ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ XỬ LÝ CHẤT THẢI BẰNG BỂ BIOGAS CỦA MỘT SỐ TRANG TRẠI CHĂN NUÔI LỢN VÙNG ĐỒNG BẰNG SÔNG HỒNG

Assessment of Animal Waste Treatment by Means of Biodigesters on Pig Farms in the Red River

Vũ Đình Tôn[1], Lại Thị Cúc[2], Nguyễn Văn Duy[3]

[1]*Khoa Chăn nuôi và Nuôi trồng thủy sản, Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội*
[2]*Khoa Thú y, Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội*
[3]*Trung tâm nghiên cứu liên ngành và Phát triển nông thôn, Trường ĐH Nông nghiệp Hà Nội*

TÓM TẮT

Nghiên cứu được tiến hành tại 12 trang trại chăn nuôi lợn của ba tỉnh Hải Dương, Hưng Yên và Bắc Ninh. Kết quả cho thấy, Trung bình mỗi một trang trại có lượng chất thải rắn và chất thải lỏng được thải ra hàng ngày tương đối lớn (50 - 260 kg chất thải rắn; 3 - 20 m^3 nước thải). Việc sử dụng hệ thống biogas để xử lý chất thải đã giảm thiểu đáng kể nồng độ BOD_5 và COD trong nước thải: BOD_5 trong nước thải ở chuồng lợn nái giảm 75,0 - 80,8 %, chuồng lợn thịt giảm 75,89 - 80,36 %; COD ở chuồng lợn nái giảm 66,85 %, ở chuồng lợn thịt giảm 64,94 - 69,73%. Tuy nhiên, nồng độ COD sau khi xử lý qua hầm biogas vẫn còn cao hơn chỉ tiêu vệ sinh cho phép (CTVSCP). Nồng độ sulfua hoà tan giảm được đáng kể, song vẫn còn cao hơn CTVSCP từ 3,63 - 7,25 lần. Nitơ tổng số giảm 10,1 - 27,46 %. Nồng độ Cl^- thay đổi không đáng kể khi qua hầm biogas. Nồng độ Cu^{2+} và Zn^{2+} trong nước thải sau khi đã qua hầm biogas đều nằm trong giới hạn cho phép.

Từ khoá: Biogas, chất thải rắn, chất thải lỏng, lợn.

SUMMARY

The present study was carried out at 12 pig farms in three provinces of Hai Duong, Hung Yen and Bac Ninh. Results showed that the daily amounts of solid and liquid wastes were rather large (50 - 260 kg of solid wastes and 3 - 20 m^3 of liquid wastes). The liquid waste treatment with biodigesters decreased the BOD_5 and COD concentrations (BOD_5 decreased by 75.0 - 80.8% at the sow houses and 75.89 – 80.36% at the growing–finishing pig houses; COD decreased by 66.85% and 64.94 - 69.73% at the sow houses and growing- finishing houses, respectively). However, the COD concentration after treatment was still higher than the hygiene standard. The soluble sulfur concentration was decreased considerably after treatment but was still 3.63 to 7.25 times higher than the hygiene standard. The Cl^- concentration was decreased little after biodigester treatment. The Cu^{2+} and Zn^{2+} concentrations in the effluent were within the range of hygiene standards.

Key words: Biodigesters, liquid wastes, pigs, solid wastes.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm vừa qua chăn nuôi lợn đã phát triển với tốc độ tương đối cao với số đầu lợn tăng lên trung bình hàng năm giai đoạn 2001 - 2006 là 6,3% (Niên giám thống kê, 2006), đặc biệt là tốc độ tăng hàng năm về sản lượng thịt đạt rất cao 10,3% (Cục Chăn nuôi, 2006). Chăn nuôi trang trại đã bắt đầu phát triển vào những năm 1990, số lượng trang trại chăn nuôi tăng nhanh vào những năm 2000. Năm 2003 cả nước mới có 4764 trang trại chăn nuôi lợn đến năm 2006 đã có tới 7475 trang trại (Niên giám thống kê, 2006). Tuy nhiên, quy mô chăn nuôi lớn cũng kéo theo hàng loạt các vấn đề, trong đó phải kể đến vấn đề chất thải chăn nuôi gây ô nhiễm môi trường.

Thành phần gây ô nhiễm trong các loại chất thải chăn nuôi là các chất hữu cơ, vô cơ và nhiều mầm bệnh; những chất thải

này gây ô nhiễm bầu không khí, ảnh hưởng nặng tới môi trường sống của dân cư, nguồn nước, tài nguyên đất và ảnh hưởng chính đến kết quả sản xuất chăn nuôi (Hoàng Kim Giao, Đào Lệ Hằng; 2006). Bởi vậy cần phải có biện pháp xử lý các chất thải chăn nuôi một cách thích hợp. Theo đánh giá của Viện khoa học và công nghệ Việt Nam hàm lượng BOD_5, COD giảm gần 30 lần, lượng oxy hoà tan tăng hơn 10 lần so với đầu vào trước khi xử lý qua hệ thống biogas (Bùi Văn Dũng, 2007). Nhiều nghiên cứu về việc xử lý chất thải trong chăn nuôi bằng hệ thống biogas đã được tiến hành, tuy nhiên thực tế việc áp dụng hệ thống này vào xử lý chất thải còn nhiều hạn chế, nhiều hộ gia đình xây dựng hệ thống biogas sử dụng được một thời gian thì bỏ, hay thể tích hầm biogas không xử lý hết lượng chất thải tạo ra từ chăn nuôi. Chính vì vậy, nghiên cứu này đánh giá hiệu quả xử lý chất thải bằng bể biogas của một số trang trại chăn nuôi lợn vùng đồng bằng sông Hồng.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Vật liệu nghiên cứu là nguồn nước thải trước và sau khi xử lý qua hầm biogas từ 12 trang trại chăn nuôi lợn thuộc 3 tỉnh Hải Dương - Hưng Yên - Bắc Ninh (trong số 12 trang trại chỉ có 1 trang trại không có hầm biogas để xử lý chất thải).

Quá trình khảo sát và phân tích chất thải từ chăn nuôi lợn được tiến hành vào thời gian từ tháng 3 đến tháng 6 năm 2008. Phương pháp đo và lấy mẫu khí thải và chất thải được thực hiện theo mô tả của Lê Văn Khoa và cs. (2000). Sau đó tiến hành xác định khối lượng chất thải rắn và lỏng, khối lượng chất thải rắn và lỏng được thu gom cân 2 lần/ngày. Phân tích một số chỉ tiêu hoá học như BOD_5, COD, khí sulfua hoà tan, Cu^{2+}, Zn^{2+}, Cl^-, NH_4-N, nitơ tổng số. Khí thải được xác định ngay tại chuồng nuôi, mẫu nước thải được lấy trước và sau khi qua xử lý bằng hệ thống biogas, mỗi mẫu được lấy 2 lần/trại. Quá trình khảo sát và phân tích mẫu nước thải được tiến hành trực tiếp tại trại chăn nuôi và Phòng thí nghiệm Bộ môn Chăn nuôi chuyên khoa – Khoa Chăn nuôi và Nuôi trồng thuỷ sản - Trường Đại học Nông nghiệp Hà Nội. Các mẫu nước thải được phân tích trên máy Photometer 7100, COD PC, AQUALITIC.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Quy mô chăn nuôi

Quy mô chăn nuôi là yếu tố quan trọng nhất quyết định lượng chất thải sản ra. Bởi vậy, khi quy mô còn nhỏ hầu hết các nông hộ không tính đến việc xử lý chất thải chăn nuôi. Trái lại, khi chăn nuôi trên quy mô lớn thì các cơ sở này đều phải tính đến việc xử lý chất thải nhằm hạn chế ô nhiễm môi trường. Trong khuôn khổ của nghiên cứu này, các trang trại chăn nuôi lợn có quy mô tương đối nhỏ, có từ 15 - 50 lợn nái và từ 70 - 350 lợn thịt có mặt thường xuyên. Hầu hết các trang trại cũng đều nuôi lợn đực giống (chỉ có 1 trại trong tổng số 12 trại không nuôi đực giống do quy mô chăn nuôi nhỏ và nuôi nái lai có máu nội) nhưng với số lượng ít từ 1 - 2 con (Bảng 1).

Bảng 1. Quy mô chăn nuôi của các trang trại khảo sát

Loại lợn	Đơn vị	Hải Dương	Hưng Yên	Bắc Ninh
Lợn nái	con	15 – 35	15 – 45	18 – 50
Đực giống	con	0 – 2	1 – 2	1 – 2
Lợn thịt	con	67 – 183	101 – 350	187 – 289
Lợn con theo mẹ	con	38 – 55	0 – 45	16 – 82

3.2. Lượng chất thải và phương pháp xử lý trong các trại chăn nuôi

Số lượng chất thải trong chăn nuôi lợn phụ thuộc rất lớn vào quy mô chăn nuôi, giống, độ tuổi, chế độ nuôi dưỡng, phương thức vệ sinh chuồng trại... Theo Lochr (1984), lượng phân thải ra hàng ngày bằng 6 - 8% khối lượng cơ thể lợn. Hill và Tollner (1982) cho biết, lượng phân thải ra trong một ngày đêm của lợn có khối lượng dưới 10kg là 0,5 – 1kg, từ 15 – 40kg là 1 – 3kg phân, từ 45 – 100 kg là 3 – 5 kg (trích dẫn theo Lê Thanh Hải, 1997). Vincent Porphyre, Nguyễn Quế Côi (2006) cho rằng, lợn nái ngoại thải từ 0,94 đến 1,79 kg/ngày, lợn thịt từ 0,6 - 1,0 kg/ngày tuỳ theo các mùa khác nhau.

Bảng 2. Khối lượng và cách xử lý chất thải rắn của các trại

Tỉnh	Lượng phân (kg/ngày)		Tổng số (kg/ngày)	Xử lý
	Lợn nái + Đực	Lợn thịt		
Hải Dương	18 – 43	40 – 100	50 – 140	- Bán (chủ yếu)
Hưng Yên	18 – 54	60 – 210	80 – 260	- Đổ xuống ao nuôi cá (một phần)
Bắc Ninh	21 – 60	110 – 170	130 – 230	

Lượng chất thải rắn từ các trại chăn nuôi được tạo ra hàng ngày tương đối lớn. Tại một số trang trại ở Hưng Yên và Bắc Ninh, lượng chất thải lên tới trên 260 kg do quy mô chăn nuôi lớn (Bảng 2). Để tăng thêm thu nhập và hạn chế ô nhiễm môi trường 100% số trại tại Hải Dương đều tiến hành thu gom hàng ngày chất thải rắn vào bao rồi bán cho những hộ nuôi cá ở khu vực xung quanh. Tuy nhiên, cũng có trang trại đổ một phần lượng phân này xuống ao cá để tăng thêm độ màu.

Bảng 3. Lượng nước thải và cách xử lý của các trang trại

Tỉnh	Lượng nước thải ước tính (m^3/ngày)			Xử lý	Nơi đổ nước thải
	Lợn nái + Đực	Lợn thịt	Tổng số		
Hải Dương	1,5 – 4,5	2,0 – 13,0	3,5 – 17,5	Biogas: 4 trại	- Ao cá của trại - Kênh mương công cộng
Hưng Yên	1,5 – 5,0	2,5 – 15,0	3,5 – 18,5	Biogas: 4 trại	
Bắc Ninh	1,5 – 4,0	2,0 – 11,0	3,0 – 20	Biogas : 3 trại Không: 1 trại	

Lượng chất thải lỏng thải ra trong các trang trại chăn nuôi lợn biến động rất lớn, từ 3 - 20 m^3/ngày/ 1 trại (Bảng 3). Sự biến động này trước hết là do biến động về số lượng lợn trong các trang trại, thứ hai là phương pháp làm vệ sinh của mỗi trại. Những trại tiến hành thu gom chất thải rắn hàng ngày sẽ giảm đáng kể lượng nước thải do cần ít nước để rửa chuồng và tắm cho lợn.

Hàng ngày, lượng chất thải lỏng được 91,7% trang trại xử lý bằng phương pháp qua hầm biogas, 8,33% trại không xử lý mà đổ trực tiếp xuống ao nuôi cá (1 trang trại). Chất thải lỏng sau khi được xử lý qua biogas đều được đổ xuống ao nuôi cá hoặc hệ thống kênh mương, nhập vào hệ thống nước thải trong thôn xóm và đổ ra đồng ruộng.

3.3. Thành phần hoá học của nước thải trước và sau khi xử lý

Tính chất của nước thải trước khi đổ vào môi trường liên quan rất lớn đến điều kiện vệ sinh môi trường xung quanh, đến độ an toàn của sản phẩm chăn nuôi lợn, nuôi trồng thuỷ sản và phát triển bền vững. Để đánh giá tính chất nước thải của các trang trại chăn nuôi thuộc dự án, chúng tôi tiến hành phân tích một số chỉ tiêu hoá học của nước thải trước và sau khi xử lý biogas (bảng 4a và 4b).

Bảng 4a. Chỉ tiêu hoá học nước thải trước và sau khi xủ lý biogas khu chuồng lợn nái

Chỉ tiêu / Số mẫu	Đơn vị	Trước khi xử lý biogas			Sau khi xử lý biogas			CT VSCP*
		Hải Dương	Hưng Yên	Bắc Ninh	Hải Dương	Hưng Yên	Bắc Ninh	
		8	8	8	8	8	8	
BOD_5	(mg/l)	1150,8	1231,6	1250,7	287,8	246,1	290,7	300
COD	(mg/l)	2348,4	2527,7	2140,5	780,5	849,3	698,3	400
Sulfua	(mg/l)	50,4	32,7	39,5	6,50	7,25	4,35	1
Cu^{2+}	(mg/l)	4 -16	1,7 - 3,3	6,6 - 12	2 - 9,2	1,2 -3,3	6,6 - 11,5	5
Zn^{+}	(mg/l)	0,04 - 1,1	0,3 - 1,2	0,1 - 0,3	0,04 - 0,05	0,2 – 0,7	0,05 - 0,1	5
Cl^{-}	(mg/l)	1380	1880	1340	1460	1524	1418	-
NH_4-N	(mg/l)	28,48	31,31	26,25	29,54	32,78	28,57	5
Tổng nitơ	(mg/l)	230,8	232,3	241,6	187,6	168,5	178,1	150

** Chỉ tiêu vệ sinh cho phép (theo 10TVN 678 – 2006).*

Bảng 4b. Chỉ tiêu hoá học nước thải trước và sau khi xủ lý biogas khu chuồng lợn thịt

Chỉ tiêu / Số mẫu	Đơn vị	Trước khi xử lý biogas			Sau khi xử lý biogas			CT VSCP*
		Hải Dương	Hưng Yên	Bắc Ninh	Hải Dương	Hưng Yên	Bắc Ninh	
		8	8	8	8	8	8	
BOD_5	(mg/l)	863	799,8	831,7	169,5	161,8	207,8	300
COD	(mg/l)	1576,1	1472,7	1656,4	552,7	445,8	524,9	400
Sulfua	(mg/l)	27,3	25,5	31,7	4,21	3,63	4,01	1
Cu^{2+}	(mg/l)	1,8 - 5,5	0,6 - 1,9	2,1 - 9,2	0,6 - 0,7	0,6 - 1,8	0,3 - 1	5
Zn^{+}	(mg/l)	0,04 - 1,1	0,04 - 1,1	0,05 - 1,1	0,05 - 0,2	0,09 - 0,4	0,01 - 0,1	5
Cl^{-}	(mg/l)	1760	1260	1276	1280	1120	1180	-
NH_4-N	(mg/l)	24,48	21,22	23,16	29,82	26,51	27,72	5
Tổng nitơ	(mg/l)	172,6	150,8	162,8	149,7	135,6	139,2	150

** Chỉ tiêu vệ sinh cho phép (theo 10TVN 678 – 2006).*

Nồng độ BOD_5 trong nước thải chuồng lợn nái khi chưa qua hầm biogas ở các trang trại thuộc tỉnh Hải Dương vượt quá tiêu chuẩn vệ sinh cho phép 3,84 lần, tại Hưng Yên vượt quá tiêu chuẩn vệ sinh cho phép tới 4,1 lần và tỉnh Bắc Ninh vượt quá tiêu chuẩn vệ sinh cho phép 4,17 lần (bảng 4a). Nồng độ BOD_5 trong nước thải khi chưa qua qua biogas ở chuồng nuôi lợn thịt thấp hơn so với nước thải của các chuồng lợn nái do số lượng nước dùng vào việc vệ sinh cho cơ thể lợn thịt và vệ sinh chuồng nuôi nhiều hơn, làm chất hữu cơ được pha loãng nhiều hơn (bảng 4b).

Nồng độ COD trong nước thải ở chuồng lợn nái cao nhất ở tỉnh Hưng Yên, vượt quá tiêu chuẩn vệ sinh cho phép tới 6,32 lần, sau đến tỉnh Hải Dương vượt quá tiêu chuẩn vệ sinh phép 5,87 lần và thấp nhất là ở tỉnh Bắc Ninh vượt tiêu chuẩn cho phép 5,35 lần (bảng 4a). Tương tự như với BOD_5 , nồng độ COD trong nước thải ở khu chuồng nuôi lợn thịt cũng nhỏ hơn trong nước thải của chăn nuôi lợn nái. Cao nhất ở tỉnh Bắc Ninh, vượt quá tiêu chuẩn vệ sinh cho phép tới 4,14 lần, tỉnh Hải Dương vượt 3,94 lần, tỉnh Hưng Yên vượt 3,68 lần.

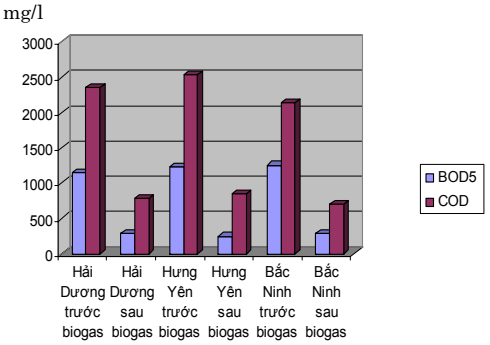
Qua bể biogas, nồng độ COD và BOD_5 giảm đáng kể. Nồng độ BOD_5 trong nước thải ở chuồng lợn nái giảm 75 - 80,8%, nồng độ BOD_5 trong nước thải ở chuồng lợn thịt giảm xuống từ 75,89 – 80,36%. Nồng độ COD trong nước thải ở chuồng lợn nái giảm 66,85%, nồng độ COD trong nước thải ở chuồng lợn thịt giảm 64,94 - 69,73%. Kết quả này thấp hơn so với kết quả nghiên cứu của tác giả Phạm Văn Thành, (1995) khi khảo sát hệ thống biogas túi ủ nilông, nhưng tương đương với kết quả của Phùng Thị Vân và cộng sự, (2004).

Nồng độ sulfua hoà tan trong nước thải chưa qua biogas ở chuồng lợn nái của ba tỉnh dao động từ 32,7 - 50,4 mg/l, ở chuồng nuôi lợn thịt có thấp hơn, song vẫn cao hơn CTVSCP 25,5 - 31,7 lần tạo nên mùi hôi thối nồng nặc trong không khí. Sau khi qua bể biogas nồng độ khí sulfua hoà tan giảm đáng kể, nhưng vẫn còn cao hơn CTVSCP 3,63 - 7,25 lần.

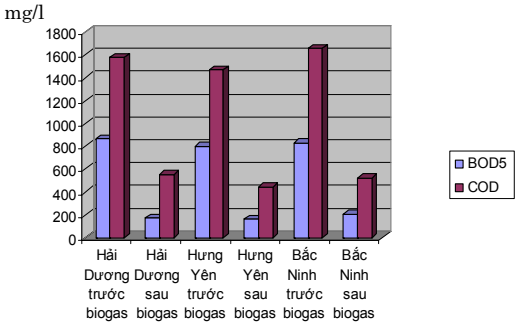
Nồng độ Cl^- (tính theo NaCl) trong nước thải chuồng lợn nái trước khi qua xử lý biogas biến động từ 1340 – 1880 mg/l; trong nước thải chuồng lợn thịt từ 1120-1760 mg/l. Đây có thể là một trong các nguyên nhân gây nhiễm mặn đất và nước trong khu vực nếu công tác kiểm soát nguồn nước thải thiếu hợp lý. Chỉ tiêu này ít có hiệu quả khi xử lý qua hầm biogas.

Kết quả phân tích cũng cho thấy, chỉ tiêu NH_4-N và nitơ tổng số trong nước thải chưa qua xử lý ở 12 trại đều lớn hơn CTVSCP. NH_4-N cao hơn 5,25 - 6,26 lần, nitơ tổng số cao hơn 1,54 - 1,61 lần (chuồng lợn nái), và 4,24 - 4,9 lần (chuồng lợn thịt). Sau khi qua biogas, do vi khuẩn hiếu khí phân giải chất hữu cơ thành các muối đơn giản hơn nên NH_4-N trong nước thải có tăng lên chút ít, tăng 3,72 - 24,9%; kết quả này phù hợp với kết quả của Ngô Kế Sương và cộng sự, (2006). Nitơ tổng số giảm 10,1 - 27,46%, đạt tiêu chuẩn nước thải cung cấp cho nuôi trồng thuỷ sản và tưới tiêu trong nông nghiệp.

Qua quá trình phân tích một số kim loại nặng là đồng và kẽm, nồng độ Zn^{2+} trong nước thải trước khi xử lý biogas ở chuồng lợn nái và lợn thịt trên 12 trại đều nằm trong giới hạn tiêu chuẩn vệ sinh cho phép. Nồng độ Cu^{2+} trong nước thải chuồng lợn nái trước khi xử lý biogas ở tỉnh Hưng Yên 100% nằm trong giới hạn tiêu chuẩn vệ sinh cho phép. Tỉnh Hải Dương có 25% số trại khảo sát có nồng độ Cu^{2+} nằm trong giới hạn tiêu chuẩn vệ sinh cho phép, 75% số trại nồng độ Cu^{2+} vượt quá tiêu chuẩn vệ sinh cho phép từ 1,5-3,2 lần. Tỉnh Bắc Ninh có nồng độ Cu^{2+} trên 100% số trại đều vượt quá tiêu chuẩn vệ sinh cho phép từ 1,32 - 2,4 lần. Nồng độ Cu^{2+} trong nước thải ở chuồng lợn thịt trên 12 trại thuộc ba tỉnh Hải Dương, Hưng Yên, Bắc Ninh 100% nằm trong giới hạn tiêu chuẩn vệ sinh cho phép. Cả hai yếu tố đồng và kẽm đều nằm trong giới hạn cho phép sau khi xử lý biogas.



Hình 1. Một số chỉ tiêu hoá học trong nước thải ở khu chuồng lợn nái trước và sau biogas



Hình 2. Một số chỉ tiêu hoá học trong nước thải ở khu chuồng lợn thịt trước và sau biogas

4. KẾT LUẬN

Quy mô chăn nuôi trung bình trên 12 trang trại thuộc 3 tỉnh Hải Dương, Hưng Yên, Bắc Ninh từ 15 - 50 lợn nái và trung bình từ 70 - 350 lợn thịt. Lượng chất thải tạo ra từ chăn nuôi lớn, mỗi trại chăn nuôi lợn có thể tạo ra từ 0,55 - 2,55 tấn chất thải rắn trong một ngày. Lượng chất thải

lỏng thải ra trong các trang trại chăn nuôi lợn biến động từ 3 - 20 m^3/ngày.

Việc xử lý bằng hệ thống hầm biogas đã giảm thiểu đáng kể nồng độ BOD_5 và COD trong nước thải. Nồng độ BOD_5 trong nước thải ở chuồng lợn nái giảm 75 –80,8 %, nồng độ BOD_5 trong nước thải ở chuồng lợn thịt giảm xuống từ 75,89 – 80,36%. Nồng độ COD trong nước thải ở chuồng lợn nái giảm 66,85 %, nồng độ COD trong nước thải ở chuồng lợn thịt giảm 64,94 – 69,73%. Tuy nhiên, nồng độ COD sau khi xử lý qua hầm biogas vẫn còn cao hơn CTVSCP.

Nồng độ sulfua hoà tan trong nước thải sau khi qua bể biogas cũng giảm được đáng kể song vẫn còn cao hơn CTVSCP 3,63-7,25 lần

Nồng độ Cl^- (tính theo NaCl) trong nước thải thay đổi không đáng kể khi qua hầm biogas.

Lượng NH_4-N và nitơ tổng số trong nước thải sau khi qua biogas cũng giảm đi được một phần trong đó nitơ tổng số giảm 10,1- 27,46%, đạt tiêu chuẩn nước thải cung cấp cho nuôi trồng thuỷ sản và tưới tiêu trong nông nghiệp.

Nồng độ Cu^{2+} và Zn^{2+} trong nước thải sau khi đã qua hầm biogas đều nằm trong trong giới hạn cho phép của CTVSCP.

Như vậy nước thải trong chăn nuôi sau khi xử lý biogas đối chiếu với quy định về chỉ tiêu vệ sinh cho phép (10TVN 678 – 2006), thấy rằng nồng độ BOD và COD giảm rõ rệt, nồng độ muối thay đổi không đáng kể, hàm lượng kim loại thay đổi không rõ ràng.

Đề nghị, cần có những nghiên cứu tiếp tục để đánh giá chính xác hiệu quả xử lý chất thải trong chăn nuôi bằng hệ thống biogas; hoặc nghiên cứu tiếp tục xử lý chất thải chăn nuôi sau biogas bằng hệ thống cây thuỷ sinh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Bùi Văn Dũng (2007). Khai thác nguồn năng lượng sẵn có xây dựng hầm khí biogas giảm thiểu ô nhiễm môi trường, Văn phòng Viện KH & CN Việt Nam.

Hoàng Kim Giao, Đào Lệ Hằng (2006). Phát triển chăn nuôi và bảo vệ môi trường.

Lê Thanh Hải (1997). Những vấn đề kỹ thuật và quản lý trong sản xuất heo hướng nạc. NXB Nông nghiệp, tr.195.

Lê Văn Khoa, Nguyễn Văn Cự, Bùi Thị Ngọc Dung, Lê Đức, Trần Khắc Hiệp, Cái Văn Tranh (2002). Phương pháp phân tích đất, nước, phân bón, cây trồng. NXB Giáo dục, tr.197-214.

Niên giám thống kê (2006). NXB Thống kê, Hà Nội.

Ngô Kế Sương, Nguyễn Hữu Phúc, Phạm Ngọc Liên, Võ Thị Kiều Thanh, (2006). Công nghệ thích hợp xử lý nước thải chăn nuôi heo. Trung tâm Thông tin Khoa học Công nghệ Quốc gia.

Tiêu chuẩn vệ sinh Việt Nam (2006). 10 TCVN 678 – 2006.

Phạm Văn Thành (1995). Mô hình biogas và phát triển bền vững. Báo cáo tại hội thảo công nghệ khí sinh học - các giải pháp tích cực cho phát triển bền vững, Hà Nội, tháng 10 năm 2003, tr. 44 - 46.

Phùng Thị Vân, Phạm Sỹ Tiệp, Nguyễn Văn Lục, Nguyễn Giang Phúc, Trịnh Quang Tuyên (2003). Xây dựng mô hình chăn nuôi lợn trong nông hộ nhằm giảm thiểu ô nhiễm môi trường và nâng cao năng xuất chăn nuôi, Báo cáo tổng kết khoa học kỹ thuật, Viện Chăn nuôi.

Vincent Porphyre, Cirad, Nguyễn Quế Côi, NIAH (2006). Thâm canh chăn nuôi lợn, quản lý chất thải và bảo vệ môi trường, Prise.