

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ XỬ LÝ NƯỚC THẢI CỦA MÔ HÌNH NUÔI CÁ TRA THÂN THIỆN MÔI TRƯỜNG

Vũ Tuấn Kiệt¹, Nguyễn Tri Quang Hưng¹, Nguyễn Minh Kỳ¹

Tóm tắt: Mô hình công nghệ biofloc (Biofloc Technology - BFT) được vận hành nhằm mục đích đánh giá hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm trong quá trình nuôi thử nghiệm cá tra *Pangasianodon hypophthalmus*. Trong hệ thống tuần hoàn nước biofloc, carbohydrate được thêm vào có vai trò thúc đẩy sự phát triển đa dạng và cân bằng cộng đồng vi sinh vật. Kết quả nghiên cứu cho thấy mức độ ổn định cao các hợp chất hữu cơ và chất dinh dưỡng nitơ, photpho. Mức trung bình xử lý BOD₅ của công nghệ biofloc tương ứng 21,4% (SD=12,11). Hiệu suất xử lý COD dao động trong khoảng giá trị 10,6% đến 67,2% và trung bình 32,2% (SD=12,14). Hiệu quả xử lý trung bình TN, TP tương ứng lần lượt 28,9% (SD=27,79) và 11,0% (SD=4,28). Nhìn chung, mức độ xử lý nitơ tốt hơn so với khả năng loại bỏ photpho. Giá trị trung bình các thông số chất lượng nước mô hình thí nghiệm sau xử lý đáp ứng Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về nước thải công nghiệp QCVN 40:2011/BTNMT (Cột A). Công nghệ biofloc có ưu điểm trong việc ứng dụng nuôi trồng thủy sản bền vững và thân thiện môi trường.

Từ khóa: Công nghệ biofloc, cá tra, nước thải, vi sinh vật, thân thiện môi trường.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Là loài cá da trơn, cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) có thân dài, lưng xám đen, bụng hơi bạc, miệng rộng, 2 đôi râu dài, và có giá trị kinh tế cao. Đây là loài có tốc độ tăng trưởng tương đối nhanh, phân bố ở lưu vực sông Mê Kông, sống chủ yếu trong nước ngọt hoặc vùng nước hơi lợ. Độ tuổi thuần thực từ 2-3 năm tuổi và trọng lượng giai đoạn thuần thực lần đầu dao động 2,5-3 kg. Quá trình nuôi cá tra thời gian dài, sử dụng nguồn nước lớn dễ gây ra các nguy cơ ô nhiễm môi trường và cạn kiệt tài nguyên nước. Trong khi, phong trào đẩy mạnh hoạt động nuôi cá da trơn như cá tra ở vùng đồng bằng sông Cửu Long đang nở rộ. Vì vậy, càng làm gia tăng nguy cơ suy thoái chất lượng nước, thách thức cho các hoạt động quản lý tài nguyên và môi trường.

Do nhu cầu sử dụng tài nguyên nước lớn và rủi ro dịch bệnh, ô nhiễm môi trường. Tính chất nước trong hệ thống ao nuôi cá tra gồm các thành phần gây hại cho môi trường như các hợp

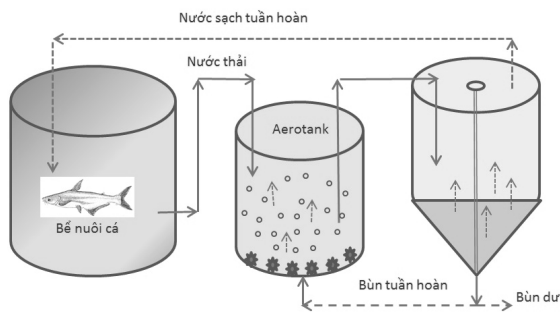
chất hữu cơ, các chất dinh dưỡng N, P được sinh ra từ thức ăn dư thừa, chất thải của cá. Phương pháp truyền thống nuôi trồng thủy sản nói chung và nuôi cá tra nói riêng phải thường xuyên thay một lượng nước lớn mỗi ngày. Hàm lượng các chất độc sinh ra gây cản trở, kìm hãm sự sinh trưởng và phát triển các loài thủy sản và không hiệu quả kinh tế. Khắc phục những hạn chế trên, công nghệ tuần hoàn nước biofloc (BFT) sử dụng cơ chế trao đổi tuần hoàn nước và thúc đẩy mật độ quần thể vi sinh vật bằng cách gia tăng tỷ lệ thành phần C:N trong nước (Avnimelec, 1999; Ebeling et al., 2006). Mô hình BFT duy trì hàm lượng ammoni, nitrit và nitrat trong nước dưới ngưỡng gây hại cho cá. Công nghệ BFT được xem là giải pháp nuôi trồng thủy sản bền vững (Megahed, 2010). Mục đích của nghiên cứu nhằm thiết lập mô hình thí nghiệm tuần hoàn nước, thân thiện môi trường sử dụng công nghệ biofloc và đánh giá hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm trong điều kiện nuôi vận hành loài cá tra *Pangasianodon hypophthalmus*.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

¹ Trường Đại học Nông Lâm TP.Hồ Chí Minh.

2.1. Mô hình nghiên cứu

Cấu tạo: Thí nghiệm bố trí với các đơn nguyên được mô tả như Hình 1, bao gồm 1 bể nuôi cá, 1 bể vi sinh hiếu khí (aerotank) và 1 bể lắng sinh học được làm bằng vật liệu composite tổng hợp. Kích thước bể nuôi cá R*H=110*75 cm (dung tích 400L), sử dụng nước sạch khử clo và sục khí liên tục để duy trì hàm lượng oxy hòa tan trung bình 6,0 mg/l. Quá trình kiểm soát hàm lượng oxy hòa tan dựa trên lượng khí cấp liên tục với dòng lưu lượng dao động 4-8 lít/phút. Bể aerotank 200L (R*H=80*50 cm) chứa bùn hoạt tính với nồng độ MLSS = 3000 mg/l. Bể lắng chứa nước sạch có đường kính R=70 cm và chiều cao H=80 cm.



Hình 1. Sơ đồ bố trí mô hình nghiên cứu BFT

Nguyên lý hoạt động: Nước được bơm từ bể nuôi sang bể aerotank, rồi từ bể aerotank sang bể lắng và cuối cùng tự chảy tuần hoàn từ bể lắng trở lại bể nuôi cá với lưu lượng 25 lít/giờ. Hệ thống có các van đóng mở nước và xả bùn tuần hoàn về bể aerotank.

Đối tượng nghiên cứu: Cá tra giống (*Pangasianodon hypophthalmus*), khối lượng trung bình từ 14-25 gram/con. Mật độ thả nuôi tương đương 100 con/bể. Nghiên cứu sử dụng thức ăn hiệu Cagrill (30% đạm). Cá được cho ăn 2 lần/ngày vào các thời điểm 8h00' và 17h00' với liều lượng tương ứng 5% trọng lượng của cá.

Nghiên cứu tiến hành khởi động hệ thống trong thời gian 90 ngày để khảo sát và lựa chọn các tối ưu cho hệ thống. Sau đó, vận hành trong suốt 60 ngày tiếp theo nhằm đánh giá hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm của mô hình biofloc. Theo Frank R.S., (2010) các thông số tính toán, lựa chọn thiết kế mô hình nghiên cứu được trình bày ở Bảng 1.

Bảng 1. Khảo sát thông số tính toán thiết kế

Thông số	Đơn vị	Giá trị	
		Khảo sát	Tính toán
BOD ₅	mg/l	8-120	120
COD	mg/l	15-140	140
TN	mg/l	0-4	4
TP	mg/l	2-20	20
HRT	giờ	4-8	8

Cụ thể, quá trình khảo sát thử nghiệm thích nghi nhằm đảm bảo sự phù hợp với điều kiện vận hành hệ thống (Frank R.S., 2010). Trong nghiên cứu này, quá trình thích nghi cho bể sinh học hiếu khí được thực hiện bằng hình thức nuôi cấy vi sinh và tăng dần tải trọng hữu cơ được nạp vào bể phản ứng. Bùn hoạt tính được lấy từ hệ thống xử lý nước thải sinh hoạt (tòa nhà Samco 444, Q.5, Tp. HCM). Việc lựa chọn lưu lượng nước tuần hoàn phụ thuộc vào thời gian lưu của bể aerotank và quá trình ở bể lắng. Hoạt động kiểm soát hệ thống tuần hoàn dựa vào các van đóng mở nước và bùn. Nhằm đảm bảo duy trì hàm lượng oxy hòa tan trung bình 6,0 mg/l, mô hình được sục khí liên tục và bổ sung độ kiềm để đảm bảo pH từ 6,0-8,5 bằng cách châm thêm NaHCO₃. Để đáp ứng mô hình thí nghiệm, nghiên cứu điều chỉnh tỷ lệ C:N bằng cách sử dụng đường cát theo tỷ lệ 20:1 (so với hàm lượng N-NH₄⁺).

2.2. Phương pháp phân tích và xử lý số liệu

Phương pháp phân tích các thông số chất lượng nước theo phương pháp chuẩn (APHA, AWWA, WEF, 2005). Tần suất phân tích các chỉ tiêu chất lượng nước được thực hiện 1 lần/tuần (trừ thông số COD: 1 lần/ngày). Hàm lượng DO được đo bằng thiết bị cầm tay (máy đo DO, Orion, Mỹ). Xác định chỉ tiêu BOD₅ bằng phương pháp ủ trong tủ cấy ở điều kiện 20°C và 5 ngày. Nồng độ thông số COD đo bằng máy quang phổ UV-VIS, theo phương pháp SMEWW 5220-D:2005. Hàm lượng nitơ tổng (TN), photpho tổng (TP) đo bằng máy quang phổ UV-VIS, theo các phương pháp SMEWW 4500-N và 4500-P. Thể tích floc (Floc Volume - FV) được xác định bằng phễu lắng Imhoff. Nghiên cứu tiến hành lắng 1 lít mẫu nước trong thời gian 30 phút rồi đọc kết quả (Avnimelech,

2012). Các số liệu nghiên cứu được thống kê và xử lý bằng các phần mềm Microsoft Excel 2010, SPSS 13.0 for Windows.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả vận hành hệ thống tuần hoàn nước biofloc

Bảng 2. Thống kê kết quả chất lượng nước giai đoạn nghiên cứu

Thông số	Trước xử lý				Sau xử lý			
	Nhỏ nhất	Lớn nhất	Trung bình	Độ lệch chuẩn	Nhỏ nhất	Lớn nhất	Trung bình	Độ lệch chuẩn
COD (mg/l)	44,8	128,3	65,0	17,53	21,9	78,6	43,5	11,66
BOD ₅ (mg/l)	11,0	41,5	17,2	11,00	7,7	37,0	13,9	9,78
TN (mg/l)	1,1	2,8	1,9	0,69	0,2	2,4	1,4	0,81
TP (mg/l)	3,9	11,2	7,7	2,88	3,4	10,1	6,8	2,64

Bảng 2 trình bày kết quả phân tích các thông số chất lượng nước của mô hình công nghệ BFT. Thông số COD hòa tan trước và sau xử lý dao động trong khoảng 44,8 - 128,3 mg/l và 21,9 - 78,6 mg/l và có trị trung bình lần lượt bằng 65,0 mg/l (SD=17,53); 43,5 mg/l (SD = 11,66). Trong khi, chỉ tiêu BOD₅ trung bình lần lượt trước và sau xử lý là 17,2 và 13,9 mg/l. Các kết quả này thấp hơn ngưỡng giới hạn cho phép của Quy chuẩn kỹ thuật kỹ thuật Quốc gia về nước thải công nghiệp QCVN 40:2011/BTNMT (Cột A). Hàm lượng thông số các chất dinh dưỡng (N, P) khá thấp, đặc biệt đối với chỉ tiêu TN. Giá trị trung bình các thông số chất lượng nước mô hình thí nghiệm sau xử lý thấp hơn so với trước xử lý. Bởi lẽ, khi bổ sung nguồn carbon để duy trì tỷ lệ C:N và vi khuẩn sẽ chuyển hóa những hợp chất độc chứa nitơ vào trong tế bào đơn protein (Ebeling et al., 2006; Asaduzzaman et al., 2008). Lượng nito-protein được tái chế bởi vi tảo và hệ vi sinh vật, đồng thời gia tăng lượng protein chuyển vào sinh khối của cá.

Bảng 3. Thống kê thể tích floc mô hình nghiên cứu

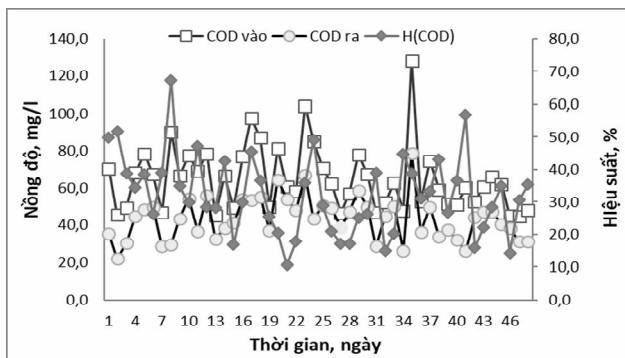
Tuần	Thể tích floc, ml/l			
	Nhỏ nhất	Lớn nhất	Trung bình	Độ lệch chuẩn
1	3,4	4,65	4,12	0,65
2	0,8	3,2	2,19	1,23
3	3,2	4,3	3,64	0,60
4	2,1	3,5	2,92	0,71
5	1,0	10,2	5,89	4,64
6	2,1	7,8	5,19	2,88
7	1,9	14,2	6,66	6,60
8	3,9	11,2	6,53	4,05

Về nguyên tắc, để hệ biofloc hoạt động tốt và hiệu quả, tỷ lệ C:N cần duy trì trong khoảng giá trị tương ứng tỷ lệ 10-20:1 (Avnimelech, 1999; Asaduzzaman et al., 2008). Để duy trì tỷ lệ C:N thích hợp, nghiên cứu sử dụng carbohydrate thêm vào bằng cách bổ sung lượng đường cát dao động từ 0,4-8 gram, với trung bình 1,13 gram. Trong hệ biofloc vi khuẩn và tảo cấu trúc nên hạt biofloc trong điều kiện môi trường giàu hàm lượng oxy hòa tan, dao động trong khoảng giá trị 4,2-6,5 mg/l. Chỉ số thể tích floc bề phản ứng dao động trong khoảng 0,8 – 14,2 ml/l và có trung bình 4,65 ml/l (SD=3,26). Ở giai đoạn đầu, chỉ số thể tích floc thấp và đạt giá trị cực đại ở các tuần cuối trong giai đoạn vận hành thí nghiệm (tuần thứ 5 - 8). Khối lượng hạt biofloc có ý nghĩa quan trọng không chỉ với việc ổn định chất lượng nước mà còn là nguồn dinh dưỡng cho cá (Browdy et al., 2001; Avnimelech, 2012). Trong hệ xử lý BFT, sự phát triển mật độ vi sinh vật có vai trò quan trọng trong việc sản xuất các hạt biofloc và cung cấp nguồn thức ăn tự nhiên cho cá. Đồng thời qua đó góp phần loại bỏ các chất ô nhiễm gây độc cho cá và môi trường.

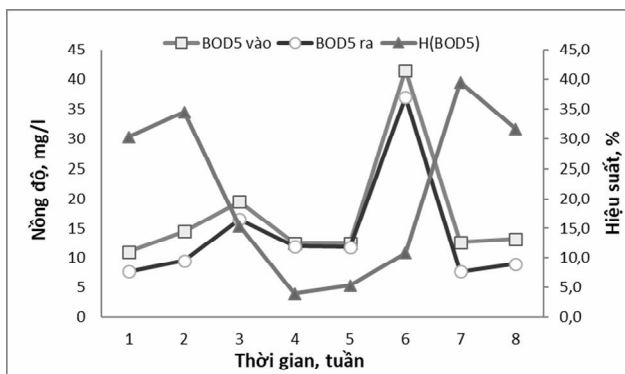
3.2. Hiệu quả xử lý các chất hữu cơ trong mô hình nuôi cá tra

Đồ thị biểu diễn sự biến động và hiệu quả xử lý COD trong mô hình thí nghiệm tuần hoàn nước biofloc. Các kết quả cho thấy hàm lượng thông số ô nhiễm trong bể BFT được duy trì ở mức thấp (Hình 2). Sự chênh lệch này chứng tỏ tính hiệu quả của quá trình xử lý. Các nhóm vi khuẩn tạo ra năng lượng từ nguồn carbohydrate

như cellulose, đường, tinh bột và tái tạo tế bào mới: Carbon hữu cơ + vi khuẩn → CO₂ + năng lượng + tế bào vi khuẩn mới (Avnimelech, 1999). Ưu điểm của công nghệ BFT giúp ổn định hàm lượng chất ô nhiễm trong mô hình nuôi cá.



Hình 2. Biến động nồng độ COD và hiệu suất xử lý



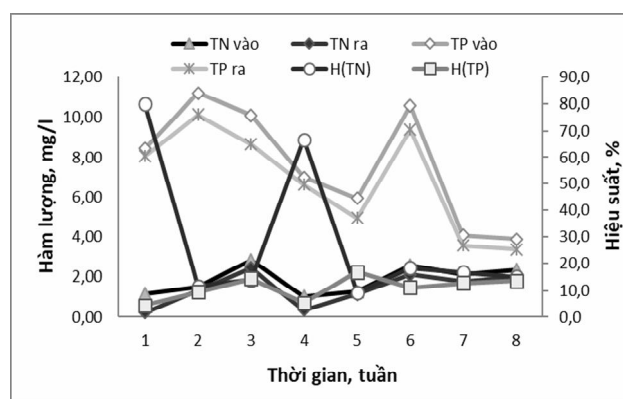
Hình 3. Biến động nồng độ BOD₅ và hiệu suất xử lý

Hiệu suất xử lý COD thấp nhất (10,6%), cao nhất (67,2%) và trung bình 32,2% (SD=12,14). Đối với chỉ tiêu BOD₅, biến thiên hàm lượng theo thời gian vận hành được thể hiện ở Hình 3. Mức trung bình xử lý BOD₅ của công nghệ BFT tương ứng 21,4% (SD=12,11) và dao động từ 4,0 đến 39,5%. Thực tế, đây là công nghệ đáp ứng nhu cầu phát triển bền vững trong nuôi trồng thủy sản bằng cách duy trì chất lượng nước với việc chuyển hóa chất thải vào sinh khối vi khuẩn (Schneider et al., 2005; Xu et al., 2013).

3.3. Hiệu quả xử lý các chất dinh dưỡng trong mô hình nuôi cá tra

Biofloc bao gồm nhiều loại vi khuẩn, nấm, vi tảo và các sinh vật lơ lửng khác (Hargreaves,

2006). Đây là nguồn chứa vitamin và các khoáng chất, đặc biệt là photpho. Sự ổn định các thông số chất lượng nước trong BFT là kết quả các hoạt động tích cực của vi khuẩn còn được thể hiện qua hiệu suất xử lý TN và TP (Hình 4). Trong đó, vi khuẩn dị dưỡng sẽ chuyển hóa trực tiếp nguồn độc tố NH₄⁺ vào thành phần biofloc và hấp thu photpho vô cơ vào quá trình tổng hợp tế bào vi khuẩn.



Hình 4. Biến động hàm lượng TN, TP và hiệu suất xử lý

Nhìn chung, mức độ xử lý nitơ tốt hơn so với khả năng loại bỏ photpho. Đặc biệt, khả năng ổn định và làm giảm hàm lượng TN của mô hình nghiên cứu cao nhất đạt mức 80,0%. Trung bình hiệu quả xử lý TN, TP lần lượt tương ứng 28,9 (SD=27,79) và 11,0% (SD=4,28). Vi khuẩn sử dụng chất thải trong BFT như là nguồn dinh dưỡng và giảm sự tích lũy và sản sinh các độc chất (Avnimelech, 1999; Asaduzzaman et al., 2008). Ưu điểm của biofloc là một mô hình kín, ít chịu ảnh hưởng trực tiếp của môi trường và khí hậu nên có thể chủ động kiểm soát dễ dàng hoạt động hệ thống tối ưu nhất. Tuy nhiên, hạn chế của BFT tăng chi phí vận hành, phụ thuộc vào lượng oxy cần duy trì và nguồn carbon được thêm vào.

4. KẾT LUẬN

Từ những kết quả nghiên cứu thể thấy mô hình biofloc vận hành ổn định, các chỉ tiêu ô nhiễm có xu hướng giảm xuống và được kiểm soát an toàn dưới ngưỡng Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về nước thải công nghiệp QCVN

40:2011/BTNMT (Cột A). Các thông số ô nhiễm trong bể phản ứng BFT thấp hơn so với quy chuẩn xả thải nước thải công nghiệp. Hiệu suất xử lý các chất hữu cơ (COD, BOD₅) của công nghệ BFT tương ứng 32,2 và 21,4%. Khả năng duy trì chất lượng nước thông qua sự ổn định các chất dinh dưỡng nitơ và photpho khá tốt. Hàm lượng TN, TP sau xử lý trung bình đạt kết quả thấp với các giá trị lần lượt 1,4 (SD=0,81) và 6,8 (SD=2,64) mg/l. Ưu điểm nổi

bật của công nghệ BFT là thân thiện môi trường và là giải pháp hữu hiệu phát triển bền vững hoạt động nuôi trồng thủy sản nói chung và nuôi cá tra nói riêng. Công nghệ BFT đáp ứng và duy trì chất lượng nước với việc chuyển hóa, xử lý nguồn chất thải vào bên trong sinh khối vi khuẩn. Ngoài ra, đây là một mô hình kín, ít chịu ảnh hưởng trực tiếp của môi trường và khí hậu nên có thể chủ động kiểm soát dễ dàng các hoạt động tối ưu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Asaduzzaman, M., Wahab, M.A., Verdegem, M.C.J., Huque, S., Salam, M.A., Azim, M.E., (2008). "C/N ratio control and substrate addition for periphyton development jointly enhance freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* production in ponds". *Aquaculture*, Vol. 280, pp. 117-123.
- Avnimelech Y., (1999). "Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems". *Aquaculture*, Vol. 176, pp. 227-235.
- Avnimelech, Y., (2012). *Biofloc Technology - A Practical Guide Book, 2nd Edition*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, Louisiana, United State.
- Browdy, C.L., Bratvold, D., Stokes, A.D., & McIntosh, R.P., (2001). *Perspectives on the application of closed shrimp culture systems*. The World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA, USA.
- Ebeling J.M., Timmons M. B., Bisogni J.J., (2006). "Engineering analysis of the stoichiometry of photoautotrophic, autotrophic, and heterotrophic removal of ammonia-nitrogen in aquaculture systems". *Aquaculture*, Vol. 257, pp. 346-358.
- Hargreaves J.A., (2006). "Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture". *Aquaculture Engineering*, Vol. 34, pp. 344-363.
- Megahed, M.E., (2010). "The effect of Microbial Biofloc on water quality, survival and growth of the green tiger shrimp (*Penaeus Semisulcatus*) fed with different crude protein levels". *Journal of the Arabian Aquaculture Society*, Vol. 5, pp. 119-142.
- Frank R.S., (2010). *Spellman's Standard Handbook for Wastewater Operators*. CRC Press, Taylor and Francis Group, LLC.
- Schneider, O., Sereti, V., Eding, E.H., & Verreth, J.A.J., (2005). "Analysis of nutrient flows in integrated intensive aquaculture systems". *Aquacult. Eng.*, Vol. 32, pp. 379-401.
- Xu, W.J., Pan, L.Q., Sun, X.H., & Huang, J., (2013). "Effects of bioflocs on water quality, and survival, growth and digestive enzyme activities of *Litopenaeus vannamei* (Boone) in zero-water exchange culture tanks". *Aquaculture Research*, Vol. 44(7), pp. 1093-1102.

Abstract:

ASSESSMENT OF WASTEWATER TREATMENT EFFICIENCY FROM ENVIRONMENTALLY FRIENDLY CATFISH FARMING MODEL

*Biofloc technology (BFT) was carried out and operated for purpose of assessing the pollutants removal efficiency by catfish farming model (*Pangasianodon hypophthalmus*). In the recirculating*

model biofloc, the studying added carbohydrates to promote the balanced and diverse development of microorganisms. The studying results showed that stable levels of organic compounds and nutrients such as nitrogen, phosphorus were good. The biofloc technology's average treatment of BOD₅ was equal to 21.4% (SD=12.11). The removal efficiency of COD was ranged between 10.6% and 67.2%, and averaged 32.2% (SD=12.14). The average treatment efficiency of TN, TP were 28.9% (SD=27.79) and 11.0% (SD=4.28, respectively). Overall, the nitrogen treatment levels were better than the phosphorus removal ability. In the experiment, average values of treated water quality parameters models met QCVN 40:2011/BTNMT National Technical Regulation on industrial wastewater (Column A). Therefore, the biofloc technology's advantages can be applied for environmentally friendly and sustainable aquaculture.

Keywords: Biofloc technology, catfish, wastewater, microorganism, environmentally friendly.

Ngày nhận bài: 15/9/2017

Ngày chấp nhận đăng: 15/11/2017