



## ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG SINH KHÍ CỦA MẼ Ủ YẾM KHÍ Bùn ĐÁY AO NUÔI CÁ TRA THÂM CANH VỚI RƠM SAU Ủ NẤM

Lê Nguyễn Băng Châu<sup>1</sup>, Nguyễn Trường Thành<sup>2</sup>, Mai Nguyễn Thanh Nhân<sup>3</sup> và Nguyễn Võ Châu Ngân<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Học viên Cao học Quản lý Môi trường, Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>2</sup> Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

<sup>3</sup> Sinh viên Kỹ thuật Môi trường, Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

### ABSTRACT

Sludge from the Pangasianodon Hypophthalmus fishpond and mushroom compost is amongst enormous wastes which is rich of carbon and nitrogen in the Vietnamese Mekong Delta. This study focuses on evaluating the biogas production from lab scale batch anaerobic of co-digestion pangasianodon hypophthalmus fishpond sludge and mushroom compost by 20L testing sets. The mixing ratio for both input materials was calculated based on ratio of COD:N:P (defined by C:N ratio) that was suitable for anaerobic microorganism system. Total five treatments were set up in different ratios of fishpond sludge and mushroom compost and 01 control treatment. The volume of produced biogas and biogas components of all treatments was recorded at every 4 days and in 60 continuous days. The anaerobic process control parameters such as ambient temperature, pH and alkalinity were also recorded. The testing results showed that the biogas production increased due to treatments with high C:N value. Comparing to the control treatment, the biogas production were 126.6%, 151.3%, 171.8%, 213.5% and 298.6% corresponding to treatments with the C:N ratio of 20:1, 25:1, 30:1, 35:1 and 40:1, respectively.

### Thông tin chung:

Ngày nhận: 23/05/2013

Ngày chấp nhận: 24/12/2013

### Title:

Evaluation biogas production from batch anaerobic of co-digestion pangasianodon Hypophthalmus fishpond sludge and spent mushroom compost

### Từ khóa:

Biogas, bùn đáy ao cá tra thâm canh, rơm sau ủ nấm, ủ yếm khí theo mẻ

### Keywords:

biogas, batch anaerobic digester, fishpond sludge, spent mushroom compost

### TÓM TẮT

Hàng năm ở đồng bằng sông Cửu Long lượng bùn đáy ao nuôi cá tra thâm canh và rơm sau ủ nấm là những nguồn thải giàu nitơ và cacbon đưa vào môi trường với số lượng lớn. Thí nghiệm ủ yếm khí theo mẻ hỗn hợp bùn đáy ao nuôi cá tra thâm canh và rơm sau ủ nấm được tiến hành nhằm khảo sát khả năng sinh khí biogas trong điều kiện phòng thí nghiệm với bình ủ 20 L. Phối trộn hai loại nguyên liệu dựa trên tỷ lệ C:N, đồng thời kiểm tra tỷ lệ COD:N:P tối ưu cho hoạt động của hệ vi khuẩn yếm khí trong mẻ ủ. Thể tích khí biogas và phần trăm khí thành phần (CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, khí khác) được đo đạc 4 ngày/lần trong suốt 60 ngày thí nghiệm, với 5 nghiệm thức được phối trộn từ hai loại nguyên liệu, cùng với 1 nghiệm thức đối chứng (chỉ ủ bùn đáy ao cá tra thâm canh). Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình ủ như nhiệt độ phòng, pH, độ kiềm của mẻ ủ được ghi nhận hàng ngày. Kết quả thí nghiệm cho thấy khi phối trộn hai loại nguyên liệu bùn đáy ao nuôi cá tra thâm canh và rơm sau ủ nấm, khả năng sinh khí biogas tăng tỉ lệ thuận với tỷ lệ C:N của mẻ ủ. So với nghiệm thức đối chứng, thể tích sinh khí tăng lần lượt là 126,6%, 151,3%, 171,8%, 213,5% và 298,6% tương ứng với các nghiệm thức có tỷ lệ C:N là 20:1, 25:1, 30:1, 35:1 và 40:1.

## 1 ĐẶT VẤN ĐỀ

Cá da trơn được nuôi thâm canh trong bè hoặc trong ao và sử dụng hoàn toàn thức ăn chế biến sẽ thải ra lượng thức ăn thừa (dưới dạng bùn) trực tiếp vào môi trường sông rạch hoặc ao nuôi (Nguyễn Thanh Phương, 1998). Theo Lê Bảo Ngọc (2004) trong hệ thống nuôi cá tra thâm canh tải lượng N và P dư thừa tăng theo sự gia tăng khối lượng bình quân của cá. Dinh dưỡng tích lũy trong cá lần lượt là 65,4%N, 16,8%P và thải ra môi trường là 34,6%N và 83,2%P. Bình quân để sản xuất 1 kg cá tra cần 69,9 g N và 11,3 g P, nhưng lại thải ra môi trường 23,2 g N và 8,66 g P. Theo quy hoạch phát triển đến năm 2020, sản lượng cá tra nuôi trồng tại ĐBSCL sẽ là 1.850.000 tấn thì lượng chất thải tương ứng 42.920 tấn N và 16.021 tấn P.

Theo dự báo của Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, năm 2015 sản lượng lúa ở vùng ĐBSCL sẽ tăng lên 20.800 nghìn tấn, năm 2030 là 21.000 nghìn tấn. Với sản lượng lúa dự báo năm 2015 thì lượng rơm rạ ước tính tương ứng sản sinh ra là 20.800 tấn. Hàng năm, mỗi ha đất lúa cao sản ở ĐBSCL đã cho ra một lượng rơm rạ rất lớn từ 10 đến 15 tấn/ha (trung bình mỗi tấn lúa có 1 tấn rơm rạ) (Nguyễn Bảo Vệ và Nguyễn Thành Hối, 2008).

Căn cứ trên hàm lượng cacbon có trong rơm sau ủ nấm và hàm lượng nitơ có trong bùn đáy ao nuôi cá tra thâm canh. Thí nghiệm được tiến hành phối trộn dựa trên tỷ lệ C:N thích hợp cho mẻ ủ yếm khí. Như vậy, bùn thải từ đáy ao nuôi cá tra thâm canh và rơm sau ủ nấm sẽ là nguồn nguyên liệu với nguồn dưỡng chất dồi dào và số lượng thải bỏ lớn được tận dụng để ủ yếm khí theo mẻ sinh khí biogas.

## 2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1 Chuẩn bị thí nghiệm

Bùn thải từ đáy ao nuôi cá tra thâm canh được thu tại xã Tân Lộc, quận Thốt Nốt, Thành phố Cần Thơ. Bùn được bảo quản trong bồn 500 L và được khuấy đều đồng nhất trước khi phân tích các dưỡng chất. Rơm sau ủ nấm rơm thu gom từ các hộ dân trồng nấm rơm tại quận Ô Môn, Thành phố Cần Thơ vào vụ Hè Thu, được phơi trong bóng mát đến trọng lượng không đổi. Sau đó cắt ngắn khoảng 1÷2 cm và trộn đều để được hỗn hợp đồng nhất trước khi phân tích các dưỡng chất.

Bộ thí nghiệm ủ yếm khí theo mẻ được chế tạo từ thùng nhựa dung tích 20 L nối với túi nhôm thu khí biogas thông qua ống nhựa. Tất cả các khớp

nối của bộ thí nghiệm được gắn đệm cao su nhằm đảm bảo kín nước và kín khí của hệ thống.



Hình 1: Bộ thí nghiệm ủ yếm khí theo mẻ

### 2.2 Bố trí thí nghiệm

Các thí nghiệm được bố trí tại Phòng thí nghiệm Xử lý chất thải rắn - Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên - Trường Đại học Cần Thơ. Mỗi nghiệm thức thí nghiệm được lặp lại 3 lần với các thông số như trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1: Các thông số bố trí thí nghiệm

Nghiệm thức	C:N	Rơm khô (g)	Bùn (L)
NTĐC	9:1	-	18
NT1	20:1	57,52	18
NT2	25:1	94,25	18
NT3	30:1	141,13	18
NT4	35:1	202,82	18
NT5	40:1	287,64	18

Các nghiệm thức được sắp đặt ngẫu nhiên để đảm bảo tính khách quan trong bố trí thí nghiệm. Các bình ủ được lắc hàng ngày để nguyên liệu được trộn đều tránh tạo vầng nổi, đồng thời tăng khả năng phân hủy.

Các nghiệm thức ủ yếm khí theo mẻ được theo dõi liên tục trong vòng 60 ngày. Thể tích khí biogas sinh ra (đo bằng đồng hồ RITTER có độ chia nhỏ nhất 2 mL) và thành phần khí (sử dụng máy đo Geotechnical Instruments GA94 sai số 0,5÷3,0%) được ghi nhận mỗi 04 ngày/lần trong suốt thời gian thí nghiệm.

## 3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1 Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình ủ yếm khí

#### 3.1.1 pH

Theo các nghiên cứu của Ngô Kế Sương và Nguyễn Lân Dũng (1997), pH là yếu tố góp phần

quan trọng đối với hoạt động sống của vi khuẩn sinh khí methane, giới hạn pH thích hợp cho các vi khuẩn sinh methane tồn tại và phát triển là 6,5÷7,5. Như vậy, giá trị pH trước và sau khi xử lý của các mẻ ủ thí nghiệm trong khoảng 6,65÷6,98 là nằm trong giới hạn thích hợp cho sự phát triển của vi sinh vật.

**Bảng 2: Giá trị pH của các nghiệm thức**

Nghiệm thức	Trước xử lý	Sau xử lý
NTĐC	6,84	6,98
NT1	6,73	6,84
NT2	6,69	6,72
NT3	6,69	6,80
NT4	6,65	6,67
NT5	6,72	6,83

**3.1.2 Độ kiềm**

Độ kiềm là số đo khả năng trung hòa axit có trong nước, các hợp chất kiềm trong nước như bicacbonat, carbonat, và hydroxit loại bỏ các ion H<sup>+</sup> và giảm độ axit của nước, trong đó bicacbonat là dạng độ kiềm chủ yếu. Độ kiềm được xem là dung dịch có tính đệm để giữ pH không giảm nhiều khi đưa những chất có tính axit vào trong nước. Theo Lê Hoàng Việt (2003) độ kiềm của hầm ủ cần phải được giữ ở khoảng 1000÷5000 mg/L để tạo khả năng đệm tốt cho nguyên liệu nạp.

**Bảng 3: Độ kiềm của các nghiệm thức**

Nghiệm thức	Trước xử lý (mgCaCO <sub>3</sub> /L)	Sau xử lý (mgCaCO <sub>3</sub> /L)
NTĐC	1767	1867
NT1	1833	1933
NT2	1900	2069
NT3	2067	2200
NT4	2166	2367
NT5	2267	2663

Kết quả phân tích cho thấy độ kiềm trước khi xử lý của các nghiệm thức dao động trong khoảng 1767÷2267 mgCaCO<sub>3</sub>/L và nằm trong khoảng đệm thích hợp. Sau quá trình ủ độ kiềm có xu hướng tăng, dao động 1867 ÷ 2663 mgCaCO<sub>3</sub>/L. Nguyên nhân là do ở giai đoạn 2 của quá trình phân hủy yếm khí chất hữu cơ tạo thành methane là giai đoạn thủy phân và axit hóa, đây là giai đoạn

chuyển hóa các monomer được sinh ra ở giai đoạn 1 thành axit acetic, H<sub>2</sub> và CO<sub>2</sub>.

**3.1.3 Tỷ lệ COD:N:P**

Trong quá trình thí nghiệm, nguyên liệu được sử dụng là bùn đáy ao có hàm lượng chất rắn rất thấp nên để đảm bảo tỉ lệ dinh dưỡng phù hợp cho mẻ ủ cần phải xét đến tỉ lệ COD:N:P. Theo Chernicharo (2007) tỷ lệ tối ưu cho các quá trình lên men yếm khí đối với các nguồn thải giàu hydratcacbon như thí nghiệm này là COD:N:P = 350:5:1.

**Bảng 4: Tỷ lệ COD:N:P của hỗn hợp ủ đầu vào**

Nghiệm thức	COD:N:P
NTĐC	350:26:02
NT1	350:27:02
NT2	350:29:03
NT3	350:32:05
NT4	350:37:08
NT5	350:43:12

Tỉ lệ dinh dưỡng COD:N:P của các hỗn hợp trước khi xử lý cao hơn so với nhu cầu về dinh dưỡng cho sự hoạt động của vi sinh vật nên mẻ ủ không cần bổ sung thêm dưỡng chất.

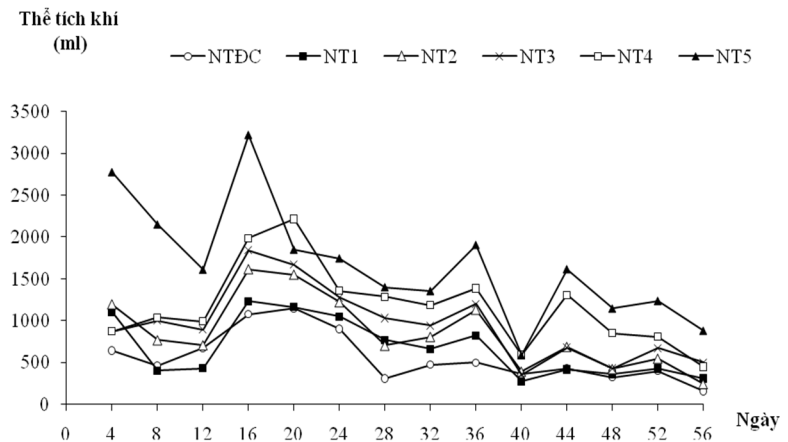
**3.2 Khả năng sinh khí biogas ở các nghiệm thức**

**3.2.1 Thời điểm sinh khí cực đại của mẻ ủ**

Thể tích khí biogas sinh ra ở các nghiệm thức được đo với chu kỳ 4 ngày/lần trong suốt thời gian thí nghiệm. Kết quả ghi nhận cho thấy thể tích khí biogas biến thiên không ổn định trong suốt quá trình thí nghiệm, nhìn chung ở 12 ngày đầu thể tích biogas sinh ra còn thấp, sau đó tăng cao và đạt cực đại ở ngày thứ 16 (riêng NTĐC và NT4 đạt cực đại ở ngày thứ 20). Sau đó thể tích biogas ở các nghiệm thức có xu hướng giảm và lại tăng cao ở ngày thứ 36 rồi tiếp tục giảm thấp ở ngày thứ 40.

Đến ngày thứ 44 tăng và sau đó lại giảm ở ngày thứ 48. Đến ngày thứ 52 thể tích biogas lại tăng trở lại nhưng tăng ít rồi giảm về sau. Thể tích biogas sinh ra ở các nghiệm thức có xu hướng giảm theo thời gian, do lượng rơm sau ủ nấm được sử dụng khác nhau giữa các nghiệm thức nên chất hữu cơ đã bị phân hủy không đồng đều nên lượng khí sinh ra khác biệt giữa các nghiệm thức.

**Hình 2: Thể tích khí biogas sinh ra theo chu kỳ do**



**Bảng 5 Thể tích và thời gian khí sinh ra cực đại**

Nghiệm thức	Thể tích biogas cực đại (mL)	Thời gian mẽ ủ cực đại (ngày)
NTĐC	1145	20
NT1	1230	16
NT2	1615	16
NT3	1840	16
NT4	2215	20
NT5	3220	16

Trong suốt quá trình thí nghiệm, các nghiệm thức được lắc đảo để tăng khả năng phân hủy các chất hữu cơ vì theo Nguyễn Quang Khải (2009) việc khuấy đảo hỗn hợp ủ có tác dụng tăng sản lượng khí lên đáng kể, nó đảm bảo cho nguyên liệu chưa phân hủy tiếp xúc được với vi khuẩn. Khuấy đảo cũng ngăn ngừa sự hình thành các cặn bã trong bể phân huỷ (Fabien Monnet, 2003). Tuy nhiên, việc lượng khí sinh ra vẫn còn tăng một vài đợt sau chu kỳ tăng cực đại có thể là do tồn tại một

**Bảng 6: Năng suất khí sinh ra mỗi ngày của các nghiệm thức**

Nghiệm thức	NTĐC	NT1	NT2	NT3	NT4	NT5
Tổng thể tích khí biogas ( $m^3 \cdot 10^{-3} / \text{ngày}$ )	0,13	0,17	0,20	0,23	0,28	0,40
ODM phân huỷ ( $kg \cdot 10^{-3} / \text{ngày}$ )	0,85	0,97	1,04	1,14	1,27	1,44
Năng suất sinh khí biogas ( $m^3 / \text{ngày} \cdot kg$ ODM phân huỷ)	0,16	0,17	0,19	0,20	0,22	0,28

Kết quả thí nghiệm cho năng suất khí thấp hơn so với kết quả nghiên cứu của Bilitewski *et al.* (2000) trích bởi Emilia den Boer *et al.* (2005) với năng suất sinh khí  $0,48 \pm 0,96 m^3 / kg$  ODM. Tuy nhiên, kết quả thí nghiệm lại tương tự với nghiên cứu của Fricke *et al.* (2002) trích bởi Emilia den Boer *et al.* (2005), Michael Winter và Matt Lobley (2009) và cao hơn so với kết quả nghiên cứu Nguyễn Quang Khải (2001).

Bùn đáy ao cá tra thâm canh là nguồn nguyên

số thành phần hữu cơ khó phân hủy trong nguyên liệu ủ.

### 3.2.2 Nghiệm thức sinh khí biogas tốt nhất

Để tìm ra nghiệm thức nào cho kết quả sinh khí biogas tốt nhất, tiến hành so sánh khả năng sinh khí trên 1 kg ODM phân huỷ giữa các nghiệm thức với nhau. Kết quả năng suất sinh khí cho thấy tổng thể tích khí biogas sinh ra tỉ lệ thuận với khối lượng ODM; năng suất khí tăng dần theo tỉ lệ phối trộn dao động từ  $0,17 \pm 0,28 m^3$  biogas/kg ODM phân huỷ\*ngày. Theo Lê Hoàng Việt (2005) năng suất sinh khí của các nguyên liệu biến thiên theo chế độ nạp, điều kiện môi trường trong mẻ ủ... Người ta ước tính có khoảng  $0,2 \pm 1,11 m^3$  khí biogas được sinh ra từ một kg vật chất khô của nguyên liệu nạp. Mặt khác, theo NAS (1997) (trích bởi Lê Hoàng Việt, 2005) khả năng sinh khí của lá cây tính trên tổng các chất rắn là  $0,5 m^3 / kg \cdot \text{ngày}$ . Theo Nguyễn Quang Khải (2001) năng suất sinh khí của rom rạ khô là  $1,5 \pm 2 m^3 / g$  nguyên liệu tươi\*ngày.

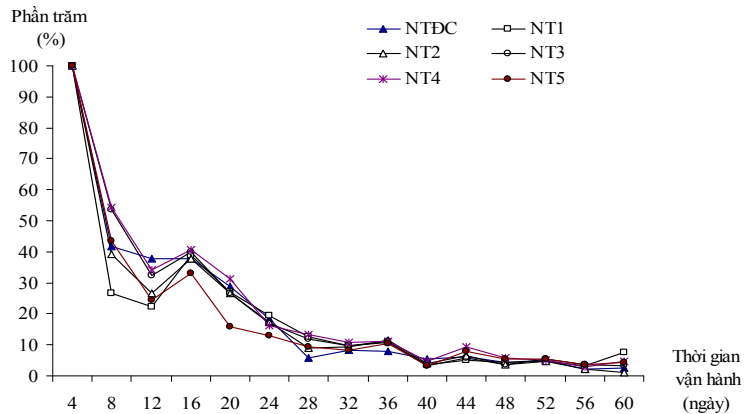
liệu có nhiều nitơ và ít cacbon, theo Ngô Kế Sương và Nguyễn Lâm Dũng (1997) trong mẻ ủ yếm khí khi có dư nitơ thì cacbon nhanh chóng bị sử dụng hết và sự lên men cũng bị dừng lại, do đó nếu cung cấp đủ nguồn cacbon cho mẻ ủ sẽ làm tăng khả năng sinh khí cho mẻ ủ. Như vậy, đối với những nguyên liệu thừa nitơ cần phải phối trộn thêm những nguyên liệu có nhiều cacbon để tạo cân bằng cho vi sinh vật phát triển. Tuy nhiên, việc nạp quá nhiều cacbon sẽ dễ gây nghẹt mẻ ủ do cacbon cần một khoảng thời gian đủ dài để phân hủy hết.

3.2.3 Thời gian tồn lưu của mẻ ủ

Thời gian tồn lưu của mẻ ủ là thời gian nguyên liệu nằm trong thiết bị ủ yếm khí. Chính trong khoảng thời gian này nguyên liệu bị phân hủy và sinh khí biogas. Với chế độ nạp theo mẻ thì thời gian tồn lưu chính là thời gian từ lúc nạp nguyên liệu đến lúc lấy nguyên liệu ra. Theo Lê Hoàng Việt (2005) nếu thời gian tồn lưu ngắn các vi khuẩn không phân hủy kịp nguyên liệu, còn thời gian tồn lưu dài thì tích lũy nhiều cặn lắng. Thời gian tồn lưu tối ưu biến thiên từ 10÷60 ngày.

Kết quả cho thấy từ ngày 40 tất cả các nghiệm thức có thể tích sinh khí còn lại so với tổng thể tích khí tích lũy giảm đồng loạt dưới 10%. Từ ngày 44 đến ngày 60 có tăng trở lại nhưng không đáng kể so với ngày 40 và cũng dưới 10%. Việc này cho thấy nếu kéo dài thời gian tồn lưu đến 60 ngày thì tổng thể tích khí sinh ra trong 20 ngày tăng thêm là không nhiều, đồng thời phân trăm sinh khí cũng không lớn (< 10%). Điều này còn dẫn đến việc tăng thể tích hầm ủ. Như vậy, thời gian tồn lưu của mẻ ủ tối đa là 40 ngày là hợp lý.

Hình 3: Phần trăm thể tích khí biogas sinh ra so với tổng thể tích khí tích lũy



3.2.4 Thành phần khí biogas

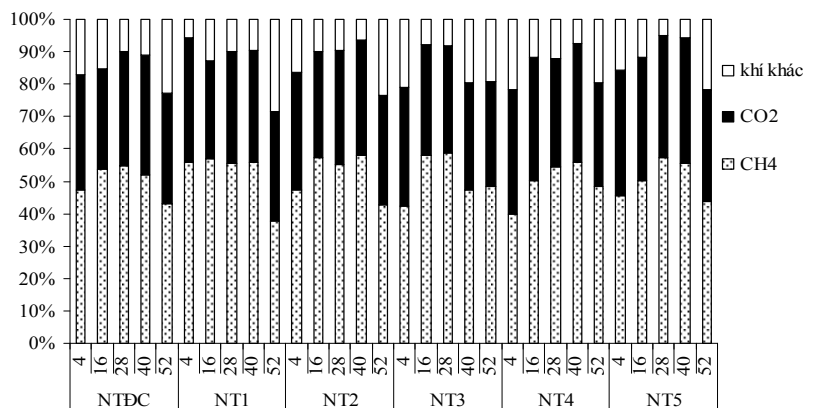
Theo Lê Hoàng Việt (2005) thành phần % của khí biogas sản sinh từ nguyên liệu bùn, phế phẩm nông nghiệp... có khí CH<sub>4</sub> chiếm 55÷65%, khí CO<sub>2</sub> chiếm 35÷45%, khí N<sub>2</sub> khoảng 3%, khí H<sub>2</sub> khoảng 1% và khí H<sub>2</sub>S khoảng 1%. Mặt khác, theo Nguyễn Quang Khải (2009), Ngô Kế Sương và Nguyễn Lân Dũng (1997) thì hàm lượng CH<sub>4</sub> chiếm 50÷70%, khí CO<sub>2</sub> chiếm 35÷45%, khí N<sub>2</sub> khoảng 3%, khí H<sub>2</sub> khoảng 3%, khí H<sub>2</sub>S khoảng 3% và khí O<sub>2</sub> khoảng 3%. Trong điều kiện vi sinh vật hoạt động kém thì thành phần khí CH<sub>4</sub> bị giảm còn 40÷50%. Ngoài ra thành phần khí biogas phụ thuộc

vào loại nguyên liệu, diễn biến các quá trình sinh học, thời gian phân hủy và nhiệt độ môi trường.

Kết quả đo đạc khí thành phần của các nghiệm thức cho thấy:

- Thành phần khí CH<sub>4</sub> của các nghiệm thức dao động từ 52,89 ÷ 54,29%.
- Thành phần khí CO<sub>2</sub> của các nghiệm thức dao động từ 35,11 ÷ 39,07%.
- Thành phần CH<sub>4</sub> khá thấp so với các tài liệu tham khảo có thể do trong rơm có chứa cellulosa kết hợp với lignin và hemicellulosa để tạo ra một cấu trúc sợi gỗ phức tạp khó phân hủy (Nguyễn Quang Khải và Nguyễn Gia Lương, 2010).

Hình 4: Phần trăm thành phần khí biogas của các nghiệm thức





#### 4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

Sau 60 ngày tiến hành thí nghiệm ủ yếm khí theo mẻ hỗn hợp bùn đáy ao nuôi cá tra thâm canh và rơm sau ủ nấm với các nghiệm thức khác nhau tính theo tỉ lệ C/N, một số kết quả được ghi nhận như sau:

– Khả năng sinh khí biogas của hỗn hợp bùn đáy ao nuôi cá tra thâm canh và rơm sau ủ nấm được cải thiện đáng kể nếu gia tăng tỉ lệ phối trộn của rơm sau ủ nấm vào hỗn hợp ủ yếm khí. So sánh với nghiệm thức đối chứng chỉ ủ bùn đáy ao, thể tích sinh biogas của các nghiệm thức phối trộn đạt 126,6%, 151,3%, 171,8%, 213,5% và 298,6% tương ứng với các nghiệm thức có tỷ lệ COD:N:P là 350:27:2, 350:29:3, 350:32:5, 350:37:8 và 350:43:12.

– Thành phần khí biogas dao động với hàm lượng khí CH<sub>4</sub> từ 52,89÷54,29% và khí CO<sub>2</sub> từ 35,11÷39,07%.

– Năng suất sinh biogas dao động từ 0,17÷0,28 m<sup>3</sup>/kg ODM phân hủy\*ngày.

– Thời gian phân hủy các hợp chất hữu cơ cho lượng khí biogas cực đại là 16 ngày, có thể kéo dài đến 20 ngày.

– Thời gian tồn lưu tối đa của mẻ ủ phối trộn rơm sau ủ nấm và bùn đáy ao cá tra thâm canh nạp trong điều kiện ủ yếm khí hoạt động theo mẻ là 40 ngày.

Một số đề nghị giúp hoàn thiện hơn kết quả nghiên cứu:

– Thí nghiệm này chỉ tập trung vào đánh giá khả năng sinh khí của các mẻ ủ phối trộn mà chưa đánh giá các thông số ô nhiễm về mặt dưỡng chất và vi sinh còn tồn tại của bã thải đầu ra. Cần tiếp tục một số nghiên cứu để đánh giá các thông số ô nhiễm này nhằm đánh giá được chất lượng bã thải đầu ra.

– Bố trí thí nghiệm trên mô hình lớn hơn để thể tích khí sinh ra trên ngày cao hơn nhằm rút ngắn chu kỳ đo, hạn chế ảnh hưởng của các yếu tố môi trường khi trữ khí dài ngày.

Bổ trí thêm thí nghiệm nạp theo bán liên tục, hoặc liên tục để có kết luận tổng quát hơn trước khi triển khai vào thực tế.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. AWWA – APHA, 1995. *Standard methods for the examination of water and wastewater* (19 ed.). Washington DC, USA: American Public Health Association, American Water Works Association, and Water Pollution Control Federation.
2. Chernicharo CAL, 2007. *Anaerobic reactors*. IWA Publishing, London, UK.
3. Emilia den Boer, Jan den Boer, Johannes Jager, Julio Rodrigo, Montse Meneses, Francesc Castells và Lothar Schanne, 2005. Deliverables 3.1 & 3.2: Environmental sustainability criteria and indicators for waste management. The Use of Life Cycle Assessment Tool for the Development of Integrated Waste Management. Strategies for Cities and Regions with Rapid Growing Economies LCA-IWM.
4. Fabien Monnet, 2003. *An introduction to anaerobic digestion of organic wastes*. Truy cập tại trang web [http://www.biogasmax.co.uk/media/introanaerobicdigestion\\_073323000\\_1011\\_24042007.pdf](http://www.biogasmax.co.uk/media/introanaerobicdigestion_073323000_1011_24042007.pdf). Truy cập ngày 1/9/2011.
5. Lê Bảo Ngọc, 2004. *Đánh giá chất lượng môi trường ao nuôi cá Tra (Pangasius hypophthalmus) thâm canh ở xã Tân Lộc, huyện Thốt Nốt, Thành phố Cần Thơ*. Luận văn Thạc sĩ chuyên ngành Khoa học Môi trường, Trường Đại học Cần Thơ.
6. Lê Hoàng Việt, 2003. *Nguyên lý các quy trình xử lý nước thải*. Giáo trình Đại học Cần Thơ, trang 156.
7. Lê Hoàng Việt, 2005. *Quản lý và xử lý chất thải hữu cơ*. Giáo trình Đại học Cần Thơ, trang 55-66.
8. Michael Winter và Matt Loble, 2009. *What is land for?: the food, fuel and climate change debate*. ISBN: 978-1-184407-720-5, page 119.
9. Ngô Kế Sương và Nguyễn Lâm Dũng, 1997. *Sản xuất khí đốt (Biogas) bằng kỹ thuật lên men kỵ khí*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, trang 60-75.

10. Nguyễn Bảo Vệ và Nguyễn Thành Hối, 2008. *Vì sao rom rạ gây ngộ độc hữu cơ cho cây lúa*. Truy cập tại trang web [http://www.agpps.com.vn/index.php?option=com\\_content&task=view&id=359](http://www.agpps.com.vn/index.php?option=com_content&task=view&id=359). Truy cập ngày 7/5/2010.
11. Nguyễn Lâm Dũng, 2011. *Nông dân đốt rom rạ sau thu hoạch: Thiếu hiểu biết và lãng phí lớn*. Truy cập tại trang web <http://haiphongonline.net/blog/2011/07/10/Nong-dan-dot-rom-ra-sau-thu-hoach-Thieu-hieu-biet-va-lang-phi-lon-2060355/>. Truy cập 05/8/2011.
12. Nguyễn Quang Khải và Nguyễn Gia Lượng, 2010. *Công nghệ khí sinh học chuyên khảo*. Nhà xuất bản Khoa học Tự nhiên và Công nghệ.
13. Nguyễn Quang Khải, 2009. *Công nghệ khí sinh học*. Nhà xuất bản Lao động Xã hội, trang 13-20.
14. Nguyễn Thanh Phương, 1998. *Cage culture of Pangasius catfish in Mekong Delta, Vietnam*. Luận văn Tiến sĩ. National Institute Polytechnique of Toulouse, France.