

Nghiên cứu thử nghiệm thiết bị khí sinh học hình ống có màng lọc sinh học

ThS. Hồ Thị Lan Hương,

Viện Năng Lượng, Bộ Công Thương

Tóm tắt đề tài

Các kiểu công trình khí sinh học năng suất cao có sử dụng lọc sinh học, lọc kỵ khí... đã được nghiên cứu và phát triển ở nhiều nước trên thế giới, ưu điểm nổi bật của công nghệ là hiệu suất sinh khí cao đạt đến 1 m^3 khí/ m^3 phân huỷ trong khi đó ở các công trình khí sinh học đơn giản, vận hành theo phương thức nạp liên tục hiệu suất sinh khí vào khoảng $0,3-0,4\text{ m}^3$ khí/ m^3 phân huỷ, một lợi thế khác của công nghệ đó là chịu được sự thay đổi đột ngột của lưu lượng nguyên liệu nạp vào hàng ngày. Lịch sử phát triển khí sinh học ở Việt Nam có từ những năm 1960 nhưng chủ yếu phát triển các loại công trình KSH kiểu đơn giản, những nghiên cứu về thiết bị KSH có màng lọc chưa nhiều, nhất là kiểu màng lọc sinh học. Vì thế mục tiêu của đề tài là nghiên cứu và thử nghiệm kiểu thiết bị KSH hình ống có màng lọc sinh học áp dụng cho cả quy mô nhỏ và trung bình. Kết quả thử nghiệm cho thấy đây là kiểu công trình tiên tiến có thời gian lưu ngắn, tiết kiệm chi phí và phù hợp với nhiều loại nguyên liệu nạp khác nhau.

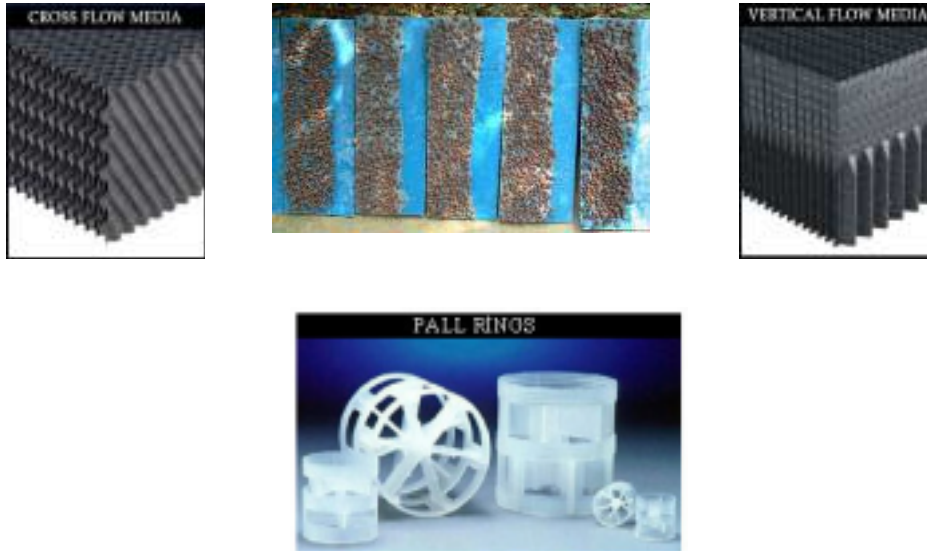
1. Nghiên cứu quá trình lên men kỵ khí và lọc sinh học

Quá trình phân huỷ của các chất hữu cơ trong môi trường không có oxy gọi là quá trình lên men kỵ khí. Đây là một quá trình phức tạp với sự tham gia của nhiều loài vi khuẩn. Công nghệ lên men kỵ khí trong điều kiện nhân tạo được áp dụng để xử lý các loại nước thải và chất thải nông nghiệp, công nghiệp và sinh hoạt có hàm lượng chất hữu cơ cao. Các kết quả nghiên cứu thành công trong phòng thí nghiệm đã được đưa ra thực tế ứng dụng từ thử nghiệm đến áp dụng rộng rãi như các nhà máy xử lý sinh học nước thải công nghiệp thực phẩm ở Hà Lan, Hoa Kỳ, Thụy Sĩ, Đức... ưu điểm của công nghệ này là thiết kế đơn giản, thể tích công trình nhỏ, chiếm ít diện tích mặt bằng; công trình có cấu tạo cũng đơn giản, giá thành không cao, chi phí vận hành thấp, tốn ít năng lượng, thu hồi KSH cao, không đòi hỏi cung cấp nhiều dinh dưỡng, lượng bùn sinh ra ít hơn từ 10-20 lần so với phương pháp hiếu khí và có tính ổn định tương đối cao có thể tồn trữ trong một thời gian khá dài và là một nguồn phân bón có giá trị; tải trọng phân huỷ chất hữu cơ cao, chịu được sự thay đổi đột ngột về lưu lượng.

Nhờ những tiến bộ trong khoa học, công nghệ sự can thiệp vào quá trình lên men đã thúc đẩy quá trình lên men tốt hơn và tạo ra một sản lượng KSH tốt hơn hay hiệu suất xử lý môi trường của các hệ thống lên men kỵ khí cũng tốt hơn. Một trong các biện pháp đó là sử dụng hệ thống lọc sinh học trong các bể lên men kỵ khí.

Các giá thể được đặt trong bể KSH khi tiếp xúc với các lớp vi sinh vật trong dịch lên men sẽ phát triển thành một lớp gọi là lớp màng sinh học linh hoạt bao gồm các tế bào VSV xen giữa bề mặt chất lỏng và chất rắn. Lớp màng sinh học này có thể hình thành ở hầu hết các bề mặt tự do của môi trường chất lỏng. Vì thế hệ thống màng lọc sinh học có thể được sử dụng một cách hiệu quả trong các thiết bị khí sinh học. Các yếu tố ảnh hưởng đến cơ chất lên men trong hệ thống ứng dụng màng lọc sinh học đó là:

- Sự khuếch tán của cơ chất từ phần cơ bản của chất lỏng đến bề mặt phân cách giữa chất lỏng và lớp màng sinh học;
- Sự khuếch tán của cơ chất bên trong các khe rỗng/lớp xốp của màng lọc sinh học;
- Phản ứng sinh hoá bên trong chính lớp màng sinh học này (tiêu thụ cơ chất của VSV)



Hình 1 - Các loại giá thể trong hệ thống lọc kỵ khí

2 Hệ thống KSH dòng chảy đều có màng lọc sinh học

Lọc kỵ khí dòng chảy đều là một trong những công nghệ ứng dụng có hiệu quả để xử lý nước thải chăn nuôi và công nghiệp. Các kết quả nghiên cứu ứng dụng trong thiết kế và xây dựng mô hình thử nghiệm đã giúp các nhà khoa học nắm được những ảnh hưởng của các điều kiện cơ bản trong thiết kế. Công nghệ lọc kỵ khí (AF) chủ yếu là cột lọc, tháp lọc hay lớp lọc ngang với sự hỗ trợ của các giá thể để sinh khối có điều kiện tăng trưởng. Hệ thống vận hành theo chế độ dòng chảy thẳng đứng, dòng chảy ngược lên/xuống hoặc dòng chảy ngang. Một số vật liệu tự nhiên như đá cuội, thạch anh mịn, xơ dừa, đá granit, than đá, gạch vỡ, nhựa tổng hợp... có thể sử dụng làm giá bám cho các VSV rất tốt. Tuy nhiên hệ thống này có thể bị tắc trầm trọng nếu sử dụng kích thước vật liệu không phù hợp như khi sử dụng các hạt có kích thước quá nhỏ hay độ rỗng trong hệ thống giá đỡ quá hẹp, vì thế để đảm bảo an toàn cho hệ thống các loại hạt hình cầu hoặc tròn thì kích thước hạt phải lớn hơn 20mm và độ rỗng phải thích hợp.

Các yếu tố ảnh hưởng đến thiết kế hệ thống kỵ khí có màng lọc bao gồm: i) *kích thước bề lên men*, chủ yếu quan tâm đến độ dài của bể và sự phân bố của VSV theo chiều dày của lớp lọc. Các thông số sử dụng trong thiết kế gồm lưu lượng đầu vào/kiểu dòng chảy, sự chuyển hoá của sinh khối trong lớp lọc sinh học, động học và cấu trúc của màng firm (theo kết quả nghiên cứu của Saravanan & Sreerishnan, 2006); ii) *Kiểu dòng nạp*: có hai kiểu nạp được ứng dụng rộng rãi đó là kiểu đa dòng nạp và đơn dòng nạp. Kiểu nạp là một trong những yếu tố quan trọng trong các tiêu chí vận hành thiết bị, thông thường các công trình quy mô nhỏ mới áp dụng kiểu đơn dòng nạp còn

các loại bể cỡ trung bình và lớn thì áp dụng kiểu đa dòng nạp (Punal, Mendez-Pampin & Lema, 1999); và cuối cùng là iii) Thời gian lưu sinh khối trong hệ thống.

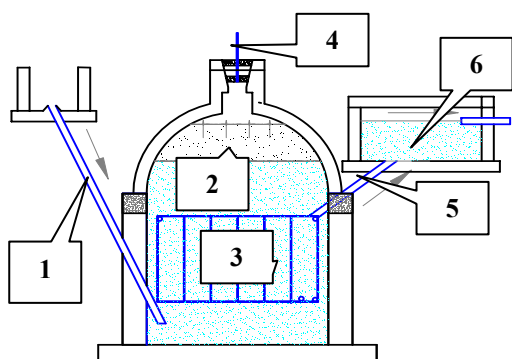
Các yếu tố ảnh hưởng đến vận hành hệ thống bao gồm: i) *Nhiệt độ*, là yếu tố ảnh hưởng đến quá trình lên men kỵ khí nên nó cũng ảnh hưởng đến quá trình hoạt động của thiết bị lọc kỵ khí. Khi nhiệt độ thay đổi cả tăng và giảm đều ảnh hưởng không tốt đến vận hành của thiết bị; ii) *pH*, giá trị pH của dịch lên men tối ưu nằm trong dải 7.4 - 7.7 (trung tính). Khi giá trị pH vượt quá 8.0 thì hiệu suất xử lý của thiết bị bắt đầu giảm vì vi khuẩn sinh metan chỉ hoạt động tốt trong dải pH từ 6.7 - 8.0; iii) *Diện tích bề mặt lọc*, diện tích bề mặt tiếp xúc của khối lọc tăng sẽ thúc đẩy mức độ tập trung của sinh khối cao hơn trong bể lên men; iv) *Tốc độ nạp*, vi khuẩn kỵ khí rất nhạy cảm với tốc độ nạp. Khi tốc độ nạp chất hữu cơ cao xuất hiện sự tích tụ của axit làm cho giá trị pH của thiết bị giảm. Tình trạng này ảnh hưởng tiêu cực đến hoạt động của vi khuẩn; v) *Sinh khối*, trong các hệ thống lọc kỵ khí được phân bố thành 3 lớp, lớp trên cùng tập trung khối lượng sinh khối lớn nhất, lớp dưới cùng có các hoạt động của vi khuẩn sinh metan cao nhất và lớp giữa là nơi tích tụ của sinh khối không dính bám; vi) *Cơ chế hoà trộn thuỷ lực*, là cơ chế ảnh hưởng cơ bản đến hiệu quả xử lý của thiết bị vì có tác động đến quá trình lên men, chống tắc nghẽn và tạo điều kiện thuận tiện cho dòng chảy.

Các yếu tố khác bao gồm : Khởi động thiết bị và tổn thương khi nạp, cần lưu ý các vấn đề như hỗ trợ cho VSV phát triển và sự tích lũy của sinh khối để thúc đẩy quá trình lên men. Một số yếu tố có thể làm tổn thương cho hệ thống như tốc độ nạp hữu cơ, thuỷ lực, nhiệt độ hoặc pH. Trong đó yếu tố nhiệt độ được coi là yếu tố thiết bị này chịu đựng được tốt nhất

3. Nguyên lý hoạt động của thiết bị

Nguyên tắc cơ bản của thiết bị là sự kết hợp giữa sự phân huỷ các chất hữu cơ có trong chất nền với việc lưu giữ bùn hoạt tính. Vì thế thiết bị được thiết kế trên nguyên lý của bể KSH nắp cố định hình ống có lớp lọc cố định.

Thiết bị gồm 6 bộ phận như Hình 2.



- 1- Ống lối vào
- 2- Bể phân huỷ
- 3- Lớp lọc
- 4- Ống lấy khí
- 5- Ống lối ra
- 6- Bể điều áp

Hình 2 - Cấu tạo của bể khí sinh học hình ống có màng lọc sinh học

Một giá thể cố định gắn các hạt cầu bằng nhựa với độ rỗng 30-35% được sử dụng để VSV bám dính sinh trưởng và phát triển trên đó. Màng lọc chỉ giữ lại sinh khối rắn còn dịch lỏng chỉ lưu một thời gian ngắn và bị đẩy ra ngoài. Công trình vận hành càng lâu, sinh khối càng được tích tụ nhiều và chiều dày lớp màng tăng lên, quá

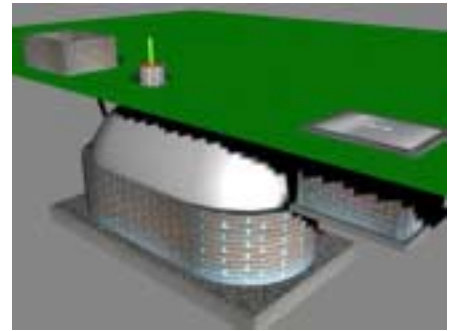
trình đồng hóa chất hữu cơ xảy ra trước khi chúng tiếp xúc với vi sinh vật gần bề mặt vật liệu lọc. Kết quả là vi sinh vật ở đây bị phân hủy nội bào, không còn khả năng dính bám lên bề mặt vật liệu lọc, và bị rửa trôi. Đó là nguyên lý hoạt động của lớp lọc sinh học trong các thiết bị dòng chảy ngang, được áp dụng trong thiết kế đối với trường hợp thiết bị KSH hình ống dòng chảy đều (plug-flow).

4. Giải pháp kết cấu và khả năng chịu tải của thiết bị

Thiết bị KSH hình ống là một thiết bị nắp cố định có kết cấu khối xây gạch và bê tông cốt thép, gồm 2 phần chính:

- Phần đáy móng bể và thân bể của bể phân huỷ và
- Phần vòm chứa khí.

Phần chứa khí được xây dạng vòm, đây là dạng chịu lực nén từ phía ngoài vào tốt nhưng chịu lực đẩy từ phía trong ra yếu. Để đảm bảo kín khí, vòm bê được trát nhiều lớp mỏng và lớp trong cùng của vòm bê được quét một lớp chống thấm chuyên dụng.



Hình 3 – Kết cấu của công trình



Hình 4 – Mất hình tổng thể

Phần tính toán thiết kế bể tuân thủ các quy định hiện hành trong xây dựng

Các thông số tính toán:

- Tốc độ nạp hữu cơ tính theo hàm lượng COD hoặc BOD₅ có trong phân bắc và phân lợn có giá trị tương đương 3-5 kg/m³.ngày.

- Thời gian lưu: 10 ngày.

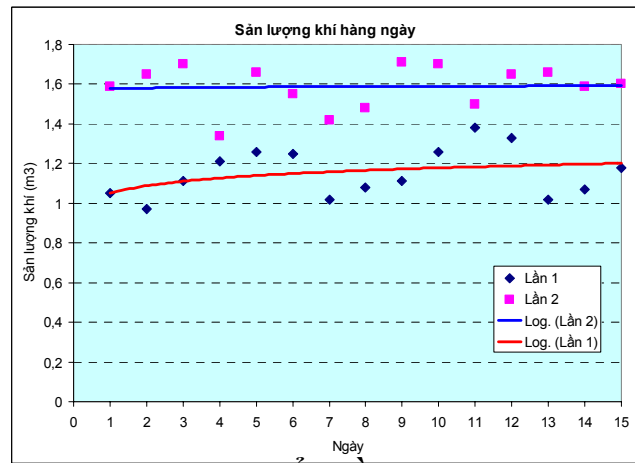
5. Kết quả nghiên cứu về sản lượng khí

- Sau một tháng hoạt động sản lượng khí trung bình hàng ngày của công trình đạt 1,16/1,95 m³ khí, tương đương 60% công suất thiết kế;

- Sau ba tháng sản lượng khí trung bình hàng ngày đã tăng lên đáng kể, đạt 81% công suất thiết kế (1,59/1,95m³);

- Sinh khối bắt đầu tích lũy và hoạt động ổn định khi công trình đạt năng suất trên 70% so với thiết kế, như vậy so với thiết kế công trình bắt đầu đi vào vận hành ổn định từ cuối tháng thứ 2. Với thời tiết và nhiệt độ không khí trung bình luôn đạt trên 20°C, thời gian tích lũy sinh khối vào khoảng 2-3 tháng sau khi đưa công trình vào vận hành;

- So với các công trình khí sinh học đơn giản, có cùng nguyên lý hoạt động thời gian ổn định khi vận hành giảm đi đáng kể từ 6 tháng cho các công trình khí sinh học đơn giản, còn 2 tháng cho các công trình khí sinh học có màng lọc. Thời gian sinh khí đạt hiệu suất so với thiết kế cũng giảm đáng kể từ 4 tháng xuống 3 tháng.



Hình 5 - Biểu đồ đo sản lượng khí hàng ngày

- Áp suất khí của các công trình KSH có màng lọc tương đương các công trình KSH nắp cố định vòm cầu, hoặc bán cầu. Như vậy một công trình KSH có màng lọc cũng giống như các công trình KSH nắp cố định vòm cầu khác có thể vận chuyển khí đi xa và phù hợp để thấp đèn mạng;

- Nguyên liệu đầu vào cho các công trình KSH có màng lọc không đòi hỏi nồng độ cơ chất cao như ở các công trình KSH nắp cố định đơn giản, nhưng sản lượng khí tương đương với những công trình có cùng thể tích.

6. Kết quả phân tích các chỉ tiêu về môi trường

Bảng 1 - Kết quả phân tích các chỉ tiêu môi trường

TT	Chỉ tiêu	Đơn vị	KT1*		Công trình hình ống có màng lọc		QCVN40:2011 - BTNMT	
			Đầu vào	Đầu ra	Đầu vào	Đầu ra	A	B
1	pH	-	6,9	7,3	6,6	8	6-9	5,5-9
2	COD	mg/l	12.329	2465	14.504	348	75	150
3	BOD ₅	mg/l	1100	192	4.400	80	30	50
4	NH ₄ ⁺	mg/l	85	25	102,94	7,35	5	10
5	SS	mg/l	190	64,8	4.010	98	50	100
6	Coliform	MNP/100ml	4x10 ⁶	4,3x10 ⁴	15x10 ⁷	4600	3000	5000

Ghi chú: Mẫu nước thải KT1 – Báo cáo khảo sát đánh giá các loại mô hình KSH quy mô vừa - Dự án KSH cho ngành chăn nuôi Việt Nam, 2010

Các chỉ tiêu môi trường của nước thải đầu ra đã giảm đáng kể, đặc biệt sau khi qua hệ thống wetland cố định đều đạt tiêu chuẩn quy định ở cột B. Chỉ tiêu này là một bước tiến bộ so với các hệ thống KSH thông thường khác.

7. Hiệu quả của công trình

a) Hiệu quả kinh tế

Kiểu công trình này có hiệu quả kinh tế khi so sánh với các kiểu công trình KSH truyền thống được nêu ra như bảng dưới đây.

Bảng 2 – So sánh kiểu công trình nghiên cứu với công trình KSH nắp cố định bình thường (kiểu KT1)

TT	Thông số	Đơn vị	KT1	TB có màng lọc
1	Tổng đầu tư	VNĐ	22.000.000	17.100.000
2	Tuổi thọ của công trình	Năm	20	20
3	Lợi nhuận thu được	VNĐ	6.048.000	6.048.000
4	Hệ số chiết khấu	%	10	10
5	Thời gian hoàn vốn	năm	3,6	3,0

Ghi chú: Đơn giá xây dựng công trình KSH kiểu KT1 theo báo cáo của “Dự án KSH cho ngành chăn nuôi tỉnh Hoà Bình năm 2012”

b) Hiệu quả về xã hội và môi trường

Công trình KSH hình ống có màng lọc sinh học mang lại cuộc sống văn minh hơn, chất lượng hơn và tiện nghi hơn cho người dân nông thôn; Kiểu này không đòi hỏi ngất nghèo về nồng độ cơ chất, có thể sử dụng các nguồn chất thải khác ngoài phân phù hợp với những gia đình chăn nuôi ít chỉ có 1-2 lợn hoặc những hộ nghèo cũng có thể tiếp cận công nghệ.



Hiệu quả lớn nhất của công trình chính là góp phần tích cực vào việc giảm phát thải khí nhà kính.

8. Kết luận

- Công trình KSH hình ống có màng lọc sinh học là một thiết bị KSH hoạt động theo nguyên lý của thiết bị lọc kỵ khí, đơn dòng nạp, thời gian lưu của nguyên liệu 10-15 ngày tùy thuộc vào loại nguyên liệu nạp và điều kiện nhiệt độ của môi trường;

- Công trình được xây dựng bằng các vật liệu thông thường, lớp lọc là một tấm nhựa phẳng có đính các hạt nhựa tròn với độ rỗng trong lớp lọc là 35%, diện tích lọc $1\text{m}^2/1\text{m}^3$ với độ dày lớp lọc là 0,95m, tốc độ dòng chảy trong lớp lọc là 0,62m/h.

- Chất lượng khí sinh học của công trình: Bằng cảm quan cho thấy chất lượng khí rất tốt, ngọn lửa có màu xanh nhạt, bếp vẫn cháy tốt ở áp suất khá thấp. Thời gian đun nấu lâu hơn so với cùng áp suất của thiết bị thông thường khoảng 15-20%.

- Công trình vận hành ổn định sau 1 tháng và sau 3 tháng sản lượng khí đạt 80% so với thiết kế trong điều kiện vận hành thuận tiện, nhiệt độ môi trường luôn đạt như thiết kế.

- Vốn đầu tư cho mô hình chấp nhận được với các hộ dân có mức thu nhập trung bình. Thời gian thu hồi vốn là 3 năm. Công nghệ này rất thân thiện với môi trường.

- Công nghệ ở quy mô nhỏ 2-4m³ phù hợp với những hộ chăn nuôi ít và có thu nhập thấp, chỉ sản xuất KSH cho mục đích đun nấu và thắp sáng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Anaerobic Plug-flow Reactor for Biogas Production from Cowdung, Phạm Quang Khải, Luận văn Thạc sỹ kỹ thuật, Viện Kỹ thuật Châu Á, 1984;
2. Anaerobic filter performance at different conditions;
3. Công nghệ KSH chuyên khảo, Nguyễn Quang Khải và Nguyễn Gia Lượng;
4. Decentralised wastewater treatment in developing countries, Ludwig Sasse, 1998;
5. Design of Ideal Plug Flow Reactors (PFRs) operated at Steady State under Isothermal Conditions, CP 303 set #4 (January to May, 2012), www.rshanthini.com/tmp/CP303/set4.pdf;
6. Khảo sát đánh giá các mô hình KSH quy mô nông hộ, Văn phòng dự án KSH, 2010
7. Khảo sát đánh giá các mô hình KSH quy mô vừa, Văn phòng dự án KSH, 2010
8. Lọc sinh học- hướng sử dụng trong sản xuất giống và nuôi tôm. NXB Nông nghiệp T/p Hồ Chí Minh, Nguyễn Việt Thắng. 1996.
9. Phát triển thị trường công trình KSH hình ống quy mô vừa, Viện Năng lượng, 2011;
10. QCVN 24: 2009/BTNMT - QUY CHUẨN KỸ THUẬT QUỐC GIA VỀ NƯỚC THẢI CÔNG NGHIỆP, National Technical Regulation on Industrial Wastewater;
11. Xử lý nước thải bằng phương pháp sinh học, Đại học Xây dựng Hà Nội;
12. TCXDVN 356:2005. Kết cấu bê tông và bê tông cốt thép. Tiêu chuẩn thiết kế
13. TCXDVN 45:78. Kết cấu nền và móng
14. TCXDVN 2737:1995. Tải trọng và tác động