

Nghiên cứu các thông số ảnh hưởng đến quá trình phân hủy kỵ khí rác thải hữu cơ

- Phan Công Hoàng
- Phạm Văn Kim Ngọc
- Phạm Thị Hoa

Trường Đại học Quốc Tế, ĐHQG – HCM

(Bài nhận ngày 21 tháng 09 năm 2015, nhận đăng ngày 30 tháng 08 năm 2016)

TÓM TẮT

Mặc dù phản ứng phân hủy kỵ khí rác thải hữu cơ là khả thi, và đã được bắt đầu nghiên cứu từ những năm 1990, tuy nhiên, đến hiện nay với mục tiêu tối ưu hóa hiệu suất phản ứng, tăng vận tốc phản ứng và tạo lượng khí methane lớn nhất, thì cần phải tối ưu nhiều thông số. Với mục tiêu đó, nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ, tỷ lệ phối trộn rác (S) và bùn môi (I), và nồng độ chất rắn (TS) đến quá trình phân hủy kỵ khí rác thải hữu cơ. Rác thải hữu cơ được thiết kế trong phòng thí nghiệm bằng cách sử dụng lục bình tươi (đại diện cho thành phần có nguồn gốc

thực vật trong rác thải sinh hoạt) phối trộn với phân bò (tỷ lệ 2:1), và được ủ hoại để đạt được sự đồng nhất về kích thước hạt và nhằm gia tăng tốc độ phản ứng. Nghiên cứu được thực hiện ở nhiệt độ 55 °C và 37 °C, các tỷ lệ phối trộn S: I = 1:2, 2:1, 1:1, và 5 giá trị tổng rắn bao gồm 30 %, 24 %, 18 %, 14 % và 10 %. Kết quả nghiên cứu cho thấy ở điều kiện nhiệt độ 55 °C, tổng rắn 24 % và S:I = 1:2 cho hiệu suất sinh khí methane cao nhất (3,5 mL; chiếm 70 % tổng thể tích chứa khí) sau 30 ngày phản ứng.

Từ khóa: Rác thải, phân hủy kỵ khí, yếu tố ảnh hưởng, nhiệt độ, bùn môi, nồng độ rắn, pH

MỞ ĐẦU

Xử lý rác thải sinh hoạt đang là một vấn đề lớn cho các nước trên thế giới. Hiện tại công nghệ đang được sử dụng phổ biến là chôn lấp hoặc đốt. Trong khi đó lượng rác thải phát sinh ngày càng nhiều, đặc biệt là ở các đô thị lớn. Do đó việc sử dụng công nghệ chôn lấp đang chịu áp lực rất lớn về đất đai, và những ảnh hưởng môi trường từ các bãi chôn lấp. Công nghệ đốt có thể gây ô nhiễm không khí nếu không có lò đốt hiện đại, bên cạnh đó còn làm lãng phí tài nguyên rất lớn do không tận dụng được năng lượng từ rác thải.

Một số nước phát triển đã có các biện pháp quản lý chất thải rắn hiệu quả hơn, bao gồm việc phân loại rác để tái sử dụng một số loại vật liệu như giấy, thủy tinh, nhựa, kim loại. Về thành phần hữu cơ trong rác thải sinh hoạt, công nghệ

đang được quan tâm là công nghệ compost nhằm sản xuất phân bón hữu cơ, và công nghệ phân hủy kỵ khí để sản xuất khí methane. Tiềm năng ứng dụng công nghệ phân hủy kỵ khí để sản xuất khí sinh học đối với thành phần hữu cơ của rác thải sinh hoạt là rất lớn, vì thành phần hữu cơ chiếm đến gần 50–80 % tổng khối lượng rác thải. Do đó, đã có nhiều nghiên cứu nhằm tối ưu hóa công nghệ này để có thể ứng dụng vào thực tế, và công nghệ này đã được nhiều thành phố ở Châu Âu và các nước phát triển khác ứng dụng.

Tuy nhiên, mặc dù có tiềm năng ứng dụng rất lớn nhưng công nghệ này vẫn chưa được phổ biến rộng rãi do còn gặp phải nhiều khó khăn về kinh tế và kỹ thuật. Về kỹ thuật, do thành phần vật liệu đầu vào đa dạng không đồng nhất và biến động khiến cho quá trình hoạt động không ổn

định, đồng thời rác thải có thể chứa nhiều chất có thể gây ức chế quá trình phân hủy. Bên cạnh đó, cũng chưa có các thông số tối ưu nhằm có thể vận hành hệ thống một cách tốt nhất. Những khó khăn về kinh tế bao gồm việc đầu tư hệ thống bể phản ứng khá tốn kém, và lượng khí methane sinh ra từ bể phản ứng chưa đủ để vận hành hệ thống xử lý. Do đó, các nhà khoa học trên thế giới còn phải tiếp tục nghiên cứu nhằm tối ưu hóa quá trình phản ứng và tạo ra lượng khí methane nhiều hơn [2, 3, 4, 6, 7, 10, 15].

Mặc dù phản ứng phân hủy kỵ khí rác thải hữu cơ là khả thi, và đã được bắt đầu nghiên cứu ở các nước phát triển từ năm 1990. Tuy nhiên, đến nay với mục tiêu tối ưu hóa hiệu suất phản ứng, tăng vận tốc phản ứng và tạo lượng khí methane lớn nhất, cần phải tối ưu nhiều thông số, trong đó còn nhiều điểm còn chưa hiểu rõ và cần phải tiếp tục nghiên cứu. Các yếu tố chính ảnh hưởng đến quá trình phản ứng bao gồm:

Ảnh hưởng của chất dinh dưỡng cần thiết và loại carbon: Rác thải hữu cơ đa dạng về thành phần, nhưng thường thiếu cân bằng các chất dinh dưỡng cần thiết cho phản ứng phân hủy sinh học hoạt động ổn định. Các chất dinh dưỡng thiếu bao gồm cả các nguyên tố dinh dưỡng chính (C, N và P), và các nguyên tố vi lượng [12]. Do đó khi vận hành phản ứng phân hủy kỵ khí cần phải bổ sung chất dinh dưỡng bằng cách trộn rác thải sinh hoạt với bùn thải, với hoá chất, hoặc với phế thải nông nghiệp [12]. Nghiên cứu của Dai và cộng sự [8] cho thấy khi trộn bùn đã tách nước với rác thải thực phẩm thì phản ứng phân hủy kỵ khí hoạt động ổn định hơn và tạo nhiều khí methane hơn so với phân hủy từng loại riêng biệt. Khi trộn rác thải hữu cơ với phân gia súc cũng làm cho bể phản ứng hoạt động ổn định hơn và tạo khí methane nhiều hơn [11]. Tuy nhiên, do thành phần rác thải hữu cơ thường biến động tùy theo mùa trong năm, và thay đổi với điều kiện địa phương, và việc chọn loại nguồn dinh dưỡng bổ sung cũng cần lựa chọn phù hợp với vật liệu địa

phương nhằm tối thiểu hóa chi phí và cho hiệu quả cao nhất, nên việc phối trộn giữa rác và các thành phần khác vẫn chưa có thông số tối ưu cho rác thải đô thị ở Việt Nam.

Ảnh hưởng của nhiệt độ: Có 2 khoảng nhiệt độ thích hợp cho phản ứng phân hủy kỵ khí sinh khí methane là mesophilic (25–35 °C) và thermophilic (45–55 °C). Khoảng nhiệt thermophilic thường cho hiệu suất phản ứng cao hơn và tạo nhiều khí methane hơn. Trong nghiên cứu của Cecchi và cộng sự [5], khoảng nhiệt độ thermophilic (55 °C) cho hiệu suất phản ứng gần như hoàn toàn, và lượng khí methane sinh ra cao hơn 2 đến 3 lần so với khoảng nhiệt độ mesophilic (37 °C). Tuy nhiên, để duy trì khoảng nhiệt độ thermophilic thì cần phải cấp thêm nhiệt độ cho phản ứng, và quy trình vận hành cũng như bảo dưỡng hệ thống sẽ phức tạp và tốn kém hơn so với việc vận hành ở khoảng nhiệt độ mesophilic. Do đó, cần phải xem xét hiệu quả của hai khoảng nhiệt độ này trên góc độ cân bằng năng lượng và hiệu quả chi phí để đánh giá thông số tối ưu.

Ảnh hưởng của tỷ lệ chất rắn và bùn môi: Nồng độ chất rắn và bùn môi có ảnh hưởng lớn đến hiệu suất phản ứng phân hủy. Tuy nhiên, có rất ít nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ hai thông số này đến lượng khí methane tạo thành. Mới nhất là nghiên cứu của Boulanger [4] cho thấy khi tỷ lệ giữa bùn môi và chất rắn tăng thì hiệu suất sinh khí tăng. Cũng theo kiến nghị của nghiên cứu này thì cần nghiên cứu thêm cho các loại bùn môi khác vì sự khác biệt về quần thể vi sinh giữa các mẫu bùn môi sẽ làm thay đổi tỷ lệ tối ưu giữa bùn môi và rắn.

Việc quản lý rác thải đô thị ở Việt Nam hiện nay cũng đang là một vấn đề lớn cho nhà quản lý các tỉnh thành, đặc biệt là các thành phố lớn. Hiện trạng xử lý rác thải tại Việt Nam chỉ sử dụng công nghệ chôn lấp. Việc phân loại chi thực hiện với quy mô nhỏ lẻ thông qua các vựa ve chai.

Lượng rác thải hữu cơ hoàn toàn chưa được tận dụng, và tập trung toàn bộ tại các bãi chôn lấp. Do đó, giải pháp phân hủy kỵ khí rác thải hữu cơ nhằm sinh khí methane không những giúp làm giảm đáng kể lượng rác chôn lấp, mà còn tạo ra một nguồn năng lượng tái tạo lớn. Do đó, đề tài này đã nghiên cứu các yếu tố trọng bao gồm nhiệt độ, pH, phần trăm chất rắn, tỷ lệ vi sinh vật môi, ảnh hưởng lên quá trình phân hủy kỵ khí, qua đó cung cấp các điều kiện tối ưu có thể áp dụng trong thực tế xử lý chất thải rắn tại Việt Nam.

VẬT LIỆU - PHƯƠNG PHÁP

Vi sinh vật môi (inoculums)

Vi sinh vật môi là hỗn hợp vi sinh vật yếm khí có trong bùn môi (seedling sludge) được lấy từ hệ thống xử lý nước thải kỵ khí tại nhà máy Bia Bình Tây, phường Tân Đông Hiệp, thị trấn Dĩ An, tỉnh Bình Dương, Việt Nam. Tổng khối lượng rắn (khối lượng khô) của bùn môi là 0,1 g/mL. Tổng khối lượng rắn khô được xác định bằng cách cân sấy ở nhiệt độ 105 °C sau 3 h ([1]). Bùn sau khi lấy về được giữ lạnh ở 4 °C, và được hoạt hóa lại trước khi cho vào bình phản ứng. Bùn môi được hoạt hóa bằng cách bổ sung dinh dưỡng và ủ lactic trong tủ ủ ở nhiệt độ 37 °C.

Chất thải hữu cơ

Chất thải hữu cơ được thiết kế bằng cách sử dụng lục bình (đại diện cho thành phần thực vật trong rác thải) trộn với phân bò (tỷ lệ 2:1) và đem ủ trong thời gian 1 tháng để đạt đến kích thước đồng nhất. Việc phối trộn được thực hiện trong các hộp xốp hình chữ nhật kích dung tích 20 L ở điều kiện nhiệt độ phòng. Lục bình được cắt nhỏ đến kích thước 2–3 cm và trộn với phân bò theo từng lớp. Kích thước đồng nhất dựa trên sự phân rã của lục bình từ kích thước ban đầu 2 – 3 cm đạt đến kích thước hạt khoảng 2 – 3 mm. Độ ẩm của chất thải hữu cơ là 74 %. Độ ẩm được xác định bằng cân sấy ẩm Shidmazu MOC-120H ở nhiệt độ 105 °C.

Thiết kế phản ứng

Nghiên cứu được thực hiện theo mẻ ở các điều kiện kiểm soát trong phòng thí nghiệm, sử dụng các lọ thủy tinh thể tích 25 mL. Thể tích phản ứng là 20 mL, thể tích lưu khí (headspace) là 5mL. Tổng lượng chất rắn (bao gồm rác hữu cơ và bùn môi) được cho vào lọ phản ứng theo các tỷ lệ tổng rắn khác nhau (30 %, 24 %, 18 %, 14 % và 10 %), tương ứng với khối lượng rắn là 6; 4,8; 3,6; 2,8 và 2g rắn khô/ 20 mL. Tỷ lệ phối trộn giữa rác hữu cơ và bùn môi là 1:2; 2:1; và 1:1. Đối với tổng lượng rắn 30 % chỉ thực hiện với tỷ lệ S:I = 1:2 do tổng thể tích của lọ phản ứng nhỏ. Tất cả các lọ phản ứng được thực hiện ở hai điều kiện nhiệt độ khác nhau, 55 °C và 37 °C, đặt trong các tủ ủ điều nhiệt để kiểm soát nhiệt độ (Tủ Memmert, Đức). Tất cả các thí nghiệm đều được lặp lại 3 lần, và thực hiện trong thời gian 30 ngày. Thí nghiệm kiểm soát chỉ chứa 20 g rác hữu cơ.

Sau khi cho rác vào lọ phản ứng và bổ sung nước để đạt đến thể tích phản ứng 20 mL, các lọ phản ứng được sục khí nitrogen để tạo điều kiện yếm khí, và sau đó đóng kín lọ bằng nắp cao su và nắp nhôm (PTFE septum-aluminum cap). Trong thời gian vận hành, 1 mL khí ở headspace được rút ra bằng syringe 1 mL để đo lượng khí methane tạo thành sau 0; 6; 13; 19; 23 và 30 ngày.

Phương pháp phân tích

Khí methane được đo bằng máy sắc ký khí (Agilent 7890A), cột Agilent capillary HP-5, đầu dò FID. Điều kiện vận hành: nhiệt độ cột 60 °C, nhiệt độ đầu dò 250 °C, nhiệt độ châm mẫu 250 °C, khí mang N₂, thể tích bơm mẫu 5 µL. Khí methane trong các bình phản ứng được lấy mẫu bằng các syringe 100 µL (Agilent, gas tight syringe) và bơm ngay vào máy sắc ký khí. Nồng độ khí được so sánh với đường chuẩn xây dựng với khí methane chuẩn [14, 13]

Tổng khối lượng rắn (khối lượng khô) được phân tích bằng cách sấy ở 105 °C trong 3 giờ [1]. pH được đo bằng máy đo pH. Nhu cầu oxy hóa học (COD) được xác định theo phương pháp closed reflux methods (TCVN 6491 :1999). Hàm lượng nitrogen tổng trong mẫu rắn được xác định theo phương pháp Kjeldahl.

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Ảnh hưởng của nhiệt độ

Kết quả thu được thể hiện trong Hình 1 và 2 cho thấy nhiệt độ có ảnh hưởng rõ rệt đến hiệu suất sinh khí methane. Nhiệt độ 55 °C cho hiệu suất sinh khí cao hơn 37 °C, trung bình cao hơn khoảng 1 mL đến 1,5 mL trong toàn quá trình

$$Q_{cấp} = 4200 \left(\frac{J}{kg} \cdot K \right) \times \frac{20(g)}{1000(g)} \times (55 - 37)(K) = 1512(J)$$

Nhiệt lượng cháy của khí methane là 55 MJ/kg ([9])

Qua đó có thể tính nhiệt lượng cháy do lượng khí methane chênh lệch tạo thành là:

$$Q_{cháy} = 55 \left(\frac{MJ}{kg} \right) \times \frac{1(mol) \times 1,5(ml)}{22,4 \times 10^3(ml)} \times 18 \times 10^{-3} \left(\frac{kg}{mol} \right) = 66,3 \times 10^{-6}(MJ) = 66,3 (J)$$

Qua cách tính trên cho thấy việc lựa chọn điều kiện vận hành tối ưu sẽ phụ thuộc vào mục tiêu quản lý. Nếu mục tiêu là thu được nhiệt lượng hữu ích lớn nhất thì chọn điều kiện vận hành ở 37 °C. Nếu mục tiêu là đạt được tốc độ phân hủy chất thải nhanh nhất và rút ngắn thời gian phản ứng thì chọn điều kiện vận hành ở 55 °C.

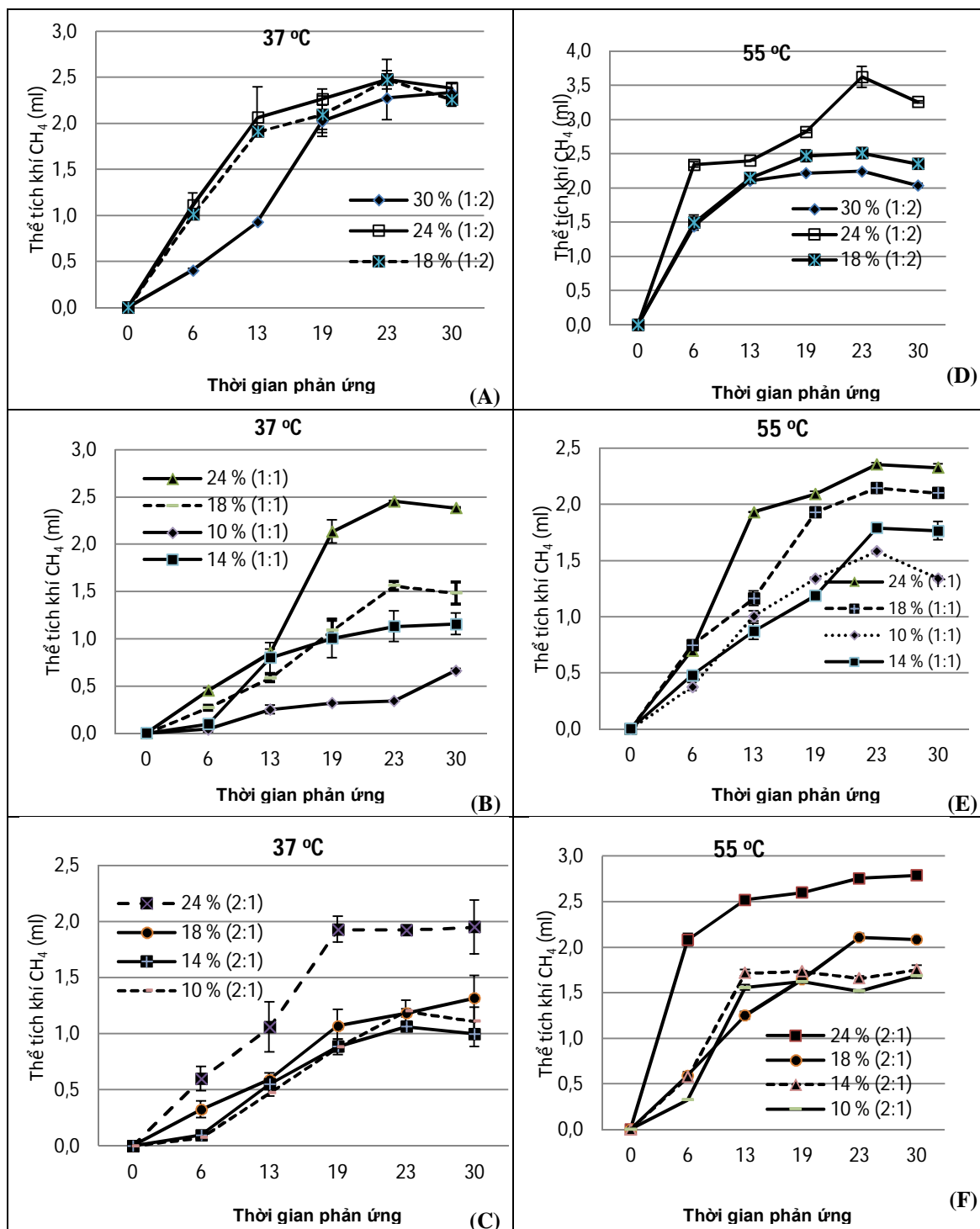
Một điểm khác biệt nữa là sự khác biệt về tốc độ phản ứng. Ở nhiệt độ 37 °C, thời gian tăng trưởng (exponential growth) của phản ứng sinh học trung bình là 13 ngày cho đa số các tỷ lệ phản ứng, trong đó thí nghiệm ở 24 % (2:1), 30

phản ứng (cụ thể đối với thí nghiệm được thiết kế trong nghiên cứu này). Do đó nếu tính lượng khí sinh ra tuyệt đối thì điều kiện 55 °C (thermophilic) cho hiệu suất sinh khí tốt hơn điều kiện 37 °C (mesophilic). Tuy nhiên, nếu tính nhiệt lượng thu được tương đối thì để đạt được điều kiện thermophilic 55 °C cần phải cung cấp nhiệt cho bình phản ứng.

Trong thiết kế thí nghiệm của nghiên cứu này, nhiệt lượng cần cung cấp để tăng nhiệt từ 37 °C lên 55 °C có thể tính như sau (giả sử nhiệt dung riêng của hỗn hợp phản ứng bằng với nhiệt dung riêng của nước, và bỏ qua các tổn thất nhiệt trong quá trình truyền nhiệt):

% (1:2) và 24 % (1:1) có thời gian tăng trưởng kéo dài đến 19 ngày. Ở nhiệt độ 55 °C, thời gian tăng trưởng trung bình là 6 ngày, chỉ có một số thí nghiệm kéo dài đến 13 ngày, bao gồm 24 % (1:1), 14 % (2:1); và 10 % (2:1).

Nhìn chung, có thể kết luận rằng ở nhiệt độ cao 55 °C quá trình phân hủy diễn ra nhanh hơn và cho lượng khí tạo thành lớn hơn ở nhiệt độ 37 °C. Tuy nhiên, lượng khí chênh lệch không đủ để thực hiện việc cung cấp nhiệt để nâng nhiệt độ phản ứng (chỉ đáp ứng khoảng 4 % nhiệt lượng cần thiết).



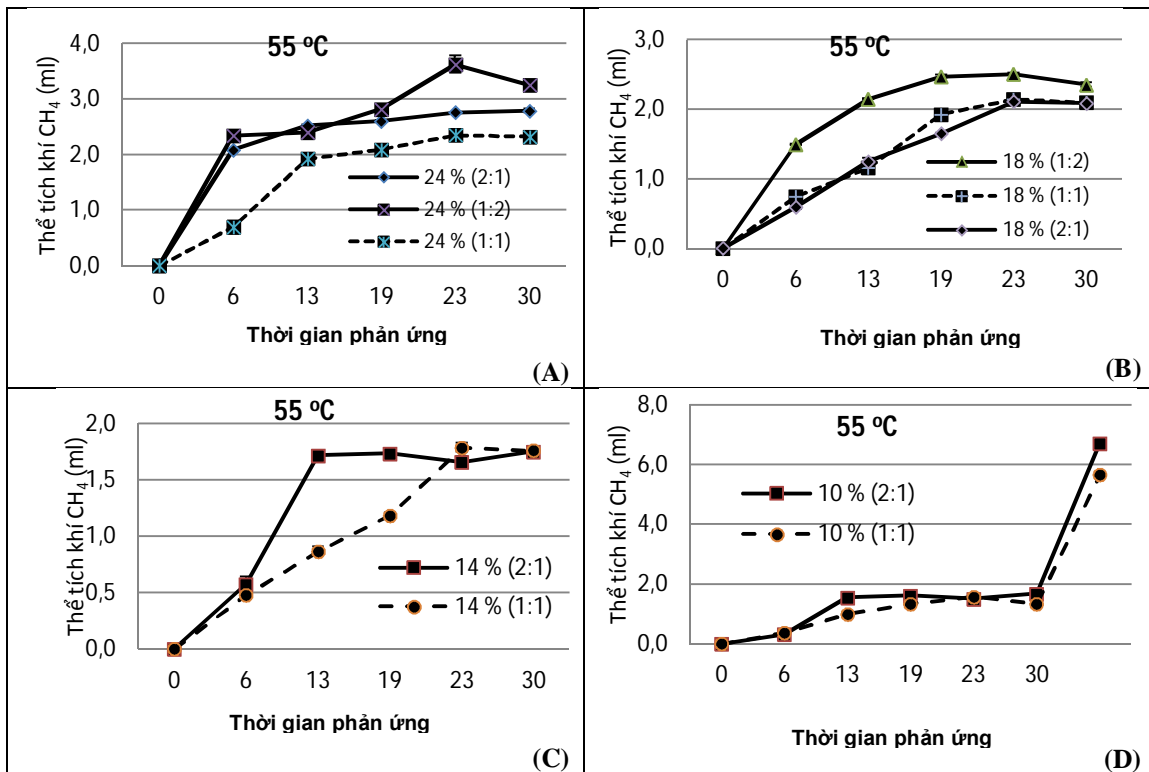
Hình 2. Ảnh hưởng của % khối lượng rắn đến thể tích khí methane tạo thành theo thời gian ở nhiệt độ 37 °C [tỷ lệ phối trộn 1:2 (Hình A), 1:1 (Hình B), 2:1 (Hình C)] và ở nhiệt độ 55 °C [tỷ lệ phối trộn 1:2 (Hình D), 1:1 (Hình E), 2:1 (Hình F)]. Sai số thể hiện trên hình là \pm SD

Ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn rác bùn môi

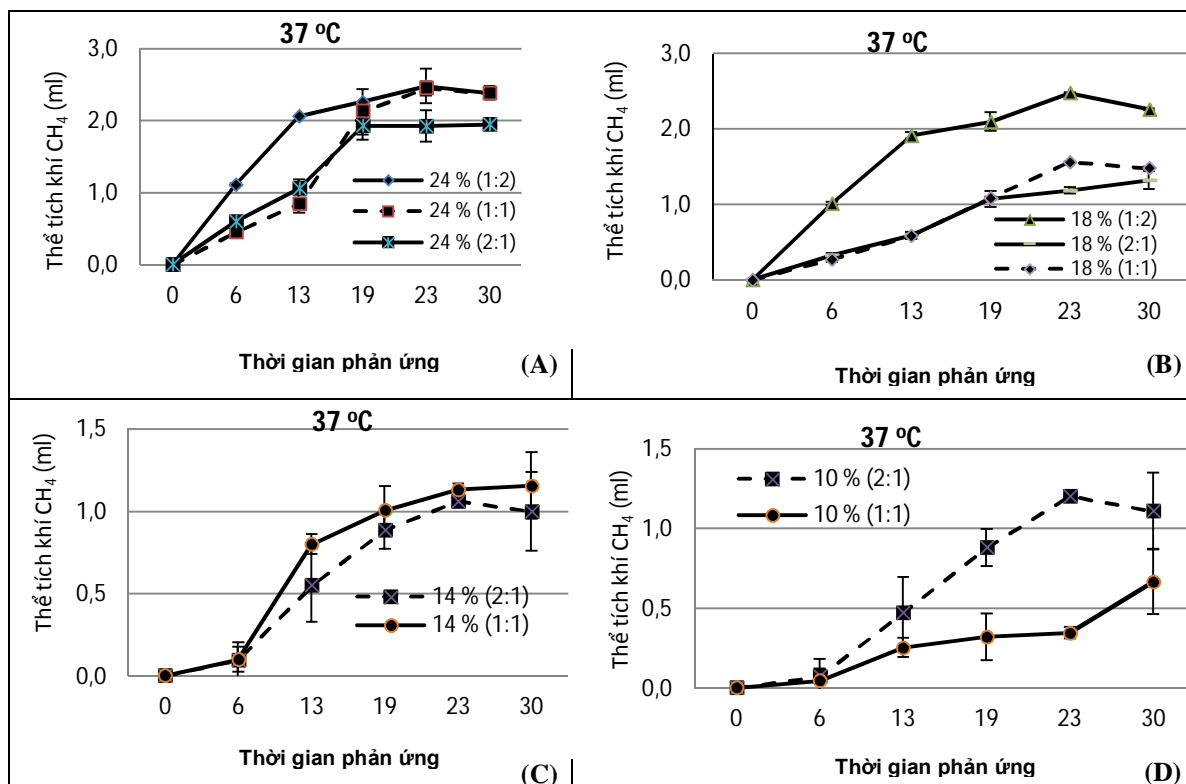
Số liệu trong Hình 3 và Hình 4 cho thấy tỷ lệ phối trộn có tác động đến lượng khí methane tạo thành ở tất cả các lượng rắn khác nhau. Ở cả hai nhiệt độ 55 °C và 37 °C, tỷ lệ phối trộn cho hiệu suất khí cao nhất là 1:2. Tuy nhiên tỷ lệ 1:1 và 2:1 cho hiệu suất khí không khác biệt nhau rõ ràng ở cả hai mức nhiệt độ, và thấp hơn hẳn so với tỷ lệ 1:2.

Nhận xét về quá trình sinh khí methane, giai đoạn tăng trưởng (exponential growth) xảy ra

ngắn nhất ở tỷ lệ phối trộn rắn: bùn môi = 1:2 (khoảng 13 ngày ở 37 °C, và 6 ngày ở 55 °C), và kéo dài dần ra ở các tỷ lệ phối trộn 1:1 và 2:1 (khoảng 19 ngày ở 37 °C và 13 ngày ở 55 °C). Qua đó cho thấy vai trò của lượng bùn môi trong tổng thể tích phản ứng. Quần thể vi sinh vật yếm khí có trong bùn môi làm đẩy nhanh quá trình phân hủy và cho lượng khí sinh ra nhiều hơn.



Hình 3. Ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn đến thể tích khí methane tạo thành ở 55 °C theo thời gian ở các nồng độ rắn 24 % (Hình A), 18 % (Hình B), 14 % (Hình C), và 10 % (Hình D). Sai số thể hiện trên hình là ± SD



Hình 4. Ảnh hưởng của tỷ lệ phối trộn đến thể tích khí methane tạo thành ở 37 °C theo thời gian ở các nồng độ rắn 24 % (Hình A), 18 % (Hình B), 14 % (Hình C), và 10 % (Hình D). Sai số thể hiện trên hình là \pm SD

Tổng các kết quả trên cho thấy điều kiện sinh khí tốt nhất là 55 °C, 24 % rắn, và tỷ lệ phối trộn rắn: bùn môi = 1:2. Tuy nhiên, nếu xét lượng nhiệt hữu ích thu được thì điều kiện sinh khí tối ưu là 37 °C, 24 % rắn, và tỷ lệ phối trộn rắn: bùn môi = 1:2.

Đánh giá sự biến động pH

Dựa trên kết quả đã tìm thấy ở phần trước, tỷ lệ phối trộn rắn: bùn môi = 1:2 cho hiệu suất sinh khí cao nhất. Do đó cần phải tiếp tục đánh giá sự

thay đổi pH ở tỷ lệ phối trộn này để làm cơ sở cho việc phân tích ảnh hưởng của pH lên quá trình phân ứng. Bảng 1 cho thấy sự thay đổi pH ở các thành phần rắn khác nhau ở tỷ lệ phối trộn 1:2. Giá trị pH không thay đổi nhiều trước và sau 30 ngày phản ứng, giá trị pH giảm khoảng 0,14 đến 0,22 đơn vị, tuy nhiên vẫn ở trong ngưỡng tối ưu cho phân hủy kỵ khí. Qua đó có thể nói là các điều kiện vận hành khác nhau không tác động đáng kể đến giá trị pH.

Bảng 1. Giá trị pH ở các thí nghiệm với tỷ lệ phối trộn 1:2

% rác	pH ban đầu	pH sau 30 ngày	
		55 °C	37 °C
30 %	7,23 \pm 0,01	7,09 \pm 0,01	7,08 \pm 0,01
24 %	7,24 \pm 0,01	7,07 \pm 0,01	7,06 \pm 0,01
18 %	7,27 \pm 0,01	7,09 \pm 0,01	7,08 \pm 0,01
14 %	7,33 \pm 0,01	7,17 \pm 0,01	7,13 \pm 0,01
10 %	7,42 \pm 0,01	7,20 \pm 0,01	7,17 \pm 0,01

KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã đánh giá được tác động của nhiều thông số lên quá trình phân hủy kỵ khí rác thải hữu cơ, bao gồm nhiệt độ, % tổng lượng chất rắn, tỷ lệ phối trộn giữa rác và bùn môi, và sự biến động pH. Đối với vật liệu được thiết kế và sử dụng trong nghiên cứu này điều kiện tối ưu để sinh lượng khí methane lớn nhất và thời gian phản ứng ngắn nhất là 55 °C, 24 % tổng lượng rắn, tỷ lệ phối trộn rắn: bùn môi = 1:2. Giá trị pH biến động rất nhỏ trong quá trình phản ứng. Điều này cho thấy quá trình ủ vật liệu có tác động

kiểm soát sự giảm pH trong quá trình phản ứng phân hủy kỵ khí.

Tuy nhiên, nghiên cứu này chưa đánh giá về vai trò của quần thể vi sinh ở các điều kiện phản ứng khác nhau, cũng như chưa đánh giá về cơ chế phản ứng sinh học diễn ra trong các điều kiện khác nhau. Đây có thể là cơ sở cho các nghiên cứu tiếp theo của nhóm tác giả để tiếp tục đánh giá cơ chế của quá trình này.

Lời cảm ơn: Nghiên cứu này được tài trợ bởi Trường Đại học Quốc Tế, ĐHQG-HCM trong đề tài mã số T2014-19-BT.

Investigation of factors affecting on the anaerobic degradation of organic waste

- Phan Cong Hoang
- Pham Van Kim Ngoc
- Pham Thi Hoa

University International, VNU – HCM

ABSTRACT

Although anaerobic degradation reactions of organic waste are feasible, and have been studied since 1990. However, until now, optimizing the reaction rate to get the highest methane yield is still needed. Therefore, it is necessary to optimize the operational parameters. The goal of this study is to investigate the impacts of temperature, ratio of solid waste and inoculum, and total solid percentage to the anaerobic degradation reactions. Solid waste was the mixture of water hyacinth (representative of plant components in

the organic waste stream) and cow manure (ratio of water hyacinth: cow manure = 2:1). The mixture was composted until getting a homogenous texture in order to facilitate for the anaerobic digestion process. Two temperature conditions (55 °C and 37 °C), three solid waste-inoculum (S:I) ratios (1:2, 2:1, 1:1) and five percentages of total solid (30 %, 24 %, 18 %, 14 %, 10 %) were investigated. The result indicated that in the thermophilic condition (55 °C), 24 % TS, and S:I ratio of 1:2, the reactor generated the highest methane yield after 30 days.

Keyword: Anaerobic degradation, total solid (TS), solid-inoculum (S:I) ratio, municipal solid waste, inoculum, methane, mesophilic, thermophilic.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation, and Water Environment Federation. *Standard methods for the examination of water and wastewater*, 2, American Public Health Association (1915).
- [2]. B. Vincent, A.D. Guardia, J.C. Benoist, M. Daumoin, M. Lemasle, D. Wolbert, S. Barrington. Odorous gaseous emissions as influence by process condition for the forced aeration composting of pig slaughterhouse sludge, *Waste Management*, 34, 7, 1125–1138 (2014).
- [3]. H. Bouallagui, Y. Touhami, R.B. Cheikh, M. Hamdi, Bioreactor performance in anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes, *Process Biochemistry*, 40, 3, 989–995 (2005).
- [4]. B. Anthony, E. Pinet, M. Bouix, T. Bouchez, A.A. Mansour, Effect of inoculum to substrate ratio (I/S) on municipal solid waste anaerobic degradation kinetics and potential, *Waste Management*, 32,12, 2258–2265 (2012).
- [5]. C. Franco, P. Pavan, J.M. Alvarez, A. Bassetti, C. Cozzolino, Anaerobic digestion of municipal solid waste: thermophilic vs. mesophilic performance at high solids, *Waste Management & Research*, 9, 1, 305 – 315 (1991).
- [6]. C. Ye, J.J. Cheng, K.S. Creamer, Inhibition of anaerobic digestion process: a review, *Bioresource Technology*, 99,10, 4044 – 4064 (2008).
- [7]. C.J. Kyoung, S.C. Park, H.N. Chang, Biochemical methane potential and solid state anaerobic digestion of Korean food wastes, *Bioresource Technology*, 52, 3, 245–253 (1995).
- [8]. D. Xiaohu, N. Duan, B. Dong, L. Dai, Steady state model of solid-state anaerobic digestion of dewatered sludge under mesophilic conditions, *Procedia Environmental Sciences*, 18, 703–708 (2013).
- [9]. Energy Content of some Combustibles (in MJ/kg), People.hofstra.edu. Cập nhật ngày 30 tháng 3 năm 2014.
- [10]. G. Ruth, Mesophilic anaerobic treatment of sludge from saline fish farm effluents with biogas production, *Bioresource Technology*, 93, 2,155–167 (2004).
- [11]. H. Hinrich, B.K. Ahring, Anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste: influence of co-digestion with manure, *Water Research*, 39, 8, 1543–1552 (2005).
- [12]. M. Kayhanian, D. Rich, Pilot-scale high solids thermophilic anaerobic digestion of municipal solid waste with an emphasis on nutrient requirements, *Biomass and Bioenergy*, 8, 6, 433–444 (1995).
- [13]. Makkar, P.S. Harinder, E. Philip, Vercoe, eds, *Measuring methane production from ruminants*, Dordrecht, The Netherlands: Springer (2007).
- [14]. P.T. Hoa, K. Suto, C. Inoue, Trichloroethylene transformation in aerobic pyrite suspension: pathways and kinetic modeling, *Environmental Science & Technology*, 43, 17, 6744 – 6749 (2009).
- [15]. X. Fuqing, J. Shi, W. Lv, Y. Zhongtang, Y. Li, Comparison of different liquid anaerobic digestion effluents as inocula and nitrogen sources for solid-state batch anaerobic digestion of corn stover, *Waste Management*, 33, 1, 26–32 (2013).