

NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG XỬ LÝ NƯỚC THẢI SINH HOẠT SẢN SINH ĐIỆN NĂNG BẰNG PIN NHIÊN LIỆU VI SINH

Võ Hữu Công*, Hồ Thị Thúy Hằng, Nguyễn Thị Luyện, Lê Thị Huyền

Khoa Môi trường, Học viện Nông nghiệp Việt Nam, Email: vhcông@vnua.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này nhằm ứng dụng hệ thống pin nhiên liệu vi sinh để xử lý nước thải sinh hoạt kết hợp sản sinh điện năng. Hệ thống xử lý thực nghiệm được áp dụng với nước thải sinh hoạt khu ký túc xá Học viện Nông nghiệp Việt Nam. Các thí nghiệm xử lý được thực hiện với nước thải sinh hoạt có các đặc trưng về pH, BOD₅, COD, TSS, NO₃⁻, PO₄³⁻ và tổng coliform. Kết quả nghiên cứu cho thấy hệ thống pin nhiên liệu vi sinh hoạt động hiệu quả khi bổ sung vi khuẩn *Bacillus subtilis* ở mức 1,0-1,5% thể tích. Hiệu điện thế thu được biến động từ 0,29-0,45V trong thời gian 7 ngày. Hiệu quả xử lý BOD đạt 56% và COD đạt 63%. Các nghiên cứu về ảnh hưởng của nhiệt độ, pH và điều kiện cơ chất trong môi trường cần được tiếp tục.

Từ khóa: Nước thải sinh hoạt, pin nhiên liệu vi sinh, thu hồi năng lượng, *Bacillus subtilis*.

1. GIỚI THIỆU

Trong cuộc họp với Thành phố Hà Nội (ngày 29/9/2017), Bộ trưởng Bộ Tài nguyên và Môi trường cho rằng thành phố cần đánh giá kỹ lưỡng về trình độ công nghệ xử lý chất thải trong đó nhấn mạnh đến công nghệ biến chất thải thành điện năng. Hiện nay, các công nghệ được áp dụng chủ yếu là tận dụng nhiệt năng trong các công nghệ đốt để sản xuất điện năng (nhiệt điện). Công nghệ này thường được áp dụng đối với các loại chất thải có nguồn gốc là vật liệu dễ cháy, còn một lượng lớn chất hữu cơ ở dạng lỏng chưa được thu hồi vẫn gây ô nhiễm môi trường. Đây cũng là hiện trạng chung của các tỉnh thành trong cả nước. Theo World Bank (2013), 86% lượng nước thải sinh hoạt từ đô thị không qua xử lý mà thải trực tiếp ra môi trường. Ở khu vực nông thôn, nước thải sinh hoạt bao gồm chất thải của con người và gia súc lẫn tạp gây nên hiện tượng ô nhiễm nguồn nước về mặt hữu cơ và vi sinh vật.

Hệ thống pin nhiên liệu vi sinh hoạt động dựa trên cơ chế vi sinh vật phân huỷ chất thải chứa hàm lượng hữu cơ cao để sinh ra electron là cơ sở để xử lý nước thải ô nhiễm chất hữu cơ, lượng proton (H⁺) tạo ra được thu hồi dưới dạng khí hydro (H₂) hoặc chuyển hoá thành nước (H₂O) nên giảm thiểu được sự chuyển hoá thành khí H₂S, là khí chính gây ra mùi hôi thối trong hệ thống nước thải. Vì vậy, tiềm năng chuyển hoá các chất thải giàu hàm lượng hữu cơ trong nước thải sinh hoạt thành điện năng là một sự lựa chọn nhằm vào hai yếu tố, xử lý chất ô nhiễm môi trường và thu hồi năng lượng thông qua việc sản sinh điện năng. Nghiên cứu này bước đầu thực hiện trên đối tượng nước thải sinh hoạt tại khu ký túc xá Học viện Nông nghiệp Việt Nam với lưu lượng trung bình 100 - 120 m³/tháng nhằm đánh giá khả năng xử lý nước thải giàu chất hữu cơ kết hợp sản sinh điện năng.

2. PHƯƠNG PHÁP

2.1. Phương pháp đánh giá đặc tính nước thải sinh hoạt

2.1.1. Phương pháp lấy mẫu

Vị trí lấy mẫu: Lấy mẫu tại cống xả thải đổ ra mương để thải bỏ ra môi trường (sông Cầu Bây, Gia Lâm, Hà Nội). Thời gian lấy mẫu vào khoảng 11 giờ trưa là khoảng thời gian nấu ăn. Mẫu nước được lấy vào chai có thể tích 1,5 lít và được đem đi phân tích ngay.

2.1.2. Phương pháp phân tích

Đặc trưng nước thải sinh hoạt được thể hiện qua các chỉ tiêu: pH, TSS, BOD₅, COD, NO₃⁻, PO₄³⁻, Coliform. Chỉ tiêu pH được phân tích theo TCVN 6492:2011 Chất lượng nước - Xác định pH; BOD₅ theo TCVN 6001- 1:2008 (ISO 5815-1:2003), Chất lượng nước - Xác định nhu cầu oxy

sinh hóa sau n ngày (BOD_n); COD theo TCVN 6491:1999 (ISO 6060:1989) Chất lượng nước - Xác định nhu cầu oxy hóa học (COD); TSS theo SMEWW 2540 - Phương pháp chuẩn phân tích nước và nước thải - Xác định chất rắn lơ lửng; NO₃⁻ theo TCVN 7323-2:2004 Phương pháp Catadol, sử dụng máy so màu UV/VIS tại bước sóng 420nm; PO₄³⁻ theo TCVN 6202:2008 Phương pháp Oniani, sử dụng máy so màu UV/VIS tại bước sóng 660nm; Tổng Coliform theo TCVN 6187-1:2009 Chất lượng nước - Phát hiện và đếm *Escherichia coli* và coliform.

2.2. Phương pháp nuôi cấy vi sinh

Vi khuẩn *Bacillus subtilis* là trực khuẩn hình que, có khả năng tạo bào tử, có khả năng chịu đựng các điều kiện môi trường khắc nghiệt. *Bacillus subtilis* với khả năng sinh tổng hợp enzyme ngoại bào phân giải các hợp chất protein không tan thành các đơn phân tử dễ tan hơn và dễ hấp thụ. Tiến hành nhân giống theo một số bước như sau:

Bước 1: Cân môi trường, đun sôi, chia đều vào 10 ống nghiệm sau đó hấp trong 90 phút.

Bước 2: Đặt 10 ống nghiệm trên mặt phẳng nghiêng, để nguội.

Bước 3: Dùng que cấy lấy 1 vòng vi sinh vật cấy theo đường zig zag vào từng ống nghiệm.

Bước 4: Nuôi vi sinh vật trong tủ nuôi trong 48-72h, ở nhiệt độ 27°C.

Nhân giống cấp 1 (tạo chế phẩm)

Bước 1: Cân 100ml môi trường dịch thể (không có thạch), hấp 1h30', để nguội

Bước 2: Dùng pipet 5ml hút môi trường vào từng ống giống, dùng que cấy chuyển toàn bộ lượng VSV trong ống nghiệm vào môi trường. Sau đó đem lãc 48- 72h.

Bước 3: Thu chế phẩm *Bacillus subtilis*.

Mật độ vi khuẩn *Bacillus subtilis* cho vào hệ thống được tính:

Tổng mật độ vi khuẩn *Bacillus subtilis* = Mật độ vi khuẩn có sẵn trong nước thải + Mật độ vi khuẩn bổ sung vào (CFU/100mL).

2.3. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Hệ thống được thực hiện trong phạm vi thí nghiệm sử dụng các hộp nhựa kín có thể tích 2 lít. Nghiên cứu được thiết kế dạng mẻ (Batch experiment) với nước thải đầu vào là nước thải sinh hoạt. Hệ thống được tiến hành theo 3 công thức thí nghiệm:

- CT0 là công thức thí nghiệm đối chứng, nước thải sinh hoạt không bổ sung *Bacillus subtilis*.
- CT1 là công thức thí nghiệm với nước thải sinh hoạt bổ sung thêm 1% *Bacillus subtilis*.
- CT2 là công thức thí nghiệm với nước thải sinh hoạt bổ sung thêm 1,5% *Bacillus subtilis*.

Thí nghiệm được bố trí như trong bảng Hình 1:

Phương pháp đo đạc và xử lý số liệu: Hiệu điện thế của MFC được đo liên tục bằng đồng hồ Victor VC 890D. Chỉ tiêu BOD được đánh giá trước và sau thí nghiệm, kết quả phân tích được so sánh với quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải sinh hoạt QCVN 14: 2008/BTNMT.



Hình 1. Bố trí thí nghiệm.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đặc trưng nước thải sinh hoạt

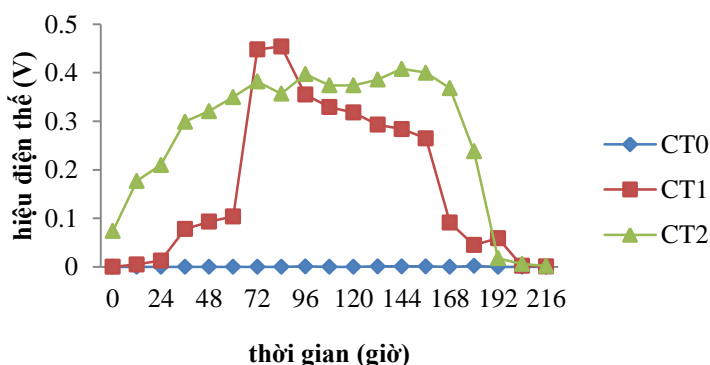
Nước thải sinh hoạt được thải ra trực tiếp từ ký túc xá với lưu lượng nước thải phát sinh khoảng 62 - 75 lít/người/ngày.đêm. Nước thải chứa nhiều chất hữu cơ dễ bị phân hủy sinh học, thành phần vô cơ và vi sinh vật gây bệnh. Hàm lượng protein chiếm 40-50%, hydratcarbon là 40-50%, chất béo là 5-10%. Hàm lượng chất hữu cơ trong nước thải sinh hoạt dao động trong khoảng 150- 550 mg/L. Kết quả phân tích chất lượng nước thải được thể hiện trong Bảng 1. Các thông số pH, NO₃⁻, PO₄³⁻, TSS đều nằm trong ngưỡng cho phép của QCVN 14-MT: 2015/BTNMT, cột B còn các thông số còn lại đều vượt quá ngưỡng cho phép của quy chuẩn cụ thể BOD₅ gấp hơn 10 lần, Coliform gấp gần 27 lần.

Bảng 1. Chất lượng nước thải sinh hoạt của ký túc xá sau đại học

STT	Thông số	Đơn vị	Kết quả phân tích	QCVN 14-MT: 2015 (B)
1	pH	-	7,07	5 - 9
2	BOD ₅	mg/L	518	50
3	TSS	mg/L	76	100
4	COD	mg/L	750	150
5	NO ₃ ⁻	mg/L	0,49	50
6	PO ₄ ³⁻	mg/L	6,68	10
7	Coliforms	CFU/100mL	133.630	5.000

3.2. Hiệu quả sản sinh điện năng

Hiệu quả sản sinh điện năng được đánh giá thông qua hiệu điện thế thu được trong quá trình vận hành. Kết quả nghiên cứu trong 216 giờ với đặc trưng nước thải (thông số ở bảng 1) cho thấy sự có mặt của vi khuẩn *B. subtilis* làm tăng khả năng sản sinh điện năng so với việc không bổ sung. Khi tăng mật độ *B. subtilis* sự gia tăng hiệu điện thế xuất hiện sớm hơn và duy trì được trong 32 giờ (từ giờ thứ 36 đến 168). Tại công thức 1, hiệu điện thế hầu như không xuất hiện trong 24 giờ từ lúc bắt đầu thí nghiệm, sau 24 giờ hiệu điện thế tăng khá nhanh đạt giá trị cao nhất ở giờ thứ 78 (0,454V) và giảm dần từ 78 giờ đến 150 giờ và giảm đột ngột ở giờ 168 (0,265 - 0,091V). Công thức đối chứng không bổ sung *B. subtilis* cho thấy hiệu điện thế gần như không đạt giá trị phát hiện của thiết bị. Nghiên cứu này cho hiệu điện thế khá ổn định từ 0,29-0,45V trong 7 ngày. Kết quả nghiên cứu có sự tương đồng với một số nghiên cứu khác trên đối tượng *B. subtilis* (Nimje et al, 2009; Ismail and Jaeel, 2013).



Hình 2. Diễn biến hiệu điện thế ở các công thức thí nghiệm có bổ sung *B. subtilis*. CT0: đối chứng, không bổ sung vi sinh vật; CT1: Bổ sung 1% *B. subtilis*; CT2: Bổ sung 1,5% *B. subtilis*.

3.3. Hiệu quả xử lý nước thải sinh hoạt

Hiệu quả xử lý nước thải trong nghiên cứu này được tiến hành đối với chỉ tiêu BOD₅ và COD (Bảng 2). Trong đó, BOD₅ thể hiện nước thải chứa hàm lượng chất hữu cơ dễ phân hủy cao. Giá trị pH của các công thức giảm so với giá trị đầu vào sau xử lý nhưng vẫn nằm trong ngưỡng giá trị cho phép của QCVN 14-MT: 2015. Nồng độ BOD₅ có sự suy giảm ở hầu hết các công thức, kể cả công thức đối chứng. Công thức 2 cho thấy giảm nhiều nhất còn 230 mg/L trong khi đó công thức 1 giảm

còn 263 mg/L. Hiệu quả xử lý ở các công thức lần lượt là 34%, 49% và 56%. Để nâng cao hiệu quả xử lý, các nghiên cứu tối ưu hóa điều kiện phản ứng như nhiệt độ, pH và nồng độ chất hữu cơ cũng như các tỷ lệ N:P cần được đánh giá chi tiết. Tương tự hiệu quả xử lý BOD, trường hợp COD đạt hiệu quả cao ở công thức 2 với 63%.

Bảng 2. Hiệu quả xử lý BOD và COD

STT	Thông số	Giá trị đầu vào	Giá trị đầu ra			Hiệu quả xử lý (%)		
			CT0	CT1	CT2	CT0	CT1	CT2
1	pH	7,07	6,97	6,43	6,28	-	-	-
2	BOD ₅ (mg/L)	518	342	263	230	34	49	56
3	COD (mg/L)	750	625	475	275	17	37	63

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu bước đầu áp dụng hệ thống pin nhiên liệu vi sinh xử lý nước thải sinh hoạt kết hợp sản sinh điện năng cho thấy sự phù hợp. Nghiên cứu này mới chỉ áp dụng chủng vi sinh cố định là *B. subtilis* được nhân nuôi trong phòng thí nghiệm. Hiệu điện thế đạt trong khoảng 299-450 mV và duy trì trong thời gian 7 ngày với hiệu quả xử lý BOD đạt 56% và COD đạt 63%. Các nghiên cứu tiếp theo cần tập trung vào việc xác định, phân lập và tuyển chọn các vi sinh vật có sẵn trong nước thải để làm nguồn vật liệu cho pin nhiên liệu vi sinh, để nâng cấp khả năng sản sinh điện năng cần tối ưu hóa hệ thống vận hành như vật liệu điện cực và các điều kiện vận hành.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Vanita Roshan Nimje, Chien-Yen Chen, Chien-Cheng Chen, Jiin-Shuh Jean, A. Satyanarayana Reddy, Cheng-Wei Fan, Kuan-Yeu Pan, Hung-Tsan Liu, Jia -Lia Chen, (2009). Stable and high energy generation by a strain of *Bacillus subtilis* in a microbial fuel cell. *Journal of Power Sources* 190(2), 258-263.
- [2]. World Bank, (2013). Vietnam Urban Wastewater Review Executive Summary.
- [3]. Zainab Z. Ismail, Ali Jwied Jaeel, (2013). Sustainable Power Generation in Continuous Flow Microbial Fuel Cell Treating Actual Wastewater: Influence of Biocatalyst Type on Electricity Production. *Scientific World Journal*. 2013: 713515. doi: 10.1155/2013/713515.

RESEARCH ON ELECTRIC GENERATION FROM TREATMENT OF DOMESTIC WASTEWATER BY MICROBIAL FUEL CELL

Vo Huu Cong^{*}, Ho Thi Thuy Hang, Nguyen Thi Luyen, Le Thi Huyen

Faculty of Environment, Vietnam National University of Agriculture, Email: vhccong@vnua.edu.vn

ABSTRACT

This research aims to examine electric generation from domestic wastewater treatment. Treatment of domestic wastewater was conducted with wastewater collected from dormitories of Vietnam National University of Agriculture. Characterization of wastewater was evaluated with pH, BOD₅, COD, TSS, NO₃⁻, PO₄³⁻ and total coliform. The results of the study showed that the microbial fuel cell system worked effectively in presence of *Bacillus subtilis* at 1.0-1.5% (v/v). The voltage obtained varied from 0.29 to 0.45V for 7 days. BOD treatment efficiency reached 56% and COD reached 63%. Studies on the effects of temperature, pH and substrate conditions in the environment should be continued.

Keywords: Domestic wastewater, microbial fuel cell, energy recovery, *Bacillus subtilis*.