

Nghiên cứu đặc trưng các chỉ tiêu hóa lý của bùn thải đô thị trước và sau khi phân hủy kỵ khí

Đỗ Quang Trung^{1,*}, Bùi Duy Cam¹,
Nguyễn Thị Nhâm¹, Nguyễn Quang Minh^{1,2}

¹Khoa Hoá học, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 19 Lê Thánh Tông, Hà Nội, Việt Nam

²Khoa Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Hải Phòng

Nhận ngày 20 tháng 7 năm 2016

Chỉnh sửa ngày 09 tháng 8 năm 2016; Chấp nhận đăng ngày 01 tháng 9 năm 2016

Tóm tắt: Nghiên cứu đặc trưng các chỉ tiêu hóa lý của quá trình phân hủy bùn thải đô thị (bùn thải sông Kim Ngưu, Hồ Gươm plaza) kết hợp rác hữu cơ bằng phương pháp lên men yếm khí. Nghiên cứu cho thấy với mẫu bùn thải kết hợp rác hữu cơ theo tỷ lệ 2:1 cho hiệu suất loại bỏ tổng chất rắn và tổng chất rắn bay hơi cao nhất lần lượt là 12,47% và 20,03%. Tổng hàm lượng photpho, tổng nito cũng giảm đáng kể tương ứng là 69,4% và 56,1%. Với chỉ tiêu COD, nghiên cứu cho thấy hiệu suất loại bỏ COD bùn thải – rác hữu cơ cao nhất là 66,67%. Các chỉ tiêu là cơ sở khoa học cho các nghiên cứu tiếp theo.

Từ khóa: Bùn thải, bùn thải đô thị, yếm khí, xử lý bùn thải.

1. Mở đầu

Theo báo cáo của Công ty trách nhiệm hữu hạn một thành viên Thoát nước Hà Nội, trong năm 2012 lượng bùn thải đô thị thu gom trên toàn thành phố đạt 167.200 tấn trong đó chỉ có 2.140 tấn phát sinh từ trạm xử lý nước thải sinh hoạt[1]. Bùn thải đô thị tại Việt Nam với thành phần chủ yếu là bùn thải nạo vét hệ thống thoát nước, mỗi vùng miền thì có những đặc điểm riêng đặc trưng. Như bùn thải sông Kim Ngưu-sông thoát nước thải đô thị điển hình của Hà Nội lại có các thông số hóa lý như: pH trong khoảng 7,04 - 7,41, CODt trong khoảng 79.910 - 83.033 mg/L, TS trong khoảng 19,2 - 23,5%, VS trong khoảng 24,5 - 26,2%, NO₃-trong

khoảng 494 - 522 mg/L PO₄³⁻, chứa thành phần các chất dinh dưỡng nitơ, photpho khá cao trong khoảng 192 - 212 mg/L [1].

Trên thế giới, lượng khí sinh học thu được trong xử lý bùn thải bằng phương pháp lên men yếm khí đã vượt 200 tỷ m³ khí mỗi năm [2]. Phương pháp phân hủy yếm khí ổn định bùn thải đô thị đã và đang trở thành một phương án tối ưu trong hệ thống quản lý chất thải đô thị [3, 4].

Từ thực trạng trên chúng tôi đã tiến hành nghiên cứu sự thay đổi thành phần bùn thải đô thị trước và sau phân hủy yếm khí, nghiên cứu có ý nghĩa thiết thực trong việc sử dụng hợp lý tài nguyên và bảo vệ môi trường một cách bền vững.

* Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-912120780
Email: doquangtrung@hus.edu.vn

2. Thực nghiệm và các phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên liệu

Bùn thải được cung cấp bởi trạm xử lý nước thải Hoàn Kiếm Plaza, bùn thải sông Kim Ngưu, Hà Nội - rác hữu cơ được cung cấp bởi Urenco, Hà Nội. Các hóa chất phân tích: Axit salixilic, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, H_3PO_3 , Ag_2SO_4 , NaHCO_3 , $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, H_2SO_4 , NaOH có độ tinh khiết 98% - 99% được cung cấp bởi Công ty TNHH Hóa chất Đức Giang, Long Biên, Hà Nội.

2.2. Thực nghiệm

Hỗn hợp phân hủy gồm: bùn thải, rác hữu cơ. Hỗn hợp này được cho vào thiết bị phân hủy yếm khí AD-W8, khoa Hóa, Đại học Khoa học tự nhiên, Hà Nội nhằm giữ hỗn hợp phân hủy trong điều kiện kỵ khí. Khảo sát hàm lượng bùn thải: rác hữu cơ với tỷ lệ 1: 1, thời gian phân hủy 1 - 25 ngày. Nhiệt độ phân hủy theo nhiệt độ phòng. Với 6 thí nghiệm: thí nghiệm 1 (TN1): bùn thải sông Kim Ngưu: nước vo gạo (tỷ lệ 1: 1); thí nghiệm 2 (TN2): bùn thải sông Kim Ngưu : nước vo gạo (tỷ lệ 1:0); thí nghiệm 3 (TN3): bùn thải Hồ Gươm plaza: nước vo gạo (tỷ lệ 1:1); thí nghiệm 4 (TN4): bùn thải Hồ Gươm plaza : nước vo gạo (tỷ lệ 1: 0); thí nghiệm 5 (TN5): bùn thải sông Kim Ngưu: rác hữu cơ (tỷ lệ 1:1); thí nghiệm 6 (TN6): bùn thải sông Kim Ngưu: Rác hữu cơ (tỷ lệ 2:1).

2.3. Phương pháp nghiên cứu

Hỗn hợp bùn thải được phân hủy bằng phương pháp yếm khí trong thiết bị phân hủy AD-W8 của Đức với các mẫu khác nhau. Thời gian phân hủy là 25 ngày, trong quá trình phân hủy này mẫu được rút ra để tiến hành khảo sát tổng chất rắn tan TS và tổng chất rắn bay hơi TVS, hàm lượng Photpho tổng (T- P) [5], hàm lượng Nito tổng (T- N) [6] và sự thay đổi giá trị COD theo thời gian phản ứng. Khảo sát sự thay đổi các chỉ tiêu TS, VTS, T-P, T-N cho biết thành phần ban đầu và khả năng phân hủy sau khi tiến hành phân hủy của bùn thải. Từ đó đưa ra được mẫu cho khả năng phân hủy nhanh và hiệu quả nhất, làm nền tảng cơ sở cho các nghiên cứu tiếp theo.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Sự thay đổi tổng chất rắn tan TS và tổng chất rắn bay hơi TVS

Sự thay đổi theo xu hướng giảm của giá trị tổng chất rắn (TS) và tổng chất rắn dễ bay hơi (TVS) là hai thông số quan trọng đánh giá hoạt động của quá trình phân hủy yếm khí đối với mỗi hệ nguyên liệu đầu vào nhất định. Tùy khả năng hoạt động của các vi sinh vật (VSV) tại mỗi hệ phân hủy mà hai giá trị này có sự thay đổi khác nhau trong suốt quá trình. Trong khi đó, hoạt động của các VSV lại phụ thuộc nhiều vào thành phần nguyên liệu đầu vào nên khả năng loại bỏ tổng chất rắn và chất rắn bay hơi phụ thuộc vào thành phần nguyên liệu đầu vào.

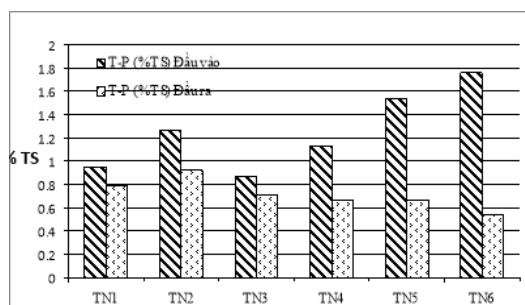
Bảng 1. Hiệu suất loại bỏ TS, TVS của hỗn hợp bùn trong 25 ngày. (%)

TT	TS (%)		TVS (%)		Hiệu suất loại bỏ (%)	
	Đầu vào	Đầu ra	Đầu vào	Đầu ra	TS	TVS
TN1	14,8	13,79	22,93	20,46	5,6	10,77
TN2	12,45	11,34	14,52	13,2	8,92	9,09
TN3	10,37	9,43	31,5	26,97	9,06	14,38
TN4	9,56	8,57	13,98	12,37	10,35	11,52
TN5	14,8	13,2	32,93	28,46	10,8	13,57
TN6	18,77	16,43	37,15	29,71	12,47	20,03

Dựa vào bảng 1 cho thấy: Hiệu suất loại bỏ TS, TVS trong TN6 là cao hơn và đem lại hiệu quả ổn định với các hợp chất hữu cơ. Qua đây ta có thể thấy việc phối trộn thêm rác hữu cơ với bùn thải có xu hướng làm tăng hiệu quả hoạt động của hệ lên men phân hủy yếm khí. Đối với các thí nghiệm bùn thải Hồ Gươm plaza thì khả năng loại bỏ TS, TVS cao hơn so với các thí nghiệm dùng bùn sông Kim Ngưu.

3.2. Sự thay đổi hàm lượng Photpho tổng (T-P)

Sự thay đổi tỷ lệ phối trộn giữa bùn thải, nước thải hữu cơ giàu chất dinh dưỡng và rác thải hữu cơ đã làm cho hàm lượng Photpho tổng tăng lên. Đối với các TN1 và TN3 khi kết hợp bùn thải sông Kim Ngưu và bùn thải Hồ Gươm plaza với nước vo gạo thì sự tiêu thụ photpho đã tăng cao hơn so với TN2 và TN4. Với TN5 và TN6 chỉ số photpho tổng tăng cao nhất đã làm cho thành phần nguyên liệu đầu vào cân bằng các chỉ số dinh dưỡng [7]. Điều này cho thấy hoạt động của hệ VSV đã được thúc đẩy. Hoạt động của hệ VSV diễn ra mạnh mẽ giúp phân hủy triệt để các hợp chất hữu cơ bao gồm cả các hợp chất hữu cơ khó phân hủy có trong thành phần bùn thải của nguyên liệu đầu vào. Hoạt động mạnh của hệ VSV yếm khí thể hiện qua sự tiêu thụ photpho được biểu diễn trên hình 1:



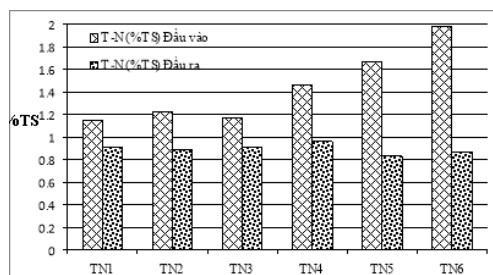
Hình 1. Tổng photpho đầu vào và đầu ra của các thí nghiệm sau 25 ngày phân hủy.

Hàm lượng photpho trong các thí nghiệm TN1, TN2, TN3, TN4, TN5 và TN6 khi bắt đầu nạp liệu đến ngày thứ 25 lần lượt giảm 16,84%, 26,98%, 18,4%, 40,7%, 56,62% và 69,4%. Điều này chứng tỏ rằng với thành phần dinh dưỡng

cân bằng nguyên liệu ban đầu của hệ phản ứng, giúp cho hoạt động của VSV diễn ra mạnh và hiệu quả nhất.

3.3. Sự thay đổi hàm lượng Nito tổng (T-N)

Trong quá trình lên men yếm khí, giá trị hàm lượng nito tổng có xu hướng giảm xuống theo thời gian. Giá trị nito tổng giảm được thể hiện cụ thể trong hình 2. Do hoạt động của hệ VSV lên men yếm khí đã sử dụng nito trong quá trình hình thành nên sinh khối cũng như nito giải phóng dưới dạng khí N_2 và NH_3 . Sự giảm hàm lượng của nito tổng tính từ khi bắt đầu nạp nguyên liệu đến ngày thứ 25 của TN1, TN2, TN3, TN4, TN5 và TN6 lần lượt là 20,86%, 27,05%, 22,22%, 32,25%, 50,29% và 56,1%. ở TN5 và TN6 tổng nito trong hệ phản ứng có sự giảm mạnh nhất theo thời gian. Điều này, có thể giải thích bởi sự hoạt động của VSV trong TN5 và TN6 là mạnh nhất, dẫn đến khả năng tiêu thụ nito lớn nhất.



Hình 2. Tổng nito đầu vào và đầu ra của các thí nghiệm sau 25 ngày phân hủy.

3.4. Sự thay đổi COD theo thời gian phản ứng

Bảng 2 cho thấy COD có ảnh hưởng không nhỏ tới quá trình phân hủy yếm khí. Thông qua đại lượng này có thể đánh giá được hoạt động của hệ VSV và qua đó đánh giá được tổng thể hoạt động của quá trình phân hủy yếm khí. Trong quá trình theo dõi và phân tích với tần suất lấy mẫu 03 ngày/lần cho kết quả phân tích về hàm lượng COD theo thời gian cho thấy: trong thời gian 6 ngày đầu của quá trình phân hủy, COD trong cả 6 thí nghiệm có xu hướng tăng lên.

Bảng 2. Hiệu suất loại bỏ COD theo thời gian

TT Ngày	TN1 (mg/l)	TN2 (mg/l)	TN3 (mg/l)	TN4 (mg/l)	TN5 (mg/l)	TN6 (mg/l)
1	84.000	93.000	28.300	37.500	90.000	87.000
3	83.000	98.800	30.200	35.000	105.000	90.000
6	79.800	86.700	27.500	31.200	76.000	84.000
9	74.000	80.000	21.000	28.000	69.500	70.000
12	61.000	78.000	19.200	26.100	58.000	68.000
15	59.500	70.600	18.900	25.900	56.000	50.500
18	56.000	68.000	17.400	25.100	50.000	47.400
21	55.000	65.500	17.300	24.600	46.000	33.500
25	51.500	63.500	16.500	23.800	45.000	29.000
Hiệu suất loại bỏ COD (%)	38,7	39,8	41,7	36,5	50,3	66,67

Thời gian giá trị COD tăng lên trùng với giai đoạn thủy phân trong quá trình phân hủy yếm khí. Trong quá trình phân hủy, các hợp chất hữu cơ với khối lượng phân tử lớn bị cắt mạch tạo thành các hợp chất mạch ngắn hơn thuận lợi cho sự hấp thu của các VSV. Do đó làm giá trị COD tăng trong giai đoạn thủy phân. Sau đó, VSV thích ứng được với môi trường và bắt đầu phát triển nhanh. Trong giai đoạn từ ngày 18 đến ngày 25 nồng độ COD giảm chậm và hầu như không thay đổi mấy. Điều này xảy ra là do trong giai đoạn cuối này sự phát triển của VSV đã đạt đến trạng thái cân bằng và giữ được mức ổn định (số lượng vi khuẩn sinh ra bằng số lượng vi khuẩn chết đi) và ở giai đoạn này thì các chất dinh dưỡng cần thiết cũng đã dần cạn kiệt nên khả năng hoạt động của VSV giảm dần.

Khả năng loại bỏ COD tổng trong quá trình phân hủy yếm khí ở trường hợp TN1, TN2, TN3, TN4, TN5 và TN6 lần lượt là 38,7%; 39,8%; 41,7%; 36,5%; 50,3% và 66,67% tính tới thời điểm ổn định của quá trình phân hủy với mỗi thí nghiệm. Khi hệ VSV hoạt động kém dẫn đến quá trình ổn định kém đối với các hợp chất hữu cơ khó phân hủy và do đó chúng cần thiết phải loại bỏ.

Hiệu quả loại bỏ CODt trong trường hợp TN5 và TN6 là đạt cao nhất, do đó hoạt động của hệ VSV trong hai trường hợp này là hiệu

quả nhất. Sự có mặt của rác hữu cơ kết hợp với bùn thải thì hệ VSV trong TN5 và TN6 ít bị ảnh hưởng bởi các chất gây ức chế như kim loại nặng cũng như hợp chất hữu cơ độc hại có trong nguyên liệu đầu vào.

4. Kết luận

Qua thời gian nghiên cứu một cách nghiêm túc các đặc trưng hóa lý các quá trình phân hủy bùn thải sông Kim Ngưu, bùn thải Hồ Gươm plaza kết hợp với nước thải hữu cơ giàu chất dinh dưỡng và rác thải hữu cơ với các tỷ lệ phối trộn khác nhau bằng phương pháp phân hủy yếm khí. Nghiên cứu đã thu được kết quả như sau: Hỗn hợp bùn thải có kết hợp rác hữu cơ cho kết quả khả quan vì ở đó khả năng loại bỏ các thành phần T-N, T-P, TS và TVS là cao nhất. Hiệu suất loại bỏ TS, TVS của TN5, TN6 lần lượt là 10,8%, 13,57% và 12,47%, 20,03%. Hiệu suất xử lý hàm lượng T-N, T-P của TN5, TN6 lần lượt là 56,62%, 50,29% và 69,4%, 56,1%. Khả năng loại bỏ COD trong trường hợp TN5 và TN6 là đạt cao nhất (50,3% và 66,67%). Đây là cơ sở khoa học ban đầu cho các nghiên cứu tiếp theo để xử lý bùn thải một cách hiệu quả, thu hồi nguồn năng lượng, góp phần tạo một môi trường bền vững.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu được hoàn thành với sự hỗ trợ của đề án 911 của Bộ Giáo dục và Đào tạo, mẫu bùn thải được cung cấp bởi trạm xử lý nước thải Hồ Gươm plaza.

Tài liệu tham khảo

- [1] Cao Vũ Hưng, Nghiên cứu sự chuyển hóa một số yếu tố gây ô nhiễm trong quá trình ổn định bùn thải kết hợp rác hữu cơ bằng phương pháp lên men nóng, Luận án tiến sỹ, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên - Đại học Quốc gia Hà Nội, 2014.
- [2] Appels L., Baeyens J., Degreve J., Dewil R., (2008), "Principles and potential of the anaerobic digestion of waste-activated sludge", *Progress in Energy and Combustion Science*, 34, pp. 755-781.
- [3] Bravo A.D., Polanco M.F., (2013), "Anaerobic co-digestion of sewage sludge and grease trap: Assessment of enzyme Addition", *Process Biochemistry*, 48, pp. 936-940.
- [4] Fuerhacker M., Measho H.T., (2010), *Treatment and Reuse of Sludge*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- [5] Tiêu chuẩn Việt Nam, Chất Lượng Đất - Xác Định Phốt Pho - Phương Pháp Quang Phổ Xác Định Phốtpho - Hòa Tan Trong Dung Dịch Natri Hidro Cacbonat, TCVN 6499-1999 (1999)
- [6] Tiêu chuẩn Việt Nam, Phân urê - phương pháp thử, TCVN 2620:2014 (2014)
- [7] Tran Thi Nguyet (2007), *Processing and evaluation of practical investigations in percolation and elution of biowaste and digestion of the leachate*, Master thesis, Institute of Waste Management and Contaminated Site Treatment, TU Dresden.

Study of the Characterized Physicochemical Parameters of Urban Sewage Sludge before and after the Anaerobic Degradation

Do Quang Trung¹, Bui Duy Cam¹, Nguyen Thi Nham¹, Nguyen Quang Minh^{1,2}

¹*Faculty of Chemistry, VNU University of Science, 19 Le Thanh Tong, Hoan Kiem, Hanoi, Vietnam*

²*Faculty of Natural Sciences, Hai Phong University*

Abstract: The characterized physicochemical parameters of the decomposition of urban sewage sludge combining with organic waste by anaerobic fermentation methods were studied. The combination of sludge with organic waste in proportion to 2: 1 shows the highest performance for total solid and total volatile solid removal of 12.47% and 20.03%, respectively. The total amount of phosphorus and nitrogen were also reduced significantly of 69,4% and 56.1%. The study also showed that the highest performance of COD removal was 66.67%.

Keywords: Sewage sludge, urban sewage sludge, anaerobic, sewage sludge treatment.