

Đánh giá hiệu suất xử lý nước thải làng nghề bánh tráng bằng công nghệ bùn hoạt tính bổ sung chế phẩm sinh học

Vũ Thị Minh Châu¹, Nguyễn Trọng Hiệp¹, Mai Quang Tuyền¹, Nguyễn Đức Thịnh¹, Lê Thu Thủy^{2*}, Lê Minh Tuấn³

¹Trung tâm Nhiệt đới Việt - Nga, Chi nhánh phía Nam

²Trường Đại học Tài nguyên và Môi trường Hà Nội

³Viện Công nghệ Môi trường, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Ngày nhận bài 23/5/2022; ngày chuyển phản biện 25/5/2022; ngày nhận phản biện 15/6/2022; ngày chấp nhận đăng 20/6/2022

Tóm tắt:

Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá hiệu suất xử lý nước thải làng nghề bánh tráng bằng công nghệ bùn hoạt tính bổ sung chế phẩm sinh học. Với chế phẩm BHT (gồm các chủng: *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Saccharomyces cerevisiae*) có mật độ vi sinh vật (VSV) là 10^8 CFU/g chọn được thời gian lưu thích hợp là 9 ngày cho hiệu quả xử lý cao nhất COD đạt 81%, BOD₅ đạt 82%, TSS đạt 55,7% và đạt QCVN 40:2011/BTNMT (cột B). Khi bổ sung chế phẩm sinh học BHT và Bio-EM vào bùn hoạt tính trong xử lý nước thải bánh tráng với thời gian lưu 16 giờ, COD ban đầu 500 mg/l, hiệu suất xử lý COD của bùn hoạt tính, bùn hoạt tính bổ sung chế phẩm BHT và Bio-EM lần lượt là 93,3, 93,5 và 94,4%, phù hợp với nước thải bánh tráng có COD đầu vào nhỏ hơn 500 mg/l và tần suất bổ sung chế phẩm 15 ngày/lần với mật độ VSV là 10^8 CFU/g.

Từ khóa: bể bùn hoạt tính lọc dòng ngược, bùn hoạt tính, chế phẩm sinh học, nước thải bánh tráng, xử lý nước thải.

Chỉ số phân loại: 2.7

Mở đầu

Xử lý nước thải làng nghề tại Việt Nam từ lâu đã là vấn đề được nhiều nhà khoa học quan tâm, bằng những phương pháp phù hợp với điều kiện kinh tế, xã hội của địa phương và đặc trưng của từng loại nước thải. Làng nghề bánh tráng Phú Hòa Đông (huyện Củ Chi, TP Hồ Chí Minh) cũng là một trong những làng nghề chưa giải quyết được vấn đề ô nhiễm nước thải. Nguyên nhân do lượng nước thải của quá trình sản xuất bánh tráng chưa được chú trọng xử lý một cách khoa học và triệt để. Số liệu khảo sát thành phần nước thải của nhóm tác giả tại làng nghề bánh tráng Phú Hòa Đông cho thấy giá trị một số chỉ tiêu trong nước thải như: COD, BOD₅ và TSS (thành phần chủ yếu là các hợp chất hữu cơ ở dạng hòa tan hoặc lơ lửng có khả năng phân hủy sinh học) đều vượt quá quy chuẩn quốc gia về chất lượng nước thải nhiều lần, và pH cũng nằm ngoài khoảng cho phép của QCVN 40:2011/BTNMT (cột B). Nước thải này hầu hết được đưa vào hầm kín nhiều ngăn, số ít cho chảy tràn và thấm xuống đất. Tuy nhiên, một vài công ty sản xuất bánh tráng của xã Phú Hòa Đông cũng đã có hệ thống xử lý nước thải quy mô công nghiệp nhưng các hộ sản xuất quy mô gia đình lại không thể áp dụng được công nghệ này do ít kinh phí, quy mô sản xuất nhỏ và đòi hỏi chuyên môn của người vận hành.

Nghiên cứu sử dụng chế phẩm sinh học xử lý nước thải ở các lĩnh vực sản xuất khác nhau đã được nhiều nhà khoa học thực hiện như: Đào Thị Hồng Vân và cs (2012) [1] đã nghiên cứu tạo chế phẩm sinh học xử lý nước thải sinh hoạt đô thị Hà Nội, Vũ Thúy Nga (2016) [2] nghiên cứu tạo chế phẩm VSV xử lý nước thải chế biến tinh bột sắn; Nguyễn Thanh Văn và cs (2017) [3] đánh giá hiệu suất xử lý nước thải sau túi ủ biogas của một số chế phẩm sinh học; Trần Đức Thảo và cs (2019) [4] nghiên cứu khả năng xử lý nước thải sinh hoạt bằng công nghệ bùn hoạt tính có bổ sung chế phẩm sinh học *bacillus sp.*

Kết quả của các nghiên cứu đã chứng minh được hiệu quả bước đầu xử lý nước thải có bổ sung các chế phẩm sinh học như Đào Thị Hồng Vân và cs (2012) [1] xử lý nước thải sinh hoạt ở quy mô phòng thí nghiệm với COD đầu vào nhỏ hơn 200 mg/l; Nguyễn Thanh Văn và cs (2017) [3] xử lý nước thải sau biogas và nước thải sản xuất tinh bột sắn quy mô thực tế với COD đầu vào khoảng 500 mg/l, kết quả đầu ra đều đạt quy chuẩn đối với từng loại hình nước thải riêng biệt.

Hiện nay, trên thị trường có nhiều chế phẩm sinh học ứng dụng xử lý nước thải chế biến lương thực có ưu điểm: chi phí đầu tư thấp, hiệu quả cao, dễ vận hành, thân thiện môi trường và không đòi hỏi quá nhiều diện tích đất. Tuy nhiên, để áp dụng các chế phẩm VSV hay công nghệ sinh học nói chung vào xử lý nước thải này vẫn còn hạn chế. Do vậy, nhóm tác giả đã nghiên cứu đánh giá hiệu suất xử lý nước thải làng nghề bánh tráng bằng công nghệ bùn hoạt tính có bổ sung chế phẩm sinh học được tạo thành từ một số chủng vi sinh *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus sp.* (phân lập từ nước thải bánh tráng), *Pseudomonas sp.*, *Saccharomyces cerevisiae* (bổ sung thêm được phân lập từ môi trường nước biển Nha Trang và từ môi trường com rượu) trên nền chất mang là tinh bột (BT) và trên nền chất mang cao lanh và tinh bột (BHT). So sánh với chế phẩm Bio-EM trên thị trường nhằm xác định hiệu quả xử lý nước thải bánh tráng, góp phần hạn chế ô nhiễm môi trường.

Thực nghiệm

Đối tượng nghiên cứu

Nước thải: Nước thải được lấy tại bể thu gom vào buổi trưa sau khi quá trình tráng bánh hoàn thiện và bảo quản theo TCVN 6663-3:2016, nước thải đầu vào có thành phần như ở bảng 1.

*Tác giả liên hệ: Email: lethuthuy7983@gmail.com

Assess the wastewater treatment efficiency of the rice paper craft village with activated sludge supplemented with probiotics

Thi Minh Chau Vu¹, Trong Hiep Nguyen¹, Quang Tuyen Mai¹, Duc Thinh Nguyen¹, Thu Thuy Le^{2*}, Minh Tuan Le³

¹Joint Vietnam - Russia Tropical Science and Technology Research Center, Southern Branch
²Hanoi University of Natural Resources and Environment

³Institute of Environmental Technology, Vietnam Academy of Science and Technology

Received 23 May 2022; revised 15 June 2022; accepted 20 June 2022

Abstract:

This study was carried out to assess the wastewater treatment efficiency of rice paper craft villages with activated sludge supplemented with probiotics. With probiotic BHT preparation (including strains: *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, *Saccharomyces cerevisiae*), the density of microorganisms of 10^8 CFU/g, selecting the appropriate retention time of 9 days for the highest treatment efficiency, in which COD treatment reached 81%, BOD_5 treatment reached 82%, TSS treatment reached 55.7% and met QCVN 40:2011/BTNMT (column B). When adding BHT and Bio-EM probiotics to activated sludge to treat rice paper processing wastewater with a retention time of 16 hours, the initial COD value of 500 mg/l, COD treatment efficiency of rice paper processing wastewater by activated sludge, activated sludge supplemented with BHT, and activated sludge supplemented Bio-EM was 93.3, 93.5, and 94.4%, respectively and suitable for rice paper processing influent with COD less than 500 mg/l and the frequency of probiotics addition was once every 15 days with a microorganism density of 10^8 CFU/g.

Keywords: activated sludge, probiotics, rice paper processing wastewater, upflow sludge blanket filtration (USBF) tank, wastewater treatment.

Classification number: 2.7

Bảng 1. Thành phần nước thải sản xuất bánh tráng.

Chỉ tiêu	pH	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	BOD_5 (mg/l)	Nt (mg/l)	Pt (mg/l)
Giá trị	3,8±0,1	115,2±1,8	775±12	482,3±12,4	16,7±0,5	1,8±0,2
QCVN 40:2011/ BTNMT (cột B)	5,5-9	100	150	50	40	6

Chế phẩm sinh học và bùn hoạt tính: Bùn hoạt tính đã được nuôi cấy sẵn trong phòng thí nghiệm, giá trị một số chỉ tiêu: thể tích bùn lắng (SV30), chất rắn lơ lửng trong hỗn hợp bùn lỏng (MLSS) và chất rắn lơ lửng bay hơi trong hỗn hợp bùn lỏng (MLVSS), chỉ số thể tích bùn (SVI) có trong nước thải nuôi tạo bùn hoạt tính được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Một số chỉ tiêu có trong nước thải nuôi tạo bùn hoạt tính.

Mật độ VSV (CFU/ml)	SV30 (ml/l)	MLSS (g/l)	SVI	MLVSS (g/l)	MLVSS/MLSS	pH
$2,8 \times 10^{11}$	380	3,26	116,6	2,48	0,76	8,1

Chế phẩm dùng trong nghiên cứu này có mật độ VSV trên 10^9 CFU/g, độ âm 13% trên nền BT và BHT với tỷ lệ khối lượng là 10:1.

Chế phẩm sinh học bán trên thị trường được chọn để thực hiện nghiên cứu này là sản phẩm Bio-EM được tổ hợp từ các VSV phân giải xenlulo, protein, tinh bột và VSV 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 về VSV xử lý hầm cầu vệ sinh - Chế phẩm dạng bột. Sản phẩm được sản xuất tại Công ty Vi sinh môi trường TP Hồ Chí Minh. Chế phẩm này cũng được Nguyễn Thanh Văn và cs (2017) [3] nghiên cứu, đánh giá hiệu quả xử lý nước thải sau túi ủ Biogas so với các chế phẩm khác có trên thị trường.

Bố trí thí nghiệm

Tất cả các thí nghiệm được sục khí liên tục 24/24 giờ với DO không nhỏ hơn 2,5 mg/l và điều kiện nhiệt độ $25 \pm 0,5^\circ\text{C}$.

Thí nghiệm gián đoạn: Mô hình bể thí nghiệm gồm 9 bể có thể tích 5 l, bể đầu không bổ sung chế phẩm, từ bể sau trở đi bổ sung chế phẩm BT và BHT lần lượt theo tỷ lệ ở TN1 và TN2.

TN1: Thí nghiệm gián đoạn với chế phẩm BT ở các dải mật độ VSV: 5×10^7 , 10^8 , 5×10^8 và 10^9 . Tương đương với các bể BT1, BT2, BT3, BT4 chứa 0,05, 0,1, 0,5 và 1,0 g chế phẩm/l nước thải.

TN2: Thí nghiệm gián đoạn với chế phẩm BHT ở các dải mật độ VSV: 5×10^7 , 10^8 , 5×10^8 và 10^9 . Tương đương với các bể BHT1, BHT2, BHT3, BHT4 chứa 0,05, 0,1, 0,5 và 1,0 g chế phẩm/l nước thải.

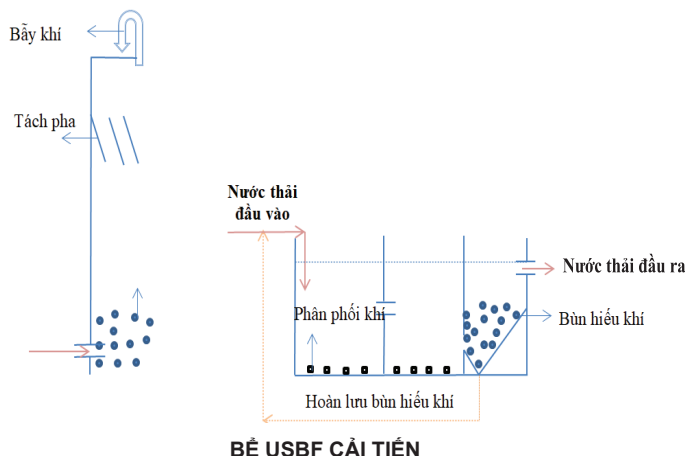
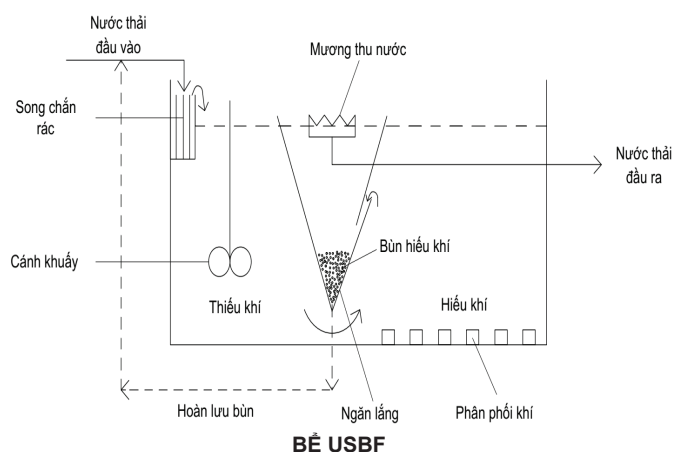
Tổng thời gian cho mỗi thí nghiệm gián đoạn là 12 ngày.

Thí nghiệm liên tục được tiến hành trong 30 ngày: Mô hình bể thí nghiệm dựa trên mô hình bể USBF nguyên bản có cải tiến cho phù hợp với đặc thù nước thải (được thể hiện ở hình 1), do hàm lượng Nt trong nước thải thấp so với COD. Vì vậy, không có quá trình thiếu khí để phân nitrate, chính vì vậy, ngăn thiếu khí này sẽ lắp thêm thanh sục khí. Ngăn lọc bùn sinh học dòng ngược cũng được điều chỉnh thiết kế bằng cách lắp thiết bị gạt bùn và hoàn lưu bùn sao cho vận hành trong phòng thí nghiệm được thuận lợi để bùn không bị chết. Do đó, mô hình sẽ điều chỉnh thành 2 ngăn hiếu khí và 1 ngăn lọc bùn sinh học dòng ngược.

Điều kiện vận hành thí nghiệm: $DO \geq 2,5$, $pH \approx 7$, COD đầu vào khoảng 1000 mg/l, thời gian lưu 16 giờ đã được công bố ở nghiên cứu trước [1].

TN3: Thí nghiệm liên tục với bùn hoạt tính hiếu khí có bổ sung chế phẩm đã được chọn lọc từ 2 thí nghiệm TN1 và TN2 (BHT2).

TN4: Thí nghiệm liên tục với bùn hoạt tính hiếu khí có bổ sung chế phẩm Bio-EM.



Hình 1. Mô hình hệ thống thí nghiệm liên tục.

Phân tích các thông số nước thải đầu ra như mật độ VSV, pH, TSS, COD và BOD₅ (2 lần mỗi thí nghiệm). Một số chỉ tiêu được phân tích theo quy định bởi QCVN 40:2011/BTNMT về quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải công nghiệp bao gồm pH, TSS, BOD₅, COD, N tổng (N_t), P tổng (P_t) và một số chỉ tiêu phân tích trong quá trình xử lý là oxy hòa tan (DO). Mẫu được phân tích tại phòng thí nghiệm theo các quy trình hướng dẫn bởi các phương pháp tiêu chuẩn về phân tích nước thải (bảng 3).

Bảng 3. Các phương pháp và thiết bị phân tích mẫu.

Chỉ tiêu	Phương pháp	Phương tiện, thiết bị
pH	TCVN 5979:2007	Máy đo pH Horiba F-72G
DO	TCVN 7325:2016	Sension 156 Multiparameter Meters
Nt	TCVN 6638:2000	TOC-L Shimadzu
Pt	TCVN 6202:2008	Thiết bị UV-VIS Thermo serie 300
COD	SMEWW 5220C:2017	Bếp phá mẫu Velp, buret tự động
BOD ₅	TCVN 6001-2:2008	Chai BOD, tủ ủ BOD ₅ Velp
TSS	SMEWW 2540 D: 2017	Giấy lọc thủy tinh, tủ sấy, bơm hút chân không
Mật độ VSV	TCVN 4884-1:2015	Máy đếm khuẩn lạc Colony counter 560 suntex

Kết quả và bàn luận

Thí nghiệm gián đoạn với 2 loại chế phẩm BT và BHT

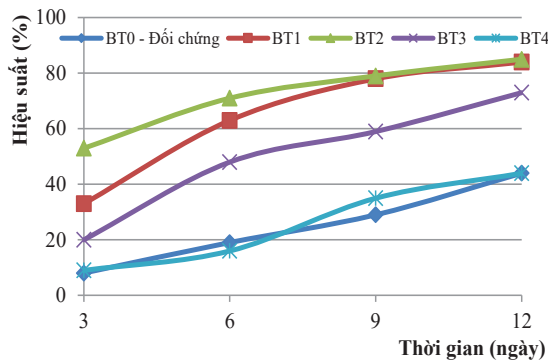
Thành phần nước thải có một số giá trị như ở bảng 1 đã được điều chỉnh pH về giá trị khoảng 7, được chứa trong 9 bể có thể tích 5 l. Lần lượt bổ sung chế phẩm BT và BHT với khối lượng 0,05, 0,1, 0,5 và 1,0 g/l nước thải, ký hiệu lần lượt BT1, BT2, BT3, BT4, BHT1, BHT2, BHT3, BHT4 và 1 bể đối chứng không bổ sung chế phẩm ký hiệu là BT0. Mật độ VSV hiếu khí bổ sung tương ứng là: 5x10⁷, 10⁸, 5x10⁸ và 10⁹ CFU/g. Sau đó, tiến hành sục khí cho mỗi bình sao cho nồng độ DO ≥ 2 mg O₂/l. Tiến hành lấy mẫu và phân tích các thông số sau các khoảng thời gian 3, 6, 9 và 12 ngày. So sánh hiệu quả xử lý cũng như sự phát triển của VSV hiếu khí thông qua các thông số TSS, COD, BOD₅ và mật độ VSV để bước tiếp theo vận hành mô hình.

Biến động của COD theo thời gian: Sau 12 ngày thử nghiệm kết quả biến động của COD theo thời gian được thể hiện ở bảng 4, bảng 5, hình 2 và hình 3.

Kết quả ở bảng 4 và hình 2 cho thấy, khi sử dụng chế phẩm BT ở các dải mật độ VSV khác nhau COD giảm dần theo thời gian, trong 6 ngày đầu COD giảm mạnh nhất ở thí nghiệm có bổ sung chế phẩm BT2 có mật độ VSV 10⁸ CFU/g; đến ngày thứ 12 thì hiệu suất xử lý COD ở thí nghiệm BT1 và BT2 tốt nhất, tương đương nhau khoảng 84% (khoảng 131 mg/l đạt quy chuẩn nước thải QCVN 40:2011, cột B). Kết quả này cũng phù hợp với nghiên cứu của tác giả Trần Đức Thảo và cs (2019) [4] khi nghiên cứu xử lý nước thải sinh hoạt bằng phương pháp bùn hoạt tính có bổ sung chế phẩm sinh học *Bacillus* sp. với mật độ VSV bổ sung là 10⁸ CFU/g. Nước thải bánh trắng có COD cao nhưng N_t và P_t thấp, khi bổ sung chế phẩm BT (với chất mang là tinh bột) với mật độ VSV cao thì COD trong nước thải cũng tăng lên đáng kể gây mất cân bằng giữa tỷ lệ BOD:N:P, chính vì vậy mà hiệu quả xử lý giảm rõ rệt [5]. Mẫu đối chứng không bổ sung chế phẩm, chỉ sục khí để hoạt hóa hệ VSV có sẵn trong nước thải nên hiệu quả xử lý kém hơn, đến ngày thứ 12 hiệu suất xử lý mới chỉ đạt 44% cũng tương đồng với kết quả nghiên cứu của Vũ Thúy Nga (2016) [2] khi sử dụng chế phẩm VSV xử lý nước thải chế biến tinh bột sắn.

Bảng 4. Hiệu quả xử lý COD của chế phẩm BT ở các dải mật độ VSV khác nhau.

Thời gian (ngày)	Ngày 0	Ngày 3	Ngày 6	Ngày 9	Ngày 12
BT0 - COD (mg/l)	775±12	720±7	632±8	552±8	438±14
Hiệu suất (%)		8	19	29	44
BT1 - COD (mg/l)	820±8	550±14	300±7	180±6	134±2
Hiệu suất (%)		33	63	78	84
BT2 - COD (mg/l)	860±12	400±6	252±8	178±6	131±4
Hiệu suất (%)		53	71	79	85
BT3 - COD (mg/l)	1,180±11	949±5	620±11	490±6	321±8
Hiệu suất (%)		20	48	59	73
BT4 - COD (mg/l)	1,580±13	1,440±14	1,328±11	1,023±11	883±4
Hiệu suất (%)		9	16	35	44

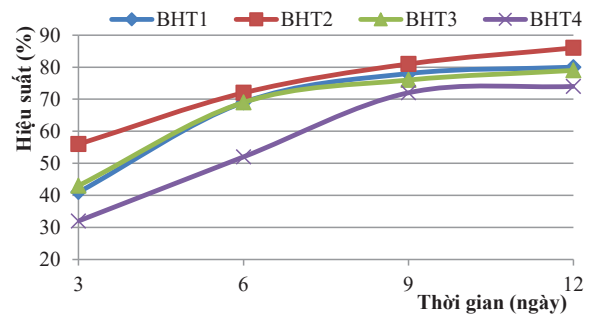


Hình 2. Mối tương quan giữa mật độ VSV bổ sung và hiệu suất xử lý COD.

Tương tự như thử nghiệm với chế phẩm BT, bảng 5 và hình 3 thể hiện kết quả thử nghiệm của chế phẩm BHT với chất mang chủ yếu là cao lanh. Khi bổ sung chế phẩm vào nước thải, thành phần nước thải hầu như không thay đổi. Hiệu suất xử lý COD tăng dần, với thí nghiệm bổ sung 10^9 CFU/g tốc độ xử lý tăng ở 9 ngày đầu, từ ngày 9 đến 12 hiệu quả xử lý tăng không đáng kể. Với 3 thí nghiệm bổ sung 5×10^7 , 10^8 , 5×10^8 CFU/g thì COD giảm dần theo thời gian, COD giảm mạnh nhất ở thí nghiệm có bổ sung chế phẩm BHT2 có mật độ VSV 10^8 CFU/g, đến ngày thứ 9 thì hiệu suất xử lý COD đạt 81% (đạt quy chuẩn nước thải QCVN 40:2011, cột B). Từ kết quả nêu trên khi thử nghiệm chế phẩm BHT cho xử lý nước thải bánh trắng, thời gian lưu chọn là 9 ngày. Thí nghiệm này cũng tương đương với nghiên cứu của Nguyễn Thanh Văn và cs (2017) [3] khi tiến hành thử nghiệm chế phẩm sinh học Bio-EM để xử lý nước thải chăn nuôi sau biogas 0,1 g chế phẩm/lít nước thải (mật độ VSV 10^8 CFU/g), COD trong nước thải ban đầu $527,1 \pm 13,2$ mg/l sau 9 ngày COD giảm xuống còn 78,2 mg/l.

Bảng 5. Hiệu quả xử lý COD của chế phẩm BHT ở các dải mật độ VSV khác nhau.

Thời gian (ngày)	Ngày 0	Ngày 3	Ngày 6	Ngày 9	Ngày 12
BHT1 - COD (mg/l)	775±12	457±5	239±10	168±1	157±1
Hiệu suất (%)		41	69	78	80
BHT2 - COD (mg/l)		341±6	219±4	146±9	106±4
Hiệu suất (%)		56	72	81	86
BHT3 - COD (mg/l)		442±1	241±1	190±10	161±4
Hiệu suất (%)		43	69	76	79
BHT4 - COD (mg/l)		532±11	372±8	219±6	203±6
Hiệu suất (%)		32	52	72	74



Hình 3. Mối tương quan giữa mật độ VSV (BHT) bổ sung và hiệu suất xử lý COD.

Biến động của pH, TSS và BOD₅ theo thời gian: Theo dõi sự biến động của pH, TSS và BOD₅ theo thời gian thông qua mật độ VSV được thể hiện ở bảng 6.

Bảng 6. Sự biến động của pH, TSS và BOD₅ theo thời gian.

Chỉ số (mg/l)	Ngày 3	Ngày 6	Ngày 9	Ngày 12	
BT2	pH	7,2	7,4	7,6	7,8
	TSS	93±6	74±4	53±2	38±2
	BOD ₅	230±5	136±5	104±4	67±1
BHT2	pH	7,3	7,5	7,9	7,9
	TSS	91±7	68±2	51±1	34±1
	BOD ₅	186±3	127±4	85±3	52±1

Kết quả bảng 6 cho thấy, pH tăng dần trong 12 ngày thử nghiệm do có các hoạt động phân hủy hợp chất carbohydrate như tinh bột, đường, các loại axit hữu cơ (lactic)... của các VSV và quá trình VSV sử dụng các hợp chất chứa nitơ tạo thành NH₄⁺, CO₂, CH₄... [5]. TSS và BOD₅ giảm dần theo thời gian và ở mẫu bổ sung chế phẩm BHT2 hiệu quả xử lý TSS và BOD₅ tốt hơn chế phẩm BT2.

Biến động của mật độ VSV theo thời gian: Theo dõi sự phát triển của VSV theo thời gian thông qua mật độ VSV được thể hiện ở bảng 7.

Bảng 7. Sự biến động của VSV theo thời gian.

Chế phẩm	Ngày đầu	Ngày 3	Ngày 6	Ngày 9	Ngày 12
BT0 (CFU/g)	$1,7 \times 10^4$	$2,3 \times 10^4$	$4,8 \times 10^4$	$2,6 \times 10^5$	$3,9 \times 10^6$
BT1 (CFU/g)	5×10^7	$2,1 \times 10^7$	$7,3 \times 10^7$	$3,6 \times 10^8$	$1,2 \times 10^8$
BT2 (CFU/g)	10^8	$8,0 \times 10^7$	$1,2 \times 10^8$	$2,4 \times 10^9$	$4,4 \times 10^8$
BT3 (CFU/g)	5×10^8	$6,9 \times 10^7$	$1,2 \times 10^8$	$7,3 \times 10^8$	$2,4 \times 10^8$
BT4 (CFU/g)	10^9	$8,2 \times 10^7$	$7,7 \times 10^7$	$5,2 \times 10^7$	$3,9 \times 10^7$
BHT1 (CFU/g)	5×10^7	$2,9 \times 10^7$	$1,2 \times 10^8$	$5,4 \times 10^8$	$3,3 \times 10^8$
BHT2 (CFU/g)	10^8	$8,2 \times 10^7$	$2,3 \times 10^8$	$3,5 \times 10^9$	$4,7 \times 10^8$
BHT3 (CFU/g)	5×10^8	$9,4 \times 10^7$	$1,8 \times 10^8$	$7,8 \times 10^8$	$3,6 \times 10^8$
BHT4 (CFU/g)	10^9	$9,1 \times 10^7$	$8,6 \times 10^7$	$6,6 \times 10^7$	$4,3 \times 10^7$

Kết quả bảng 7 cho thấy, đối với mẫu đối chứng không bổ sung chế phẩm, chỉ điều chỉnh pH và sục khí để hoạt hóa hệ VSV bản địa nên VSV phát triển chậm, đến ngày thứ 12 mật độ VSV mới chỉ đạt $3,9 \times 10^6$. Với những mẫu bổ sung mật độ VSV ở dải cao nhất là 10^9 thì VSV dần suy yếu theo thời gian. Trong khi đó, các mẫu bổ sung chế phẩm BT và BHT ở các dải mật độ VSV khác nhau thì 3 ngày đầu VSV chưa kịp thích nghi nên số lượng bị suy giảm, hầu hết từ ngày thứ 6 đến ngày thứ 9 số lượng VSV tăng đáng kể và tăng nhiều nhất là mẫu BHT2 (tăng 35 lần). Ngày thứ 12 thì số lượng VSV giảm xuống, nguyên nhân là do hàm lượng chất dinh dưỡng không đủ cung cấp cho VSV sinh trưởng và phát triển (tỷ lệ BOD_5/COD còn 0,32) [3].

Nước thải bánh tráng chứa hàm lượng chất hữu cơ cao là tinh bột, Nt và Pt thấp nên nhóm nghiên cứu chỉ đánh giá và xem xét chỉ tiêu ô nhiễm là COD, BOD_5 và TSS. Qua quá trình thử nghiệm 2 chế phẩm là BT và BHT cho thấy BHT có khả năng xử lý nước thải bánh tráng tốt hơn BT thông qua việc phân tích các chỉ tiêu COD, BOD_5 và TSS của nước thải sau xử lý. Cùng một đối tượng nước thải nhưng khi bổ sung chế phẩm BT thì COD tăng từ 775 lên 860 mg/l và thời gian xử lý COD kéo dài hơn so với chế phẩm BHT 3 ngày thì nước đầu ra mới đạt QCVN 40:2011 (cột B). Chính vì vậy, chế phẩm BHT ở mật độ VSV bổ sung 10^8 CFU/g (BHT2) được chọn cho các bước thử nghiệm tiếp theo.

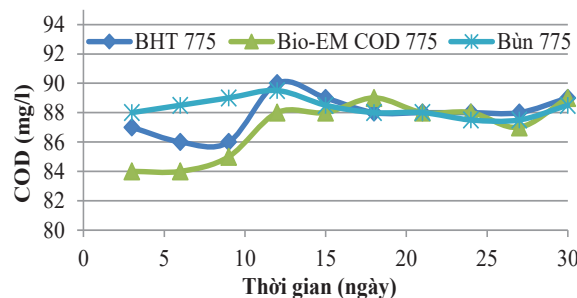
Thử nghiệm xử lý nước thải bánh tráng trên hệ USBF cải tiến bằng bùn hoạt tính có bổ sung chế phẩm Bio-EM và BHT

Do COD trong nước thải chế biến bánh tráng dao động lớn (700-4.000 mg/l) và nghiên cứu của một số tác giả sử dụng chế phẩm sinh học xử lý nước thải với COD ban đầu khoảng 500 mg/l [2-4] nên sau khi đã xác định được thời gian lưu và mật

Bảng 8. Biến thiên của COD với COD đầu vào 775 mg/l.

Thời gian (ngày)	Bùn hoạt tính		Bổ sung HBT		Bổ sung Bio-EM	
	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)
3	88±3	30,6±2,9	87±1	26,7±1,3	84±4	22,9±0,8
6	86±1	30,6±3,5	86±1	26,6±0,3	84±2	22,2±0,8
9	86±3	29,2±2,3	86±3	26,8±1,6	85±1	21,3±0,5
12	90±4	30,3±1,9	90±2	26,7±1,3	88±5	22,7±1,0
15	89±2	30,7±0,2	88±1	26,5±0,1	88±1	21,8±0,1
18	88±1	28,9±1,1	87±1	26,5±1,2	89±1	21,4±1,5
21	88±4	29,9±1,1	86±2	26,2±0,8	88±3	22,0±0,6
24	88±2	29,7±1,9	87±4	26,4±0,7	89±2	21,8±2,3
27	88±2	29,8±2,4	88±1	25,6±1,1	87±2	12,0±14,0
30	89±2	29,0±0,6	88±0,81	26,3±0,8	89±1	22,1±0,6

độ VSV thích hợp tiến hành vận hành mô hình với hai giá trị COD là 775 và 500 mg/l để đánh giá hiệu quả xử lý nước thải sinh học bằng phương pháp bùn hoạt tính có bổ sung chế phẩm sinh học. Các kết quả thu được thể hiện ở bảng 8.

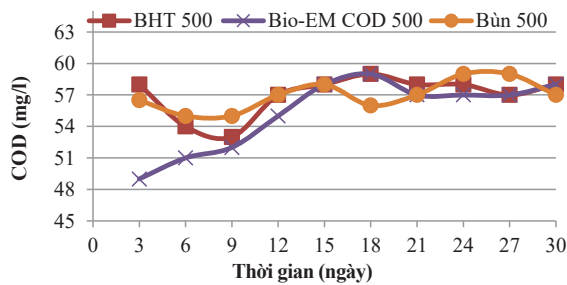


Hình 4. Biến thiên của COD với COD đầu vào 775 mg/l.

Kết quả bảng 8 và hình 4 cho thấy, với COD đầu vào 775 mg/l thì hiệu suất xử lý COD khi sử dụng bùn hoạt tính, chế phẩm BHT và Bio-EM tương ứng là 89,9, 90,0 và 90,3%; sự khác biệt về hiệu quả xử lý là không rõ rệt. Do vậy, khi nước thải có COD cao khoảng 775 mg/l thì không nên bổ sung chế phẩm, vì bổ sung chế phẩm sẽ gây lãng phí mà hiệu quả xử lý không cải thiện. Hiệu quả xử lý COD của bùn hoạt tính so với bùn hoạt tính thêm 2 loại chế phẩm tương đương nhau, tương ứng 89,9 với 90,0 và 90,3%. Bên cạnh đó, nghiên cứu xử lý nước thải chế biến bánh tráng quy mô sản xuất hộ gia đình bằng mô hình lọc dòng ngược bùn sinh học của nhóm tác giả [6], với COD đầu vào 1.004 mg/l, BOD_5 658 mg/l, TSS 135,7 mg/l, Nt 14,6 mg/l, Pt 1,93 mg/l qua quá trình xử lý bằng bùn hoạt tính thời gian lưu 16 giờ thì nước đầu ra đạt chuẩn theo QCVN 40:2011/BTNMT (cột B) về chất lượng nước thải công nghiệp.

Bảng 9. Biến thiên của COD với COD đầu vào 500 mg/l.

Thời gian (ngày)	Bùn hoạt tính		Bổ sung HBT		Bổ sung Bio-EM	
	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)	COD (mg/l)	TSS (mg/l)
3	57±2	26,2±0,8	58±1	23,7±0,8	49±1	19,4±2,7
6	55±4	26,2±0,1	54±2	23,2±0,6	51±1	17,3±2,5
9	55±2	25,6±1,1	53±1	23,6±1,3	52±1	18,5±3,0
12	57	25,9±0,3	57±1	23,4±0,7	55±1	19,1±3,5
15	58	25,9±0,3	58±1	23,4±1,8	58±1	18,9±2,7
18	56	25,6±1,1	59±1	24,0±0,6	59±1	17,2±2,3
21	57±1	25,1±1,1	58±1	23,6±1,1	57±1	18,8±2,8
24	59±1	25,6±0,6	58±4	23,4±1,3	57±3	17,4±3,5
27	59±1	25,5±1,1	57±1	22,8±1,2	57±1	19,5±2,5
30	57±4	25,4±0,8	58±4	22,7±0,6	58±5	17,5±2,3



Hình 5. Biến thiên của COD với COD đầu vào 500 mg/l.

Khi COD đầu vào giảm xuống còn 500 mg/l (bảng 9, hình 5) thì hiệu suất xử lý COD khi sử dụng bùn hoạt tính, chế phẩm BHT và chế phẩm Bio-EM giảm tương ứng là 93,3, 93,5 và 94,4%. TSS ở ngày thứ 9 giảm tốt nhất, tương ứng 77,7, 79,5 và 83,9%, hiệu suất xử lý cũng có sự khác biệt, đến ngày thứ 15 thì hiệu quả xử lý TSS và COD ở cả 3 mẫu đều tương đương nhau. Nếu sử dụng chế phẩm thì 15 ngày nên bổ sung chế phẩm một lần. Đào Thị Hồng Vân và cs (2012) [1] bước đầu ứng dụng chế phẩm vi sinh (*Bacillus licheniformis*, *Bacillus subtilis*) thời gian lưu 8 giờ, sau 5 ngày COD giảm từ 150,4 xuống còn 48,7 mg/l (đạt 67,1%). Nguyễn Thanh Văn và cs (2017) [3] tiến hành xử lý nước thải sau biogas thời gian lưu 24 giờ, COD ban đầu $527,1 \pm 13,2$ mg/l giảm xuống còn 74,4 mg/l; Vũ Thúy Nga (2016) [2] thử nghiệm hiệu lực chế phẩm được tạo ra từ việc phân lập vi sinh từ nước thải chế biến tinh bột sắn thời gian lưu nước thải 36 tiếng, hiệu quả xử lý COD từ 446,3 xuống còn 78,2 mg/l. Trần Đức Thảo (2019) [4] nghiên cứu xử lý nước thải sinh hoạt bằng bùn hoạt tính có bổ sung chế phẩm sinh học *Bacillus* sp. mật độ 10^8 CFU/ml, thời gian lưu 4, 6 và 8 giờ với BOD₅ đầu vào dao động từ 89 đến 138 mg/l, thì đầu ra tương ứng là 26, 28 và 32 mg/l.

Kết luận

Qua quá trình thử nghiệm gián đoạn bổ sung chế phẩm BHT ở hàm lượng 10^8 CFU/g, nhóm tác giả chọn được thời gian lưu thích hợp là 9 ngày cho hiệu quả xử lý cao nhất COD đạt 81%, BOD₅ đạt 82%, TSS đạt 55,7% và đạt QCVN 40:2011/BTNMT (cột B).

Bên cạnh đó, kết quả nghiên cứu này đã đánh giá được hiệu quả của việc bổ sung chế phẩm sinh học BHT và Bio-EM vào bùn hoạt tính trong xử lý nước thải bánh trắng với thời gian lưu 16 giờ, COD ban đầu 500 mg/l, hiệu suất xử lý COD của bùn hoạt tính, bùn hoạt tính bổ sung chế phẩm BHT và Bio-EM lần lượt là 93,3, 93,5 và 94,4%. Như vậy, mô hình bổ sung chế phẩm cùng với bùn hoạt tính chỉ phù hợp với nước thải bánh trắng có COD đầu vào nhỏ hơn 500 mg/l và tần suất bổ sung chế phẩm 15 ngày/lần với mật độ VSV 10^8 CFU/g. Nước thải có COD khoảng 775 mg/l chỉ cần dùng bùn hoạt tính, không nên bổ sung chế phẩm sinh học sẽ lãng phí.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Đào Thị Hồng Vân, Nguyễn Văn Cách, Đặng Thị Thu (2012), “Nghiên cứu tạo chế phẩm vi sinh học xử lý nước thải sinh hoạt đô thị Hà Nội”, *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, **2**, tr.33-39.
- [2] Vũ Thúy Nga (2016), *Nghiên cứu tạo chế phẩm vi sinh vật xử lý nước thải chế biến tinh bột sắn*, Luận án tiến sỹ nông nghiệp, Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam, tr.1-142.
- [3] Nguyễn Thanh Văn, Bùi Thị Nga, Nguyễn Phương Thảo, Huỳnh Văn Thảo (2017), “Đánh giá hiệu suất xử lý nước thải sau túi ủ Bio-EM gas của một số chế phẩm sinh học”, *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Cần Thơ*, **1**, tr.1-12.
- [4] Trần Đức Thảo, Trần Thị Kim Chi, Trương Thị Thùy Trang và cs (2019), “Nghiên cứu khả năng xử lý nước thải sinh hoạt bằng công nghệ bùn hoạt tính có bổ sung chế phẩm sinh học *Bacillus* sp.”, *Tạp chí Khoa học & Công nghệ*, **50**, tr.100-105.
- [5] Lương Đức Phẩm (2017), *Công nghệ xử lý nước thải bằng biện pháp sinh học*, Nhà xuất bản Giáo dục, **3**, 337tr.
- [6] Vũ Thị Minh Châu, Nguyễn Trọng Hiệp, Lê Thu Thủy (2022), “Nghiên cứu xử lý nước thải chế biến bánh trắng quy mô sản xuất hộ gia đình bằng mô hình lọc dòng ngược bùn sinh học”, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam*, **64(6)**, tr.53-57, DOI: 10.31276/VJST.64(6).53-57.