

Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ  
 Phần A: Khoa học Tự nhiên, Công nghệ và Môi trường

website: [sj.ctu.edu.vn](http://sj.ctu.edu.vn)

DOI:10.22144/ctu.jsi.2017.024

## ĐÁNH GIÁ HIỆU SUẤT XỬ LÝ NƯỚC THẢI SAU TÚI Ủ BIOGAS CỦA MỘT SỐ CHẾ PHẨM SINH HỌC

Nguyễn Thanh Văn, Bùi Thị Nga, Nguyễn Phương Thảo và Huỳnh Văn Thảo

Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên

**Thông tin chung:**

Ngày nhận bài: 28/07/2017

Ngày nhận bài sửa: 19/09/2017

Ngày duyệt đăng: 26/10/2017

**Title:**

Assessment of treatment efficiency of biogas effluent of bio-products

**Từ khóa:**

Chế phẩm sinh học, Coliform, đạm, E.Coli, hiệu suất xử lý, lân

**Keywords:**

Bio-product, coliform, E.coli, nitrogen, phosphorus, treatment efficiency

**ABSTRACT**

The study was conducted to identify bio-product that could be used for treatment of biogas effluent at household scale. In the experimental condition, the treatments were arranged in a completely randomized design including the control treatment (without bio-product) and five bio-products including EmTech Green, BioEm, Emc, Jumbo A, and EmTech BKS. The results showed that the treatment efficiency of total suspended solids (TSS), chemical oxygen demand (COD), total Kjeldahl nitrogen (TKN), total phosphorus (TP), total coliform, and E.coli of the five tested bio-products were in the range of 28 - 97.3%. The treatment efficiency of BioEm and Emc was significantly higher than that of the control and the other bio-products of EmTech Green, Jumbo A, and EmTech BKS. At household scale, BioEm and Emc had treatment efficiency of TSS, COD, TKN, TP, and total coliform from 55.4 to 86.9%.

**TÓM TẮT**

Đề tài đã được thực hiện nhằm xác định loại chế phẩm sinh học có khả năng xử lý nước thải sau túi ủ biogas quy mô nông hộ. Ở điều kiện thí nghiệm, các nghiệm thức được bố trí theo thể thức hoàn toàn ngẫu nhiên bao gồm nghiệm thức đối chứng (nước thải biogas không sử dụng chế phẩm sinh học) và 5 nghiệm thức bổ sung chế phẩm sinh học là EmTech Green, BioEm, Emc, Jumbo A và EmTech BKS. Kết quả cho thấy, hiệu suất xử lý tổng chất rắn lơ lửng (TSS), COD, tổng đạm (TKN), tổng lân (TP), tổng Coliform và E.coli của 5 chế phẩm sinh học đạt từ 28 - 97,3%. Chế phẩm sinh học BioEm và Emc đạt hiệu suất xử lý cao có ý nghĩa so với đối chứng và các chế phẩm khác. Trong điều kiện quy mô nông hộ, chế phẩm sinh học BioEm và Emc đạt hiệu suất xử lý TSS, COD, TKN, TP và tổng Coliform dao động trong khoảng 55,4 - 86,9%.

Trích dẫn: Nguyễn Thanh Văn, Bùi Thị Nga, Nguyễn Phương Thảo và Huỳnh Văn Thảo, 2017. Đánh giá hiệu suất xử lý nước thải sau túi ủ biogas của một số chế phẩm sinh học. Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ. Số chuyên đề: Môi trường và Biến đổi khí hậu (1): 1-12.

### 1 GIỚI THIỆU

Công nghệ khí sinh học được xem là biện pháp xử lý an toàn chất thải chăn nuôi, hạn chế ô nhiễm môi trường và tạo ra nguồn năng lượng phục vụ sinh hoạt người dân như nấu ăn, thắp sáng, chạy máy phát điện (Nguyễn Đức Lượng và Nguyễn Thị

Thùy Dương, 2003). Tuy nhiên, nước thải sau túi ủ biogas (nước thải biogas) có chứa COD, đạm, lân với nồng độ cao vượt quy chuẩn cho phép nếu trực tiếp thải vào ao, hồ sẽ gây ô nhiễm nguồn nước (Bùi Thị Nga và ctv., 2014). Mặc dù, mô hình khí sinh học bằng túi ủ biogas đã được áp dụng khá phổ biến và hiệu quả đối với các hộ chăn nuôi quy mô

nhỏ nhưng hầu hết nước thải biogas được thải vào ao nuôi cá hoặc thải trực tiếp ra các thủy vực tiếp nhận. Đã có nhiều nghiên cứu sử dụng nước thải biogas canh tác hoa màu, sử dụng vật liệu sẵn có để hấp phụ đạm, lân hay xử lý nước thải biogas bằng mô hình đất ngập nước kiến tạo đối với các nông hộ có diện tích đất canh tác đã được thực hiện (Nguyễn Thị Nhật Linh, 2011, Nguyễn Thị Kiều Phương, 2011, Huỳnh Hoài Ân, 2012). Tuy nhiên, những biện pháp trên cần diện tích đất đủ lớn, công lao động và chi phí đầu tư nên còn hạn chế khi áp dụng rộng rãi. Với sự phát triển của công nghệ sinh học, nhiều chế phẩm sinh học (CPSH) ra đời được ứng dụng xử lý ô nhiễm bởi ưu điểm: chi phí đầu tư thấp, hiệu quả cao, dễ vận hành, thân thiện môi trường và không đòi hỏi tốn quá nhiều diện tích đất. Trên thị trường có nhiều chế phẩm sinh học được giới thiệu xử lý nước thải biogas, tuy nhiên các nông hộ không biết sử dụng CPSH nào có hiệu quả. Mặt khác, các nghiên cứu về xử lý nước thải ao nuôi cá tra thâm canh bằng chế phẩm sinh học đã được thực hiện (Nguyễn Văn Mạnh, 2007, Bạch Mạnh Điều và *ctv.*, 2009, Cao Ngọc Điệp và *ctv.*, 2012) nhưng các nghiên cứu sử dụng CPSH xử lý nước thải biogas vẫn còn hạn chế. Do vậy, đề tài “Đánh giá hiệu suất xử lý nước thải biogas của một số chế phẩm sinh học” đã được thực hiện nhằm xác định loại chế phẩm sinh học xử lý hiệu quả nước thải sau túi biogas góp phần hạn chế ô nhiễm môi trường.

## 2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1 Vật liệu thí nghiệm

Chế phẩm sinh học trong thí nghiệm là 5 chế phẩm được khuyến cáo sử dụng xử lý nước thải và được phân phối rộng rãi trên thị trường. Tính chất của một số chế phẩm sinh học được trình bày chi tiết như sau:

EmTech Green là tập hợp các chủng vi khuẩn kết hợp với một số giống nấm và enzym có khả năng phân hủy các hợp chất hữu cơ, giảm mùi hôi và cải thiện chất lượng nước thải sau hệ thống xử lý. Sản phẩm đã được Viện Pasteur kiểm nghiệm. Sản phẩm được sản xuất tại Công ty TNHH Khoa học Kỹ thuật và Môi trường Minh Việt. Địa chỉ: số 20/2 Tô Ngọc Vân, phường Thạnh Xuân, quận 12, thành phố Hồ Chí Minh.

BioEm được tổ hợp từ các vi sinh vật phân giải xenlulo, protein, tinh bột và vi sinh vật hoại sinh có khả năng phân hủy nhanh chất thải hữu cơ, khử mùi hôi và phân hủy các thành phần khó tiêu như: protein, tinh bột, kitin, peptin. Chế phẩm được sản xuất theo TCVN 7304 - 1:2003. Sản phẩm được sản xuất tại Công ty Vi sinh môi trường thành phố

Hồ Chí Minh. Địa chỉ: số 138/31 Nguyễn Xí, phường 26, quận Bình Thạnh, thành phố Hồ Chí Minh.

Emc là tập hợp nhiều vi sinh vật hữu hiệu có tác dụng phân giải nhanh các chất hữu cơ trong nước thải, rác thải hữu cơ, ức chế sự phát triển của vi sinh vật gây bệnh, giảm lượng COD và các khí độc như NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S. Chế phẩm được sản xuất theo TC 13:2004. Sản phẩm được sản xuất tại Công ty Vi sinh Môi trường thành phố Hồ Chí Minh. Địa chỉ: số 138/31 Nguyễn Xí, phường 26, quận Bình Thạnh, thành phố Hồ Chí Minh.

Jumbo A hoạt động trong môi trường hiếu khí hoặc tùy nghi, được tập hợp từ các chủng vi khuẩn, nấm và các enzym phân hủy amylase, protease, lipase. Chế phẩm có khả năng phân hủy chất hữu cơ trong môi trường nước thải, làm tăng khả năng xử lý COD, N, P. Chế phẩm được sản xuất theo TCVN 7304 - 1:2003. Sản phẩm được sản xuất tại Công ty cổ phần Kỹ nghệ Môi trường và Thiết bị vật tư thành phố Hồ Chí Minh. Địa chỉ: số 169/1E Lê Văn Quới, phường Bình Trị Đông, quận Bình Tân, thành phố Hồ Chí Minh.

EmTech BKS được tổ hợp từ các chủng vi sinh vật hiếu khí hoặc tùy nghi, cùng một số loại enzym có khả năng phân hủy chất hữu cơ, giảm mùi hôi và bổ sung hàm lượng vi sinh vật hữu ích vào nước thải. Sản phẩm được Viện Pasteur kiểm nghiệm. Sản phẩm được sản xuất tại Công ty TNHH Khoa học Kỹ thuật và Môi trường Minh Việt. Địa chỉ: số 20/2 Tô Ngọc Vân, phường Thạnh Xuân, quận 12, thành phố Hồ Chí Minh.

Chế phẩm sinh học phân phối trên thị trường đa dạng về chủng loại và cách sử dụng, tuy nhiên một số sản phẩm chỉ cung ứng cho quy mô xử lý lớn. Chế phẩm sinh học được chọn để thực hiện nghiên cứu này là các sản phẩm được nhà sản xuất khuyến cáo sử dụng xử lý nước thải với ưu điểm như khả năng phân hủy các hợp chất hữu cơ, tổng chất rắn lơ lửng, đạm trong nước thải; phương thức sử dụng đơn giản, phân phối đến người sử dụng, giá thành sản phẩm phù hợp với nông hộ có quy mô chăn nuôi nhỏ.

Nước thải biogas với nguyên liệu nạp là phân heo được thu vào buổi sáng, thu trực tiếp từ đầu ra của túi ủ (0,5x0,9x10 m) đang hoạt động tại nông hộ Nguyễn Văn Bình, xã Nhơn Nghĩa, huyện Phong Điền, thành phố Cần Thơ.

### 2.2 Bố trí thí nghiệm

#### 2.2.1 Thí nghiệm 1: Đánh giá hiệu suất xử lý của chế phẩm sinh học trong điều kiện thí nghiệm

Đề tài được thực hiện trên đất trồng trọt có mái che tại nông hộ Nguyễn Văn Bình, thí nghiệm

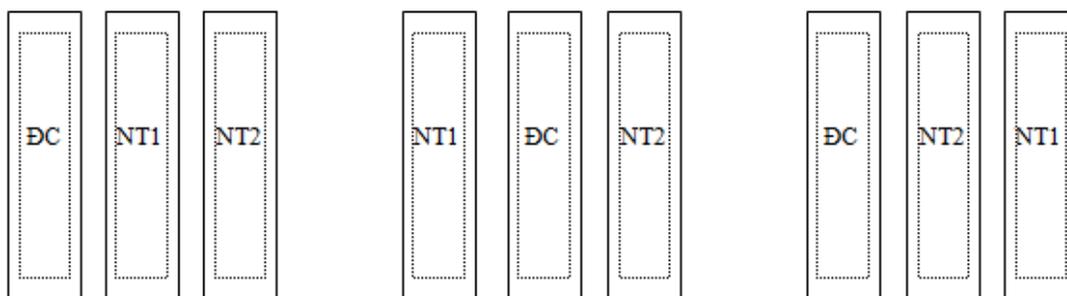
được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên với 6 nghiệm thức gồm: nghiệm thức đối chứng (nước thải biogas không sử dụng chế phẩm sinh học) và 5 nghiệm thức sử dụng chế phẩm sinh học là EmTech Green, BioEm, Emc, Jumbo A và EmTech BKS. Mỗi nghiệm thức được lặp lại 4 lần, mỗi lần lặp lại là thùng carton, bên trong thùng được lót bao nhựa PE (poly-ethylen); bao nhựa PE được ngâm trong nước thải biogas 1 tuần trước khi bố trí nhằm loại bỏ tạp chất có thể ảnh hưởng hoạt động của vi sinh vật.

Thể tích nước thải biogas của mỗi thùng là 20 lít. Liều lượng chế phẩm sinh học sử dụng trong thí nghiệm dựa theo hướng dẫn sử dụng của nhà sản xuất (Bảng 1).

**Bảng 1: Liều lượng chế phẩm sinh học theo khuyến cáo sử dụng cho thí nghiệm 1**

Tên nghiệm thức	Ký hiệu	Liều lượng khuyến cáo/1 L nước thải	Liều lượng / 20 L nước thải
Đối chứng	NT 1	-	-
EmTech Green	NT 2	1 mL	20 mL
BioEm	NT 3		2 g
Emc	NT 4	0,015 g	0,3 g
Jumbo A	NT 5	0,5 g	10 g
EmTech BKS	NT 6	1 g	20 g

Tần suất thu mẫu, chỉ tiêu phân tích và tổng số mẫu: tiến hành thu mẫu nước thải biogas trước xử lý và mẫu nước sau xử lý tại thời điểm 7 và 9 ngày



**Hình 1: Sơ đồ bố trí thí nghiệm 2**

Tần suất thu mẫu, chỉ tiêu phân tích và tổng số mẫu: tiến hành thu mẫu nước thải biogas đợt trước và sau xử lý. Các chỉ tiêu phân tích gồm: pH, tổng chất rắn lơ lửng (TSS), COD, tổng đạm (TKN), tổng lân (TP), tổng Coliform, *E. coli*. Tổng số mẫu phân tích: 3 nghiệm thức x 3 lặp lại x 2 đợt thu = 18; tổng số chỉ tiêu 126.

### 2.3 Phương pháp thu và phân tích mẫu

Mẫu phân tích vi sinh vật được thu bằng chai vi

(thời gian xử lý hiệu quả theo hướng dẫn sử dụng của nhà sản xuất). Các chỉ tiêu phân tích gồm: pH, tổng chất rắn lơ lửng (TSS), COD, tổng đạm (TKN), tổng lân (TP), tổng Coliform, *E. coli* và tổng vi sinh vật dị dưỡng. Tổng số mẫu phân tích: 6 nghiệm thức x 4 lặp lại x 3 đợt thu = 72; tổng số chỉ tiêu 576.

### 2.2.2 Thí nghiệm 2: Đánh giá hiệu suất xử lý nước thải biogas quy mô nông hộ

Thí nghiệm được bố trí theo khối hoàn toàn ngẫu nhiên, các khối của nghiệm thức thẳng góc với chiều biến thiên, số khối bằng với số nghiệm thức và số lần lặp lại, mỗi lần lặp lại có kích thước giống nhau, bố trí các nghiệm thức trên mỗi khối được tiến hành một cách hoàn toàn ngẫu nhiên, sơ đồ bố trí thí nghiệm trình bày ở Hình 1.

Thí nghiệm được thực hiện với 3 nghiệm thức gồm: đối chứng (nước thải biogas không sử dụng chế phẩm sinh học) và 2 nghiệm thức sử dụng chế phẩm sinh học đạt hiệu suất xử lý nước thải biogas cao không khác biệt có ý nghĩa, mỗi nghiệm thức lặp lại 3 lần, mỗi lần lặp lại là 1 ao đất với thể tích 1,4 m<sup>3</sup> (dài 2 m x rộng 1 m x cao 0,7 m), miệng ao cao hơn mặt đất từ 10 - 15 cm. Mỗi ao đất được lót bao nhựa PE (poly - ethylen) kích thước (4x4 m), phía trên mỗi ao được che bằng bạt cao su màu xanh kích thước (2x2 m). Nước thải được chứa trong mỗi ao đất có thể tích là 1 m<sup>3</sup> (là trung bình thể tích/ngày nước thải biogas thải ra thủy vực của nhóm hộ chăn nuôi có lượng heo trong chuồng dao động từ 5-10 con).

sinh 100 mL đã được khử trùng ở 121°C trong 30 phút. Mẫu phân tích COD, TKN, TSS được thu bằng chai nhựa 1 lít đã được tráng nước mẫu 3 lần tại hiện trường. Mẫu sau khi thu được đậy kín, ghi rõ thời gian, địa điểm và trữ lạnh ở điều kiện 4°C. Mẫu nước được phân tích tại phòng thí nghiệm Độc học Môi trường và phòng thí nghiệm Chất lượng Môi trường, Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ.

**Bảng 2: Phương pháp phân tích mẫu nước**

STT	Chỉ tiêu	Đơn vị	Phương pháp phân tích
1	Tổng chất rắn lơ lửng (TSS)	mg/L	Phương pháp trọng lượng, APHA - 2540D
2	pH	-	Đo trực tiếp bằng máy đo pH
3	Nồng độ COD	mg/L	Phương pháp K <sub>2</sub> Cr <sub>2</sub> O <sub>7</sub>
4	Tổng đạm (TKN)	mg/L	Phương pháp Kjeldahl, APHA, 1998
5	Tổng lân (TP)	mg/L	Phương pháp Ascorbic acid, APHA, 1998
6	Tổng Coliform	CFU/100	Phương pháp CFU, SMEWW 9222B
7	<i>E. coli</i>	mL	Phương pháp MPN
8	Tổng vi sinh vật dị dưỡng	CFU/mL	Phương pháp xác định số lượng tế bào vi sinh vật

**2.4 Phương pháp tính toán**

**2.4.1 Hiệu suất xử lý nước thải biogas của chế phẩm sinh học**

Hiệu suất xử lý nước thải biogas của các nghiệm thức được tính theo công thức sau:

$$H (\%) = \left[ \frac{(C_1 - C_2)}{C_1} \right] \times 100$$

Trong đó:

H: Hiệu suất xử lý nước thải biogas

C<sub>1</sub>: Nồng độ chất ô nhiễm trước khi xử lý

C<sub>2</sub>: Nồng độ chất ô nhiễm sau khi xử lý

**2.4.2 Phương pháp xử lý số liệu**

Các số liệu được tổng hợp bằng phần mềm Excel 2013. Số liệu được kiểm tra phân phối chuẩn tính đồng nhất của phương sai trước khi thực hiện thống kê. Đánh giá hiệu suất xử lý của các chế phẩm sinh học dựa vào phép kiểm định Duncan ở độ tin cậy 95% bằng phần mềm IBM SPSS 20.0. Sử dụng phép thử T-test đánh giá khác biệt của

nghiệm thức trước và sau xử lý tại 2 thời điểm 7 và 9 ngày sau xử lý.

**3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**3.1 Đánh giá hiệu suất xử lý của các chế phẩm sinh học trong điều kiện thí nghiệm**

**3.1.1 Đặc điểm nước thải biogas trước xử lý**

Kết quả trình bày ở Bảng 3 cho thấy nồng độ TSS, COD, TKN và tổng Coliform trong nước thải biogas trước xử lý không đạt Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia (QCVN 62 MT:2016/BTNMT) về nước thải chăn nuôi cột B- là giá trị của các thông số ô nhiễm trong nước thải chăn nuôi khi thải ra nguồn nước không dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt. Nồng độ tổng lân (TP) dao động từ 174,1 - 176 mg/L. Nồng độ TP trong nước thải biogas ở mức cao có nguy cơ gây phú dưỡng các thủy vực tiếp nhận (Sahlameh and Harahsheh, 2011). Nhìn chung, giá trị của các thông số khảo sát nằm trong khoảng ghi nhận về nồng độ các chất ô nhiễm trong nước thải sau túi biogas của các nghiên cứu trước đây (Nguyễn Thị Hồng và Phạm Khắc Liệu, 2012, Phan Công Ngọc, 2013, Vũ Văn Hiểu và ctv., 2013).

**Bảng 3: Đặc điểm nước thải biogas trước xử lý của các nghiệm thức thí nghiệm 1**

Nghiệm thức	Thông số					Coliform (CFU/100 mL)	<i>E. coli</i>
	TSS (mg/L)	COD (mg/L)	TKN (mg/L)	TP (mg/L)			
Đối chứng	280±15,0	507,6±26,7	229,2±1,43	174,1±0,33			
EmTech Green	306,7±27,5	524,4±5,60	232,8±2,56	176±1,89			
BioEm	301,7±20,2	527,1±13,2	233,6±2,42	175,4±0,06			
Emc	311,7±5,77	512,9±13,4	230,1±2,70	174,2±0,70		9x10 <sup>5</sup>	1,3x10 <sup>5</sup>
JumboA	283,3±16,1	528±11,6	233,7±2,11	174,5±0,74			
EmTech BKS	303,3±17,6	513,8±14,7	232,7±4,79	174,7±0,85			
QCVN 62	150	300	150	-		5000	-

Ghi chú:

Số liệu TSS, COD, TKN và TP được trình bày dạng trung bình±độ lệch chuẩn (n= 4).

QCVN 62: QCVN 62 MT:2016/BTNMT (cột B)

: không được thể hiện trong QCVN 62 MT:2016/BTNMT

3.1.2 *Biến động tổng chất rắn lơ lửng (TSS) theo thời gian*

Hàm lượng TSS giảm khác biệt giữa các nghiệm thức bổ sung chế phẩm sinh học so với đối chứng ( $p < 0,05$ ; Bảng 4). Tại thời điểm 7 ngày sau xử lý, nghiệm thức EmTech Green, BioEm, Emc và Jumbo A có hàm lượng TSS khác biệt không có ý nghĩa thống kê ( $p > 0,05$ ), dao động từ 62,7 - 82,7 mg/L. Hàm lượng TSS của các nghiệm thức này không khác biệt giữa 7 và 9 ngày sau xử lý ( $p > 0,05$ ). Theo Lê Hoàng Việt và Nguyễn Võ Châu Ngân (2015), việc bổ sung vi sinh vật hữu hiệu vào

nước thải giúp tăng khả năng xử lý chất rắn lơ lửng. Hàm lượng TSS sau xử lý trong nghiên cứu này thấp hơn so với nghiên cứu của Cao Ngọc Điệp và *ctv.* (2012) (98%) nhưng cao hơn hiệu suất xử lý trong nghiên cứu của Nguyễn Văn Mạnh (2007) (74,5%). Nghiệm thức EmTech Green, BioEm, Emc và Jumbo A có hàm lượng TSS đạt quy chuẩn xả thải (cột B: QCVN 62 - MT: 2016/BTNMT) tại thời điểm 7 ngày sau xử lý và nghiệm thức EmTech BKS đạt quy định xả thải (cột B: QCVN 62 - MT: 2016/BTNMT) tại thời điểm 9 ngày sau xử lý.

**Bảng 4: Biến động hàm lượng TSS theo thời gian**

Nghiệm thức	Đơn vị	Ngày sau xử lý		QCVN 62 - MT :2016/BTNMT	
		Ngày 7	Ngày 9	Cột A	Cột B
Đối chứng		173,3 <sup>aA</sup> ±18,1	159,3 <sup>aA</sup> ±14,4		
EmTech Green		63,3 <sup>cA</sup> ±13,3	55 <sup>cA</sup> ±10,4		
BioEm	mg/L	73,7 <sup>cA</sup> ±17,0	54,7 <sup>cA</sup> ±13,5	50	150
Emc		62,7 <sup>cA</sup> ±11,5	54,3 <sup>cA</sup> ±6,11		
Jumbo A		82,7 <sup>cA</sup> ±12,5	60,3 <sup>cA</sup> ±1,53		
EmTech BKS		161,7 <sup>bA</sup> ±15,3	89,7 <sup>bB</sup> ±15,0		

Ghi chú: Các số cùng một cột có cùng ký tự (a, b, c) hoặc các số cùng một hàng có cùng ký tự (A, B) khác biệt không có ý nghĩa thống kê 5%

Cột A: quy định xả thải ra nguồn tiếp nhận nước thải mục đích cấp nước sinh hoạt; Cột B: thải ra nguồn tiếp nhận không dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt

3.1.3 *Biến động nồng độ COD theo thời gian*

Nồng độ COD trong nước của nghiệm thức, đối chứng, EmTech Green và Jumbo A không khác biệt giữa thời điểm 7 và 9 ngày sau xử lý ( $p > 0,05$ ; Bảng 5). Tuy nhiên, ở thời điểm 9 ngày sau xử lý, nồng độ COD của hai nghiệm thức BioEm và Emc thấp nhất và không khác biệt ( $p > 0,05$ ) lần lượt là 90,7 mg/L và 77,3 mg/L. Nghiệm thức EmTech Green, BioEm, Emc, Jumbo A và EmTech BKS có nồng độ COD đạt quy chuẩn xả thải vào môi

trường (cột B: QCVN 62 - MT:2016/BTNMT) tại thời điểm 7 ngày sau xử lý. Trong đó, nghiệm thức BioEm và Emc có nồng độ COD đạt cột A của QCVN 62 - MT: 2016/BTNMT tại thời điểm 9 ngày sau xử lý. Sau 9 ngày xử lý, nghiệm thức BioEm và Emc có hiệu suất xử lý cao nhất khác biệt so với các nghiệm thức còn lại, đạt hiệu suất lần lượt là 83% và 85%. Hiệu suất này tương đương với hiệu suất xử lý COD trong nghiên cứu sử dụng chế phẩm sinh học xử lý nước-bùn đáy ao cá tra đạt 87,02% (Cao Ngọc Điệp và *ctv.*, 2012).

**Bảng 5: Biến động nồng độ COD của các nghiệm thức theo thời gian**

Nghiệm thức	Đơn vị	Ngày sau xử lý		QCVN 62 - MT :2016/BTNMT	
		Ngày 7	Ngày 9	Cột A	Cột B
Đối chứng		392 <sup>aA</sup> ±20,1	360 <sup>aA</sup> ±20,1		
EmTech Green		127,1 <sup>dA</sup> ±20,0	126,2 <sup>cA</sup> ±12,0		
BioEm	mg/L	172,4 <sup>cA</sup> ±17,4	90,7 <sup>dB</sup> ±13,3	100	300
Emc		160 <sup>cA</sup> ±12,2	77,3 <sup>dB</sup> ±20,1		
Jumbo A		129,8 <sup>dA</sup> ±16,1	125,3 <sup>cA</sup> ±20,1		
EmTech BKS		235,6 <sup>bA</sup> ±5,60	188,4 <sup>bB</sup> ±16,3		

Ghi chú: Các số cùng một cột có cùng ký tự (a,b,c) hoặc các số cùng một hàng có cùng ký tự (A,B) khác biệt không có ý nghĩa thống kê 5%

Cột A: quy định xả thải ra nguồn tiếp nhận nước thải mục đích cấp nước sinh hoạt; Cột B: thải ra nguồn tiếp nhận không dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt

3.1.4 *Biến động nồng độ tổng đạm (TKN) theo thời gian*

Nồng độ tổng đạm (TKN) sau xử lý giảm khác biệt giữa các nghiệm thức có bổ sung chế phẩm sinh học so với đối chứng ( $p < 0,05$ ; Bảng 6). Nghiệm thức EmTech Green và Jumbo A có nồng độ tổng đạm đạt quy chuẩn xả thải vào môi trường

(cột B: QCVN 62 - MT: 2016/BTNMT) tại thời điểm 7 ngày sau xử lý. Nghiệm thức BioEm và Emc có nồng độ tổng đạm đạt quy chuẩn xả thải (cột B: QCVN 62 - MT:2016/BTNMT) sau 9 ngày xử lý. Nghiệm thức EmTech BKS không đạt quy chuẩn xả thải ra môi trường tại thời điểm 7 và 9 ngày sau xử lý.

**Bảng 6: Biến động nồng độ tổng đạm của các nghiệm thức theo thời gian**

Nghiệm thức	Đơn vị	Ngày sau xử lý		QCVN 62 – MT: 2016/BTNMT	
		Ngày 7	Ngày 9	Cột A	Cột B
Đối chứng		197,6 <sup>aA</sup> ±3,15	187,1 <sup>aB</sup> ±3,62		
EmTech Green		139,9 <sup>dA</sup> ±1,99	139,1 <sup>cA</sup> ±3,11		
BioEm	mg/L	159,3 <sup>cA</sup> ±6,51	131,8 <sup>dB</sup> ±5,39	50	150
Emc		157,7 <sup>cA</sup> ±2,21	131,1 <sup>dB</sup> ±3,93		
Jumbo A		144,8 <sup>dA</sup> ±1,41	144,4 <sup>cA</sup> ±2,75		
EmTech BKS		178,8 <sup>bA</sup> ±3,28	167,5 <sup>bb</sup> ±3,40		

Ghi chú: Các số cùng một cột có cùng ký tự (a,b,c) hoặc các số cùng một hàng có cùng ký tự (A,B) khác biệt không có ý nghĩa thống kê 5%

Cột A: quy định xả thải ra nguồn tiếp nhận nước thải mục đích cấp nước sinh hoạt; Cột B: thải ra nguồn tiếp nhận không dùng cho mục đích cấp nước sinh hoạt

3.1.5 *Biến động nồng độ tổng lân (TP) theo thời gian*

Nồng độ tổng lân (TP) giảm khác biệt giữa các nghiệm thức bổ sung chế phẩm sinh học so với đối chứng ( $p < 0,05$ ) tại thời điểm 7 và 9 ngày sau xử lý. Kết quả ở Bảng 7 cho thấy, tại thời điểm 7 ngày sau xử lý, nồng độ TP của nghiệm thức EmTech

Green, BioEm, Emc và Jumbo A khác biệt không có ý nghĩa ( $p > 0,05$ ). Nồng độ TP của nghiệm thức EmTech Green, BioEm và Jumbo A không khác biệt giữa hai thời điểm 7 và 9 ngày sau xử lý ( $p > 0,05$ ). Trong khi đó, nghiệm thức Emc có nồng độ TP khác biệt giữa 7 và 9 ngày sau xử lý ( $p < 0,05$ ).

**Bảng 7: Biến động nồng độ tổng lân của các nghiệm thức theo thời gian**

Nghiệm thức	Đơn vị	Ngày sau xử lý		TCN 678 - 2006 /BNN&PTNT	
		Ngày 7	Ngày 9	Cột A	Cột B
Đối chứng		152 <sup>aA</sup> ±4,90	143,9 <sup>aB</sup> ±3,21		
EmTech Green		80,1 <sup>cA</sup> ±1,41	79,2 <sup>cA</sup> ±2,35		
BioEm	mg/L	80,6 <sup>cA</sup> ±1,82	79,7 <sup>cA</sup> ±1,28	10	20
Emc		84,6 <sup>bA</sup> ±0,82	81,9 <sup>bcB</sup> ±1,39		
Jumbo A		83,1 <sup>bcA</sup> ±0,65	81,6 <sup>bcA</sup> ±1,55		
EmTech BKS		92,6 <sup>bA</sup> ±2,21	84,2 <sup>bb</sup> ±2,57		

Ghi chú: Các số cùng một cột có cùng ký tự (a,b,c) hoặc các số cùng một hàng có cùng ký tự (A,B) khác biệt không có ý nghĩa thống kê 5%

Cột A: là nguồn nước (sông, hồ, suối) cung cấp nước cho các nhà máy xử lý nước dùng cho sinh hoạt của con người; Cột B: là nguồn nước (sông, hồ, suối) cung cấp nước cho các hoạt động nuôi trồng thủy sản, tưới tiêu trong nông nghiệp

3.1.6 *Tổng Coliform và E. coli trong nước thải biogas sau xử lý*

Kết quả Bảng 8 cho thấy, tại thời điểm 9 ngày sau xử lý, mật số tổng Coliform của các nghiệm thức dao động từ  $2,6 \times 10^4$  -  $5,8 \times 10^5$  CFU/100 mL. Trong đó, giá trị tổng Coliform của 5 nghiệm thức chế phẩm sinh học dao động từ  $2,6 \times 10^4$  -  $4 \times 10^5$  CFU /100mL; E. coli của các nghiệm thức dao

động từ  $3,5 \times 10^3$  -  $1,4 \times 10^4$  CFU /100 mL. Các nghiệm thức chế phẩm sinh học sau xử lý có mật số tổng Coliform vượt quy chuẩn cho phép xả thải đối với nước thải chăn nuôi (cột B: QCVN 62 - MT: 2016/BTNMT) từ 5,2 - 80 lần và E. coli vượt quy định cho phép xả thải vào nguồn nước sử dụng cho tưới tiêu (QCVN 08- MT:2015/BTNMT).

**Bảng 8: Hàm lượng tổng Coliform và E. coli của các nghiệm thức sau xử lý**

Nghiệm thức	Tổng Coliform CFU /100 mL	Sau 9 ngày xử lý		E. coli CFU/100 mL	QCVN 39: 2011/BTNMT
		QCVN 62 - MT :2016/BTNMT			
		Cột A	Cột B		
Đối chứng	5,8x10 <sup>5</sup>			7,5x10 <sup>3</sup>	
EmTech Green	1,4x10 <sup>5</sup>			8,5x10 <sup>3</sup>	
BioEm	6,1x10 <sup>4</sup>	3000	5000	3,5x10 <sup>3</sup>	200
Emc	2,6*10 <sup>4</sup>			6,4x10 <sup>3</sup>	
Jumbo A	1,1x10 <sup>5</sup>			9,5x10 <sup>3</sup>	
EmTech BKS	4x10 <sup>5</sup>			1,4x10 <sup>4</sup>	

**3.1.7 Biến động mật số vi sinh vật dị dưỡng trong nước thải biogas**

Kết quả theo dõi biến động mật số vi sinh vật dị dưỡng trình bày ở Bảng 9 cho thấy, thời điểm sau xử lý mật số vi sinh vật dị dưỡng của các nghiệm thức bổ sung chế phẩm sinh học tăng so với trước xử lý. Nghiệm thức đối chứng có hàm lượng vi

sinh vật dị dưỡng thấp khác biệt có ý nghĩa so với các nghiệm thức bổ sung chế phẩm sinh học ở thời điểm 7 và 9 ngày sau xử lý ( $p < 0,05$ ). Nghiệm thức BioEm và Emc có mật số vi sinh vật dị dưỡng cao khác biệt có ý nghĩa so với các nghiệm thức EmTech Green, Jumbo A và EmTech BKS.

**Bảng 9: Biến động vi sinh vật dị dưỡng trong nước thải biogas**

Nghiệm thức	Đơn vị	Trước xử lý	Ngày sau xử lý	
			Ngày 7	Ngày 9
			Đối chứng	6,44 <sup>dA</sup> ±0,024
EmTech Green	6,82 <sup>bA</sup> ±0,049	6,91 <sup>bA</sup> ±0,052		
BioEm	6,97 <sup>aA</sup> ±0,020	7,29 <sup>aB</sup> ±0,026		
Emc	6,79 <sup>aA</sup> ±0,025	7,29 <sup>aB</sup> ±0,013		
Jumbo A	6,66 <sup>cA</sup> ±0,040	6,91 <sup>bB</sup> ±0,050		
EmTech BKS	6,62 <sup>cA</sup> ±0,042	6,76 <sup>cA</sup> ±0,159		

Ghi chú: số liệu trình bày theo dạng Log ± độ lệch chuẩn (n=4)

Các số cùng một cột có cùng ký tự (a,b,c,d) hoặc các số cùng một hàng có cùng ký tự (A,B) khác biệt không có ý nghĩa thống kê 5%

Kết quả pH của các nghiệm thức trước khi xử lý dao động trong khoảng 6,97 - 7,17 và tại thời điểm 7 và 9 ngày sau xử lý dao động từ 7,67 - 7,84. Giá trị pH của các nghiệm thức trước và sau khi xử lý biến động trong khoảng thích hợp cho vi sinh vật phát triển. Theo Lê Hoàng Việt (2003), pH có ý nghĩa quan trọng trong quá trình xử lý nước thải cho vi sinh vật phát triển thuận lợi ở môi trường có pH từ 7 - 8.

**3.1.8 Hiệu suất xử lý nước thải biogas của 5 chế phẩm sinh học**

Hiệu suất xử lý TSS, COD, TKN và TP trong nước thải biogas của 5 chế phẩm sinh học khác biệt có ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức đối chứng ( $p < 0,05$ ; Bảng 10). Hiệu suất xử lý TSS của 5 nghiệm thức chế phẩm sinh học dao động trong khoảng 70,3 - 82,6%. Nghiệm thức EmTech Green, BioEm, Emc và Jumbo A có hiệu suất xử lý cao khác biệt không có ý nghĩa ( $p > 0,05$ ) đạt 78,7 - 82,6%. Trong khi đó, nghiệm thức EmTech BKS

có hiệu suất thấp khác biệt so với 4 nghiệm thức còn lại ( $p < 0,05$ ). Hiệu suất xử lý COD của 5 chế phẩm sinh học đạt 63,3 - 84,9%. Trong đó, chế phẩm BioEm và Emc có hiệu suất xử lý khác biệt không có ý nghĩa lần lượt là 82,8% và 84,9% và ( $p > 0,05$ ) và cao hơn các nghiệm thức còn lại.

Hiệu suất xử lý TKN của BioEm, Emc và EmTech Green đạt lần lượt là 43,6%, 43% và 40,3% ( $p > 0,05$ ). Chế phẩm EmTech BKS có hiệu suất xử lý TKN thấp nhất so với 4 chế phẩm sinh học còn lại ( $p < 0,05$ ; Bảng 10). Riêng hiệu suất xử lý TP của các chế phẩm sinh học cao hơn TKN đạt 51,8 - 55%. Trong đó, chế phẩm EmTech Green và BioEm đạt hiệu suất cao hơn chế phẩm EmTech BKS ( $p < 0,05$ ; Bảng 10). Hiệu suất xử lý tổng Coliform của 5 chế phẩm sinh học đạt từ 55,6 - 97,1%. Chế phẩm EmTech Green, BioEm, Emc và Jumbo A đạt hiệu suất xử lý khá cao từ 84,4 - 97,1%. Hiệu suất xử lý Coliform của EmTech BKS thấp và đạt 55,6%.

**Bảng 10: Hiệu suất xử lý nước thải biogas của các nghiệm thức**

Nghiệm thức	Hiệu suất xử lý (%)				
	TSS	COD	TKN	TP	Coliform
Đối chứng	43,2 <sup>c</sup> ±2,58	29,1 <sup>d</sup> ±0,81	18,4 <sup>d</sup> ±1,09	17,4 <sup>c</sup> ±1,69	35,6
EmTech Green	82,1 <sup>a</sup> ±2,84	75,9 <sup>b</sup> ±2,27	40,2 <sup>ab</sup> ±0,84	55 <sup>a</sup> ±1,68	84,4
BioEm	82 <sup>a</sup> ±3,31	82,8 <sup>a</sup> ±2,15	43,6 <sup>a</sup> ±2,87	54,6 <sup>a</sup> ±0,71	93,2
Emc	82,6 <sup>a</sup> ±1,91	84,9 <sup>a</sup> ±3,79	43 <sup>a</sup> ±2,19	53 <sup>ab</sup> ±0,61	97,1
JumboA	78,7 <sup>a</sup> ±0,83	76,2 <sup>b</sup> ±4,36	38,2 <sup>b</sup> ±0,72	53,2 <sup>ab</sup> ±1,08	87,8
EmTech BKS	70,3 <sup>b</sup> ±6,35	63,3 <sup>c</sup> ±3,10	28 <sup>c</sup> ±2,46	51,8 <sup>b</sup> ±1,70	55,6

Ghi chú: Số liệu TSS, COD, TKN và TP được trình bày dạng trung bình ± độ lệch chuẩn (n=4).

Các số cùng một cột có cùng ký tự (a, b, c) khác biệt không có ý nghĩa thống kê 5%.

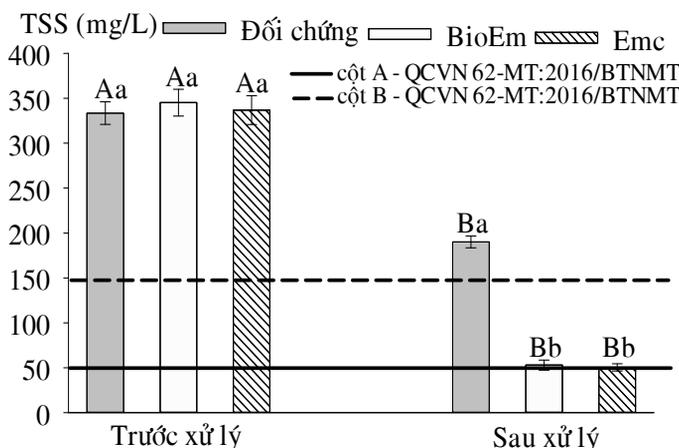
Nhìn chung, trong điều kiện thí nghiệm 2 chế phẩm sinh học là Emc và BioEm đạt hiệu suất xử lý TSS, COD, TN, TP, Coliform và E.coli cao không khác biệt với nhau, với chỉ tiêu COD cao khác biệt so với chế phẩm EmTech Green, Jumbo A và EmTech BKS. Do đó, Emc và BioEm được chọn để thực hiện thí nghiệm đánh giá hiệu suất xử lý nước thải biogas ở quy mô nông hộ.

**3.2 Sử dụng chế phẩm sinh học BioEm và Emc xử lý nước thải biogas quy mô nông hộ**

Giá trị pH trước xử lý và sau xử lý ít biến động giữa các nghiệm thức và giữa trước và sau khi xử lý dao động trong khoảng 7,16 - 7,18. Giá trị pH thuận lợi cho sự sinh trưởng và phát triển của vi sinh vật (Metcalf and Eddy, 2003).

**3.2.1 Nồng độ TSS trong nước thải trước và sau xử lý**

Nồng độ tổng chất rắn lơ lửng (TSS) sau xử lý giảm khác biệt so với trước xử lý (p<0,05), trong đó, nghiệm thức Emc có hàm lượng TSS không khác biệt so với nghiệm thức BioEm (p>0,05) lần lượt là 53±5,57 mg/L và 50,33±4,04 mg/L, nhưng nghiệm thức này khác biệt so với nghiệm thức đối chứng (p<0,05) (Hình 2). Tại thời điểm sau xử lý, nghiệm thức đối chứng có nồng độ TSS vượt quy định cho phép xả thải (cột B: QCVN 62 - MT: 2016/BTNMT). Tuy nhiên, TSS của nghiệm thức Emc và BioEm đạt quy định cho phép xả thải (cột A: QCVN 62 - MT: 2016/BTNMT).



**Hình 2: Hàm lượng TSS của các nghiệm thức trước và sau xử lý**

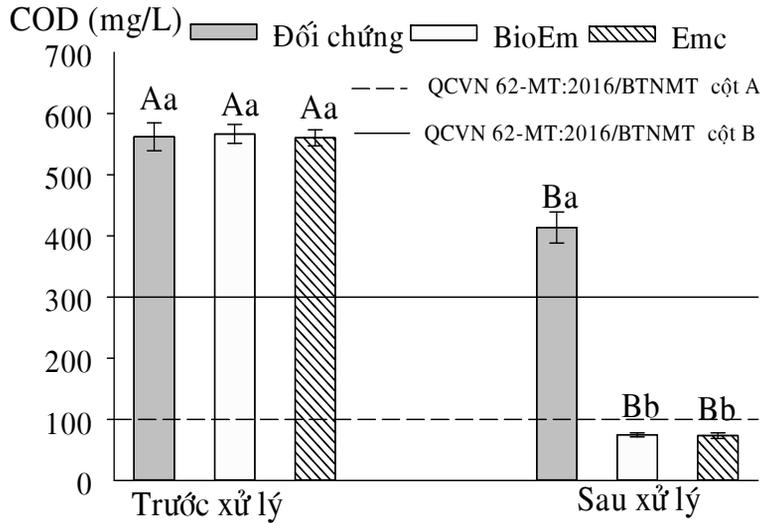
Các cột trong cùng một nhóm có cùng ký tự (a, b) hoặc các cột cùng màu có cùng ký tự (A, B) khác biệt không có ý nghĩa thống kê 5%

**3.2.2 Nồng độ COD trong nước thải trước và sau xử lý**

Giá trị COD trong nước thải biogas sau xử lý khác biệt so với trước xử lý (p<0,05) và dao động

từ 73,39 - 413,7 mg/L. Trong đó, nghiệm thức Emc và BioEm có nồng độ COD giảm khác biệt có ý nghĩa so với nghiệm thức đối chứng (p<0,05) lần lượt là 74,81±3,26 mg/L và 73,39±4,65 mg/L.





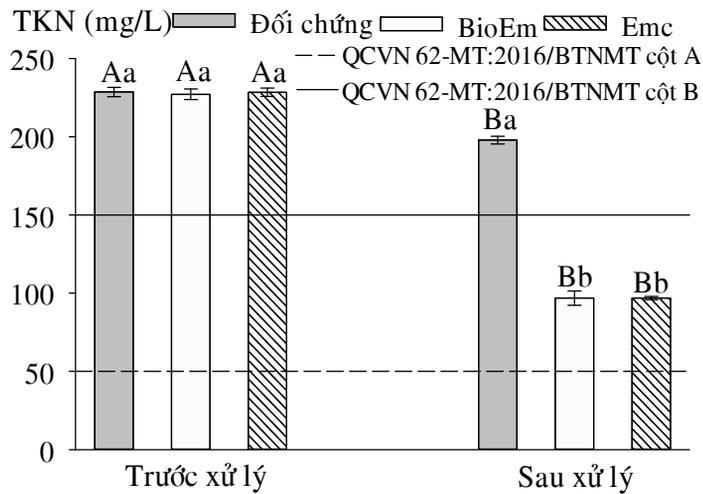
**Hình 3: Nồng độ COD của các nghiệm thức trước và sau xử lý**

Các cột trong cùng một nhóm có cùng ký tự (a,b) hoặc các cột cùng màu có cùng ký tự (A, B) khác biệt không có ý nghĩa thống kê 5%

*a. Nồng độ tổng đạm (TKN) trước và sau xử lý*

Nồng độ tổng đạm (TKN) sau xử lý của các nghiệm thức giảm khác biệt so với trước xử lý ( $p < 0,05$ ), dao động từ 96,8 - 198 mg/L. Giá trị TKN khác biệt giữa nghiệm thức đối chứng so với

nghiệm thức BioEm và Emc ( $p < 0,05$ ). Nồng độ TKN của nghiệm thức Emc và BioEm khác biệt không có ý nghĩa sau xử lý ( $p > 0,05$ ) lần lượt là  $96,87 \pm 1,02$  mg/L và  $96,8 \pm 4,55$  mg/L (Hình 4).



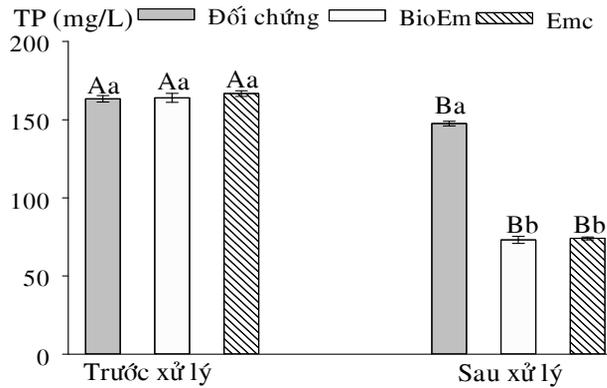
**Hình 4: Nồng độ tổng đạm (TKN) trước và sau xử lý**

Các cột trong cùng một nhóm có cùng ký tự (a,b) hoặc các cột cùng màu có cùng ký tự (A, B) khác biệt không có ý nghĩa thống kê 5%

*3.2.3 Nồng độ tổng lân (TP) trước và sau xử lý*

Nồng độ tổng lân (TP) sau xử lý dao động trong khoảng 73,1 - 147,53 mg/L giảm khác biệt so với trước xử lý ( $p < 0,05$ ; Hình 5). Trong đó, nghiệm thức đối chứng có nồng độ tổng lân cao nhất

$147,5 \pm 1,53$  mg/L và khác biệt có ý nghĩa so với nghiệm thức sử dụng chế phẩm sinh học ( $p < 0,05$ ). Nghiệm thức BioEm có nồng độ tổng lân khác biệt không có ý nghĩa thống kê so với nghiệm thức Emc ( $p > 0,05$ ) lần lượt là  $73,1 \pm 2,26$  mg/L và  $74,03 \pm 0,93$  mg/L.



**Hình 5: Nồng độ tổng lân (TP) trước và sau xử lý**

Các cột trong cùng một nhóm có cùng ký tự (a,b) hoặc các cột cùng màu có cùng ký tự (A, B) khác biệt không có ý nghĩa thống kê 5%

*b. Mật số tổng Coliform và E. coli*

Kết quả Bảng 11 cho thấy, giá trị tổng Coliform của các nghiệm thức sau xử lý dao động từ 82 - 1980 MPN/100 mL. Trong đó, nghiệm thức đối chứng có tổng Coliform cao hơn hai nghiệm thức chế phẩm sinh học khoảng 24,14 lần. Giá trị E. coli của các nghiệm thức sau xử lý dao động từ 60 - 677 MPN/100 mL. Nghiệm thức Emc có mật số E. coli thấp hơn so với các nghiệm thức còn lại đạt 60

MPN/100 mL. Giá trị tổng Coliform trong nước thải sau xử lý của 3 nghiệm thức đạt quy định xả thải đối với nước thải chăn nuôi (cột A: QCVN 62 - MT: 2016/BTNMT). Đối với tổng coliform, E. coli, nghiệm thức Emc và BioEm đạt chất lượng nước cho phép sử dụng phục vụ tưới tiêu (QCVN 08 – MT:2015/BTNMT), trong khi đó nghiệm thức đối chứng giá trị Coliform và E.coli không đạt theo quy chuẩn Việt Nam (Bảng 11).

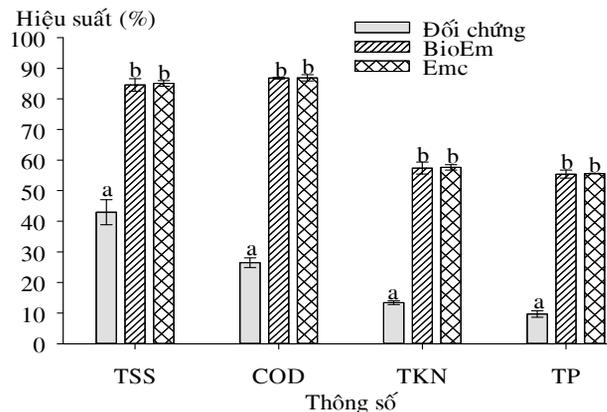
**Bảng 11: Mật số tổng Coliform và E. coli của các nghiệm thức sau xử lý**

Nghiệm thức	Đơn vị	E.coli	Tổng Coliform
Đối chứng	MPN/100 mL	677	1980
Emc		60	82
BioEm		82	82
QCVN 62 - MT: 2016/BTNMT (cột A)		-	3000
QCVN 08 –MT:2015/BTNMT (cột B1)		100	7500

*c. Hiệu suất xử lý nước thải biogas của BioEm và Emc quy mô nông hộ*

Hiệu suất xử lý TSS, COD, TKN và TP của chế

phẩm sinh học BioEm và Emc đạt từ 55,4 - 86,89% và khác biệt so với không sử dụng chế phẩm (Hình 6).



**Hình 6: Hiệu suất xử lý nước thải biogas quy mô nông hộ**

Ghi chú: Các cột trong cùng một nhóm có cùng ký tự (a,b) khác biệt không có ý nghĩa thống kê 5%

– *Đối với chất rắn lơ lửng (TSS)*: Hiệu suất xử lý TSS của BioEm không khác biệt so với nghiệm thức Emc ( $p>0,05$ ), lần lượt là 84,57% và 85,07%, nghiệm thức đối chứng có hiệu suất xử lý TSS thấp khác biệt so với nghiệm thức chế phẩm sinh học ( $p<0,05$ ) đạt 42,93±4,1%. Kết quả nghiên cứu của Nguyễn Văn Mạnh (2007) và Cao Ngọc Diệp và ctv. (2012) cho thấy hiệu suất xử lý TSS trong nước thải ao nuôi cá bằng chế phẩm sinh học dao động trong khoảng 74,67 - 98,29%.

– *Đối với COD*: Nghiệm thức đối chứng có hiệu suất xử lý COD thấp và khác biệt so với nghiệm thức BioEm và Emc ( $p<0,05$ ) đạt 26,45%. Hiệu suất xử lý COD của hai nghiệm thức chế phẩm sinh học khác biệt không có ý nghĩa ( $p>0,05$ ) lần lượt là 86,8% và 86,89%, tương đương với hiệu suất xử lý đạt 87% đã được báo cáo bởi Cao Ngọc Diệp và ctv. (2012).

– *Đối với tổng đạm (TKN)*: Hiệu suất xử lý tổng đạm của nghiệm thức BioEm không khác biệt so với nghiệm thức Emc ( $p>0,05$ ), nhưng có khác biệt so với đối chứng. Hiệu suất xử lý tổng đạm (TKN) của các nghiệm thức dao động trong khoảng 13,4 - 57,6%.

– *Đối với lân tổng số (TP)*: Hiệu suất xử lý tổng lân của nghiệm thức bổ sung chế phẩm sinh học BioEm và Emc cao hơn và khác biệt so với đối chứng ( $p<0,05$ ). Hiệu suất xử lý TP của 2 chế phẩm sinh học không khác biệt ( $p>0,05$ ) lần lượt là 55,4% và 55,6%.

Nhìn chung, xử lý nước thải biogas bằng các chế phẩm sinh học đã giúp loại bỏ được hàm lượng TSS và COD dao động trong khoảng 84,5 - 86,7%, chất lượng nước đầu ra nằm trong giới hạn cho phép của QCVN62-MT:2016/BTNMT, đạt hiệu suất tương đương và thời gian xử lý được rút ngắn chỉ có 9 ngày thay vì 12 ngày so với nghiên cứu của Nguyễn Văn Mạnh (2007) và Cao Ngọc Diệp và ctv. (2012). Nghiên cứu xử lý nước thải bằng thực vật như cây sậy và cây điên điển có hiệu suất xử lý COD dao động trong khoảng 36,4 - 53,4%, hiệu suất xử lý tổng đạm và tổng lân dao động lần lượt là 11,7 - 50% và 16,7 - 64% (Hồ Liên Huệ, 2006; Lê Nhật Quang, 2008), tuy nhiên xử lý bằng thực vật cần có diện tích đất, công lao động cho trồng, chăm sóc và thu hoạch cây, thời gian mỗi vụ trồng khoảng vài tháng. Xử lý nước thải biogas bằng chế phẩm sinh học có hiệu quả đối với TSS và COD, tiết kiệm được thời gian, diện tích đất và công lao động so với xử lý bằng thực vật.

#### 4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

Trong điều kiện thí nghiệm, hiệu suất xử lý TSS trong nước thải biogas của 5 loại chế phẩm sinh học xử lý đạt 70,3 - 82,6%, COD dao động

63,3 - 84,9%, tổng đạm (TKN) dao động 28 - 43,6%, tổng lân (TP) đạt 51,8 - 55%, tổng Coliform đạt 55,6 - 97,1% và *E. coli* đạt 89,2 - 97,3%. Trong đó, chế phẩm Emc và BioEm cho hiệu suất xử lý COD cao khác biệt có ý nghĩa so với EmTech Green, Jumbo A và EmTech BKS.

Hiệu suất xử lý nước thải biogas của chế phẩm BioEm và Emc quy mô nông hộ dao động từ 55,4 - 86,89%, với hiệu suất xử lý TSS đạt 84,57 - 85,07%, COD đạt 86,8 - 86,89%, TKN đạt 57,37 - 57,6% và đạt quy chuẩn xả thải đối với nước thải chăn nuôi (QCVN 62 - MT: 2016/BTNMT). Hàm lượng tổng Coliform đạt quy chuẩn xả thải (QCVN 62-MT: 2016/ BTNMT). Giá trị *E. coli* đạt quy chuẩn xả thải vào nguồn nước sử dụng tưới tiêu (QCVN 08 - MT: 2015/BTNMT).

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- APHA, 1998. Standard Methods for the Examination Water and Wastewater. American Public Health Association, Waldorf, MD, USA.
- Bạch Mạnh Điều, Nguyễn Văn Hải và Trịnh Vĩnh Hiền, 2009. Ứng dụng một số giải pháp kỹ thuật sinh học xử lý nước thải góp phần giảm thiểu ô nhiễm môi trường ở cơ sở giết mổ gia súc gia cầm và chế biến sản phẩm chăn nuôi. Tạp chí Khoa học Công nghệ Chăn nuôi, số 19: 1 - 6.
- Bộ Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn, 2006. TCN - 678:2006 - Tiêu chuẩn vệ sinh nước thải chăn nuôi. Hà Nội.
- Bùi Thị Nga, Nguyễn Thị Như Ngọc và Bùi Huy Thông, 2014. Khả năng sinh khí của bèo tai tượng và lục bình trong túi ủ biogas. Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn. Số 2: 17 - 25.
- Cao Ngọc Diệp, Nguyễn Tân Bình và Nguyễn Thị Xuân My, 2012. Ứng dụng chế phẩm sinh học xử lý nước - bùn đáy ao cá tra nuôi công nghiệp. Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ, số 23a: 1 - 10.
- Hồ Liên Huệ, 2006. Hiệu quả xử lý nước thải chăn nuôi bằng sậy (*Phragmites spp.*). Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ chuyên ngành Khoa học Môi trường. Đại học Cần Thơ. Cần Thơ.
- Huỳnh Hoài Ân, 2012. Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải biogas trong hệ thống đất ngập nước kiến tạo trồng Môn Cảnh (*Caladium bicolor*) và Vạn Niên Thanh (*Aglaonema spp.*). Luận văn Thạc sĩ chuyên ngành Khoa học Môi trường, Đại học Cần Thơ.
- Lê Hoàng Việt và Nguyễn Võ Châu Ngân, 2015. Giáo trình vi sinh vật môi trường. Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ. 401 trang.
- Lê Nhật Quang, 2008. Hiệu quả xử lý nước thải chăn nuôi bằng cây điên điển qua hệ thống chày ngang và dọc. Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ chuyên ngành Khoa học Môi trường. Đại học Cần Thơ. Cần Thơ.

- Metcalf and Eddy, 2003. Wastewater treatment and use in Agriculture. FAO irrigation and drainage paper.
- Nguyễn Đức Lượng và Nguyễn Thị Thùy Dương, 2003. Công nghệ Môi trường. Tập 2. Xử lý chất thải hữu cơ. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Thành phố.
- Nguyễn Thị Hồng và Phạm Khắc Liệu, 2012. Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải chăn nuôi lợn bằng hầm ủ biogas quy mô hộ gia đình ở Thừa Thiên - Huế. Tạp chí Khoa học Đại học Huế, số 4: 83 - 91.
- Nguyễn Thị Kiều Phương, 2011. Đánh giá khả năng hấp phụ đạm và lân trong nước thải biogas bằng tro trấu, tro than đá. Luận văn thạc sĩ chuyên ngành Khoa học Môi trường. Đại học Cần Thơ. Cần Thơ.
- Nguyễn Thị Nhật Linh, 2011. Đánh giá hiệu quả sử dụng các loại chất thải hầm ủ biogas lên cái xanh. Luận văn thạc sĩ chuyên ngành Khoa học Môi trường. Đại học Cần Thơ. Cần Thơ.
- Nguyễn Văn Mạnh, 2007. Thử nghiệm 3 loại chế phẩm sinh học xử lý nước thải chăn nuôi heo và cá tra tại huyện Châu Thành, Tiền Giang. Luận văn thạc sĩ chuyên ngành Khoa học Môi trường. Đại học Cần Thơ.
- Phan Công Ngọc, 2013. Áp dụng và nâng cao hiệu quả xử lý chất thải chăn nuôi lợn bằng hầm biogas kết hợp hồ sinh học. Luận văn thạc sĩ khoa học. Đại học Quốc gia Hà Nội.
- Salameh E., and Sura Harahsheh, 2011. Eutrophication Process in Arid Climates. In Eutrophication: Causes, Consequences and Control (Abid A. Ansari, Sarvajeet Singh Gill, Guy R. Lanza, Walter Rast). Springer.
- Tổng cục Môi trường, 2015. QCVN 08-MT:2015/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về chất lượng nước mặt.
- Tổng cục Môi trường, 2016. QCVN 62 - MT:2016/BTNMT - Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải chăn nuôi.
- Vũ Văn Hiều, Nguyễn Minh Ngọc và Nguyễn Mỹ Hạnh, 2013. Thực trạng xây dựng hầm biogas ở Việt Nam và nâng cao hiệu quả bể biogas. Tạp chí Khoa học Kiến trúc - Xây dựng, số 12: 69 - 73.