

## Ô NHIỄM MÙI HÔI TRONG CHĂN NUÔI VÀ CÁC GIẢI PHÁP XỬ LÝ TRÊN THẾ GIỚI

*Nguyễn Thành Trung, Đặng Vũ Hòa, Đào Thị Bình An, Dương Thị Oanh, Lê Văn Dũng, Nguyễn Thị Mai Phương, Nguyễn Thị Hoàng Anh*

**Bộ môn Nghiên cứu Hệ thống và Môi trường chăn nuôi - Viện Chăn nuôi**

Tác giả liên hệ: TS. Nguyễn Thành Trung. Tel: 0962011497. Email: trung0475@yahoo.com

### TÓM TẮT

Mùi hôi phát sinh từ cơ sở chăn nuôi đang gây ra bức xúc trong các khu dân cư. Do đó, các giải pháp xử lý mùi hôi được thiết kế, phát triển và thử nghiệm trong vài thập kỷ qua nhằm giảm mùi hôi phát tán. Mục tiêu của bài tổng quan này là tổng hợp lại các nghiên cứu trước đây liên quan đến việc giảm mùi hôi từ cơ sở chăn nuôi và cung cấp thông tin về tính hiệu quả của các giải pháp sẵn có cũng như các giải pháp mới nổi nhằm giảm mùi hôi. Tổng quan này tập trung vào các phương pháp xử lý mùi hôi từ chuồng nuôi, quá trình thu gom và lưu trữ chất thải, và sử dụng cho cây trồng. Một vài giải pháp xử lý mùi hôi được đề xuất và đánh giá bao gồm thay đổi khẩu phần ăn, bổ sung men vi sinh (EM), sử dụng chất bổ sung, tách rấn lông, xử lý hiếu khí, yếm khí, lọc sinh học, che đậy hồ chứa và bón cho cây. Hiệu quả của các giải pháp đó rất khác nhau; tuy nhiên, thay đổi khẩu phần, bổ sung men vi sinh hữu ích (EM), lọc sinh học, bơm xuống đất cho hiệu quả hơn các giải pháp khác. Thay đổi khẩu phần và bổ sung men EM là chốt chặn đầu tiên cho mùi hôi phát tán. Lọc sinh học xử lý mùi hôi không khí trước khi phát tán ra môi trường; ngược lại, che hồ chứa chất thải, phân giải hiếu khí và yếm khí giúp giảm mùi trong quá trình xử lý và lưu trữ chất thải. Bơm chất thải xuống đất là giải pháp tối ưu và có thể giảm đáng kể mùi hôi so với bón chất thải trên mặt đất.

*Từ khóa:* Mùi hôi, Giải pháp xử lý mùi hôi

### LỜI NÓI ĐẦU

Mùi từ hoạt động chăn nuôi là một phiền toái trong cộng đồng lân cận bởi vì sự khó chịu dai dẳng của mùi và nguy cơ sức khỏe tiềm ẩn (Lu, P và cs., 2008). Vì lý do đó, nhiều nghiên cứu đã được tiến hành nhằm đánh giá và kiểm soát mùi hôi từ các cơ sở chăn nuôi. Công nghệ xử lý/kiểm soát mùi thay đổi tùy thuộc vào nguồn phát sinh mùi, sự sẵn có của công nghệ, và hiệu quả kinh tế từ việc áp dụng các giải pháp tốt nhất. Kiểm soát mùi từ cơ sở chăn nuôi phải được thiết kế để xử lý nguyên nhân gây mùi, và mùi phát sinh, hoặc cả hai (Muehling, 1970). Bên cạnh đó, nhiều quy định chặt chẽ về kiểm soát chất lượng không khí từ chuồng nuôi và khu vực xung quanh cơ sở chăn nuôi đã được thiết lập ở nhiều quốc gia.

Tương lai của ngành chăn nuôi phụ thuộc phần lớn vào các công nghệ có thể quản lý hiệu quả mùi hôi từ chăn nuôi (Honeyman, 1996; Hogberg và cs., 2005). Bài tổng quan này đưa ra kết quả nghiên cứu về nguồn gốc và thành phần của mùi, cũng như thảo luận những ưu nhược điểm của các giải pháp xử lý mùi hôi từ bên trong đến ngoài chuồng nuôi.

### NỘI DUNG

#### **Thành phần của mùi trong chăn nuôi**

Mùi là sản phẩm của môi trường tác phức tạp và là hỗn hợp của các thành phần có mùi và không mùi được sinh ra trong quá trình phân giải yếm khí của các chất hữu cơ trong chất thải vật nuôi (Tyndall và Colletti, 2007; Zahn và cs., 1997). Chất thải chăn nuôi có các thành phần hữu cơ không tiêu hóa hết bao gồm protein, carbohydrates và mỡ (Varel, 2002). Các thành phần đó phân giải yếm khí và sản sinh ra các hỗn hợp khí mùi khó chịu (Varel, 2002; Mackie và cs., 1998). Hơn 168 hợp chất bay hơi đã được xác định trong các trang trại chăn nuôi lợn, nhiều loại trong số đó không chỉ là nguyên nhân gây mùi khó chịu (Blanes-Vidal và

cs., 2009; Chen và cs., 2009; Mackie và cs., 1998), mà còn ảnh hưởng đến sự thỏa mái, sức khỏe và năng suất của vật nuôi cũng như sự thỏa mái và sức khỏe của người chăn nuôi (Mackie và cs., 1998). Tương tự, các nhà khoa học khác chỉ ra rằng hơn 160 hợp chất có mùi đã được xác định trong phân, nhiều trong số đó được sản sinh bởi sự phân giải của protein trong phân (Hobbs và cs., 1996).

### **Nguồn gốc của mùi**

Mùi thức ăn và vật nuôi không phải là nguồn gây mùi hôi, nhưng mùi phát sinh từ phân giải yếm khí của phân trong quá trình thu gom, quản lý, lưu trữ và sử dụng làm phân bón cho cây trồng gây mùi hôi chính (Mackie và cs., 1998). Mùi hôi phát sinh từ phân chủ yếu là do phân giải không triệt để của các chất hữu cơ có trong phân như protein, carbohydrates và chất béo. Những hợp chất có mùi có thể được chia làm 5 loại khác nhau (Rappert và Muller, 2005): i) Acid béo bay hơi (VFAs), ii) Các hợp chất thơm (indoles và phenols), iii) Hợp chất chứa ni tơ (ammonia và amines bay hơi), iv) Alcohols, và v) Hợp chất chứa sulfur (hydrogen sulfide và mercaptans). Kết quả là, mùi từ phân là hỗn hợp của nhiều loại khí. Mùi từ bên trong cơ sở nuôi lợn chủ yếu là do phân giải chất thải trong điều kiện yếm khí, đây là quá trình lâu dài và sản sinh mùi liên tục trong thời gian dài (Varel, 2002). Phần lớn các hợp chất mùi quan trọng phát sinh từ chất thải chăn nuôi là các acid béo bay hơi (VFAs), do bản chất nồng độ cao hoặc ngưỡng mùi thấp của chúng (McCrorry và Hobbs, 2001). Mùi từ chuồng nuôi, khu vực chứa chất thải, khu vực xử lý chất thải và sử dụng chất thải làm phân bón cho cây trồng là mối quan tâm lớn bởi ảnh hưởng bất lợi của nó đến kinh tế địa phương và chất lượng cuộc sống (Blanes-Vidal và cs., 2009). Do đó, đây là thách thức cho các nhà nghiên cứu và cung cấp công nghệ để phát triển những giải pháp làm giảm mùi khó chịu và ô nhiễm không khí.

### **Giải pháp xử lý mùi hôi**

Có 3 nguồn phát sinh mùi chính từ cơ sở chăn nuôi, đó là chuồng nuôi, nơi lưu giữ chất thải và việc sử dụng chất thải làm phân bón cho cây trồng (Rahman và Borhan, 2012).

### **Giải pháp xử lý mùi trong chuồng nuôi**

Mùi cảm nhận được là kết quả của hỗn hợp các loại khí trong không khí; tuy nhiên, ammonia (NH<sub>3</sub>) và hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) là những khí chủ yếu liên quan đến chất thải chăn nuôi lợn (Blanes-Vidal và cs., 2009; Ni, 2000). Con người thường chỉ ngửi thấy H<sub>2</sub>S ở nồng độ rất thấp (0,0005 - 0,3ppm); tuy nhiên, tiếp xúc trong thời gian ngắn với nồng độ cao (500 ppm) có thể gây ra mất nhận thức (ATSDR, 2006). Tiếp xúc khí H<sub>2</sub>S ở nồng độ thấp có thể gây ngứa mắt, mũi và cổ họng, và khó thở. Viện Nghiên cứu quốc gia về An toàn và Sức khỏe nghề nghiệp của Mỹ (OSHA) đã đưa ra giới hạn tiếp xúc khí H<sub>2</sub>S ở nồng độ 10ppm trong tối đa 10 phút. Tương tự, tiếp xúc với khí NH<sub>3</sub> ở nồng độ cao có thể gây ngứa mắt, da, cổ họng, phổi và có thể gây ho và bỏng (ATSDR, 2006). Viện Nghiên cứu quốc gia về An toàn và Sức khỏe nghề nghiệp của Mỹ (OSHA) đã thiết lập giới hạn tiếp xúc với khí NH<sub>3</sub> ở nồng độ 25 ppm trong vòng 8 giờ và thời gian ngắn (15 phút) khi tiếp xúc ở nồng độ 35 ppm.

Nói chung, mùi phát sinh từ chuồng nuôi lợn khi phân được lưu trữ yếm khí trong thời gian dài. Mùi sinh ra từ chuồng nuôi phát tán trong không khí đến hàng xóm (Powers, 1999), dẫn đến phát sinh phiền toái. Giải pháp kiểm soát mùi hôi phát sinh từ chuồng nuôi bao gồm dọn phân càng nhanh càng tốt, thay đổi khẩu phần, tách rấn/lông chất thải, và sử dụng chất bổ sung. Trong các giải pháp đó, thay đổi khẩu phần là tuyến phòng thủ đầu tiên để giảm mùi ở tại nguồn bằng cách giảm nồng độ các hợp chất sản sinh mùi được bài tiết trong phân và nước tiểu (Sutton và cs., 1999).

Không khí chuồng nuôi chất lượng tốt quan trọng cho sự an toàn của người chăn nuôi, năng suất vật nuôi, và cả sức khỏe của người và vật nuôi. Do đó, điều quan trọng là kiểm soát mùi hôi chuồng nuôi.

### **Sử dụng chất bổ sung trong chuồng nuôi**

Một vài nghiên cứu đã tiến hành nhằm đánh giá việc sử dụng chất bổ sung cho bề thu phân dưới sàn chuồng, phun lên chất thải nhằm giảm mùi hôi (Miner, 1997). Kim và cs. (2008) đánh giá và so sánh hiệu quả của các loại chất bổ sung khác nhau (nước từ vôi, nước muối, phân đã xử lý, sản phẩm vi sinh, dầu đậu tương, gia vị nhân tạo và tinh dầu) để làm giảm mùi phát sinh từ chuồng nuôi lợn. Họ quan sát thấy rằng nước muối, gia vị nhân tạo, dầu đậu tương và tinh dầu có tác dụng giảm mùi; tuy nhiên, chỉ có gia vị nhân tạo và tinh dầu có hiệu quả giảm mùi. Tương tự, Jacobson và cs. (1999) cho biết giảm được mùi (150 đơn vị mùi ở chuồng nuôi có áp dụng giải pháp so với 400 đơn vị ở chuồng nuôi không áp dụng) và giảm bụi phát sinh bằng cách phun dầu cải với tỷ lệ 5-40 ml/m<sup>2</sup>/ngày. Feddes và cs. (1999) báo cáo rằng mùi giảm được 20% khi phun dầu hạt cải với liều lượng 30-60 ml/m<sup>2</sup>/tuần. Kết quả giảm mùi này dường như do việc giảm tinh thể bụi trong không khí, những tinh thể bụi này mang những hợp chất bay hơi có mùi (Pedersen và cs., 2000). Theo thời gian, chất bổ sung sinh học có thể phân giải bởi các vi sinh vật, điều này làm giảm hiệu quả của phương pháp. Tuy nhiên, Varel (2002) thấy rằng các chất bổ sung đóng vai trò như nhân tố kháng vi khuẩn (các loại dầu có nguồn gốc thực vật) không bị phân hủy trong môi trường yếm khí, có thể duy trì hiệu quả giảm mùi trong thời gian dài hơn. Miner (1997) cho rằng một lượng nhỏ chất bổ sung sử dụng cho bề mặt phân lớn có thể không làm giảm mùi bằng cách thay đổi một cách hiệu quả cách thức nó phân giải. Phun chất bổ sung là dầu cũng để lại một lớp trên bề mặt các vật trong chuồng nuôi, điều này gây phiền toái với người chăn nuôi và là vấn đề khi phải vệ sinh chuồng trại sau mỗi lứa nuôi lợn (Nicolai và Hofer, 2008).

### **Bổ sung/sử dụng vi sinh vật hữu ích (Effective Microorganisms-EM)**

Sử dụng chế phẩm vi sinh vật hữu ích (*Effective Microorganisms-EM*) phun vào chuồng nuôi, cho vào bề thu chất thải, dùng để ủ compost giảm nồng độ khí NH<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>S, CO<sub>2</sub> và mùi hôi trong chuồng nuôi lợn. Yongzhen và Weijiong (1994) cho biết bổ sung EM vào nước uống giúp giảm nồng độ ammonia chuồng nuôi 42,12%; sử dụng EM để ủ lên men thức ăn giảm ammonia 54,25% và khi kết hợp cả hai giải pháp làm giảm ammonia 69,7%. Nuillah và cs. (2018) báo cáo rằng bổ sung chế phẩm EM cho đệm lót chuồng nuôi giúp giảm nồng độ ammonia chuồng nuôi so với đối chứng. Bổ sung chế phẩm EM vào khẩu phần ăn làm giảm mùi hôi trong chăn nuôi bò sữa (Mohamed và cs., 2018). Phun chế phẩm EM làm giảm đáng kể mùi hôi chuồng nuôi, mương thoát chất thải, khu chứa chất thải trong chăn nuôi lợn và gia cầm (Alama và cs., 1995).

Weijiong và Yongzhen (2008) nghiên cứu bổ sung chế phẩm EM trong chăn nuôi gia cầm; gồm các giải pháp như: (1) Bổ sung vào thức ăn hoặc nước uống; (2) Bổ sung vào cả thức ăn nước uống, và so sánh với việc không bổ sung. Kết quả nghiên cứu cho thấy việc bổ sung đã làm giảm đáng kể mùi hôi từ chất thải, cùng với việc giảm nồng độ khí NH<sub>3</sub> từ 42 đến 70% so với nhóm không bổ sung (Weijiong và Yongzhen, 2008). Sử dụng chế phẩm EM giúp giảm nồng độ khí NH<sub>3</sub> và H<sub>2</sub>S trong chăn nuôi (Young và Yun, 2019). Bổ sung chế phẩm EM (*Lactobacillus*) hạn chế vi sinh vật có hại và cải thiện tỷ lệ tiêu hóa do đó làm giảm NH<sub>3</sub> trong chất thải (Nguyen và cs., 2018).

### **Tách rắn lỏng chất thải**

Tách rắn/lỏng đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm soát mùi trong quá trình thu gom, lưu trữ, và sử dụng làm phân bón cho cây trồng. Một điều tin rằng phần lớn các hợp chất hữu cơ sinh mùi có trong phân chất thải rắn và do đó tách phân rắn lỏng có thể giảm mùi phát sinh (Ndegwa và cs., 2002). Phần chất thải rắn tách được sẽ có thể tích nhỏ hơn rất nhiều so với phần chất lỏng và phân chất lỏng sẽ có phần chất hữu cơ có thể phân giải yếm khí ít hơn, và do đó sẽ ít phát sinh mùi hơn. Phần lớn việc giảm mùi xảy ra nếu như phân chất thải rắn được tách càng sớm ngay khi chất thải được bài xuất ra. Tách rắn lỏng nhanh cũng giảm bề mặt tương tác giữa không khí và phân, do đó giảm mùi phát sinh. Kroodsma (1985) báo cáo rằng việc giảm mùi thành công từ chuồng lợn bằng cách tách rắn lỏng ngay sau khi phân được bài xuất ra. Tuy nhiên, khi phân, nước tiểu và nước được trộn lẫn, một phần của phân bị trộn lẫn và điều này làm cho việc tách rắn lỏng khó khăn hơn (Ndegwa, 2003). Phần lớn hợp chất hữu cơ có thể phân giải phát sinh mùi (hợp chất có các bon dạng nhỏ, protein, và chất dinh dưỡng) thường liên kết với các vật thể nhỏ hơn là với các vật thể dạng lớn (Ndegwa và cs., 2002; Zhang Lei 1998), nên khó tách. Phenol hoặc polymer có thể được sử dụng để tăng hiệu quả tách, nhưng cần sử dụng một lượng lớn hóa chất và ảnh hưởng của việc sử dụng hóa chất đó chưa được nghiên cứu nhiều. Trong bất cứ trường hợp nào, tách rắn lỏng là phương pháp vật lý để giảm mùi, nhưng việc có ít thông tin trong thực tế sản xuất để ý tưởng này có thể được áp dụng vào trong thiết kế tương lai cho việc thu gom và quản lý chất thải. Pain và cs., (1990) tiến hành thí nghiệm tách rắn lỏng và xử lý hiếu khí để giảm mùi. Họ phát hiện rằng tách rắn lỏng giảm mùi 26%, trong khi đó kết hợp tách rắn lỏng và xử lý hiếu khí giảm mùi 55%.

Bên cạnh đó, duy trì gia súc, sà, chuồng và bề mặt sạch sẽ giúp giảm mùi (Lemay, 1999). Thường xuyên thu gom phân sẽ hạn chế phân hủy lên men yếm khí phân trong chuồng và hạn chế mùi phát sinh. Giải pháp tối ưu nhất và được sử dụng nhiều nhất cho đến ngày nay là cào/dọn phân thường xuyên, việc này giúp giảm NH<sub>3</sub> phát thải khoảng 50% (Swierstra và cs., 2001).

### **Thay đổi khẩu phần**

Thông thường, lợn sinh trưởng-vỗ béo sản sinh ra lượng lớn phân do chuyển hóa thức ăn không hiệu quả, kết hợp với hệ thống trao đổi và tiêu hóa. Do đó, phân giải không triệt để protein và carbohydrates trong phân dẫn đến sản sinh các hợp chất có mùi (Sutton và cs., 1999). Việc thay đổi khẩu phần ăn có thể giảm mùi từ phân mà không ảnh hưởng đến năng suất vật nuôi (McGinn và cs., 2002). Một số nghiên cứu chỉ ra rằng giảm protein thô (CP) trong khẩu phần dẫn đến làm giảm ni tơ (N) trong phân và do đó giảm mùi. Hobbs và cs. (1996) quan sát thấy giảm CP trong khẩu phần từ 21% xuống 14% làm giảm N bài xuất trong phân từ 19% xuống 13%, trong khi đó giảm CP bổ sung với amino acids tổng hợp làm giảm N bài xuất trong phân 40% (Sutton và cs., 1999). Một nghiên cứu tương tự được thực hiện bởi Kay và Lee (1997) cũng thấy rằng N bài xuất trong phân giảm 41% và NH<sub>3</sub> giảm từ 47% đến 59%. Tương tự, Sutton và cs. (1999) cho biết khi CP giảm từ 18% xuống 10% với việc bổ sung thêm amino acids tổng hợp, ammonium và N tổng số ở trong phân giảm lần lượt là 40% và 42%. Kendall và cs. (1998) báo cáo rằng việc giảm CP 4,5% và bổ sung khẩu phần với amino acids tổng hợp có thể làm giảm mùi và NH<sub>3</sub> phát thải một cách hiệu quả từ chuồng nuôi. Tương tự, Hayes và cs. (2004) tiến hành thí nghiệm đánh giá ảnh hưởng của CP trong khẩu phần vỗ béo lợn đến mùi và NH<sub>3</sub> phát thải và kết luận rằng giảm tỷ lệ CP khẩu phần là giải pháp rẻ tiền để hạn chế mùi từ chuồng nuôi lợn. Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu của Le và cs. (2009) kết luận rằng giảm CP khẩu phần từ 15% xuống 12%, hoặc bổ sung đủ cho nhu cầu

đinh dưỡng của vật nuôi không làm giảm mùi từ phân lợn, mặc dù giảm 9,5% NH<sub>3</sub> phát thải. Nghiên cứu khác cũng cho biết giảm tỷ lệ CP khẩu phần từ 16,8% xuống 13,9% không làm giảm mùi (Clark và cs., 2005). Do đó, có sự khác nhau về kết quả nghiên cứu giữa các nhà khoa học nhằm đưa ra khoảng tỷ lệ CP phù hợp, với tỷ lệ đó giúp làm giảm N bài xuất và giảm mùi chất thải mà vẫn đảm bảo năng suất vật nuôi.

Bã rượu khô (Distillers' Dried Grain with Solubles - DDGS) đã được sử dụng để thay thế một phần trong khẩu phần chăn nuôi có thể làm tăng mùi chất thải (Rahman và Borhan, 2012). Phần lớn bã rượu khô được sử dụng trong khẩu phần cho gia súc nhai lại, nhưng bã rượu khô cũng được sử dụng cho gia súc dạ dày đơn (Shurson và cs., 2004; Yoon và cs., 2010). Tuy nhiên, bã rượu khô được sử dụng dần cho lợn. Hao và cs. (2009) nghiên cứu ảnh hưởng của bã rượu khô đến thành phần phân và chất thải của bò vỗ béo (tỷ lệ 0, 20, 40, và 60% trong khẩu phần) và quan sát thấy rằng với tỷ lệ 40% và 60% trong khẩu phần, đường như acids béo bay hơi (VFAs) tăng; điều này dẫn đến tăng mùi, vốn được sinh ra từ việc phân giải xơ và protein (Hobbs và cs., 1996). Họ đề nghị rằng 20% hoặc ít hơn tỷ lệ bã rượu khô trong khẩu phần có thể là giải pháp để hạn chế acids béo bay hơi sản sinh từ việc phân giải xơ và protein (Hobbs và cs., 1996). Tuy nhiên, nghiên cứu của họ chỉ tiến hành trên bò và họ không đánh giá ảnh hưởng của bã rượu khô đến phát thải mùi từ phân lợn. Yoon và cs. (2010) nghiên cứu ảnh hưởng của bã rượu khô đến năng suất của lợn và quan sát thấy rằng bổ sung 10% và 15% bã rượu khô đến khẩu phần của lợn sinh trưởng không làm tăng mùi chất thải. Tương tự, Gralapp và cs. (2002) nghiên cứu ảnh hưởng của việc sử dụng 5 và 10% bã rượu khô trong khẩu phần đến đặc điểm và sự phát thải mùi từ lợn và họ thấy rằng việc sử dụng này không có ảnh hưởng nào đến mùi. Tuy nhiên, họ đề nghị rằng bã rượu khô có tỷ lệ sulfur cao hơn so với ngô và khô đậu tương và việc quá nhiều sulfur trong khẩu phần có thể dẫn đến nặng mùi chất thải.

### ***Giải pháp kiểm soát mùi hôi bên ngoài chuồng nuôi***

Có hai nguồn chính phát thải mùi hôi bên ngoài chuồng nuôi: 1) bể, khu lưu trữ chất thải, và 2) việc sử dụng chất thải làm phân bón cho cây trồng. Tùy thuộc vào nguồn phát thải mùi, các giải pháp quản lý mùi hôi khác nhau được áp dụng.

### ***Kiểm soát mùi từ ao, hồ, bể chứa chất thải***

Mùi từ bể chứa chất thải có thể giảm bằng cách duy trì sự pha loãng cần thiết và nâng cao tính đồng nhất của chất thải bằng cách đưa lượng nhỏ chất thải vào bể chứa một cách thường xuyên (Lim và cs., 2004); tuy nhiên, điều này không khả thi bởi vì một lượng lớn chất thải được bài xuất ra và đưa vào bể chứa hàng ngày. Giải pháp để làm loãng chất thải hơn là tách rắn/lông, việc này sẽ tách bớt phần chất rắn có thể phân giải, giúp tăng thể tích chứa của bể và giảm mùi. Điều biết rõ là phần chất rắn và chất hữu cơ trong phân là chất sinh mùi chính trong hoạt động lên men yếm khí (Zhang và cs., 2004). Có nhiều phương pháp khác nhau để tách rắn lỏng, ví dụ như máy tách phân, lắng, ly tâm, xử lý sinh học và thẩm thấu ngược (Moller và cs., 2000; Burton và Turner, 1997). Trong những giải pháp đó, xử lý sinh học, bay hơi, siêu lọc và thẩm thấu ngược là những quy trình phức tạp và rất tốn kém. Lắng lọc, máy tách rắn lỏng, và ly tâm là đơn giản rẻ tiền hơn, nhưng không hiệu quả trong việc tách các chất hữu cơ có kích thước nhỏ. Chất hữu cơ có kích thước nhỏ phân giải một cách nhanh chóng và sinh mùi (Ndegwa và cs., 2002; Zhang và Westerman, 1997). Do đó, hiệu quả giảm mùi biến động lớn phụ thuộc vào thiết bị sử dụng và hiệu quả tách của nó.

Phần lớn hợp chất các-bon cấu trúc nhỏ, protein và chất dinh dưỡng (ni tơ và phốt pho) thường liên kết với vật chất có kích thước nhỏ hơn là với vật chất có kích thước lớn (Ndegwa và cs., 2002; Zhang và Lei, 1998). Ndegwa và cs. (2002) thử nghiệm 7 loại lưới lọc có kích

thước khác nhau (<2,0; <1,4; <1,0; <0,5; <0,25; <0,15; và 0,075 mm) và nhận thấy hiệu quả của kích cỡ vật chất đến sinh mùi. Họ kết luận rằng vật chất có kích thước nhỏ (<0,075 mm) phân giải đáng kể trong 10 ngày, trong khi đó những vật chất có kích thước lớn phân giải từ từ hơn. Do đó, việc tách rấn lỏng nên thực hiện trong vòng 10 ngày đầu tiên sau khi phân được bài xuất ra nhằm tăng hiệu quả tách rấn lỏng Zhu và cs. (2000). Phần lớn chất sinh mùi nằm trong vật chất có cấu trúc nhỏ, giải pháp tách rấn lỏng nên được thiết kế để tách vật chất có kích thước <0,075 mm trong 10 ngày sau khi phân được bài xuất nhằm giảm mùi.

Nhằm tăng hiệu quả tách rấn lỏng, các chất keo tụ thường được sử dụng nhưng ảnh hưởng của các hóa chất xử lý đó đến việc giảm mùi, đất và cây trồng chưa được nghiên cứu nhiều (Zhang và Lei, 1998; Zhang và Westerman, 1997). Hjorth và cs. (2009) nghiên cứu tách rấn lỏng từ chất thải sử dụng chất keo tụ và các phương pháp lọc; các tác giả quan sát thấy việc tách rấn lỏng có thể tăng lên bằng cách sử dụng chất keo tụ FeCl<sub>3</sub>. Các polymer được sử dụng như chất keo tụ, nhưng chất thải cần lượng lớn polymer để có hiệu quả. Tăng lượng chất keo tụ sẽ làm giảm pH của chất thải và giảm mùi. Tuy nhiên, lượng nhỏ chất keo tụ không làm giảm mùi, bởi vì nó không góp phần đáng kể cho việc tách rấn lỏng.

Hạn chế chủ yếu của việc áp dụng phương pháp tách rấn lỏng bằng thiết bị máy móc để giảm mùi là chi phí đầu tư và hoạt động, hiệu quả tách lọc thấp (Zhu và cs., 2000) do tổng chất rắn lơ lửng (Total Suspended Solids - TSS) cao và tỷ lệ thấp chất rắn hòa tan (Total Dissolved Solids - TDS) trong chất thải. Khi chất thải được lưu trữ trong công trình khí sinh học, chất hữu cơ có thể phân giải và TSS chuyển hóa thành TDS do sự phân giải vi sinh vật, dẫn đến giảm hiệu quả tách. Điều này cho thấy rằng chỉ dùng phương pháp tách lọc sẽ không hiệu quả trong việc giảm mùi, nhưng có thể kết hợp với các giải pháp khác để tăng hiệu quả. Các nghiên cứu trước đây đã chỉ ra rằng các phương pháp tách lọc rẽ tiền khó tách được vật chất có kích thước nhỏ, những vật chất này phân hủy nhanh chóng và sinh mùi trong quá trình phân giải tự nhiên. Do đó, hệ thống tách rấn lỏng cơ giới có thể kết hợp với giải pháp lên men kỵ khí khô (DAD, >15% chất rắn có thể được áp dụng) và ủ compost chất rắn. Phần chất rắn sau khi tách rấn lỏng có thể được xử lý tiếp với quy trình DAD, và sản xuất ra phân bón hữu cơ có chất lượng hơn với ít mùi phát sinh. Tuy nhiên, giải pháp kết hợp này có thể là gánh nặng tài chính cho người chăn nuôi. Tương tự, chất thải rắn tách được có thể ủ compost, giải pháp này làm giảm mùi và ammonia phát thải trong quá trình lưu trữ.

### **Sục khí**

Sục khí là giải pháp hiệu quả để xử lý chất thải chăn nuôi nhằm có phần chất rắn được phân hủy và kiểm soát mùi (Zhang và cs., 2004) bằng cách hạn chế sinh acids béo bay hơi và các hợp chất sinh mùi khác (Westerman và Zhang, 1997)). Barth và Polkowski (1971) nghiên cứu hiệu quả của việc sục khí đến chất thải bò sữa trong nghiên cứu phòng thí nghiệm và kết luận rằng độ sâu sục khí từ 510 mm đến 610mm có thể giảm hiệu quả mùi. Ginnivan (1983) tiến hành thí nghiệm sục khí cột với chất thải lợn phân giải yếm khí và kết luận rằng sục khí bề mặt với độ sâu từ 80mm đến 400 mm có tác dụng giảm mùi, kết quả này khẳng định các quan sát trước đây rằng sục khí bề mặt có thể được duy trì ở độ sâu nhất định không phân biệt loại chất thải nào nhằm giảm mùi từ bề yếm khí.

Tương tự, các nhà nghiên cứu khác cũng nghiên cứu hiệu quả của sục khí với không sục khí (Al-Kanani và cs., 1991) và sục khí bề mặt (Zhang và cs., 1997) cho chất thải lợn nhằm giảm mùi hôi và họ kết luận rằng sục khí làm giảm đáng kể mùi hôi so với không sục khí. Tuy nhiên, sục khí liên tục cần duy trì nồng độ oxy hòa tan từ 0,5 đến 2,5mg/lít để việc kiểm soát mùi có hiệu quả (Zhang và cs., 1997). Westerman và Arogo (2005) nghiên cứu ảnh hưởng của

hệ thống sục khí cùng với việc bổ sung vi sinh trong xử lý chất thải chăn nuôi lợn, và kết luận rằng chất thải từ bể sục khí có mùi ít hơn nhiều. Tuy nhiên, hệ thống sục khí này cần duy trì nồng độ oxy hòa tan > 2mg/l, việc này không hợp lý về mặt kinh tế (Westerman và Zhang, 1997), và sử dụng thiết bị sục khí có công suất thấp hơn được khuyến cáo nhằm giảm sự mất đi của acids bay hơi (Westerman và Zhang, 1997).

Ndegwa (2003) đánh giá ảnh hưởng của việc kết hợp tách rắn/lỏng với sục khí đến kiểm soát mùi và thấy rằng việc tách rắn lỏng trước khi sục khí chỉ mất 1,5 ngày cần để giảm nồng độ VFA đến ngưỡng không chấp nhận được (520 mg/L VFAs) so với 3,0 ngày trước đó và cần lần lượt là 2,3 và 5 ngày để VFAs đạt đến mức chấp nhận được (230 mg/L VFAs) cho việc tách và không tách rắn lỏng. Tương tự, nghiên cứu trong phòng thí nghiệm cho thấy rằng 5-10 ngày sục khí ở tỷ lệ 1,0 đến 3,0 mg O<sub>2</sub>/lít là cần thiết để kiểm soát mùi ở trang trại (Zhang và cs., 2004). Mặc dù sục khí là phương pháp hiệu quả để giảm mùi hôi, nó không được áp dụng rộng rãi bởi chi phí năng lượng cao chi việc sục khí (Zhang và cs., 2004).

Zhu và cs. (2008) phát triển hệ thống sục khí bề mặt với chi phí thấp và đánh giá hiệu quả của nó ở cả trong phòng thí nghiệm và tại bể chứa chất thải của trang trại chăn nuôi lợn. Nó cần 83 và 74 ngày để VFAs và nhu cầu o-xy sinh học hòa tan (Biological Oxygen Demand - BOD) giảm về mức 230 và 171 mg/lít, ở mức đó mùi hôi không còn được phát hiện nữa. Tuy nhiên, thời gian sục khí tùy thuộc vào nồng độ chất rắn tổng số. Tương tự, Dong và cs. (2009) nghiên cứu hệ thống sục khí giá rẻ sử dụng để giảm mùi từ bể yếm khí trang trại chăn nuôi lợn. Họ thấy rằng sục khí có hiệu quả trong việc giảm mùi nếu duy trì nồng độ DO ở mức > 0,5 mg/lít. Hơn nữa, việc sục khí trong thời gian dài (7-10 tuần) là cần thiết để giảm nồng độ các hợp chất chỉ thị sinh mùi như BOD và VFAs xuống mức chấp nhận được. Tuy nhiên, mối tương quan giữa VFAs và mùi hôi cũng bị ảnh hưởng bởi pH chất thải (Ndegwa, 2003; Loughrin, 2006). Chất thải có giá trị pH cao hoặc môi trường kiềm sẽ làm giảm sự bay hơi của VFAs và do đó giảm sự đóng góp của nó cho mùi hôi (Ndegwa, 2003). Tuy nhiên, khả năng bay hơi của ammonia tồn tại ở giá trị pH cao.

### **Công trình khí sinh học (Anaerobic digestion - AD)**

Mùi hôi từ chất thải chăn nuôi có thể giảm bằng cách xử lý bước đầu với việc áp dụng công trình khí sinh học (KSH) và tách rắn lỏng (Hjorth và cs., 2009). Công trình KSH tạo ra môi trường thích hợp cho việc phân giải các hợp chất hữu cơ đến sản phẩm cuối cùng ít mùi (Powers, 1999) và sinh khí methan (biogas) có thể dùng để đun nấu và phát điện (Hansen và cs., 2006). Powers và cs. (1999) nghiên cứu ảnh hưởng của công trình KSH đến mùi hôi và nồng độ mùi của chất thải bò sữa, và kết luận rằng thời gian lưu chất thải 20 ngày giảm nồng độ mùi hôi 50% ở trong hệ thống bể khuấy liên tục, nhưng hiệu quả giảm đi trong bể không khuấy. Zhang và cs. (2000) nghiên cứu hệ thống bể KSH xử lý hai giai đoạn và thấy rằng xử lý yếm khí chất thải chăn nuôi có tác dụng ít trong giảm mùi hôi. Hansen và cs. (2006) quan sát thấy công trình KSH rất hiệu quả trong việc giảm VFAs (từ 79 đến 97%), do đó giảm phát sinh mùi. Tương tự, một nghiên cứu khác cũng khẳng định kết quả này (Hjorth và cs., 2009). Tuy nhiên, công trình KSH không hiệu quả cho quy mô vừa và nhỏ (Powers, 1999) và cần nhiều năng lượng để vận hành hệ thống (Zhang và cs., 2000). Kết luận tương tự được đưa ra bởi Sở Thương mại Minnesota (Hoa Kỳ) rằng công trình KSH không có hiệu quả kinh tế cho trang trại ít hơn 12.000 lợn nái, nhưng công trình KSH có thể là giải pháp giảm mùi ở trang trại có quy mô đủ lớn.

### **Che đậy hồ chứa nước thải**

Hồ chứa chất thải là giải pháp phổ biến nhất và được sử dụng rộng rãi trong xử lý và lưu trữ chất thải chăn nuôi lợn bởi vì chi phí xây dựng thấp và hoạt động linh hoạt. Tuy nhiên, có

nhiều ý kiến phản đối do chúng phát tán mùi hôi. Giải pháp cho việc này là lắp đặt tấm/màng che nổi lên trên bề mặt hồ để hạn chế mùi hôi phát tán trong không khí. Có hai loại cơ bản (thấm và không thấm) màng che được sử dụng. Trong quá khứ, cả loại màng che thấm được (rom) và không thấm (nhựa hoặc vật liệu khác), cũng như tấm che áp suất không khí âm và dương đã được sử dụng để kiểm soát mùi hôi (VanderZaag và cs., 2008). Màng che nổi trên bề mặt hồ là loại đơn giản, thích hợp, và có thể áp dụng ngay được; tuy nhiên, phần lớn các nghiên cứu thấy rằng màng che bằng rom bị chìm và dễ bị phân hủy trong thời gian ngắn so với các loại màng che bằng vật liệu tổng hợp (VanderZaag và cs., 2008). Kết quả là, nó không thích hợp cho việc che phủ hồ chứa chất thải lợn (Williams, 2003), đặc biệt khi nồng độ tổng chất rắn trong hồ thấp. Nhiều nghiên cứu đã được thực hiện để đánh giá hiệu quả kiểm soát mùi hôi từ các độ dày khác nhau của rom khi dùng làm màng ngăn hồ chứa chất thải (Hudson và cs., 2008; Hörnig và cs., 1999). Phần lớn các nghiên cứu đều đồng ý rằng cần độ dày màng che >200 mm để giảm 60% mùi hôi (VanderZaag và cs., 2008).

Tương tự, vải địa kỹ thuật (vật liệu tổng hợp có thể thấm được) cũng được sử dụng để che phủ hồ chứa (Hudson và cs., 2008; Clanton và cs., 2001). Clanton và cs. (2001) thấy rằng vải địa kỹ thuật có thể giúp giảm mùi hôi tới 39% sau 10 tuần, phụ thuộc vào độ dày của vải địa. Bicudo và cs. (2004) thử nghiệm vải địa kỹ thuật (Biocap™) và thấy rằng mùi hôi giảm 51%. Hudson và cs. (2008) nghiên cứu hiệu quả của vải địa kỹ thuật polypropylene, tấm che nắng polyethylene và rom đến việc giảm mùi trong thời gian 40 tháng, và quan sát thấy rằng vải địa kỹ thuật, tấm che nắng và rom giảm mùi hôi từ hồ chứa chất thải lợn lần lượt là 76, 69 và 66%. Tuy nhiên, họ thấy rằng rom bị phân hủy và độ dày màng che mỏng đi nhanh chóng từ 100mm xuống 20mm trong vòng 12 tháng, điều này làm giảm hiệu quả ngăn mùi.

Từ các nghiên cứu trên cho thấy cả màng che thấm được và không thấm được đều giảm mùi hôi do giảm bức xạ mặt trời và hạn chế gió thổi làm phát tán mùi hôi (Varel, 2002). Tuy nhiên, màng che nổi tạo điều kiện cho N<sub>2</sub>O sản sinh, do sự hiện diện của vi sinh vật sinh N<sub>2</sub>O có trong vật liệu màng che giàu dinh dưỡng do cận của chất thải lưu trữ (VanderZaag và cs., 2008).

### **Chất bổ sung**

Chất bổ sung có khả năng kiểm soát mùi và các chất sinh mùi từ cơ sở chăn nuôi. chúng có thể làm thay đổi quá trình sinh mùi, ngăn chặn sự giải phóng của khí có mùi, hoặc ngăn ngừa sự phát tán của mùi hôi ra không khí (Miner, 1997). Đánh giá chi tiết của việc sử dụng chất bổ sung trong việc giảm NH<sub>3</sub> và mùi hôi đã được thực hiện (Varel, 2002; McCrory và Hobbs, 2001; Kim và cs., 2008). Chất bổ sung thường sử dụng nhất là hóa chất (bổ sung cho đường tiêu hóa, chất tẩy trùng, chất oxy hóa), chất hấp phụ (zeolite, bentonite) và chất bổ sung sinh học (dầu) (McCrory và Hobbs, 2001; Kim và cs., 2008ab). Chất bổ sung đường tiêu hóa chỉ hiệu quả cho một hoặc hai thành phần gây mùi hôi, và không hiệu quả cho tất cả các thành phần mùi hôi (McCrory và Hobbs, 2001) và hiệu quả của nó thường ngắn.

Tương tự, các chất khử trùng (Chlorine, hydrogen cyanamide, Ozone, etc.) có tác dụng giảm mùi trong thời gian ngắn, chúng thường đắt và độc hại. Các chất oxy hóa (e.g., potassium permanganate (KMnO<sub>4</sub>), hydrogen peroxide (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) và ozone (O<sub>3</sub>) có hiệu quả giảm mùi hôi trong thời gian ngắn (McCrory và Hobbs, 2001). Các chất bổ sung khác, như chất kháng khuẩn (có nguồn gốc thực vật) cho thấy có khả năng làm chậm hoặc ức chế sự hình thành vi khuẩn của các bon hữu cơ dễ bay hơi (volatile organic carbon - VOC), và do đó giảm phát sinh mùi (Varel, 2002). Dầu có nguồn gốc thực vật có thể hạn chế sự phân giải của hợp chất hữu cơ trong phân, do đó giảm mùi hôi (Varel, 2002). Sử dụng chất hấp phụ và chất bảo vệ (masking agents) ít có tác dụng giảm mùi.



Sử dụng chất bổ sung với hồ chứa có thể giảm một hoặc nhiều vấn đề liên quan đến các hệ thống giảm mùi khác. Patni (1992) nghiên cứu ảnh hưởng của các loại chất bổ sung sinh học và hóa học khác nhau như Agri-Scents®, Biosurge®, hydrogen cyanamide, một chất xúc tác mùi tự nhiên, than bùn, và Roebic® cho phân lợn để giảm mùi hôi, và giữ lại ni tơ và chất hữu cơ trong giai đoạn xử lý 10 tuần. Tác giả thấy rõ hiệu quả của việc sử dụng chất bổ sung trong giảm mùi hôi. Trong các chất bổ sung đó là hiệu quả nhất. Bao phủ một lớp bùn mỏng cũng làm giảm mùi và chuyển hóa chất dinh dưỡng. Tương tự, Zhu và cs. (1996) nghiên cứu ảnh hưởng của 5 chất bổ sung vào bể chứa chất thải (i.e., MPC, Bio-Safe, Shac, X-Stink (LF1), và CPPD) nhằm kiểm soát hợp chất bay hơi trong phân lợn và thấy rằng các chất bổ sung đó có tác dụng giảm mùi hôi từ 58% đến 87% so với việc không bổ sung.

Dec và cs. (2007) nghiên cứu tác dụng của việc sử dụng chế phẩm Fenton để xử lý mùi hôi từ phân lợn. Fenton được tạo thành từ việc trộn ferrous hoặc ferric iron (e.g.,  $\text{FeCl}_2$ ,  $\text{FeCl}_3$ ) với hydrogen peroxide ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ). Họ thấy rằng hiệu quả giảm mùi phụ thuộc vào nồng độ của chế phẩm Fenton, pH ban đầu và nồng độ tổng chất rắn của chất thải. Nghiên cứu này mới chỉ dừng lại ở quy mô phòng thí nghiệm và mô hình trong thời gian thử nghiệm ngắn (2-9 ngày) và pH cần được điều chỉnh (khoảng 4,0). Hơn nữa, sử dụng một lượng lớn hóa chất để làm giảm mùi là không kinh tế, an toàn cho môi trường và có thể gây độc.

Loughrin và cs. (2006) đánh giá ảnh hưởng của hệ thống xử lý nhiều giai đoạn nhằm kiểm soát mùi hôi trong một cơ sở chăn nuôi lợn. Hệ thống này có 3 bước gồm tách rắn lỏng, xử lý ni tơ sinh học (nitrat hóa và khử nitrat hóa), và xử lý phot pho (bằng cách trộn chất thải sau khi xử lý ni tơ sinh học với vôi đã tôi). Các tác giả thấy rằng có sự giảm một ít mùi giữa chất thải từ chuồng nuôi và sau khi tách rắn lỏng. Tuy nhiên, sau bước xử lý ni tơ sinh học, mùi hôi giảm 98% do sự khử nitrat hóa khi mà trong quá trình này 80%  $\text{NO}_3\text{-N}$  trong nước thải bị loại bỏ bởi vi sinh vật sử dụng các-bon hòa tan.

Kim và cs. (2008b) nghiên cứu ảnh hưởng của phương pháp pin sinh học hữu cơ (Microbial Fuel Cells - MFCs; các chủng khử sắt hòa tan) để giảm mùi từ chất thải chăn nuôi lợn và thấy rằng MFCs có tác dụng giảm mùi tới 99%. Tuy nhiên, nghiên cứu này mới chỉ dừng lại ở mức độ phòng thí nghiệm và cần thêm nghiên cứu ở trong sản xuất thực tế để đánh giá thêm hiệu quả.

### **Lọc sinh học (Biofilter)**

Lọc sinh học là công nghệ lọc không khí, công nghệ này hấp thụ khí vào tấm màng sinh học và ở đó vi sinh vật phá vỡ các hợp chất hữu cơ bay hơi và các khí vô cơ có thể oxy hóa được (Jacobson và cs., 2001). Công nghệ này được phát triển ở Đức đầu thập kỷ 80's thế kỷ 20 (Nicolai và Janni, 2000). Bởi vì hoạt động của vi sinh vật là cơ chế chính nhờ đó khí có mùi hôi được lọc, hiệu quả của hệ thống lọc phụ thuộc vào nhiệt độ, dinh dưỡng sẵn có, độ ẩm, tốc độ gió và tính acid (Zhang và cs., 2002). Tương tự, lựa chọn vật liệu lọc thích hợp là nhân tố quan trọng cho việc lọc thành công (Chen và cs., 2009), nó bao gồm: 1) Môi trường phù hợp cho vi sinh vật (độ ẩm, nhiệt độ, độ xốp, v.v.), 2) Diện tích bề mặt để tăng tối đa diện tích tiếp xúc và khả năng hấp thụ, 3) Đặc tính nén ổn định, 4) Có khả năng giữ ẩm cao, và 5) Khoảng trống nhiều để tăng thời gian lưu và hạn chế giảm áp. Để giảm mùi hiệu quả, độ ẩm của vật liệu rất quan trọng. Nói chung, độ ẩm tối ưu cho màng lọc từ 40 đến 65%, nhiệt độ từ 25 đến 50°C, và độ xốp vật liệu trong khoảng từ 40 đến 60% (Nicolai và Janni, 2000). Hartung và cs. (2001) quan sát thấy rằng hiệu quả giảm mùi của lọc khí từ 78 đến 80% với trang trại chăn nuôi lợn. Martinec và cs. (2001) thấy kết quả tương tự. Nghiên cứu ở phòng thí nghiệm cho thấy hiệu quả giảm mùi thấp sau 28h hoạt động (Chang và cs., 2004) do độ ẩm

của hệ thống lọc giảm. Hiệu quả lọc ảnh hưởng bởi nồng độ mùi của không khí đi qua hệ thống, nhưng không có mối tương quan nào giữa tốc độ khí và hiệu quả giảm mùi (Hartung và cs., 2010). Các nghiên cứu về lọc khí cho biết hiệu quả giảm mùi từ 54% đến 99% (Hahne và cs., 2005). Tuy nhiên, lọc khí dễ bị bão hòa (Feddes và Edeogu, 2001), điều này có thể làm tăng áp lực của quạt từ 25 đến 250 Pa, do đó cần nhiều năng lượng hơn để đáp ứng đủ lưu thông khí cho chuồng nuôi (Schmidt và cs., 2004).

Hệ thống lọc ngang thông thường được làm từ rác, đất, và rơm và cho thấy chiếm diện tích lớn xung quanh hệ thống thoát khí chuồng nuôi (Nicolai và cs., 2005). Điều này thúc đẩy sự cần thiết phải có hệ thống lọc và vật liệu lọc mới. Nicolai và cs. (Nicolai và cs., 2005) đã phát triển hệ thống lọc đứng để khắc phục hạn chế về diện tích. Kết quả thử nghiệm của họ thấy rằng lọc thẳng đứng có thể là lựa chọn thay thế cho hệ thống nằm ngang nhưng việc vật liệu lọc nén chặt lại theo thời gian ở hệ thống lọc đứng, do đó hạn chế không khí đi qua vật liệu lọc. Chen và cs. (2009) nghiên cứu ở quy mô mô hình vật liệu lọc là rơm gỗ (cây Tuyết Tùng và cây Phong) nhằm giảm mùi hôi, H<sub>2</sub>S, và NH<sub>3</sub> từ chuồng nuôi lợn trong 13 tuần. Họ thấy rằng vật liệu lọc từ rơm gỗ cây Phong và cây Tuyết Tùng giảm mùi hôi lần lượt là 70% và 82%. Chen và cs. (2009) cũng chỉ ra rằng độ ẩm thích hợp và hạn chế thời gian lưu là quan trọng cho hệ thống lọc có vật liệu là rơm gỗ. Schlegelmilch và cs. (2009) cũng đưa ra kết luận tương tự đó là hệ thống lọc cần tải không khí bão hòa nước để hoạt động hiệu quả. Tuy nhiên, Manuzon (Manuzon và cs., 2007) cảnh báo rằng hệ thống lọc có thể không làm giảm mùi hôi bởi vì nitrogen tích tụ ở vật liệu lọc gây ra sự giải phóng các khí ô nhiễm khác bao gồm N<sub>2</sub>O, một khí nhà kính mạnh. Đường như lọc sinh học (biofiltration) là giải pháp đơn giản xử lý hiệu quả các hợp chất sinh mùi có trong không khí. Tuy nhiên, quá trình vi sinh vật hoạt động ở vật liệu lọc rất phức tạp. Do đó, thiết kế và chỉ số hoạt động như lựa chọn vật liệu, duy trì độ ẩm tối ưu, kiểm soát sự giảm áp là rất quan trọng để hệ thống hoạt động hiệu quả.

### **Lọc acid và lọc phản ứng khử mùi sinh học**

Trong phương pháp lọc acid, hợp chất mùi hôi được đưa qua máy lọc chèn nền (scrubber-packed bed) qua việc tiếp xúc với chu kỳ tuần hoàn và dung dịch lọc (Gao và cs., 2008). Loại bỏ mùi hôi bằng lọc acid là cơ năng của việc hòa tan hợp chất gây mùi trong dung dịch và tốc độ hấp thu của dung dịch (Melse và Ogink, 2005). Lọc acid và lọc nhỏ giọt sinh học (bio-trickling filter) được phát triển để giảm NH<sub>3</sub> và mùi hôi ở trang trại chăn nuôi lợn và gia cầm ở Hà Lan (Melse và Ogink, 2005). Tăng độ xốp và thời gian lưu và do đó, giảm hiệu quả, tháp lọc acid hoặc vật liệu lọc được lấp đầy với vật liệu bọc tro và nước được tuần hoàn để giữ vật liệu luôn ẩm. Hiệu quả giảm mùi lần lượt là 29% và 49% cho lọc acid và lọc sinh học. Hiệu quả giảm mùi trung bình của lọc acid dao động giữa 29% và 34%. Ở lọc acid, hiệu quả lọc mùi thấp hơn nhiều (27%) so với hiệu quả lọc NH<sub>3</sub> (96%), do phần lớn hợp chất sinh mùi không bị giữ lại bởi acid. Khi khả năng hòa tan của các hợp chất sinh mùi dao động từ rất thấp đến rất cao, hiệu quả lọc cũng rất biến động.

Lọc hóa chất và lọc sinh học có thể rất hiệu quả trong việc giảm bụi và NH<sub>3</sub>, nhưng những giải pháp này không hiệu quả trong việc loại bỏ một số mùi điển hình (Hahne và cs., 2005). Áp dụng kết hợp cả lọc acid và lọc sinh học có thể giảm mùi 74% nồng độ thấp hơn 1000 OU/m<sup>3</sup> (Hahne và cs., 2003, 2005). Khó khăn chính gặp phải khi phát triển công nghệ lọc ướt cho các cơ sở chăn nuôi tập trung bao gồm hiệu quả thấp trong việc thu gom hợp chất gây mùi, giảm áp suất và chi phí vận hành cao. Hệ thống khử mùi sinh học được thiết kế, tối ưu hóa, và thử nghiệm để giảm mùi và NH<sub>3</sub> phát thải từ một trang trại chăn nuôi lợn. Khí mùi hôi từ lỗ thông hơi của khu ủ compost đậy kín và khí hôi từ máy tách rắn lỏng được dẫn đến

hệ thống lọc. Một máy bơm công suất 20hp hút khí từ các nguồn đó và bơm qua hệ thống lọc và xử lý bằng phương pháp sinh học (Chung và cs., 2012). Hiệu quả giảm khí NH<sub>3</sub> và H<sub>2</sub>S lần lượt là 93% và 91% trong thời gian 6 tháng hoạt động. Hệ thống lọc acid có tiềm năng áp dụng cho các trang trại chăn nuôi lợn bởi vì chúng không gây áp suất quá mức cho quạt và không làm giảm thông khí chuồng nuôi (Manuzon và cs., 2007).

### **Vành đai/Vùng đệm môi trường thực vật (Shelterbelts/ vegetative environmental buffers - VEB)**

Vành đai (Vùng đệm môi trường thực vật - VEB) là giải pháp tương đối mới nhằm giảm mùi hôi trong chăn nuôi lợn. Giải pháp này giảm mùi hôi thông qua ngăn chặn hợp chất mùi hôi và pha loãng không khí có mùi bằng cách bề gãy/trộn không khí ở trên mặt đất với các dòng khí trên cao (Tyndall và Colletti, 2007; Lin và cs., 2006). Các nguồn gây mùi thường ở gần mặt đất. Sự bốc lên của không khí có mùi ở dưới thấp này thường bị hạn chế do các điều kiện khí hậu (bất thường của nhiệt độ) và do sự lộn xộn về cấu trúc của cảnh quan (Tyndall và Colletti, 2007).

Hợp chất và hóa chất gây mùi chính được hấp phụ và chuyên chở bởi các vật chất phát sinh trong hoạt động chăn nuôi tập trung (Tyndall và Colletti, 2007; Bottcher, 2001). Sự tích tụ của các vật chất lên bề mặt cây cối xảy ra khi các luồng gió liên tiếp mang các vật chất đó bị ngăn lại bởi bề mặt nhám khí động học của thực vật như lá và cành cây (Tyndall và Colletti, 2007; Beckett và cs., 2000). Trên bề mặt nhẵn hoặc nhiều lớp của lá, các vật chất với kích thước giữa 0.1 µm và 10 µm (PM<sub>10</sub>) bị chặn lại (Beckett và cs., 2000). Parker và cs. (2012) nghiên cứu đệm môi trường thực vật với các cây, cây bụi, và thảm cỏ kết hợp với quạt điều hướng ở trong 02 trại nuôi vỗ béo lợn với 8 chuồng giống nhau từ tháng 7 đến tháng 10. Đệm môi trường thực vật giảm nồng độ mùi 49% ở trong vùng đệm và 66,3% nồng độ mùi giảm ở cách vùng đệm 15m từ cuối gió. Họ kết luận rằng đệm thực vật giảm mùi cuối gió 30m từ chuồng nuôi hoặc 15m từ đệm thực vật bằng cách tăng khả năng pha loãng mùi và hấp phụ PM<sub>10</sub> gây mùi vào thực vật. Các sợi lông nhỏ trên bề mặt lá và bề mặt thực vật không thành lớp (thân, cuống lá, vỏ cây) hoạt động như một thiết bị đánh chặn tự nhiên với các hạt trong không khí (Smith, 1984). Kết quả nghiên cứu cho thấy các hạt vật chất phát sinh từ hoạt động chăn nuôi lợn thường không ổn định về hình dạng (mảnh, sợi, hình cầu hoặc khối) và hình dạng đó là lợi thế cho các vật chất bám trên bề mặt lá (Freer-Smith và cs., 1997). Đệm thực vật giúp giảm cả tổng số hạt vật chất và khí mùi phát thải từ 40% đến 60% ở khu vực ngay sau vùng đệm trong cơ sở chăn nuôi lợn. Tuy nhiên, khía cạnh thiết kế đệm cây cối như độ cao, dài, rộng, và độ xốp (mật độ) có ý nghĩa quan trọng đến hiệu quả tổng thể.

### **Sử dụng chất thải làm phân bón cho cây trồng**

Gần như tất cả chất thải chăn nuôi được sử dụng cho cây trồng để tận dụng tối đa. Việc sử dụng chất thải cho cây trồng chịu nhiều phản ánh về mùi hôi hơn bất cứ hoạt động liên quan đến chăn nuôi nào khác (Guo và cs., 2005; Smith và cs., 2007). Thông thường, chất thải lỏng ban đầu phát sinh mùi nhiều hơn; tuy nhiên, mùi phát sinh từ chất thải rắn duy trì trong thời gian dài hơn (Smith và cs., 2007). Chất thải chăn nuôi lợn thực tế là chất thải lỏng và được bón cho cây trồng bằng cách bơm vào dưới mặt đất hoặc rải trên bề mặt đất. Bơm vào dưới bề mặt đất có thể hạn chế mùi hôi và NH<sub>3</sub> phát thải (Kempainen, 1986). Moseley và cs. (1998) cũng quan sát thấy rằng bơm xuống dưới mặt đất giảm mùi và NH<sub>3</sub> phát thải từ 80% đến 85% so với phương pháp rải phân trên bề mặt truyền thống. Hanna và cs. (2000) kết luận rằng sử dụng chất thải bón cây trồng (đưa xuống dưới bề mặt đất) có khả năng giảm mùi 20-

90% so với rải trên mặt đất.

Do lợi ích về môi trường và nông nghiệp, bơm trực tiếp hoặc rải nhanh (trong vòng 24h) trên bề mặt được xem là những giải pháp quản lý tốt nhất nhằm hạn chế phát sinh mùi từ hoạt động sử dụng chất thải cho cây trồng. Bơm trực tiếp đến độ sâu 100-150mm cần ít lực kéo trong quá trình bơm và có thể giảm mùi hiệu quả. Hai phương pháp thúc đẩy sự xâm nhập và hạn chế chất thải bay hơi vào không khí, dẫn đến giảm mùi phát sinh. Một giải pháp bón phân mới, Aerway Subsurface Deposition (SSD), phương pháp này đưa chất thải xuống dưới gần bề mặt đất và đập vụn đất bằng các mũi nhọn nhằm thúc đẩy sự thẩm thấu nhanh chất thải lỏng cũng giảm phát sinh mùi. Lau và cs. (2003) nghiên cứu AerWay SSD và thấy rằng mùi phát sinh giảm từ 8-38% khi so sánh các phương pháp rải phân truyền thống. Tuy nhiên, bơm chất thải hoặc đưa vào có tiềm năng tăng N<sub>2</sub>O phát thải so với phương pháp rải chất thải trên bề mặt (Flessa và Beese, 1999). Với hệ thống canh tác tra hạt (đất không cày xới trước khi gieo trồng), chất thải được rải trên bề mặt và không bơm sâu xuống đất. Hoạt động này phát sinh mùi nhiều hơn trong và ngay sau khi tiến hành. Tương tự, tăng tỷ lệ và bón phân sau khi mưa to sẽ phát sinh mùi nhiều hơn; tuy nhiên, bón phân trước khi mưa sẽ làm giảm phát tán mùi. Smith và cs. (2007) thấy rằng sử dụng chất thải sau khi mưa tăng mùi phát sinh 10%. Do đó, lựa chọn phương pháp và thời gian bón phân phù hợp là quan trọng để giảm mùi phát tán từ hoạt động sử dụng chất thải cho cây trồng.

## KẾT LUẬN

Vấn đề liên quan đến mùi hôi trở thành yếu tố hạn chế trong sự bền vững và phát triển của chăn nuôi. Mùi hôi phát tán từ cơ sở chăn nuôi là một quá trình phức tạp, nó phụ thuộc vào loại hình chăn nuôi, mật độ đàn vật nuôi, mùa trong năm, kiểu thời tiết địa phương, địa hình, và vị trí thụ thể liên quan đến các khu vực sản xuất. Nhiều giải pháp sẵn có để xử lý mùi hôi, nhưng việc áp dụng bị hạn chế do tính hiệu quả của giải pháp, tính phức tạp của việc sử dụng, vốn cao và chi phí vận hành, và chuyên môn cần thiết để vận hành một số hệ thống cơ giới hóa hiệu quả. Mỗi giải pháp có ưu và nhược điểm khác nhau. Tóm lại, để xử lý mùi hôi trong chăn nuôi, giải pháp đơn lẻ là không hiệu quả. Việc kết hợp các giải pháp khác nhau sẽ giảm hiệu quả mùi hôi trong chăn nuôi.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- (ATSDR) A.f.T.S.a.D.r. 2006. Public Health Statement – Hydrogen Sulfide (CAS#7783-06-4). A.f.T.S.a.D. registry, Editor.
- Alama, Eduardo Z. Evaluation of Effective Microorganism (EM) as Foul Odor Elimination in Pig and Poultry Farm, Growth Stimulant in Broilers, and as an Organic Fertilizer. In: 4th Conference on Effective Microorganism (EM) Proceedings. 1995, p. 109-118. Cerca con Google
- Arogo J, Westerman PW, Heber AJ, Robarge WP, Classen, JJ. 2002. Ammonia Emissions from Animal Feeding Operations. National Center for Manure and Animal Waste Management White Papers. North Carolina State University. Raleigh, NC. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.484.8060&rep=rep1&type=pdf>.
- Banhazi T and Cargill C. 1999. Distribution of ammonia, carbon dioxide and viable airborne bacteria in pig sheds. Proceedings of the clean air and environment conference, Melbourne, Australia, p. 53.
- Banhazi T, Aland A, Hartung J. Air Quality and Livestock Farming. London: CRC Press; 2018.
- Barber EM, Dosman JA, Rhodes CS, Christison GI, Hurst TS. 1993. Carbon dioxide as an indicator of air quality in swine buildings in livestock environment IV. Collin E an Boon C (Ed). American Society of Agricultural Engineers, pp. 626-634

- Barlh CL, Polkowski LB. 1971. Low-volume, surface layer aeration- conditioned manure storage. *Livestock Waste Management and Pollution Abatement Proc.*
- Beckett KP, Freer- Smith PH, Taylor G. 2000. Particulate pollution capture by urban trees: effect of species and wind speed. *Glob Change Biol* 6: 995-1003.
- Bicudo JR, Clanton CJ, Schmidt DR, Powers W, Jacobson LD, *et al.* 2004. Geotextile covers to reduce odor and gas emissions from swine manure storage ponds. *Appl Eng Agric* 20: 65-75.
- Blanes-Vidal V, Hansen MN, Sousa P. 2009. Reduction of odor and odorant emissions from slurry stores by means of straw covers. *J Environ Qual* 8: 1518-1527.
- Botcher RW. 2001. An environmental nuisance: Odor concentrated and transported by dust. *Chem Senses* 26: 327-331.
- Bunton, B, O'Shaughnessy P, Fitzsimmons S, Gering J, Hoff S, Lyngbye M, *et al.* 2007. Monitoring and modeling of emissions from concentrated animal feeding operations: overview of methods. *Environ Health Perspect* 115:303–307. doi: 10.1289/ehp.8838.
- Burton CH, Turner C. 1997. *Manure management - Treatment strategies for sustainable agriculture* (2nd edition) Turn-Around Typesetting ltd. Maulden, Bedford, UK.
- Cabaraux JF, Philippe FX, Laitat M, Canart B, Vandenheede M, Nicks B. *Agr Ecosyst Environ.* 2009; 130:86-92. DOI: 10.1016/j.agee.2008.11.016.
- Chang DI, Lee SJ, Choi WY, Lee SK. 2004. A pilot-scale biofilter system to reduce odor from swine operation. Paper No. 044056. ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, MI 49085-9659 USA.
- Chen L, Hoff S, Cai L, Koziel J, Zelle B. 2009. Evaluation of wood chip-based biofilters to reduce odor, hydrogen sulfide, and ammonia from swine barn ventilation air. *J Air Waste Manag Assoc* 59: 520-530.
- Chung CY, Chung PL, Liao S. 2012. Assessment of the efficiency and optimized operational conditions of Biological deodorization reactor in hog farm. *J Agri Sci Appli.*
- Clark OG, Moehn S, Edeogu I, Price J, Leonard J. 2005. Manipulation of dietary protein and nonstarch polysaccharide to control swine manure emissions. *Environ Qual* 34: 1461-1466.
- Dec J, Bruns MA, Cai L, Koziel JA, Snyder EM, *et al.* 2007. Removal of odorants from animal waste using Fenton's reaction. *International Symposium on Air Quality and Waste Management for Agriculture.* Broomfield, Colorado.
- Dong C, Zhu J, Miller CF. 2009. Evaluation of six aerator modules built on venturi air injectors using clean water test. *Water Sci Technol* 60: 1353-1359.
- Donham KJ, 1995. A review - The effects of environment conditions inside swine housing on the worker and pig health. *Manipulating Pig Production V.* Hennessy DP and Cranwell PD (Eds). Australasian Pig Sciences Association, Werribee, Australia, pp. 203-221
- Donham KJ, Haglind P, Peterson Y, Rylander R, Belin L. 1989. Environment and health studies of farm workers in Swedish swine confinement buildings. *British Journal of Industrial Medicine*; 46: 31-37.
- Feddes J JR, Qu G, Leonard J, Coleman R. 1999. Control of Dust and Odour Emissions Using Sprinkled Canola Oil in Pig Barns. *International Symposium on Dust Control in Animal Production Facilities Aarhus, Denmark, Danish Institute of Agricultural Sciences, Department of Agricultural Engineering, Research Centre Bygholm.* Horsens, Denmark.
- Feddes J, Edeogu I. 2001. Technologies for odour management. *Advances in Pork Production, Banff Pork Seminar Proceedings* 12: 109-118.
- Flessa H, Beese F. 1999. Laboratory estimates of trace gas emissions following surface application and injection of cattle slurry. *J Environ Qual* 29: 262-268
- Freer-Smith PH, Holloway S, and Goodman A. 1997. The uptake of particulates by urban woodland: Site description and particulate composition. *Environ Pollut* 95: 27-35.

- Gao L, Keener TC, Zhuang L, Siddiqui KF. 2001. A technical and economic comparison of biofiltration and wet chemical oxidation (scrubbing) for odor control at wastewater treatment plants. *Environmental Engineering Policy* 2: 203-212.
- Gralapp AK, Powers WJ, Faust MA, Bundy DS. 2002. Effects of dietary ingredients on manure characteristics and odorous emissions from swine. *Anim Sci* 80: 1512-1519.
- Guo H, Feddes J, Lague C, Dehod W, Agnew J. 2005. Downwind swine odour monitoring by trained odour assessors-Part I: Downwind odour occurrence as affected by monitoring time and locations. *Canadian biosystems engineering* 47: 1-9.
- Hahne J, Krause KH, Munack A, Vorlop KD. 2005. Bio-engineering, environmental engineering. in *In Yearbook Agricultural Engineering Muenster, Germany: VDMA Landtechnik, VDI-MEG, KTBL.*
- Hammond EG, Smith RJ. 1981. Survey of some molecularly dispersed odorous constituents in Swine house air. *Iowa State Journal of Research* 55: 393-399.
- Hanna HM, Bundy DS, Lorimor JC, Mickelson SK, Melvin SW, *et al.* 2000. Manure incorporation equipment effects on odor, residue cover, and crop yield. *J Appl Eng Agri* 16: 621-627.
- Hansen MN, Kai P, Maller HB. 2006. Effects of anaerobic digestion and separation of pig slurry on odor emission. *Appl Eng Agric* 22: 135-139.
- Hao X, Benke MB, Gibb DJ, Stronks A, Travis G, *et al.* 2009. Effects of dried distillers' grains with solubles (wheat-based) in feedlot cattle diets on feces and manure composition. *J Environ Qual* 38: 1709-1718.
- Hartung E, Jungbluth T, Buscher W. 2001. Reduction of ammonia and odor emissions from a piggery with biofilters. *Transactions of the ASABE* 44: 113-118.
- Hayes ET, Leek ABG, Curran TP, Dodd VA, Carton OT, *et al.* 2004. The influence of diet crude protein level on odour and ammonia emissions from finishing pig houses. *Bioresour Technol* 91: 309-315.
- Hjorth M, Nielsen AM, Nyord T, Hansen MN, Nissen P, *et al.* (2009) Nutrient value, odour emission and energy production of manure as influenced by anaerobic digestion and separation. *Agronomy for sustainable development* 29: 329-338.
- Hobbs PJ, Pain BF, Kay RM, Lee PA. 1996. Reduction of odorous compounds in fresh pig slurry by dietary control of crude protein. *J Sci Food Agric* 71: 508-514.
- Hogberg MG, Fales SL, Kirschenmann FL, Honeyman MS, Miranowski JA, *et al.* 2005. Interrelationships of animal agriculture, the environment, and rural communities. *J Anim Sci* 83: E13-E17
- Honeyman MS. 1996. Sustainability issues of US swine production. *J Anim Sci* 74: 1410-1417.
- Hörnig G, Türk M, Wanka U. 1999. Slurry covers to reduce ammonia emission and odour nuisance. *J Agric Eng Res* 73: 151-157.
- Hudson N, Ayoko GA, Collman G, Gallagher E, Dunlop M, *et al.* 2008. Longterm assessment of efficacy of permeable pond covers for odour reduction. *Bioresour Technol* 99: 6409-6418.
- IEEP. 2005. The environmental impacts of trade liberalization and potential flanking measures. Stage 1 of a report to DEFRA. London, Institute for European Environmental Policy
- Jacobson L, Lorimor J, Bicudo J, Schmidt D. 2001. Emission Control Strategies for Building Sources.
- Jacobson L, Johnston L, Hetchler B, Janni KA. 1999. Odor emission control by sprinkling oil for dust reduction in pig buildings. *Dust Control in Animal Production Facilities, Proc. Congress in Aarhus Danish Institute of Agricultural Sciences, Research Centre Bygholm, Horsens, Denmark: Aarhus, Denmark.* 223-230.
- Kay RM, Lee PA. 1997. Ammonia emission from pig buildings and characteristics of slurry produced by pigs offered low crude protein diets. *Proc Symp Ammonia and Odor Control from Animal Production Facilities.* Vinkeloord, The Netherlands.

- Kempainen E. 1986. Effect of cattle slurry on quantity and quality of barley and grass yield. in In Efficient Land Use of Sludge and Manure. Elsevier Applied Science Publishers, London.
- Kendall DC, Lemenager KM, Richert BT, Sutton AL, Frank JW, et al. 1998. Effects of Intact Protein Diets Versus Reduced Crude Protein Diets Supplemented with Synthetic Amino Acids on Pig Performance and Ammonia Levels in Swine Buildings. Swine Day 141-146.
- Kevin Janni. 2020. Reflections on Odor Management for Animal Feeding Operations. Atmosphere 2020, 11, 453; doi:10.3390/atmos11050453
- Kim JR, Dec J, Bruns MA, Logan BE. 2008b. Removal of odors from swine wastewater by using microbial fuel cells. Appl Environ Microbiol 74: 2540-2543.
- Kim KY, Ko HJ, Kim HT, Kim YS, Roh YM, et al. 2008a. Odor reduction rate in the confinement pig building by spraying various additives. Bioresour Technol 99: 8464-8469.
- Kim KY, Ko HJ, Kim HT, Kim YS, Roh YM, Lee CM, et al. J Environ Manage. 2008; 88:195-202. DOI: 10.1016/j.jenvman.2007.02.003.
- Kroodsmas W. 1985. Separation as a method of manure handling and odors reduction in pig buildings. in In Odor Prevention and Control of Organic Sludge and Livestock Farming. Elsevier Applied Science Publishers, London.
- Kulig, A. and R. Barczak. 2010. Effective microorganisms" (EM) in reducing noxiousness of selected odorant. Environment Protection Engineering. 36: 13-24
- Lau A, Bittman S, Lemus G. 2003. Odor measurements for manure spreading using a subsurface deposition applicator. J Environ Sci Health Part B-Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes 38: 233-240.
- Le PD, Aarnink AJA, Jongbloed AW. 2009. Odour and ammonia emission from pig manure as affected by dietary crude protein level. Livestock Science 121: 267-274.
- Lemay SP. 1999. Barn management and control of odours. Advances in Pork Production 10: 81-91.
- Lim TT, Heber AJ, Ni JQ, Kendall DC, Richert BT. 2004. Effects of manure removal strategies on odor and gas emissions from swine finishing. Transactions of the ASABE 47: 2041-2050.
- Lin XJ, Barrington S, Nicell J, Choiniere D, Vezina A. 2006. Influence of windbreaks on livestock odour dispersion plume in the field. Agric Ecosyst Environ 116: 263-272.
- Lodge Jr. J. P. 2016. Methods of Air Sampling and Analysis, 3rd Edition.
- Loughrin JH, Szogi AA, Vanotti MB. 2006. Reduction of malodorous compounds from a treated swine anaerobic lagoon. J Environ Qual 35: 194-199.
- Lu, M., et al. 2008. "Identification of odor causing compounds in a commercial dairy farm." Water Air Soil Pollut 8: 359-367
- Mackie RI, Stroot PG, Varel VH. 1998. Biochemical identification and biological origin of key odor components in livestock waste. J Anim Sci 76: 1331-1342.
- Manuzon RB, Zhao LY, Keener HM, Darr MJ. 2007. A prototype acid spray scrubber for absorbing ammonia emissions from exhaust fans of animal buildings. Transactions of the ASABE 50: 1395-1407.
- Martinec M, Hartung E, Jungbluth T, Schneider F, Wieser PH. 2001. Reduction of gas, odor, and dust emissions from swine operations with biofilters.
- McCrary DF, Hobbs PJ. 2001. Additives to reduce ammonia and odor emissions from livestock wastes: a review. J Environ Qual 30: 345-355.
- McGinn SM, Koenig KM, Coates T. 2002. Effect of diet on odorant emissions from cattle manure. Canadian J Anim Sci 82: 435-444.
- Melse RW, Ogink NWM. 2005. Air scrubbing techniques for ammonia and odor reduction at livestock operations: review of on-farm research in the Netherlands. Transactions of the ASABE 48: 2303-2313.
- Miner JR. 1997. Nuisance concerns and odor control. J Dairy Sci 80: 2667-1672.

- Mohamed, M. S. A., A. A. S. S. M. Amarasinghe and W. A. D. Nayananjalie. 2018. Use of Effective Microorganisms in Dry Zone Dairy Farms in Sri Lanka. *International Journal of Livestock Research*. 8: 50-57
- Moller HB, Lund I, Sommer SG. 2000. Solid-liquid separation of livestock slurry: efficiency and cost. *Bioresour Technol* 74: 223-229.
- Moseley PJ, Misselbrook TH, Pain BF, Earl R, Godwin RJ. 1998. The effect of injector tine design on odour and ammonia emissions following injection of biosolids into arable cropping. *J Agric Engng Res* 71: 385-394.
- Muehling AJ. 1970. Gases and odors from stored swine wastes. *J Anim Sci* 30: 526-531.
- Ndegwa PM. 2003. Solids separation coupled with batch-aeration treatment for odor control from liquid swine manure. *J Environ Sci Health B* 38: 631-643.
- Ndegwa PM, Zhu J, Luo A. 2002. SE—Structures and Environment: Effects of Solids Separation and Time on the Production of Odorous Compounds in Stored Pig Slurry. *Biosystems engineering* 81: 127-133.
- Nguyen DH, Nyachoti CM, Kim IH. 2018. Evaluation of effect of probiotics mixture supplementation on growth performance, nutrient digestibility, faecal bacterial enumeration, and noxious gas emission in weaning pigs. *Italian Journal of Animal Science*, 18(1): 466-473.
- Ni JQ, Heber AJ, Diehl CA, Lim TT. 2000. SE—Structures and Environment: Ammonia, Hydrogen Sulphide and Carbon Dioxide Release from Pig Manure in Under-floor Deep Pits. *J Agri Eng Res* 77: 53-66.
- Nicolai RE, Janni KA. 2000. Designing biofilters for livestock facilities. *Proceedings of the Second International Conference, Des Moines, Iowa, USA*.
- Nicolai RE, Lefers RS, Pohl SH. 2005. Configuration of a vertical biofilter. *Livestock Environment VII: Proceedings of the 7th International Symposium*.
- Nicolai RE, Hofer B. 2008. Swine finishing barn dust reduction resulting from an electrostatic space discharge system. *Livestock Environment VIII*.
- Nuillah M., Norfadzrin F. and Haryani H. 2018. Influence of applying effective of applying effective microorganism (EM) in controlling ammonia and hydrogen sulphide from poultry manure. *Malaysian Journal of Veterinary Research*. 9: 40-43
- Pain BF, Phillips VR, Clarkson CR, Misselbrook TH, Rees YJ, et al. 1990. Odour and ammonia emissions following the spreading of aerobically-treated pig slurry on grassland. *Biological wastes* 34: 149-160.
- Parker DB, Malone GW, Walter WD. 2012. Vegetative environmental buffers and exhaust fan deflector/deflectors for reducing downwind odor and vocs from tunnel ventilated swine barns. *Transactions of the ASABE* 55: 227-240.
- Patni NK. 1992. Effectiveness of manure additives. A report to Ontario Pork Producers Marketing Board Etobicoke, Ontario.
- Pedersen S, Nonnenmann M, Rautiainen R, Demmers TGM, Banhazi T, and cs. 2000. Dust in pig buildings. *J Agric Saf Health* 6: 261-274.
- Philippe FX, Cabaraux JF, Nicks B. *Agr Ecosyst Environ*. 2011;141:245-260. DOI: 10.1016/j.agee.2011.03.012.
- Powers WJ. 1999. Odor control for livestock systems. *J Anim Sci* 77: 169-176.
- Powers WJ, Van Horn HH, Wilkie AC, Wilcox CJ, Nordstedt RA. 1999. Effects of anaerobic digestion and additives to effluent or cattle feed on odor and odorant concentrations. *J Anim Sci* 77: 1412-1421.
- Predicala B, Nemati M, Stade S, Lagu C. *J Hazard Mater*. 2008; 154:300-309. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2007.10.026.
- Rahman S, Borhan MS. 2012. Typical Odor Mitigation Technologies for Swine Production Facilities - A Review. *J Civil Environ Eng* 2:117. doi:10.4172/2165-784X.1000117



- Rappert S, Muller R. 2005. Odor compounds in waste gas emissions from agricultural operations and food industries. *Waste Manag* 25: 887-907.
- Rumsey IC, Aneja VP. *Environ Sci Technol*. 2014; 48:1609-1617. DOI: 10.1021/es403716w.
- Schiffman SS, Bennett JL, Raymer JH. 2001. Quantification of odors and odorants from swine operations in North Carolina. *Agricult For Meteorol* 108:213-240
- Schiman, S.S.; Aurvermann, B.W.; Bottcher, R.W. Health effects of aerial emissions from animal production and waste management systems. 2006. In *Animal Agriculture and the Environment: National Center for Manure and Animal Waste Management White Papers*; Rice, J.M., Caldwell, D.F., Humenik, F.J., Eds.; ASABE: St. Joseph, MI, USA, 2006; pp. 225-262.
- Schlegelmilch M, Streese J, Stegmann R. 2005. Odour management and treatment technologies: an overview. *Waste Manag* 25: 928-939.
- Schmidt DR, Janni KA, Nicolai RE. 2004. Biofilter Design Information BAE #18, University of Minnesota, Department of Biosystems and Agricultural Engineering.
- Shurson G, Spiels M, Whitney M. 2004. The use of maize distillers dried grains with solubles in pig diets. *Pig News Information* 75N-83N.
- Smith E, Gordon R, Campbell A, Bourque CPA. 2007. An assessment of odour emissions from land applied swine manure. *Canadian Biosystems Engineering* 49: 1-8.
- Smith WH. 1984. Pollutant uptake by plants. *Air pollution and plant life*, ed. M. Treshow New York: Wiley & Sons.
- Sutton AL, Kephart KB, Verstegen MW, Canh TT, Hobbs PJ. 1999. Potential for reduction of odorous compounds in swine manure through diet modification. *J Anim Sci* 77: 430-439.
- Swierstra D, Braam CR, Smits MC. 2001. Grooved floor system for cattle housing: Ammonia emission reduction and good slip resistance. *Appl Eng Agric* 17: 85-90.
- Tyndall J, Colletti J. 2007. Mitigating swine odor with strategically designed shelterbelt systems: a review. *Agroforestry Systems* 69: 45-65.
- VanderZaag AC, Gordon RJ, Glass VM, Jamieson RC. 2008. Floating covers to reduce gas emissions from liquid manure storages: A review. *Appl EngAgric* 24: 657-671.
- Varel VH. 2002. Livestock manure odor abatement with plant-derived oils and nitrogen conservation with urease inhibitors: A review. *J Anim Sci* 80: E1-E7.
- Weijiong Li and Yongzhen Ni. 2008. Use of Effective Microorganisms to Suppress Malodors of Poultry Manure. *Journal of Crop Production*. 3: 215-221
- Westerman PW, Arogo J. 2005. Performance of a pond aeration system for treating anaerobic swine lagoon effluent.
- Westerman PW, Zhang RH. 1997. Aeration of livestock manure slurry and lagoon liquid for odor control: A review. *Appl Eng Agric* 13: 245-249.
- Xu Y-Y, Guan J-N. *Ecol Chem Eng S*. 2014; 21(1):71-77. DOI: 10.2478/eces-2014-0006.
- Yokoyama MT, Park S, Chou KC, Bursian SJ. Comprehensive review on human health effects of pork production emissions - NPB# 00-173. Research Report. Michigan State University; 2003. <https://www.pork.org/wp-content/uploads/2007/07/00-173-YOKOYAMA-MICHST.pdf>.
- Yongzhen N. and Waijiong L. 1994. Report on the Deodorizing effect of effective microorganisms (EM) in poultry production. Beijing, China. pp 402-440
- Yoon SY, Yang YX, Shinde PL, Choi JY, Kim JS, et al. 2010. Effects of mannanase and distillers dried grain with solubles on growth performance, nutrient digestibility, and carcass characteristics of grower-finisher pigs. *J Anim Sci* 88: 181-191.
- Young M C, Yun J C. 2019. Regulation of odor gas emission and performance by probiotic *Bacillus* in livestock industry. *Arch Anim Poult Sci*. 1(2): 555560.

- Zahn JA, Hatfield JL, Do YS, DiSpirito AA, Laird DA, *et al.* 1997. Haracterization of volatile organic emissions and wastes from a swine production facility. *Environ Qual* 26: 1687-1696.
- Zhang Q, Feddes J, Edeogu I, Nyachoti M, House J, *et al.* 2002. Odour production, evaluation, and control. Final report submitted to Manitoba Livestock manure management Initiative Inc, (project MLMMI 02-HERS-03).
- Zhang RH, Tao J, Dugba PN. 2000. Evaluation of two-stage anaerobic sequencing batch reactor systems for animal wastewater treatment. *Transactions of the ASABE* 43: 1795-1801.
- Zhang RH, Dugba PN, Bundy DS. 1997. Laboratory study of surface aeration of anaerobic lagoons for odor control of swine manure. *Transactions of the ASABE* 40: 185-190.
- Zhang RH, Lei F. 1998. Chemical treatment of animal manure for solid-liquid separation. *Transactions of the ASABE* 41: 1103-1108.
- Zhang RH, Westerman PW. 1997. Solid-liquid separation of animal manure for odor control and nutrient management. *Appl Eng Agric* 13: 657-664.
- Zhang ZJ, Zhu J, Park KJ. 2004. Effects of duration and intensity of aeration on solids decomposition in pig slurry for odour control. *Biosyst Eng* 89: 445-456.
- Zhu J. 2000. A review of microbiology in swine manure odor control. *Agric Ecosyst Environ* 78: 93-106.
- Zhu J, Bundy DS, Li XW, Rashid N. 1996. Reduction of odor and volatile substances in pig slurries by using pit additives. *J Environ Sci Health A* 31: 2487-2501.
- Zhu J, Ndegwa PM, Luo A. 2000. Changes in swine manure solids during storage may affect separation efficiency. *Appl Eng Agric* 16: 571-575.
- Zhu J, Zhang Z, Miller C. 2008. Odor and aeration efficiency affected by solids in swine manure during post-aeration storage. *Transactions of the ASABE* 51: 293-300.

## ABSTRACT

### **Odorous air pollution from animal feeding operation and odor mitigation technologies in the world**

Odorous air emissions from animal rearing operation are causing public nuisance. Therefore, many odor mitigation technologies were designed, developed, and assessed in the several decades to reduce odor emissions. The object of this paper is to review the previous research related to odor mitigation from animal feeding facilities and present information on the effectiveness of currently available and emerging odor mitigation technologies. This review focused on odor mitigation approaches at sheds, manure storage and handling, and land application. Several odor mitigation technologies have been suggested and evaluated including diet manipulation, supplementation of EM, additives, solid-liquid separation, aeration, anaerobic digestion, lagoon covers, biofilters, and manure injection. The effectiveness of these mitigation technologies varied widely; however, diet manipulation, EM supplement, and direct injection of manure have shown advantages over other odor mitigation methods. Diet manipulation and supplementation of EM are the first line of defense for odor mitigation. Biofilters provide solutions for treating the odorous air before releasing to atmosphere, whereas lagoon covers, aeration, and anaerobic digestion reduce or control odor emissions during manure storage and treatment. Direct injection of manure gives ultimate disposal solution and can reduce odor significantly compared to surface application.

**Keywords:** *Odor; Mitigation odor technologies*

Ngày nhận bài: 10/11/2022

Ngày chấp nhận đăng: 31/12/2022