

NGHIÊN CỨU ỨNG DỤNG SẢN PHẨM BAKTURE (BACK TO NATURE) XỬ LÝ NƯỚC MẶT BỊ Ô NHIỄM

Nguyễn Minh Kỳ^{1,2}, Nguyễn Công Mạnh¹,

Nguyễn Tri Quang Hưng¹, Bùi Quốc Lập^{3*}

TÓM TẮT

Bài báo trình bày kết quả áp dụng thí điểm sản phẩm thân thiện môi trường Bakture (Back to Nature) để xử lý nước bị ô nhiễm ở TP. Hồ Chí Minh. Đối tượng được sử dụng cho quá trình nghiên cứu là nguồn nước mặt các kênh rạch và ao/hồ đang bị ô nhiễm hữu cơ nặng. Nghiên cứu đã lựa chọn bốn nguồn ô nhiễm bởi các loại nước thải khác nhau xả vào nước mặt. Các thí nghiệm được bố trí với bốn bể thủy tinh có dung tích 100 lít, kích thước LxWxH tương ứng 0,6 m x 0,4 m x 0,5 m. Nhằm xem xét hiệu quả xử lý, nghiên cứu thực hiện quá trình lấy mẫu, phân tích các thông số chất lượng nước như pH, TSS, COD, BOD₅, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻, P-PO₄³⁻ và vi sinh vật. Các mẫu nước được tiến hành lấy mẫu và phân tích trong các khoảng thời gian lần lượt 1, 2 và 4 tuần của quá trình thí nghiệm. Việc áp dụng sản phẩm Bakture trong thời gian bốn tuần đã cho thấy kết quả giảm thiểu mức độ ô nhiễm nước sau thí nghiệm với các hiệu suất cao nhất lần lượt 78,1±7%, 95,0±11%, 91,2±3%, 54,6±6% đối với BOD₅, COD, TN và TP. Ngoài ra, mật độ vi sinh vật có lợi tăng đáng kể, góp phần phân giải chất hữu cơ, duy trì môi trường sống cho hệ thủy sinh trong nước mặt. Kết quả nghiên cứu có ý nghĩa trong việc bảo vệ môi trường theo hướng bền vững sinh thái và thân thiện môi trường.

Từ khóa: Ô nhiễm nước, vi sinh, Bakture, xử lý nước, thân thiện môi trường.

1. BẬT VẤN ĐỀ

Ngày nay, vấn đề ô nhiễm môi trường nước ngày càng trở nên nghiêm trọng và nhận được nhiều sự quan tâm [1, 2]. Các nguồn nước mặt ô nhiễm cần được loại bỏ các thành phần ô nhiễm hữu cơ và vi sinh vật có hại để bảo vệ nguồn nước và hệ sinh thái thủy sinh. Do đó, rất cần những giải pháp kiểm soát hiệu quả mức độ ô nhiễm các lưu vực nhằm duy trì môi trường sinh thái ổn định [3, 4, 5]. Xử lý nước ô nhiễm bằng công nghệ vi sinh ứng dụng hay các vật liệu có nguồn gốc tự nhiên là phương pháp có những ưu điểm như chi phí thấp và thân thiện môi trường [6]. Bản chất xử lý nước bằng các công nghệ này dựa trên các loại chế phẩm sinh học và sự kích hoạt hệ vi sinh vật có tác dụng phân hủy các chất ô nhiễm. Các chế phẩm vi sinh làm tăng hiệu quả xử lý các tác nhân ô nhiễm và cải thiện chất lượng môi trường nước các ao hồ [7, 8]. Đối với sản phẩm Bakture "Back to the nature" mang ý nghĩa gắn liền "Trở về với tự nhiên". Các vật liệu xử lý môi trường có nguồn

gốc tự nhiên có tiềm năng ứng dụng hấp thụ và loại bỏ các tác nhân ô nhiễm [9]. Sản phẩm Bakture được sản xuất từ các nguyên liệu thiên nhiên, có thành phần chủ yếu là đá núi lửa dạng tổ ong, xốp. Bakture thúc đẩy quá trình tự làm sạch của môi trường thông qua năng lực phân giải các chất bẩn, độc hại bởi các vi sinh vật có lợi sẵn có trong môi trường [10].

Phương pháp xử lý nước ô nhiễm bằng công nghệ thiên nhiên Bakture là giải pháp tiên tiến, hoạt động trên nguyên lý kích thích các vi sinh vật và thanh lọc bằng vòng tuần hoàn sinh thái trong tự nhiên. Công nghệ này sử dụng sản phẩm Bakture để làm chất xúc tác, kích thích sự phát triển của vi sinh vật hiếu khí và yếm khí và phân giải các chất độc hại trong nước. Đây là sản phẩm có thể áp dụng ở nhiều môi trường ô nhiễm khác nhau như sông ngòi, ao hồ, nuôi trồng thủy sản, nước thải công nghiệp, nước thải sinh hoạt, v.v... Hiện nay, hệ thống kênh rạch ở quận Thủ Đức, TP. Hồ Chí Minh đang diễn ra tình trạng ô nhiễm nặng. Do đó, mục đích nghiên cứu này sử dụng sản phẩm có nguồn gốc thiên nhiên (Bakture) nhằm cải thiện ô nhiễm trong nước kênh rạch và ao hồ - trường hợp nghiên cứu điển hình ở địa bàn quận Thủ Đức, TP. Hồ Chí Minh.

¹ Khoa Môi trường và Tài nguyên, Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh

² Bộ môn Tài nguyên và Môi trường, Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh - Cơ sở Gia Lai

³ Khoa Hóa và Môi trường, Trường Đại học Thủy Lợi
Email: buiquoclap@tlu.edu.vn; nmky@hcmuaf.edu.vn

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu

* *Vật liệu.* Sản phẩm Bakture có nguồn gốc tự nhiên và được cung cấp bởi Công ty RBC Consultant Co., Ltd, Nhật Bản [10].

Bảng 1. Đặc điểm thành phần và tính chất Bakture [10]

TT	Nguyên tố	Thành phần (%)
1	Silicon dioxide	52,50
2	Aluminum oxide	15,70
3	Copper	7,54
4	Carbon	6,31

5	Iron oxide	6,07
6	Sodium oxide	3,45
7	Magnesium oxide	3,16
8	Potassium oxide	2,60
9	Calcium oxide	0,82
10	Titanium dioxide	0,61
11	Sulfur	0,051
12	Others	1,189

* *Đối tượng nghiên cứu.* Nước trong kênh rạch chịu tác động bởi các nguồn thải đặc trưng gồm nguồn thải công nghiệp, sinh hoạt, chăn nuôi và nước ao hồ bị ô nhiễm (Bảng 2).

Bảng 2. Đối tượng nghiên cứu

TT	Ký hiệu	Đặc điểm, vị trí
1	CN	- Chịu tác động bởi nước thải công nghiệp - Lấy tại suối Nhum, đường 16, phường Linh Trung, quận Thủ Đức, TP. Hồ Chí Minh
2	SH	- Chịu tác động bởi nước thải sinh hoạt - Lấy từ mương thoát nước thải sinh hoạt (từ Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh chảy qua Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh)
3	ChN	- Chịu tác động bởi nước thải chăn nuôi - Lấy tại suối Xuân Trường, phường Linh Xuân, quận Thủ Đức, TP. Hồ Chí Minh
4	AH	- Nước ao hồ ô nhiễm - Lấy tại hồ nước nhân tạo gần nhà A ₂ , Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh

* *Đặc điểm thành phần nguồn nước ô nhiễm*

Đặc điểm tính chất và thành phần các nguồn nước bị ô nhiễm được trình bày ở bảng 3 & 4. Trong đó, hàm lượng ô nhiễm chất hữu cơ như COD, BOD₅

và chất dinh dưỡng (N, P) khá cao. Kết quả phân tích các chỉ tiêu hóa lý mẫu nước ô nhiễm trước thí nghiệm cho thấy các mức độ nhiễm bẩn hàm lượng nitơ và photpho.

Bảng 3. Chỉ tiêu hóa lý các nguồn nước bị tác động bởi các nguồn thải

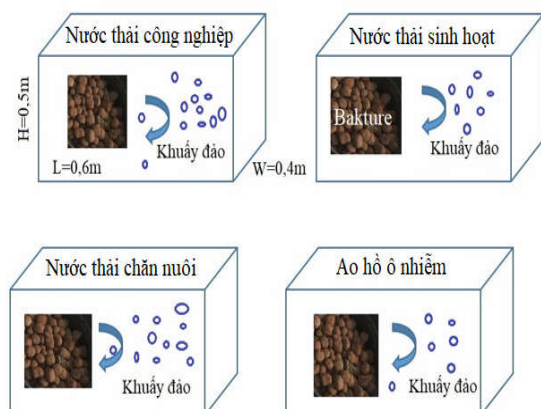
Nguồn thải	Hàm lượng, mg/L									
	DO	BOD ₅	COD	TSS	TP	P-PO ₄ ³⁻	TN	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻
CN	2,4±1,1	91±4	362±13	178±19	2,01±1,07	1,09±0,50	19,61±2,32	13,17±4,35	0,019±0,010	10,80±2,13
SH	3,5±0,5	96±8	223±21	61±10	5,38±2,01	6,34±2,01	67,95±4,80	61,64±7,81	0,036±0,013	0,28±0,04
ChN	1,3±0,4	69±3	453±27	438±27	3,53±1,09	2,35±0,14	38,39±2,43	24,94±10,16	0,016±0,007	7,50±1,26
AH	5,0±2,1	14±2	60±17	31±5	0,60±0,12	0,33±0,12	14,57±3,61	13,45±7,02	0,022±0,015	9,60±2,31

Bảng 4. Chỉ tiêu vi sinh các nguồn nước bị ô nhiễm bởi các nguồn nước thải

Nguồn thải	Coliform	E. coli	Nitrosomonas	Nitrobacter	Tổng VSV hiếu khí	Bacillus	Pseudomonas
	MPN/100 mL				CFU/mL		
CN	1,1×10 ³ ±1,7×10 ⁴	1,5×10 ⁴ ±1,2×10 ⁴	3,6×10 ¹ ±0,2×10 ¹	4,3×10 ² ±3,2×10 ¹	1,40×10 ³ ±1,08×10 ⁴	2,22×10 ³ ±1,12×10 ²	4,09×10 ² ±2,18×10 ²
SH	4,6×10 ³ ±3,5×10 ⁴	4,3×10 ⁴ ±1,5×10 ³	5,0×10 ¹ ±1,2×10 ¹	3,5×10 ² ±1,6×10 ¹	2,09×10 ⁴ ±1,42×10 ²	2,09×10 ³ ±1,16×10 ²	3,18×10 ² ±2,06×10 ²
ChN	2,4×10 ⁶ ±1,9×10 ⁵	1,1×10 ⁶ ±2,8×10 ⁴	3,6×10 ¹ ±1,4×10 ¹	3,6×10 ¹ ±1,0×10 ¹	2,80×10 ² ±1,10×10 ²	1,59×10 ³ ±1,28×10 ²	3,64×10 ² ±2,40×10 ²
AH	7,5×10 ³ ±5,3×10 ²	3,5×10 ² ±2,4×10 ²	0,3×10 ¹ ±0,2×10 ¹	7,0×10 ¹ ±0,8×10 ¹	3,68×10 ⁴ ±2,04×10 ³	4,45×10 ³ ±3,22×10 ²	0,00×10 ⁰ ±0,00×10 ⁰

Đối với kết quả quan trắc vi sinh như *coliform* và *E. coli* (Bảng 4) các vị trí kênh rạch địa bàn Thủ Đức cho thấy đặc điểm chất lượng nước kênh rạch bị ô nhiễm. Do đó, cần có các biện pháp nghiên cứu xử lý cải thiện chất lượng nước thích hợp.

2.2. Bố trí thí nghiệm



Hình 1. Sơ đồ bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm áp dụng sản phẩm Bakture với 4 loại hình nguồn nước bị tác động bởi các nguồn nước thải công nghiệp, sinh hoạt, chăn nuôi và nước ao hồ bị ô nhiễm. Sơ đồ bố trí thí nghiệm được mô tả như hình 1. Thí nghiệm được bố trí và tiến hành lặp lại 3 lần với 4 bể thủy tinh có thể tích 100 lít, kích thước $L \times W \times H = 0,6 \text{ m} \times 0,4 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$. Nồng độ Bakture thực hiện thí nghiệm tương ứng 30 mg/L. Sau khi tiến hành nạp các mẫu nước vào bể thủy tinh, hòa tan 3,0 gram sản phẩm Bakture nhằm thúc đẩy quá trình trao đổi và kích hoạt vi sinh [10]. Đồng thời, tiến hành sục khí nhẹ để đảo trộn dòng nước trong bể phản ứng trong thời gian 24 giờ đầu thí nghiệm. Sau đó, tiến hành theo dõi lấy mẫu và phân tích các thông

số ô nhiễm trong thời gian 4 tuần liên tục để đánh giá kết quả nghiên cứu.

2.3. Phương pháp lấy mẫu và phân tích

Mẫu được lấy và bảo quản theo các tiêu chuẩn TCVN 6663-1:2011 (ISO 5667-2:2006) Chất lượng nước - Lấy mẫu - Phần 1: Hướng dẫn kỹ thuật lấy mẫu; TCVN 6663-3:2003 (ISO 5667-3:1985) Chất lượng nước - Lấy mẫu - Phần 3: Hướng dẫn bảo quản và xử lý mẫu. Nghiên cứu tiến hành lấy mẫu nước, phân tích các chỉ tiêu pH, TSS, COD, BOD₅, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻ và P-PO₄³⁻ và vi sinh vật (*Coliform*, *E. coli*, *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*, tổng vi sinh vật hiếu khí, *Bacillus*, *Pseudomonas*) theo phương pháp chuẩn [11]. Các mẫu nước kênh rạch trước và trong quá trình thí nghiệm được tiến hành lấy mẫu phân tích trong các khoảng thời gian lần lượt 1, 2 và 4 tuần sau thí nghiệm.

2.4. Phân tích thống kê, so sánh đánh giá kết quả

Nghiên cứu so sánh đối chứng giữa các kết quả phân tích mẫu nước sau 1, 2 và 4 tuần sử dụng sản phẩm Bakture với kết quả phân tích mẫu trước thí nghiệm. Đồng thời kết hợp so sánh với QCVN 08-MT:2015/BTNMT để đánh giá hiệu quả xử lý nước mặt bị ô nhiễm.

Các kết quả được tổng hợp, tính toán giá trị trung bình (mean) và độ lệch chuẩn ($\pm SD$) bằng phân tích thống kê. Nghiên cứu xử lý số liệu và kiểm định sự khác biệt t-test bằng phần mềm SPSS 13.0 với mức ý nghĩa $p < 0,05$.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đánh giá khả năng xử lý nguồn nước mặt bị ô nhiễm bởi nước thải công nghiệp

Bảng 5. Khả năng xử lý thông số hóa lý nguồn nước bị ô nhiễm bởi nước thải công nghiệp

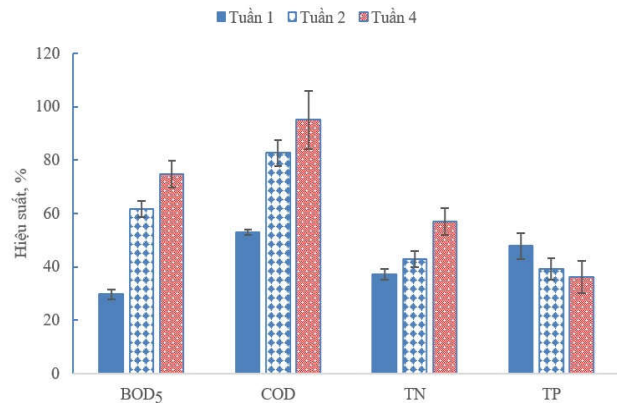
Thời gian	DO mg/L	BOD ₅ mg/L	COD mg/L	TSS mg/L	TP mg/L	P-PO ₄ ³⁻ mg/L	TN mg/L	N - NH ₄ ⁺ mg/L	N - NO ₂ ⁻ mg/L	N - NO ₃ ⁻ mg/L
Đầu vào	2,4± 1,1	91± 4	362± 13	178± 19	2,01± 1,07	1,09± 0,50	19,61± 2,32	13,17± 4,35	0,019± 0,010	10,80± 2,13
Tuần 1	3,9± 0,2	64± 7	170± 10	18± 2	1,05± 0,05	1,05± 0,02	12,33± 3,41	8,43± 1,20	0,212± 0,024	9,84± 1,29
Tuần 2	4,0± 1,0	35± 2	63± 5	5± 1	1,22± 0,24	0,85± 0,21	11,17± 1,68	4,34± 0,98	0,013± 0,002	9,80± 1,56
Tuần 4	4,1± 0,6	23± 3	18± 4	3± 2	1,28± 0,32	0,52± 0,17	8,45± 2,38	2,76± 1,02	0,003± 0,001	0,24± 0,13

Kết quả thử nghiệm sử dụng sản phẩm Bakture được mô tả ở bảng 5. Cụ thể, sau 4 tuần thí nghiệm hàm lượng oxy hòa tan có sự gia tăng đáng kể từ

2,4±1,1 mg/L lên 4,1±0,6 mg/L ($p < 0,05$). Hiệu quả giảm thiểu hàm lượng BOD₅ và COD chỉ ra vai trò của sản phẩm Bakture. Hàm lượng BOD₅, COD sau 4

tuần xử lý giảm còn 23 ± 3 và 18 ± 4 mg/L. Kết quả kiểm định t-test sự khác biệt cũng cho thấy hiệu quả sau thời gian xử lý ($p < 0,05$). Chi tiết hiệu quả xử lý các thông số quan trọng như BOD₅, COD, TN và TP được trình bày chi tiết ở hình 2.

Đối với hàm lượng photpho được đánh giá thông qua TP, PO₄³⁻ cũng đạt kết quả khả quan với lần lượt sau 4 tuần xử lý ở mức $1,28 \pm 0,32$ và $0,52 \pm 0,17$ mg/L, giảm tương ứng 36,3% và 52,3%. Tương tự, hàm lượng TN giảm mạnh từ $19,61 \pm 2,32$ mg/L xuống còn $8,45 \pm 2,38$ mg/L (tương đương 56,9%). Sự biến động hàm lượng nitrat, nitrit và amoni cũng được chỉ ra xu hướng suy giảm sau các thời kỳ xử lý (Bảng 5). Có thể thấy, dưới tác động và vai trò của sản phẩm Bakture sau khi sử dụng đã thể hiện rõ nét trong việc giảm thiểu nồng độ các chất ô nhiễm trong nước ($p < 0,05$). Cụ thể, hiệu quả xử lý lần lượt sau 4 tuần cao nhất đối với BOD₅, COD, TN và TP là $74,7 \pm 5\%$, $95,0 \pm 11\%$, $56,9 \pm 5\%$ và $36,3 \pm 6\%$.



Hình 2. Hiệu quả xử lý nước mặt ô nhiễm bởi nước thải công nghiệp

Hàm lượng *coliform* có sự giảm đáng kể sau 4 tuần thí nghiệm với $2,1 \times 10^2 \pm 0,3 \times 10^2$ MPN/100 mL (Bảng 6) và không phát hiện thấy vi sinh vật nhiễm bẩn phân (*E. coli*).

Bảng 6. Khả năng xử lý vi sinh nguồn nước bị ô nhiễm bởi nước thải công nghiệp

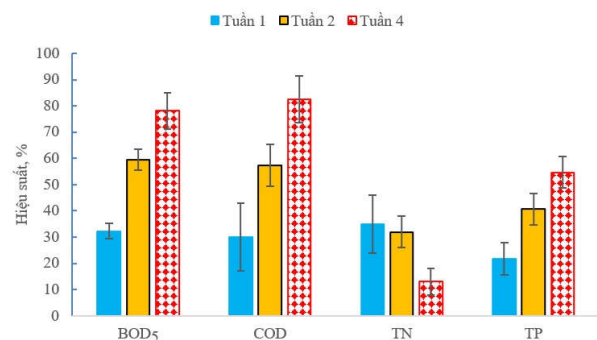
Thời gian	<i>Coliform</i>	<i>E. coli</i>	<i>Nitrosomonas</i>	<i>Nitrobacter</i>	Tổng VSV hiếu khí	<i>Bacillus</i>	<i>Pseudomonas</i>
	MPN/100 mL		CFU/mL				
Đầu vào	$1,1 \times 10^5 \pm 1,7 \times 10^4$	$1,5 \times 10^4 \pm 1,2 \times 10^4$	$3,6 \times 10^1 \pm 0,2 \times 10^1$	$4,3 \times 10^2 \pm 3,2 \times 10^1$	$1,40 \times 10^5 \pm 1,08 \times 10^4$	$2,22 \times 10^3 \pm 1,12 \times 10^2$	$4,09 \times 10^2 \pm 2,18 \times 10^2$
Tuần 1	$1,5 \times 10^3 \pm 1,0 \times 10^3$	$2,8 \times 10^2 \pm 1,5 \times 10^1$	$1,5 \times 10^2 \pm 2,6 \times 10^1$	$1,5 \times 10^3 \pm 0,4 \times 10^2$	$2,59 \times 10^5 \pm 1,9 \times 10^3$	$2,13 \times 10^4 \pm 1,04 \times 10^3$	$3,18 \times 10^2 \pm 1,09 \times 10^1$
Tuần 2	$4,3 \times 10^2 \pm 0,2 \times 10^2$	$2,1 \times 10^2 \pm 1,5 \times 10^2$	$2,1 \times 10^2 \pm 1,8 \times 10^1$	$1,8 \times 10^3 \pm 0,7 \times 10^2$	$2,13 \times 10^6 \pm 1,7 \times 10^2$	$4,22 \times 10^4 \pm 1,09 \times 10^3$	$5,81 \times 10^3 \pm 1,12 \times 10^2$
Tuần 4	$2,1 \times 10^2 \pm 0,3 \times 10^2$	KPH	$3,6 \times 10^2 \pm 4,0 \times 10^1$	$2,4 \times 10^3 \pm 1,1 \times 10^2$	$4,92 \times 10^7 \pm 1,6 \times 10^4$	$2,47 \times 10^5 \pm 1,21 \times 10^4$	$2,00 \times 10^4 \pm 1,70 \times 10^3$

Kết quả phân tích mật độ vi khuẩn có lợi như *Nitrosomonas* và *Nitrobacter* gia tăng đáng kể. Hơn nữa, những nghiên cứu trước đây cho thấy các chủng vi sinh vật như *Bacillus* và *Pseudomonas* đóng góp vai trò quan trọng trong ứng dụng xử lý các chất ô nhiễm [12]. Trong nghiên cứu này, số lượng vi sinh vật hiếu khí tổng, các chủng *Bacillus* và *Pseudomonas* theo xu hướng gia tăng sau thời gian xử lý. Như vậy, kết quả nghiên cứu thể hiện khả năng xử lý nguồn nước bị ô nhiễm bởi nước thải công nghiệp sau quá trình thí nghiệm.

3.2. Đánh giá khả năng xử lý nguồn nước mặt bị ô nhiễm bởi nước thải sinh hoạt

Nhìn chung, nguồn nước thải sinh hoạt từ các khu dân cư đóng góp lượng lớn nước thải vào hệ thống kênh rạch đô thị [13]. Nghiên cứu xử lý nguồn nước thải sinh hoạt có vai trò quan trọng trong việc

bảo vệ môi trường. Các kết quả thể hiện hiệu quả xử lý đối với các thông số hóa lý, cụ thể hàm lượng COD, BOD₅ sau xử lý lần lượt là 39 ± 8 và 21 ± 7 mg/L (Bảng 7). Như vậy, sản phẩm Bakture đã phát huy tác dụng trong việc xử lý các chất gây ô nhiễm nước.



Hình 3. Hiệu quả xử lý nước mặt ô nhiễm bởi nước thải sinh hoạt

Bảng 7. Khả năng xử lý thông số hóa lý nguồn nước bị ô nhiễm bởi nước thải sinh hoạt

Thời gian	DO	BOD ₅	COD	TSS	TP	P-PO ₄ ³⁻	TN	N - NH ₄ ⁺	N - NO ₂ ⁻	N - NO ₃ ⁻
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Đầu vào	3,5±0,5	96±8	223±21	61±10	5,38±2,01	6,34±2,01	67,95±4,80	61,64±7,81	0,036±0,013	0,28±0,04
Tuần 1	4,3±2,1	65±14	156±17	14±4	4,21±2,13	4,15±2,67	44,27±12,04	14,99±9,02	0,011±0,002	0,17±0,05
Tuần 2	4,4±2,7	39±11	95±19	11±3	3,19±2,09	3,32±0,87	46,23±17,82	20,57±10,24	0,010±0,008	0,11±0,52
Tuần 4	4,4±0,9	21±7	39±8	10±2	2,44±3,42	1,74±0,45	59,12±10,93	17,65±8,91	0,008±0,003	0,04±0,02

Ngoài ra, hàm lượng nitơ (amoni, nitrat, nitrit) cũng có sự biến động giảm theo thời gian xử lý qua các tuần thí nghiệm ($p < 0,05$). Sau kết thúc, hàm lượng NO₃⁻ giảm còn 0,04±0,02 mg/L; giảm 7 lần so với đầu vào. Tương tự, hàm lượng thông số TN giảm 1,2 lần so với nồng độ ban đầu. Hàm lượng amoni có giá trị 17,65±8,91 mg/L; thấp hơn nhiều lần so với

ban đầu (61,64±7,81 mg/L). Hơn nữa, kết quả ở hình 4 cho thấy hiệu quả xử lý lần lượt sau 4 tuần cao nhất đối với BOD₅, COD, TN, TP lần lượt tương ứng 78,1±7%, 82,5±9%, 13,0±5%, và 54,6±6%. Trong đó, khả năng xử lý các chất ô nhiễm được thể hiện bởi hiệu quả loại bỏ đối với BOD₅, COD và hàm lượng TP.

Bảng 8. Khả năng xử lý vi sinh nguồn nước bị ô nhiễm bởi nước thải sinh hoạt

Thời gian	<i>Coliform</i>	<i>E. coli</i>	<i>Nitrosomonas</i>	<i>Nitrobacter</i>	Tổng VSV hiếu khí	<i>Bacillus</i>	<i>Pseudomonas</i>
	MPN/100 mL		CFU/mL				
Đầu vào	4,6×10 ³ ±3,5×10 ⁴	4,3×10 ⁴ ±1,5×10 ³	5,0×10 ¹ ±1,2×10 ¹	3,5×10 ² ±1,6×10 ¹	2,09×10 ⁴ ±1,42×10 ²	2,09×10 ³ ±1,16×10 ²	3,18×10 ² ±2,06×10 ²
1 tuần	4,6×10 ³ ±2,3×10 ²	9,3×10 ² ±3,0×10 ¹	8,5×10 ¹ ±3,6×10 ¹	2,1×10 ² ±2,2×10 ²	2,81×10 ⁴ ±2,91×10 ³	2,99×10 ³ ±4,63×10 ²	1,27×10 ³ ±1,71×10 ³
2 tuần	4,6×10 ³ ±2,8×10 ³	0,4×10 ¹ ±0,1×10 ¹	1,1×10 ² ±4,7×10 ¹	7,5×10 ² ±4,9×10 ¹	1,05×10 ⁶ ±2,60×10 ³	1,04×10 ³ ±4,61×10 ⁴	9,45×10 ³ ±5,90×10 ²
4 tuần	2,4×10 ³ ±1,6×10 ²	0,3×10 ¹ ±0,2×10 ¹	1,5×10 ² ±2,9×10 ¹	9,3×10 ² ±4,8×10 ²	1,23×10 ⁸ ±5,16×10 ⁵	1,06×10 ³ ±3,07×10 ³	5,22×10 ⁴ ±4,75×10 ²

Bảng 8 cho thấy kết quả vi sinh hiếu khí tổng có lợi có sự tăng từ 2,09×10⁴±1,42×10² lên 1,23×10⁸±5,16×10⁵ CFU/mL. Đồng thời, mật độ *Nitrosomonas* và *Nitrobacter* cũng cho thấy điều tương tự. Rõ ràng, điều này lý giải khả năng kích thích của sản phẩm Bakture nhằm tăng cường sự có mặt các vi sinh vật có lợi cho môi trường và xử lý nguồn nước. Ngược lại, mật độ *E. coli* và *coliform*

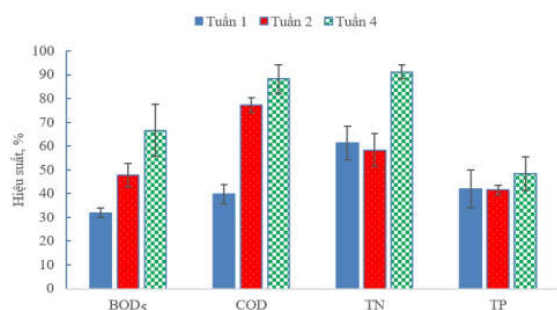
gây hại có xu hướng giảm lần lượt chỉ còn 0,3×10¹±0,2×10¹ và 2,4×10³±1,6×10² MPN/100 mL; thấp hơn rất nhiều so với ban đầu ($p < 0,05$). Hiệu quả xử lý các yếu tố vi sinh đã được thể hiện thông qua số liệu nêu trên, điều này đồng nghĩa tác dụng chuyển biến tích cực của sản phẩm Bakture.

3.3. Đánh giá khả năng xử lý nguồn nước mặt bị ô nhiễm bởi nước thải chăn nuôi

Bảng 9. Khả năng xử lý thông số hóa lý nguồn nước bị ô nhiễm bởi nước thải chăn nuôi

Thời gian	DO	BOD ₅	COD	TSS	TP	P-PO ₄ ³⁻	TN	N-NH ₄ ⁺	N-NO ₂ ⁻	N-NO ₃ ⁻
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Đầu vào	1,3±0,4	69±3	453±27	438±27	3,53±1,09	2,35±0,14	38,39±2,43	24,94±10,16	0,016±0,007	7,50±1,26
1 tuần	3,1±1,2	47±12	273±23	16±7	2,05±0,94	1,71±1,02	14,85±9,03	18,34±2,45	0,008±0,003	0,77±0,23
2 tuần	3,5±2,6	36±9	103±12	13±4	2,06±1,04	1,82±0,54	15,97±2,78	13,76±2,78	0,079±0,004	0,53±0,21
4 tuần	3,7±0,8	23±6	53±8	3±1	1,82±1,17	1,59±1,03	3,36±2,65	3,23±1,02	0,009±0,002	0,36±0,06

Khả năng loại bỏ các chất hữu cơ trong nước thải chăn nuôi gây ô nhiễm kênh rạch ở Thủ Đức được thể hiện trong bảng 9.



Hình 4. Hiệu quả xử lý nước mặt ô nhiễm bởi nước thải chăn nuôi

Mức độ giảm nồng độ COD và BOD₅ sau 4 tuần xử lý lần lượt với giá trị 53±8 và 23±6 mg/L, thấp hơn

nhiều so với các nồng độ ban đầu (438±27 và 69±3 mg/L) (Bảng 9). Hàm lượng chất dinh dưỡng nitơ như NH₄⁺, NO₂⁻, NO₃⁻ cũng giảm đáng kể. Nồng độ TP và PO₄³⁻ cũng biểu thị kết quả tương tự và theo chiều hướng giảm trong khoảng thời gian xử lý (p<0,05). Sau 4 tuần thí nghiệm, hàm lượng TP giảm còn 1,82±1,17 mg/L (thấp hơn so với ban đầu là 3,53±1,09 mg/L).

Quá trình xử lý sau 4 tuần thí nghiệm nguồn nước mặt bị ô nhiễm bởi nước thải chăn nuôi đạt hiệu quả cao nhất lần lượt cho BOD₅, COD, TN, TP là 66,7±11%, 88,3±6%, 91,2±3% và 48,4±7% (Hình 4). Xu hướng biến động nồng độ các chất ô nhiễm giảm dần theo thời gian xử lý từ các tuần 1 đến tuần 4. Hiệu quả xử lý chất hữu cơ (COD) và dinh dưỡng (TN) cao nhất với hiệu suất >85,0%.

Bảng 10. Khả năng xử lý vi sinh nguồn nước bị ô nhiễm bởi nước thải chăn nuôi

Thời gian	<i>Coliform</i>	<i>E. coli</i>	<i>Nitrosomonas</i>	<i>Nitrobacter</i>	Tổng VSV hiếu khí	<i>Bacillus</i>	<i>Pseudomonas</i>
	MPN/100 mL		CFU/mL				
Đầu vào	2,4×10 ⁶ ± 1,9×10 ⁵	1,1×10 ⁶ ± 2,8×10 ⁴	3,6×10 ¹ ± 1,4×10 ¹	3,6×10 ¹ ± 1,0×10 ¹	2,80×10 ² ± 1,10×10 ²	1,59×10 ³ ± 1,28×10 ²	3,64×10 ² ± 2,40×10 ²
1 tuần	4,6×10 ⁴ ± 1,0×10 ⁴	3,5×10 ² ± 1,3×10 ¹	8,7×10 ¹ ± 0,1×10 ¹	9,5×10 ¹ ± 2,3×10 ¹	2,1×10 ³ ± 1,0×10 ²	2,27×10 ³ ± 2,11×10 ¹	1,50×10 ³ ± 1,90×10 ¹
2 tuần	4,6×10 ³ ± 3,5×10 ²	2,1×10 ² ± 1,0×10 ¹	1,1×10 ² ± 3,4×10 ¹	1,1×10 ² ± 0,7×10 ¹	4,6×10 ³ ± 2,3×10 ²	7,68×10 ⁴ ± 2,31×10 ²	8,9×10 ³ ± 1,13×10 ²
4 tuần	9,3×10 ² ± 1,5×10 ¹	KPH	1,5×10 ² ± 1,3×10 ¹	5,5×10 ² ± 3,0×10 ¹	2,4×10 ⁴ ± 1,4×10 ³	3,88×10 ⁵ ± 4,31×10 ³	1,67×10 ⁵ ± 2,35×10 ⁴

Bảng 10 thể hiện khả năng xử lý vi sinh nước thải chăn nuôi của sản phẩm Bakture có nguồn gốc thiên nhiên. Sau 2 tuần khảo sát, nồng độ vi khuẩn có lợi đã bắt đầu có sự gia tăng mạnh. Kết thúc quá trình thí nghiệm, mật độ *Nitrosomonas*, *Nitrobacter* tương ứng 1,5×10²±1,3×10¹ và 5,5×10²±3,0×10¹ CFU/mL (cao hơn lần lượt 4,2 và 15,2 lần so với ban đầu). Mặt khác, mật độ *coliform* và *E. coli* giảm rất mạnh theo chuỗi thời gian thí nghiệm (p<0,05). Quá trình phân tích mẫu không cho thấy sự có mặt của *E. coli*; hàm lượng *coliform* cũng thể hiện tính hiệu quả tương tự (giảm rất mạnh, chỉ còn 9,3×10²±1,5×10¹ MPN/100 mL). Điều này cho thấy tính hiệu quả trong việc ứng dụng các vật liệu có nguồn gốc thiên nhiên như đá núi lửa để loại bỏ các tác nhân ô nhiễm trong nước thải chăn nuôi [14].

3.4. Đánh giá khả năng xử lý nguồn nước mặt ao hồ ô nhiễm

Hệ thống kênh rạch và ao hồ đô thị là nhóm đối tượng dễ tổn thương, chịu tác động ô nhiễm từ các hoạt động của con người. Việc đánh giá mức độ ô nhiễm ao hồ và khả năng xử lý tình trạng nước mặt nhiễm bẩn rất cần thiết. Trong nghiên cứu này, quá trình đánh giá khả năng xử lý nước mặt ao hồ bị ô nhiễm thông qua các thông số hóa lý và kết quả được thể hiện ở bảng 11. Hàm lượng DO sau xử lý có sự gia tăng nhưng không đáng kể (p>0,05). Tuy nhiên, hàm lượng chất hữu cơ COD/BOD₅ được cải thiện rõ rệt. Kết thúc 4 tuần thí nghiệm, hàm lượng BOD₅ và COD lần lượt giảm còn 7±1 và 18±6 mg/L (p<0,05). Như vậy, hàm lượng BOD₅ và COD đáp ứng tiêu chí chất lượng nước mặt (cột B1) theo QCVN 08-MT:2015/BTNMT [15].

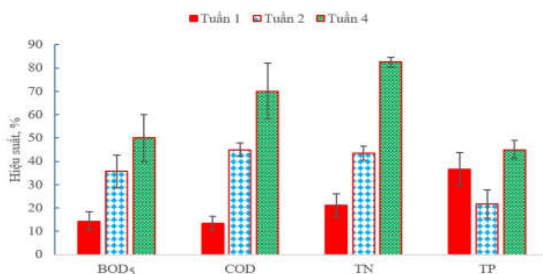
Hàm lượng PO₄³⁻ và TP có kết quả lần lượt 0,18±0,10 mg/L và 0,33±0,31 mg/L sau thời gian 4 tuần khảo sát. Các giá trị sau xử lý giảm đi so với

nồng độ ban đầu trước khi tiến hành thí nghiệm ($p < 0,05$). Tương tự đối với nitơ trong nguồn nước, kết quả khảo sát đối với NO_3^- , NO_2^- cũng đạt hiệu quả khá tốt. Cụ thể, nồng độ của chúng giảm từ $0,022 \pm 0,015$ mg/L xuống $0,006 \pm 0,004$ mg/L (NO_2^-)

và từ $9,60 \pm 2,31$ mg/L còn $0,44 \pm 0,27$ mg/L (NO_3^-). Từ đó cho thấy khả năng xử lý các thông số hóa lý (như nitơ, photpho) khá cao và ổn định, giúp cải thiện chất lượng nguồn nước.

Bảng 11. Khả năng xử lý thông số hóa lý nguồn nước ao hồ ô nhiễm

Thời gian	DO	BOD ₅	COD	TSS	TP	P-PO ₄ ³⁻	TN	N - NH ₄ ⁺	N - NO ₂ ⁻	N - NO ₃ ⁻
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
Đầu vào	5,0±2,1	14±2	60±17	31±5	0,60±0,12	0,33±0,12	14,57±3,61	13,45±7,02	0,022±0,015	9,60±2,31
1 tuần	5,1±0,8	12±4	52±8	11±2	0,38±0,20	0,26±0,12	11,49±3,26	9,23±2,36	0,010±0,001	8,24±2,45
2 tuần	5,2±2,4	9±3	33±4	9±4	0,47±0,13	0,21±0,06	8,22±1,95	5,43±2,87	0,013±0,002	6,63±1,09
4 tuần	5,2±1,5	7±1	18±6	3±1	0,33±0,31	0,18±0,10	2,54±1,03	1,28±0,95	0,006±0,004	0,44±0,27



Hình 5. Hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm ao hồ

Hiệu suất loại bỏ các chất dinh dưỡng và hữu cơ nguồn nước ao hồ được trình bày ở hình 5. Kết quả xử lý đạt cao nhất lần lượt sau 4 tuần đối với BOD₅, COD, TN, TP là $50,0 \pm 10\%$, $70,0 \pm 12\%$, $82,6 \pm 2\%$ và $45,0 \pm 4\%$. Như vậy, ở thời điểm kết thúc thí nghiệm chỉ ra hiệu quả vượt trội thể hiện cho tất cả các thông số khảo sát.

Bảng 12. Khả năng xử lý vi sinh nước ao hồ bị ô nhiễm

Thời gian	<i>Coliform</i>	<i>E. coli</i>	<i>Nitrosomonas</i>	<i>Nitrobacter</i>	Tổng VSV hiếu khí	<i>Bacillus</i>	<i>Pseudomonas</i>
	MPN/100mL				CFU/mL		
Đầu vào	$7,5 \times 10^3 \pm 5,3 \times 10^2$	$3,5 \times 10^2 \pm 2,4 \times 10^2$	$0,3 \times 10^1 \pm 0,2 \times 10^1$	$7,0 \times 10^1 \pm 0,8 \times 10^1$	$3,68 \times 10^4 \pm 2,04 \times 10^3$	$4,45 \times 10^5 \pm 3,22 \times 10^2$	$0,00 \times 10^0 \pm 0,00 \times 10^0$
1 tuần	$1,1 \times 10^3 \pm 2,7 \times 10^2$	$3,6 \times 10^1 \pm 2,1 \times 10^1$	$9,1 \times 10^1 \pm 2,3 \times 10^1$	$1,5 \times 10^2 \pm 0,6 \times 10^2$	$6,13 \times 10^5 \pm 5,46 \times 10^3$	$2,68 \times 10^4 \pm 2,67 \times 10^3$	KPH
2 tuần	$2,4 \times 10^3 \pm 6,8 \times 10^2$	$0,0 \times 10^0 \pm 0,0 \times 10^0$	$9,1 \times 10^1 \pm 4,5 \times 10^1$	$2,1 \times 10^2 \pm 0,2 \times 10^2$	$9,57 \times 10^6 \pm 7,08 \times 10^5$	$8,5 \times 10^4 \pm 5,68 \times 10^2$	KPH
4 tuần	$1,5 \times 10^3 \pm 2,9 \times 10^1$	KPH	$2,2 \times 10^2 \pm 0,7 \times 10^1$	$1,2 \times 10^2 \pm 0,8 \times 10^2$	$1,35 \times 10^5 \pm 4,08 \times 10^5$	$1,95 \times 10^5 \pm 7,09 \times 10^3$	KPH

Có thể thấy, việc áp dụng công nghệ sản phẩm sinh học có tính hiệu quả và được xem như là công cụ hữu dụng phục hồi các hồ bị ô nhiễm [16,17]. Công nghệ sử dụng sản phẩm Bakture làm chất xúc tác, kích thích sự phát triển của vi sinh vật hiếu khí và yếm khí hoạt động, qua đó phân giải các chất độc hại trong môi trường nước. Bảng 9 thể hiện hàm lượng vi sinh gây hại như *coliform* và *E. coli* có sự biến động giảm theo thời gian. Cụ thể, tại thời điểm kết thúc thí nghiệm hàm lượng *coliform* ở mức $1,5 \times 10^3 \pm 2,9 \times 10^1$ MPN/100 mL, thấp hơn so với nồng độ ban đầu. Trong khi đó,

mật độ *E. coli* không tìm thấy trong các mẫu xét nghiệm sau 4 tuần khảo sát. Liên quan đến mật độ vi khuẩn có lợi như *Nitrosomonas*, *Nitrobacter* có sự gia tăng từ $0,3 \times 10^1 \pm 0,2 \times 10^1$ CFU/100 mL lên $2,2 \times 10^2 \pm 0,7 \times 10^1$ CFU/100 mL và $7,0 \times 10^1 \pm 0,8 \times 10^1$ CFU/100 mL lên $1,2 \times 10^3 \pm 0,8 \times 10^2$ CFU/100 mL. Tổng lượng vi sinh vật hiếu khí với mật độ $1,35 \times 10^7 \pm 4,08 \times 10^5$ CFU/100 mL và chỉ thị sự cải thiện môi trường nước trong bể thí nghiệm ($p < 0,05$). Qua đó thể hiện khả năng ứng dụng hiệu quả sản phẩm Bakture làm tác nhân giảm thiểu ô nhiễm và cải thiện chất lượng nước.

Như vậy, kết quả nghiên cứu chỉ ra tính hiệu quả ứng dụng sản phẩm thân thiện môi trường Bakture để khắc phục, giảm thiểu ô nhiễm nước do các tác nhân hoạt động con người. Điều này chỉ ra tính ưu việt của quá trình áp dụng công nghệ tiên tiến với dạng vật liệu có nguồn gốc tự nhiên nhằm loại bỏ chất nhiễm bẩn, xử lý nguồn nước đảm bảo an toàn trong khu vực. Tuy nhiên, nhằm bảo vệ chất lượng nước mặt kênh rạch cần thực hiện lồng ghép các giải pháp quản lý dựa vào pháp luật, thể chế nghiêm ngặt để quản lý và kiểm soát tốt các nguồn gây ô nhiễm. Hơn nữa, vai trò quản lý của nhà nước cũng cần được chú trọng trong công tác bảo vệ môi trường nói chung và kênh rạch nói riêng.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu cho thấy khả năng ứng dụng sản phẩm Bakture giải quyết bài toán bảo vệ ô nhiễm môi trường nước. Hiệu quả xử lý cao được thể hiện qua quá trình xử lý các chất hữu cơ, chất dinh dưỡng; sự thay đổi hàm lượng mật độ vi sinh vật có lợi trong môi trường. Cụ thể, mật độ vi khuẩn hiếu khí có lợi không ngừng gia tăng, trong khi mật độ vi sinh gây hại như *coliform* và *E. coli* giảm đáng kể. Việc áp dụng sản phẩm Bakture đã đem lại một số kết quả ban đầu rất khả quan. Hiệu quả xử lý nước thải ô nhiễm kênh rạch đạt cao nhất với lần lượt BOD₅ là 78,1±7%, COD giảm 95,0±11%, TN giảm 91,2±3%, và TP giảm 54,6±6%. Ngoài ra, vi sinh vật có lợi tăng đáng kể về số lượng, nhờ đó tăng cường hệ vi sinh phân giải chất ô nhiễm, duy trì môi trường sống hệ thủy sinh. Đây là giải pháp xử lý nước ô nhiễm hiệu quả, thân thiện với môi trường và con người. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho việc đề ra giải pháp bảo vệ môi trường nước kênh rạch bị ô nhiễm ở địa bàn quận Thủ Đức, TP. Hồ Chí Minh nói riêng và các đô thị khác nói chung.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin chân thành cảm ơn Công ty RBC Consultant Co., Ltd, Nhật Bản đã cung cấp sản phẩm Bakture và Trung tâm Công nghệ Môi trường & Quản lý tài nguyên, Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh đã hỗ trợ phương tiện, thiết bị trong quá trình thực hiện nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. WHO/UNICEF, 2004. Meeting the MDG drinking water and sanitation target: a midterm assessment of progress, World Health Organization, New York.

2. Nguyễn Minh Kỳ, 2014. Quan trắc và đánh giá xu hướng biến động chất lượng nước hạ lưu sông Cu Đê, thành phố Đà Nẵng. Tạp chí Khoa học - Trường Đại học Cần Thơ, Phần A: Khoa học Tự nhiên, Công nghệ và Môi trường, Số 34, tr. 100- 107.

3. Yasuhiko, K., 1988. Water quality and pollution control, International Journal of Water Resources Development, 4(1), 40-44.

4. Nguyễn Văn Phước, 2001. Xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học, Hà Nội.

5. Nguyễn Việt Anh, 2004. Thoát nước đô thị bền vững và khả năng áp dụng tại Việt Nam, Hà Nội.

6. Ky, N. M., Hung, N. T. Q., Manh, N. C., Lap, B. Q., Dang, T. T. H., Ozaki, A., 2020. Assessment of Nutrients Removal by Constructed Wetlands Using Reed Grass (*Phragmites australis* L.) and Vetiver Grass (*Vetiveria Zizanioides* L.), J. Fac. Agr., Kyushu Univ., 65(1), 149-156.

7. Bùi Quốc Lập, 2013. Một số kết quả bước đầu của việc áp dụng chế phẩm Aqualift của Nhật trong xử lý nước ao, hồ bị ô nhiễm. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi & Môi trường, Số 40.

8. Sharip, Z., Abd. Razak, S. B., Noordin, N. et al., 2020. Application of an Effective Microorganism Product as a Cyanobacterial Control and Water Quality Improvement Measure in Putrajaya Lake, Malaysia, Earth Syst Environ, 4, 213-223.

9. Dussan, A., Calderón, J. A., Quiroz, H. P., 2020. Zeolites derived from natural minerals: Solid rock and volcanic ash, Materials Today, 34, 148-149.

10. RBC Consultant Co., Ltd., 2020, BAKTURE Powder, Okayama, Japan.

11. APHA, 2012. Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water. American Public Health Association.

12. Singh, P., Patil, Y., Rale, V., 2018. Biosurfactant production: Emerging trends and promising strategies. J. Appl. Microbiol., 126, 2-13.

13. Nguyễn Tri Quang Hưng, Nguyễn Công Mạnh, Nguyễn Minh Kỳ, 2019. Quan trắc, đánh giá hiện trạng chất lượng nước mặt kênh rạch tỉnh Bình Dương. Tạp chí Khoa học Kỹ thuật Thủy lợi và Môi trường, Số 66, tr. 37-44.

14. Huang, X., Liu, C., Gao, C., Wang, Z., Zhu, G., Liu, L., Lin, G., 2013. Comparison of nutrient

removal and bacterial communities between natural zeolite-based and volcanic rock-based vertical flow constructed wetlands treating piggery wastewater, *Desalination and Water Treatment*, 51(22-24), 4379-4389.

15. Bộ Tài nguyên và Môi trường, 2015. QCVN 08-MT:2015/BTNMT Quy chuẩn kỹ thuật Quốc gia về chất lượng nước mặt, Hà Nội.

16. Park, G-S., Khan, A. R., Kwak, Y., Hong, S-J., Jung, B., Ullah, I., Kim, J-G., Shin, J-H., 2016. An

improved effective microorganism (EM) soil ball-making method for water quality restoration. *Environ Sci Pollut Res*, 23(2), 1100–1107.

17. Sitarek, M., Napiorkowska-Krzebietke, A., Mazur, R., Czarnecki, B., Pyka, J. P., Stawecki, K., Olech, M., Soltysiak, S., Kapusta, A., 2017. Application of effective microorganisms technology as a lake restoration tool-a case study of Muchawka Reservoir, *J Elementol*, 22, 529–543.

RESEARCH AND APPLICATION OF BAKTURE (BACK TO NATURE) FOR TREATMENT OF POLLUTED SURFACE WATER

Nguyen Minh Ky^{1,2}, Nguyen Cong Manh¹, Nguyen Tri Quang Hung¹, Bui Quoc Lap^{3*}

¹*Faculty of Environment and Natural Resources,*

Nong Lam University of Ho Chi Minh city

²*Department of Environment and Natural Resources,*

Nong Lam University of Ho Chi Minh city – Gialai Campus

³*Faculty of Chemistry and Environment, Thuyloi University*

Email: buiquoclap@tlu.edu.vn; nmky@hcmuaf.edu.vn

Summary

The paper presents the results of the application of Bakture (Back to Nature) aiming to treat polluted water resources in lakes and canals of Thu Duc district, Ho Chi Minh city. The studied objectives were chosen related to heavily polluted surface water in canals and ponds systems. The study selected four polluted surface waters that are affected by different wastewater types (industrial, domestic and husbandry). The experiments were conducted in four glass tanks with each volume of 100L and size LxWxH is equal to 0.6 m × 0.4 m × 0.5 m. Aiming to examine treated efficiency, this research carried out sampling, analyzing water quality parameters such as pH, TSS, COD, BOD₅, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, N-NO₂⁻, P-PO₄³⁻, and microorganisms levels. The water samples were taken after 1, 2 and 4 weeks during the experiment. The application of Bakture product after four experiment weeks has obtained some positive findings, such as the treatment efficiencies for BOD₅, COD, TN, and TP were 78.1±7%, 95.0±11%, 91.2±3%, and TP 54.6±6%, respectively. In addition, a significant increase in microorganisms levels lead to organic matter degradation, maintaining the habitat for the aquatic system. Results provide the environmental protection solutions towards ecologically sustainable and environmental friendly.

Keywords: *Water pollution, Bakture, microorganisms, water treatment, environmentally friendly.*

Người phản biện: PGS.TS. Lê Đức

Ngày nhận bài: 4/5/2021

Ngày thông qua phản biện: 4/6/2021

Ngày duyệt đăng: 11/6/2021