



DOI:10.22144/ctu.jos.2023.174

NGHIÊN CỨU XỬ LÝ NƯỚC THẢI CHẾ BIẾN VỎ ĐÀU TÔM BẰNG CÔNG NGHỆ AIR STRIPPING KẾT HỢP ANAEROBIC-ANOXIC-OXIC

Nguyễn Xuân Hoàng^{1*}, Nguyễn Đắc Cử², Lê Hoàng Việt¹ và Nguyễn Võ Châu Ngân¹

¹Khoa Môi trường và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

²Công ty TNHH MTV Công nghệ Môi trường CDM, thành phố Cần Thơ

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Nguyễn Xuân Hoàng (email: nxhoang@ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 30/01/2023

Ngày nhận bài sửa: 23/05/2023

Ngày duyệt đăng: 05/07/2023

Title:

Study on combined air stripping column and anaerobic-anoxic-oxic tank to treat for nutrient rich wastewater

Từ khóa:

Bể AAO, chế biến vỏ đầu tôm, cột AS, nước thải giàu đạm

Keywords:

AAO tank, air stripping column, wastewater, shrimp head processing

ABSTRACT

The domestic seafood industry is increasingly developing because Vietnam promotes seafood exports. Accordingly, wastewater from the seafood industry, especially shrimp-head shell processing effluent, is polluting water sources more seriously. This study aimed to test if the laboratory-scale models of air stripping (AS) column and anaerobic-anoxic-oxic (AAO) tank can treat this type of wastewater to evaluate their combined treatment efficiency. The input has a high level of TSS = 455 ± 63.8 mg/L, COD = $5,601 \pm 1,292$ mg/L, BOD₅ = $2,954 \pm 271.0$ mg/L, N-NH₄⁺ = $1,479 \pm 143.2$ mg/L, TN = $2,003 \pm 158.0$ mg/L, TP = $177,7 \pm 57.7$ mg/L and pH = 6.8 ± 0.07 . The research results showed that the AS column can be used as a pre-treatment stage for wastewater with the amount of N-NH₄⁺ removed approximately 90%. For AAO tanks, treatment efficiency is very high, with TSS reaching 93.49%, BOD₅ 98.96%, COD 98.71%, N-NH₄⁺ 99.54%, TN 99.05%, and TP 94.88%. The results show that the AS column can be combined with the AAO tank to treat shrimp-head processing wastewater with a high pollutant concentration.

TÓM TẮT

Ngành công nghiệp thủy sản trong nước đang phát triển trong bối cảnh Việt Nam thúc đẩy xuất khẩu thủy sản. Theo đó, nước thải của ngành thủy sản, đặc biệt là nước thải chế biến vỏ đầu tôm đang gây ô nhiễm nguồn nước nghiêm trọng. Nghiên cứu thử nghiệm kết hợp mô hình cột AS (air stripping) và bể AAO (anaerobic-anoxic-oxic) quy mô phòng thí nghiệm để đánh giá hiệu suất xử lý kết hợp cho nước thải này. Nước thải đầu vào có nồng độ ô nhiễm rất cao TSS = $455 \pm 63,8$ mg/L, COD = 5.601 ± 1.292 mg/L, BOD₅ = $2.954 \pm 271,0$ mg/L, N-NH₄⁺ = $1.497 \pm 143,2$ mg/L, TN = $2.003 \pm 158,0$ mg/L, TP = $177,7 \pm 57,7$ mg/L và pH = $6,8 \pm 0,07$. Kết quả nghiên cứu cho thấy cột AS có thể sử dụng làm công đoạn xử lý ni-tơ chính trong nước thải với hiệu suất loại bỏ N-NH₄⁺ xấp xỉ 90%. Cụm công nghệ AS kết hợp AAO có hiệu suất xử lý cao với TSS đạt 93,49%, BOD₅ 98,96%, COD 98,71%, N-NH₄⁺ 99,54%, TN 99,05%, và TP 94,88%. Có thể thấy rằng, cụm AS và cụm AAO có thể kết hợp trong xử lý nước thải chế biến vỏ đầu tôm có nồng độ ô nhiễm cao.

1. GIỚI THIỆU

Chế biến thủy sản (CBTS) là một trong những ngành mũi nhọn mang lại giá trị kinh tế cao cho đất nước. Theo báo cáo của Tổng cục Thủy sản, kim ngạch xuất khẩu thủy sản năm 2021 ước đạt 8,89 tỷ USD, tăng 5,7% so với năm 2020 (Hương, 2021). Tuy nhiên, sự phát triển của ngành CBTS đã và đang kéo theo nhiều vấn đề môi trường, trong đó nước thải là vấn đề được quan tâm nhất. Nhiều cơ sở CBTS ở các nước đang phát triển xả nước thải chưa qua xử lý hoặc xử lý một phần ra nguồn tiếp nhận trực tiếp làm ô nhiễm môi trường nước ở dạng chất hữu cơ, dầu, mỡ, đường chất và đạm (Venugopal & Sasidharan, 2021; Pan et al., 2022).

Ngành chế biến tôm xuất khẩu phát sinh một lượng lớn chất thải gồm vỏ tôm và nước thải, chúng chứa khoảng 25 - 35% protein và vỏ đầu tôm còn khoảng 30% chitin nên khả năng gây ô nhiễm môi trường lớn. Nguồn phế thải đầu tôm tươi có thể được sử dụng cho lên men ủ chua nhằm thay thế một phần đạm trong khẩu phần thức ăn gia súc, gia cầm và có thể tồn trữ sản phẩm sau lên men để sử dụng dần; tuy nhiên, chúng chưa thay thế được hàm lượng đạm do chứa các thành phần khó tiêu hóa (Trâm & Cúc, 2004).

Các quy trình xử lý nước thải CBTS tiêu biểu đều có công đoạn xử lý sinh học đóng vai trò quyết định trong quá trình xử lý của toàn bộ hệ thống (Đông và ctv., 2011). Với tải lượng ô nhiễm cao, hệ thống xử lý nước thải CBTS cần có công đoạn tiền xử lý. Tiền xử lý nước thải CBTS nhằm hai mục đích: (i) loại bỏ a-môn, (ii) giảm lượng chất hữu cơ (CHC), kim loại nặng và các độc tố, qua đó cải thiện tỷ lệ BOD₅/COD nhằm tăng hiệu quả xử lý nước thải bằng biện pháp sinh học (Trung và ctv., 2016; Việt & Ngân, 2018).

Công nghệ tháp đuổi khí Air Stripping (công nghệ AS) cho nước thải tiếp xúc với không khí nhằm lôi kéo khí NH₃ hòa tan ra khỏi nước qua bề mặt tiếp xúc (Kinidi et al., 2018). Công nghệ này đã được Cừ và ctv. (2022) thử nghiệm các thông số vận hành và tiền xử lý thành công nước thải từ quá trình chế biến vỏ đầu tôm chứa hàm lượng ni-tơ khá cao. Thêm vào đó, công nghệ xử lý sinh học yếm khí - thiếu khí - hiếu khí (AAO - Anaerobic-Anoxic-Oxic) được đánh giá là công nghệ có hiệu suất loại bỏ đạm và photpho cao với chi phí vận hành tương đối thấp (Donkin & Russell, 1997; Ma et al., 2009; Lim et al., 2009 Zhang et al., 2013) đang được áp dụng rộng rãi trong xử lý nước thải. Việc kết hợp hai công nghệ AS và AAO trong xử lý nước thải của ngành CBTS

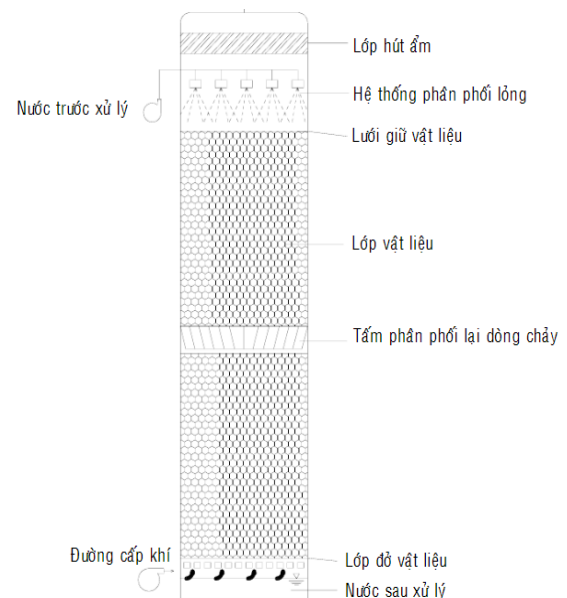
được kỳ vọng khắc phục được các hạn chế của các công nghệ xử lý nước thải thủy sản hiện nay, đặc biệt là ngành chế biến đầu và vỏ tôm. Nghiên cứu này thử nghiệm xử lý nước thải chế biến vỏ đầu tôm trên mô hình kết hợp công nghệ AS và AAO quy mô phòng thí nghiệm. Nếu kết quả xử lý tốt sẽ mở ra cơ hội cho ngành chế biến thủy sản áp dụng công nghệ xử lý này trong quản lý chất lượng môi trường theo QCVN 11-MT:2015/BTNMT về nước thải chế biến thủy sản (QCVN 11-MT).

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Mô hình thí nghiệm

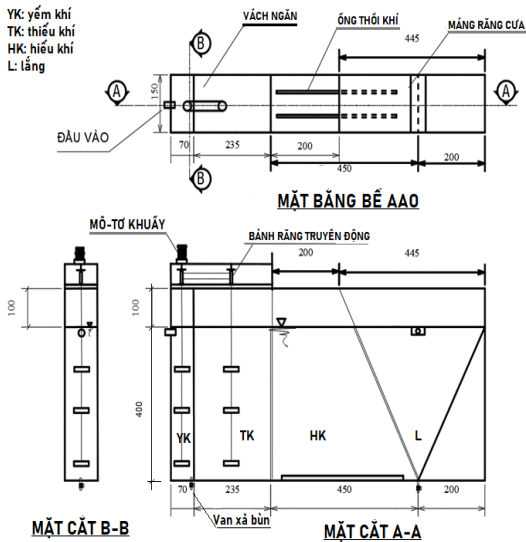
2.1.1. Mô hình AS

Mô hình AS được lấy theo cột xử lý a-môn của nhóm tác giả Cừ và ctv. (2022) với các thông số kỹ thuật: cao 6,0 m và có đường kính 0,2 m, chiều cao lớp giá thể K3 làm bằng nhựa HDPE (đường kính 25 × 10 mm, diện tích bề mặt 584 m²) dày 4,0 m, thể tích làm việc 180 L (Hình 1). Mô hình được vận hành với tải lượng nạp nước 8,1 L/m².phút, tỷ lệ khí : nước là 2.000, 4.000, 6.000 m³/m³ và giá trị pH = 9,0; 9,5; 10,0 (trong khoảng pH = 8,5 - 10,5 theo Halling and Jørgensen (1993)). NaOH (độ tinh khiết 98%, xuất xứ Ấn Độ) được dùng để điều chỉnh pH. Ngoài ra, một số thiết bị phụ trợ gồm máy thổi khí, máy bơm định lượng, bán điều chỉnh nhiệt độ, máy đo pH, máy đo tốc độ gió (khí) được sử dụng để vận hành mô hình AS.



Hình 1. Mô hình thiết kế mô hình AS

(Nguồn: Cừ và ctv., 2022)



Hình 2. Mô hình thiết kế mô hình AAO

Nước thải chế biến vỏ đầu tôm được thu nhận từ xưởng chế biến vỏ đầu tôm của Nhà máy sản xuất thủy sản, vận chuyển về phòng thí nghiệm và nạp nước trong ngày vào thùng chứa. Các chất rắn có kích thước lớn được loại bỏ nhằm tránh gây nghẹt. Trong cột AS, nước thải được bơm định lượng phân phối đều từ trên xuống thông qua hệ thống vòi bố trí ở đỉnh tháp và qua lưới giữ vật liệu, điều này giúp nước được phân bố đều trên bề mặt giá thể. Khí được cấp theo hướng từ dưới lên qua máy thổi khí. Dòng khí thổi lên tiếp xúc với dòng nước từ trên xuống sẽ lôi kéo các chất khí hòa tan và tách NH₃ ra khỏi dòng nước thải, làm giảm lượng N-NH₄⁺. Nước sau xử lý thu vào ống dưới đáy cột AS và đưa qua mô hình AAO thông qua bình Mariotte. Bình hoạt động theo nguyên tắc cân bằng áp qua bình kín, ống nạp vào bình Mariotte luôn thấp hơn mức nước trong bình để ổn định lưu lượng nạp cho bể AAO.

2.1.2. Mô hình AAO

Bảng 1. Các thông số thiết kế của bể AAO

Ngăn	Thể tích ^(*) (m ³)	Kích thước (mm)		
		H	L	W
Yếm khí	0,0042	400	70	150
Thiếu khí	0,0126	400	235	150
Hiếu khí ^(**)	0,0214	400	450	150

(*): thể tích hữu dụng, (**): Tính thể tích hình tháp cụt

Mô hình AAO được thiết kế dựa trên các thông số đề xuất của Tchobanoglous et al. (2003) và WEF (2005). Kích thước thiết kế của từng ngăn trong mô hình AAO được trình bày ở Bảng 1 và Hình 2. Theo

đó, tỷ lệ L : W của các ngăn yếm khí, thiếu khí và hiếu khí lần lượt là 0,47 : 1, 1,57 : 1, và 3,00 : 1. Tổng thể tích bể AAO hữu dụng là 38 L.

2.2. Các bước thực hiện

Thí nghiệm trên cụm mô hình kết hợp AS và AAO được vận hành theo 4 bước, cụ thể như sau:

Bước 1 - Chuẩn bị nước thải thí nghiệm: Nước thải được thu từ xưởng chế biến vỏ đầu tôm của Nhà máy sản xuất thủy sản nằm trong Khu công nghiệp Tân Phú Thạnh, xã Tân Phú Thạnh, huyện Châu Thành A, tỉnh Hậu Giang. Mẫu được thu trong 24 giờ liên tục, sau đó trộn đều trong thùng chứa mẫu, vận chuyển về phòng thí nghiệm và đưa vào vận hành các mô hình thí nghiệm.

Bước 2 - Bố trí thí nghiệm kết hợp công nghệ AS và AAO: Nước thải thu nhận hàng ngày được lắng sơ bộ để loại bỏ lượng chất rắn thô trước khi đưa vào hệ thống. Hệ thống vận hành liên tục 3 ngày nhằm ổn định các thông số vận hành trước khi thu mẫu (Cừ và ctv., 2022).

Mô hình AS: Sử dụng thông số vận hành được xác định theo Cừ và ctv. (2022), cụ thể gồm: pH = 9,5, thời gian phản ứng với NaOH là 30 phút, tải lượng nạp nước 8,1 L/m².phút, tỷ lệ khí/nước = 4.000 m³/m³; N-NH₄⁺ đầu ra cần đạt nồng độ dưới 150 mg/L.

Mô hình AAO được thực hiện với các thông số vận hành như tỷ lệ thức ăn:vi sinh vật (F/M), thời gian lưu chất rắn, hỗn hợp chất rắn lơ lửng trong bùn (MLSS), thời gian lưu nước và thời gian lưu bùn như trong Bảng 2.

Bảng 2. Các thông số vận hành bể AAO

Chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị
F/M	kg/kg/day	-
Thời gian lưu chất rắn	ngày	10
MLSS	mg/L	4.100
Thời gian lưu nước	- Yếm khí	1,00
	- Thiếu khí	3,33
	- Hiếu khí	6,05
Thời gian lưu bùn	- Yếm khí	5,00
	- Thiếu khí	2,33
	- Hiếu khí	3,68

Ghi chú: - giá trị biến thiên theo thời gian vận hành

pH của nước đầu ra cột AS cần được hạ thấp (sử dụng H₂SO₄ 5N). pH được kiểm soát thông qua thiết bị đo pH và bơm định lượng đến giá trị trung tính pH = 7,0 ± 0,5 phù hợp cho hoạt động của vi sinh vật (VSV) trước khi đưa qua công đoạn xử lý sinh học (mô hình AAO).

Bước 3 – Vận hành, thu mẫu phân tích và theo dõi quá trình thí nghiệm. Sau 3 ngày vận hành ổn định ở bước 2, các thông số vận hành được giữ ổn định và tiếp tục vận hành đến ngày 15. Tiến hành thu mẫu, phân tích chất lượng mẫu nước ở từng cụm mô hình xử lý để đánh giá hiệu suất xử lý của cụm và của hệ thống.

Bước 4 - Đề xuất quy trình xử lý nước thải chế biến vỏ đầu tôm.

2.3. Phân tích và xử lý số liệu

Các chỉ tiêu chất lượng nước cần theo dõi trong nghiên cứu này bao gồm: pH, TSS, BOD₅, COD, N-NH₄⁺, N-NO₃⁻, TP được phân tích theo các tiêu chuẩn kỹ thuật quốc gia hiện hành (xem bảng 3). Số liệu phân tích mẫu được tổng hợp và phân tích thống kê bằng Excel.

Tất cả các mẫu nước thải sau khi được thu và cố định đều được ghi nhãn, vận chuyển về phòng thí nghiệm và thực hiện ngay trong ngày hoặc chuyển sang bảo quản trong tủ mát (4°C) cho đến khi phân tích ở ngày hôm sau. Chỉ tiêu pH được đo tại hiện trường. Thí nghiệm được thực hiện tại PTN Nước, nước thải và Nước, nước thải tiên tiến (RLC), Trường Đại học Cần Thơ.

Bảng 3. Các phương pháp phân tích mẫu

Chỉ tiêu	Phương pháp phân tích
pH	Đo trực tiếp (TCVN 4559:1988)
TSS	Phương pháp lọc và xác định bằng khối lượng (TCVN 6625:2000)
BOD ₅	Phương pháp Winkler cải tiến (TCVN 6001-1:2008)
COD	Phương pháp Dicromate đun hoàn lưu kín (TCVN 6491:1999)
N-NO ₃ ⁻	Phương pháp khử Cadmi (ISO 10304-1:2007)
N-NH ₄ ⁺	Phương pháp Nessler (TCVN 5988:1995)
TN	Xác định thông qua phân hủy đạm và chưng cất Kjeldahl (TCVN 6638:2000)
TP	Phương pháp đo phốt amoni molipdat (TCVN 6202:2008)

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đánh giá chất lượng nước thải đầu vào

Nước thải được lấy từ xường chế biến vỏ đầu tôm được thu liên tục mỗi giờ trong một ngày; kết quả ghi nhận có nhiều biến động về chất và lượng. Do đó, mẫu nước thải thí nghiệm được lấy theo mẫu gộp 100 L mỗi lần.

Kết quả ở Bảng 4 cho thấy pH nằm trong khoảng 6,5 - 8,5 và tỉ lệ BOD₅ : COD = 0,52 > 0,5 được đánh giá sơ bộ phù hợp cho quá trình phân hủy sinh học (Việt & Ngân, 2015). Nồng độ TSS = 455 mg/L cao hơn ngưỡng phù hợp cho quá trình xử lý sinh học (150 mg/L) nên cần giảm đến TSS < 150 mg/L. Tương tự, tỉ lệ BOD₅ : N : P = 100 : 67,8 : 6,1 và COD : N : P = 350 : 125 : 11,1 cao hơn ngưỡng nhu cầu cần thiết cho vi sinh vật hoạt động là BOD₅ : N : P = 100 : 5 : 1 và COD : N : P = 350 : 5 : 1 (Việt & Ngân, 2015). Vì vậy, cần loại bỏ lượng dư thừa chất trong nước thải đầu vào (N và P) đến tỷ lệ phù hợp. Hơn nữa, N-NH₄⁺ = 1.479 mg/L > 350 mg/L gây độc cho VSV (Việt & Ngân, 2015), nên cần xử lý. Cột AS là biện pháp thích hợp để giảm nồng độ N-NH₄⁺ xuống dưới ngưỡng gây độc cho VSV.

Bảng 4. Kết quả phân tích nước thải thí nghiệm

Chỉ tiêu	Đơn vị	Giá trị	QCVN 11-MT:2015
pH	-	6,84 ± 0,07	6 - 9
TSS	mg/L	455 ± 63,8	50
BOD ₅	mg/L	2.954 ± 271	30
COD	mg/L	5.601 ± 1.292	75
N-NO ₃ ⁻	mg/L	205 ± 37,1	50
N-NH ₄ ⁺	mg/L	1.479 ± 143	-
TN	mg/L	2.003±158	30
TP	mg/L	178 ± 57,7	10

Với nồng độ chất ô nhiễm đầu vào cao, đặc biệt là nồng độ TN và TP rất cao như đã nêu, cột air stripping (AS) là một trong những công nghệ xử lý ni-tơ hiệu quả được nghiên cứu và công bố trước đó (Cừ và ctv., 2022). Với thành phần ô nhiễm hữu cơ còn lại, công nghệ AAO được xem là một trong những công nghệ phù hợp. Vì vậy, kết hợp công nghệ AS và AAO có thể đảm nhận vai trò xử lý cho nước thải loại này. Điều quan trọng cần phải đảm bảo trong mô hình kết hợp AS và AAO là nâng pH và hạ pH của nước thải đầu vào và đầu ra mô hình AS nhằm tạo điều kiện xử lý tốt nhất ở công đoạn xử lý sinh học AAO trong quá trình vận hành.

3.2. Kết quả vận hành mô hình kết hợp AS và AAO

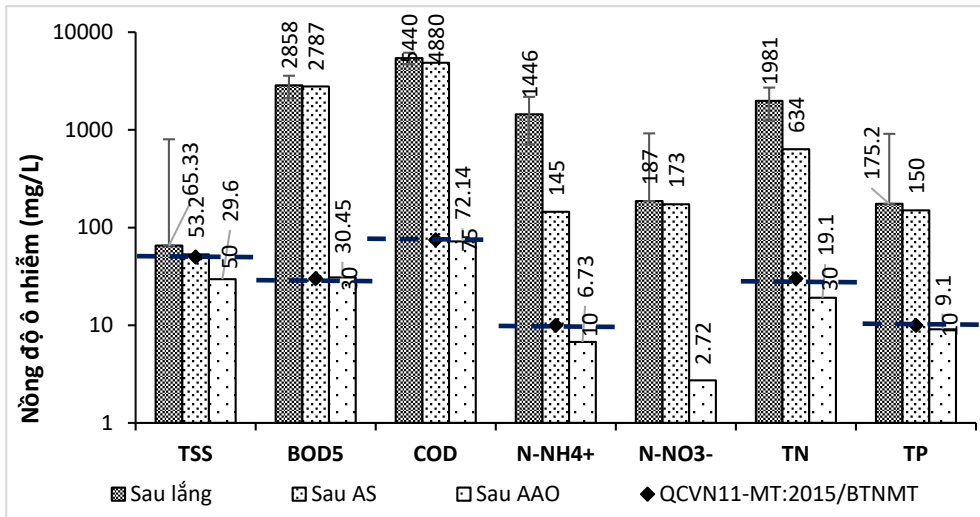
Qua 03 thí nghiệm định hướng (Cừ và ctv., 2022), thời gian phản ứng với NaOH được chọn là 30 phút, giá trị pH = 9,5 và tỉ lệ khí/nước = 4.000 m³/m³ được tiến hành thí nghiệm chính thức trên hệ thống AS và AAO. Nước thải được thu sau 3 ngày liên tục; có loại bỏ thành phần rắn kích thước lớn, qua cột AS (nâng và hạ pH), qua cụm AAO. Nước thải được nâng pH=9,5 sau khi qua lắng sơ bộ và hạ pH=7,0±0,5 sau khi qua cột AS để đưa vào bể AAO.

Kết quả phân tích từng công đoạn được trình bày trong biểu đồ Hình 3.

Hình 3 cho thấy nước thải sau khi lắng sơ bộ giảm đáng kể lượng TSS là 86%, nhưng các thông số ô nhiễm khác không giảm đáng kể (chiếm từ 1,1 đến 8,8%). Cột lắng sơ bộ này thường chỉ làm giảm các chất rắn có kích thước lớn, dễ lắng đọng và có vai trò giống các công đoạn lắng (lưới lọc rác, bể lắng cát và lắng sơ bộ) trong hệ thống xử lý nước thải.

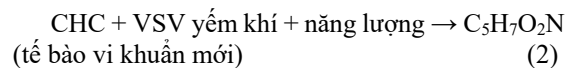
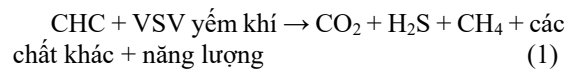
Nước thải sau khi qua cột AS, nồng độ TN và N-NH₄⁺ giảm đáng kể với hiệu suất xử lý đạt lần lượt là 68,0% và 89,96%; nhưng N-NO₃⁻ giảm ít chỉ

7,5%. Điều này được giải thích rằng cột AS chỉ loại bỏ tổng ni-tơ và amoni ra khỏi nước thải thông qua quá trình đuổi khí đã giải thích ở trên. Điều này rất có ý nghĩa trong hệ thống xử lý sinh học vì các khí này gây độc cho sự phát triển của VSV. Với hiệu suất xử lý này, nước thải đầu ra AS có giá trị thấp 145 mg/L N-NH₄⁺ và thích hợp cho công đoạn xử lý sinh học. Tuy vậy, hiệu suất loại bỏ TSS, BOD₅, COD và TP là rất thấp; chiếm khoảng 18,6%, 2,48%, 10,29% và 14,38%. Hiệu suất xử lý của cột AS trong thí nghiệm này tương đồng với kết quả nghiên cứu trước đây trên mô hình tháp AS của Cừ và ctv. (2022).



Hình 3. Nồng độ ô nhiễm của nước thải sau khi xử lý qua từng công đoạn xử lý

Sau khi nước đầu ra cột AS được tiếp tục đưa qua bể AAO (mật độ bùn duy trì mức 4.100 mg/L), các giá trị ô nhiễm khảo sát ở đầu ra được so sánh với ngưỡng xả thải cho phép theo cột A của QCVN 11-MT:2015/BTNMT. Nồng độ TSS giảm còn 29,67 ± 13,01 mg/L tương ứng với hiệu suất xử lý 44,36%. Hiệu suất loại bỏ TSS khá tốt được giải thích các chất rắn lơ lửng hấp phụ lên bông bùn, một phần chúng loại bỏ qua cơ chế lắng, một phần VSV sử dụng để tổng hợp các tế bào mới (Việt và ctv., 2020). Nồng độ BOD₅ và COD trong nước đầu ra lần lượt là 30,85 ± 6,25 mg/L và 72,14 ± 16,99 mg/L thấp hơn các giá trị ngưỡng xả thải theo cột A của QCVN 11-MT:2015/BTNMT; tương ứng với hiệu suất loại bỏ là 98,89% và 98,52%. Hiệu suất loại bỏ là rất cao và có thể được giải thích qua quá trình phân hủy sinh học các CHC trong nước thải bởi các VSV trong bể AAO phân hủy tạo thành các chất khí theo các phương trình sau:



Song song với các quá trình này, các VSV cũng đồng thời đồng hóa các chất để tổng hợp tạo nên các tế bào vi khuẩn mới. Các CHC khó phân hủy sinh học nhờ các enzym ngoại bào của VSV phân hủy thành các chất đơn giản và được VSV chuyển hóa hấp thụ vào bên trong (Việt & Ngân, 2018). Thêm vào đó, các bông bùn còn có thể hấp phụ các hạt rắn lơ lửng, các CHC hòa tan, điều này làm cho tổng lượng CHC được giảm đáng kể (Việt và ctv., 2020). So sánh với các nghiên cứu trước đó, hiệu suất loại bỏ COD trong nghiên cứu này cao hơn các nghiên cứu sử dụng bể AAO xử lý nước thải chăn nuôi đạt 90,03% (Việt và ctv., 2020), nước thải sinh hoạt đạt 89% (Zhang et al., 2013) và nước thải tổng hợp ngành sữa bột và bơ đạt 90% (Donkin & Russell, 1997).

Về thành phần dưỡng chất ni-tơ, hàm lượng N-NH₄⁺, N-NO₃⁻ và TN sau khi qua bể AAO lần lượt là 6,73 ± 2,93 mg/L, 2,72 ± 0,72 mg/L và 19,1 ± 3,87 mg/L; tương ứng với hiệu suất xử lý 95,36%, 98,43% và 96,99%. Giá trị này cao hơn hiệu suất xử lý N-NH₄⁺ đạt 90% trong nghiên cứu trước đây của Ma et al. (2009) và hiệu suất xử lý N-NO₃⁻ đạt 51,84% trong nghiên cứu trên nước thải sinh hoạt của Lim et al. (2009). Hiệu suất xử lý các dạng đạm trong nước thải rất cao là do quá trình đạm hóa diễn ra tốt như đã trình bày ở mục 3.2. Đầu tiên các thành phần hữu cơ chuyển hóa thành N-NH₄⁺, khi sang đến ngăn hiếu khí một phần N-NH₄⁺ được vi khuẩn nitrate chuyển hóa thành N-NO₃⁻; một phần khác được các VSV dị dưỡng chuyển hóa vào bên trong tế bào để tổng hợp tế bào vi khuẩn mới. Nồng độ N-NO₃⁻ đầu ra thấp cho thấy quá trình khử N-NO₃⁻ diễn ra tốt do nước được hoàn lưu từ ngăn hiếu khí về ngăn thiếu khí tạo điều kiện cho VSV thiếu khí khử N-NO₃⁻ thành khí N₂ phóng thích ra ngoài. Có thể thấy việc kết hợp với mô hình AS như một công đoạn tiền xử lý đạm đã giúp gia tăng hiệu suất xử lý các dạng đạm trong nước thải của hệ thống.

Nồng độ TP đầu ra bể AAO giảm chỉ còn 9,1 ± 1,0 mg/L thấp hơn ngưỡng xả thải quy định ở cột A QCVN 11:2015/BTNMT, tương ứng với hiệu suất xử lý TP đạt 93,93%. Điều này có thể giải thích thông qua hiện tượng kết tủa sinh học và hấp thu vào tế bào vi khuẩn. Trong ngăn yếm khí của bể AAO, hoạt động của các VSV làm cho pH của nước thải giảm xuống tạo điều kiện hòa tan photphat. Qua đến ngăn thiếu khí, quá trình khử N-NO₃⁻ tái tạo alkalinity trong nước thải dẫn đến pH tăng trở lại tạo điều kiện cho photphat kết tủa và kết dính với các bông bùn sinh học và được giữ lại bởi màng lọc. Bên cạnh đó, môi trường yếm khí làm cho các poly-phốt phát bị thủy phân thành photphat vô cơ, trong điều kiện hiếu khí các photphat vô cơ này sẽ được hấp thu vào tế bào vi khuẩn và trữ lại dưới dạng poly-phốt phát (Tchobanoglous et al., 2003). Thêm vào đó, quá trình hoàn lưu bùn từ ngăn lọc về ngăn yếm khí sẽ tạo động lực để chọn nhóm vi khuẩn PAOs có khả năng tích lũy photpho cao, nhóm vi khuẩn này đưa photpho vào cơ thể chúng nhiều hơn và sau đó lượng photpho sẽ được loại bỏ bằng việc xả bỏ bùn định kỳ (Hu et al., 2002).

Hiệu suất loại bỏ TP trên 93%, tương đương với nghiên cứu xử lý nước thải chăn nuôi đạt 93,21% của Việt và ctv. (2020), nhưng thấp hơn hiệu suất 99% trên nước thải sinh hoạt (Zhang et al., 2013) và cao hơn hiệu suất 49% trên nước thải tổng hợp ngành sữa bột và bơ (Donkin & Russell, 1997).

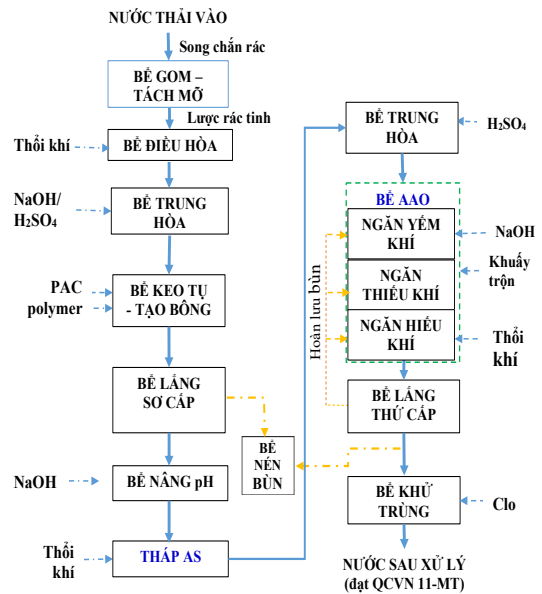
Trên cơ sở các kết quả xử lý các thành phần ô nhiễm, hiệu suất xử lý của cụm bể AS-AAO kết hợp được tính toán so với đầu vào và so với nước sau lắng sơ bộ ở Bảng 5.

Bảng 5. Hiệu suất xử lý nước thải của cụm bể kết hợp AS-AAO

Chỉ tiêu	Hiệu suất xử lý cụm bể AS-AAO	
	So với đầu vào	So với sau lắng
TSS	93,49%	54,69%
BOD ₅	98,96%	98,92%
COD	98,71%	98,67%
N-NH ₄ ⁺	99,54%	99,53%
N-NO ₃ ⁻	98,67%	98,55%
TN	99,05%	99,04%
TP	94,88%	94,81%

Hiệu suất xử lý nước thải của cụm bể AS - AAO kết hợp của toàn hệ thống từ 93,49 đến 99,54% cho tất cả các chỉ tiêu nghiên cứu; so với sau lắng sơ bộ từ 54,69% đến 99,53%. Có thể thấy lắng sơ bộ các thành phần chất rắn kích thước lớn trong nước thải (TSS) đã giảm tải cho công đoạn xử lý kế tiếp (mô hình AS). Mô hình AS chủ yếu giảm hàm lượng TN và N-NH₄⁺, bể AAO chủ yếu loại bỏ các thành phần ô nhiễm hữu cơ.

3.3. Đề xuất quy trình xử lý nước thải chế biến vỏ đầu tôm



Hình 4. Công nghệ xử lý nước thải vỏ đầu tôm

Từ các kết quả nghiên cứu này, kết hợp các công nghệ xử lý nước thải CBTS hiện có cho thấy hầu hết các chất ô nhiễm chế biến vỏ đầu tôm đều được loại

bỏ, ngoại trừ thành phần vi sinh chưa được đề cập trong nghiên cứu. Cụm bể AS - AAO kết hợp cho hiệu suất xử lý cao đặc biệt là hiệu suất loại bỏ ni-tơ với 7 chỉ tiêu chính gồm pH, TSS, BOD₅, COD, N-NH₄⁺, TN, TP đều đạt ngưỡng cho phép xả thải theo cột A, QCVN11:MT2015/BTNMT; 3 chỉ tiêu chưa nghiên cứu theo quy chuẩn này là tổng dầu mỡ động thực vật, clo dư và tổng coliforms. Do đó, quy trình công nghệ xử lý nước thải vô đầu tôm được đề xuất cụ thể như ở Hình 4.

Căn cứ theo quy trình công nghệ này, nước thải đầu vào được qua các công đoạn xử lý chính gồm: Cụm 1 (Bể gom, tách mỡ - Bể điều hòa - Bể trung hòa - Bể keo tụ, tạo bông - Bể lắng sơ cấp) - cụm 2 (Bể nâng pH - **Tháp AS** - Bể trung hòa - **Bể AAO**) - cụm 3 (Bể lắng thứ cấp - Bể khử trùng). Tiền xử lý và lắng sơ bộ trong nghiên cứu được thay bằng cụm 1. Do nước thải đầu vào thường có thành phần ô nhiễm biến động lớn, cụm 1 được thiết kế như công đoạn tiền xử lý nhằm loại bỏ các thành phần cũng như yếu tố bất lợi (chất rắn nổi, dầu mỡ, biến động lưu lượng và tải lượng) cho quá trình vận hành và thiết bị xử lý. Tiếp theo đó, nước thải được chuyển đến cụm 2 để loại bỏ các thành phần ô nhiễm chính như TSS, BOD₅, COD, TN (qua N-NO₃⁻, N-NH₄⁺) và TP như đã trình bày ở mục 3.2. Cuối cùng, nước sau xử lý ở cụm 2 được chuyển đến cụm 3 cho

quá trình lắng bùn và khử trùng (xử lý vi sinh vật). Qua kết quả nghiên cứu kết hợp bể **AS - AAO** cho 7 chỉ tiêu nghiên cứu đề cập bên trên, quy trình công nghệ đề xuất Hình 4 chắc chắn đảm bảo theo yêu cầu của Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải chế biến thủy sản. Tuy nhiên, việc sử dụng hệ vi sinh vật trong xử lý nước thải (bể AAO) luôn luôn tiềm ẩn rủi ro mất ổn định do vi sinh vật luôn nhạy cảm với sự thay đổi của môi trường gây mất ổn định cho hệ thống xử lý.

4. KẾT LUẬN

Thử nghiệm xử lý nước thải chế biến vô đầu tôm trên mô hình AS kết hợp AAO với 7 chỉ tiêu nghiên cứu đều dưới ngưỡng xả thải theo cột A, QCVN11:MT2015/BTNMT. Mô hình AS có thể áp dụng để loại bỏ đạm a-môn trong nước thải như một công đoạn tiền xử lý trước khi đưa nước thải qua xử lý bằng mô hình AAO.

Mô hình kết hợp AS-AAO hoàn toàn có thể ứng dụng để xử lý nước thải chế biến thủy sản với nồng độ ô nhiễm cao TSS = 455 ± 63,8 mg/L, COD = 5.601 ± 1.292 mg/L, BOD₅ = 2.954 ± 271 mg/L, N-NH₄⁺ = 1.479 ± 143,2 mg/L, TN = 2.003 ± 158,0 mg/L, TP = 177,7 ± 57,7 mg/L. Hiệu suất xử lý tổng hợp của mô hình kết hợp AS - AAO rất cao từ 93,49% đến 99,54%.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Bộ Tài nguyên và Môi trường. (2015). *Thông tư số 77/2015/TT/BTNMT ngày 31/5/2015 ban hành Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về nước thải chế biến thủy sản QCVN 11-MT:2015/BTNMT*.
- Cừ, N. Đ., Việt, L. H., & Hoàng, N. X. (2022). Nghiên cứu xử lý ni-tơ trong nước thải chế biến vô đầu tôm bằng cột Air Stripping. *Tạp chí Tài nguyên và Môi trường*, 18(392), 30-32.
- Đồng, N. T., Nhuệ, T. H., Hà, C. T., Lợi, Đ. V., Phương, N. T. T., Bái, Đ. T., Hà, N. P., Loan, N. T. P., & Oanh, P. T. K. (2011). *Tài liệu kỹ thuật Hướng dẫn đánh giá sự phù hợp của công nghệ xử lý nước thải và giới thiệu một số công nghệ xử lý nước thải đối với ngành Chế biến thủy sản - Dệt may - Giấy và bột giấy*. Tổng cục Môi trường.
- Donkin, M. J., & Russell, J. M. (1997). Treatment of a milkpowder/butter wastewater using the AAO activated sludge configuration. *Water Science Technology*, 36(10), 79-86. <https://doi.org/10.2166/wst.1997.0364>
- Halling-Sørensen B., & Jørgensen S. E. (1993). *The Removal of Nitrogen Compounds from Wastewater*. Elsevier science publishers. ISBN: 0-444-89152-8.
- Hu, Z., Wentzel, M. C., & Ekama, G. A. (2002). *Anoxic growth of phosphate-accumulating organisms (PAOs) in biological nutrient removal activated sludge systems*. Elsevier - Water research, 36(19), 4667-4942. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(02\)00186-0](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(02)00186-0)
- Hương, Đ. (2021). *Xuất khẩu thủy sản ước đạt 8,89 tỷ USD năm 2021*. <https://baohinhphu.vn/xuat-khau-thuy-san-uoc-dat-889-ty-usd-nam-2021-102306108.htm>.
- Kinidi, L., Tan, I. A.W., Wahab, N. B. A., Tamrin, K. F. B., Hipolito, C. N., & Salleh, S. F. (2018). *Recent development in ammonia stripping process for industrial wastewater treatment*. International Journal of Chemical Engineering.. <https://doi.org/10.1155/2018/3181087>
- Lim, E. T., Jeong, G. T., Bhang, S. H., Park, S. H., & Park, D. H. (2009). *Evaluation of pilot-scale modified A2O processes for the removal of nitrogen compounds from sewage*. Bioresour. Technol. 100 6149-6154. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.06.072>
- Ma, Y., Peng, Y. Z., & Wang, X. L. (2009). Improving nutrient removal of the AAO process by an influent bypass flow by denitrifying phosporus

- removal. *Desalination*, 246(1-3), 534-544.
<https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.04.061>
- Pan, C., Wu, H., Zhao, Y. (2022). Aquatic Products' Quality, Processing and Preserving: Recent Developments, Trends and Advances. *Appl. Sci.*, 12, 12924.
<https://doi.org/10.3390/app122412924>
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., Stensel, H. D., Metcalf, Eddy, Inc., & Burton, F. (2003). *Waste water Engineering - Treatment and Reuse 4th Edition*. McGraw-Hill Education.
- Trâm, P. T. B., Cúc, P. T. (2004). Nghiên cứu xử lý vỏ đầu tôm với ri đường và enzyme dùng làm thức ăn cho gia súc, gia cầm. *Tạp Chí Khoa học Đại Học Cần Thơ*, 2, 116-121.
- Trung, Đ. M., Hương, B. T. T., & Ngân, N. V. C. (2016). Ứng dụng chất trợ keo tụ sinh học trong cải thiện chất lượng nước thải thủy sản. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Sư phạm TP. Hồ Chí Minh*, 6(84), 134-146.
- Venugopal V., & Sasidharan A. (2021). Seafood industry effluents: environmental hazards, treatment and resource recovery. *J. of environmental chemical engineering*, 9(2)..
<https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104758>
- Việt, L. H., & Ngân, N. V. C. (2018). *Giáo trình Kỹ thuật Xử lý Nước thải tập 1&2*. Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ.
- Việt, L. H., & Ngân, N. V. C. (2015). *Giáo trình Kỹ thuật xử lý nước thải*. NXB Đại học Cần Thơ.
- Việt, L. H., Trường, V. T., & Ngân N. V. C. (2020). Khảo sát thời gian lưu nước của bể AAO phù hợp để xử lý nước thải sau hầm ủ biogas. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 56(1A), 49-57.
<https://doi.org/10.22144/ctu.jvn.2020.005>
- Water Environment Federation, (2005). *Biological nutrient removal operation in wastewater treatment plants*. Water Environment Federation Manual of Practice No. 29. McGraw-Hill Inc.
- Zhang, W., Peng, Y., Ren, N., Liu, Q., & Chen, Y. (2013). Improvement of nutrient removal by optimizing the volume ratio of anoxic to aerobic zone in AAO-BAF system. *Chemosphere*, 93(11), 2859-2863.
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.08.047>