

ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ XỬ LÝ NƯỚC THẢI GIẾT MỔ GIA SÚC TẬP TRUNG CỦA ĐĨA QUAY SINH HỌC VÀ LỒNG QUAY SINH HỌC

Lê Hoàng Việt¹, Nguyễn Võ Châu Ngân¹, Lưu Trọng Tác² và Lê Thị Bích Vi²

¹ Khoa Môi trường & Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ

² Lớp Kỹ thuật Môi trường K36, Trường Đại học Cần Thơ

Thông tin chung:

Ngày nhận: 03/09/2014

Ngày chấp nhận: 29/12/2014

Title:

Evaluation of slaughter-house wastewater treatment efficiency of rotating biological contactor and package cage rotating biological contactor

Từ khóa:

Đĩa quay sinh học, lồng quay sinh học, nước thải giết mổ gia súc

Keywords:

Rotating biological contactor, package cage biological contactor, slaughter-house wastewater

ABSTRACT

The study on “Evaluation of the slaughter-house wastewater treatment efficiency of rotating biological contactor and package cage rotating biological contactor” was done to evaluate the slaughter wastewater treatment efficiency of rotating biological contactor having PVC flexible-conduit medium, and packed cage rotating biological contactor with wool-thread medium. The testing results showed the treatment efficient of package cage rotating biological contactor was better than that of rotating biological contactor at the hydraulic retention time of 6 hours and all of testing parameters of the effluent reach QCVN 40:2011/BTNMT (column B). The two-stage biological treatment of slaughter wastewater with package cage rotating biological contactor as the first stage and rotating biological contactor as the second stage gave the effluent having testing parameters to meet QCVN 40:2011/BTNMT (column A).

TÓM TẮT

Nghiên cứu “Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải giết mổ gia súc tập trung của đĩa quay sinh học và lồng quay sinh học” được thực hiện nhằm so sánh hiệu quả xử lý của đĩa quay sinh học có giá thể ống nhựa dạng khối đĩa và lồng quay sinh học có giá thể bông tắm. Kết quả thí nghiệm cho thấy hiệu quả xử lý của lồng quay sinh học cao hơn đĩa quay sinh học ở thời gian lưu 6 giờ và tất cả các chỉ tiêu theo dõi trong nước thải sau xử lý đạt QCVN 40:2011/BTNMT cột B. Khi xử lý sinh học nước thải giết mổ hai giai đoạn với giai đoạn I là lồng quay sinh học và giai đoạn II là đĩa quay sinh học cho nước thải sau xử lý có nồng độ các chỉ tiêu theo dõi đạt QCVN 40:2011/BTNMT cột A.

1 GIỚI THIỆU

Cùng với sự phát triển kinh tế xã hội thì nhu cầu thực phẩm ngày càng tăng cao, đặc biệt là sự gia tăng nhu cầu các sản phẩm có nguồn gốc từ chăn nuôi như thịt, trứng, sữa... từ đó dẫn đến hình thành các lò giết mổ gia súc tập trung phục vụ nhu cầu tiêu dùng hàng ngày của con người. Tuy nhiên, nước thải phát sinh ra từ phần lớn các lò giết mổ được thải ra sông, hồ, kênh, rạch... mà chưa qua

xử lý hoặc xử lý chưa đạt tiêu chuẩn gây ô nhiễm nghiêm trọng môi trường xung quanh, do loại nước thải này có nồng độ SS, BOD, COD, N, P cao và nhiều vi trùng gây bệnh. Một số nghiên cứu xử lý loại nước thải này đã được thực hiện như nghiên cứu của Ngô Thị Phương Nam *et al.* (2008) xử lý nước thải lò giết mổ gia súc bằng quá trình sinh học thể bám cho nước thải đầu ra đạt QCVN cột B. Lê Công Nhất Phương *et al.* (2012) nghiên cứu xử

lý ammonium trong nước thải giết mổ bằng việc kết hợp quá trình ni-trit hóa một phần/anammox cho hiệu suất xử lý 92% ở tải trọng 0,04 kgN-NH₄/m³.ngày và 87,8% ở tải trọng 0,14 kgN-NH₄/m³.ngày.

Đĩa quay sinh học là loại hình xử lý sinh học hiếu khí theo kiểu tăng trưởng bám dính được nghiên cứu và phát triển tại Đức vào những năm 1960, đến nay hệ thống đĩa quay sinh học được ứng dụng rộng rãi tại nhiều quốc gia trên thế giới (Metcalf & Eddy, 2003). Đĩa quay sinh học là các khối đĩa tròn làm bằng nhựa PE hay PVC gắn trên một trục, đĩa được đặt ngập một phần vào trong nước thải. Khi vận hành đĩa sẽ được cho quay chậm xung quanh trục, sinh khối sẽ bám trên bề mặt đĩa tạo thành lớp màng sinh học. Khi khối đĩa quay xuống, vi sinh vật (VSV) nhận chất nền (chất dinh dưỡng) có trong nước thải; khi khối đĩa quay lên, các VSV lấy ô-xy để ô-xy hóa các chất hữu cơ và giải phóng CO₂. Đĩa quay sinh học thường dùng để loại bỏ BOD trong nước thải hay dùng để chuyển hóa a-môn thành ni-trát. Các loại nước thải thích hợp cho hệ thống là nước thải sinh hoạt, nước thải bệnh viện, và nước thải một số ngành công nghiệp. Ưu điểm của đĩa quay sinh học là thời gian tồn lưu ngắn, chi phí vận hành và bảo trì thấp, hệ thống cho ra loại bùn chứa ít nước, có khả năng lắng nhanh (Grady *et al.*, 2004). Để xử lý nước thải có nồng độ chất hữu cơ cao người ta thường sử dụng nhiều đĩa quay sinh học nối tiếp với nhau, mỗi đĩa quay sinh học được coi là một giai đoạn xử lý. Tuy nhiên, việc ứng dụng đĩa quay sinh học ở các nước đang phát triển bị hạn chế do chi phí nhập các khối đĩa này khá cao. Để hạ giá thành và đơn giản hóa việc chế tạo đĩa quay sinh học, người ta đã chế tạo các lồng quay sinh học, đây là các lồng lưới bên trong chứa các giá thể để VSV bám vào tạo màng sinh học (Sirianuntapiboon, 2006).

Nghiên cứu “Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải giết mổ gia súc tập trung bằng đĩa quay sinh học và lồng quay sinh học” được thực hiện với mục tiêu tổng quát là đánh giá khả năng sử dụng các vật dụng phổ biến trên thị trường làm giá thể chế tạo đĩa quay sinh học (ĐQSH) và lồng quay sinh học (LQSH); ứng dụng ĐQSH và LQSH để xử lý nước thải giết mổ gia súc. Các công việc cụ thể của nghiên cứu như sau:

- Đánh giá hiệu quả xử lý nước thải giết mổ của ĐQSH có giá thể là ống nhựa và LQSH có giá thể là bông tắm; tìm ra thông số thiết kế và vận hành của chúng để có thể áp dụng thực tế đối với các loại nước thải tương tự.

- Đánh giá hiệu quả xử lý sinh học hai giai đoạn của nước thải giết mổ với giai đoạn I là LQSH và giai đoạn II là ĐQSH.

2 PHƯƠNG PHÁP VÀ PHƯƠNG TIỆN

2.1 Thời gian, địa điểm thực hiện đề tài

Nghiên cứu được tiến hành tại Phòng thí nghiệm Xử lý nước thải và Phòng thí nghiệm Sinh Kỹ thuật Môi trường của Bộ môn Kỹ thuật Môi trường, Khoa Môi trường & Tài nguyên Thiên nhiên – Trường Đại học Cần Thơ. Thời gian thực hiện từ tháng 8/2013 đến 1/2014.

2.2 Đối tượng thí nghiệm

2.2.1 Giá thể

Đối với phương pháp sinh trưởng bám dính việc lựa chọn giá thể rất quan trọng, ảnh hưởng lớn đến hiệu suất cũng như chi phí đầu tư. Để đảm bảo đạt hiệu suất xử lý và chi phí đầu tư thấp có thể sử dụng các vật dụng, đồ dùng sinh hoạt gia đình có các đặc điểm như phổ biến trên thị trường, rẻ tiền, độ rỗng cao, diện tích bề mặt lớn. Dựa trên các tiêu chí đó, ống nhựa luồn dây điện và bông tắm được chọn làm giá thể để thực hiện nghiên cứu này.

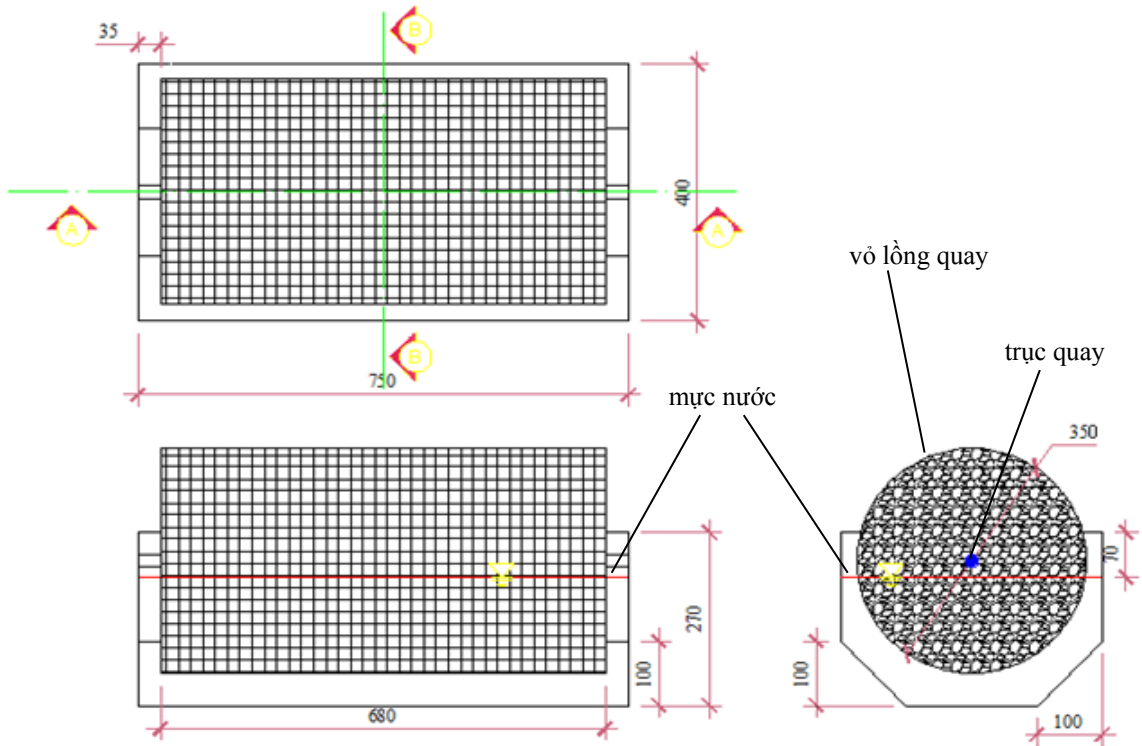


a) Ống nhựa (ống dây luồn điện)



b) Lưới (bông tắm)

Hình 1: Các loại giá thể được sử dụng để chế tạo ĐQSH và LQSH



Hình 3: Kích thước của LQSH

Bảng 1: Các thông số thiết kế và vận hành của ĐQSH và LQSH

STT	Thông số	ĐQSH	LQSH
1	Đường kính của đĩa quay $D_{đĩa}$ (mm)	350	350
2	Tổng chiều dài trục $L_{trục}$ (mm)	750	750
3	Tỉ lệ $D_{đĩa}/L_{trục}$	0,47	0,47
4	Chiều dài trục phân bố $L_{đĩa}$ (mm)	680	680
5	Khoảng cách giữa các đĩa (mm)	16	-
6	Chiều dày đĩa d_1 (mm)	100	-
7	Số giá thể	6 khối đĩa	67 bông tằm
8	Tổng diện tích bề mặt (m^2)	36,6	40,78
9	Độ sâu ngập nước (%)	40	40
10	Lượng nước nạp cho mỗi mô hình (L)	200	200
11	Thời gian lưu nước θ (giờ)	6	6

2.2.4 Tiến hành thí nghiệm

a. Giai đoạn tạo màng sinh học trên giá thể của ĐQSH và LQSH

ĐQSH và LQSH vận hành với nước thải giết mổ, đồng thời bùn hoạt tính từ bể bùn hoạt tính của Công ty TNHH Hải sản Việt Hải (xã Long Thạnh, huyện Phụng Hiệp, tỉnh Hậu Giang) được đưa vào làm nguồn VSV tạo màng sinh học cho các giá thể. Vận hành ĐQSH và LQSH liên tục cho đến khi thấy lớp bùn nhớt xuất hiện trên giá thể thì tiến hành các thí nghiệm chính thức.

b. Bố trí thí nghiệm

– Thí nghiệm 1: vận hành song song 2 mô hình để đánh giá hiệu quả xử lý của ĐQSH và LQSH ở thời gian lưu 6 giờ. Từ kết quả của thí nghiệm 1, chọn ra mô hình có hiệu quả xử lý cao hơn để tiến hành thí nghiệm 2.

– Thí nghiệm 2: vận hành mô hình được lựa chọn ở thí nghiệm 1 với thời gian lưu tăng hoặc giảm so với thời gian lưu ở thí nghiệm 1 nhằm tìm ra thời gian lưu tối thiểu để nước thải sau xử lý vẫn còn đạt QCVN 40:2011 (cột B).

– Thí nghiệm 3: bố trí LQSH và ĐQSH hoạt động nối tiếp tạo thành hệ thống xử lý 02 giai đoạn để đánh giá hiệu quả xử lý hai giai đoạn nước thải giết mổ.

Ở các thí nghiệm trên mẫu nước thải đầu vào và đầu ra của hệ thống được thu liên tiếp 3 ngày để phân tích các chỉ tiêu cần đánh giá là SS, BOD₅, COD, TKN, NH₄⁺, NO₃⁻, TP. Các chỉ tiêu này được phân tích theo chỉ dẫn của APHA, AWWA & WEF (2005) bằng các thiết bị phòng thí nghiệm thuộc Bộ môn Kỹ thuật Môi trường - Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên - Trường Đại học Cần Thơ.

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Đặc trưng nước thải từ lò giết mổ của Xí nghiệp chế biến thực phẩm I

Nước thải được lấy từ lò giết mổ gia súc tập trung của Xí nghiệp chế biến thực phẩm I, đem về xử lý sơ bộ và phân tích để đánh giá khả năng xử lý sinh học.

Bảng 2: Nồng độ chất ô nhiễm trong nước thải lò giết mổ (*)

Thông số	Đơn vị	Trung bình (n = 3)
pH	-	7,2 ± 0,15
SS	mg/L	178 ± 6,56
COD	mg/L	1854,3 ± 195,1
BOD ₅	mg/L	969 ± 67,5
TKN	mg/L	97,9 ± 11
TP	mg/L	18 ± 2
NO ₃ ⁻	mg/L	3,7 ± 0,32
NH ₄ ⁺	mg/L	37,9 ± 1,43

Ghi chú: (*) nồng độ các chất ô nhiễm sau khi lọc sơ bộ và để lắng 60 phút

Số liệu trong Bảng 2 cho thấy:

– pH của nước thải lò giết mổ là 7,2 ± 0,15 nằm trong khoảng 6,5 ÷ 8,5 thích hợp cho xử lý sinh học hiếu khí (Trịnh Xuân Lai, 2009).

– Tỷ số BOD₅/COD của nước thải giết mổ là 0,526 > 0,5 thích hợp cho xử lý sinh học (Lê Hoàng Việt & Nguyễn Võ Châu Ngân, 2014).

– Tỷ lệ BOD₅ : N : P = 100 : 9,47 : 1,6 đảm bảo dưỡng chất (N, P) cho các hoạt động của vi sinh vật (Lê Hoàng Việt & Nguyễn Võ Châu Ngân, 2014).

Như vậy, nước thải từ lò giết mổ chỉ cần xử lý sơ bộ là có thể đưa vào xử lý bằng ĐQSH không cần điều chỉnh gì thêm.

3.2 Kết quả thí nghiệm

3.2.1 Kết quả thí nghiệm 1: đánh giá hiệu quả xử lý của ĐQSH và LQSH ở thời gian lưu 6 giờ

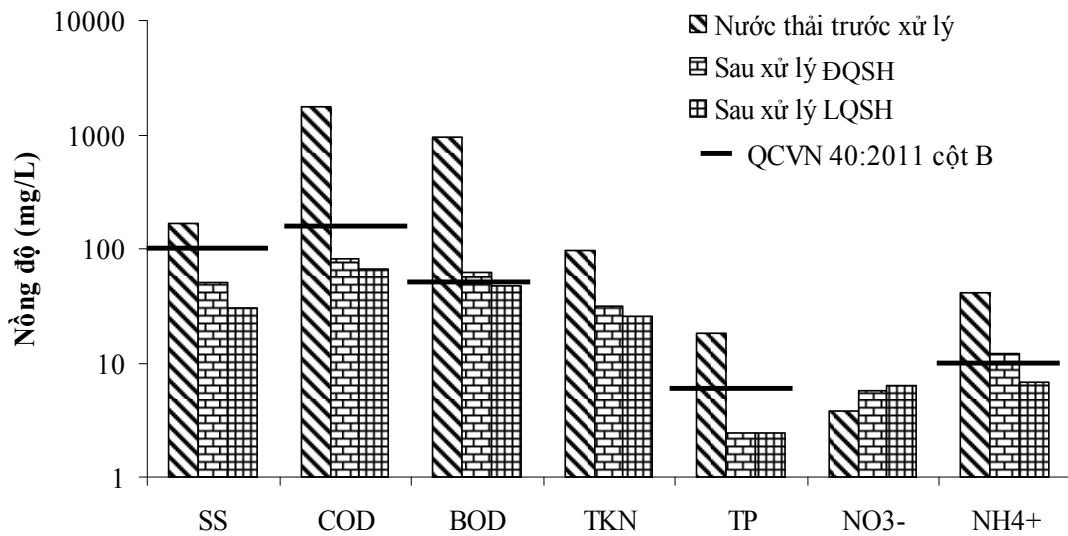
Tiến hành lấy mẫu đầu vào và đầu ra của hai mô hình 3 lần lặp lại trong 3 ngày liên tục đem phân tích. Kết quả cho thấy ngoại trừ nồng độ BOD₅ sau xử lý của ĐQSH, nồng độ chất ô nhiễm của nước thải sau xử lý bằng ĐQSH và LQSH đều đạt quy chuẩn xả thải QCVN 40:2011/BTNMT (cột B).

Nồng độ SS, BOD₅, COD, TKN, NH₄⁺ sau xử lý bằng LQSH thấp hơn sau xử lý bằng ĐQSH. Riêng nồng độ TKN và NO₃⁻ không có quy định trong quy chuẩn xả thải QCVN 40:2011/BTNMT nên nồng độ hai chỉ tiêu này dùng để đánh giá sự chuyển hóa đạm hữu cơ trong nước thải. TKN và NH₄⁺ của nước thải đầu ra thấp hơn nhiều so với đầu vào, trong khi đó NO₃⁻ tăng chứng tỏ đạm hữu cơ đã được chuyển hóa thành đạm a-môn và sau đó bị ô-xy hóa thành đạm ni-trát, tuy nhiên lượng đạm ni-trát tăng lên không tương xứng với mức giảm của đạm hữu cơ và a-môn, chứng tỏ trong bể còn có quá trình khử ni-trát diễn ra.

Nồng độ COD, BOD₅ sau xử lý bằng LQSH đều đạt QCVN 40:2011/BTNMT (cột B), còn sau xử lý bằng ĐQSH chỉ có COD đạt quy chuẩn xả thải QCVN 40:2011/ BTNMT (cột B). Phân tích ANOVA và kiểm định F cho nồng độ COD và BOD₅ sau xử lý của hai mô hình đều khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%.

Nồng độ TP sau xử lý của cả hai mô hình đều đạt QCVN 40:2011/BTNMT (cột B). và kết quả phân tích ANOVA và kiểm định F thì nồng độ TP sau xử lý của hai mô hình khác biệt không ý nghĩa ở mức 5%. Trong khi đó, nồng độ NH₄⁺ sau xử lý của LQSH thấp hơn nhiều so với ĐQSH và khác biệt có ý nghĩa ở mức 5%.

Hiệu suất xử lý các chất ô nhiễm của 02 mô hình khá cao, trong đó hiệu suất xử lý của LQSH cao hơn của ĐQSH do LQSH có tổng diện tích bề mặt của giá thể lớn hơn ĐQSH. Hiệu suất xử lý các chất ô nhiễm của 02 mô hình ở thời gian lưu nước 6 giờ được trình bày trong Bảng 3.



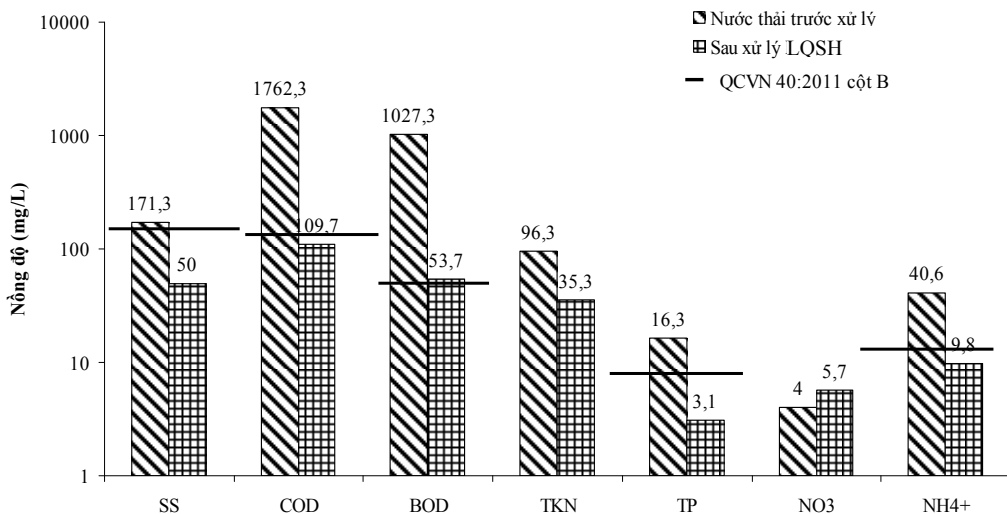
Hình 4: Nồng độ các chỉ tiêu theo dõi trước và sau xử lý bằng ĐQSH và LQSH

Bảng 3: Hiệu suất của ĐQSH và LQSH

Chỉ tiêu	Trung bình hiệu suất (%) (n = 3)	
	Sau xử lý với ĐQSH	Sau xử lý với LQSH
SS	70,19	81,77
COD	95,42	96,18
BOD	93,61	95,14
TKN	67,76	73,59
TP	86,72	86,53
NH ₄ ⁺	70,73	83,63

3.2.2 Kết quả thí nghiệm 2: xử lý nước thải bằng LQSH ở thời gian lưu 5,5 giờ

Kết quả thí nghiệm 1 cho thấy LQSH cho hiệu suất xử lý cao hơn và với thời gian lưu nước là 6 giờ nước thải đầu ra của LQSH đạt QCVN 40:2011/BTNMT (cột B), do đó ở thí nghiệm 2 mô hình LQSH được lựa chọn để tiến hành thí nghiệm với thời gian lưu nước là 5,5 giờ nhằm mục đích xác định thời gian lưu nước tối thiểu mà ở đó bước thải sau xử lý vẫn còn đạt qui chuẩn. Nồng độ nước thải trước và sau xử lý được trình bày trong Hình 5.



Hình 5: Nồng độ các chỉ tiêu ô nhiễm trước và sau xử lý bằng LQSH ở thời gian lưu 5,5 giờ

Ở thời gian lưu 5,5 giờ hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm giảm so với thời gian lưu 6 giờ. Tuy nhiên chỉ trừ chỉ tiêu BOD₅ các chỉ tiêu còn lại vẫn đạt QCVN 40:2011/ BTNMT (cột B). Vì vậy, thời gian lưu nước tối thiểu vận hành LQSH để các nồng độ chất ô nhiễm đầu ra của nước thải giết mổ đạt QCVN 40:2011/BTNMT (cột B) nên là 6 giờ.

Bảng 4: Hiệu suất của LQSH ở thời gian lưu 5,5 giờ

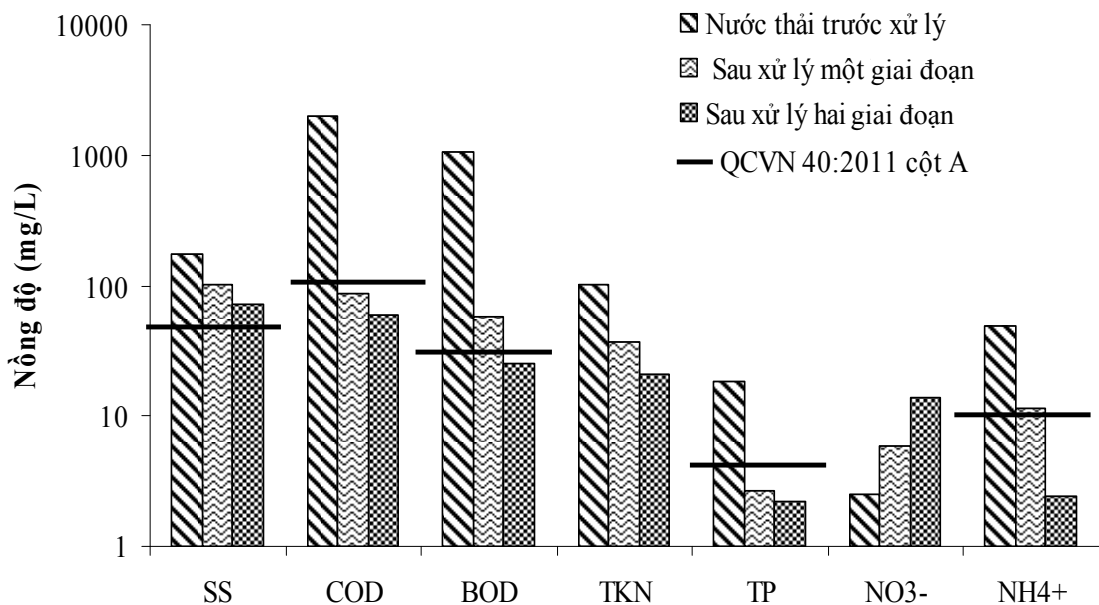
Chỉ tiêu	Trung bình hiệu suất (%) (n = 3)
SS	70,82
COD	93,78
BOD ₅	94,78
TKN	63,32
TP	80,74
NH ₄ ⁺	75,86

3.2.3 Kết quả thí nghiệm 3: đánh giá hiệu quả xử lý hai giai đoạn bằng LQSH kết hợp ĐQSH

Như đã trình bày ở trên, đĩa quay sinh học

thường được bố trí nối tiếp với nhau để tạo thành nhiều pha xử lý, thí nghiệm này sẽ bố trí ĐQSH và LQSH hoạt động nối tiếp nhau và một ĐQSH hoạt động riêng lẻ; hai mô hình này được vận hành ở cùng thời gian lưu nước là 6 giờ, điều này có nghĩa là lưu lượng nước thải nạp cho mô hình hai giai đoạn gấp hai lần lưu lượng nước thải nạp cho mô hình một giai đoạn. Kết quả thí nghiệm được trình bày trong Hình 6.

Các kết quả cho thấy tuy cùng thời gian tồn lưu, hiệu suất của mô hình hai giai đoạn cao hơn nhiều so với mô hình một giai đoạn. Nồng độ TKN và NH₄⁺ của nước thải đầu ra mô hình hai giai đoạn giảm mạnh hơn so với mô hình một giai đoạn và nồng độ ni-trát của nước thải đầu ra mô hình hai giai đoạn tăng cao hơn nồng độ ni-trát của nước thải đầu ra mô hình một giai đoạn chứng tỏ tốc độ quá trình chuyển hóa ni-tơ của mô hình hai giai đoạn cao hơn nhiều.



Hình 6: Nồng độ các chỉ tiêu phân tích trước và sau xử lý một giai đoạn, hai giai đoạn

Nồng độ COD, BOD₅, TP, NH₄⁺ sau xử lý hai giai đoạn đều đạt QCVN 40:2011 (cột A), tuy nồng độ SS không đạt nhưng trong một hệ thống xử lý hoàn chỉnh phía sau bể xử lý sinh học luôn có bể lắng thứ cấp để loại bỏ chất rắn lơ lửng, như vậy lượng SS này sẽ lắng tại bể lắng thứ cấp. Thêm vào đó với lượng SS thấp thì tải nạp chất rắn cho bể lắng thứ cấp sẽ thấp, giúp bể lắng thứ cấp hoạt

động hiệu quả hơn (đây là một ưu điểm của quá trình sinh trưởng bám dính). Đối với mô hình một giai đoạn ngoại trừ COD và TP các chỉ tiêu khác đều không đạt QCVN 40: 2011 (cột A). Kết quả thí nghiệm này cho thấy khi thiết kế đĩa quay sinh học nên thiết kế theo qui trình nhiều giai đoạn để tăng hiệu suất xử lý.

Bảng 5: Hiệu suất xử lý của quá trình xử lý một giai đoạn và hai giai đoạn

Chỉ tiêu	Trung bình hiệu suất (%) (n = 3)	
	Sau xử lý hai giai đoạn	Sau xử lý một giai đoạn
SS	57,88	41,56
COD	96,95	95,91
BOD	97,63	94,48
TKN	78,89	63,33
TP	85,25	87,70
NH ₄ ⁺	96,33	76,84

4 KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

4.1 Kết luận

Có thể sử dụng các vật liệu gia dụng phổ biến như ống nhựa luồn điện, bông tắm để làm giá thể chế tạo đĩa quay sinh học và lồng quay sinh học.

Thời gian 6 giờ là thời gian tồn lưu nước tối thiểu để LQSH giá thể bông tắm xử lý nước thải giết mổ đạt QCVN 40:2011 (cột B) với các chỉ tiêu theo dõi đã nêu.

Hiệu suất xử lý các chất ô nhiễm của nước thải lò giết mổ bằng mô hình hai giai đoạn cao hơn hiệu suất xử lý của mô hình một giai đoạn. Quá trình ni-trat hóa, khử ni-trat của xử lý hai giai đoạn xảy ra tốt hơn xử lý một giai đoạn.

Ở thời gian tồn lưu nước 6 giờ mô hình hai giai đoạn cho nước thải sau xử lý đạt QCVN 40:2011 (cột A).

4.2 Đề xuất

– Do nồng độ chất ô nhiễm trong nước thải lò giết mổ biến thiên rất lớn theo qui trình giết mổ và cách quản lý của các xí nghiệp, do đó chỉ áp dụng kết quả này cho các xí nghiệp có nồng độ nước thải sau xử lý sơ bộ nằm trong khoảng nồng độ nước thải đầu vào của các thí nghiệm ở trên.

– Tiến hành thêm các nghiên cứu trên những loại nước thải khác để có thể ứng dụng ĐQSH và LQSH xử lý các loại nước thải này.

– Nên nghiên cứu sử dụng các loại vật liệu thông dụng khác làm giá thể cho lồng quay sinh học để đánh giá hiệu quả xử lý, giá thành và độ bền của các loại giá thể.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. APHA, AWWA & WEF (2005). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st ed. Ameriran Public Health Association, Washington DC.
2. Grady C. P. L., Jr., Glen T. Daigger, and Henry C. Lim, 1999. Biological Wastewater Treatment: Second Edition. Marcel Dekker, Inc.
3. Lâm Minh Triết, Lê Hoàng Việt (2009). Vi sinh vật nước và nước thải. NXB Xây dựng.
4. Lê Hoàng Việt, Nguyễn Võ Châu Ngân (2014). Giáo trình Phương pháp xử lý nước thải. NXB Đại học Cần Thơ.
5. Lê Văn Cát (2007). Xử lý nước thải giàu hợp chất Nitơ và Phospho. NXB Khoa học Tự nhiên và Công nghệ Hà Nội.
6. Lương Đức Phẩm (2009). Công nghệ xử lý nước thải bằng biện pháp sinh học. NXB Giáo dục.
7. Metcalf & Eddy (2003), Wastewater Engineering – Treatment and Reuse, Mcgraw – Hill, New York.
8. Nguyễn Đức Lương, Nguyễn Thị Thùy Dương (2003). Công nghệ sinh học môi trường tập 1. NXB Đại học Kỹ thuật TP. HCM.
9. Ngô Thị Phương Nam, Phạm Khắc Liệu, Trịnh Thị Giao Chi (2008). Nghiên cứu xử lý nước thải giết mổ gia súc bằng quá trình sinh học hiếu khí thể bám trên vật liệu polymere tổng hợp. Tạp chí Khoa học – Đại học Huế; số 48 năm 2008.
10. Lê Công Nhật Phương, Lê Thị Cẩm Huyền, Nguyễn Huỳnh Tấn Long (2012). Xử lý ammonium trong nước thải giết mổ bằng việc kết hợp quá trình nitrit hóa một phần/anammox. Tạp chí Sinh học 2012 34 (3se).
11. Sirianuntapiboon S. (2006). Treatment of wastewater containing Cl₂ residue by packed cage rotating biological contactor (RBC) system. Bioresource Technology 97 (2006) 1735–1744.