

# Nghiên cứu quá trình phân hủy kỵ khí chất thải chăn nuôi lợn và rác hữu cơ trong sinh hoạt nông thôn để sinh khí mê-tan và phân hữu cơ

Đỗ Quang Trung<sup>1\*</sup>, Đoàn Văn Hường<sup>1</sup>, Bùi Duy Cam<sup>1</sup>, Nguyễn Thị Nhâm<sup>1</sup>,  
Nguyễn Quang Minh<sup>2</sup>, Chu Xuân Quang<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

<sup>2</sup>Trường Đại học Hải Phòng

<sup>3</sup>Viện Ứng dụng Công nghệ, Bộ Khoa học và Công nghệ

Ngày nhận bài 13/11/2018; ngày chuyển phản biện 16/11/2018; ngày nhận phản biện 13/12/2018; ngày chấp nhận đăng 17/12/2018

## Tóm tắt:

Rác thải hữu cơ sinh hoạt được phối trộn vào chất thải chăn nuôi lợn trong một thiết bị phân hủy kỵ khí theo tỷ lệ xác định. Ba dãy thí nghiệm TN1, TN2, TN3 được thiết lập với tỷ lệ chất thải chăn nuôi lợn:rác thải hữu cơ lần lượt là 100:0; 90:10 và 85:15. Kết quả thu được sau 25 ngày theo dõi cho thấy, hiệu suất loại bỏ CODs đạt 61,77-69,93%, cao hơn so với CODt 53,73-60,30%; thể tích khí sinh ra trong các thí nghiệm lần lượt là 107,31 ml/gCODt trong TN1; 107,24 ml/gCODt trong TN2 và 108,40 ml/gCODt trong TN3. Khí sinh học sau khi xử lý loại bỏ CO<sub>2</sub>, hàm lượng khí CH<sub>4</sub> tăng từ 64-65% lên 81-90%; hàm lượng khí H<sub>2</sub>S đáp ứng tiêu chuẩn sử dụng cho đun nấu (1.000 ppm). Sản phẩm thu được từ quá trình ủ bùn sau biogas kết hợp với rác thải hữu cơ có thành phần tương đương với phân hữu cơ vi sinh được quy định trong TCVN7185:2002.

**Từ khóa:** chất thải chăn nuôi, phân hữu cơ, rác thải hữu cơ.

**Chỉ số phân loại:** 1.7

## Tổng quan

Chất thải chăn nuôi lợn là hỗn hợp bao gồm phân, thức ăn thừa, nước tiểu, nước rửa chuồng trại... Đây là loại chất thải đặc trưng, biến động rất lớn và phụ thuộc vào nhiều yếu tố như quy mô chăn nuôi, giống, độ tuổi vật nuôi, chế độ ăn uống, nhiệt độ, độ ẩm trong chuồng, cách vệ sinh chuồng trại... Theo tác giả Vũ Đình Tôn và cộng sự, lượng phân thải ra hàng ngày bằng 6-8% trọng lượng lợn [1]. Quy trình xử lý chất thải chăn nuôi lợn phổ biến hiện nay là chất thải chăn nuôi được đưa vào hồ kỵ khí có phủ bạt hoặc hầm biogas, qua ao/hồ sinh học sau đó xả trực tiếp ra kênh mương. Mặc dù hầu hết các trang trại đều đã áp dụng một hoặc một vài phương pháp để xử lý chất thải, tuy nhiên, chất lượng nước thải sau xử lý đều chưa đạt tiêu chuẩn xả thải [2]. Bên cạnh đó, xử lý rác thải sinh hoạt khu vực nông thôn hiện nay cũng đang là vấn đề thu hút sự quan tâm của các nhà khoa học, nhà quản lý. Với đặc thù giàu các nguyên tố dinh dưỡng (N, P) của chất thải chăn nuôi lợn và giàu hợp chất hydrocarbon của rác thải sinh hoạt hữu cơ, việc kết hợp xử lý hai loại chất thải này trong một quá trình đồng phân hủy kỵ khí hứa hẹn những kết quả triển vọng.

Trên thế giới đã có một số nghiên cứu kết hợp xử lý hai

loại chất thải này. J. Jiménez và các cộng sự đã tối ưu hoá hoạt động của vi sinh vật sinh khí mê-tan trong quá trình đồng phân hủy kỵ khí ở nhiệt độ thường (mesophilic) và ưa nhiệt (thermophilic) của phân lợn và rom rạ cho thấy, lượng khí mê-tan thu được tăng đáng kể [3]. Sheng Zhou và các cộng sự đã nghiên cứu về sự biến đổi của cộng đồng vi sinh vật trong quá trình phân hủy kỵ khí ưa nhiệt của phân lợn với tỷ lệ khác nhau của rom rạ, kết quả thu được cho thấy các nhóm methanogenic của *Methanothermobacter* chiếm ưu thế trong tất cả các mẫu ở tỷ lệ C/N cao [4]. Ở Việt Nam, đồng phân hủy kỵ khí mới được áp dụng thử nghiệm một số mô hình xử lý bùn thải đô thị. Trong nghiên cứu của mình, Nguyễn Việt Anh và cộng sự đã nghiên cứu xử lý kết hợp bùn tự hoại và rác thải hữu cơ bằng phương pháp sinh học kỵ khí ở chế độ lên men nóng. Các kết quả cho thấy hiệu suất xử lý COD đạt khá cao (xấp xỉ 80%), tỷ lệ CH<sub>4</sub> trong khí biogas đạt từ 65-70% [5].

## Thực nghiệm

### *Chuẩn bị nguyên vật liệu*

*Nguyên liệu cho hệ nghiên cứu đồng phân hủy kỵ khí:*

- Chất thải chăn nuôi lợn được lấy tại hồ thu gom, trước

\*Tác giả liên hệ: Email: doquangtrung@hus.edu.vn

# A research into anaerobic digestion of pig farming waste and household organic waste in rural areas to produce methane and organic fertilizer

Quang Trung Do<sup>\*</sup>, Van Huong Doan<sup>1</sup>,  
Duy Cam Bui<sup>1</sup>, Thi Nham Nguyen<sup>1</sup>,  
Quang Minh Nguyen<sup>2</sup>, Xuan Quang Chu<sup>3</sup>

<sup>1</sup>University of Science, Vietnam National University, Hanoi

<sup>2</sup>Haiphong University

<sup>3</sup>National Center for Technological Progress,  
Ministry of Science and Technology

Received 13 November 2018; accepted 17 December 2018

## Abstract:

Household organic waste was mixed with pig farming waste in anaerobic digestion equipment at a specified rate. Three experimental series TN1, TN2, and TN3 were established with the ratio of pig farming waste:household organic waste 100:0, 90:10, and 85:15, respectively. The results obtained after 25 days of follow-up showed that the efficiency of COD removal was from 61.77 to 69.93%, higher than COD removal from 53.73 to 60.30%; the volume of gas generated in the experiment was respectively 107.31 ml/gCODt in TN1, 107.24 ml/gCODt in TN2 and 108.40 ml/gCODt in TN3. Biogas after the treatment of eliminating CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> content increased from 64-65% to 81-90%; H<sub>2</sub>S content met the standard for cooking (1,000 ppm). The products obtained from the post-biogas composting combined with household organic waste had the same composition as the microorganic organic fertilizer as specified in TCVN7185:2002.

**Keywords:** livestock waste, organic fertilizer, organic waste.

**Classification number:** 1.7

khí xả vào bể biogas tại trang trại nhà gia đình ông Đặng Viết Tới - thôn Lương Xá, xã Lam Điền, huyện Chương Mỹ, thành phố Hà Nội.

- Mẫu rác thải sinh hoạt hữu cơ được lấy tại trang trại nhà gia đình ông Đặng Viết Tới và bãi rác tập trung thôn Lương Xá, xã Lam Điền, huyện Chương Mỹ, thành phố Hà Nội.

Rác thải hữu cơ được xay nhỏ, lọc qua sàng kích thước mắt lưới 1 mm, sau đó trộn đồng thể với chất thải chăn nuôi lợn và nạp vào 2 pilot nghiên cứu có thể tích 1 m<sup>3</sup> hoạt động đồng thời. Các chỉ tiêu đặc trưng trong quá trình nghiên cứu được xác định độc lập và lấy kết quả trung bình.



Hình 1. Mẫu rác thải hữu cơ sử dụng trong nghiên cứu.

Ba thí nghiệm được thiết lập bao gồm: TN 1: mẫu chất thải chăn nuôi lợn (CTCNL), TN 2: mẫu CTCNL + 10% chất thải sinh hoạt hữu cơ (CTSHHC), TN 3: mẫu CTCNL + 15% CTSHHC.

700 l mẫu mỗi loại được nạp vào hệ pilot thử nghiệm có dung tích 1.000 l. Mỗi thí nghiệm được lặp lại 2 lần; các chỉ tiêu được xác định độc lập và lấy kết quả trung bình.

*Nguyên liệu cho hệ xử lý khí sinh học:*

Khí sinh học được trích trực tiếp từ hệ thống ống dẫn khí của trang trại, bơm vào pilot xử lý và kết nối với bếp đun tại trang trại. Thành phần trước và sau khi qua pilot được lấy định kỳ và xác định thành phần.

*Nguyên liệu ủ phân compost:*

Bùn thải sau quá trình phân huỷ kỵ khí được làm khô tự nhiên kết hợp với rác thải hữu cơ (độ ẩm 50-60%) được tiến hành ủ phân compost kết hợp với chế phẩm Sagi. Một số chỉ tiêu đặc trưng của sản phẩm được xác định bởi Viện Môi trường Nông nghiệp, Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam.

*Phương pháp lấy mẫu, bảo quản và phân tích*

- Mẫu CTCNL được lấy tại hố gom, vị trí sau chuồng nuôi và trước khi xả vào bể biogas của trang trại, được bảo quản và xử lý theo TCVN 6663-3:2008.

- Các chỉ tiêu COD, TP và NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N được xác định theo

SMEWW 5220B:2012, SMEWW 4500P.B&D:2012 và SMEWW 4500NH<sub>3</sub>.B&F:2012 trong “Các phương pháp tiêu chuẩn phân tích nước và nước thải” (Mỹ) [6].

**Thiết bị nghiên cứu**

*Thiết bị đồng phân hủy kỵ khí:*

Hệ nghiên cứu gồm 1 bể dung tích 1.000 l. Có cửa nạp mẫu phía trên; bom khuấy tuần hoàn (hoạt động 30 phút/2 giờ); hệ thống ống lấy mẫu, khí sinh học; đồng hồ đo áp suất và lưu lượng kế. Khí sinh ra được đo định kỳ 1 lần/ngày trong 25 ngày.



Hình 2. Hệ nghiên cứu đồng phân hủy kỵ khí.



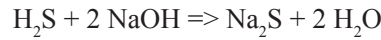
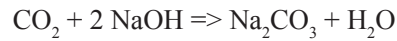
Hình 3. Hệ thống xử lý khí sinh học.

*Thiết bị xử lý khí sinh học:*

Hệ xử lý phức hợp loại bỏ khí CO<sub>2</sub> và H<sub>2</sub>S như trong hình 3. Hệ xử lý bao gồm 2 cột hấp thụ dung tích 30 l chứa dung dịch hấp thụ NaOH và 1 cột hấp phụ chứa than hoạt tính biến tính bằng sắt kim loại và oxit sắt (III).

Khí biogas từ hệ thống chuyển hoá chất thải chăn nuôi sẽ

được sục lần lượt vào 2 cột hấp thụ chứa dung dịch NaOH. Ở đây CO<sub>2</sub> và H<sub>2</sub>S sẽ bị giữ lại trong dung dịch do phản ứng:



Khí sau khi qua 2 cột hấp thụ bằng dung dịch sẽ được dẫn vào cột hấp phụ chứa than hoạt tính được biến tính với sắt (III) oxit. Ở đây lượng H<sub>2</sub>S còn dư sẽ được hấp phụ trên than hoạt tính trước khi khí tiếp tục dẫn vào sử dụng.

**Kết quả và thảo luận**

*Kết quả vận hành thiết bị đồng phân hủy kỵ khí*

*Một số chỉ tiêu đặc trưng của mẫu trước và sau nghiên cứu:*

Một số chỉ tiêu đặc trưng của mẫu trước và sau nghiên cứu được trình bày ở bảng 1. Có thể thấy, so với các mẫu còn lại, mẫu CTCNL (TN1) có hàm lượng các nguyên tố dinh dưỡng (N, P) lớn hơn, trong khi các chỉ tiêu khác như COD, TS, TSS lại thấp hơn so với hai mẫu còn lại. Sau khi phối trộn tỷ lệ COD:t:N trong TN1 là 21,6:1; trong khi ở các mẫu có phối trộn với chất thải hữu cơ có tỷ lệ tương ứng từ 48,2:1 (TN2) đến 58,4:1 (TN3), gần hơn so với tỷ lệ COD:N tối ưu 70:1 [6].

Bảng 1. Một số chỉ tiêu đặc trưng của mẫu nghiên cứu.

Trước nghiên cứu				
Chỉ tiêu	TN1	TN2	TN3	
pH	–	6,6±0,1	6,8±0,1	6,8±0,1
CODt (mgO <sub>2</sub> /l)	8.560±239	16.865±523	19.978±576	
CODs (mgO <sub>2</sub> /l)	3.550±167	6.751±211	8.171±250	
TP (mg/l)	105,9±4,1	96,8±3,2	97,3±3,5	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N (mg/l)	327,6±1,8	290,5±1,6	285,2±1,8	
TN (mg/l)	396,2±2,0	350,7±1,3	342,2±1,6	
TS (g/l)	8,514±0,125	14,232±0,237	18,921±0,315	
CODt:N	21,6	48,2	58,4	
Sau 25 ngày vận hành				
Chỉ tiêu	TN1	TN2	TN3	
pH	7,0±0,1	7,1±0,1	7,0±0,1	
CODt	3.961±154	6.244±216	7.931±257	
CODs	1.357±109	2.132±193	2.502±152	
TP	102,1±2,1	92,7±1,2	94,8±2,2	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	247,5±1,5	182,0±1,1	184,0±1,8	
TS	3,822±0,008	5,730±0,013	6,960±0,011	
<i>CODt/s: chemical oxygen demand total (nhu cầu oxy hoá hoá học); t: total (tổng); s: soluble (hoà tan)</i>				

Sau 25 ngày vận hành, có thể thấy các giá trị COD có sự giảm đáng kể, trong đó hiệu suất loại bỏ CODs (từ 61,77 đến 69,93%), cao hơn so với CODt (từ 53,73 đến 60,30%).

Giá trị tổng photpho hầu như không thay đổi trước và sau quá trình thực nghiệm, trong khi nồng độ  $NH_4^+-N$  và giá trị TN có sự thay đổi khá rõ rệt. Tổng chất rắn (TS) cũng là thông số quan trọng đánh giá hoạt động của quá trình phân hủy kỵ khí đối với mỗi hệ nguyên liệu đầu vào nhất định, giá trị TS giảm càng nhiều thì hiệu quả của sự phân hủy kỵ khí càng lớn. Kết quả hiệu suất loại bỏ TS lần lượt ở TN1 là 55,11%; TN2 59,73% và TN3 63,21%. Kết quả này khá tương đồng với các giá trị COD ở trên và phù hợp với thể tích khí thu được từ các thí nghiệm.

**Thể tích khí sinh học:**

Khí biogas sinh ra trong quá trình lên men yếm khí bản chất là sự phân hủy các chất hữu cơ có trong mẫu nghiên cứu, do đó, nó liên quan mật thiết đến các giá trị COD, TS, TSS, TVS... trong nguyên liệu đầu vào. Quá trình theo dõi diễn biến thể tích khí sinh ra trong các thí nghiệm được ghi nhận trong bảng 2 và hình 4. Trong 2 ngày đầu tiên, nhóm nghiên cứu thực hiện căn chỉnh và kiểm tra độ kín của toàn bộ hệ thống nên thể tích khí sinh ra trong những ngày này không được ghi nhận.

Từ các số liệu thu được trong biểu đồ hình 4 và bảng 2, có thể thấy, quá trình sinh khí chia ra làm 3 giai đoạn rõ rệt: giai đoạn hình thành và phát triển hệ vi sinh vật (từ khi bắt đầu đến ngày thứ 8); tiếp theo là giai đoạn phát triển cực thịnh (từ ngày thứ 10 đến ngày thứ 14); cuối cùng là giai đoạn suy thoái từ sau ngày thứ 16.

**Bảng 2. Thể tích khí sinh ra trong 25 ngày.**

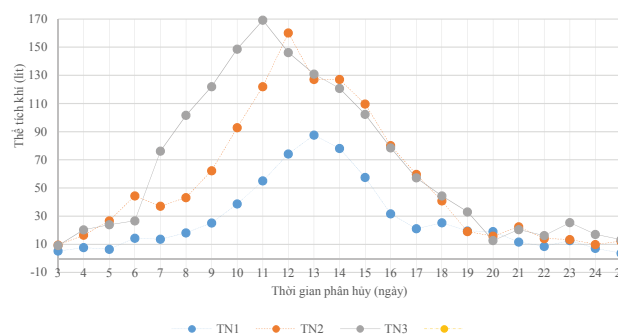
Đơn vị: l

Ngày	TN1	TN2	TN3	Ngày	TN1	TN2	TN3
3	5,25	9,52	9,16	15	57,54	109,64	102,34
4	7,71	16,52	20,35	16	31,62	80,10	78,58
5	6,53	26,69	23,96	17	21,12	59,76	57,21
6	14,42	44,46	26,69	18	25,27	40,83	44,46
7	13,65	37,04	76,23	19	19,52	19,05	33,06
8	18,21	43,218	101,64	20	19,06	15,82	12,69
9	25,23	62,30	121,98	21	11,69	22,47	20,51
10	38,66	92,82	148,66	22	8,54	14,09	16,19
11	55,07	121,98	169,20	23	12,72	13,44	25,41
12	74,24	160,10	146,20	24	7,14	9,94	17,10
13	87,57	127,05	130,92	25	3,72	12,25	13,32
14	78,12	127,09	120,79	<b>Tổng</b>	<b>643</b>	<b>1.266</b>	<b>1.516</b>

Kết quả thu được cũng cho thấy, mẫu chỉ có CTCNL (TN1) lượng khí sinh ra thấp nhất, giá trị trung bình đạt 643 l khí/700 l mẫu; tiếp đến là mẫu hỗn hợp TN2 đạt 1.266

l/700 l mẫu; mẫu TN3 có lượng khí sinh ra lớn nhất là 1.516 l/700 l mẫu.

Như vậy, thể tích khí sinh ra trong trong các thí nghiệm lần lượt là 107,31 ml/g CODt trong TN1; 107,24 ml/gCODt trong TN2 và 108,40 ml/gCODt trong TN3. Các kết quả thu được khá phù hợp với một số nghiên cứu khác về đồng phân hủy kỵ khí [7].



**Hình 4. Biểu đồ lượng khí sinh ra trong quá trình phân hủy.**

**Đánh giá hiệu quả của hệ thiết bị loại bỏ khí CO<sub>2</sub> và H<sub>2</sub>S trong khí biogas**

Để đánh giá hiệu quả xử lý khí của thiết bị, chúng tôi lấy mẫu khí trước và sau khi đi qua thiết bị để phân tích thành phần CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> và H<sub>2</sub>S, đồng thời sử dụng khí sau xử lý cho hoạt động đun nấu hàng ngày của trang trại. Kết quả phân tích được trình bày trong bảng 3.

Từ kết quả thu được cho thấy, thiết bị xử lý khí đã loại bỏ trên 60% lượng khí CO<sub>2</sub> trong khí sinh học, qua đó nâng tỷ lệ khí CH<sub>4</sub> từ 64-65 lên 81-90%. Điều này giúp cho bếp dễ dàng bắt cháy khi khởi động, đồng thời tăng nhiệt lượng và hiệu quả đun của khí. Bên cạnh đó, hàm lượng H<sub>2</sub>S cũng giảm dưới mức cho phép, góp phần giảm mùi hôi và tăng tuổi thọ của dụng cụ đun nấu.

**Bảng 3. Thành phần CH<sub>4</sub> và CO<sub>2</sub> trong mẫu khí biogas trước và sau xử lý.**

	CH <sub>4</sub> (%V)		CO <sub>2</sub> (%V)		H <sub>2</sub> S (ppm)	
	Đầu vào	Đầu ra	Đầu vào	Đầu ra	Đầu vào	Đầu ra
Sau 5 ngày	65,22	87,12	33,02	11,14	2.707	678
Sau 38 ngày	64,81	89,76	34,14	10,52	2.220	603
Sau 90 ngày	66,54	84,12	32,35	14,15	1.982	550
Sau 125 ngày	63,81	81,34	35,71	18,11	1.393	561

Qua theo dõi của nhóm nghiên cứu, thời gian sử dụng bếp đun nấu trung bình 1 ngày là 3 giờ; lưu lượng khí sử dụng đun nấu 25 l/phút; thể tích khí sử dụng (đi qua hệ xử lý) 1 ngày: 3 × 60 × 25 = 4.500 l = 4,5 m<sup>3</sup>/ngày, ngọn lửa màu xanh hoàn toàn không có mùi hôi như trước khi xử lý. Sau 4 tháng vận hành tại trang trại (xấp xỉ 540 m<sup>3</sup> khí), các

dụng cụ đun nấu và bếp không có dấu hiệu bị ăn mòn và muội

### Ủ phân compost

Mẫu bùn được lấy từ bể sau biogas (200 l) và để ráo nước trong 2 tuần. 300 kg phụ phẩm nông nghiệp (lá bắp cải - lấy tại cánh đồng thôn Đại Từ; cây cỏ, rau muống dọn trang trại tại trang trại nhà ông Đặng Viết Tới) được phơi tái để giảm độ ẩm, cắt nhỏ (1-5 cm), trộn đều với bùn sau biogas (tổng thể tích xấp xỉ 1 m<sup>3</sup>) và 100 g chế phẩm sinh học Sagi. Độ ẩm của mẫu sau trộn là 70%. Kết quả theo dõi các chỉ số nhiệt độ, độ ẩm trong quá trình ủ được trình bày ở bảng 4.

**Bảng 4. Nhiệt độ và độ ẩm trong quá trình ủ phân compost.**

Ngày thứ	1	6	10	14	17	21	32	40
Nhiệt độ (°C)	34±0,5	59±0,5	56±0,5	55±0,5	46±0,5	44±0,5	40±0,5	38±0,5
Độ ẩm (%)	70,0		62,3	59,7		56,9	55,6	55,3

Từ số liệu theo dõi nhiệt độ và độ ẩm có thể thấy, nhiệt độ tăng mạnh trong 6 ngày đầu. Đây là giai đoạn các vi sinh vật phát triển mạnh, do đó, cần phải đảo trộn 2 ngày/lần để tránh nhiệt độ tăng quá cao (trên 65°C) dẫn đến chết hệ vi sinh vật. Từ ngày thứ 10 đến ngày thứ 14 nhiệt độ tương đối ổn định, sau đó giảm dần đến ngày thứ 40 nhiệt độ gần như cân bằng với nhiệt độ môi trường.

**Bảng 5. Một số chỉ tiêu đặc trưng của sản phẩm phân compost.**

Chỉ tiêu đánh giá	Hàm lượng	TCVN7185:2002
Độ ẩm (%)	53-55	≤ 35
Tổng hữu cơ (OM)	43,55±2,35	≥ 22
Tổng cacbon hữu cơ (OC)	25,32±1,24	-
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	2,79±0,20	≥ 2,5
N tổng số	1,01±0,15	≥ 2,5
K <sub>2</sub> O	1,08±0,12	≥ 1,5

Kết quả phân tích một số chỉ tiêu đặc trưng của phân compost trong bảng 5 cho thấy, mùn hữu cơ thu được từ xử lý bùn thải sau biogas của chất thải chăn nuôi lợn kết hợp hợp rác thải hữu cơ có chất lượng tốt, hàm lượng hữu cơ đạt trên 40%. Các nguyên tố dinh dưỡng (N, P, K) đạt và xấp xỉ đạt so với các chỉ tiêu kỹ thuật đối với phân hữu cơ vi sinh được quy định trong TCVN7185:2002.

### Kết luận

Trong nghiên cứu này, chúng tôi đã thử nghiệm khả năng đồng phân huỷ kỵ khí chất thải chăn nuôi lợn kết hợp với rác thải hữu cơ khu vực nông thôn trên hệ pilot có dung tích 1 m<sup>3</sup>, đánh giá khả năng loại bỏ thành phần CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S trong khí sinh học từ quá trình lên men yếm khí và sử dụng bùn sau biogas kết hợp với phụ phẩm hữu cơ để ủ phân compost.

Kết quả bước đầu cho thấy, sau khi phối trộn 10-20% rác thải hữu cơ với chất thải chăn nuôi lợn cho hiệu quả sinh khí và loại bỏ một số chỉ tiêu đặc trưng trong chất thải (COD, TS) rất triển vọng. Khí sinh học sau khi xử lý loại bỏ CO<sub>2</sub>, hàm lượng khí CH<sub>4</sub> tăng từ 64-65 lên 81-90%; hàm lượng khí H<sub>2</sub>S đáp ứng tiêu chuẩn sử dụng cho đun nấu (1.000 ppm). Sản phẩm thu được từ quá trình ủ bùn sau biogas kết hợp với rác thải hữu cơ có thành phần tương đương với phân hữu cơ vi sinh được quy định trong TCVN7185:2002.

### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Chương trình khoa học và công nghệ ứng phó với biến đổi khí hậu, quản lý tài nguyên và môi trường giai đoạn 2016-2020 của Bộ Tài nguyên và Môi trường thông qua đề tài mã số BDKH.02/16-20. Nhóm nghiên cứu trân trọng cảm ơn gia đình ông Đặng Viết Tới - thôn Lương Xá, xã Lam Điền, huyện Chương Mỹ, thành phố Hà Nội đã tạo điều kiện thuận lợi trong suốt thời gian thực hiện nghiên cứu này.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Vũ Đình Tôn, Lại Thị Cúc, Nguyễn Văn Duy (2008), “Đánh giá hiệu quả xử lý chất thải bằng bể biogas của một số trang trại chăn nuôi lợn vùng Đồng bằng sông Hồng”, *Tạp chí Khoa học và Phát triển*, **6(6)**, tr.556-561.
- [2] Trần Văn Tựa (2015), *Nghiên cứu và ứng dụng công nghệ tiên tiến phù hợp với điều kiện Việt Nam để xử lý ô nhiễm môi trường kết hợp với tận dụng chất thải của các trang trại chăn nuôi lợn*, Báo cáo đề tài KC 08.04/11-15, Viện Công nghệ Môi trường.
- [3] J. Jiménez, Y. Guardia-Puebla, M.E. Cisneros-Ortiz, J.M. Morgan-Sagastume, G. Guerra, A. Noyola (2015), “Optimization of the specific methanogenic activity during the anaerobic co-digestion of pig manure and rice straw, using industrial clay residues as inorganic additive”, *Chemical Engineering Journal*, **259**, pp.703-714.
- [4] Sheng Zhou, Marcell Nikolausz, Jining Zhang, Shohei Riya, Akihiko Terada, and Masaaki Hosomi (2016), “Variation of the microbial community in thermophilic anaerobic digestion of pig manure mixed with different ratios of rice straw”, *Journal of Bioscience and Bioengineering*, **122(3)**, pp 334-340.
- [5] Nguyễn Việt Anh, Dương Thu Hằng, Thái Mạnh Hùng, Nguyễn Phương Thảo, M. Wagner, H. Yasui (2012), “Kết quả nghiên cứu xử lý kết hợp bùn bể tự hoại và rác hữu cơ bằng phương pháp sinh học kỵ khí ở chế độ lên men nóng”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, **50(2B)**, tr.61-71.
- [6] APHA-AWWA (2012), *Standard Methods for the examination of water and wastewater (22<sup>nd</sup> Ed.)*, prepared & published jointly by American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation.
- [7] P. Sosnowski, A. Wiczorek, et al. (2003), “Anaerobic co-digestion of sewage sludge and organic fraction of municipal solid wastes”, *Advances in Environmental Research*, **7(3)**, pp.609-616.