

CÔNG NGHỆ PHÂN HỦY KỶ KHÍ CHẤT THẢI RẮN SINH HOẠT VÀ KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG TẠI VIỆT NAM

ANAEROBIC DIGESTION OF MUNICIPAL SOLID WASTE TECHNOLOGY AND THE POSSIBILITY TO APPLY IN VIETNAM

LÊ THỊ KIM OANH^(*)

TÓM TẮT: Ở các nước đang phát triển như Việt Nam hiện có tốc độ tăng trưởng kinh tế và gia tăng dân số cao, hệ quả là khối lượng chất thải rắn tăng nhanh qua các năm đòi hỏi phải liên tục đầu tư và xây dựng các nhà máy xử lý. Mục đích của nghiên cứu này là giới thiệu một công nghệ “mới” ở Việt Nam nhưng không “mới” ở các nước phát triển, tạo nhiều cơ hội hơn cho các nhà quản lý để lựa chọn cho địa phương mình một công nghệ xử lý chất thải rắn thích hợp. Nghiên cứu phân tích đặc điểm của công nghệ phân hủy kỵ khí chất thải rắn sinh hoạt hữu cơ có khả năng phân hủy sinh học và các yếu tố tác động đến hiệu quả của công nghệ khi áp dụng với thành phần chất thải và điều kiện tự nhiên cũng như điều kiện kinh tế - xã hội của Việt Nam.

Từ khóa: chất thải rắn sinh hoạt, phân hủy kỵ khí, công nghệ biocell, công nghệ orgaworld, chi phí xử lý.

ABSTRACT: In developing countries like Vietnam has high economic and population growth rate. The result is discharging high amount of municipal solid waste which requires the continuous investing and building the new municipal solid waste treatment factories. The purpose of this research is to introduce a “new” municipal solid waste treatment technology in Vietnam but is not “new” in developed countries. This activity creates more opportunities for managers to choose the best technology for their local requirements. The study analyzes the characteristics of anaerobic digestion technology of solid waste and the impact factors affect the efficiency of the technology as applied to the waste composition and natural conditions as well as economic conditions – social of Vietnam.

Key words: municipal solid waste, Anaerobic digestion, Biocell technology, orgaworld technology, treatment cost.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Công nghệ phân hủy kỵ khí đã được minh chứng và ứng dụng rộng rãi để xử lý chất thải rắn hữu cơ và hỗn hợp của loại chất thải này với các thành phần hữu cơ thải khác. De Baere đã dự đoán là công nghệ phân hủy kỵ khí sẽ tăng nhanh trong thời gian tới [5]. Như thế, các công trình xử lý chất thải rắn hữu cơ bằng công nghệ phân hủy kỵ khí đã gia tăng đáng kể tại châu Âu trong thời gian qua. Ưu và nhược

điểm của công nghệ phân hủy kỵ khí chất thải rắn hữu cơ được trình bày trong Bảng 1.

Theo tính toán, đến cuối năm 2010, công suất của hơn 200 nhà máy ủ kỵ khí chất thải rắn hữu cơ và các thành phần hữu cơ thải khác ở 17 nước tại châu Âu vào khoảng 6 triệu tấn/năm [1]. Vào năm 2010 thì tiềm năng thu hồi năng lượng từ các loại chất thải bằng công nghệ kỵ khí ở châu Âu được tính toán vào khoảng 5.300 - 6.300 MW và trên toàn thế giới vào khoảng 20.000 MW [6].

^(*) TS. Trường Đại học Văn Lang, Email: lethikimoanh@vanlanguni.edu.vn

Việc xây dựng các qui định, các cơ chế quản lý mới để thúc đẩy việc ứng dụng công nghệ sản xuất năng lượng sạch (biogas) đồng thời tăng cường hiệu quả của công nghệ có thể giúp việc ứng dụng các công nghệ này rộng rãi hơn. Cụ thể như: (1) Thuế gây biến đổi khí hậu (Climate Change Levy - CCL) được áp dụng ở Anh, là thuế đánh trên việc sử dụng năng lượng gây phát thải ô nhiễm với mục đích sử dụng năng lượng hiệu quả hơn và giảm phát thải carbon; (2) Chỉ thị tổng hợp kiểm soát và hạn chế ô nhiễm (Integrated Pollution Prevention and Control - IPPC). Chỉ thị tập trung vào việc hạn chế ô nhiễm do hoạt động công nghiệp tại châu Âu; (3) Hướng dẫn quản lý môi trường tại bãi chôn lấp của các nước thành viên châu Âu (Landfill Directive). Mục đích là để hạn chế đến mức tối đa các ảnh hưởng môi trường, ô nhiễm nước mặt, nước ngầm, đất và không khí, cũng như những rủi ro cho sức khỏe con người do các hoạt động của bãi chôn lấp.

2. CÔNG NGHỆ PHÂN HỦY KỶ KHÍ

Tương tự công nghệ compost, công nghệ phân hủy kỵ khí chất thải rắn hữu cơ cũng gồm 3 giai đoạn: (1) Tiền xử lý - phân loại chất thải, phối trộn chất thải; (2) Quá trình phân hủy sinh học kỵ khí nhờ vi sinh vật; (3) Hậu xử lý - ủ compost hoặc xử lý chất thải đã phân hủy kỵ khí. Hình 1 trình bày các công đoạn của quá trình ủ kỵ khí.

- Giai đoạn tiền xử lý trong công nghệ kỵ khí tương tự như công nghệ ủ compost, đây là giai đoạn phân loại chất thải để lựa chọn thành phần hữu cơ có khả năng phân hủy sinh học. Đây là một công đoạn phức tạp đòi hỏi đầu tư nhiều thiết bị và nhân công, đặc biệt đối với chất thải hỗn hợp như của Thành phố Hồ Chí Minh. Hầu hết các công nghệ phân hủy kỵ khí đều đòi hỏi công đoạn phân loại chất thải. Chỉ có công nghệ phân hủy kỵ khí khô dạng mẻ là có thể ủ chất thải hỗn hợp chưa qua phân loại.

- Quá trình phân hủy sinh học kỵ khí chất thải rắn hữu cơ được thực hiện bởi vi sinh vật trong điều kiện không có oxy. Sản phẩm của quá trình là biogas, có thành phần chủ yếu là methane (50 - 65%) và carbon dioxide (35 - 50%). Quá trình phân hủy kỵ khí bao gồm 4 bước: thủy phân, acid hóa, aceton hóa và methane hóa. Điều kiện tốt để quá trình được thực hiện là pH nằm trong khoảng trung tính, nhiệt độ ổn định ở khoảng mesophilic (30 - 35°C) hoặc thermophilic (50 - 60°C) và hàm lượng chất hữu cơ đầu vào ổn định [10].

- Giai đoạn hậu xử lý của công nghệ phân hủy kỵ khí bao gồm 2 hoạt động chính: (1) Xử lý khí biogas để đạt chất lượng khí phát điện. Trong đó gồm các quá trình: lọc bụi, tách nước và tách khí acid; (2) Quá trình ủ hiếu khí chất hữu cơ đã qua ủ kỵ khí nhằm tiếp tục xử lý các thành phần hữu cơ còn lại để tạo sản phẩm ổn định là compost.

Theo số liệu của Hội Đồng châu Âu (2006), phân hủy kỵ khí khô cần 78 lít nước và 50 - 55kw điện để phân hủy 1 tấn (ướt) chất thải rắn hữu cơ ở châu Âu. Với điều kiện ở các nước nhiệt đới ẩm có độ ẩm trong chất thải rắn cao và nhiệt độ môi trường cao và ổn định thì nhu cầu về nước và điện sẽ thấp hơn.

2.1. Phân loại công nghệ phân hủy kỵ khí

Nhiều tác giả phân loại công nghệ phân hủy kỵ khí chất thải rắn hữu cơ dựa trên sự phân biệt giữa các quá trình: (1) Phân hủy kỵ khí ướt và kỵ khí khô; (2) Phân hủy kỵ khí dạng mẻ và dạng liên tục; (3) Phân hủy kỵ khí một giai đoạn và hai giai đoạn; (4) Phân hủy kỵ khí ở nhiệt độ Mesophilic (nhiệt độ trung bình 35°C) và Thermophilic (55°C). Sự khác nhau giữa các công nghệ phân hủy kỵ khí đang ứng dụng hiện nay trên thế giới thực chất là sự kết hợp của 4 quá trình này trong từng công nghệ [6], [9], [19]. Hình 2 trình bày tổng quan về các quá trình phân hủy kỵ khí chất thải rắn hữu cơ.

Bảng 1. Ưu và nhược điểm của công nghệ phân hủy kỵ khí chất thải rắn hữu cơ

Ưu điểm	Nhược điểm
- Công nghệ phân hủy kỵ khí giúp thể tích khối chất thải giảm đáng kể (50 - 75%) và sản phẩm sau phân hủy có thể dùng để sản xuất compost. - Thể tích khối khí biogas sinh ra từ công nghệ phân hủy kỵ khí chất thải rắn hữu cơ cao (80 – 200 m³/tấn ướt). - Sản lượng compost vào khoảng 50% khối lượng chất thải rắn hữu cơ đầu vào và khoảng 25-30% khối lượng chất thải rắn sinh hoạt chưa phân loại của Thành phố Hồ Chí Minh. - Khả năng thu hồi dinh dưỡng từ chất thải đã giúp công nghệ phân hủy kỵ khí có ưu thế cao so với công nghệ lò đốt hoặc bãi chôn lấp. - Công nghệ phân hủy kỵ khí có ưu thế cao khi xử lý chất thải rắn hữu cơ có độ ẩm cao trong khi công nghệ lò đốt và compost lại rất nhạy cảm với độ ẩm. - Bên cạnh đó công nghệ phân hủy kỵ khí còn có nhiều lợi ích khác như nhu cầu sử dụng đất thấp hơn bãi chôn lấp và compost, cơ hội tái sử dụng cao hơn (chất thải tái chế, biogas, compost). - Công nghệ phân hủy kỵ khí hạn chế phát thải CO₂ cao hơn công nghệ compost và bãi chôn lấp, đạt giá trị cao trong các chương trình liên quan đến phát thải carbon như CDM, JCM (Japan Clean Mechanism).	- Công nghệ ủ kỵ khí chưa được ứng dụng ở Việt Nam nên các nhà đầu tư vẫn còn nhiều quan ngại khi áp dụng. - Quá trình phân hủy kỵ khí khó có thể phân hủy lignin - là thành phần chính có trong các loại chất thải từ gỗ. - Công nghệ phân hủy kỵ khí cần vốn đầu tư cao, chi phí vận hành và bảo trì lớn hơn công nghệ compost. - Quá trình ủ kỵ khí phức tạp hơn, đòi hỏi kỹ thuật vận hành tốt hơn so với công nghệ compost. - Chất hữu cơ sau quá trình phân hủy kỵ khí thường chưa ổn định, cần phải được xử lý ở công đoạn tiếp theo để đạt tiêu chuẩn xả thải hoặc đạt chất lượng compost. - Chất hữu cơ sau ủ kỵ khí có mùi hôi thối, ảnh hưởng đến môi trường, gây khó khăn cho các công đoạn xử lý tiếp theo. - Trong trường hợp địa phương không có nhu cầu sử dụng biogas, hoặc trong trường hợp của Việt Nam vẫn còn bao cấp giá điện đã làm cho hiệu quả cạnh tranh của sản phẩm biogas thấp, gây ảnh hưởng đến khả năng ứng dụng công nghệ.

Nguồn: [5], [6],[8], [9], [10], [11],[16],[17, tr.701 – 713] và [20]

2.1.1. So sánh quá trình ủ kỵ khí ướt và ủ kỵ khí khô

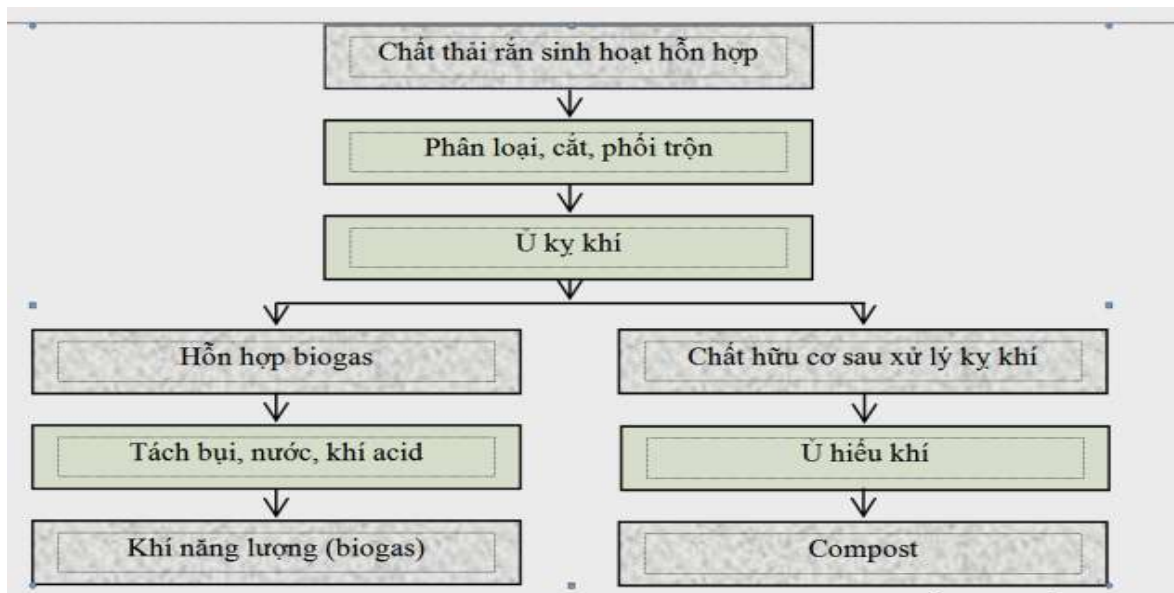
Nồng độ tổng chất rắn (Total Solid) là một thông số quan trọng trong bể ủ kỵ khí, đối với CTR được đo bằng chỉ tiêu hàm lượng chất khô (%DM). Căn cứ trên tỷ lệ DM, công nghệ phân hủy kỵ khí được chia thành 2 nhóm: ủ kỵ khí ướt và ủ kỵ khí khô. Chất thải rắn có DM lớn hơn 15 - 20% tổng khối lượng chất thải hữu cơ được xem là ủ kỵ khí ướt [17, tr. 687]. Ủ

kỵ khí phù hợp cho đối tượng có độ ẩm cao (DM thấp). Quá trình phân hủy kỵ khí có thể xảy ra trong hỗn hợp chất thải có DM giao động từ 1% (nước thải) đến 40%. DM trong hỗn hợp càng cao càng gia tăng khả năng ảnh hưởng xấu đến quá trình phân hủy kỵ khí do gia tăng ức chế từ ammonium và gia tăng độ độc của các loại muối [8].

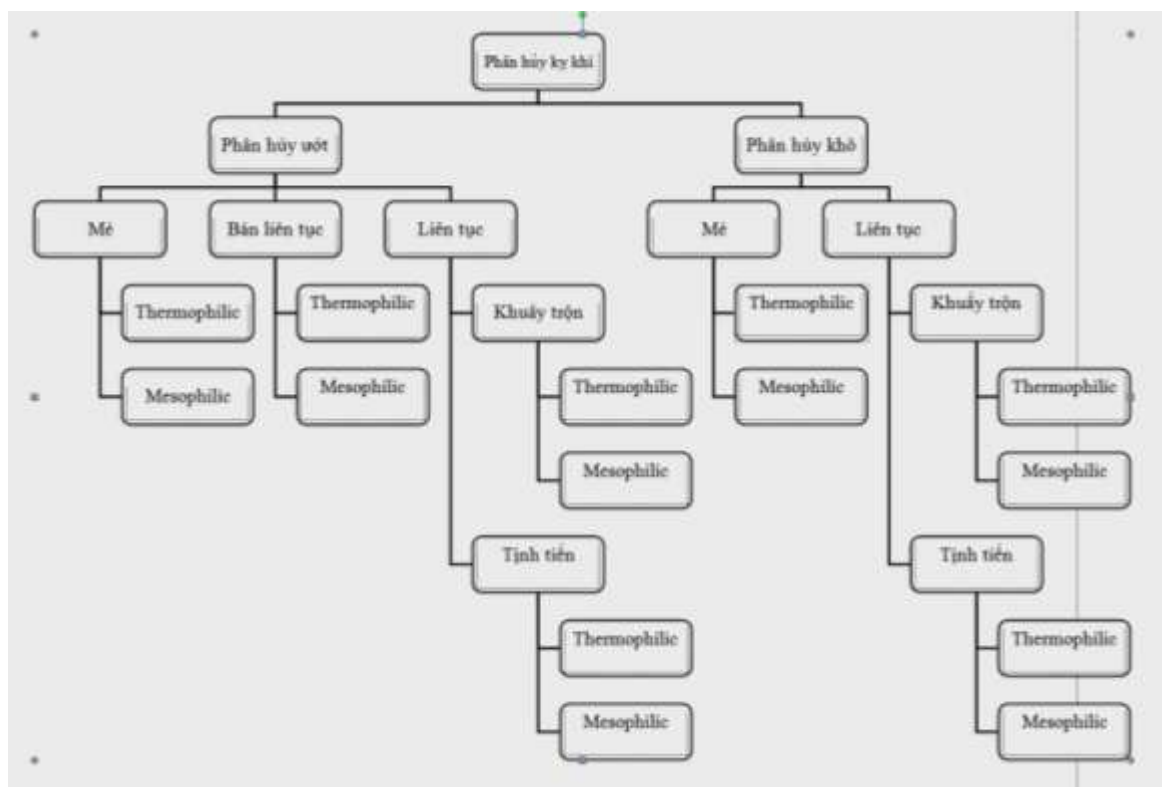
Do chất thải rắn hữu cơ ở Việt Nam có độ ẩm cao, khoảng 70% (DM= 30%), công nghệ phân hủy kỵ khí đơn giản nhất để ủ loại chất

thải này là quá trình ủ kỵ khí khô [9]. Công nghệ phân hủy kỵ khí khô được tính vào khoảng 54% thị phần trên toàn châu Âu vào năm 2000 [10]. Một nghiên cứu khác đã khảo

sát 130 nhà máy phân hủy kỵ khí lớn trên thế giới thì có đến 67% đã áp dụng công nghệ kỵ khí ướt, phần còn lại là công nghệ kỵ khí khô [16].



Hình 1. Các công đoạn của công nghệ phân hủy kỵ khí



Hình 2. Tổng quan về các quá trình ủ kỵ khí chất thải rắn hữu cơ [6]

2.1.2. So sánh quá trình ủ kỵ khí dạng mẻ và dạng liên tục

Phân loại theo dòng chất thải ra vào bể ủ kỵ khí, quá trình ủ kỵ khí được phân thành 3 loại, ủ kỵ khí dạng mẻ, dạng liên tục và dạng bán liên tục. Quá trình xử lý dạng liên tục chủ yếu áp dụng đối với chất thải có độ ẩm cao (dạng dung dịch) như nước thải, phân, bùn lỏng. Trong khi quá trình xử lý dạng mẻ thường áp dụng đối với chất thải có độ ẩm thấp như chất thải rắn hữu cơ.

Biogas được sản xuất từ quá trình ủ kỵ khí dạng liên tục có sản lượng (thể tích) và chất lượng (% methane) ổn định. Trong khi đó biogas sinh ra trong bể ủ dạng mẻ có sản lượng thay đổi theo thời gian (cao nhất trong khoảng 5 - 6 ngày đầu và thấp dần trong các ngày sau đó), và thành phần methane trong biogas thì càng về sau càng cao dần lên. Hiệu quả sản xuất biogas của quá trình liên tục thì cao hơn, tuy nhiên công nghệ lại vận hành khó khăn và tốn kém hơn.

2.1.3. So sánh quá trình ủ kỵ khí một giai đoạn và hai giai đoạn

Quá trình ủ kỵ khí hai giai đoạn được thiết kế nhằm tạo điều kiện tối ưu cho hai giai đoạn phân hủy kỵ khí chính là thủy phân và methane hóa và do đó làm tăng hiệu quả của toàn quá trình [10], [14]. Quá trình ủ kỵ khí hai giai đoạn có tính mềm dẻo hơn do dễ dàng kiểm soát và hạn chế các ảnh hưởng xấu đến từng quá trình. Tuy nhiên, công nghệ này đắt tiền hơn do phải đầu tư thêm bể xử lý và hệ thống kiểm soát quá trình. Do chi phí đầu tư cao nên công nghệ phân hủy kỵ khí hai giai đoạn áp dụng trên thị trường còn hạn chế [5]. Hiện có khoảng 90% công trình phân hủy kỵ khí chất thải rắn hữu cơ đang áp dụng ở châu Âu áp dụng một giai đoạn [5]. Công nghệ phân hủy kỵ khí một giai đoạn chiếm tỷ trọng cao trên thị trường là do có thiết kế đơn giản hơn so với công nghệ hai giai đoạn, ít gặp phải sự cố vận

hành và chi phí đầu tư thấp. Công nghệ phân hủy kỵ khí ướt một giai đoạn chủ yếu áp dụng để xử lý hỗn hợp chất thải rắn hữu cơ với phân heo hoặc bùn [16]. Nếu chỉ xử lý chất thải rắn hữu cơ thì công nghệ phổ biến được sử dụng là công nghệ phân hủy kỵ khí khô, 1 giai đoạn.

2.1.4. So sánh quá trình ủ kỵ khí ở nhiệt độ mesophilic và thermophilic

Ở điều kiện mesophilic, tốc độ sản xuất khí methane của bể phân hủy kỵ khí tăng khi nhiệt độ tăng và đạt tối ưu ở khoảng nhiệt độ 35 - 37°C [6], [13]. Các công nghệ phân hủy kỵ khí được áp dụng phổ biến trên thế giới ở khoảng nhiệt độ mesophilic [9]. Phân hủy kỵ khí ở điều kiện thermophilic đặc biệt thích hợp khi chất thải được thải bỏ ở nhiệt độ cao hoặc khi việc loại bỏ vi khuẩn gây bệnh khỏi chất thải là một yêu cầu quan trọng [6]. Phân hủy kỵ khí ở nhiệt độ thermophilic có thể áp dụng ở tải trọng hữu cơ cao. Nhìn chung, nhiệt độ tăng thì quá trình phân hủy sinh học tăng, nhưng quá trình phân hủy ở điều kiện thermophilic khó kiểm soát hơn và tiêu tốn nhiều năng lượng hơn để gia tăng nhiệt độ cho bể ủ.

2.2. Các thông số kỹ thuật của 4 công nghệ kỵ khí điển hình

Bảng 2 trình bày các thông số kỹ thuật của công nghệ phân hủy kỵ khí một giai đoạn - là công nghệ áp dụng phổ biến để xử lý chất thải rắn hữu cơ. Trong bốn công nghệ trên, chỉ có Biocel là hệ thống dạng mẻ, ba công nghệ còn lại ở dạng bán liên tục. Theo như so sánh của De Mes và cộng sự, các công nghệ bán liên tục Valorga, Dranco và Kompogas có chi phí đầu tư và xử lý tương đương nhau [6]. Do đó, phân tích tiếp sau đây chỉ phân tích và so sánh hai công nghệ Biocel và Valorga. Trong đó, công nghệ Biocel đại diện cho công nghệ phân hủy kỵ khí rẻ tiền và dạng mẻ, và Valorga đại diện cho công nghệ đắt tiền hơn và dạng bán liên tục.

Bảng 2. Thông số kỹ thuật của bốn công nghệ phân hủy kỵ khí điển hình để xử lý chất thải rắn hữu cơ

Công nghệ	Valorga ¹	Dranco ²	Kompogas ³	Biocel ⁴
Quốc gia	Pháp	Bi	Thụy sĩ	Hà Lan
Hệ thống	Bán liên tục	Bán liên tục	Bán liên tục	Mê
Tổng chất rắn, DM (%)	30	15 - 40	DM cao	30 - 40
Khoảng nhiệt độ	Mesophilic	Thermophilic	Thermophilic	Mesophilic
Hệ thống khuấy trộn	Khuấy trộn	Tĩnh tiến từ trên xuống	Tĩnh tiến ngang	Không khuấy trộn, chỉ tuần hoàn nước rỉ rác
Thời gian phân hủy (ngày)	18 - 25	15 - 30	15 - 20	21
Biogas (m ³ /tấn ướt)	80 - 160	100 - 200	110 - 130	70
Hậu xử lý	Lò đốt	Sản xuất compost	Sản xuất compost	Sản xuất compost

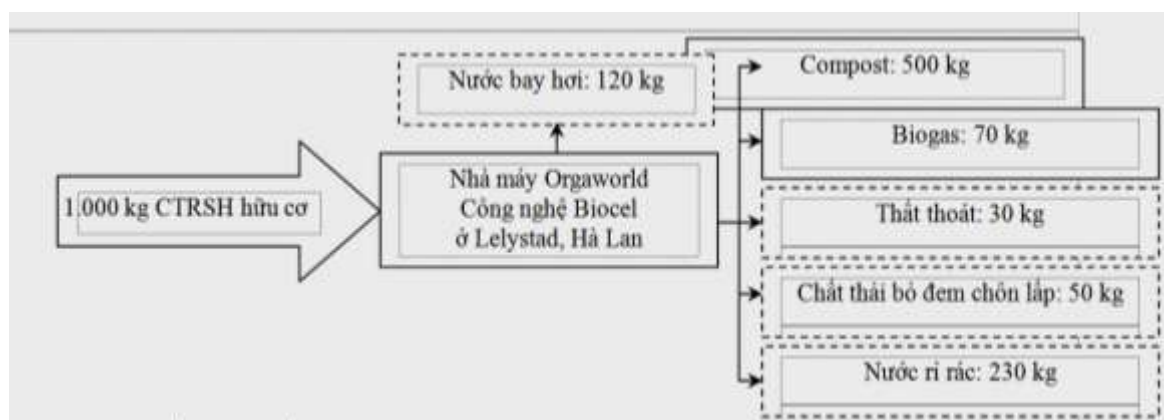
Nguồn: [6], [10], [18]

2.2.1. Công nghệ Biocel

Công nghệ Biocel là công nghệ phân hủy kỵ khí chất thải rắn hữu cơ dạng mẻ, có tuần hoàn nước rỉ rác. Quá trình vận hành ở điều kiện nhiệt độ mesophilic, với tổng chất rắn là 30 - 40%. Nhà máy áp dụng công nghệ Biocel đầu tiên được xây dựng ở Lelystad, Hà Lan với công suất là 50.000 tấn chất thải rắn hữu cơ/năm [15]. Bể ủ hình khối chữ nhật, với thể tích 720m³/bể (6m x 6m x 20m). Chiều cao khối rác trong bể là 4m. Hiệu suất của bể là 480m³/bể. Đáy bể được lắp đặt hệ thống thu nước rỉ rác dạng rãnh, dọc theo chiều dài của bể. Nước rỉ rác được thu gom, lọc cặn và bơm tuần hoàn lại trên bề mặt của khối rác. Hoạt

động này giúp kiểm soát độ ẩm trong khối rác đồng thời kiểm soát nhiệt độ trong bể ủ ở 30 - 40°C. Chất thải rắn hữu cơ được phối trộn với chất thải đã phân hủy ở các mẻ trước đó, trước khi đưa vào trong bể ủ. Tỷ lệ phối trộn (95 - 90%) : (5 - 10%). Khí biogas được ống thu đưa đến hệ thống xử lý khí trước khi đến máy phát điện. Hệ thống xử lý bao gồm: thiết bị lọc bụi, tách nước và tách khí acid. Thời gian ủ là 21 ngày. Hệ thống điều khiển hoàn toàn tự động, bao gồm thiết bị kiểm soát độ ẩm, nhiệt độ, pH, và cả thiết bị kiểm tra thành phần khí và áp lực khí trong bể trước khi mở nắp bể.

Cân bằng vật chất của công nghệ Biocel được trình bày trong hình 3 [18].

**Hình 3.** Cân bằng vật chất của công nghệ Biocel của Nhà máy Orgaworld, Lelystad, Hà Lan [18]

Sản lượng biogas của Nhà máy Orgaworld là $70\text{m}^3/\text{tấn}$ chất thải rắn hữu cơ [15]. Điểm đặc biệt là công nghệ này đã xử lý được vi sinh gây bệnh [18]. Trong khi nhiều nghiên cứu cho thấy ở điều kiện mesophilic, quá trình phân hủy kỵ khí không thể khử hoàn toàn vi sinh gây bệnh [6], [9]. Theo tính toán của Joshua, nhu cầu sử dụng đất của công nghệ Biocell gấp 10 lần so với các công nghệ phân hủy kỵ khí khác như Valorga, Dranco hoặc Kompogas [10]. Tuy nhiên theo tính toán dựa trên số liệu thực tế về kích thước bể ủ và thời gian ủ thì diện tích tối đa của công nghệ Biocel gấp khoảng 3.5 lần so với công nghệ Valorga. Diện tích đất cần để xây dựng các bể ủ chiếm khoảng 20 - 30% tổng diện tích đất của nhà máy. Như vậy, nhu cầu đất của công nghệ Biocel gấp đôi so với công nghệ Valorga. Công suất xử lý của công nghệ Biocel là 43.800 tấn chất thải rắn hữu cơ/ha/năm [11]. Nhu cầu điện năng cho các công nghệ như Valorga vào khoảng 54 kWh/tấn chất thải rắn hỗn hợp [7]. Như vậy, lượng điện sử dụng cho công nghệ Biocel sẽ nhỏ hơn 54kWh/tấn. Chất thải sau ủ từ công nghệ Biocel có độ ẩm thấp, do đó có thể sản xuất compost dạng rắn. Trong trường hợp của Nhà máy Orgaworld, công nghệ ủ compost được chọn là ủ trong container. Thời gian ủ compost phụ thuộc vào công nghệ lựa chọn, khoảng 7 - 14 ngày [11], [15].

Một điểm mạnh của công nghệ Biocel là có thể ủ với chất thải hỗn hợp - trong trường hợp khó phân loại. Tuy nhiên, điều này sẽ làm tăng thể tích của bể ủ và sản phẩm compost dễ lẫn tạp chất.

2.2.2. Công nghệ Valorga

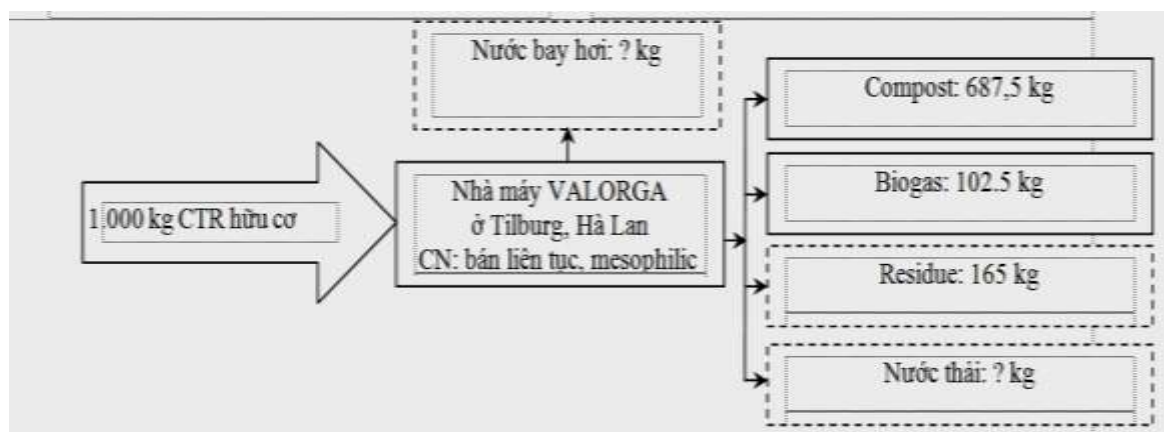
Công nghệ Valorga là công nghệ phân hủy kỵ khí khô, bán liên tục và ở điều kiện mesophilic. Sự khác nhau giữa công nghệ Biocel và Valorga là hệ thống Valorga được cung cấp nguyên liệu dưới dạng bán liên tục và sử dụng hệ thống khuấy trộn trong bể ủ, trong khi Biocel là dạng mẻ và sử dụng việc tuần

hoàn nước rỉ rác làm tăng hiệu quả của quá trình phân hủy sinh học. Công nghệ Valorga đạt hiệu quả phân hủy sinh học cao hơn. Biogas sản xuất bằng công nghệ Valorga hoặc các công nghệ tương tự khác như Dranco và Kompogas đạt khoảng $80 - 160\text{m}^3/\text{tấn}$ chất thải rắn hữu cơ ướt, với thời gian ủ khoảng 18 - 25 ngày [6]. Nghiên cứu của Joshua, Ruihong và cộng sự cho biết công suất của các nhà máy Valorga nằm trong khoảng từ 10.000 - 720.000 tấn/năm [10]. Theo số liệu công bố trên website, nhu cầu sử dụng đất của công nghệ Valorga là $1\text{m}^2/\text{tấn}$ (hoặc 10.000 tấn/ha) và thời gian hoàn tất một mẻ xử lý cũng vào khoảng 40 ngày. Nếu tính trung bình thời gian vận hành của nhà máy là 300 ngày/năm (thời gian còn lại dự trù vào việc bảo trì thiết bị) thì nhu cầu sử dụng đất của công nghệ là 75.000 tấn chất thải rắn hữu cơ/năm/ha ($10.000 \text{ tấn/ha} \times 300 \text{ ngày/năm}/40 \text{ ngày phân hủy}$). Hình 4 trình bày cân bằng vật chất của công nghệ Valorga với nguyên liệu đầu vào là chất rắn hữu cơ đã phân loại.

3. CÁC KHÍA CẠNH KINH TẾ, XÃ HỘI, VÀ MÔI TRƯỜNG

3.1. Về khía cạnh kinh tế

Chi phí cần cho công nghệ phân hủy kỵ khí bao gồm: (1) Chi phí đầu tư bể ủ, chi phí công nghệ xử lý biogas và chuyển đổi thành điện năng, bể ủ compost và các cơ sở hạ tầng khác; (2) Chi phí vận hành và bảo trì; (3) Chi phí thải bỏ chất thải sau phân loại (chôn lấp hoặc đốt) và chi phí marketing sản phẩm (compost, điện, nhiệt và rác tái chế); (4) Lợi ích thu được từ biogas (hoặc điện và nhiệt), compost và rác tái chế; (5) Chi phí và lợi ích về môi trường. Khi so sánh các công nghệ với nhau, điểm khó khăn nhất là so sánh về giá do các số liệu, thông tin về giá cả không được phổ biến rộng rãi. Tuy nhiên, theo kinh nghiệm của Nhà máy Orgaworld cho biết: chi phí đầu tư và chi phí vận hành giữa các công nghệ có tính cạnh tranh cao [2].



Hình 4. Cân bằng vật chất tại nhà máy Valorga ở Tilburg, Hà Lan [6], [12]

Số lượng các nhà máy phân hủy kỵ khí ngày càng gia tăng do công nghệ đã thỏa mãn nhu cầu về xử lý chất thải rắn và sản xuất biogas và compost [5], [10]. Phân tích chi phí và lợi nhuận từ công nghệ phân hủy kỵ khí ở châu Âu đã cho thấy khả năng cạnh tranh với công nghệ ủ hiếu khí sản xuất compost ở các công suất khác nhau [6]. Khảo sát của R-W-BECK các công nghệ Linde-BRV, Kompogas và Valorga cho thấy chi phí đầu tư giảm dần trong thập kỷ vừa qua nhờ liên tục nâng cao hiệu quả của công nghệ [16]. Bảng 3 trình bày phân tích chi phí của các nhà máy phân hủy kỵ khí chất thải rắn hữu cơ tại các nước phát triển. Economopoulos đã thống kê và cho biết chi phí đầu tư công nghệ phân hủy kỵ khí (dạng bán liên tục) gấp khoảng 2.3 lần công nghệ compost ở cùng công suất 100.000 tấn chất thải rắn hữu cơ/năm [7]. Với các thông số từ bảng 3 và chi phí đầu tư nhà máy compost đã có tại các nước đang phát triển, ta có thể ước đoán chi phí đầu tư cho công nghệ này tại địa phương. Tại nhà máy sản xuất biogas, cần có 3 khâu: phân loại chất thải, ủ kỵ khí và ủ hiếu khí. Trong đó ủ kỵ khí có tính tự động cao, điện năng sử dụng từ nguồn điện tự sản xuất, nên chi phí vận hành của công nghệ này tại các nước đang phát triển được tính toán cao hơn so với chi phí vận hành tại các nhà máy compost khoảng 20%. Joshua và cộng sự cho biết chi phí đầu tư của công

nhệ Biocel chỉ bằng 60% so với các công nghệ bán liên tục [10].

Bảng 3. Phân tích chi phí của các nhà máy phân hủy kỵ khí chất thải rắn hữu cơ với công nghệ bán liên tục ở các nước phát triển (tấn chất thải rắn hữu cơ/năm)

Phân tích chi phí	Nhà máy 1 ¹	Nhà máy 2 ²	Nhà máy 3 ³
Công suất (tấn CTR hữu cơ/năm)	30.000	77.000	100.000
Chi phí đầu tư (triệu USD)	20,4	39,2	62
Chi phí cố định (triệu USD/năm)	1,56	2,99	4,72
Chi phí vận hành (USD/tấn)	71,4	52,6	68,7
Tổng chi phí xử lý (USD/tấn)	123,4	91,4	115,9
Địa điểm lắp đặt	Hà lan	Úc	Hà lan

Nguồn: [6], [4]

3.2. Về khía cạnh xã hội và môi trường

Chất hữu cơ đã phân hủy kỵ khí thường có độ ẩm cao và có thể được sử dụng như phân bón dạng lỏng ở nhiều nước trên thế giới như Đức, Thụy sĩ. Tuy nhiên, ở một số quốc gia lại không cho phép sử dụng do các qui định về an toàn nông nghiệp. Trong trường hợp đó người

ta phải áp dụng công nghệ tách nước và phải xử lý nước rỉ rác, điều này đã làm gia tăng giá thành của sản phẩm ảnh hưởng đến khả năng ứng dụng của công nghệ.

Công nghệ phân hủy kỵ khí hạn chế mùi hôi hơn nhiều so với công nghệ ủ compost do được ủ trong thiết bị kín, biogas được thu hồi và tái sử dụng triệt để. Vấn đề mùi có khả năng xảy ra chủ yếu ở giai đoạn đưa chất thải rắn từ xe vào bể ủ và sau quá trình ủ kỵ khí chất hữu cơ được chuyển sang bể ủ compost [18]. Do đó cần đầu tư hệ thống hút và xử lý mùi hôi. Bên cạnh đó, trong nhiều trường hợp, công nghệ ủ hiếu khí tiếp theo được đầu tư là công nghệ ủ trong thùng kín. Công nghệ này kiểm soát mùi hôi tốt hơn nhiều so với công nghệ ủ hiếu khí dạng hở.

4. KHẢ NĂNG ỨNG DỤNG CÔNG NGHỆ KỶ KHÍ Ở ĐIỀU KIỆN THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH

Chất thải rắn sinh hoạt ở Thành phố Hồ Chí Minh có thành phần hữu cơ có khả năng phân hủy sinh học cao (60 - 70%) và độ ẩm của thành phần hữu cơ rất cao (70 - 90%) [3]. Do đó, áp dụng công nghệ phân hủy kỵ khí được xem như có tiềm năng hơn so với công nghệ bãi chôn lấp vệ sinh và compost. Sản phẩm Biogas phát điện đáp ứng nhu cầu thiếu hụt về điện tại Việt Nam, đặc biệt vào mùa khô. Trong trường hợp nhà nước không trợ giá điện, hoặc nhà nước xây dựng qui định liên quan đến chi phí - lợi ích môi trường thì khi đó công nghệ phân hủy kỵ khí có thể là một công nghệ hấp dẫn về kinh tế so với công nghệ compost.

Tại Việt Nam chưa có nhà máy nào xử lý chất thải rắn hữu cơ bằng công nghệ phân hủy kỵ khí, chỉ áp dụng đối với phân heo. Để lựa chọn công nghệ phân hủy kỵ khí phù hợp với điều kiện Việt Nam, một số tiêu chí đánh giá cần được xem xét sau đây:

(1) *Hiệu quả về công nghệ.* Hiệu quả xử lý cao phù hợp với thành phần chất thải và điều kiện môi trường. CTR sinh hoạt của Việt Nam

có thành phần hữu cơ cao và độ ẩm cao thích hợp với công nghệ phân hủy kỵ khí [11]. Công nghệ phải đơn giản, mềm dẻo (dễ dàng cải tiến, thuận lợi trong trường hợp cần phải nâng công suất) và dễ vận hành và bảo trì;

(2) *Công nghệ đáp ứng các tiêu chuẩn môi trường và sức khỏe cộng đồng của địa phương.* Công nghệ cần đáp ứng với các qui chuẩn kiểm soát ô nhiễm, qui chuẩn xả thải (nước thải, khí thải, tiếng ồn). Công nghệ sử dụng hiệu quả nguồn tài nguyên như hạn chế sử dụng đất, nước, điện, năng lượng, hóa chất... và tăng cường khả năng sản xuất tài nguyên như biogas, phân bón.

(3) *Công nghệ phải đáp ứng với hệ thống quản lý và điều kiện địa phương.* Công nghệ lựa chọn cần đáp ứng các qui định về quản lý và chiến lược phát triển của địa phương, Ví dụ ở Thành phố Hồ Chí Minh có: (a) Chương trình phân loại chất thải rắn tại nguồn; (b) Chiến lược quản lý chất thải rắn; (c) Chương trình quản lý tổng hợp hệ thống quản lý chất thải rắn...

Công nghệ cần phù hợp với điều kiện địa phương như nguồn nhân lực, thiếu lao động trình độ cao nhưng thừa lao động phổ thông. Việc ứng dụng “công nghệ cao” sẽ đòi hỏi phải đầu tư thời gian và kinh phí để đào tạo nguồn nhân lực. Như vậy, xu hướng là các công nghệ đơn giản hơn về xây dựng, vận hành và bảo trì sẽ được ưu tiên. Theo thông tư số 50/TB-VPCP ngày 17/3/2007 của Văn phòng Chính phủ, một tiêu chí cần thiết nữa trong việc lựa chọn công nghệ xử lý chất thải rắn là thiết bị thay thế phải sẵn có hoặc có thể sửa chữa trong nước.

(4) *Công nghệ phải có chi phí phù hợp với ngân sách của thành phố.* Chi phí xử lý phụ thuộc vào công nghệ áp dụng. Trong khi lợi nhuận thì không những phụ thuộc vào công nghệ mà còn ảnh hưởng lớn bởi thị trường tiêu thụ sản phẩm.

5. KẾT LUẬN

Công nghệ phân hủy kỵ khí xử lý chất thải rắn hữu cơ đã phổ biến rộng rãi ở nhiều nước phát triển trên thế giới. Sự phát triển của công nghệ là do xã hội ngày càng nhận thức được các giá trị lợi ích lớn lao mà nó mang lại, thông qua: (1) Sự gia tăng những lợi ích từ việc sản xuất năng lượng sạch, (2) Tiềm năng khai thác nguồn năng lượng chưa sử dụng, (3) Lợi ích của chất hữu cơ sau khi ủ kỵ khí để làm chất cải tạo đất. Tuy nhiên, công nghệ này hiện vẫn khó triển khai ở các nước đang phát triển do thiếu thông tin chi tiết về chi phí đầu tư, chi phí vận hành và bảo trì thiết bị ở điều kiện khu vực. Bên cạnh đó là các yếu tố tác động từ địa phương như: giá năng lượng thấp, khó xâm nhập thị trường (ví dụ: điện từ biogas khó phát lên điện lưới), thiếu các cơ chế quản lý tại địa phương nhằm hỗ trợ phát triển công nghệ...

Khả năng áp dụng công nghệ phân hủy kỵ khí để xử lý chất thải rắn hữu cơ tùy thuộc vào rất nhiều yếu tố, cụ thể bao gồm: thành phần chất thải, điều kiện môi trường tự nhiên, các

yêu cầu về chất lượng môi trường trong quá trình sản xuất, chất lượng sản phẩm, thị trường tiêu thụ sản phẩm, các qui định, thể chế và chiến lược phát triển về quản lý chất thải rắn của địa phương, vốn đầu tư, chi phí vận hành và bảo trì.

Với điều kiện của Thành phố Hồ Chí Minh, việc áp dụng công nghệ phân hủy kỵ khí vào xử lý chất thải rắn sinh hoạt là rất hiệu quả do đáp ứng về nhiều mặt các tiêu chí đã đề cập ở trên, cụ thể về tính chất chất thải có thành phần hữu cơ và độ ẩm cao, điều kiện môi trường có nhiệt độ cao và ổn định, các qui định về quản lý chất thải rắn và các chương trình hành động đã góp phần thúc đẩy việc ứng dụng công nghệ - cụ thể như chương trình phân loại chất thải rắn tại nguồn đã hỗ trợ tích cực cho việc phân loại chất thải hữu cơ, qui định về giá mua điện sản xuất từ biogas... Bên cạnh đó là các phân tích chi phí lợi ích cho thấy tính khả thi tăng do nhu cầu tăng về điện, compost, chất thải tái chế và các qui định/thông tư của Trung ương.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Baere, L. D. , and B. Mattheeuws (2010), Anaerobic digestion of MSW in Europe.
2. Bens, J. (2007), *Renewable energy from municipal solid waste, a comparison of anaerobic digestion technologies*, Environmental Technology Sub-department, MSc. thesis., Wageningen University, The Netherlands,.
3. CENTEMA. (2008), The Report on Data Collection on Solid Waste Management in Ho Chi Minh City.
4. Clarke, W. P. (2000), *Cost-benefit analysis of introducing technology to rapidly degrade municipal solid waste*, Waste Management & Research.
5. De Baere. (2006), *Will anaerobic digestion of solid waste survive in the future? Water Science and Technology*.
6. De Mes, T.Z.D. , A.J.M. Stams, J.H. Reith, and G. Zeeman. (2003), *Methane production by anaerobic digestion of wastewater and solid wastes, Bio-methane and Bio-hydrogen. Status and perspectives of biological methane and hydrogen production. Dutch Biological Hydrogen Foundation*.
7. Economopoulos, A. P. (2010), *Technoeconomic Aspects of Alternative Municipal Solid Wastes Treatment Methods*. Waste Management.

8. European Commission. (2006). *Reference document on best available techniques for the waste treatments industries*. In Integrated Pollution Prevention and Control.
9. Hartmann, H., and B.K. Ahring. (2006), *Strategies for the anaerobic digestion of the organic fraction of municipal solid waste: an overview*. Water Science and Technology.
10. Joshua, R. , Z. Ruihong, M. J Bryan, and B. W. Robert. (2008), *Current Anaerobic Digestion Technologies Used for Treatment of Municipal Organic Solid Waste*, Edited by C. I. W. M. Board: California Environmental Protection Agency.
11. Kim Oanh, L.T. (2009), *Renewable energy from municipal biowaste and pig manure*, In City report, Ho Chi Minh City: DOSTE of Ho Chi Minh City.
12. Laclos, H. F. de, S. Desbois, and C. Saint-Joly. (1997), *Anaerobic digestion of municipal solid organic waste: Valorga full-scale plant in Tilburg, the Netherlands*, Water Science and Technology.
13. Lettinga, G. , and A.C. Haandel. (1993), *Anaerobic digestion for energy production and environmental protection, in Renewable energy, Sources for fuels and electricity*, Edited by e. a. T.B. Johansson.
14. Liu, T.C., and S. Ghosh. (1997), *Phase separation during anaerobic fermentation of solid substrates in an innovative plug-flow reactor*, Water Science and Technology.
15. Orgaworld Company (2006), *Site survey Lelystad Plant*, Wageningen, the Netherlands.
16. R-W-BECK. (2004), *Anaerobic digestion feasibility study, final report*, Bluestem Solid Waste Agency and IOWA department of Natural resources.
17. Tchobanoglous, G., H. Theisen, and S. A.Vigil. (1993), *Integrated Solid Waste Management - Engineering principles and management issues*, McGraw-Hill International Editions. Civil Engineering Series.
18. Ten Brummeler, E. (2000), *Full scale experience with the BIOCEL process*, Water Science and Technology 14.
19. Vandevivere, P. L., L. De Baere, and W. Verstraete. (2002), *Types of anaerobic digesters for solid waste, in Biomethanization of the Organic Fraction of Municipal Solid Waste*, Edited by J. Mata-Alvarez, Barcelona.
20. Waste-C-Control. (2011), *Database on MSW treatment technology*.

Ngày nhận bài: 07-11-2016. Ngày biên tập xong: 19-11-2016. Duyệt đăng: 15/12/2016