phú, hệ vi sinh này có tác động hỗ trợ lẫn nhau trong quá trình phân hủy các hợp chất hữu cơ. Bên cạnh đó trong nước thải thật đưa vào xử lý có thể chứa các chủng vi sinh thích nghi với việc phân hủy các hợp chất hữu cơ mà vi sinh trong BHT (được nuôi bằng NTTH) phân hủy không hiệu quả. Khoảng giá trị của các thông số vận hành BHT, đã tối ưu cho việc xử lý nước thải tổng hợp, có thể khác đáng kể so với khi xử lý nước thải thật. Trong trường hợp kết quả thí nghiệm với NTTH tốt hơn kết quả tương ứng từng được công bố với nước thải thật, giảng viên cần lưu ý sinh viên phải thận trọng khi áp dụng kết quả thí nghiệm cho công việc thực tế.

Nước thải tổng hợp hầu hết có đặc tính khác biệt so với nước thải của hệ thống mà mẫu bùn hoạt tính được thu thập (nước thải ban đầu). Do đó bùn hoạt tính cần có thời gian thích nghi với NTTH. Thời gian thích nghi tùy thuộc vào chế độ vận hành như thời gian lưu bùn, tỷ số thức ăn trên vi sinh (F/M) và mức độ khác biệt giữa NTTH đang xử lý với nước thải ban đầu. Thời gian này có thể kéo dài từ 1 đến 8 lần thời gian lưu bùn. Giảng viên phụ trách cần dành khoảng thời gian phù hợp để chuẩn bị nguồn BHT đã thích nghi.

4. KẾT LUẬN

Thành công của việc giảng dạy thực hành quá trình BHT lệ thuộc vào việc chọn lựa nguồn carbon thích hợp, đảm bảo yêu cầu về tỷ lệ $\text{BOD}_5:\text{N}:\text{P}$ cũng như hàm lượng cần thiết của các nguyên tố vi lượng trong NTTH. Bên cạnh đó giảng viên phụ trách cần lưu ý ảnh hưởng của NTTH đến khâu chuẩn bị BHT cho thí nghiệm và khâu thảo luận, giải thích kết quả thí nghiệm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. Raboni, R. Gavasci, & G. Urrbini, UASB followed by sub-surface horizontal flow phytodepuration for the treatment of the sewage generated by a small rural community, *Sustainability*, 6, pp. 6998-7012, 2014.

- [2] H. Rizvi, N. Ahmad, F. Abbas, I. H. Bukhari, A. Yasar, S. Ali, T. Yasmeen, M. Riaz, Start-up of UASB reactors treating municipal wastewater and effect of temperature/sludge age and hydraulic retention time (HRT) on its performance, *Arabian Journal of Chemistry*, 8, pp. 780–786, 2015.
- [3] A.C. van Haandel, J.G.M. van der Lubbe, Handbook of Biological Wastewater Treatment, *IWA Publishing*, pp. 15, 2012.
- [4] J. Dumanowski, A. Strom, Study of activated sludge separation by dynamic straining, *EPA-600/2-78-070*, pp. 35, 1978.
- [5] Mark C. M. van Loosdrecht, Per H. Nielsen, Carlos M. Lopez-Vazquez, Damir Brdjanovic, Experimental Methods in Wastewater Treatment, *IWA Publishing*, pp. 18, 2016.
- [6] M. H. Gerardi, Chairman, Wastewater Biology: The Life Processes, *Water Environment Federation*, Alexandria, VA, pp.184, 1994.
- [7] Higgins, M.J., and J. T. Novak, The effect of cations on the settling and dewatering of activated sludges: Laboratory results, *Water Environment Research*, 69(2), pp. 215-224, 1997.
- [8] Mesquita, D.P., Ribeiro, R. R., Teixeira, D., Ferreira, E.C., Coelho, M.A.Z, SBR performance for synthetic and fishery wastewater treatment, *Proceedings of 4th Sequencing Batch Reactor Conference*, pp. 21-24, 2008.
- [9] Kangala B. Chipasa, Krystyna Mdrzycka, Characterization of the fate of lipids in activated sludge, *Journal of Environmental Sciences (China)*, 20(5), pp. 536-542, 2008.
- [10] OECD, Test No. 303: Simulation Test - Aerobic Sewage Treatment – A: Activated Sludge Units; B: Biofilms, *OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 3*, *OECD Publishing*, pp. 42, 2001.
- [11] Birch, R. R., Biodegradation of nonionic surfactants, *J.A.O.C.S.*, 61(2), pp. 340-343, 1984.
- [12] Painter, HA and Bealing, D, Experience and data from the OECD activated sludge simulation tes. in Laboratory tests for simulation of water treatment processes, *Report No. 18. Commission of European Communities*, pp. 113-138, 1989.

Tác giả chịu trách nhiệm bài viết:

Bùi Minh Triết

Trường Đại học Đồng Tháp

Email: bmtriet@dthu.edu.vn