

Nghiên cứu khả năng chuyển hóa chất thải rắn sinh hoạt hộ gia đình thành khí sinh học

Nguyễn Mạnh Khải^{1,*}, Đỗ Mai Phương², Lê Hồng Chiến³, Phạm Thị Thúy¹

¹Khoa Môi trường, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQGHN, 334 Nguyễn Trãi, Hà Nội, Việt Nam

²Cục Thẩm định và Đánh giá tác động môi trường, Tổng cục Môi trường, Bộ Tài nguyên và Môi trường

³Viện Nghiên cứu và Phát triển Kinh tế Xã hội Hà Nội, 80 Trần Thái Tông, Hà Nội

Nhận ngày 26 tháng 5 năm 2016

Chỉnh sửa ngày 28 tháng 7 năm 2016; chấp nhận đăng ngày 06 tháng 9 năm 2016

Tóm tắt: Nghiên cứu khả năng chuyển hoá chất thải rắn sinh hoạt hộ gia đình thành khí sinh học có ý nghĩa rất quan trọng trong việc tận dụng chất thải để tạo ra nguồn năng lượng sử dụng trong sinh hoạt hàng ngày giúp giảm ô nhiễm môi trường và thay thế một phần cho nhiên liệu hóa thạch. Nghiên cứu được tiến hành trên đối tượng chất thải rắn sinh hoạt từ hộ gia đình khu vực nội thành Hà Nội. Kết quả nghiên cứu cho thấy thành phần chất thải từ hộ gia đình có tiềm năng sản xuất khí sinh học ở mức độ cao, có đến trên 50% chất thải là các loại rau quả, thực phẩm chưa qua chế biến. Tỷ lệ C/N đối với chất thải từ một số hộ gia đình khu vực nội thành Hà Nội dao động trong khoảng từ 12,5 đến 15, chỉ bằng ½ mức khuyến cáo tối ưu cho quá trình phân huỷ kỵ khí. Tốc độ sinh khí và khả năng lên men chất thải rắn sinh khí sinh học của mẫu được bổ sung EM cao hơn so với mẫu không bổ sung EM. Việc tuần hoàn một lượng bùn nhất định lại vào hệ thống ngoài việc có tác dụng thúc đẩy nhanh quá trình ổn định hệ thống còn tạo hệ số phát sinh khí sinh học cao hơn hệ không bổ sung bùn. Sự tuần hoàn này chỉ nên thực hiện trong những ngày đầu vận hành hệ thống. Việc áp dụng mô hình sản xuất khí sinh học từ chất thải sinh hoạt sẽ có tác dụng trong giảm diện tích đất sử dụng cho chôn lấp, đồng thời thu hồi được nguồn khí tương đối lớn cho đun nấu và các nhu cầu khác.

Từ khoá: Chất thải rắn sinh hoạt, Khí sinh học, Biogas, Tuần hoàn bùn

1. Mở đầu

Lượng chất thải sinh hoạt đang có xu hướng phát sinh ngày càng tăng nhanh nhưng công tác quản lý và xử lý rác thải sinh hoạt chưa hợp lý, nguy cơ gây ảnh hưởng trực tiếp đến sức khỏe cộng đồng. Bên cạnh đó, do ý thức của người dân chưa cao, việc tự ý đổ bừa rác thải sinh hoạt xuống những sông, hồ, ao, khu đất trống vẫn thường xuyên diễn ra tại nhiều nơi làm ô nhiễm môi trường nước và không khí. Theo số

liệu thống kê, tổng lượng chất thải rắn sinh hoạt tại Việt Nam ước tính khoảng 12,8 triệu tấn/năm, trong đó khu vực đô thị là 6,9 triệu tấn/năm (chiếm 54%), lượng chất thải rắn còn lại tập trung tại các huyện lỵ, thị xã thị trấn. Dự báo tổng lượng chất thải rắn sinh hoạt đô thị đến năm 2020 khoảng 22 triệu tấn/năm [1].

Thành phần trong chất thải sinh hoạt gồm: Rác hữu cơ (41,98%); Giấy (5,27%); Nhựa, cao su (7,19%); Len, vải (1,75%); Thủy tinh (1,42%); Đá, đất sét, sành sứ (6,89%); Xương, vỏ hộp (1,27%); Kim loại (0,59%); Tạp chất (10 mm): 33,67%. Qua đó thấy chất thải sinh hoạt chứa nhiều chất hữu cơ chiếm tới 41,98%,

* Tác giả liên hệ. ĐT.: 84-913369778.
E-mail: khainm@vnu.edu.vn

có thể tận dụng để tạo ra nguồn năng lượng sử dụng trong sinh hoạt hàng ngày giúp giảm ô nhiễm môi trường và thay thế một phần cho nhiên liệu hóa thạch [2]. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm tìm hiểu khả năng chuyển hoá chất thải rắn hộ gia đình thành khí sinh học.

2. Đối tượng và phương pháp nghiên cứu

2.1. Đối tượng nghiên cứu

Nghiên cứu được tiến hành trên đối tượng chất thải rắn sinh hoạt từ hộ gia đình khu vực nội thành Hà Nội. Địa điểm khảo sát được lựa chọn là phường Phan Chu Trinh, quận Hoàn Kiếm, Thành phố Hà Nội, nơi đã được lựa chọn để triển khai nghiên cứu xây dựng mô hình 3R trong khuôn khổ dự án JICA thực hiện năm 2007-2009.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

. Phỏng vấn trực tiếp

Điều tra, phỏng vấn là phương pháp điều tra thực tế bằng cách phỏng vấn những người trực tiếp liên quan đến vấn đề nghiên cứu. Nội dung phỏng vấn và điều tra tập trung vào thành phần và khối lượng rác thải sinh hoạt phát sinh, cách thức thu gom rác thải trên 30 hộ gia đình đang sinh sống trong khu vực phường Phan Chu Trinh, quận Hoàn Kiếm và các công nhân của công ty môi trường đô thị đang làm công việc thu gom rác thải sinh hoạt hàng ngày.

. Xác định thành phần chất thải rắn tại hiện trường

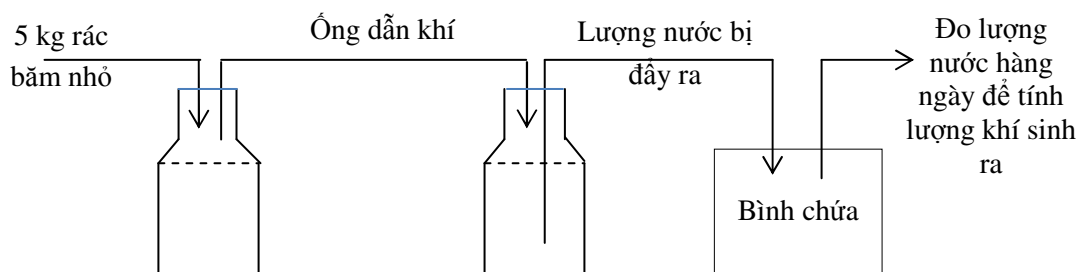
Chất thải rắn với khối lượng ban đầu khoảng 250 kg được trộn đều và lấy ra khoảng

20 kg theo phương pháp giảm $\frac{1}{2}$ khối lượng qua các lần ở 2 phần góc $\frac{1}{4}$ đối nhau. Mẫu chất thải rắn sau đó được phân loại thủ công thành các nhóm thành phần (như mục 3.1) và xác định khối lượng của chúng.

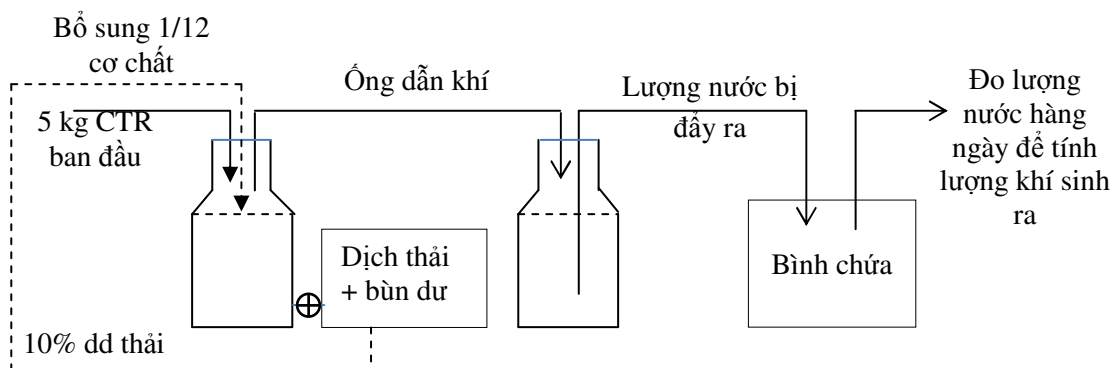
. Nghiên cứu khả năng hình thành khí sinh học từ chất thải sinh hoạt

Chất thải sinh hoạt chủ yếu từ các hộ gia đình được thu gom và phân loại thành 2 loại chính gồm: chất thải có khả năng phân huỷ sinh học (thức ăn dư thừa, rau, củ quả...) và các loại chất thải còn lại (đồ gia dụng, gạch, đất đá lẫn, túi nilong...). Lấy 5 kg lượng chất thải có khả năng phân huỷ sinh học đưa vào can nhựa 20 lít, bổ sung dịch lỏng (nước hoặc dịch lỏng từ hệ thống biogas đang hoạt động ổn định) đạt $\frac{2}{3}$ thể tích của hệ theo các công thức: (1) ủ liên tục để theo dõi khả năng tạo khí sinh học - BKCP; (2) ủ liên tục có bổ sung dịch lỏng từ hệ thống biogas hộ gia đình tại Vĩnh Phúc (EM) - BCCP; (3) ủ liên tục có bổ sung cơ chất không tuần hoàn bùn, lượng cơ chất được bổ sung hàng ngày bằng $\frac{1}{12}$ lượng ban đầu - KTHADD; (4) ủ liên tục có bổ sung cơ chất và tuần hoàn bùn, lượng cơ chất bổ sung hàng ngày bằng $\frac{1}{12}$ lượng ban đầu và lượng bùn tuần hoàn tương ứng với 10% lượng dịch thải được chuyển ra ngoài hệ thống - BTHADD. Nhiệt độ ngoài môi trường không kiểm soát và tuân theo sự biến thiên của nhiệt độ phòng thí nghiệm trong thời gian nghiên cứu từ tháng 3/2014 đến tháng 6/2014. Việc xác định lượng khí phát sinh hàng ngày trên cơ sở đo lượng nước được đẩy ra bởi áp lực khí sinh ra trong quá trình ủ.

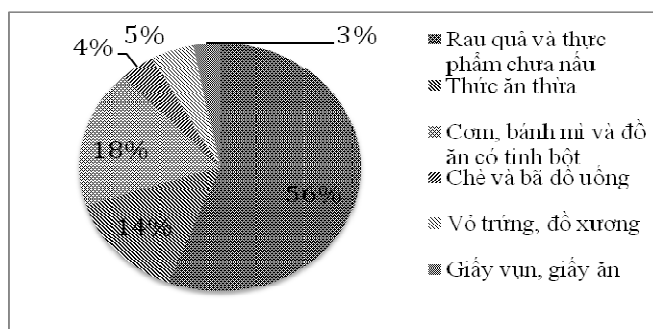
Sơ đồ thí nghiệm được thể hiện ở hình vẽ dưới đây:



Hình 1. Hệ ủ biogas 20 lít theo mô hình cho công thức thí nghiệm BKCP và BCCP.



Hình 2. Hệ ủ biogas 20 lít cho công thức thí nghiệm KTHADD và BTHADD.



Hình 3. Thành phần chất thải từ hộ gia đình sau khi được tách loại tạp chất sử dụng trong hệ biogas.

3. Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1. Kết quả thực nghiệm xây dựng mô hình thu hồi khí sinh học từ chất thải sinh hoạt hộ gia đình

. Thành phần chất thải hộ gia đình

Thành phần chất thải hộ gia đình (phường Phan Chu Trinh) sau khi tách bỏ các phần khó phân huỷ như túi nilon, gỗ, dây buộc, kim loại và các hợp chất khó phân huỷ... tỷ lệ các phần còn lại như hình 3.

Thực tế hàm lượng trung bình chung của các thành phần trong chất thải sinh hoạt hộ gia đình rất thay đổi tùy thuộc vào thời gian trong tuần, điều kiện kinh tế của hộ gia đình và các yếu tố tác động khác (cấu trúc tuổi, giới trong gia đình...). Giá trị phân loại trong Hình 3 được phân loại và đánh giá từ 3 hộ gia đình trung lưu, quy mô 4-5 người trên 1 hộ trong khu vực nội

thành. Kết quả phân loại cho thấy có đến trên 50% chất thải là các loại rau quả, thực phẩm chưa qua chế biến, thức ăn thừa chiếm khoảng 16%, lượng thực đã qua chế biến (com, bánh mì, đồ có tinh bột) thừa lên đến 18%, giấy vụn, giấy ăn, đồ có xương và chất khoáng chiếm khoảng 8%. Tỷ lệ trên cho thấy sự kiểm soát khẩu phần ăn chưa tốt trong các hộ gia đình như đồ tinh bột thừa lên đến 18%. Đồng thời việc tự chế biến đồ ăn trong các hộ gia đình cũng phổ biến thể hiện qua chất thải các loại rau quả, thực phẩm chưa chế biến chiếm đến 56%, đây là nguồn nguyên liệu tốt cho việc phân huỷ tạo thành khí sinh học từ chất thải hộ gia đình. Kết quả phân loại cũng cho thấy chất thải hộ gia đình có tiềm năng sản xuất khí sinh học ở mức độ cao.

Bảng 1. Các thông số đầu vào cho quá trình ủ

Thông số	Đơn vị tính	Mẫu 1	Mẫu 2	Mẫu 3
pH (1:2,5 H ₂ O)		7,2	6,5	7,1
<i>Các yếu tố đa lượng</i>				
OC	%dw	44	42	35
OM	%dw	88	82	70
Tổng N	%dw	3,1	2,7	2,8
Tổng P	%dw	0,9	1,2	0,8
C/N		14	15	12,5
<i>Hàm lượng các kim loại nặng</i>				
Cu	mg.kg ⁻¹ (dw)	58,6	47,3	71,8
Zn	mg.kg ⁻¹ (dw)	85,5	115,8	128,5

Ghi chú: OC – các bon hữu cơ, OM – chất hữu cơ, dw – khối lượng khô

. Một số tính chất của chất thải hộ gia đình

Mẫu chất thải sau khi tách bỏ các phần khó phân huỷ như túi nilon, gỗ, dây buộc, kim loại và các hợp chất khó phân huỷ... các phần còn lại được trộn đều và lấy mẫu theo phương pháp lấy mẫu chất thải rắn, xử lý và phân tích một số tính chất để đánh giá thông số đầu vào cho quá trình ủ, kết quả thể hiện trong bảng sau.

Quá trình phân huỷ kỵ khí đối với một hệ thống biogas phụ thuộc nhiều vào yếu tố môi trường. Theo Björnsson *et al*, 2000 [3]; Demirel và Yenigun, 2002 [4]; Rajeshwari và cộng sự, 2000 [5], các yếu tố có thể bao gồm nhiệt độ, pH, sự sẵn có của các chất dinh dưỡng và sự hiện diện của các thành phần độc hại trong quá trình được phân tích. Kết quả phân tích thành phần cơ chất trong Bảng 1, giá trị pH axit nhẹ và trung tính (6,5-7,2) nằm trong ngưỡng phù hợp cho hoạt động phân huỷ kỵ khí [3,4,5].

Trong nghiên cứu của Hilkiyah Igoni và cộng sự, 2008 [6] cũng đã công bố giá trị pH của chất thải rắn sinh hoạt từ các hộ gia đình nằm trong ngưỡng trung tính và phù hợp cho sự phân huỷ kỵ khí khi tiến hành thử nghiệm sản xuất biogas [6]. Carbon hữu cơ trong các mẫu nghiên cứu có giá trị từ 35-44% khối lượng khô. Nếu coi chất hữu cơ có chứa thành phần trung bình đối với C là 50% thì tổng lượng chất hữu cơ trong các mẫu tương ứng từ 70-80%.

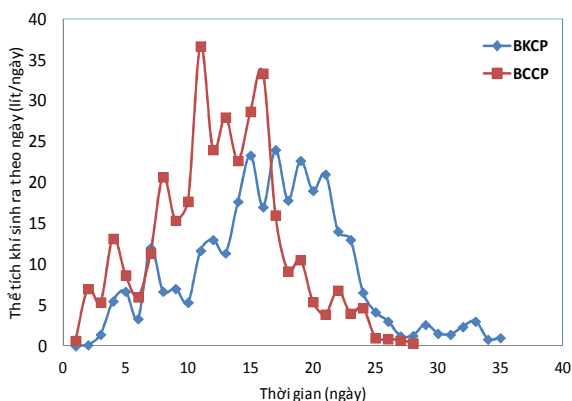
Tỷ lệ C: N: P tối ưu đối với quá trình phân huỷ kỵ khí cho với sản lượng metan cao được

báo cáo là 100:3:1 (Rajeshwari *et al.*, 2000) hay C/N là 20 - 30. Tuy nhiên, trong kết quả phân tích của nghiên cứu này đối với chất thải từ một số hộ gia đình khu vực nội thành Hà Nội cho kết quả dao động trong khoảng từ 12,5 đến 15, chỉ bằng ½ mức khuyến cáo tối ưu. Hàm lượng C so với N thấp hơn mức khuyến cáo thể hiện sự thải bỏ nhiều thức ăn có hàm lượng protein cao như thịt lợn, thịt cá... Đồng thời đây cũng là yếu tố hạn chế cho quá trình phân huỷ kỵ khí. Hệ quả của nó có thể dẫn đến làm chua bể hoặc hiệu suất sinh khí CH₄ không cao nếu không bổ sung thêm cơ chất C. Thêm vào đó, quá trình phân huỷ kỵ khí đối với cơ chất này có thể sẽ phát sinh amoni [5].

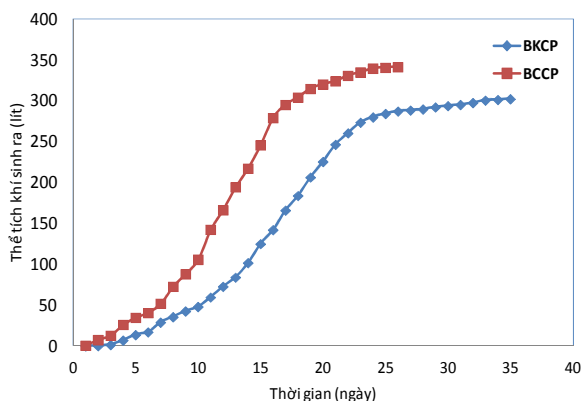
Qua phân tích các kim loại nặng như Cu, Zn, được ghi nhận sự có mặt với hàm lượng không lớn ở tất cả các mẫu phân tích, phù hợp cho sự phát triển của hệ thống sinh vật trong hệ thống biogas.

. Diễn biến biogas thu được sau thời gian ủ

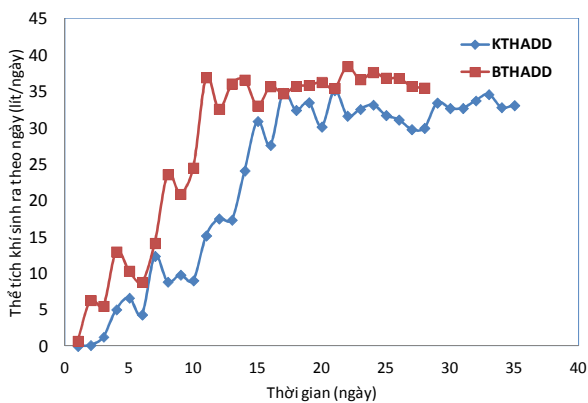
Để đánh giá khả năng sinh khí sinh học, chúng tôi tiến hành thí nghiệm ủ với chất hữu cơ gồm thức ăn dư thừa đã phân loại với thành phần như Hình 1 và Hình 2 với các công thức ủ khác nhau như đã mô tả trong mục 2.2. Kết quả đo lượng khí sinh ra được tiến hành hàng ngày đối với 2 hệ thống (BKCP và BCCP) được trình bày trong Hình 4 và Hình 5



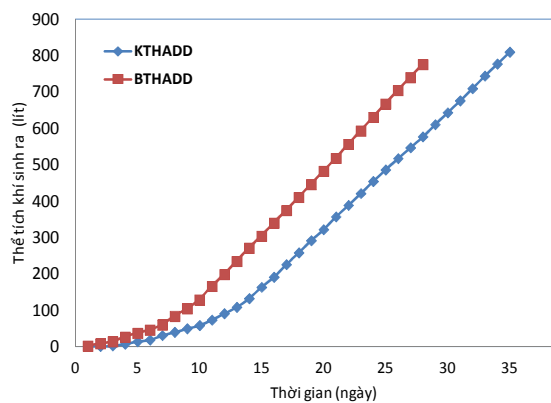
Hình 4. Diễn biến lượng khí sinh học phát sinh theo thời gian đối với thí nghiệm BCCP và BKCP.



Hình 5. Tổng lượng khí sinh học phát sinh theo thời gian đối với thí nghiệm BCCP và BKCP.



Hình 6. Diễn biến lượng khí sinh học phát sinh theo thời gian của mẫu chất thải rắn của hệ KTHADD và BTHADD.



Hình 7. Tổng lượng lượng khí sinh học phát sinh theo thời gian của mẫu chất thải rắn của hệ KTHADD và BTHADD.

Kết quả nghiên cứu được biểu diễn trên các hình trên cho thấy, lượng khí sinh ra từ các lô thí nghiệm không ổn định theo ngày. Tuy nhiên, thể tích khí sinh ra có xu hướng tăng dần từ ngày thứ nhất đến ngày thứ 17 thì đạt tối ưu đối với mẫu BCCP. Đối với mẫu BKCP, lượng khí sinh ra đạt giá trị lớn nhất sau khoảng 22 ngày. Lượng khí sinh ra theo ngày cao nhất 24,01 (ngày thứ 17, thí nghiệm BKCP) và 36,71 (ngày thứ 11, thí nghiệm BCCP). Theo quan sát (Hình 5), đến ngày thứ 23, hơn 90 % tổng lượng khí đã thu được ở mẫu thí nghiệm BKCP, trong khi đó ở mẫu BCCP chỉ đến ngày thứ 18 lượng khí sinh ra đã chiếm tổng số trên 90% tổng lượng khí trong suốt quá trình thí nghiệm.

Kết quả cho thấy tốc độ sinh khí và khả năng lên men chất thải rắn sinh khí sinh học của mẫu được bổ sung EM cao hơn so với mẫu không bổ sung EM. Việc bổ sung EM đã làm thúc đẩy nhanh hơn quá trình phân huỷ và sinh khí sinh học của chất thải rắn, cụ thể đối với mẫu không bổ sung EM (BKCP) thời gian lượng khí tiệm cận tới kết thúc quá trình trong khoảng 35 ngày, trong khi mẫu có bổ sung EM (BCCP) khoảng thời gian này là 27 ngày.

3.1.4. Diễn biến biogas thu được tại thí nghiệm có bổ sung chất thải

Kết quả phát sinh khí sinh học được mô tả trong Hình 6 và Hình 7. Về cơ bản, xu hướng phát sinh khí sinh học của hai hệ là tương đồng.

Sự ổn định về lượng khí sinh ra đối với cả hai hệ là sau 12 ngày. Tuy nhiên đối với hệ có tuần hoàn bùn (BTHADD), thời gian ổn định khí sinh học sau 12 ngày và lượng khí sinh ra có xu hướng cao hơn và ổn định ở mức 35 lít/ngày. Với hệ không tuần hoàn bùn, lượng khí sinh ra ổn định sau 18 ngày, lượng khí sinh học phát sinh có xu hướng thấp hơn hệ có tuần hoàn bùn (đạt mức 32-33 lít/ngày). Như vậy, có thể khẳng định rằng việc tuần hoàn một lượng bùn nhất định lại vào hệ thống ngoài việc có tác dụng thúc đẩy nhanh quá trình ổn định hệ thống còn tạo hệ số phát sinh khí sinh học cao hơn hệ không bổ sung bùn. Tuy vậy, khi hai hệ đi vào ổn định thì lượng khí sinh ra ở hai hệ này không có sự khác biệt lớn. Do vậy, đối với hệ thống phân huỷ kỵ khí từ chất thải rắn hộ gia đình có thể chỉ nên tuần hoàn bùn trong những ngày đầu vận hành hệ thống (Hình 6).

Tổng lượng khí sinh học thu được sau thời gian ủ 35 ngày của chất thải sinh hoạt trong thí nghiệm này được thể hiện ở Hình 6 và Hình 7.

4. Kết luận

Thành phần chất thải từ hộ gia đình (khảo sát 30 hộ) sau khi được tách loại tạp chất sử dụng trong hệ biogas cho thấy có đến trên 50% chất thải là các loại rau quả, thực phẩm chưa qua chế biến, thức ăn thừa chiếm khoảng 16%, lương thực đã qua chế biến (cơm, bánh mì, đồ có tinh bột) thừa lên đến 18%, giấy vụn, giấy ăn, đồ có xương và chất khoáng chiếm khoảng 8%. Kết quả phân loại cho thấy chất thải hộ gia đình có tiềm năng sản xuất khí sinh học ở mức độ cao.

Tỷ lệ C/N đối với chất thải từ một số hộ gia đình khu vực nội thành Hà Nội dao động trong khoảng từ 12,5 đến 15, chỉ bằng ½ mức khuyến cáo tối ưu. Hàm lượng C so với N thấp hơn mức khuyến cáo thể hiện sự thải bỏ nhiều thức ăn có hàm lượng protein cao như thịt lợn, thịt cá... Đồng thời đây cũng là yếu tố hạn chế cho quá trình phân huỷ kỵ khí.

Kết quả cho thấy tốc độ sinh khí và khả năng lên men chất thải rắn sinh khí sinh học của mẫu được bổ sung dịch thải từ hệ thống biogas cao hơn so với mẫu không bổ sung. Việc bổ sung dịch thải từ hệ thống biogas trong giai đoạn đầu đã làm thúc đẩy nhanh hơn quá trình phân huỷ và sinh khí sinh học của chất thải rắn, rút ngắn thời gian ổn định khoảng 12 ngày.

Việc tuần hoàn một lượng bùn nhất định vào hệ thống dòng liên tục ngoài việc có tác dụng thúc đẩy nhanh quá trình ổn định hệ thống còn tạo hệ số phát sinh khí sinh học cao hơn hệ không bổ sung bùn, tạo hệ số phát sinh khí sinh học cao hơn. Tuy vậy, khi hai hệ đi vào ổn định thì lượng khí sinh ra ở hai hệ này không có sự khác biệt lớn. Do đó, đối với hệ thống phân huỷ kỵ khí từ chất thải rắn hộ gia đình có thể chỉ nên tuần hoàn bùn trong những ngày đầu vận hành hệ thống.

Tài liệu tham khảo

- [1] Trần Thị Mỹ Diệu, Giáo trình quản lý chất thải rắn sinh hoạt, NXB Đại học Văn Lang, Hồ Chí Minh, 2010.
- [2] Trung tâm Thông tin KH&CN Quốc gia, Tổng luận về Công nghệ Xử lý Chất thải rắn của một số nước và ở Việt Nam, Hà Nội, 2007.
- [3] L. Björnsson, M. Murto, B. Mattiasson B, Evaluation of parameters formonitoring an anaerobic co-digestion”, Applied Microbiology and Biotechnology 54 (2000) 844-849.
- [4] D. Burak, Y. Orhan, Two-phase anaerobic digestion processes: a review, Journal of Chemical Technology and Biotechnology 77 (2002) 743-755.
- [5] K.V. Rajeshwari, M. Balakrishnan, A. Kansal, L. Kusum, V.V.N. Kishore, State of-the-art of anaerobic digestion technology for industrial wastewater treatment, Renewable and Sustainable Energy Reviews 4(2000) 135-156.
- [6] A. H. Igonia, M.J. Ayotamuno, C.L. Eze, S.O.T. Ogaji, S.D. Probert, Designs of anaerobic digesters for producing biogas from municipal solid-waste, Applied Energy 85 (2008) 430-438.

Study on the Possibility of Transforming Household Solid Wastes to Biogas

Nguyen Manh Khai¹, Do Mai Phuong², Le Hong Chien³, Pham Thi Thuy¹

¹*Faculty of Environmental Sciences, VNU University of Science, 334 Nguyen Trai, Hanoi, Vietnam*

²*Department of Appraisal and Environmental Impact Assessment,
Vietnam Environmental Administration, Ministry of Natural Resources and Environment*

³*Hanoi Institute for socio-economic development studies, 80 Tran Thai Tong, Hanoi*

Abstract: Study on the possibility of transforming municipal wastes to biogas conversion of solid waste is very important to reuse wastes for producing energy in daily use, reduce environmental pollution and partial replacement of fossil fuels. Research was conducted on the municipal wastes in inner Hanoi. Results of this study show that 50% of municipal wastes were vegetables and unprocessed foods, had the potential to producing biogas. The ratios of C/N from municipal wastes in Hanoi ranged from 12.5 to 15, and were equal to half of the recommendation for optimal anaerobic decomposing process. Biogas yield and fermentation ability of municipal wastes in the EM was higher than the sample without EM. The circulation of activated sludge into the system presenting also created stability arising coefficient higher than the system without additive activated sludge. And this circulation should only be done at the first few operation days of the system. The application of the models of producing biogas from municipal waste will have the effect of reducing landfill area, and recovered relatively large biogas amount for cooking and other demand.

Keywords: Municipal solid wastes, biogas, circular sludge.