

ỨNG DỤNG VI KHUẨN *PSEUDOMONAS STUTZERI* VÀ *ACINETOBACTER LWOFFII* LOẠI BỎ AMONI TRONG NƯỚC THẢI TỪ RÁC HỮU CƠ

Cao Ngọc Diệp¹ và Nguyễn Thị Hoàng Nam

ABSTRACT

Application of Pseudomonas stutzeri and Acinetobacter lwoffii to remove ammonia in wastewater of biowaste was carried out to evaluate their ability of ammonia removal at different concentrations with and without aerobic condition in laboratory condition. The results showed that these species had ammonia removal ability effectively at both 50 mg/l and 100 mg/l ammonia. Pseudomonas stutzeri strain D3b and Acinetobacter lwoffii strain TN7 are the best bacterial species to remove ammonia. Besides that, both of species removed ammonia in aerobic condition better than anaerobic condition. In three days, the ammonia removal efficiency of Pseudomonas stutzeri D3b were 97.2% and 98.57% and Acinetobacter lwoffii TN7 were 96.32% and 98.31% in 50 mg/l and 100 mg/l ammonia concentrations in wastewater of biowaste, respectively.

Keywords: *Acinetobacter lwoffii, ammonia concentration, aeration, Pseudomonas stutzeri, wastewater from biowaste*

Title: *Application of Pseudomonas stutzeri and Acinetobacter lwoffii for ammonia removal treatment in wastewater of biowaste*

TÓM TẮT

Ứng dụng vi khuẩn *Pseudomonas stutzeri* và *Acinetobacter lwoffii* để loại bỏ amoni trong nước thải từ rác hữu cơ được tiến hành nhằm đánh giá khả năng oxi-hóa amoni ở những nồng độ amoni khác nhau trong điều kiện có và không có sục khí ở thí nghiệm trong phòng thí nghiệm. Kết quả cho thấy các dòng vi khuẩn đều có khả năng oxi-hóa amoni rất tốt ở cả nồng độ 50 mg/l và 100 mg/l trong đó dòng *Pseudomonas stutzeri* D3b và dòng *Acinetobacter lwoffii* TN7 có khả năng loại bỏ amoni tốt nhất. Ngoài ra, cả hai dòng vi khuẩn đều xử lý amoni trong điều kiện sục khí tốt hơn không sục khí. Hiệu suất oxi-hóa amoni của *Pseudomonas stutzeri* D3b là 97,2% và 98,57% và dòng *Acinetobacter lwoffii* TN7 là 96,32% và 98,31% ở nồng độ 50 mg/l và 100 mg/l của nước rỉ rác, theo thứ tự trong thời gian 3 ngày.

Từ khóa: *Acinetobacter lwoffii, nồng độ amoni, nước thải từ rác hữu cơ, Pseudomonas stutzeri, sục khí*

1 ĐẶT VẤN ĐỀ

Theo số liệu thống kê thì hầu hết các bãi rác ở Việt Nam đều là bãi lộ thiên, số bãi chôn lấp rác hợp vệ sinh còn quá ít chỉ có khoảng 3 trên gần 100 bãi rác là hợp vệ sinh. Do chất thải không được kiểm soát tại nguồn nên không kiểm soát được thành phần rác thải. Từ đây sản sinh ra một lượng nước rỉ từ rác, nhất là rác hữu cơ, đáng kể có những vi sinh vật mang mầm bệnh cùng với nồng độ các chất bẩn cao, phức tạp gây ô nhiễm mạnh đến nguồn nước mặt và nước ngầm xung quanh. Những nghiên cứu gần đây cho thấy nước rác hữu cơ bị ô nhiễm chủ yếu là do

¹ Viện NC&PT Công nghệ sinh học, Trường Đại học Cần Thơ

hàm lượng amoni và phosphat quá cao, gây độc trong nước. Hợp chất hóa học chứa nitơ và phospho được gọi là thành phần dinh dưỡng trong phạm trù nước thải và là đối tượng gây ô nhiễm khá trầm trọng cho môi trường, trong đó đáng chú ý là ô nhiễm do sự hiện diện amoni ở nồng độ cao, gây độc. Vì vậy nước thải cần phải được kiểm soát và xử lý trước khi thải ra môi trường. Để giải quyết tốt vấn đề trên thì phương pháp phổ biến và hiệu quả nhất được ưa dùng là biện pháp sinh học. Bởi vì so với các biện pháp vật lý và hóa học thì biện pháp sinh học cho hiệu quả cao và triệt để hơn. Bên cạnh đó, việc xử lý nước thải bằng biện pháp sinh học sẽ không gây tái ô nhiễm môi trường như biện pháp hóa học. Ngoài ra, so với biện pháp vật lý và hóa học thì biện pháp sinh học có ưu thế hơn về quy mô cũng như giá thành đầu tư, do chi phí cho một khối lượng chất khử là ít nhất (Chu Thị Thơm *et al.*, 2006). Vậy việc ứng dụng vi sinh vật để xử lý nước thải, giảm thiểu ô nhiễm môi trường yêu cầu cấp bách cần được đầu tư nghiên cứu, ứng dụng và đề tài “Ứng dụng *Pseudomonas stutzeri* và *Acinetobacter lwoffii* loại bỏ amoni trong nước thải từ rác hữu cơ” được thực hiện nhằm tìm ra giải pháp hữu hiệu để góp phần bảo vệ môi trường.

2 PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Các dòng vi khuẩn thí nghiệm

Ba dòng vi khuẩn được sử dụng trong thí nghiệm này gồm dòng *Pseudomonas stutzeri* D3b được phân lập và tuyển chọn từ chất thải ao cá tra ở Tiền Giang (Phạm Mỹ Cẩm, 2008), dòng *Pseudomonas stutzeri* ĐH-N2c được phân lập từ chất thải ao nuôi tôm ở Bạc Liêu (Huỳnh Thị Cẩm Tú, 2009) và dòng *Acinetobacter lwoffii* TN7 được phân lập từ chất thải ao nuôi tôm sú ở Kiên Giang (Dương Thị Bích, 2008). Ba dòng vi khuẩn được trong môi trường BM/NO₃ (Su *et al.*, 2001) lỏng trong 3 bình tam giác riêng, đặt trên máy lắc xoay vòng ở tốc độ 150 v/ph trong 48 giờ ở nhiệt độ 28-30⁰C (trong phòng thí nghiệm) và khi mật số đạt log₁₀>9.0 CFU/ml để tiến hành thí nghiệm.

2.2 Môi trường

Môi trường chuyên biệt để nhân nuôi ba dòng vi khuẩn trên là môi trường BM/NO₃ (Su *et al.*, 2001), môi trường tối thiểu (minimal)(Sikorski *et al.*, 2002) dùng để pha loãng và đếm sống vi khuẩn.

2.3 Nước thải (nước rỉ từ rác hữu cơ)

Nước thải hay còn gọi là nước rỉ rác được sử dụng trong thí nghiệm này là nước rỉ ra từ các vật liệu hữu cơ hay còn gọi rác hữu cơ được thu từ các thí nghiệm xử lý rác thải hữu cơ (Hà Thanh Toàn *et al.*, 2011).

2.4 Phương pháp thí nghiệm

Để đánh giá khả năng oxi-hóa amoni của ba dòng vi khuẩn này, thí nghiệm được bố trí làm 2 bước:

Nước thải rác hữu cơ [nước rỉ rác] có nồng độ amoni là 50 mg/l

Cho 1 lít nước thải rác hữu cơ [có nồng độ 50 mg/l amoni) trong keo nhựa có dung tích 3-L, pH của nước rác từ 7,8 chỉnh lên 8,1 bằng NaOH 1N, chủng 5% dung dịch vi khuẩn. Ở nghiệm thức không sục khí, nước rác sau khi chủng vi khuẩn chỉ

khuấy đều, để yên còn ở nghiệm thức có sục khí, nước rỉ rác được sục khí bằng máy sục khí hồ cá (air-pump) trong 4 giờ, sau đó thêm 1 ml acid acetic/lít, sục khí thêm 1 giờ rồi để yên.

Thí nghiệm có 2 nhân tố với nhân tố 1 là đối chứng và 3 dòng vi khuẩn và nhân tố 2 là sục khí và không sục khí và 4 lần lặp lại; pH nước rỉ rác được đo bằng pH kế, đếm sống vi khuẩn trên môi trường tối thiểu bằng phương pháp đếm sống nhỏ giọt (Hoben và Somasegaran, 1992) và đo hàm lượng amoni (phương pháp so màu) mỗi ngày; thí nghiệm kéo dài cho đến khi hàm lượng amoni giảm xuống ở mức dưới mức B của TCVN 9545-2005.

Nước thải rác hữu cơ [nước rỉ rác] có nồng độ amoni là 100 mg/l

Thực hiện như thí nghiệm trên nhưng pH nước rác ban đầu (7,4) không điều chỉnh lên 8,1. Bố trí thí nghiệm, thu mẫu và các chỉ tiêu đo, đếm như trình bày trong thí nghiệm 1.

Số liệu được phân tích thống kê bằng phần mềm EXCEL của Window XP, so sánh sự khác biệt của các trị số trung bình được bằng kiểm định LSD.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Kết quả

Ảnh hưởng của vi khuẩn và điều kiện sục khí lên suy giảm nồng độ amoni trong nước thải

3.1.1 Nồng độ ban đầu là 50 mg/l

Điều kiện sục khí

Trong Bảng 1 cho thấy hiệu quả của vi khuẩn làm giảm nồng độ amoni trong nước rỉ rác từ 50 mg/l xuống còn 19,68; 23,07 và 18,88 mg/l trong ngày thứ 1 sau khi chủng vi khuẩn vào nước thải rác hữu cơ so với nghiệm thức đối chứng còn 43,39 mg/l nhưng đến ngày thứ 2, cả ba dòng vi khuẩn đều làm giảm nồng độ amoni xuống từ 1,20 đến 3,40 mg/l [đạt mức A của TCVN 9545 2005] trong đó dòng hai dòng *Acinetobacter lwoffii* TN7 (1,79 mg/l) và dòng *Pseudomonas stutzeri* D3b (1,17 mg/l) đạt mức thấp nhất.

Bảng 1: Hiệu quả của ba dòng vi khuẩn đến nồng độ amoni (mg/l) trong nước rỉ rác trong điều kiện có và không có sục khí theo thời gian

Nghiệm thức	Sục khí				Không sục khí			
	Đối chứng	Dòng TN7	Dòng ĐH-N2c	Dòng D3b	Đối chứng	Dòng TN7	Dòng ĐH-N2c	Dòng D3b
Ngày 1	43,39	19,68	23,07	18,88	42,52	24,11	27,38	20,91
Ngày 2	39,52	1,79	3,39	1,17	39,02	7,35	15,23	11,38
Ngày 3	36,71	1,84	2,30	1,40	40,08	4,75	8,71	3,78
	LSD.01 = 1,04				CV = 3,85%			

Điều kiện không sục khí

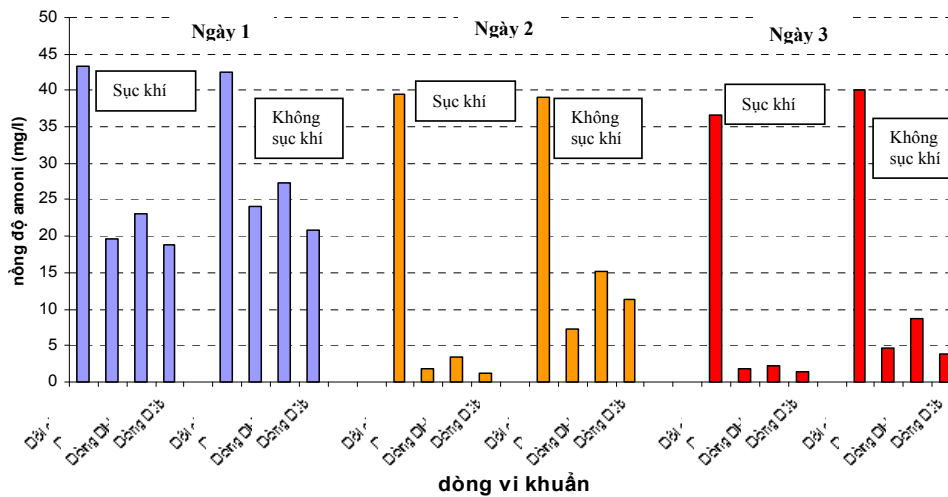
Trong điều kiện không có sục khí, nồng độ amoni trong nước rỉ rác có chủng 3 dòng vi khuẩn giảm xuống 50% và cho đến ngày thứ 3 dòng D3b và dòng TN7 có khả năng giảm nồng độ amoni trong nước rỉ rác xuống dưới mức A (<5 mg/l) trong khi đó nồng độ amoni trong nghiệm thức 1 [đối chứng] không giảm bao nhiêu. Khi so sánh quá trình nước rỉ rác có sục khí và không có sục khí cho thấy

sục khí làm giảm nồng độ amoni trong nước rỉ rác đáng kể (còn 16,09 mg/l) so với nước rỉ rác không sục khí (20,44 mg/l)(LSD.01 = 0,31 mg/l). Như vậy chủng vi khuẩn (nhất là 2 dòng TN7 và D3b) và có sục khí làm cho nồng độ amoni trong nước rỉ rác giảm nhanh chóng từ 50 mg/l xuống <2,30 mg/l trong 2 ngày. Tuy nhiên, pH của nước rỉ rác dù có chủng vi khuẩn hay không chủng vi khuẩn cũng không thay đổi đáng kể (pH>8) mặc dù các nghiệm thức có chủng vi khuẩn có pH trong nước rỉ rác tăng hơn so với pH của nước rỉ rác không xử lý vi khuẩn (Bảng 2).

Bảng 2: Hiệu quả của ba dòng vi khuẩn trên pH trong nước rỉ rác trong điều kiện có và không có sục khí theo thời gian

Nghiệm thức	Sục khí				Không sục khí			
	Đối chứng	Dòng TN7	Dòng ĐH-N2c	Dòng D3b	Đối chứng	Dòng TN7	Dòng ĐH-N2c	Dòng D3b
Ngày 1	8,13	8,35	8,23	8,33	8,13	8,38	8,23	8,43
Ngày 2	8,20	8,43	8,28	8,53	8,18	8,38	8,25	8,43
Ngày 3	8,11	8,51	8,18	8,58	8,23	8,53	8,35	8,51
LSD.01 = 0,12				CV = 1,13%				

Qua kết quả phân tích thống kê cho thấy sục khí làm giảm lượng amoni đáng kể so với không sục khí; hai dòng vi khuẩn TN7 và D3b có khả năng loại bỏ amoni cao hơn dòng ĐH-N2c và lượng amoni trong nước rỉ rác giảm dần theo thời gian (Hình 1).



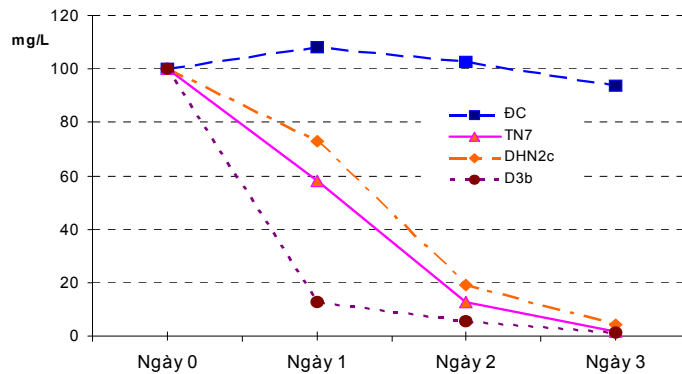
Hình 1: Hiệu quả của các dòng vi khuẩn khử đạm và sục khí đến nồng độ amoni (mg/l) theo thời gian (LSD.01 = 3.85; CV=1.04%)

3.1.2 Nồng độ ban đầu là 100 mg/l

Điều kiện sục khí

Ở nồng độ amoni cao hơn (100 mg/l), các dòng vi khuẩn cũng chứng minh khả năng oxi-hóa amoni trong đó nổi bật là dòng D3b chỉ sau 1 ngày đã giảm nồng độ amoni từ 100 mg/l xuống còn 12,71 mg/l (Hình 2) trong khi dòng TN7 chỉ giảm phân nửa và dòng ĐH-N2c chỉ giảm 25%.

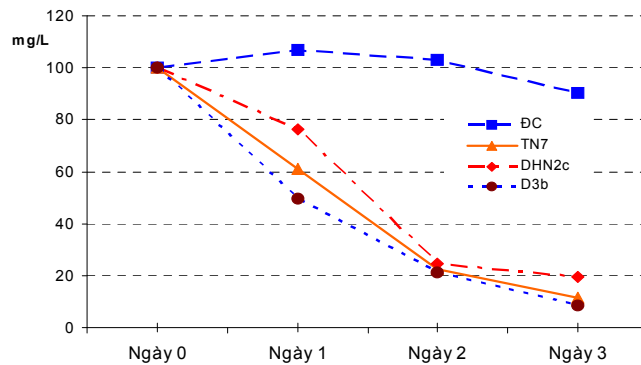
Đến ngày thứ 3, cả ba dòng vi khuẩn đều làm giảm hàm lượng amoni trong nước rỉ rác xuống dưới 5 mg/l (đạt mức A TCVN 9545-2005) trong đó 2 dòng TN7 và D3b nổi bật so với dòng DH-N2c trong khi đó hàm lượng amoni trong nước rỉ rác ở nghiệm thức đối chứng không giảm bao nhiêu (từ 100 mg/l xuống 93,55 mg/l), điều này cho thấy tác dụng của vi khuẩn khử đạm trong điều kiện có sục khí.



Hình 2: Hiệu quả của ba dòng vi khuẩn trên hàm lượng amoni (mg/l) trong nước rỉ rác trong 3 ngày có sục khí

Điều kiện không có sục khí

Trong điều kiện không có sục khí, ba dòng vi khuẩn làm giảm lượng amoni trong nước rỉ rác nhưng hiệu suất thấp hơn, dòng D3b chỉ làm giảm 50% lượng amoni trong ngày thứ 1 và đến ngày thứ ba thì làm giảm lượng amoni xuống còn 8,69 mg/l, dòng TN7 còn 11,64 mg/l và dòng DH-N2c còn khoảng 20 mg/l; hiệu suất trên chỉ tương đương với điều kiện có sục khí sau 1 ngày (Hình 3).



Hình 3: Hiệu quả của ba dòng vi khuẩn trên hàm lượng amoni (mg/l) trong nước rỉ rác trong 3 ngày không có sục khí

Kết quả từ Bảng 3 cho thấy pH của nước rỉ rác có hay không có xử lý vi khuẩn đều có sự khác biệt rất lớn; trong điều kiện có sục khí, pH của nước rỉ rác có sự biến động không có xử lý vi khuẩn chỉ biến động từ 7,45 đến 7,63 trong khi pH của nước rỉ rác có xử lý vi khuẩn biến động từ 5,98 đến 7,60 đặc biệt dòng D3b, pH từ trung tính tăng chậm trong khi hai dòng TN7 và DH-N2c làm cho pH của nước rỉ

rác ngày thứ 1 giảm và tăng dần trong ngày 2 và 3. Trái lại, ở điều kiện không có sục khí, pH của nước rỉ rác của nghiệm thức không xử lý và xử lý vi khuẩn đều tăng từ ngày thứ 1 như vậy tác dụng của sục khí có ảnh hưởng sự làm giảm pH trong ngày thứ 1 so với điều kiện không có sục khí.

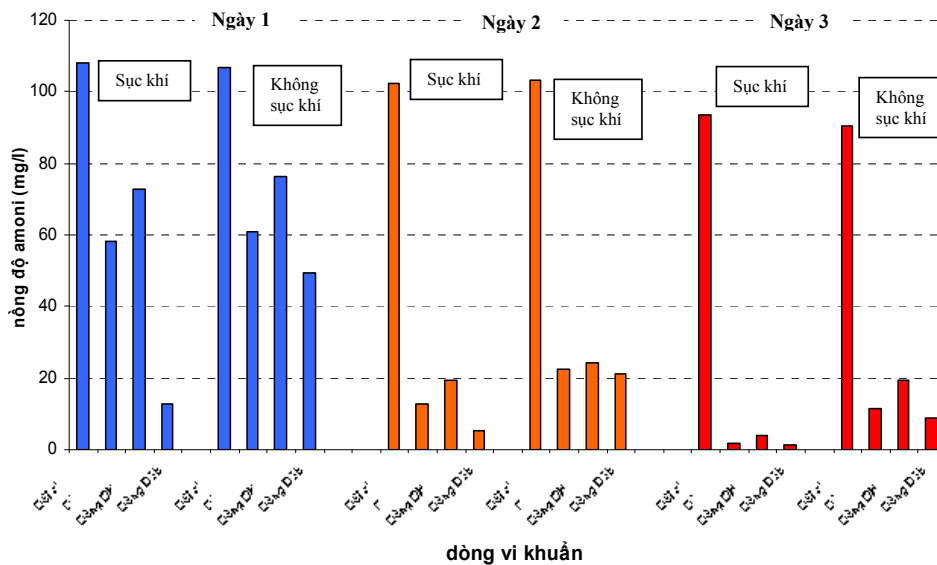
Bảng 3: Hiệu quả của ba dòng vi khuẩn trên pH trong nước rỉ rác có và không có sục khí

Nghiệm thức	Sục khí				Không sục khí			
	Đối chứng	Dòng TN7	Dòng ĐH-N2c	Dòng D3b	Đối chứng	Dòng TN7	Dòng ĐH-N2c	Dòng D3b
Ngày 1	7,45	5,98	6,30	7,18	7,53	7,83	7,93	7,93
Ngày 2	7,60	7,20	6,40	7,55	7,70	8,10	7,83	8,05
Ngày 3	7,63	7,38	7,25	7,60	7,80	8,15	8,00	8,28
LSD.01 = 0,17				CV = 1,58%				

Mật số vi khuẩn khử đạm trong nước rỉ rác ở cả điều kiện sục khí và không sục khí đều cao hơn đối chứng (Bảng 4) tuy nhiên trong điều kiện có sục khí, mật số vi khuẩn luôn cao hơn trong điều kiện không có sục khí đặc biệt là hai dòng TN7 và D3b luôn có mật số khá cao ($\log_{10} > 9.0$ CFU/ml) hơn dòng ĐH-N2c. Nhìn chung mật số vi khuẩn của nghiệm thức có sục khí cao hơn không sục khí và mật số tăng dần theo thời gian (Bảng 5) trong đó dòng D3b luôn có mật số cao nhất kể đến là dòng TN7 và thấp nhất là dòng ĐH-N2c.

Bảng 4: Mật số vi khuẩn khử đạm (\log_{10} CFU/ml) trong nước rỉ rác có và không có sục khí

Nghiệm thức	Sục khí				Không sục khí			
	Đối chứng	Dòng TN7	Dòng ĐH-N2c	Dòng D3b	Đối chứng	Dòng TN7	Dòng ĐH-N2c	Dòng D3b
Ngày 1	3,51	8,37	8,02	8,68	3,34	8,25	7,96	8,20
Ngày 2	3,81	9,09	8,50	9,54	3,37	9,06	8,25	9,10
Ngày 3	3,90	9,21	9,54	9,46	3,69	9,08	8,38	9,25
LSD.01 = 0,97				CV = 0,09%				



Hình 4: Hiệu quả của các dòng vi khuẩn khử đạm và sục khí đến nồng độ amoni (mg/l) theo thời gian (LSD.01 = 1.39; CV=2.12%)

3.2 Thảo luận

Ở nồng độ 50 mg/l và trong điều kiện sục khí đã làm giảm lượng amoni trong nước rỉ rác rất nhanh (chỉ sau 2 ngày đạt mức A TCVN 9545 2005) có lẽ lượng oxy hòa tan trong giai đoạn đầu đã giúp lượng amoni chuyển hóa sang dạng khác nhanh hơn (Kristensen *et al.*, 1992) đồng thời bổ sung acid acetic như là nguồn carbon thích hợp cho vi khuẩn phát triển (Fush và Chen, 1975). Trong thí nghiệm này, nước rỉ rác được điều chỉnh lên 8,1 nên pH của nước rỉ rác ổn định như là dạng đệm (buffer)(Obaja *et al.*, 2003) cho nên pH ở nước rỉ rác cả hai qui trình sục khí và không sục khí không khác biệt nhau mặc dù chủng vi khuẩn có làm cho pH nước rỉ rác tăng lên trong những ngày sau.

Ở nồng độ 100 mg/l và pH của nước rỉ rác không điều chỉnh cho thấy sự hiện diện của vi khuẩn khử đạm làm cho pH giảm xuống trong ngày thứ 1 so với đối chứng nhưng sau đó tăng dần lên ở điều kiện sục khí (có bổ sung acid acetic) trái lại trong điều kiện không sục khí thì pH của nước rỉ rác có chủng vi khuẩn khử đạm đều tăng dần theo thời gian. Tuy nhiên dù cho pH của nước rỉ rác có giảm nhưng hàm lượng amoni trong các nghiệm thức có chủng vi khuẩn đều giảm đặc biệt là dòng D3b và TN7 giảm rất mạnh và đạt mức A sau 3 ngày trong điều kiện có sục khí thể nhưng trong điều kiện không sục khí, pH của nước rỉ rác có xử lý vi khuẩn có tăng nhưng lượng amoni vẫn giảm dù không bằng trong điều kiện sục khí; điều này cho thấy pH trong nước rỉ rác không liên quan đến lượng amoni mà chính là tác động của vi khuẩn làm giảm amoni với sự hỗ trợ của khí oxy và acid acetic. Đồng thời mật số vi khuẩn khử đạm trong nước rỉ rác đều cao nhất là dòng D3b cũng như tốc độ giảm lượng amoni tăng theo, như vậy vai trò của mật số vi khuẩn trong giai đoạn đầu (ngày 1) làm giảm lượng amoni rất có ý nghĩa trong điều kiện sục khí và cung cấp nguồn carbon thích hợp cho tỉ lệ C/N tối ưu (Bernet *et al.*, 1996) giúp cho vi khuẩn tăng trưởng mạnh.

Qua kết quả từ hai thí nghiệm trên cho thấy hai dòng vi khuẩn *Pseudomonas stutzeri* D3b và *Acinetobacter lwoffii* TN7 hoạt động hữu hiệu trong điều kiện sục khí và bổ sung acid acetic như là nguồn carbon thích hợp để làm giảm lượng amoni nhanh trong nước rỉ rác trong điều kiện pH trong nước rỉ rác dao động từ 6.0 đến 8.0 phù hợp trong khoảng pH cho phép (TCVN 33-85).

4 KẾT LUẬN & ĐỀ NGHỊ

4.1 Kết luận

Sử dụng hai dòng vi khuẩn *Pseudomonas stutzeri* D3b và *Acinetobacter lwoffii* TN7 để loại bỏ amoni (oxi-hóa) trong nước rỉ rác có hàm lượng amoni từ 50 đến 100 mg/l trong điều kiện sục khí 4 giờ bổ sung 1 ml acid acetic cho 1 lít nước rỉ rác là qui trình tốt nhất.

4.2 Đề nghị

Ứng dụng qui trình trên với dung tích lớn hơn (1 hay 10 m³)

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bennet, N., N. Delgenes, and R. Molette, 1996. Denitrification by anaerobic sludge in piggery wastewater. *Environmental Technology* 17, 293-300.
- Chu Thị Thơm, Phan Thị Lài và Nguyễn Văn Tó, 2006. *Cải Tạo Môi Trường Bằng Chế Phẩm Vi Sinh Vật*, Nxb Lao Động.
- Dương Thị Bích, 2008. Phân lập vi khuẩn khử đạm *Pseudomonas stutzeri* và vi khuẩn oxy hóa ammonia (AOB) từ nước, bùn đáy ao nuôi tôm sú và nuôi cá tra tại tỉnh Kiên Giang. Luận văn tốt nghiệp Thạc sĩ ngành Sinh Thái học, Đại học Cần Thơ.
- Fush, G.W., W. Chen, 1975. Phosphate removal in the activated sludge process. *Microbiology* 2, 119-123.
- Hà Thanh Toàn, Nguyễn Trần Ngọc Bích và Cao Ngọc Diệp, 2011. Khả năng phân hủy rác thải hữu cơ của vi khuẩn phân giải tinh bột. *Tạp chí Khoa học của Trường Đại học Cần Thơ* 17a, 93-102.
- Hoben, H.J. and P. Somasegaran, 1982. Comparison of the Pour, Spred and Drop Plate Methods for Enumeration of *Rhizobium* spp. in Inoculants made from Presterilized Peat. *Appl. Environ. Microbiol.* 44, 1246-1247.
- Huỳnh Thị Cẩm Tú, 2009. Phân lập vi khuẩn khử đạm *Pseudomonas stutzeri* trong ao nuôi tôm sú tại Bạc Liêu. Luận văn tốt nghiệp Thạc sĩ ngành Công nghệ sinh học, Đại học Cần Thơ.
- Kristensen, H.G., P. E. Forngensen and M. Henze, 1992. Characterization of function microorganism group and substrate in activated sludge and wastewater by AUR, NUR and OUR. *Water Science and Technology* 25, 43-57.
- Obaja, D., S. Mace1, J. Costa, C. Sans, J. Mata-Alvarez, 2003. Nitrification, denitrification and biological phosphorus removal in piggery wastewater using a sequencing reactor. *Bioresource Tech.* 87, 103-111.
- Pham Mỹ Cẩm, 2008. Phân lập vi khuẩn khử đạm *Pseudomonas stutzeri* trong ao nuôi cá tra tại Tiền Giang. Luận văn tốt nghiệp Thạc sĩ ngành Sinh Thái học, Đại học Cần Thơ.
- Sikorski, J., N. Teschner and W. Wackernagel, 2002. Highly different levels of natural transformation are associated with genomic subgroups within a local population of *Pseudomonas stutzeri* from soil. *Appl. Environ. Microbiol.* 68(2), 865-873.
- Su, J.J., B.Y. Liu and Y.C. Chang, 2001. Identifying an interfering factor on chemical oxygen demand (COD) determination in piggery wastewater and eliminating the factor by an indigenous *Pseudomonas stutzeri* strain. *Applied Microbiology*, 33(6), 440-444.