

NGHIÊN CỨU ĐẶC TÍNH RÁC THẢI SINH HOẠT TẠI VIỆT NAM LÀM NHIÊN LIỆU CHO QUÁ TRÌNH SẢN XUẤT NĂNG LƯỢNG

NGUYỄN THANH QUANG

Khoa Công nghệ Nhiệt Lạnh, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

Tác giả liên hệ: nguyenthanhquang@iuh.edu.vn

DOIs: <https://doi.org/10.46242/jstiuh.v70i4.4767>

Tóm tắt. Công nghệ đốt chất thải để thu hồi năng lượng được xem là phương pháp tiềm năng trong xử lý rác thải, tuy nhiên hiệu quả tận dụng nhiệt không cao với nguồn rác thải sinh hoạt ở Việt Nam có hàm lượng hữu cơ cao (60 - 70%) và nhiệt trị thấp (4500 – 6000kJ/kg). Trong nghiên cứu này, nguồn rác được xem như một loại nhiên liệu, ảnh hưởng của ẩm đầu vào và thành phần chất hữu cơ và vô cơ đến nhiệt trị và hiệu quả sử dụng nhiệt của rác được đánh giá. Kết quả cho thấy, khi thành phần hữu cơ trong rác giảm từ 65,8% còn 43,6%, nhiệt trị thấp tăng lên 1,44 lần từ 5432 kJ/kg đến 7839 kJ/kg, so với mẫu rác ban đầu. Trong khi đó, nếu tách ra được khoảng 80% hữu cơ thì nhiệt trị rác tăng lên đến gần 10.000kJ/kg. Hệ số không khí thừa giảm từ 1,8 xuống 1,5 cũng làm tăng nhiệt độ lên 120°C. Kết quả chỉ ra khi độ ẩm ban đầu là 37,8% giảm 25,8%, thì công suất nhiệt tăng lên 4,7%. Khi độ rác còn khoảng 10% thì nhiệt độ buồng đốt sẽ tăng lên đến 60-70°C. Kết quả đạt được là cơ sở để xác định dòng nhiệt để xác định cân bằng vật chất và năng lượng trong xử lý rác thu hồi nhiệt.

Từ khóa. rác hữu cơ, rác thành năng lượng, nhiệt trị rác, thành phần rác, rác thải sinh hoạt

1 GIỚI THIỆU

Sự gia tăng dân số, phát triển kinh tế và tốc độ đô thị hóa nhanh dẫn đến phát sinh nguồn chất thải rắn đô thị lớn, lượng chất thải rắn phát sinh toàn cầu ước tính lên đến 2 Gt chất thải mỗi năm [1]. Với lượng phát thải lớn và thành phần phức tạp sinh ra hằng năm, điều này ảnh hưởng đến môi trường tự nhiên, chất lượng cuộc sống, sức khỏe cộng đồng, và kinh tế - xã hội [2]. Theo số liệu thống kê [3], năm 2021, dân số Việt Nam trên 97 triệu người, xếp thứ 3 trong khu vực Đông Nam Á. Số lượng phát sinh chất thải rắn sinh hoạt là 35.624 tấn/ ngày, và 28.394 tấn/ ngày tại khu vực đô thị và vùng nông thôn Việt Nam, tương ứng [4]. Vì vậy, các giải pháp xử lý nguồn rác thải phát sinh một cách bền vững cần được nghiên cứu kỹ. Tại Việt Nam, chất thải rắn hiện nay có thể được ủ sinh học tạo phân bón hữu cơ, tạo viên nhiên liệu, chôn lấp, hoặc đốt cháy có thu hồi năng lượng [5]. Trong đó, vấn đề xử lý rác thải tận dụng nhiệt ở Việt Nam đang được chú trọng phát triển. Một số địa phương đã xây dựng nhà máy điện rác (Cần Thơ, Hà Nội) [6], và đi vào triển khai xây dựng các nhà máy điện rác (Tâm Sinh Nghĩa, Vietstar – TP HCM), các địa phương khác cũng đưa ra các đề nghị về đốt rác phát điện. Công nghệ đốt chất thải để thu hồi năng lượng được xem là phương pháp tiềm năng trong xử lý rác thải, tuy nhiên do thành phần hữu cơ trong rác thấp (50 – 60%), và nhiệt trị thấp [4,7], dẫn đến công nghệ này tốn nhiều chi phí, và yêu cầu kỹ thuật cao trong lắp đặt và vận hành [5, 8-9]. Dẫn đến việc xây dựng các nhà máy đốt rác gặp khó khăn do đặc thù của rác tại Việt Nam là nhiều hữu cơ (lên đến 60 – 70%) và độ ẩm nguồn ban đầu. Vì vậy, trong nghiên cứu này, rác nhiều hữu cơ được xem như một loại nhiên liệu cho sản xuất năng lượng. Ảnh hưởng của thành phần hữu cơ, và độ ẩm ban đầu của rác đến nhiệt trị và thành phần cháy của rác được đánh giá, nhằm làm cơ sở cho việc đưa ra phương án xử lý rác tận dụng nhiệt một cách hiệu quả để phát điện.

2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1 Cơ sở tính toán

Trong nghiên cứu này, các đại lượng đặc trưng cần thiết trong nhiên liệu rắn gồm thành phần nguyên tố nhiên liệu và nhiệt trị thấp được xác định bằng các công thức (1) – (8) bên dưới. Thành phần nguyên tố nhiên liệu (kg/kg) bao gồm các-bon (C), hydro (H), nitrogen (N), oxy (O), lưu huỳnh (S), độ tro (A), và độ ẩm (W). Chuyển đổi thành phần nhiên liệu từ mẫu làm việc (lv) sang thành phần nhiên liệu ở mẫu khô (k)

và mẫu cháy (ch), được xác định theo các công thức (1) – (2). Rác trước khi đốt được tách một phần hữu cơ và vô cơ theo sơ đồ Hình 1. Dựa vào đặc tính đầu vào của của rác, xác định đặc tính rác đầu ra và thành phần rác hữu cơ tương ứng. Công thức tính đổi giữa các thành phần nhiên liệu được xác định như sau:

$$X_k = X_{Iv}(1/(1-W_{Iv})); \quad (1)$$

$$X_{ch} = X_{Iv}(1/(1-A_{Iv}-W_{Iv})) = X_k(1/(1-A_{Iv})); \quad (2)$$

X là đại diện các thành phần nguyên tố trong nhiên liệu C, H, N, O, S; %

Khi nhiên liệu rác được cấu thành từ nhiều thành phần riêng gồm các nguyên tố có giá trị khác nhau thì thành phần nguyên tố của rác sẽ được tính từ các thành phần riêng, theo công thức (3)

$$Y = Y_i.g_i \quad (3)$$

Trong đó: Y, Y_i: Thành phần nguyên tố của rác và thành phần thứ i trong rác, kg/kg; g_i: tỉ lệ khối lượng của thành phần thứ i trong rác, %kl.. Y là đại diện các nguyên tố C, H, N, O, S, A, W, tương ứng. Nhiệt trị thấp (LHV) được tính theo thành phần nguyên tố, sử dụng công thức Mendeleep (kJ/kg) [10]

$$LHV=((340.C_{Iv}+1250.H_{Iv}+110.(S_{Iv}-O_{Iv})).100-25.(9.H_{Iv}+W_{Iv}).100); \quad (4)$$

Nhiệt trị cao (HHV) được xác định từ công thức (5) [10].

$$HHV = ((340.C_{Iv}+1250.H_{Iv}+110.(S_{Iv}-O_{Iv})).100); \quad (5)$$

Sau khi giảm độ ẩm W từ W1 xuống W2, khối lượng rác giảm từ G1 xuống G2 theo công thức:

$$G2 = G1.(100 - W1)/(100 - W2) \quad (6)$$

Công suất nhiệt có ích đưa vào buồng đốt để sinh hơi:

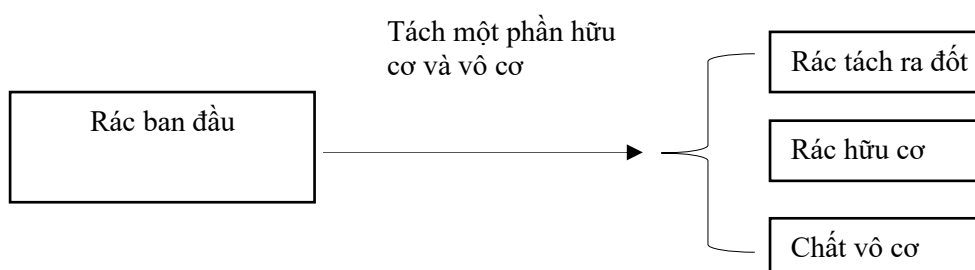
$$Q=(G/\tau).LHV; \text{ kW} \quad (7)$$

Trong đó: τ: thời gian (s); G: khối lượng (kg).

Nhiệt độ cháy lý thuyết có thể tính gần đúng theo công thức (8) (giả thiết các tổn thất bằng 0, bỏ qua nhiệt vật lý của không khí).

$$t_{it} = Q/(G_{kh}.C_{kh}), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (8)$$

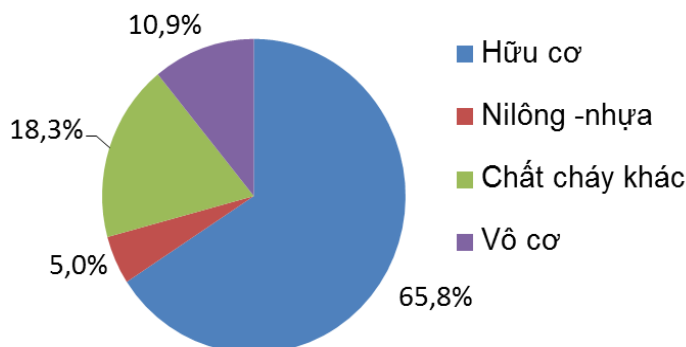
G_{kh}: khối lượng khối sinh ra, kg/s; C_{kh}: nhiệt dung riêng khối, kJ/(kg.K)



Hình 1. Sơ đồ tách rác ban đầu

2.2 Đặc tính nguồn rác ban đầu tại Việt Nam

Thành phần của rác thay đổi theo địa phương, vùng miền [6]. Trong nghiên cứu này, thành phần thô của rác được sử dụng như Hình 2, rác ban đầu có tỉ lệ hữu cơ cao chiếm 65,8%. Bảng 1 trình bày thành phần cơ bản của rác biểu diễn ở cột 1 và 2, trong đó phân hữu cơ được chia thành 4 loại ở 4 dòng đầu. Đối với mỗi thành phần, độ ẩm và độ tro của rác đã được nghiên cứu và thay đổi trong 1 khoảng nhất định, theo tài liệu [11,12]. Tuy nhiên, giá trị trung bình được sử dụng trong nghiên cứu, thể hiện ở cột 3,4 (Bảng 1). Ứng với mỗi thành phần cơ bản, đã có nhiều nghiên cứu để xác định thành phần nguyên tố của chúng ở mẫu khô [11,12]. Từ giả thiết tỉ lệ tách hữu cơ và vô cơ ra khỏi rác, có thể tính được thành phần nguyên tố và nhiệt trị của rác còn lại để đốt và hữu cơ tách ra, sử dụng các công thức (1) - (8) để xác định các đại lượng liên quan.



Hình 2. Thành phần rác sinh hoạt trước tách hữu cơ [6]

Bảng 1. Thành phần cơ bản trong rác thải

Thành phần trong rác thải	Tỉ lệ, %	Độ ẩm, %	Độ tro, % (mẫu khô)
(1)	(2)	(3)	(4)
Lá cây + cỏ	10,00	40	7,3
Thức ăn thừa	15,00	65	4,5
Rau thừa	22,80	85	4,5
Hoa quả thừa	18,00	80	4,2
Nhựa	5,00	1,7	0,6
Giấy	6,50	6,23	11,8
Gỗ	3,20	35	7,2
vải	3,20	10	0,4
Cao su	0,50	11	15,0
Da	0,50	11	10,0
Chất cháy được khác	4,40	15	6,3
kim loại	0,80	3	90,5
Thủy tinh	1,40	2	98,9
Chất trợ khác	8,70	20	100,0
Cộng	100		

3 KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

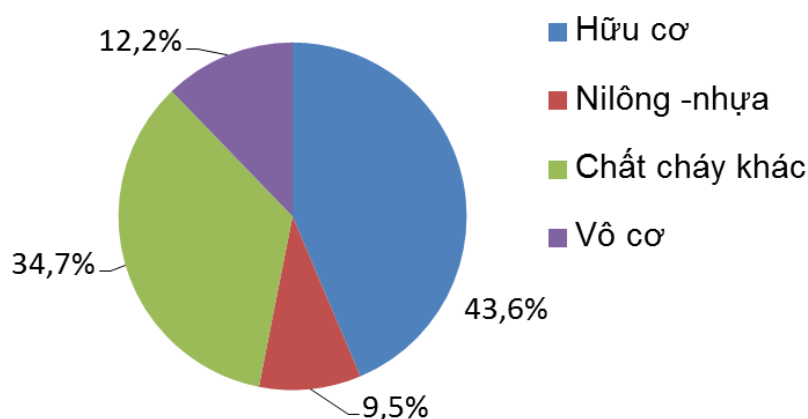
3.1 Ảnh hưởng tỉ lệ hữu cơ tách ra đến thành phần nhiên liệu rác

Thành phần nguyên tố ban đầu của rác được cho như trong Bảng 2 với thành phần cacbon, hydro, oxy, nito, lưu huỳnh, độ tro, và độ ẩm lần lượt là 18,02%, 2,27%, 15,77%, 0,574%, 0,086%, 11,25%, và 52,02% tương ứng. Thành phần này tương ứng với công thức phân tử: $C_6H_{9,08}O_{3,937}N_{0,164}S_{0,0108}$. So sánh với tài liệu

[13], rác có công thức $C_6H_{9,6}O_{3,5}N_{0,28}S_{0,2}$ hoặc theo tài liệu [14], công thức gần đúng của rác thải hữu cơ nếu bỏ qua các thành phần nhỏ là $C_6H_{10}O_4$. Nhiệt trị thấp (LHV) và nhiệt trị cao làm việc (HHV) của rác là 5432 kJ/kg, và 7244 kJ/kg, tương ứng. Trong trường hợp, thành phần hữu cơ, chất trơ, kim loại, và thủy tinh được tách ra lần lượt là 65%, 30%, 90%, 80%, thành phần của rác còn lại gồm 43,6% hữu cơ, 34,7% chất cháy khác, 12,2% vô cơ, và 9,5% nilông – nhựa (Hình 3). So với ban đầu, lượng hữu cơ được giảm từ 65,8% xuống còn 43,6%, thành phần ẩm còn lại 38,96%. Các thành phần nguyên tố của rác tách ra để đốt được thể hiện trong Bảng 3. Nhiệt trị thấp làm việc của mẫu sau khi tách đạt được 7839 kJ/kg, nhiệt trị cao đạt 9452 kJ/kg. Do đó, khi lượng hữu cơ còn 43,6%, nhiệt trị thấp của rác đốt tăng lên 1,44 lần so với rác ban đầu. Công thức thành phần tương ứng của rác sau khi tách là $C_6H_{8,54}O_{3,86}N_{0,136}S_{0,0091}$.

Bảng 2. Thành phần nguyên tố của rác ban đầu

Phân tích nguyên tố	Giá trị (%)
Các bon (C^{lv})	18,02
Hydro (H^{lv})	2,27
Oxy (O^{lv})	15,77
Ni-tơ (N^{lv})	0,574
Sunfua (S^{lv})	0,086
Độ tro (A^{lv})	11,25
Độ ẩm (W^{lv})	52,02
Nhiệt trị thấp (kJ/kg)	5432



Hình 3. Thành phần rác sau tách hữu cơ

Bảng 3. Phân tích thành phần và phân tích nguyên tố nguồn nhiên liệu rác thải sau tách

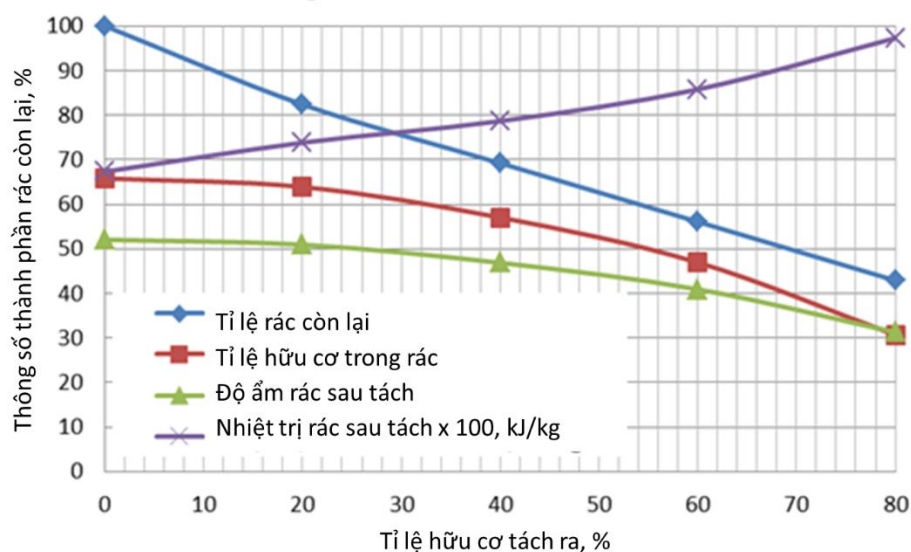
Phân tích thành phần	Giá trị (%)
Hữu cơ	43,6
Ni lông – nhựa	9,5
Chất cháy khác	34,7
Vô cơ	12,2
Phân tích nguyên tố	Giá trị (%)
Các bon (C^{lv})	23,98
Hydro (H^{lv})	2,84
Oxy (O^{lv})	20,58
Ni-tơ (N^{lv})	0,64
Sunfua (S^{lv})	0,10
Độ tro (A^{lv})	12,91
Độ ẩm (W^{lv})	38,96

Nhiệt trị thấp (kJ/kg)	7839
-------------------------------	------

Trong trường hợp, hàm lượng ẩm trong nhiên liệu rác cao ($W^{lv} = 74,52\%$, trong Bảng 4), nhiệt trị thấp của nhiên liệu sẽ là 2255kJ/kg. Nếu hữu cơ khô ($W^{lv} = 0$), thì nhiệt trị thấp tăng lên LHV = 4.418kJ/kg, như vậy nếu đem đốt hữu cơ ẩm để tận dụng nhiệt thì nhiệt của nó sinh ra đã tiêu tốn 50% cho việc làm bốc hơi chất ẩm ngay trong hữu cơ và phần nhiệt có ích chỉ còn lại 50%. Thành phần nguyên tố hữu cơ tách ra cho trong Bảng 4. Công thức thành phần hữu cơ tách ra được xác định là $C_6H_{10,381}O_{4,133}N_{0,226}S_{0,0151}$. Trong trường hợp tỉ lệ hữu cơ tách ra khoảng 80% hữu cơ thì nhiệt trị rác tăng lên đến gần 10.000kJ/kg, tương đương với nhiệt trị rác của các nước phát triển, nơi đã phân loại rác tại nguồn.

Bảng 4. Thành phần nguyên tố của hữu cơ tách ra

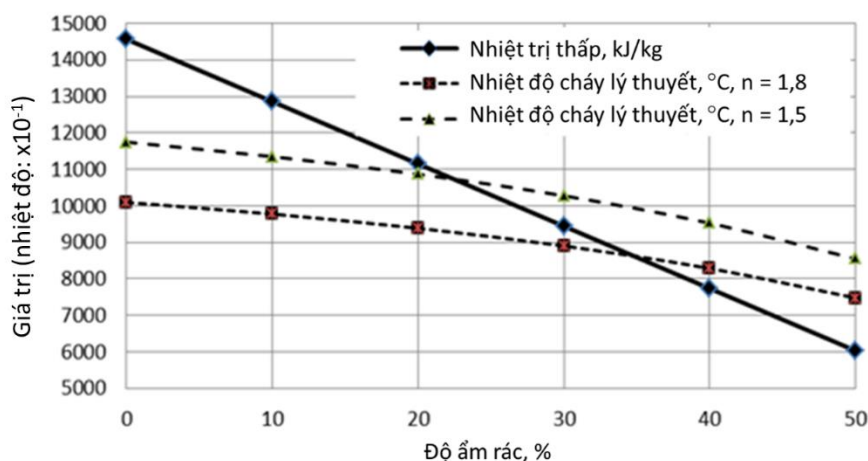
Phân tích nguyên tố	Giá trị (%)
Các bon (C^{lv})	11,40
Hyrdo (H^{lv})	1,64
Oxy (O^{lv})	10,47
Ni-tơ (N^{lv})	0,50
Sunfua (S^{lv})	0,08
Độ tro (A^{lv})	1,38
Độ ẩm (W^{lv})	74,52
Nhiệt trị thấp (kJ/kg)	2255



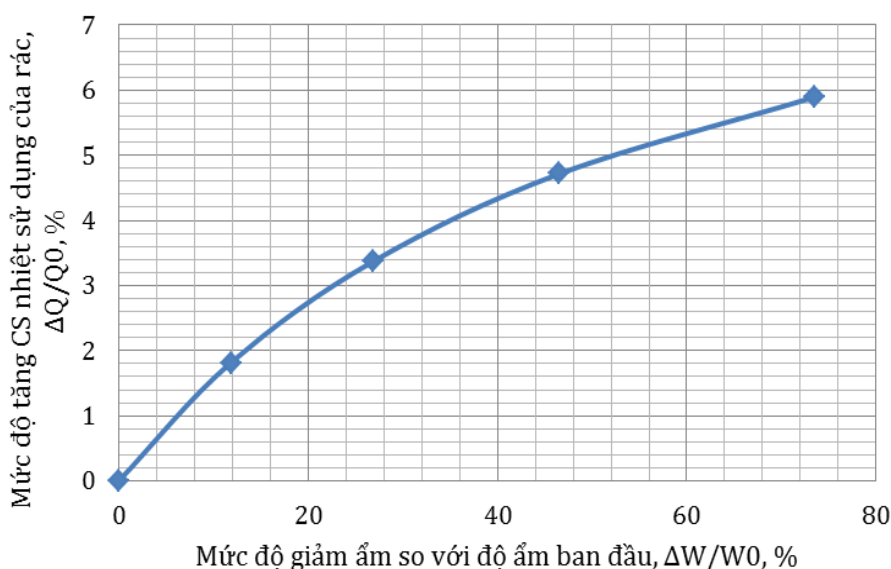
Hình 4. Thành phần rác theo mức độ tách hữu cơ

3.2 Ảnh hưởng của độ ẩm rác đến nhiệt trị và công suất nhiệt

Với rác đã tách ra có thành phần nguyên tố như trong Bảng 3, thay đổi độ ẩm của rác, có thể xác định được sự thay đổi nhiệt trị thấp và nhiệt độ cháy lý thuyết như trên Hình 5 (tính cho 2 giá trị hệ số không khí thừa). Kết quả cho thấy, khi độ ẩm rác sau tách khoảng 39 - 40%, nếu giảm tiếp được độ ẩm khoảng 10% thì sẽ tăng nhiệt độ buồng đốt lên 60-70°C. Nếu hệ số không khí thừa giảm từ 1,8 xuống 1,5 cũng làm tăng nhiệt độ lên 120°C. Áp dụng các công thức (4), (6) - (7), tính cho rác đã tách ra có thành phần nguyên tố như trong Bảng 3, nếu giảm được độ ẩm của rác thì công suất nhiệt đưa vào buồng đốt sẽ tăng lên. Độ ẩm ban đầu là 37,8% giảm 25,8% (giảm 46,5%), thì công suất nhiệt tăng lên 4,7% (xem Hình 6). Do đó, khi giảm hàm lượng ẩm đầu vào, lượng rác vào buồng đốt giảm nhưng công suất nhiệt lại tăng lên.



Hình 5. Ảnh hưởng của độ ẩm nhiên liệu rác đến nhiệt trị thấp và nhiệt độ cháy lý thuyết



Hình 6. Ảnh hưởng của độ ẩm rác đến độ tăng công suất nhiệt khi sử dụng rác

4 KẾT LUẬN

Công nghệ đốt chất thải để thu hồi năng lượng được xem là phương pháp tiềm năng trong xử lý rác thải, tuy nhiên hiệu quả tận dụng nhiệt không cao với nguồn rác thải sinh hoạt ở Việt Nam, do bởi hàm lượng hữu cơ cao (60 - 70%) và nhiệt trị thấp (4500 – 6000 kJ/kg). Bài báo trình bày nghiên cứu các ảnh hưởng của tỉ lệ tách hữu cơ và độ ẩm đầu vào của rác đến thành phần và nhiệt trị của rác. Kết quả cho thấy, khi thành phần hữu cơ trong rác giảm từ 65,8% còn 43,6%, nhiệt trị thấp tăng lên 1,44 lần so với mẫu rác ban đầu, từ 5432 kJ/kg đến 7839 kJ/kg. Trong khi đó, nếu tách ra được khoảng 80% hữu cơ thì nhiệt trị rác tăng lên đến gần 10.000kJ/kg. Độ ẩm rác sau tách khoảng 39-40%, nếu độ ẩm khoảng 10% thì sẽ tăng nhiệt độ buồng đốt lên 60-70°C, do đó công suất nhiệt buồng đốt tăng lên. Hệ số không khí thừa giảm từ 1,8 xuống 1,5 cũng làm tăng nhiệt độ lên 120°C. Kết quả chỉ ra khi độ ẩm ban đầu là 37,8% giảm 25,8%, thì công suất nhiệt tăng lên 4,7%. Kết quả nghiên cứu là cơ sở để tính quá trình cháy, xác định không khí, khói để thiết kế buồng đốt và lò hơi quá nhiệt, sử dụng nhiên liệu rác trong thực tế. Thêm vào đó, kết quả tính toán các thành phần nguyên tố và nhiệt trị thấp của hữu cơ tách ra là cơ sở để xây dựng phương án xử lý hữu cơ, giúp tính toán được cân bằng vật chất và năng lượng trong quá trình xây dựng phương án xử lý rác. Phần

hữu cơ được tách ra để xử lý riêng thì sẽ có lợi hơn về mặt đầu tư hệ thống đốt rác phát điện và nếu giảm được ẩm của rác trước khi đốt thì tăng được công suất nhiệt của rác thải.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Usmani, Z., Kumar, V., Varjani, S., Gupta, P., Rani, R., Chandra, A. Municipal solid waste to clean energy system: a contribution toward sustainable development. In: Varjani, S., Pandey, A., Gnansounou, Khanal S.K., Raveendran, S. (Eds.), *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*. Elsevier, Cambridge, UK, 217–231, 2020. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64321-6.00011-2>
- [2] Xiao, S., Dong, H., Geng, Y., Francisco, M.-J., Pan, H., Wu, F. An overview of the municipal solid waste management modes and innovations in Shanghai, China. *Environ. Sci. Pollut. Control Ser.* 27, 29943–29953, 2020. <https://doi.org/10.1007>
- [3] Cổng Thông tin điện tử Bộ Lao động – Thương binh xã hội (<http://www.molisa.gov.vn/Pages/tintuc/chitiet.aspx?tintucID=29769>, truy cập ngày 10 tháng 03 năm 2023)
- [4] Bộ Tài nguyên môi trường, Báo cáo hiện trạng môi trường quốc gia, chuyên đề quản lý chất thải rắn, *Nhà xuất bản dân trí*, 2020
- [5] Đặng Văn Bình, Tiêu Xuân Hoàng. Sản xuất điện từ chất thải rắn – tiềm năng ở Việt Nam, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Năng lượng – Trường đại học Điện lực*, 2019
- [6] Jochen Amrehn Trung tâm Bền vững Đô thị Đông Nam Á (SEACUS), Viện Công nghệ Ladkrabang King Mongkut's, *Báo cáo Điện rác*, 5/2014, Hà Nội
- [7] Word Bank, Đánh giá công tác quản lý chất thải rắn sinh hoạt và chất thải nguy hại, các phương án và hành động nhằm thực hiện chiến lược quốc gia, 2018
- [8] Münster M, Lund H. Comparing Waste-to-Energy technologies by applying energy system analysis. *Waste Manag.* 30:1251e63, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.07.001>
- [9] Nguyễn Thị Phương Loan, Lựa chọn công nghệ trong quản lý chất thải rắn bền vững, Nghiên cứu điển hình tại Thành phố Hồ Chí Minh, *Asia Pacific Network for Global Change Research (APN)*, 2016
- [10] Prabir Basu, Cen Kefa, Louis Jesstin. Boiler and Burners. Design and Theory. *Springer Verlag*, 1999
- [11] C. David Cooper, Brian Kim, John MacDonald. Estimating the lower heating value of hazardous and solid wastes, *Journal of the Air & Waste Management Association*, 49, 27, 471 – 476, 2011
- [12] Thomas J. Buckley. Calculation of higher heating values of biomass materials and waste components from elemental analyses. *Journal Resources, Conservation and Recycling*, 5, 4, 329-341, 1991
- [13] Mohamad Y. M. Biogas from Organic Waste – A case study. 8th International cold climate HVAC 2015 conference, *Procedia Engineering*, 146, 310-317, 2016
- [14] Themelis, N.J. Material and energy balance in a large-scale aerobic bioconvection cell, *Waste Manager Res.*, 20, 234-242, 2002

STUDY ON CHARACTERISTICS OF MUNICIPAL SOLID WASTE IN VIETNAM FOR ENERGY APPLICATIONS

NGUYEN THANH QUANG

Faculty of Heat and Refrigeration Engineering, Industrial University of Ho Chi Minh City

Corresponding author: nguyenthanhquang@iuh.edu.vn

Abstract. Waste-to-energy technology, which recovers energy, is considered a potential method for waste treatment. However, the efficiency of heat utilization is not high with the source of municipal solid waste in Vietnam, which has a high organic content (60-70%) and low calorific value (4500-6000kJ/kg). In this study, the waste source was considered as a fuel, the influence of the input moisture and the composition of organic and inorganic matter on the calorific value and the heat use efficiency of the waste were evaluated. The results showed that when the organic content in the waste decreased from 65.8% to 43.6%, the low heating value increased by 1.44 times, from 5432 kJ/kg to 7839 kJ/kg compared to the original waste sample. When the organic matter could be separated by 80%, the waste heat value would increase to about 10,000kJ/kg. The excess air coefficient decreased from 1.8 to 1.5, increasing the temperature to 120°C. When the initial moisture of 37.8% decreased by 25.8%, the thermal capacity increased by 4.7%. When the MSW's moisture is about 10%, the temperature of the combustion chamber will increase to 60-70°C. The obtained results could be used for determining the heat flow for the municipal solid waste to energy applications.

Keywords: organic waste, waste to energy, waste heating value, waste analyse, municipal solid waste

Received on: 22/6/2023

Revised on: 04/5/2024