

# NGHIÊN CỨU KHẢ NĂNG SẢN XUẤT BIOGAS TRONG MÔI TRƯỜNG NƯỚC BIỂN

## A STUDY ON THE POSSIBILITY OF PRODUCING BIOGAS IN THE MARINE WATER ENVIRONMENT

Nguyễn Thị Thanh Xuân, Trương Lê Bích Trâm

Khoa Hóa, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng; Email: nttxuan@dut.udn.vn

**Tóm tắt:** Biogas là một nguồn năng lượng tái tạo được sản xuất thông qua quá trình phân hủy kỵ khí các hợp chất hữu cơ, đặc biệt là nguồn chất thải gia súc, gia cầm, rác thải,... Việc sản xuất và ứng dụng biogas đã và đang rất được quan tâm nghiên cứu và phát triển. Nghiên cứu này tập trung xem xét khả năng sinh khí biogas từ chất thải gia súc trong môi trường nước biển được pha loãng với các độ mặn khác nhau để có thể áp dụng sản xuất biogas trong định hướng phát triển những ứng dụng của nguồn năng lượng này tại những vùng biển đảo của Việt Nam. Kết quả nghiên cứu này đã khẳng định dù tỷ lệ pha loãng đạt đến 60% nước biển tương ứng độ mặn của môi trường đạt 20g/l NaCl thì vẫn có khả năng sản xuất biogas từ chất thải lợn với lưu lượng và chất lượng biogas hoàn toàn tương đồng với môi trường không có nước biển. Từ đó hoàn toàn có thể phát triển mọi ứng dụng của biogas trong vùng biển đảo Việt Nam, nơi bắt buộc phải sử dụng một phần nước biển như môi trường pha loãng để sản xuất biogas từ nguồn chất thải gia súc, gia cầm.

**Từ khóa:** biogas; phân hủy kỵ khí; độ mặn; ảnh hưởng của NaCl; sản xuất biogas trong môi trường biển

**Abstract:** Biogas is a renewable energy source produced through anaerobic digestion of organic compounds, particularly the livestock waste or poultry waste,... The production and applications of biogas have been receiving much more attention in research and development. This paper focuses on the ability to produce and use this source of energy in thalassic environment. The overall goal of the study is to match with the development orientation of biogas applications on the island areas of Vietnam. The results confirmed that whether dilution ratio reached 60% of seawater, corresponding with the salinity of the environment 20g/l NaCl, it is still capable of producing biogas from pig waste and this biogas produced in seawater environment is quite similar to one produced in normal diluted environment (without seawater) in their flow and quality. Therefore, it is possible to develop all applications of biogas in Vietnam island areas, where we need to use a part of seawater like diluted environment to produce biogas from animal waste or poultry waste.

**Key words:** biogas; anaerobic reactor; salinity; impact of increasing NaCl concentrations; thalassic biogas production

### 1. Đặt vấn đề

Nghiên cứu sản xuất nhiên liệu sinh học đặc biệt là sản xuất biogas đang là hướng phát triển chung của toàn thế giới và tại Việt Nam, nhất là trong tình hình nhiên liệu hóa thạch đang dần cạn kiệt và ô nhiễm môi trường ngày càng trở nên trầm trọng. Việc sản xuất biogas từ các nguồn nguyên liệu chất thải hữu cơ khác nhau [1] cho thấy chất thải từ gia súc, gia cầm cho tỷ lệ sinh khí biogas rất lớn (>60%). Trong nghiên cứu này chúng tôi tiếp tục xem xét khả năng sản xuất biogas từ chất thải gia súc nhưng trong môi trường nước biển được pha loãng tương ứng với các giá trị độ mặn khác nhau với mục tiêu hướng đến là khả năng sản xuất và sử dụng biogas tại các vùng biển đảo Việt Nam, nơi không có nguồn nước ngọt dồi dào để làm môi trường sản xuất biogas từ chất thải gia súc. Nghiên cứu này có ý nghĩa thiết thực trong định hướng sản xuất và ứng dụng nguồn năng lượng biogas tại các vùng biển đảo. Trong thành phần nước biển chứa chủ yếu là hai ion  $\text{Na}^+$  và  $\text{Cl}^-$ . Theo nghiên cứu của O. Lefebvre và các cộng sự [2] khi nồng độ muối vượt quá 10 g/l thì sẽ ức chế quá trình sinh khí methane. Tuy nhiên khả năng ức chế này còn tùy thuộc vào nguồn nguyên liệu sử dụng để sản xuất biogas cũng như điều kiện sản xuất [3]. Độ mặn trung bình trong nước biển ở các đại dương có giá trị 35‰ tương đương với 35 g/l và thay đổi trong khoảng 32 ÷ 37‰ tùy theo lượng mưa, độ bốc hơi, lưu lượng sông ngoài của từng vùng địa lý [3]. Nghiên cứu này sẽ khảo sát khả năng sinh khí biogas từ chất thải gia súc trong môi trường nước biển được pha loãng tương ứng với các độ mặn khác nhau theo tiêu chí giá trị độ mặn lớn nhất có thể để có thể áp dụng phát triển sản xuất

biogas tại những vùng biển đảo của Việt Nam. Cụ thể nghiên cứu này sẽ khảo sát khả năng sản xuất biogas từ chất thải lợn trong môi trường nước biển được pha loãng đến 60% nước biển tương ứng với độ mặn xấp xỉ 20g/l. Nghiên cứu cũng khảo sát chất lượng biogas thu được để có định hướng về công nghệ xử lý và sử dụng hiệu quả biogas sản xuất được tại các vùng biển đảo Việt Nam.

### 2. Nguyên vật liệu và phương pháp

#### 2.1. Nguyên vật liệu

- Chất thải gia súc (heo) được lấy từ trang trại chăn nuôi Hòa Phú, thôn Hòa Phát, huyện Hòa Vang, Đà Nẵng;
- Bùn hoạt tính được lấy từ hồ kỵ khí thuộc hệ thống xử lý nước rỉ rác bãi rác Khánh Sơn, phường Hòa Khánh, quận Liên Chiểu, Đà Nẵng;
- Nước pha loãng: bao gồm nước ngọt và nước biển pha trộn theo nhiều tỷ lệ khác nhau. Nước biển được lấy tại vùng vịnh ven biển Đà Nẵng với độ mặn khảo sát được từ 32 ÷ 33‰ tương đương 32 ÷ 33 g/l.

#### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

##### 2.2.1. Xác định hàm lượng chất khô

Hàm lượng chất khô trong mẫu nguyên liệu chất thải gia súc được xác định theo quy trình sau:

- Cân chính xác một khối lượng nguyên liệu chứa trong cốc sứ,
- Sấy cốc sứ có chứa nguyên liệu đến khối lượng không đổi ở nhiệt độ 100 – 105°C trong vòng 3 giờ.
- Cân cốc sứ có cặn, xác định được hàm lượng chất khô có trong mẫu

Kết quả phân tích ta được hàm lượng chất khô trong chất thải heo là 244 mg/g nguyên liệu, tương ứng tỷ lệ 24,4%.

### 2.2.2. Pha loãng và cấy bùn

Thể tích bình sinh khí là 40 lít, thể tích phần chứa nguyên liệu là 35 lít

Dựa vào hàm lượng chất khô của nguồn nguyên liệu ta tính được lượng nước cần để pha loãng nguyên liệu trước khi nạp vào bình sinh khí. Theo kết quả khảo sát thể tích nước cần dùng để pha loãng nguyên liệu trước khi vào bình kỵ khí cần đạt tỷ lệ hàm lượng chất khô trong khoảng  $5 \div 7\%$  là hiệu quả nhất cho quá trình phân hủy.

Bùn hoạt tính lấy từ hồ kỵ khí tại bãi rác Khánh Sơn. Bùn không còn khả năng sinh biogas. Mục đích cấy bùn là cấy vi sinh vật kỵ khí vào bình ủ kỵ khí thí nghiệm để đẩy nhanh quá trình phân hủy.

### 2.2.3. Nạp liệu

Nguyên liệu sau khi pha trộn và cấy bùn hoạt tính được nạp vào bình sinh khí có dung tích 40 lít.

Mô hình bao gồm 06 bình composite dung tích 40 lít; mỗi bình chứa 7 kg chất thải heo, 10 lít bùn hoạt tính, 18 lít nước pha loãng. Tỷ lệ thể tích nước biển trong nước pha loãng lần lượt là: 0%, 15%, 30%, 40%, 50% và 60% tương ứng lần lượt với các bình từ 1 đến 6. Tỷ lệ pha loãng này tương ứng với độ mặn của mỗi bình từ 1 đến 6 lần lượt là 0 g/l; 4,88 g/l; 9,75g/l; 13 g/l; 16,25 g/l và 19,5 g/l. Mô hình thí nghiệm được thể hiện trên hình 1.



Hình 1. Mô hình sản xuất biogas

### 2.2.4. Xác định lưu lượng và thành phần biogas

Biogas sinh ra từ bình ủ kỵ khí sẽ theo ống nhựa mềm đi lên túi chứa khí. Mỗi ngày tiến hành theo dõi thể tích túi chứa, đo thành phần khí sinh ra bằng máy phân tích khí thải cầm tay GFM435 cho phép xác định thành phần phân khí bao gồm 5 khí trong tiêu chuẩn máy là  $\text{CH}_4$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  và  $\text{CO}$ . Theo dõi thường xuyên nhiệt độ môi trường và tiến hành khuấy bình sinh khí 02 lần, mỗi lần 05 phút vào thời điểm trước lúc tiến hành đo thể tích và thành phần biogas sinh ra.

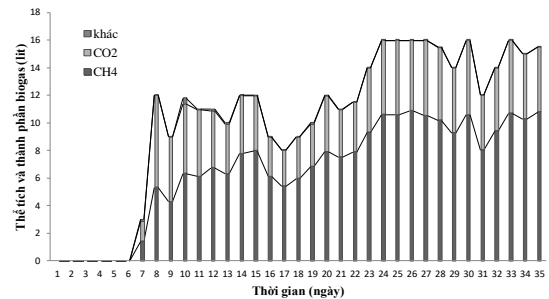
## 3. Kết quả

### 3.1. Thể tích và thành phần biogas thu được tương ứng với tỷ lệ nước biển pha loãng khác nhau từ 0% đến 60%

#### 3.1.1. Kết quả ở bình 0% nước biển

Kết quả khảo sát ở bình 1 (0% nước biển) (hình 2) cho thấy trong 6 ngày đầu khảo sát khí thoát ra rất ít. Bắt đầu

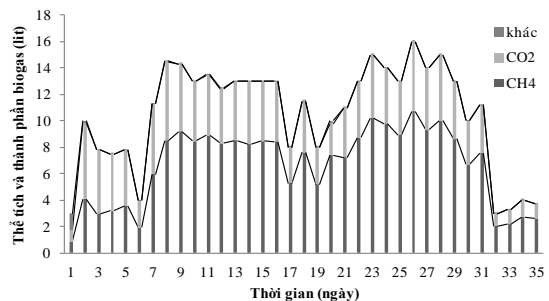
từ ngày thứ 8 lượng khí tương đối ổn định, xấp xỉ 10 lít/ngày và có xu hướng tăng từ ngày thứ 23. Thành phần biogas có chất lượng đồng đều và tương đối tốt, duy trì ở mức 68 – 69%  $\text{CH}_4$ . Khi bắt đầu có khí thoát ra, kết quả thu được tương đồng với kết quả nghiên cứu đối với chất thải lợn đã thực hiện trước đây [1].



Hình 2. Thể tích và thành phần biogas ở bình 0% nước biển (thành phần khác gồm  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ )

#### 3.1.2. Kết quả khảo sát ở bình 15% nước biển

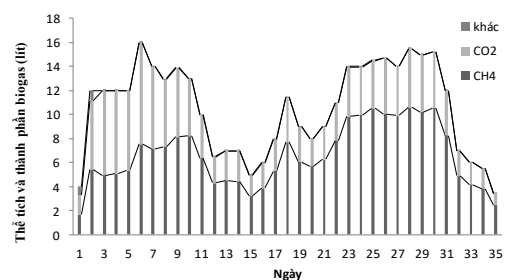
Ở mẫu 2 chứa 15% thể tích nước biển tương đương với độ mặn 4,88 g/l (hình 3), khí thoát ra từ những ngày đầu tiên của quá trình và duy trì ổn định từ ngày thứ 8 ở mức 14 lít/ngày, sau đó tăng nhẹ với chất lượng khí ổn định ở mức 65 – 70%  $\text{CH}_4$  cho đến gần cuối chu kỳ khảo sát (ngày thứ 31). Quá trình khảo sát thực hiện đến ngày thứ 35 khi lượng khí thu được chỉ còn ở mức 3 – 4 lít/ngày.



Hình 3. Thể tích và thành phần biogas ở bình 15% nước biển (thành phần khác gồm  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ )

#### 3.1.3. Kết quả khảo sát ở bình 30% nước biển

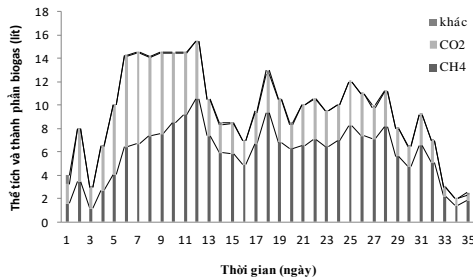
Kết quả khảo sát cho thấy ở bình 3 chứa 30% thể tích nước biển tương ứng độ mặn là 9,75g/l cho thấy khả năng sinh khí vẫn diễn ra bình thường. Lượng khí sinh ra vẫn duy trì ổn định ở mức trung bình 13 lít/ngày với thành phần  $\text{CH}_4$  đạt trên 60% trong 10 ngày đầu và còn tăng lên từ ngày thứ 20 về sau, cả về chất lượng và thể tích khí thu hồi.



Hình 4. Thể tích và thành phần biogas ở bình 30% nước biển (thành phần khác gồm  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}$ )

### 3.1.4. Kết quả khảo sát ở bình 40% nước biển

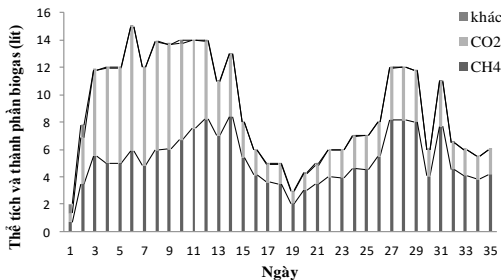
Ở mẫu 4 chứa 40% thể tích nước biển tương đương độ mặn 13g/l (hình 5) kết quả khảo sát cho thấy vẫn chưa có sự ảnh hưởng của độ mặn đến khả năng sinh khí cũng như chất lượng biogas thu được. Lưu lượng khí trung bình đạt 12 lít/ngày với chất lượng khí tốt và ổn định, trung bình 70% methane, ở ngày thứ 20 thành phần methane đạt đến gần 75%.



**Hình 5.** Thể tích và thành phần biogas ở bình 40% nước biển (thành phần khác gồm  $H_2S$ ,  $O_2$ ,  $CO$ )

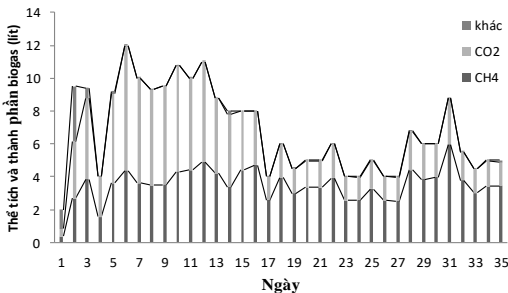
### 3.1.5. Kết quả khảo sát ở bình 50% nước biển

Ở bình 5 với 50% nước biển tương ứng độ mặn 16,25 g/l, bắt đầu thấy có sự khác biệt về lượng khí sinh ra và chất lượng khí (hình 6). Trong thời gian đầu (đến ngày thứ 15) lượng khí sinh ra vẫn tương đối nhiều tương tự như ở các bình 2, 3 và 4, trung bình khoảng 13 lít/ngày với chất lượng khoảng 60% methane. Giai đoạn từ ngày thứ 20 lượng khí thu được ở bình 5 ít hơn ở 4 bình trước, chỉ ở mức khoảng 7 – 8 lít/ngày. Tuy nhiên chất lượng vẫn đảm bảo đạt xấp xỉ 70% methane.



**Hình 6.** Thể tích và thành phần biogas ở bình 50% nước biển (thành phần khác gồm  $H_2S$ ,  $O_2$ ,  $CO$ )

### 3.1.6. Kết quả khảo sát ở bình 60% nước biển



**Hình 7.** Thể tích và thành phần biogas ở bình 60% nước biển (thành phần khác gồm  $H_2S$ ,  $O_2$ ,  $CO$ )

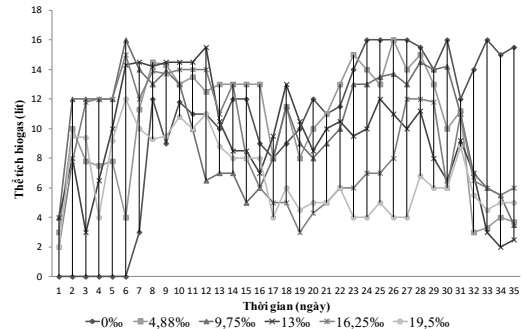
Kết quả khảo sát ở bình 6 chứa 60% nước biển tương đương độ mặn 19,5 g/l, kết quả thu được (hình 7) cho thấy khả năng sinh khí vẫn còn diễn ra ở mức cao khoảng

10 lít/ngày trong 16 ngày đầu của quá trình khảo sát, tuy nhiên thành phần methane chỉ chiếm khoảng 50%. Thời gian tiếp theo cho đến khi kết thúc việc khảo sát (ngày thứ 35) lượng biogas đã giảm hẳn so với các bình khác, chỉ đạt 6 lít/ngày và thành phần methane dao động trong khoảng 65 – 70%.

## 3.2. Ảnh hưởng của độ mặn đến lưu lượng và chất lượng biogas

### 3.2.1. Ảnh hưởng của độ mặn đến lưu lượng biogas sinh ra

Hình 8 biểu diễn thể tích biogas thu được theo thời gian cho tất cả các mẫu tương ứng với độ mặn khác nhau lần lượt là 0‰ (hay 0g/l NaCl), 4,88‰, 9,75‰, 13‰, 16,25‰ và 19,5‰. Nhận thấy rằng đối với các mẫu có độ mặn tương ứng đến 13g/l NaCl thì thể tích biogas sinh ra vẫn không có sự khác biệt so với mẫu hoàn toàn không chứa nước biển. Bắt đầu có sự khác biệt về thể tích khí sinh ra khi xem xét mẫu 5 tương ứng 16,25 g/l NaCl và sự khác biệt này thể hiện rõ rệt hơn đối với mẫu 6 tương ứng độ mặn là 19,5g/l (19,5‰). Thể tích biogas thu được giảm đáng kể, xấp xỉ 70% so với các mẫu có độ mặn dưới 10‰ kể từ ngày thứ 21.



**Hình 8.** Ảnh hưởng của độ mặn đến lưu lượng biogas

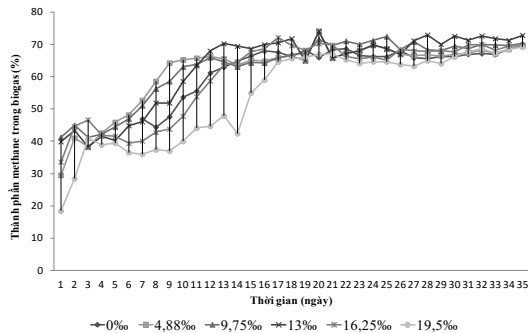
Kết quả này hoàn toàn phù hợp như nghiên cứu đã công bố của O. Lefebvre và các cộng sự khi cho rằng ảnh hưởng của độ mặn đến khả năng sản xuất biogas chỉ xuất hiện khi giá trị này vượt ngưỡng 10g/l NaCl [2]. Tuy nhiên giá trị ngưỡng độ mặn còn tùy thuộc nguồn nguyên liệu, nghiên cứu của O. Lefebvre sử dụng hai nguồn nguyên liệu là ethanol và bã rượu thì ảnh hưởng của độ mặn đến khả năng sinh khí cũng khác nhau rõ rệt. Ở ngưỡng 10g/l NaCl đối với nguyên liệu ethanol thì lượng biogas sinh ra đã giảm nhưng vẫn có khả năng sản xuất. Tuy nhiên đối với nguyên liệu bã rượu thì hoàn toàn không có khí sinh ra khi độ mặn vượt ngưỡng 10g/l NaCl. Kết quả tương tự cũng thu được trong nghiên cứu của GB. Marquez và các cộng sự [5] khi sản xuất biogas từ chất thải bò cùng trầm tích biển và tảo biển trong môi trường có độ mặn ở ngưỡng 34‰ thì hầu như không thể sản xuất được biogas.

Mặt khác, kết quả khảo sát cũng cho thấy khi tăng hàm lượng nước biển, dường như quá trình sinh khí diễn ra nhanh hơn (hình 8), giá trị thể tích biogas cực đại đạt được chỉ sau 13-15 ngày đối với những mẫu có độ mặn lớn hơn 9,75 g/l; đối với những mẫu có độ mặn thấp hơn, ngưỡng thể tích biogas cực đại đạt được sau 23-25 ngày. Kết quả này khẳng định lại nhận định của Chaban và các cộng sự [6] được trích dẫn bởi Anna Schnürer, Åsa Jarvis

[3] rằng tất cả vi sinh vật cần muối như natri, kali, clo cho hoạt động sống của tế bào. Những muối này thường có sẵn trong vật liệu hữu cơ sản xuất biogas và không cần phải bổ sung trong quá trình sản xuất. Tuy nhiên, một số chất thải có nồng độ muối cao hoặc sự sản xuất biogas diễn ra trong môi trường dư nhiều muối thì có thể sẽ ức chế các vi sinh vật trong quá trình phân hủy kỵ khí sinh biogas. Chính vì vậy có thể nói rằng khi thêm muối vào môi trường kỵ khí sẽ thúc đẩy thời gian sinh khí nhanh hơn nhờ tăng số lượng vi sinh vật nhưng cũng sẽ giảm đáng kể lưu lượng khí sinh ra nếu lượng muối quá nhiều do môi trường quá mặn sẽ lấy nước từ tế bào vi sinh vật làm mất khả năng hoạt động của chúng [3]. Điều này cũng có thể khắc phục nếu tăng dần độ mặn trong môi trường để vi sinh vật thích nghi [3].

### 3.2.2. Ảnh hưởng của độ mặn đến chất lượng biogas sinh ra

Chất lượng biogas quyết định bởi thành phần methane và hydro sulfure  $H_2S$ . Nghiên cứu trước đây [1] của chúng tôi cho thấy chất thải từ lợn cho chất lượng biogas có thành phần methane rất cao, đạt trên 60%, tuy nhiên thành phần tạp chất ăn mòn  $H_2S$  cũng tương đối lớn, ở ngưỡng xấp xỉ 2000ppm.



Hình 9. Ảnh hưởng của độ mặn đến thành phần  $CH_4$  trong biogas

Hình 9 so sánh thành phần methane trong biogas sinh ra ở tất cả các mẫu tương ứng với độ mặn khác nhau từ 0‰ đến 19,5‰. Nhận thấy ở tất cả các mẫu thành phần  $CH_4$  đều đạt trên 60% và duy trì tương đối ổn định đến cuối chu kỳ khảo sát. Chỉ có một khác biệt nhỏ đối với mẫu 60% là thời gian để đạt ngưỡng 60%  $CH_4$  dài hơn các mẫu khác. Tuy nhiên ngưỡng thời gian này vẫn nằm trong khoảng thời gian cần thiết cho sự sản xuất ổn định biogas [7]. Điều này khẳng định độ mặn không ảnh hưởng đến thành phần methane trong biogas.

Đối với thành phần  $H_2S$ , trong bảng 1 thể hiện giá trị trung bình tính được theo số liệu thực nghiệm đo theo ngày của thành phần  $H_2S$  trong biogas. Giá trị trung bình này được lấy theo các giai đoạn sinh khí của bình không pha nước biển (bình có giá trị độ mặn 0‰) để dễ so sánh. Kết quả cho thấy không có sự khác biệt rõ rệt giữa thành phần  $H_2S$  trong các bình có và không có môi trường nước biển. Giữa các bình có tỷ lệ nước biển pha loãng khác nhau, ngoại trừ bình chứa 60% nước biển tương ứng độ mặn là 19,5g/l, có thể thấy thành phần  $H_2S$  rất thấp. Dù chưa thể khẳng định vai trò của các cation và anion trong

muối biển đến sự ức chế hình thành  $H_2S$  nhưng kết quả thu được hoàn toàn khẳng định chất lượng biogas sản xuất trong môi trường nước biển pha loãng hoàn toàn đáp ứng nhu cầu sử dụng biogas làm năng lượng: đun nấu, thắp sáng, làm nhiên liệu cho động cơ đốt trong.

Bảng 1. Thành phần  $H_2S$  trong biogas tương ứng với các giá trị độ mặn khác nhau

Độ mặn	Thành phần $H_2S$ trong biogas (ppm)					
	0‰	4,88‰	9,75‰	13‰	16,25‰	19,5‰
Ngày thứ 1- 6	0	58	96	297	114	298
Ngày thứ 7- 15	436	62	98	357	661	351
Ngày thứ 16-22	934	121	114	153	599	1351
Ngày thứ 23-30	1023	164	108	183	188	1261
Ngày thứ 31-35	812	138	430	370	183	910

## 4. Kết luận

Kết quả khảo sát trong nghiên cứu này cho thấy hoàn toàn có thể sản xuất biogas từ chất thải lợn trong môi trường nước biển pha loãng đến độ mặn 20‰ tương ứng tỷ lệ pha loãng đến 60% nước biển. Chất lượng biogas thu được vẫn rất tốt, hoàn toàn đáp ứng được các chỉ tiêu của biogas cho các mục đích sử dụng khác nhau: đun nấu, thắp sáng, chạy máy phát điện, kéo máy công tác,... Kết quả khảo sát cũng cho thấy trong môi trường nước biển pha loãng tốc độ sinh biogas cũng nhanh hơn, và nếu kết hợp tăng dần độ mặn theo thời gian để vi sinh vật thích nghi thì hoàn toàn có thể thu được biogas có lưu lượng và chất lượng phù hợp tương tự như trong môi trường nước ngọt. Nghiên cứu này có ý nghĩa thiết thực trong định hướng phát triển các vùng biển đảo Việt Nam.

## Tài liệu tham khảo

- [1] Bùi Văn Ga, Trần Văn Nam, Nguyễn Thị Thanh Xuân, Nguyễn Văn Đông, Nguyễn Minh Thông, (2011), "Utilization of poor biogas in biogas-diesel dual fuel engine".
- [2] O. Lefebvre, S. Quentin, M. Torrijos, J. J. Godon, J. P. Delgenès, R. Moletta (2007). "Impact of increasing NaCl concentrations on the performance and community composition of two anaerobic reactors", *Appl Microbiol Biotechnol* (2007) 75:61-69.
- [3] Anna Schnürer, Åsa Jarvis, (2010) "Microbiological Handbook for Biogas Plants", Swedish Waste Management U2009:03 Swedish Gas Centre Report 207, *Avfall Sverige ISSN 1103-4092*.
- [4] <http://www.onr.navy.mil/focus/ocean/water/salinity1.htm>
- [5] Gian Powell B. Marquez, Wolfgang T. Reichardt, Rhodora V. Azanza, Michael Klocke, Marco Nemesio E. Montañón, (2013), "Thalassic biogas production from sea wrack biomass using different microbial seeds: Cow manure, marine sediment and sea wrack-associated microflora", *Bioresource Technology* 133, 612-617.
- [6] Chaban, B., Ng, S.Y.S. and Jarell, K.F. (2006) Archaeal habitats – from the extreme to the ordinary, *Canadian Journal of Microbiology*. 52:73-116.
- [7] Cục chăn nuôi – Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn, Tổ chức phát triển Hà Lan – SNV, Công nghệ khí sinh học quy mô hộ gia đình - Tài liệu dùng để tập huấn cho Kỹ thuật viên về khí sinh học, Hà nội (2011).