

NGHIÊN CỨU XỬ LÝ SINH HỌC CHO NƯỚC THẢI NUÔI TÔM TẠI BÌNH ĐỊNH BẰNG CÔNG NGHỆ SEQUENCING BATCH REACTOR

Đến tòa soạn 26-7-2019

Lê Thị Thanh Thúy, Hồ Huy Tùng, Võ Thị Đăng Thạch

Bộ môn Hóa học, khoa Khoa học Tự nhiên, Trường Đại học Quy Nhơn

SUMMARY

BIOLOGICAL TREATMENT OF SHRIMP AQUACULTURE WASTEWATER IN BINH DINH USING A SEQUENCING BATCH REACTOR

The shrimp aquaculture wastewater is taken from shrimp ponds in Phuoc Son village, Tuy Phuoc district, Binh Dinh province. This water contained high concentrations of carbon and nitrogen and was successfully treated using a sequencing batch reactor (SBR). By operating the reactor sequentially in aerobic, anoxic and aerobic modes, nitrification and denitrification were achieved, as well as removal of carbon. Specifically, the initial chemical oxygen demand (COD) concentration of 455,8 mg/l was reduced to 78,5 mg/l within 8 days of reactor operation. Ammonia in the sludge was nitrified. The denitrification of nitrate was achieved by the anoxic process and total removal of nitrite was observed. The total suspended solids (TSS) content was reduced quickly. The results indicated that the temperature range of 28 – 38 °C produced best results in terms of maximum nitrogen and carbon removal from the wastewater. The SBR system showed promising results and could be used as a viable treatment alternative in the shrimp industry.

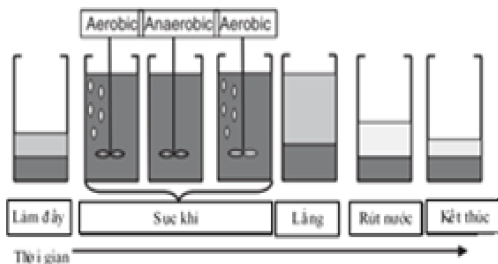
Keywords. Shrimp wastewater; Sequencing batch reactor; Chemical oxygen demand, Ammonium, Nitrification; Denitrification.

1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, hoạt động nuôi tôm tại Bình Định nói riêng và Việt Nam nói chung đang phát triển rất mạnh mẽ, đem lại nhiều lợi ích thiết thực cho nông dân và trở thành ngành kinh tế quan trọng [1]. Tuy nhiên bên cạnh những giá trị kinh tế do nuôi tôm mang lại thì một lượng lớn nước thải từ việc nuôi tôm cũng gây những ảnh hưởng lớn đến môi trường. Nguyên nhân chính do đặc tính nước thải nuôi tôm trong môi trường nước lợ có chứa hàm lượng lớn amoniac, nitrat, nitrit, cacbon, độ mặn thấp và lượng bùn cao nên đã gây khó khăn cho các nhà nghiên cứu lựa chọn phương pháp xử lý. Trong những nghiên cứu gần đây cho thấy để xử nước thải nuôi tôm, các nhà khoa học trên thế giới đã lựa chọn sử dụng công nghệ sinh học xử lý nước thải vận hành tuần tự

theo mẻ Sequencing Batch Reactor (SBR - xử lý hiếu khí kết hợp thiếu khí) bởi những tính ưu việt của phương pháp này mang lại cho xử lý nguồn nước thải này [2,3]. Cụ thể phương pháp SBR có nhiều ưu điểm trong việc tách bùn, quá trình nitrat hóa có thể được thực hiện nhờ vi sinh vật hiếu khí và khử nitrat hóa được thực hiện bởi quá trình thiếu khí [2,4]. Khi hệ SBR hoạt động hiếu khí, quá trình nitrat hóa đã giúp chuyển hóa amoni thành nitrat, điều này giúp làm giảm lượng amoni trong nước thải. Khi hệ vận hành trong điều kiện thiếu oxy, xảy ra sự khử nitrat hóa và lượng nitrat trong bùn được chuyển thành nitrit, nitơ oxit và khí nitơ. Kết quả là nitrat đã được loại bỏ hoàn toàn. Quá trình này được thực hiện thành công nhờ vào những hệ vi sinh vật có trong bùn như các vi sinh vật giúp thực hiện quá trình

nitrat hóa và khử nitrat hóa (*Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, *Pseudomonas*,...) có khả năng chuyển hóa nitơ trong bùn. Chúng ta không cần phải thêm các vi sinh vật đặc biệt cho sự trao đổi chất của carbon và nitơ, vì SBR đã loại bỏ thành công cả hai khối nước thải. Lượng COD trong nước thải cũng được giảm mạnh chủ yếu nhờ vào quá trình hiếu khí [5]. Vì vậy công nghệ SBR phù hợp cho xử lý nước thải nuôi tôm. Bể SBR hoạt động theo một chu kỳ tuần hoàn với 5 quá trình bao gồm: Làm đầy, sục khí, lắng, rút nước và nghỉ (hình 1) [4].



Hình 1. Sơ đồ của một hệ SBR điển hình

Trong nghiên cứu này chúng tôi đã xây dựng một hệ xử lý nước thải nuôi tôm ở quy mô pilot. Để giảm chi phí xây dựng và vận hành theo công nghệ SBR, trong nghiên cứu này chúng tôi đã tính toán để ghép các bể xử lý (hình 1) vào cùng một bể xử lý (hình 2). Ngoài ra để tăng khả năng lọc sinh học của hệ vi sinh, chúng tôi đã kết hợp phương pháp SBR với phương pháp MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor) đó là cho nước thải đi qua hệ lọc sinh học chứa màng sinh học gắn chất mang là vật liệu xốp ở dạng lơ lửng. Quá trình xử lý được vận hành tuần tự theo quy trình SBR hiếu khí kết hợp thiếu khí.

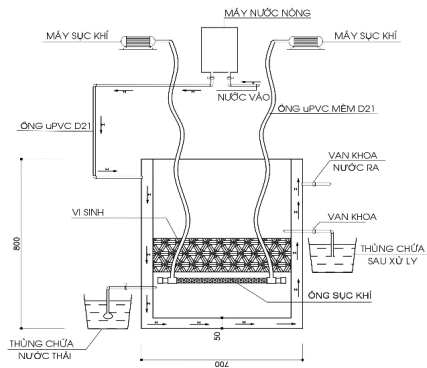
2. THỰC NGHIỆM

2.1. Nước thải nuôi tôm

Nước thải nuôi tôm được lấy ở mương chứa nước thải bên cạnh hồ nuôi tôm trên địa bàn xã Phước Sơn – Huyện Tuy Phước - Tỉnh Bình Định. Nước thải trước khi đưa vào bể xử lý đã được gạn lắng sơ bộ, sau đó điều chỉnh pH = 6,5 ÷ 7 và thực hiện quá trình xử lý ở những nhiệt độ nghiên cứu khác nhau ở quy mô pilot.

2.2. Thực nghiệm xử lý nước thải nuôi tôm

2.2.1. Chế tạo thiết bị xử lý ở quy mô pilot



Hình 2. Sơ đồ thiết bị xử lý ở quy mô pilot theo công nghệ MBBR-SBR (mặt cắt dọc)

* Thiết bị được xây dựng với một số thông số sau:

- Chiều cao bể sinh học: 80 cm
- Chiều dài bể sinh học: 60 cm
- Chiều rộng bể sinh học: 40 cm
- Chiều cao lớp vật liệu lọc: 20 cm
- Thể tích nước thải: : 70 lit

Vật liệu polistiren (xốp) được dùng làm chất mang vi sinh dạng hạt hình hộp chữ nhật có kích thước khoảng 2 cm³, nổi trên mặt nước được sử dụng làm giá thể cho vi sinh vật bám dính (được giữ chìm trong nước bởi hai tấm lưới chắn ở hai đầu bể sinh học).

2.2.2. Thực nghiệm nuôi cấy vi sinh

Hệ vi sinh hiếu khí và vi sinh thiếu khí được nuôi cấy theo quy trình SBR trên chất mang là vật liệu xốp và được thực hiện liên tục trong khoảng thời gian 2 tháng để có được hệ vi sinh ổn định. Nguồn vi sinh nuôi cấy lấy từ chính nguồn nước thải nuôi tôm, sau đó hệ vi sinh này được phát triển trong điều kiện chính nước thải nuôi tôm trên thiết bị chế tạo được. Trong quá trình nuôi cấy, chúng tôi đã cung cấp thêm các chất dinh dưỡng và những điều kiện nuôi cấy thích hợp để vi sinh phát triển. Sau khoảng thời gian nuôi cấy, vi sinh dần dần hình thành màng trên vật liệu xốp.

Để kiểm tra kết quả của sự tạo màng vi sinh vật trên chất mang, chúng tôi đã tiến hành chụp ảnh màng vi sinh trên kính hiển vi điện tử quét (SEM) kết quả được thể hiện ở hình 4.

2.2.3. Thực nghiệm xử lý nước thải nuôi tôm

Nước thải nuôi tôm sau khi lấy về gạn lắng sơ bộ, điều chỉnh pH và được bơm vào bể chứa

nước thải (Hình 2). Để điều chỉnh lượng oxy hòa tan (DO) khi thực hiện quá trình xử lý hiếu khí ($DO = 5 \div 6$ mg/l) chúng tôi đã sử dụng máy sục khí. Máy sục khí sẽ tắt khi thực hiện quá trình thiếu khí. DO cho quá trình xử lý thiếu khí $\sim 0,1$ mg/l. Thiết bị sinh học sẽ được vận hành tuần tự theo mẻ (SBR) trong khoảng thời gian 8 ngày. Hai ngày đầu tiên, thiết bị được vận hành ở chế độ hiếu khí, sau đó 3 ngày tiếp theo thiết bị ở chế độ xử lý thiếu khí. Tiếp theo xử lý hiếu khí trong 2 ngày và 1 ngày cuối để lắng và rút nước sau xử lý. Mục đích của thí nghiệm này là tối ưu hóa quá trình xử lý hiếu khí và thiếu khí để loại bỏ hoàn toàn carbon và nitơ.

Thực nghiệm chúng tôi xử lý các mẫu nước thải nuôi tôm thực tế ở điều kiện nhiệt độ phòng (28°C), đánh giá các thông số trong quá trình xử lý sau đó nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình xử lý. Nhiệt độ cho xử lý nước thải được nghiên cứu ở 28°C , 33°C , 38°C , 45°C .

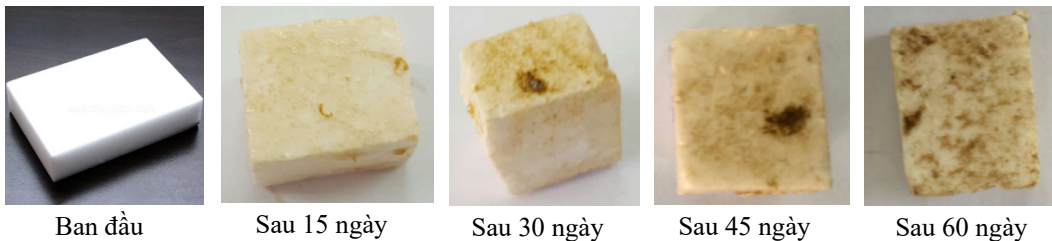
2.3. Phương pháp phân tích

Xác định các thông số đặc trưng cho quá trình xử lý theo phương pháp chuẩn về phân tích môi trường: Amoni và nitrit được phân tích định kỳ theo thời gian theo phương pháp TCVN 6179-1:1996 (xác định amoni); TCVN 6178:1996 (xác định nitrit); COD được phân tích theo phương pháp chuẩn TCVN 6491:1999; BOD được phân tích theo phương pháp TCVN 6001-1 : 2008; DO/nhiệt độ được đo bằng đầu dò DO (Hana Hi 98193). Độ pH được đo bằng đầu dò pH (Hanna Hi 8424 – USA).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả của quá trình nuôi cấy và tạo màng vi sinh

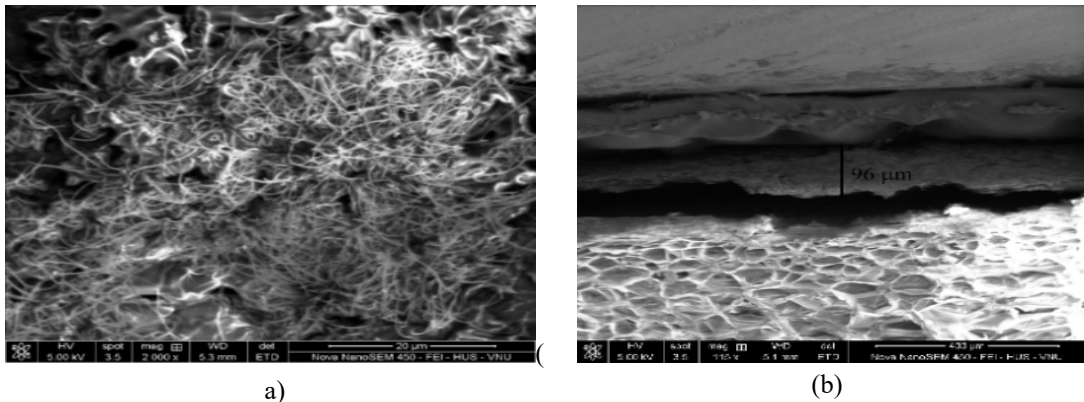
Vi sinh hiếu khí và vi sinh thiếu khí được nuôi cấy trong pilot theo phương pháp vận hành tuần tự SBR trên chất mang là vật liệu xốp ở dạng lơ lửng. Một vài hình ảnh trực quan của miếng xốp theo thời gian của quá trình nuôi cấy vi sinh:



Hình 3: Bề mặt miếng xốp theo thời gian nuôi cấy vi sinh

Kết quả hình 3 cho thấy với miếng xốp ban đầu có màu trắng sau khoảng thời gian 2 tháng làm chất mang vi sinh, ta thấy bề mặt miếng xốp đã

có sự thay đổi. Lớp màng sinh học được hình thành trên bề mặt xốp và lớp màng này dày theo thời gian.



Hình 4: Ảnh SEM bề mặt lớp màng vi sinh (a) và chiều dày lớp màng vi sinh (b)

Kết quả hình 4 cho thấy bề mặt lớp vật liệu xốp được phủ lên bởi lớp màng vi sinh có chiều dày khoảng 96 μm . Chính nhờ lớp màng sinh học này mà các hợp chất hữu cơ, hợp chất chứa nitơ, photpho,... có thể bị giữ lại và được phân hủy bởi vi sinh vật có trên lớp màng này.

3.2. Kết quả xử lý nước thải nuôi tôm trên hệ pilot theo kỹ thuật SBR ở điều kiện nhiệt độ phòng (28°C)

Hiệu quả quá trình xử lý được thực hiện với 3 mẫu nước thải nuôi tôm được lấy tại các vị trí xả thải của các hồ nuôi tôm tại xã Phước Sơn – Huyện Tuy Phước - Tỉnh Bình Định (Mẫu M1, M2 và M3, thứ tự xử lý qua hệ pilot lần lượt từ mẫu M1 đến M3 nhằm đánh giá tính ổn định của hệ xử lý). Kết quả xử lý được trình bày ở các bảng 1, 2, và 3.

Bảng 1. Sự biến đổi các thông số đặc trưng của nước thải nuôi tôm theo thời gian xử lý mẫu M1

Thời gian (ngày)	Quá trình	pH	Độ muối (%)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)
Ban đầu		6,81	10	550	467,5	3,02	0,49
2	Hiếu khí	7,62	10	220	325,8	0,71	0,78
5	Thiếu khí	7,24	10	90	186,5	0,32	0,36
7	Hiếu khí	7,89	10	80	135,9	0,22	0,31
8	Lắng	7,46	10	70	88,6	0,09	0,24

Bảng 2. Sự biến đổi các thông số đặc trưng của nước thải nuôi tôm theo thời gian xử lý mẫu M2

Thời gian (ngày)	Quá trình	pH	Độ muối (%)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)
Ban đầu		6,64	10	540	455,8	3,42	0,83
2 ngày	Hiếu khí	7,78	10	250	348,4	1,64	1,05
5 ngày	Thiếu khí	7,34	10	150	145,5	0,74	0,52
7 ngày	Hiếu khí	8,05	10	90	113,4	0,34	0,42
8 ngày	Lắng	7,56	10	60	78,5	0,18	0,26

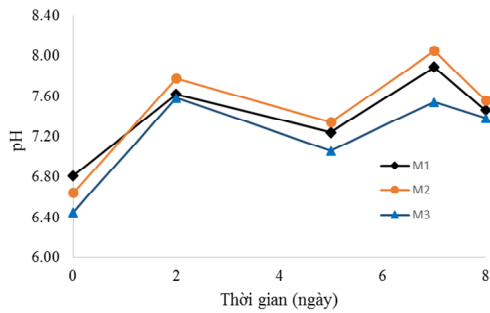
Bảng 3. Sự biến đổi các thông số đặc trưng của nước thải nuôi tôm theo thời gian xử lý mẫu M3

Thời gian (ngày)	Quá trình	pH	Độ muối (%)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)
Ban đầu		6,45	10	490	478,3	3,81	0,64
2 ngày	Hiếu khí	7,58	10	150	334,6	2,16	0,86
5 ngày	Thiếu khí	7,06	10	120	223,4	1,21	0,25
7 ngày	Hiếu khí	7,54	10	90	125,5	0,56	0,19
8 ngày	Lắng	7,38	10	70	94,6	0,24	0,08

Kết quả ở bảng 1, 2, 3 cho thấy với quy trình hiếu khí trong 4 ngày và quy trình thiếu khí trong 3 ngày, chế độ hoạt động đơn giản này đã loại bỏ gần như hoàn toàn tất cả cacbon và nitơ trong nước thải. Ngoài ra hệ vi sinh vật trong nước thải không chỉ chuyển hóa cacbon mà còn có thể thực hiện quá trình nitrat hóa và

khử nitrat. Điều này được chứng minh ở kết quả COD và các chỉ số phân tích hợp chất nitơ giảm mạnh đạt yêu cầu cho phép được thải vào nguồn nước chung (QCVN 02 - 19 : 2014/BNNPTNT dành cho các cơ sở nuôi tôm nước lợ). Để thấy rõ quy luật biến đổi các thông số trong quá trình xử lý, chúng tôi đã vẽ



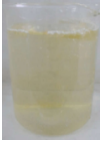
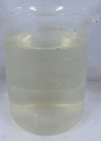

đồ thị để phân tích sự biến đổi các thông số trên theo thời gian.



Hình 5. Đồ thị sự thay đổi pH trong quá trình xử lý theo thời gian

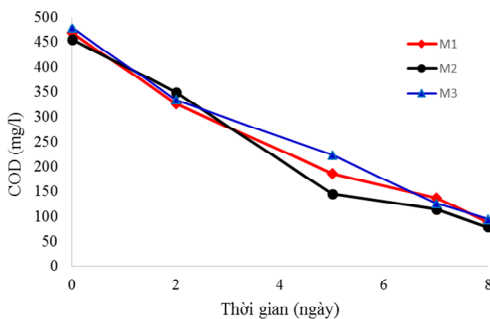
Từ kết quả xử lý cũng cho thấy pH trong quá trình xử lý có sự biến đổi nhẹ, ở thời gian đầu của quá trình hiếu khí, pH có sự tăng nhẹ nhưng đến giai đoạn xử lý thiếu khí pH có sự giảm. Điều này được giải thích do ở giai đoạn đầu xử lý hiếu khí, dưới sự chuyển hóa của vi sinh vật hiếu khí các hợp chất hữu cơ chứa nitơ đã chuyển hóa một phần thành NH₃ nên pH có sự tăng nhẹ. Đến giai đoạn xử lý thiếu khí, trong hệ đã xảy ra quá trình lên men axit bởi sự

xuất hiện những vi sinh vật kỵ khí. Những hidratcacbon rất dễ bị phân hủy sinh hóa thành axit béo với trọng lượng phân tử thấp nên pH của môi trường giảm [6]. Ở giai đoạn sau, sự lên men axit chấm dứt và xảy ra sự lên men kiềm hay lên men metan nên pH tăng lên trở lại và dung dịch chuyển sang môi trường kiềm. Tuy nhiên ở giai đoạn cuối của quá trình xử lý, pH của môi trường ít bị biến đổi. Nguyên nhân có thể lúc này amoniac tác dụng với CO₂ tạo ra muối cacbonat và tạo cho môi trường có tính đệm rất cao nên pH của dung dịch ít bị thay đổi [6]. Nhìn chung pH của quá trình xử lý luôn ở trong ngưỡng giá trị cho phép của sự sinh trưởng và phát triển vi sinh vật nên chúng ta không cần điều chỉnh pH trong quá trình xử lý. Kết quả xử lý các mẫu cho thấy lượng chất rắn lơ lửng (TSS) cũng giảm mạnh trong quá trình xử lý. Điều này cũng được thấy rõ ở hình ảnh của nước thải thay đổi trong quá trình xử lý.

Ban đầu	2 ngày	5 ngày	8 ngày	8 ngày
				
Nước thải chưa xử lý	Sục khí	Thiếu khí	Hiếu khí	Lắng, rút nước và nghỉ

Hình 6: Sự thay đổi màu sắc của nước thải theo thời gian xử lý

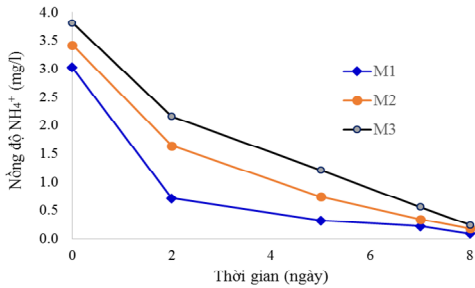
Để thấy rõ quy luật biến đổi của các giá trị COD, nồng độ amoni, nitrit trong quá trình xử lý chúng tôi đã vẽ đồ thị sự biến đổi đó. Đồ thị được thể hiện ở các hình 7, 8, 9.



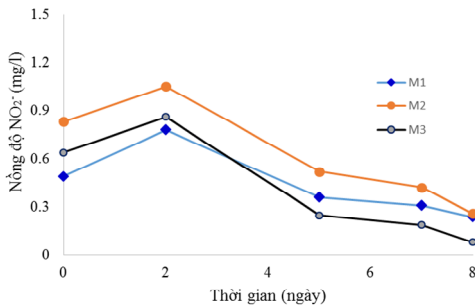
Hình 7: Đồ thị sự thay đổi COD theo thời gian

Kết quả hình 7 chỉ ra rằng giá trị COD đã giảm nhanh trong quá trình xử lý và sau 8 ngày xử lý giá trị COD đã đạt yêu cầu cho phép đối với nước thải của nuôi tôm nước lợ (theo QCVN 02 - 19 : 2014/BNNPTNT). Tuy nhiên khi quan sát quá trình xử lý ta thấy rằng sau thời gian xử lý khoảng 5 ngày giá trị COD giảm chậm theo thời gian. Điều này được giải thích do ở giai đoạn này hàm lượng các chất hữu cơ trong nước thải còn lại ít và phần lớn là những hợp chất khó bị phân hủy sinh học. Ngoài ra, ở giai đoạn sau lớp màng sinh học dày lên, đồng thời lượng chất hữu cơ trong nước thải lại giảm đi nhiều nên thức ăn không được khuếch tán vào sâu bên trong lớp màng cho nên lớp màng

sẽ bị bong ra và cuốn trôi theo dòng nước nên số lượng vi sinh vật trên lớp màng sinh học cũng bị giảm đi một phần. Từ những yếu tố trên đã làm cho quá trình xử lý COD giảm chậm theo thời gian.



Hình 8: Đồ thị sự thay đổi nồng độ amoni trong quá trình xử lý theo thời gian



Hình 9: Đồ thị sự thay đổi nồng độ nitrit trong quá trình xử lý theo thời gian

Kết quả hình 8 cho thấy trong 2 ngày đầu xử lý hiếu khí, nồng độ amoni giảm đi khoảng 60% so ban đầu và được xử lý gần hoàn toàn ở 3 ngày tiếp theo.

Ở kết quả hình 9 sự thay đổi nồng độ nitrit theo thời gian cho thấy trong 2 ngày xử lý đầu tiên nồng độ nitrit đều tăng ở cả 3 mẫu. Trong 3 ngày tiếp theo khi hệ phản ứng được vận hành xử lý thiếu khí, nồng độ nitrit giảm dần và cuối cùng đạt đến gần bằng không vào ngày thứ 8. Kết quả này có thể được giải thích khi hệ SBR hoạt động hiếu khí, xảy ra quá trình nitrat hóa dưới sự tác động của hệ vi sinh vật hiếu khí nitrosomonas và nitrobacter ($\text{NH}_4^+ \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$) dẫn đến amoni trong nước thải giảm nhanh và nồng độ nitrit tăng lên trong những ngày đầu [4]. Khi hệ SBR vận hành thiếu khí, xảy ra quá trình khử nitrat. Dưới sự tác động của những vi sinh vật yếm khí như Pseudomonas, Alcaligenes, Spirillum, Micrococcus, Lactorbacillus và nitrat trong nước thải được chuyển thành nitrit, oxit nitơ và khí nitơ ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$). Kết quả là các hợp chất chứa nitơ trong nước thải đã bị loại bỏ hoàn toàn.

Như vậy khi hệ pilot được vận hành theo quy trình SBR kết hợp quá trình xử lý hiếu khí và thiếu khí đã giúp loại bỏ không chỉ COD trong nước thải mà còn loại bỏ được triệt để các hợp chất chứa nitơ trong nước thải nuôi tôm mà khi so sánh với các hệ chỉ vận hành theo quy trình hiếu khí không thực hiện được.

3.3. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình xử lý sinh học nước thải nuôi tôm

Bảng 4. Sự biến đổi các giá trị đặc trưng của nước thải nuôi tôm theo thời gian xử lý ở nhiệt độ khác nhau

Giá trị (mg/l)	Nhiệt độ (°C)	Ban đầu	2 ngày	5 ngày	7 ngày	8 ngày	Hiệu suất xử lý (%)
COD	28	543,2	432,5	168,7	121,6	98,2	81,92
	33	520,6	321,5	203,1	105,5	78,1	85,00
	38	585,5	480,4	378,6	297,6	148,3	74,67
	45	572,2	540,4	536,4	538,7	542,5	5,19
NH_4^+	28	3,42	1,64	0,74	0,34	0,18	94,74
	33	3,02	1,24	0,52	0,21	0,14	95,36
	38	2,47	2,22	1,58	1,14	0,62	74,90
	45	2,80	2,70	2,65	2,61	2,61	6,79
NO_2^-	28	0,83	1,05	0,52	0,42	0,26	68,67
	33	0,69	0,98	0,36	0,31	0,12	82,61
	38	0,79	0,87	0,58	0,46	0,28	64,56
	45	0,75	0,86	0,70	0,69	0,71	5,33

Từ kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ khác nhau đến hiệu suất quá trình xử sinh học nước thải nuôi tôm cho thấy khi hệ SBR hoạt động ở nhiệt độ quá cao 45°C, hiệu quả loại bỏ carbon và nitơ giảm đáng kể (Bảng 4). Đặc biệt ở 3 ngày cuối gần như quá trình xử lý không thể thực hiện. Điều này cho thấy hệ vi sinh vật không thích nghi với điều kiện nhiệt độ > 45°C và có thể chết đi. Kết quả nghiên cứu cho thấy với điều kiện nuôi tôm ở Việt Nam nói chung và Bình Định nói riêng có nhiệt độ dao động trong khoảng từ 26°C đến 38°C thì có thể duy trì được sự phát triển của hệ vi sinh vật khi thực hiện quá trình xử lý nước thải. Đặc biệt khi nhiệt độ tăng lên 33°C là điều kiện thuận lợi cho hệ vi sinh vật phát triển mạnh nhất và quá trình xử lý nước thải đạt hiệu quả cao nhất.

4. KẾT LUẬN

Nước thải nuôi tôm với thành phần chất rắn lơ lửng, các chất thải hữu cơ và các hợp chất chứa nitơ được xử lý qua hệ lọc sinh học MBBR kết hợp với quá trình vận hành SBR (hiếu khí kết hợp với thiếu khí) đã cho hiệu quả xử lý cao. Trong khoảng thời gian 8 ngày, quá trình loại bỏ các chất gây ô nhiễm đạt hiệu quả cao đặt biệt hiệu quả đối với quá trình loại bỏ các hợp chất chứa nitơ mà nhiều hệ lọc sinh học hiếu khí không thực hiện được. Nước thải sau xử lý đạt yêu cầu cho phép được xả thải dành cho nuôi tôm nước lợ theo QCVN 02 - 19 : 2014/BNNPTNT. Kết quả nghiên cứu cũng chỉ ra rằng với điều kiện nhiệt độ môi trường biến đổi đến < 38°C thì hệ vi sinh vẫn có thể thực hiện được quá trình xử lý. Các kết quả này mở ra triển vọng ứng dụng xử lý nước thải nuôi tôm trong thực tế theo công nghệ vận hành tuần tự hiếu khí kết hợp thiếu khí SBR và được lọc qua màng sinh học MBBR.

Lời cảm ơn. Nghiên cứu này được tài trợ một phần kinh phí từ Dự án TEAM (mã số ZEIN2016PR431).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Viện kinh tế và quy hoạch thủy sản, *Báo cáo tổng hợp quy hoạch nuôi tôm nước lợ vùng Đồng bằng sông Cửu long đến năm 2020, tầm*

nhìn 2030, Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (2015).

2. DongZheng et. al, *Performance evaluation and microbial community of a sequencing batch biofilm reactor (SBBR) treating mariculture wastewater at different chlortetracycline concentrations*, Journal of Environmental Management 182, 496-504 (2016).

3. Allen K.S. Lau et al., *Sequencing batch membrane photobioreactor for simultaneous cultivation of aquaculture feed and polishing of real secondary effluent*, Journal of Water Process Engineering 29, 100779 (2019).

4. R. Boopathy, C. Bonvillain, Q. Fontenot, M. Kilgen, *Biological treatment of low-salinity shrimp aquaculture wastewater using sequencing batch reactor*, International Biodeterioration & Biodegradation 59, 16 - 19 (2007).

5. Q. Fontenot, C. Bonvillain, M. Kilgen, R. Boopathy, *Effects of temperature, salinity, and carbon: nitrogen ratio on sequencing batch reactor treating shrimp aquaculture wastewater*, Bioresource Technology 98, 1700 -1703 (2007).

6. Guo-zhi Luo, Yoram Avnimelech, Yun-feng Pan, Hong-xin Tan, *Inorganic nitrogen dynamics in sequencing batch reactors using biofloc technology to treat aquaculture sludge*, Aquacultural Engineering 52, 73-79 (2013)

7. L. Nyanti, G. Berundang and T.Y. Ling, *Short Term Treatment of Shrimp Aquaculture Wastewater Using Water Hyacinth (Eichhornia crassipes)*, World Applied Sciences Journal 8 (9), 1150-1156 (2010).