



DOI:10.22144/ctu.jvn.2023.113

GIẢM THIỂU MÙI HÔI BẰNG CÔNG NGHỆ LỌC SINH HỌC

Nguyễn Trường Thành, Phạm Văn Toàn và Kim Lavane*

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

*Người chịu trách nhiệm về bài viết: Kim Lavane (email: klavane@ctu.edu.vn)

Thông tin chung:

Ngày nhận bài: 04/01/2023

Ngày nhận bài sửa: 01/02/2023

Ngày duyệt đăng: 21/02/2023

Title:

Minimizing odor by biofilter technology

Từ khóa:

Bão hòa, hiệu suất xử lý, lọc sinh học, mùi hôi, vật liệu đệm

Keywords:

Biofilter, buffer material, odor, saturation, treatment efficiency

ABSTRACT

This study evaluated the treatment performance of three types of buffer materials in a biofilter system to control odor-causing gases. The anaerobic decomposition of protein-rich organic compounds from fish raw materials and organic waste produces odors. The biofilter adsorbs odorous gases onto a biofilm and is biodegraded by microorganisms into simpler, less toxic compounds. Odor removal efficiency results in about 91-98% for ammonia gas (NH_3), from 85% to 95% for hydrogen sulfide (H_2S), from 78% to 100% for carbon monoxide (CO), and about 80% for carbon dioxide (CO_2) gas. Compost buffer materials with coconut fiber particles have a slower adsorption time to saturation after 45 minutes than compost and compost with activated carbon after 35 minutes, respectively. Biofilter system can handle a wide spectrum of odor-causing gases and is environmentally friendly.

TÓM TẮT

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá hiệu suất xử lý của 3 loại vật liệu đệm trong hệ thống lọc sinh học đối với việc kiểm soát các loại khí dễ gây mùi. Mùi hôi được tạo ra bằng cách phân hủy yếm khí các hợp chất hữu cơ giàu protein từ nguyên liệu cá và rác thải. Bộ lọc sinh học hấp phụ các khí có mùi vào một màng sinh học và được phân hủy sinh học bởi vi sinh vật thành các hợp chất đơn giản và ít độc hơn. Hệ thống lọc sinh học có hiệu suất loại bỏ mùi khoảng 91-98% đối với khí ammonia (NH_3), từ 85% đến 95% đối với khí hydro sunfua (H_2S), từ 78% đến 100% đối với khí CO và khoảng 80% đối với khí CO_2 . Vật liệu đệm compost với mụn xơ dừa có thời gian hấp phụ đạt trạng thái bão hòa sau 45 phút chậm hơn vật liệu đệm compost và compost với than hoạt tính, lần lượt sau 35 phút. Hệ thống lọc sinh học có khả năng xử lý phổ rộng các loại khí gây mùi và thân thiện với môi trường.

1. GIỚI THIỆU

Ô nhiễm không khí, trong đó ô nhiễm về mùi là một mối quan tâm lớn vì tác động xấu không những đối với sức khỏe con người mà còn đến chất lượng không khí xung quanh vì khả năng phát tán rất rộng của nó (Phượng & Sơn, 2016). Mùi được định nghĩa là một kích thích sinh lý với sự hiện diện của các

phân tử cụ thể khác nhau đối với tế bào khứu giác của con người với các điều kiện môi trường chẳng hạn như nhiệt độ, áp suất và độ ẩm (Rappert & Muller, 2005). Có nhiều chất gây mùi như amin (mùi tanh của cá); ammonia (mùi nước tiểu); diamine (mùi cá thối rửa); hydro sunfua (mùi trứng thối); hợp chất hữu cơ chứa nitơ và lưu huỳnh (mùi bắp cải thối). Mùi hôi thường liên quan đến phát thải khí

thải như từ công nghiệp chế biến thực phẩm, sữa, dược phẩm, chế biến cao su, giấy và bột giấy, dệt may, lọc dầu, sơn hoàn thiện, hóa chất, sản xuất thức ăn chăn nuôi, sản xuất phân trộn, các cơ sở xử lý nước thải, bãi thải chất thải rắn, cơ sở xử lý chất thải (Rappert & Muller, 2005), trang trại nuôi động vật (Van Groenestijn & Hesselink, 1993; Leonardos, 1996; Henshaw et al., 2006). Trong đó, chúng chứa các hợp chất lưu huỳnh, nitơ và axit béo chuỗi ngắn (Chung et al., 2007) và các loại khí có mùi đáng kể nhất là hợp chất ammoniac và lưu huỳnh bao gồm hydro sunfua (H_2S) và mercaptans (Burgess et al., 2001).

Khi con người tiếp xúc trực tiếp hay buộc phải sống trong môi trường ô nhiễm, đường hô hấp sẽ bị ảnh hưởng theo từng cấp độ. Các cấp độ này được đo lường theo lượng thời gian tiếp xúc và mức độ chịu đựng của cơ thể trước mùi hôi thối (Mai & Anh, 2018). Sự tiếp xúc kéo dài của con người với mùi hôi có thể gây ra các phản ứng không mong muốn, từ căng thẳng cảm xúc chẳng hạn như trạng thái lo lắng, khó chịu hoặc trầm cảm với các triệu chứng thực thể như kích ứng mắt, nhức đầu, vấn đề về hô hấp, buồn nôn hoặc nôn (Sironi et al., 2010).

Có nhiều phương pháp xử lý mùi như oxy hóa nhiệt, oxy hóa xúc tác, ozon hóa, ngưng tụ, hấp phụ, hấp thụ, lọc sinh học, lọc sinh học nhỏ giọt, hấp thụ sinh học (Burgess et al., 2001). Nhìn chung, công nghệ xử lý mùi có thể được phân thành ba loại như công nghệ sử dụng hóa học, vật lý và sinh học (Barbusinski et al., 2017). So với các công nghệ khác, công nghệ sinh học có giá thành rẻ nhất (Kennes & Thalasso, 1998) với chi phí thấp và thân thiện với môi trường (Estrada et al., 2011).

Các nghiên cứu về lọc sinh học với các vật liệu đệm và các vi sinh vật khác nhau đang được tập trung ứng dụng vào công nghiệp nhiều nhất ở Châu Âu và Nhật Bản (Soccol et al., 2003). Hệ thống lọc sinh học bao gồm hồ và kín (Kennes & Veiga, 2001) với ưu điểm là có chi phí đầu tư và vận hành thấp, không có dòng chất thải thứ cấp, giảm áp suất thấp và phù hợp để xử lý khối lượng lớn chất tạo mùi có nồng độ thấp (Burgess et al., 2001; Mudliar et al., 2010), thời gian tồn tại của khí lâu (Kennes & Thalasso, 1998), hệ số phân vùng không khí/nước lên đến 10, thời gian lưu trú của khí từ 30-60 giây và diện tích bề mặt hoạt động của lớp lọc 300-1.000 (m^2/m^3) (Smet & van Langenhove, 1998). Tuy nhiên, nhược điểm của hệ thống này là khó kiểm soát độ ẩm và độ pH, hiệu quả xử lý các chất ô nhiễm có nồng độ cao thấp, sự sụt lún của vật liệu đệm dẫn

đến thay thế định kỳ và có thể bị tắc nghẽn (Datta & Allen, 2005; Mudliar et al., 2010).

Từ những vấn đề trên cho thấy, ô nhiễm không khí do mùi hôi có khả năng phát tán trên diện rộng và ảnh hưởng đến sức khỏe con người. Nghiên cứu này được thực hiện bằng cách sử dụng công nghệ lọc sinh học với nguồn vi sinh vật tự nhiên từ phân compost trên 3 loại vật liệu đệm (compost, compost – than hoạt tính và compost – mụn xơ dừa) để hấp phụ hỗn hợp khí thải được tạo ra từ quá trình lên men yếm khí của các chất thải hữu cơ (khí gây mùi hôi như NH_3 , H_2S và các khí khác như CO , CO_2) trên bề mặt vật liệu đệm và được các vi sinh vật sử dụng như là nguồn cơ chất cho sự sinh trưởng và phát triển trên mô hình xử lý quy mô phòng thí nghiệm. Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm đánh giá hiệu suất giảm thiểu các chất gây mùi hoặc gây ngạt trong không khí của 3 loại vật liệu đệm trên cơ sở tận dụng nguồn vi sinh vật tự nhiên từ phân compost và nguồn nguyên liệu có thể làm vật liệu đệm trong công nghệ lọc sinh học nhằm đóng góp thêm một loại giá thể mới.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Hỗn hợp mùi nhân tạo

Các khí H_2S , NH_3 , CO và CO_2 được tạo ra bằng cách lên men yếm khí hỗn hợp cá (nguyên con và nội tạng) với rác thải hữu cơ được thu thập trong khoảng thời gian từ 10 đến 11 giờ tại chợ Xuân Khánh (phường Xuân Khánh, quận Ninh Kiều, thành phố Cần Thơ). Hỗn hợp nguyên liệu (khoảng 100 kg, chiếm 80% thùng ủ) được trộn đều và ủ yếm khí trong thùng (120 lít). Hỗn hợp khí có mùi sinh ra từ thùng ủ được chứa trong túi chứa khí (túi nhựa PE) có dung tích khoảng 2,5 m^3 có van khóa. Thành phần khí sinh ra được kiểm tra đủ thành phần gây mùi (H_2S và NH_3) và các khí khác (CO và CO_2). Đặc trưng của quá trình lên men yếm khí là có nồng độ đủ lớn so với QCVN 06: 2009/BTNMT (Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về một số chất độc hại trong không khí xung quanh) trước khi thí nghiệm (Hình 1b).

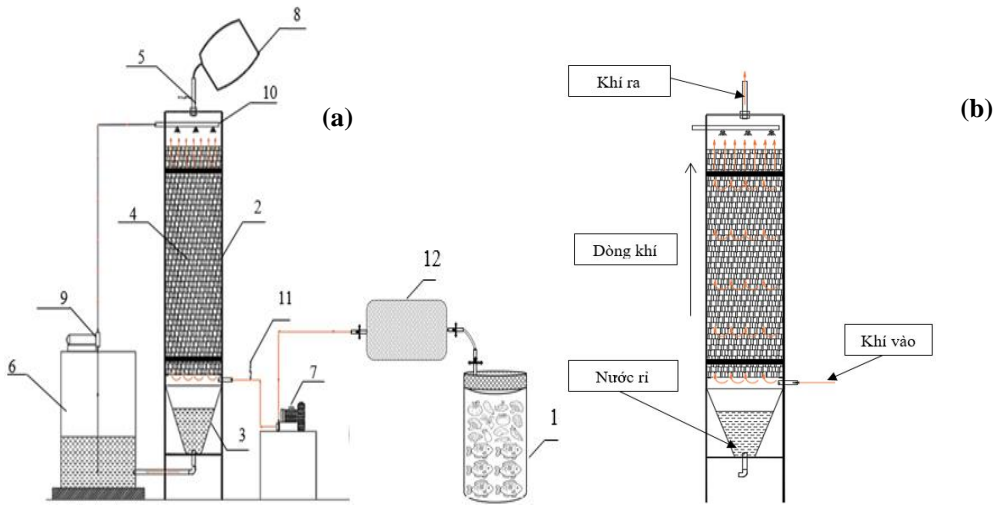
2.2. Mô hình xử lý

Từ Hình 1a, hỗn hợp khí có mùi hôi được sinh ra từ thùng ủ (1) đi vào túi chứa (12) được máy bơm (7) hút thổi vào cột lọc sinh học (2) qua ống phân phối (11) vào phễu (3), dòng khí được phân phối theo chiều từ dưới đáy cột lên trên, đi qua lớp vật liệu đệm (4) và dẫn qua ống khí đầu ra (5) vào túi chứa khí sau xử lý (8). Hệ thống phun sương (10) được máy bơm (9) đưa nước hoàn lưu từ thùng chứa

(6) lên phân phối bên trên lớp vật liệu đệm nhằm duy trì ẩm độ.

Từ Hình 1b, bước đầu tiên của quá trình lọc sinh học là chuyển chất ô nhiễm từ pha khí sang pha lỏng với giả định rằng chất khí và chất lỏng ở trạng thái cân bằng (Singh et al., 2005). Bước thứ hai là phân hủy sinh học bởi màng sinh học, tức là vi sinh vật phát triển trên bề mặt của vật liệu nền và thực hiện quá trình trao đổi chất, các hoạt động biến đổi chất ô nhiễm thành các sản phẩm vô hại diễn ra tại vật liệu đệm của bộ lọc sinh học (Devinny et al., 1999; Delhomenie & Heitz, 2005). Dòng khí chứa các chất gây mùi đi qua các khe rỗng, lớp vật liệu đệm tiếp xúc với các chất ô nhiễm và chuyển hóa từ pha khí

sang pha lỏng (phụ thuộc vào nồng độ các chất ô nhiễm, sự chuyển hóa bề mặt và hệ số chuyển hóa sinh khối). Trong pha lỏng, các chất ô nhiễm sẽ bị chuyển hóa với sự tham gia của vi sinh vật trong bề lọc sinh học (sự chuyển hóa xảy ra dưới dạng phản ứng oxy hóa khử). Các vi sinh vật bám trên lớp vật liệu sẽ phân hủy các chất ô nhiễm trong không khí (như là nguồn cơ chất cho sự sinh trưởng và phát triển của vi sinh vật). Quá trình chuyển hóa sinh học biến đổi các chất ô nhiễm thành sinh khối (sản phẩm của quá trình trao đổi chất). Sinh khối vi sinh vật bị bong tróc trong bộ lọc sinh học theo dòng nước rỉ được tuần hoàn trở lại để cung cấp dinh dưỡng cho vi sinh vật tiếp theo.



Hình 1. Hệ thống lọc sinh học (a) và sự di chuyển dòng khí trong hệ thống lọc sinh học (b)

Chú thích: 1. Thùng ủ nguyên liệu; 2. Thân bộ lọc sinh học; 3. Phễu thu nước làm ẩm, 4. Lớp vật liệu đệm và giá đỡ; 5. Ống dẫn khí đầu ra; 6. Bể chứa nước hoàn lưu; 7. Quạt thổi khí; 8. Tủ chứa khí sau xử lý; 9. Máy bơm hoàn lưu; 10. Hệ thống phun sương; 11. Nhiệt kế; 12. Tủ chứa khí đầu vào.

2.3. Vật liệu đệm

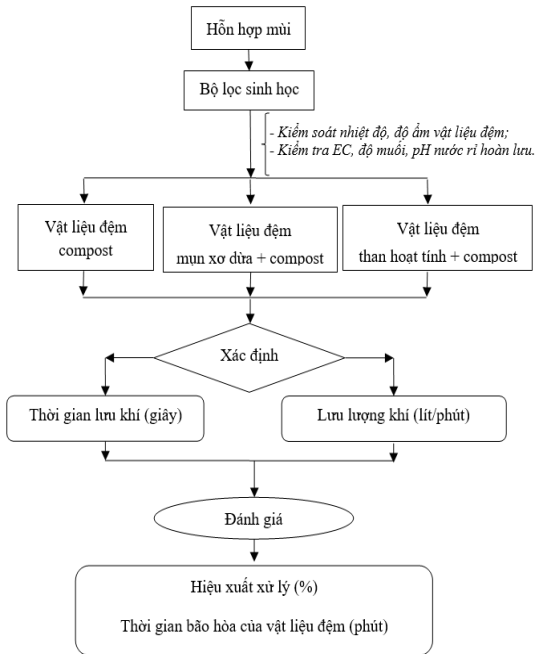
Phân compost hoại mục được thu từ bãi rác Tân Long, huyện Phụng Hiệp, tỉnh Hậu Giang, được sàng với kích thước 5 mm để tạo độ đồng nhất hạt, quần thể vi sinh vật trong compost là phong phú, và không bổ sung thêm vi sinh vật. Than hoạt tính thương mại trên thị trường dạng hạt được trộn đều với phân compost nhằm bổ sung thêm vi sinh vật. Mụn xơ dừa được tiền xử lý để loại bỏ tannin, lignin trước khi sử dụng bằng cách ngâm mụn xơ dừa với dung dịch NaOH 5% trong 24 giờ có khuấy đảo và lọc rửa nhiều lần cho đến khi nước rửa có màu rất nhạt hoặc không còn màu (pH~7), sau đó phơi khô (Nguyệt & Cường, 2020). Chiều cao lớp vật liệu đệm (H) chọn 1 m, thông thường 1-1,5 m hoặc hơn (Knauf & Zimmer, 1994; Thành, 2011). Nghiên cứu này sử dụng 3 loại vật liệu đệm như sau: 100% phân

compost (15 kg), hỗn hợp compost (1,5 kg, chiếm 10%) với than hoạt tính (13,5 kg, chiếm 85%), và hỗn hợp compost (1,5 kg, chiếm 10%) với mụn xơ dừa (13,5 kg, chiếm 85%). Hỗn hợp phân compost được trộn đều với mụn xơ dừa, với than hoạt tính trước khi cho vào cột lọc sinh học, nhằm phân tán các vi sinh vật phủ khắp vật liệu lọc. Một số nghiên cứu trước đây cho thấy, vật liệu đệm phân compost được sử dụng để xử lý chất ô nhiễm H₂S (Wongwutthi & Limpaseni, 2012), NH₃ (Pagans et al., 2005), hỗn hợp vật liệu đệm compost – than hoạt tính xử lý NH₃ (Liang et al., 2000) và hỗn hợp vật liệu đệm vô cây – compost xử lý H₂S (Jaber et al., 2014).

2.3. Sơ đồ nghiên cứu

Từ Hình 2, trước tiên, khí thể tích hỗn hợp khí thải gây mùi (H₂S và NH₃) và gây ngạt (CO và CO₂)

sinh ra từ thùng ù được chứa đầy trong túi trữ (2,5 m³) thì tiến hành thí nghiệm xác định thời gian lưu khí (giây) trong bộ lọc sinh học và hiệu suất xử lý (%) bằng cách chiết tách một thể tích khí nhất định vào túi nhôm có dung tích 20 lít, một túi nhôm rỗng khác cùng thể tích nối vào đầu ra của cột lọc sinh học (Hình 1b). Bơm được dùng để hút thổi khí qua cột lọc cho đến khi hết thể tích khí trong túi nhôm với khoảng thời gian đo được (giây) bằng đồng hồ bấm giây. Thể tích khí (lít) được xác định bằng đồng hồ Ritter (Đức, sai số 0,2 mL) và nhiệt độ dòng khí bằng nhiệt kế thủy ngân (Trung Quốc) ứng với thời gian lưu khí (giây) như trên. Từ đó, lưu lượng khí (lít/giây) được tính. Nồng độ các loại khí gây mùi ở đầu vào và đầu ra được xác định bằng máy GA5000 (Geotech, Anh), lặp lại quá trình trên tương tự 10 lần.



Hình 2. Sơ đồ nghiên cứu

Tiếp theo, thí nghiệm xác định thời gian bão hòa và hiệu suất xử lý ở thời điểm đạt trạng thái bão hòa của vật liệu đệm bằng cách bơm hút thể tích khí từ túi trữ (12) (khí này đã khóa van từ thùng ù (1) vào túi trữ) như Hình 1a, liên tục đi qua lớp vật liệu đệm, một túi nhôm rỗng (20 lít) đặt ở đầu ra mô hình để chứa khí sau xử lý. Sau 5 phút, túi chứa khí đầu ra được lấy để đo nồng độ các khí còn lại bằng máy GA5000 (Geotech, Anh). Các bước sẽ được tiến hành như vậy cho đến khi xác định được thời gian bão hòa của vật liệu đệm (phút), là thời điểm mà vật liệu đệm cho nồng độ khí đầu ra có dấu hiệu cân

bằng hoặc tăng lên. Từ đó, hiệu suất xử lý sẽ được tính theo công thức sau:

Hiệu suất xử lý:

$$H(\%) = \frac{(x_v - x_r)}{x_v} * 100$$

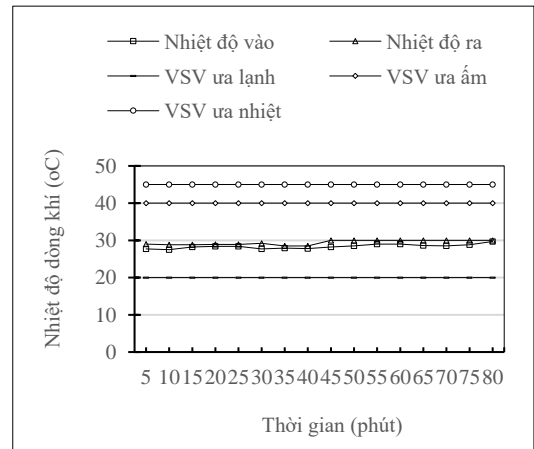
Trong đó, x_v: giá trị khí đầu vào cột lọc

x_r: giá trị khí đầu ra cột lọc

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Các yếu tố ảnh hưởng

Âm độ của vật liệu đệm đạt 74,3%, trong quá trình vận hành âm độ này sẽ bị mất đi dưới dạng hơi nước thoát ra theo dòng khí đầu ra, phần còn lại nếu vượt quá khả năng giữ ẩm của vật liệu đệm thì sẽ đi vào phần chứa phía dưới mô hình. Lượng ẩm độ trong vật liệu đệm được duy trì trong khoảng 60-70% nhờ hệ thống bơm hoàn lưu thông qua bộ bec phân phối nước dưới dạng phun sương, nhằm luôn tạo cho vật liệu đệm đủ ẩm độ để duy trì khả năng khuếch tán của pha khí vào pha lỏng để cung cấp dinh dưỡng cho vi sinh vật phát triển. Tuy nhiên, độ ẩm quá cao có thể dẫn đến sự hình thành các vùng bị giới hạn khuếch tán, tạo điều kiện yếm khí hoặc tăng giảm áp suất (Kennes & Thalasso, 1998). Ngược lại, độ ẩm quá thấp làm vật liệu đệm bị khô, có thể bị nứt gãy và đoạn mạch của dòng khí. Ngoài ra, vi sinh vật cũng bị mất nước, gây ra giảm tốc độ phân hủy sinh học (Datta & Allen, 2005).



Hình 3. Nhiệt độ dòng khí

Các thông số của nước tạo ẩm như pH, độ dẫn điện, độ muối cho thấy pH đạt 8,52, giá trị này cao hơn khoảng trung tính khá nhiều. Do vật liệu đệm hấp phụ giữ NH₃ trên bề mặt làm cho giá trị pH có tăng so với khoảng trung tính. Tuy nhiên, giá trị này cũng không nằm ngoài khoảng chịu đựng của vi sinh

vật (pH từ 5 đến 9). Độ muối đạt 3‰ không gây bất lợi cho vi sinh vật trong hệ thống lọc sinh học. Ngược lại, giá trị độ dẫn điện (EC) khá cao (5,58 mS/cm) cho thấy các chất điện giải có trong nước tạo ẩm khá nhiều, bao gồm các chất mang điện tích âm và điện tích dương.

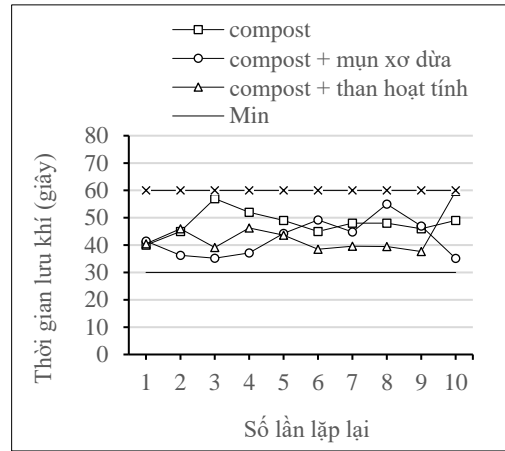
Hình 3 cho thấy nhiệt độ dòng khí đầu vào hệ thống lọc sinh học dao động 23,8-27,8 °C, sau khi qua hệ thống, nhiệt độ dòng khí đầu ra 24-29,2 °C. Nhiệt độ này thích hợp cho các vi sinh vật ưa ấm, nằm trong phạm vi thích hợp của nhiệt độ được khuyến nghị cho lọc sinh học 15-40 °C vì phạm vi nhiệt độ này ngăn ngừa vi sinh vật bị sốc nhiệt (Leson & Winter, 1991; Bohn, 1992). Theo McNevin and Barford (2000) có ba khoảng nhiệt độ mà vi sinh vật phát triển tốt nhất: dưới 20 °C (ưa lạnh); từ 20 °C đến 40 °C (ưa ấm) và trên 45 °C (ưa nhiệt). Một số nghiên cứu cho thấy, đối với một số vi sinh vật, hiệu quả loại bỏ chất ô nhiễm bị giảm khi nhiệt độ của dòng khí đầu vào tăng. Đối với vật liệu đệm phân compost, hiệu suất loại bỏ giảm từ 95% xuống 85% khi nhiệt độ tăng từ 40 °C đến 55 °C và đối với dăm gỗ, hiệu suất giảm từ 80% xuống 70% khi nhiệt độ tăng từ 35 °C đến 50 °C (Knauf & Zimmer, 1994). Một nghiên cứu khác cho thấy vi khuẩn oxy hóa hydro sunfua hoạt động mạnh nhất trong khoảng nhiệt độ từ 25 °C đến 50 °C (Brennan et al., 1996).

3.2. Thời gian lưu khí

Qua 10 lần lặp lại xác định thời gian lưu khí của các vật liệu đệm như Hình 4. Thời gian lưu khí khác nhau giữa các lần lặp lại và khác nhau giữa các vật liệu đệm. Đối với vật liệu đệm hoàn toàn compost có thời gian lưu khí từ 40 đến 57 giây, trung bình 47,90±4,53 giây, vật liệu đệm mụn xơ dừa với compost dao động từ 35,12 đến 54,99 giây, trung bình 42,54±6,72 giây và vật liệu đệm than hoạt tính với compost dao động từ 37,64 đến 59,67 giây, trung bình 43,04±6,6 giây.

Kết quả Hình 4 cho thấy, vật liệu đệm compost có kích thước hạt mịn, khả năng ngậm nước lớn làm cho độ rỗng lớp vật liệu nhỏ, chính vì thế dòng khí xuyên qua lớp vật liệu chậm dẫn đến thời gian lưu khí lâu hơn hai vật liệu còn lại. Đối với vật liệu đệm là mụn xơ dừa với compost và than hoạt tính với compost có cấu trúc dạng hạt thô nên độ xốp của nguyên liệu lớn, độ rỗng lớp vật liệu cao nên dòng khí lưu thông dễ dàng làm cho thời gian tồn lưu thấp hơn vật liệu compost. Tuy nhiên, thời gian lưu khí đều nằm trong khoảng thời gian thích hợp từ 30 đến 60 giây (Smet & van Langenhove, 1998). Khi thời gian lưu khí thấp các chất gây mùi không đủ thời

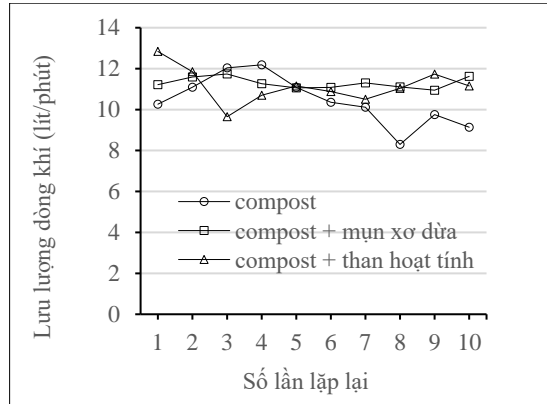
gian hòa tan vào nước và khuếch tán đến bề mặt vật liệu đệm. Khi thời gian lưu khí dài vật liệu đệm có thể bị nén lại gây tắc nghẽn và khó khăn trong việc thông khí.



Hình 4. Thời gian lưu khí

3.3. Lưu lượng khí

Hình 5 cho thấy lưu lượng khí đi qua các vật liệu đệm tỷ lệ nghịch với thời gian lưu khí, lưu lượng khí khác nhau giữa các lần lặp lại và khác nhau giữa các vật liệu đệm. Đối với vật liệu đệm chỉ có compost có lưu lượng khí đi qua nhỏ nhất từ 8,3 đến 12,9 lít/phút (trung bình 10,43±1,22 lít/phút), vật liệu đệm mụn xơ dừa với compost dao động từ 10,95-11,74 lít/phút (trung bình 11,29±0,27 lít/phút) và vật liệu đệm than hoạt tính với compost dao động từ 9,65-12,84 lít/phút (trung bình 11,15±0,86 lít/phút).



Hình 5. Lưu lượng dòng khí

Vật liệu đệm compost có độ rỗng nhỏ nên lưu lượng khí lưu thông qua lớp vật liệu bị chậm, điều này giúp chuyển chất ô nhiễm từ pha khí sang pha lỏng dễ dàng hơn, trong khi vật liệu đệm compost với mụn xơ dừa và vật liệu đệm compost với than hoạt tính thì lưu lượng lớn hơn. Sự sụt giảm áp suất

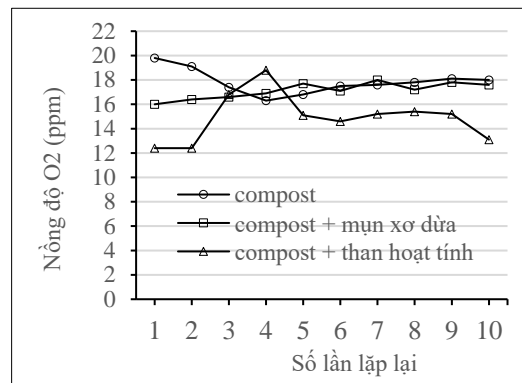
dòng khí thấp là đặc trưng của tất cả vật liệu lọc trong giai đoạn khởi động. Vấn đề cản trở dòng khí lưu thông có thể xuất hiện sau đó và phụ thuộc vào nhiều thông số, chẳng hạn như bản chất và đặc điểm của vật liệu lọc và sự phát triển của màng sinh học (Kennes & Veiga, 2001). Ngoài ra, ở một tốc độ dòng khí nhất định, sự giảm áp suất tăng lên theo cấp số nhân với sự gia tăng màng sinh học, khối lượng và kích thước hạt giảm dần, đặc biệt là đối với các hạt nhỏ hơn 1 mm (Morgan et al., 2003).

3.4. Mức oxy trong dòng khí

Qua 10 lần lặp lại để xác định hiệu suất xử lý của các vật liệu đệm, mức oxy trong dòng khí để duy trì hoạt động cho các vi sinh vật được thể hiện ở Hình 6. Qua Hình 6, mức oxy của từng vật liệu đệm khác nhau ở mỗi lần lặp lại. Trong đó, vật liệu đệm compost có nồng độ oxy trung bình ở mức $17,84 \pm 1,02\%$, vật liệu đệm compost với mụn xơ dừa có nồng độ oxy trung bình ở mức $17,13 \pm 0,66\%$ và vật liệu đệm compost với than hoạt tính có mức oxy trung bình là $14,90 \pm 1,98\%$. Nồng độ oxy đóng một vai trò rất quan trọng trong vận hành một hệ thống lọc sinh học. Các vi sinh vật hiếu khí chiếm ưu thế được sử dụng trong lọc sinh học cần oxy cho quá trình trao đổi chất của chúng. Vi khuẩn dị dưỡng hiếu khí hiện diện trong các lớp vật liệu lọc cần ít nhất 5–15% oxy trong dòng khí đầu vào để tồn tại (Dharmavaram, 1991). Tuy nhiên, một số nghiên cứu về việc sử dụng nồng độ oxy cao để cải thiện hiệu suất của hệ thống lọc sinh học đã chứng minh rằng nồng độ oxy quá mức đã ức chế sự phát triển của màng sinh học (Shareefdeen et al., 1997).

Theo Soccol et al. (2003) cho rằng các hoạt động trao đổi chất của các loại vi sinh vật (các vi khuẩn hoặc nấm thuần khiết, quần thể vi sinh vật hỗn hợp, vi sinh vật được phân lập và làm giàu hoặc nuôi cấy) bị ảnh hưởng bởi các điều kiện bên ngoài đến hoạt động của chúng và sự giải phóng vi sinh vật được hình thành trên bộ lọc sinh học. Ước tính rằng quần thể vi sinh vật trong bộ lọc sinh học có đến 1 tỷ vi sinh vật trên 1 gam chất nền (Bohn, 1992). Thành phần của quần thể vi sinh vật và sự tồn tại của nó phụ thuộc vào các điều kiện vật lý và hóa học trong việc sắp xếp các vật liệu đệm và trong pha khí (Van Groenestijn & Hesselink, 1993). Ban đầu, vi sinh vật cần thời gian để thích nghi, sau sự phát triển, vi sinh vật hoạt động mạnh và có thể giảm xuống một vài ngày (Datta & Allen, 2005). Hầu hết các vi sinh vật được tìm thấy trong vật liệu đệm của hệ thống lọc sinh học là trực khuẩn hiếu khí hay yếm khí tùy nghi và hình thức nội bào tử, và đôi khi là vi khuẩn gram âm dị dưỡng, không lên men, linh hoạt về dinh

dưỡng, không quang hợp hoặc cố định nitrogen (Van Groenestijn & Hesselink, 1993). Xạ khuẩn chủ yếu là *Streptomyces spp.*, nấm men và nấm ít hơn, mặc dù việc loại bỏ các hợp chất lưu huỳnh, chẳng hạn như hydro sulfua, methanethiol và dimethyl sulfide do nấm, đôi khi mang lại tỷ lệ phân hủy sinh học cao hơn với vi khuẩn (Phae & Shoda, 1991). Hầu hết các loại nấm thuộc bộ *Mucorales* (*Mortierella* và *Rhizopus*) và *Deuteromycetes* (*Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Trichoderma*, *Alternaria* và *Botrytis*) (Van Groenestijn & Hesselink, 1993).



Hình 6. Nồng độ oxy trong dòng khí

3.5. Thời gian bão hòa

Hình 7 cho thấy thời gian bão hòa của các vật liệu đệm đối với từng loại khí khác nhau. Nhìn chung, vật liệu đệm compost với than hoạt tính (Hình 7a) và vật liệu đệm compost (Hình 7c) có thời gian bão hòa đối với 4 loại khí gần như nhau, vào thời gian khoảng 35 phút thì vật liệu đệm gần như không khuếch tán thêm các chất khí gây mùi nữa.

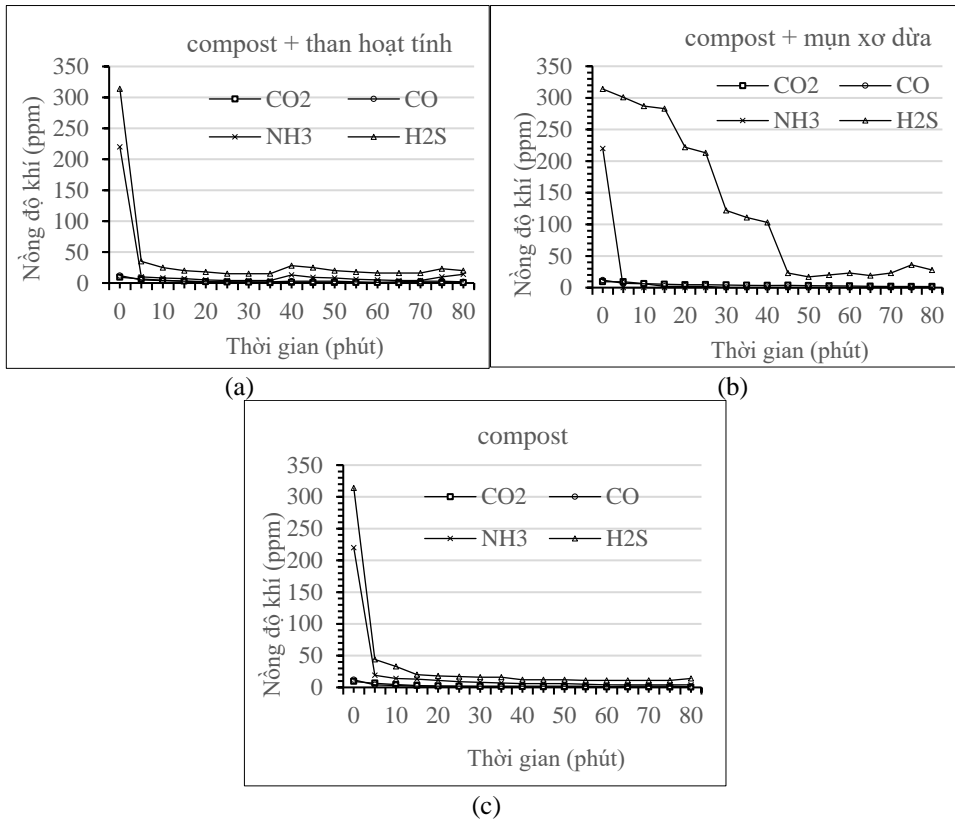
Kết quả cho thấy, ở thời điểm vật liệu đệm bão hòa thì nồng độ đầu ra của các khí có xu hướng tăng lên hoặc không đổi, điều đó cho thấy khả năng hấp phụ của vật liệu đệm không còn tiếp tục nữa.

Đối với vật liệu đệm compost với mụn xơ dừa có thời gian bão hòa ở thời điểm khoảng 45 phút, sau thời điểm này nồng độ đầu ra của các khí có xu hướng tăng lên (Hình 7b). Mặc dù than hoạt tính và mụn xơ dừa đều có cấu trúc thể xốp, nhưng thời gian bão hòa của than hoạt tính nhanh hơn, do than hoạt tính có tính hấp phụ cao hơn mụn xơ dừa.

Qua quá trình triển khai mô hình lọc sinh học để giảm thiểu mùi hôi với ba loại vật liệu đệm cho thấy mỗi loại vật liệu đệm có ưu điểm khác nhau. Nhìn chung, cấu trúc và độ xốp của mỗi vật liệu đệm khác nhau nhưng chúng đều cho thời gian lưu khí nằm trong khoảng thích hợp và độ bão hòa khác nhau.

Có nhiều nguyên liệu khác nhau để làm vật liệu đệm trong hệ thống lọc sinh học, với ba loại vật liệu đệm được thực hiện trong nghiên cứu này đều dễ tìm, nhất là đối với nguyên liệu mụn xơ dừa. Đây là một phế phẩm được loại bỏ ra từ quá trình làm sợi chỉ xơ dừa, nếu thải bỏ sẽ gây ô nhiễm môi trường

đáng kể vì chúng là một phế phẩm thứ cấp, nhưng chúng có một đặc tính giữ ẩm cao, cấu trúc xốp và đồng nhất, có thể tận dụng làm giá thể cho màng vi sinh vật trong hệ thống lọc sinh học xử lý mùi hôi. Mụn xơ dừa chứa thành phần cellulose cao, tăng tuổi thọ của lớp vật liệu đệm.

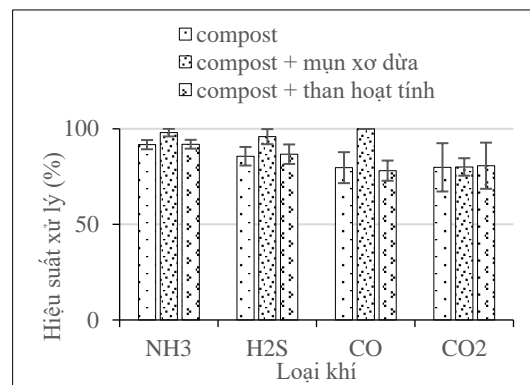


Hình 7. Thời gian bão hòa của các vật liệu đệm compost-than hoạt tính (a); compost-mụn xơ dừa (b) và compost (c)

3.6. Hiệu suất xử lý

Hình 8 thể hiện hiệu suất xử lý trung bình các chất khí gây mùi và khí khác của ba loại vật liệu đệm ở thời gian bão hòa. Hiệu suất xử lý khí NH₃ của các vật liệu đệm dao động từ 91,72 đến 98,02%, trong đó vật liệu compost với mụn xơ dừa cho hiệu suất cao nhất so với vật liệu đệm còn lại với thời gian bão hòa sau 45 phút. Tương tự, hiệu suất xử lý khí H₂S và CO của vật liệu đệm compost với mụn xơ dừa lần lượt là 95% và 100%, hiệu suất này cũng cao hơn vật liệu đệm compost và compost với than hoạt tính. Trong khi đó, vật liệu đệm compost, compost với than hoạt tính cho hiệu suất xử lý khí NH₃, H₂S và CO gần tương đương nhau và bão hòa sau 35 phút. Đáng chú ý, hiệu suất xử lý khí CO₂ của cả 3 vật liệu đệm xấp xỉ nhau, phạm vi từ 79,84 đến 80,69%. Theo Showqi et al. (2016) khoảng 95% hydro

sunfua (H₂S) và 80% ammonia (NH₃) có thể được loại bỏ trong hệ thống lọc sinh học.



Hình 8. Hiệu suất xử lý tại thời điểm bão hòa

Mặc dù, khí NH₃, H₂S, CO, CO₂ đều hòa tan trong nước do hình thành liên kết hydro với phân tử nước nhưng với độ hòa tan khác nhau và phụ thuộc vào nồng độ đầu vào nên hiệu suất xử lý các khí này cũng khác nhau. Chẳng hạn, khả năng hòa tan vào nước ở 20°C của khí NH₃ (khoảng 510 g/kg nước) và khí H₂S (khoảng 400 g/kg nước) cao hơn khí CO (0,028 g/kg nước) và khí CO₂ (khoảng 1,53 g/kg nước) (Mashal, 2023) nhưng hiệu suất xử lý của CO lại cao hơn, do nồng độ khí đầu vào NH₃ và H₂S khá cao. Ngoài ra, mụn xơ dừa có đặc tính hút và giữ ẩm cao, đồng thời cung cấp diện tích bề mặt lớn để hấp phụ các chất ô nhiễm (CESTI, 2013). Điều này tạo cho vật liệu đệm compost với mụn xơ dừa hấp phụ tốt hơn.

4. KẾT LUẬN

Hiệu suất loại bỏ mùi bằng phương pháp lọc sinh học cho hiệu suất khá cao, trên 80% tùy vào mỗi loại khí gây mùi. Thời gian bão hòa khác nhau tùy vào vật liệu đệm, từ 35 đến 45 phút. Trong đó vật liệu đệm mụn xơ dừa với compost có thời gian bão hòa

(sau 45 phút) lâu hơn và hiệu suất xử lý khí NH₃ (98,02%), khí H₂S (95,89%), khí CO (100%) và khí CO₂ (80,04%) cao hơn vật liệu đệm compost và compost với than hoạt tính.

Nghiên cứu này có điểm mới khi đóng góp thêm một loại giá thể mới (mụn xơ dừa – compost). Ngoài ra, nghiên cứu còn đạt được lợi ích kép khi vừa tận dụng được nguyên liệu phụ phẩm (mụn xơ dừa), vừa có thể làm vật liệu đệm trong hệ thống lọc sinh học với các đặc tính đã được nêu ra trong nghiên cứu, có phần nổi trội hơn hai vật liệu đệm còn lại.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin cảm ơn nhóm sinh viên Lê Chí Tuấn, Nguyễn Lê Huỳnh Đức và Nguyễn Minh Khánh đã hỗ trợ bố trí thí nghiệm và phân tích mẫu. Các số liệu trong bài viết được phân tích tại Phòng thí nghiệm Xử lý chất thải rắn và Khí thải của Khoa Môi trường và Tài nguyên Thiên nhiên, Trường Đại học Cần Thơ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Barbusinski, K., Kalemba, K., Kasperczyk, D., Urbaniec, K., & Kozik, V. (2017). Biological methods for odor control – a review. *Journal of Cleaner Production*, 152, 223-241. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.03.093>.
- Jaber, M. B., Anet, B., Amrane, A. & Fillieres, R. (2014). Impact of nutrients supply and pH changes on the elimination of hydrogen sulfide, dimethyl disulfide and ethanethiol by biofiltration. *Chem. Eng. J*, 258, 420-426. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.07.085>.
- Bohn, H. (1992). Considering biofiltration for decontaminating gases. *Chemical Engineering Progress*, 88, 34-40.
- Burgess, J. E., Parsons, S. A. & Stuetz, R. M. (2001). Developments in odour control and waste gas treatment biotechnology: a review. *Biotechnology Advances* 19(1), 35-63. [https://doi.org/10.1016/S0734-9750\(00\)00058-6](https://doi.org/10.1016/S0734-9750(00)00058-6).
- Brennan, B. M., Donlon, M. & Bolton, E. (1996). Peat biofiltration as an odour control technology for sulphur-based odours. *Manage*, 10 (3), 190-198. <https://doi.org/10.1111/j.1747-6593.1996.tb00030.x>.
- CESTI (2013). Công nghệ tận dụng xơ dừa. <https://cesti.gov.vn/bai-viet/khong-gian-cong-nghe/cong-nghe-tan-dung-xo-dua>.
- Chung, Y. C., Ho, K. L. & Tseng, C. P. (2007). Two-stage biofilter for effective NH₃ removal from waste gases containing high concentrations of H₂S. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 57(3), 337-347. <https://doi.org/10.1080/10473289.2007.10465332>
- Datta, I., & Allen, D. G. (2005). *Biofilter Technology*. In: *Biotechnology for odor and air pollution control*. Springer, Berlin Heidelberg, 125-140. https://doi.org/10.1007/3-540-27007-8_6.
- Deviny, J. S., Deshusses, M. A. & Webster, T. S. (1999). *Biofiltration for air pollution control*. Lewis Publisher, Boca Raton, 28-34.
- Delhomenie, M. C. & Heitz, M. (2005). *Biofiltration of air: a review*. *Critical Reviews In Biotechnology*, 25, 53-72. <https://doi.org/10.1080/07388550590935814>.
- Dharmavaram, S. (1991). *Biofiltration: a lean emission abatement technology*. In: *Proc 84th Annu Meet Exhibition Air Waste Manage Assoc*, Pittsburgh, 91, 103.2.
- Estrada, J. M., Kraakman, N. J. R. B., Munoz, R. & Lebrero, R. (2011). A Comparative Analysis of Odour Treatment Technologies in Wastewater Treatment Plants. *Environ. Sci. Technol*, 45, 1100-1106. <https://doi.org/10.1021/es103478j>.
- Henshaw P., Nicell J., Sikdar A. (2006). Parameters for the assessment of odour impacts on communities. *Atmospheric Environment* (40), 1016-1029. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2005.11.014>.
- Kennes, C. & Thalasso, F. (1998). Waste gas biotreatment technology. *J Chem Technol Biotechnol*, 72, 303-319. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-)

- 4660(199808)72:4<303::AID-JCTB903>3.0.CO;2-Y.
- Kennes, C. & Veiga, M. C. (2001). Conventional biofilters. In: *Bioreactors for Waste Gas Treatment*. Ed. Kluwer Academic Publishers, 47-91. https://doi.org/10.1007/978-94-017-0930-9_3.
- Knauf, S. & Zimmer, H. (1994). Biofiltration at a temperature above 40°C: comparison of the biofilter materials bark compost and woodchips. *Staub-Reinhaltung der Luft*, 54 (2), 41–44.
- Leonardos, G. (1996). Review of odour control regulations in the USA. In: *Odors, Indoor and Environmental Air*. Proc Specialty Conference Air Waste Manage Assoc, Bloomington, 73-84.
- Leson, G., & Winter, A. M. (1991). Biofiltration: an innovative air pollution control technology for VOC emissions. *J Air Waste Manage Assoc*, 41, 1045–1054. <https://doi.org/10.1080/10473289.1991.10466898>
- Liang, Y., Quan, X., Chen, J., Chung, J.S., Sung, J.Y., Chen, S., Xue, D. & Zhao, Y. (2000). Long-term results of ammonia removal and transformation by biofiltration. *J. Hazard Mater.*
- Mashal, K. (2023). Dissolved gases in water. https://www.academia.edu/24435420/Dissolved_gases_in_water.
- Mai, X. & Anh, L. (2018). Mùi hôi ảnh hưởng sức khỏe ra sao? <https://tuoitre.vn/mui-hoi-anh-huong-suc-khoe-ra-sao-0180710085409334.htm>.
- McNevin, D. & Barford, J. (2000). Biofiltration as an odour abatement strategy. *Biochemical Engineering Journal*, 5, 231–242. [https://doi.org/10.1016/S1369-703X\(00\)00064-4](https://doi.org/10.1016/S1369-703X(00)00064-4)
- Morgan-Sagastume, J. M., Noyola, A., Revah, S., & Ergas, S. J. (2003). Changes in physical properties of a compost biofilter treating hydrogen sulfide. *J Air Waste Manage Assoc*, 53, 1011-1021. <https://doi.org/10.1080/10473289.2003.10466249>
- Mudliar, S., Giri, B., Padoley, K., Satpute, D., Dixit, R., Bhatt, P., Pandey, R., Juwarkar, A. & Vaidya, A. (2010). Bioreactors for treatment of VOCs and odours – A review. *Journal of Environmental Management*, 91, 1039–1054. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.01.006>
- Nguyệt, N. T. & Cường, N. C. (2020). Tách loại lignin từ phế phẩm nông nghiệp (rơm rạ) bằng phương pháp xử lý với acid formic. *Tạp chí khoa học và công nghệ lâm nghiệp*, (2) 2020, 112-118.
- Pagans, E., Font, X. & Sanchez, A. (2005). Bio filtration for ammonia removal from composting exhaust gases. *Chem. Eng. J* 113. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2005.03.004>
- Phae, C. G. & Shoda, M. (1991). A new fungus which degrades hydrogen sulfide, methanethiol, dimethyl sulfide and dimethyl disulfide. *Biotechnol. Lett.* 13, 375-380. <https://doi.org/10.1007/BF01027686>
- Phượng, N. T. T. & Son, T. B. (2016). Odor pollution treatment technologies: a review. *Science & Technology Development*, 19 (1). <https://doi.org/10.32508/stdj.v19i2.703>
- Rappert, S. & Muller, R. (2005). Microbial degradation of selected odorous substances. *Waste Management*, 25, 940-954. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2005.07.015>
- Sironi, S., Capelli, L., Centola, P., Del Rosso, R. & Pierucci, S. (2010). Odour impact assessment by means of dynamic olfactometry, dispersion modelling and social participation. *Atmospheric Environment*, 44, 354 – 360. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2009.10.029>
- Soccol, C. R., Woiciechowski, A. L., Vandenberghe, L., Soares, M., Neto, G. K. & Thomaz – Soccol, V. (2003). Biofiltration: an emerging technology. *Indian J. Biotechnol*, 2, 396-410.
- Smet, E. & van Langenhove, H. (1998). Abatement of volatile organic sulfur compounds in odorous emissions from the bio-industry. *Biodegradation*, 9, 273–284. <https://doi.org/10.1023/A:1008281609966>.
- Singh, A., Shareefdeen, Z. & Ward, O. P. (2005). Bioscrubber Technology. In: *Biotechnology for odor and air pollution control*. Springer, 169-190. https://doi.org/10.1007/3-540-27007-8_8.
- Shareefdeen, Z., Shaikh, A. A. & Ansar, Z. (1997). Development, experimental validation and dynamic analysis of a general transient biofilter model. *Chemical Engineering Science*, 52, 759–773. [https://doi.org/10.1016/S0009-2509\(96\)00428-9](https://doi.org/10.1016/S0009-2509(96)00428-9).
- Showqi, I., Ahmad, L. F., Ashraf, M., Mohammad, A. M. & Rashid, A. (2016). Biofilters in Mitigation of Odour Pollution - A Review. *Nature Environment and Pollution Technology*, 15 (4), 1177-1185.
- Thành, N. T. (2011). Giáo trình Vi sinh học môi trường. 192. <http://conghemotruong.com.vn/giao-trinh-vi-sinh-hoc-moi-truong-ngo-tu-thanh/>
- Van Groenestijn, J. W. & Hesselink, P. G. M. (1993). Biotechniques for air pollution control. *Biodegradation*, 4, 283-301. <https://doi.org/10.1007/BF00695975>.
- Wongwutthi, C. & Limpaseni, W. (2012). Removal of hydrogen sulfide using a compostbased biofilter. *AMR*. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.356-360.1601>.