

PHÁT TRIỂN NHIÊN LIỆU SINH HỌC HƯỚNG ĐẾN XÂY DỰNG MÔ HÌNH BIOMASS TOWN Ở VIỆT NAM

Phan Đình Tuấn

Phòng thí nghiệm Năng lượng sinh học và Biomass,

Trường Đại học Bách khoa ĐHQG TP. HCM

Email: phantuan23bhht@gmail.com

Đến Tòa soạn: 19/12/2012; Chấp nhận đăng: 24/12/2012

TÓM TẮT

Bài báo trình bày các kết quả nghiên cứu sản xuất nhiên liệu sinh học dưới dạng bioethanol và biogas từ chất thải nông nghiệp trong khuôn khổ Dự án JICA-JST “Kết hợp bền vững nền nông nghiệp địa phương với công nghiệp chế biến biomass”. Trên cơ sở các kết quả nghiên cứu này, bài báo chỉ ra các điểm mấu chốt về công nghệ cần phải nghiên cứu, phát triển để các sản phẩm thu được có giá thành hạ, có khả năng áp dụng trong thực tế công nghiệp, như công nghệ tiền xử lý nguyên liệu có nguồn gốc cellulose, công nghệ sản xuất enzyme có hoạt tính cao và giá thành hạ, công nghệ tinh chế bioethanol ở nhiệt độ thấp, công nghệ tinh chế và lưu trữ biogas. Các kết quả này là cơ sở để thiết kế và xây dựng mô hình Biomass Town tại Việt Nam, trong đó các chất thải nông nghiệp được tái sử dụng hoàn toàn để sản xuất nhiên liệu, phân bón, khép kín việc sản xuất và sử dụng nhiên liệu sinh học trong phạm vi địa phương, góp phần hình thành chu trình CO₂ trong khí quyển.

Từ khóa: nhiên liệu sinh học, biomass, bioethanol, biogas, biomass town.

1. MỞ ĐẦU

Trước thực trạng bất ổn về giá dầu, sự cạn kiệt nhìn thấy trước của tài nguyên nhiên liệu hóa thạch trên thế giới, các thảm họa môi trường đã được báo trước, các quốc gia, các nhà khoa học đang cố gắng tìm các giải pháp mới để đưa các dạng năng lượng tái tạo vào sử dụng. Trong số các dạng năng lượng đó, năng lượng sinh học được coi là một trong các nguồn năng lượng tin cậy nhất vì chu trình CO₂ mà nó tạo ra, vì sự dồi dào và đa dạng của nguyên liệu, vì khả năng khả thi của công nghệ, vì giá thành có thể chấp nhận được.

Nhiên liệu sinh học có thể được sản xuất từ nhiều loại nhiên liệu đa dạng: tinh bột, khí tổng hợp, Cellulose (ethanol butanol), dầu, chất béo, vi tảo (biodiesel), chất thải chăn nuôi (biogas),... trong đó tinh bột và cellulose được cho là tiềm năng nhất xét về trữ lượng cũng như khả năng ứng dụng của sản phẩm.

Đối với nhiều nước kể cả Việt Nam, tinh bột vẫn được coi là nguồn lương thực quan trọng. Truyền thống sử dụng tinh bột ở nhiều nơi không đồng tình với việc coi và sử dụng chúng như

những nhiên liệu công nghiệp. Tuy nhiên, việc sử dụng tinh bột sản xuất thành nhiên liệu tương đối dễ dàng, giá thành sản phẩm thấp.

Nguyên liệu cellulose có trữ lượng lớn, có phân tử chính là C, H, O là cấu tử cơ bản cũng giống đường, do đó có khả năng đạt độ chuyển hóa cao hơn thành đường để từ đó sản xuất ethanol nhiên liệu. Khó khăn lớn nhất là cấu trúc bền vững của cellulose để có thể phá vỡ và tổng hợp nên các hợp chất khác.

Ngoài ra, khác với tinh bột, hàm lượng ethanol tạo ra trong quá trình lên men tương đối cao, tạo thuận lợi cho quá trình tinh chế (chưng cất). Với cellulose, nồng độ ethanol tạo ra thấp sẽ làm tăng chi phí của quá trình tinh chế. Để đưa nhiên liệu sinh học thế hệ thứ 2 vào thực tế, hai vấn đề quan trọng nêu trên cần được giải quyết bằng các công nghệ hợp lý, có khả năng mang lại hiệu quả cao.

2. NGHIÊN CỨU SẢN XUẤT NHIÊN LIỆU SINH HỌC VÀ THIẾT KẾ MÔ HÌNH BIOMASS TOWN TẠI TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA TP. HỒ CHÍ MINH

2.1. Sản xuất bioethanol từ nguyên liệu chứa cellulose

2.1.1. Xử lý nguyên liệu

Như đã đề cập, nguyên liệu có nguồn gốc thực vật từ nhiều loại chất thải nông nghiệp chứa nhiều cellulose (khoảng 38 %, [1]), có cấu trúc bền vững.

Một số phương pháp truyền thống sử dụng các nguồn nguyên liệu này cần được tôn trọng giữ gìn để duy trì sự phát triển bình thường của sản xuất nông nghiệp và đời sống như sử dụng rơm làm thức ăn gia súc, sử dụng rơm hay trấu làm chất đốt gia đình, làm nhiên liệu lợp, rải chuồng, ủ luống,...Chỉ phần nguyên liệu thừa bị đốt bỏ, mới được coi là nguyên liệu sản xuất ethanol. Có thể xử lý nguyên liệu chứa cellulose bằng acid mạnh ví dụ H_2SO_4 để phá vỡ cấu trúc bền vững của nó [2]. Kết quả quá trình là các phân tử được hình thành với một lượng lớn acid dư, gây khó khăn cho quá trình lên men.

Cellulose cũng có thể được xử lý bằng phương pháp cơ lý, ví dụ bằng hơi nước áp suất cao kèm giảm áp đột biến [3]. Khi đó, cấu trúc cellulose bị làm yếu tạo điều kiện cho các chất phân ứng mềm như enzyme có thể tác động để phân hủy thành đường. Phương pháp này có ưu điểm lớn là không đưa thêm hợp chất vào hệ, do đó, không gây khó khăn cho quá trình thủy phân bằng enzyme và lên men bằng vi sinh vật sau đó.

Nhược điểm lớn nhất của phương pháp này là thực hiện quá trình ở áp suất và nhiệt độ cao, gây tổn kém về năng lượng, chi phí đầu tư chế tạo thiết bị cao, kĩ thuật vận hành phức tạp, năng suất thấp do phải tiến hành nhiều công đoạn.

2.1.2. Thủy phân và lên men

Như đã đề cập, để thủy phân cellulose có thể dùng tác nhân acid mạnh. Tuy nhiên sau khi làm yếu cấu trúc cellulose bằng phương pháp hóa lý như đã nêu, ta có thể sử dụng enzyme cellulaza để phân hủy chúng thành đường [4].

Quá trình thủy phân có thể thực hiện ở $50^{\circ}C$ trong 48 giờ với tỉ lệ enzyme sử dụng 5 %. Dung dịch sau khi thủy phân có thể đạt nồng độ 55 g/l glucosa, với hiệu suất chuyển hóa trên 81 %. Dung dịch đường thu được có thể dễ dàng lên men ethanol bằng nấm men *saccharomyces*

cervisea ở 35 °C trong thời gian 48 giờ, với mật độ nấm men cỡ 23.6 triệu tế bào/mm³. Nồng độ ethanol sau lên men đạt 30 g/l, ứng với hiệu suất lên men 86 %.

Theo nguyên lí Le Chatelier, quá trình thủy phân sẽ chậm lại và kém hiệu quả khi nồng độ glucose tạo thành tăng lên. Tương tự, quá trình lên men sẽ khó khăn hơn khi nồng độ glucose giảm xuống, kèm theo nồng độ ethanol tăng lên ở cuối quá trình. Một trong những giải pháp để cải thiện là sử dụng quá trình thủy phân và lên men đồng thời [5]. Khi đó quá trình lên men và chuyển hóa glucose thành ethanol sẽ tạo điều kiện cho quá trình thủy phân xảy ra triệt để hơn. Ngược lại, quá trình thủy phân cung cấp glucose cho nấm men giúp quá trình lên men được tiến hành thuận lợi hơn. Khi đó, một trong các vấn đề kĩ thuật cần giải quyết là nhiệt độ thực hiện quá trình khác nhau cho 2 khâu thủy phân (50 °C) và lên men (35 °C) đòi hỏi hai quá trình được thực hiện tại hai vùng riêng biệt của thiết bị.

2.1.3. Tinh chế

Ethanol sau khi lên men có nồng độ 30 g/l cần được tinh chế đến 95 %, hoặc tiếp tục làm khan đến 99,7 % để có thể ứng dụng trong công nghiệp. Quá trình này có thể thực hiện bằng phương pháp chưng cất hai giai đoạn: giai đoạn một làm tăng nồng độ ethanol lên đến 40 %, giai đoạn hai tiếp tục đưa nồng độ ethanol lên đến 95 % (thể tích) (trong trường hợp làm khan đến 99,7 % cần áp dụng công nghệ rây phân tử hoặc công nghệ hấp phụ-giải hấp phụ liên hoàn (PSA, pressure-swing adsorption) [6]

Chi phí nhiệt năng cho quá trình chưng cất là rất lớn và do đó chưng cất là một trong các khâu quyết định giá thành sản phẩm cuối cùng. Việc hạ giá thành khâu tinh chế cũng được coi là một bước đột phá trong sản xuất nhiên liệu sinh học. Về mặt nguyên lí, quá trình tách kết hợp quá trình hấp phụ - nhả hấp phụ (PSA) ở nhiệt độ thường có thể giúp giải quyết vấn đề này [7]. Các nghiên cứu theo hướng này đang được tiếp tục trong các dự án hợp tác giữa Trường Đại học Tokyo (Nhật Bản) và Trường Đại học Bách Khoa – ĐHQG TP. HCM (Việt Nam) - Dự án JICA –JST “Kết hợp bền vững nền nông nghiệp địa phương với công nghiệp chế biến biomass”.

2.2. Sản xuất biogas

2.2.1. Lên men khí methan từ chất thải động thực vật

Biogas có thể sản xuất bằng phương pháp lên men kỵ khí, sử dụng phân heo, trâu bò,... hoặc chất thải thực vật. Quá trình lên men được thực hiện trong các hầm ủ với thời gian khoảng vài tuần đến vài tháng [8]. Khí methan sinh ra có chứa H₂S (khoảng vài trăm đến vài nghìn ppm, độc hại đối với động vật, vật liệu, tăng hiệu ứng nhà kính), CO₂ và hơi ẩm (đến 40 %). Khí biogas này cần được làm sạch khỏi H₂S, CO₂ và hơi ẩm để đảm bảo an toàn cho người sử dụng, nâng cao nhiệt trị và do đó nâng cao khả năng ứng dụng trong công nghiệp.

2.2.2. Tinh chế biogas

Khí H₂S có thể được làm sạch khỏi biogas bằng các phương pháp hấp thụ (dùng dung dịch kiềm loãng, nước vôi làm tác nhân hấp thụ), hấp phụ (dùng than hoạt tính, bột oxit sắt, bột oxit kẽm, Fe/EDTA...) [9].

Khí CO₂ và hơi ẩm có thể được làm sạch bằng cách hấp phụ trên rây phân tử, sử dụng công nghệ hấp phụ-giải hấp phụ liên hoàn (PSA, pressure-swing adsorption) [10].

Để có thể ứng dụng biogas đã tinh chế trong công nghiệp, việc chứa biogas cũng là vấn đề cần giải quyết. Một trong những khó khăn lớn khi sử dụng biogas là tính khó hóa lỏng của khí methane. Việc sử dụng biogas để phát điện, đốt lò công nghiệp,... sẽ không có trở ngại nhiều, nhưng vấn đề sẽ khó hơn khi biogas được sử dụng trên các phương tiện di động, nơi chúng ta cần chứa một khối lượng lớn biogas trong một thể tích giới hạn. Một trong những hướng nghiên cứu tiềm năng là sử dụng các thùng chứa chất hấp phụ (adsorptive tank) với các chất hấp phụ đặc trưng, có khả năng chứa biogas cao gấp hàng chục lần so với bình chứa thông thường có cùng dung tích [11].

2.2.3. Sử dụng chất thải hầm biogas và vấn đề xử lý môi trường

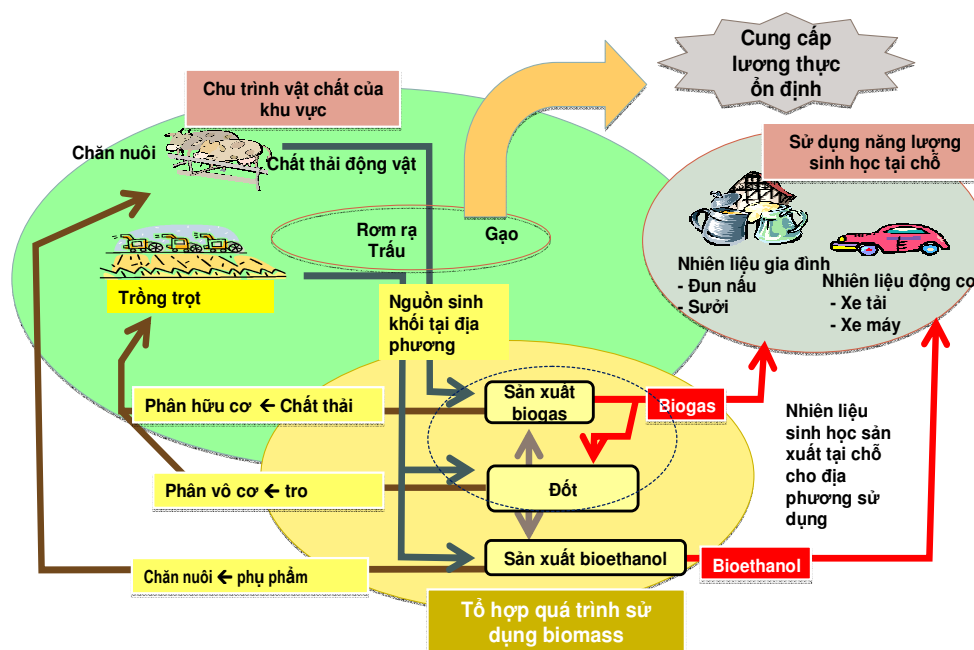
Chất thải hầm biogas (rắn và lỏng) có thể sử dụng như phân bón. Tuy nhiên ảnh hưởng của chúng đến môi trường đất, môi trường nước và môi trường không khí cần được làm rõ.

Các nghiên cứu hiện nay tại hiện trường xã Thái Mỹ, huyện Củ Chi, Thành phố Hồ Chí Minh trong khuôn khổ Dự án JICA JST cho thấy: nước thải từ hầm ủ biogas sử dụng như phân bón lỏng không ảnh hưởng đáng kể đến việc ô nhiễm nguồn nước ngầm. Phân bón lỏng dạng này cũng như chất thải rắn hầm biogas sử dụng như phân bón có khả năng cung cấp dinh dưỡng cho cây trồng, không làm ảnh hưởng xấu đến chất lượng đất, và đặc biệt không ảnh hưởng đáng kể đến môi trường không khí [12]. Các nghiên cứu về việc thay thế một phần hoặc hoàn toàn phân bón hóa học cũng như ảnh hưởng đến năng suất cây trồng đang được tiếp tục.

2.3. Thiết kế mô hình Biomass Town

Dựa trên khái niệm về chu trình CO₂, một mô hình Biomass Town đã được đề xuất [13]. Theo đó, chất thải trồng trọt (rơm rạ, trấu), ngoài các phương án sử dụng truyền thống như làm thức ăn gia súc, làm chất đốt gia đình, độn chuồng làm phân bón để quay trở lại phục vụ trực tiếp cho trồng trọt, còn có thể sử dụng sản xuất bioethanol làm nhiên liệu sinh học sử dụng tại địa phương. Chất thải chăn nuôi, ngoài việc sử dụng trực tiếp làm phân bón, có thể sử dụng để sản xuất biogas. Sau khi tinh chế, biogas này có thể được sử dụng để phát điện, làm nhiên liệu công nghiệp. Ngay cả gạo, ngoài việc sử dụng như một nguồn lương thực chủ yếu, còn có thể sử dụng như gạo công nghiệp để làm nguyên liệu sản xuất bioethanol.

Với thiết kế này, CO₂ sẽ tạo thành chu trình kín: Nhờ phản ứng quang hợp, CO₂ sẽ góp phần tạo nên biomass ở dạng thực vật. Thực vật vừa góp phần phát triển con người và động vật, vừa được sử dụng như một nguồn biomass. Các quá trình công nghệ như đã đề cập sẽ biến các dạng biomass khác nhau thành các dạng nhiên liệu và vật liệu phục vụ đời sống, tiện sử dụng. Các quá trình sử dụng biomass khác nhau lại dẫn đến hình thành CO₂, và như vậy CO₂ sẽ tạo thành chu trình khép kín. Việc sản xuất, sử dụng nhiên liệu sinh học theo hướng này, do đó, sẽ không làm tăng lượng CO₂ trong khí quyển, không làm nghiêm trọng thêm hiệu ứng nhà kính. Một mô hình thực tế trên cơ sở thiết kế này đang được xây dựng tại xã Thái Mỹ, huyện Củ Chi, Thành phố Hồ Chí Minh, trong khuôn khổ Dự án JICA-JST (đã dẫn).



Hình 1. Thiết kế mô hình Biomass Town tại Việt Nam [13]

4. KẾT LUẬN

Việc sử dụng phế phụ phẩm nông nghiệp (biomass) làm nhiên liệu, vật liệu, hóa chất là rất cần thiết và có khả năng, do nguồn gốc hữu cơ của các loại nguyên liệu này. Tuy nhiên, do cấu trúc bền vững của cellulose, một số công nghệ nguồn cần được phát triển để nâng cao tính khả thi cũng như hạ giá thành sản phẩm nhiên liệu sinh học:

- Công nghệ tiền xử lý nguyên liệu phải đảm bảo hiệu quả cao, tạo điều kiện để các chất phản ứng enzyme có thể thủy phân cellulose dễ dàng mà không đưa thêm các hóa chất có hại cho môi trường cũng như ảnh hưởng hoạt động của enzyme hoặc vi sinh vật sau này.
- Công nghệ thủy phân cellulose cần tạo ra các enzyme có hoạt tính cao, hiệu quả, giá thành thấp
- Để nâng cao hiệu quả quá trình lên men, công nghệ thủy phân và lên men đồng thời cần được phát triển, đặc biệt cần tối ưu hóa thiết kế thiết bị để các quá trình thủy phân và lên men có thể được thực hiện ở chế độ tối ưu.
- Quá trình chưng cất để tinh chế bioethanol làm nhiên liệu là quá trình tiêu thụ nhiều năng lượng, có ảnh hưởng rất lớn đến giá thành sản phẩm. Công nghệ tinh chế ở nhiệt độ thấp sử dụng các chất hấp phụ đặc trưng và công nghệ PSA cần được tiếp tục phát triển và hoàn thiện.
- Biogas có thể lên men dễ dàng từ chất thải chăn nuôi và cả từ chất thải thực vật. Khí độc hại H_2S cần được tách triệt để để hạn chế tác động xấu đối với sức khỏe con người, động vật và cả độ bền của vật liệu. Thành phần không cháy như CO_2 , hơi ẩm cũng cần được làm sạch để tăng nhiệt trị cho biogas, đáp ứng các nhu cầu của công nghiệp.

- Công nghệ chứa biogas cần được phát triển để có thể sử dụng làm nhiên liệu động cơ trong thời gian dài.
- Chất thải của ngành sản xuất nhiên liệu sinh học trên cơ sở biomass có khả năng làm phân bón, không ảnh hưởng nhiều đến môi trường nước, môi trường đất và môi trường không khí. Các nghiên cứu theo hướng này cần được tiếp tục để tối ưu hóa việc thay thế phân bón hóa học.
- Mô hình Biomass Town tại Việt Nam cần được xây dựng và phát triển trên quy mô đủ lớn để có khả năng đánh giá hiệu quả kinh tế và tác động môi trường của công nghiệp biomass ở các địa phương. Giá thành sản xuất nhiên liệu sinh học sẽ là một trong các yếu tố quyết định sự thành công của mô hình này trong giai đoạn đầu xây dựng và phát triển.

Lời cảm ơn. Tác giả xin trân trọng cảm ơn Dự án JICA-JST “Kết hợp bền vững nền nông nghiệp địa phương và công nghiệp chế biến biomass” của Trường Đại học Bách khoa – ĐHQG TP. HCM đã cung cấp kinh phí và đặc biệt cảm ơn các nhóm nghiên cứu trong Dự án đã cung cấp số liệu khoa học để hình thành công trình này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phan Dinh Tuan, Tran Dieu Ly - Enzymatic hydrolysis and simultaneous saccharification and fermentation of rice straw for bioethanol production, J. Science and Technology (VAST) **47** (3A), (2009) 12-19.
2. Jun Seok Kim, Lee Y. Y., Torget R. W. - Cellulose hydrolysis under extremely low sulphuric acid and high-temperature conditions, Applied Biotechnology and Biotechnology. **91-93** (2001) 331-340.
3. Mohammed Moniruzzaman - Effect of steam explosion on the physicochemical properties and enzymatic saccharification of rice straw, Applied Biochemistry and Biotechnology **59** (1996) 283-297.
4. Fan L. T., Yong-Hyun Lee, David H.- Mechanism of the enzymatic hydrolysis of cellulose: Effects of major structural features of cellulose on enzymatic hydrolysis, Biotechnology and Bioengineering **22** (1980) 177-199.
5. Parameswaran Binod, Raveendran Sindhu, et al. - Bioethanol production from rice straw: An overview, Bioresource Technology **101** (13) (2010) 4767-4774.
6. Carmo M. J., Gubulin J. C. - Ethanol-Water Separation in the PSA Process, Adsorption **8** (3) (2002) 235-248.
7. Hirotaka Fujita, , Qingrong Qian, Takao Fujii, Kazuhiro Mochizuki, Akiyoshi Sakoda - Isolation of ethanol from its aqueous solution by liquid phase adsorption and gas phase desorption using molecular sieving carbon, Adsorption **17** (5) (2011) 869-879.
8. Zheng Y. H., Wei J. G. et al.-Anaerobic fermentation technology increases biomass energy use efficiency in crop residue utilization and biogas production, Renewable and Sustainable Energy Reviews **16** (2012) 4588-4596.
9. Horikawa M. S., Rossi F., Gimenes M. L., Costa C. M. M., da Silva M. G. C. - Chemical absorption of H₂S for biogas purification, Brazilian Journal of Chemical Engineering **21** (3) (2004) 415-422.

10. Persson M., Jonsson O., Wellinger A. - Biogas upgrading to vehicle fuel standards and grid injection, IEA Bioenergy, Task 37 - Energy from Biogas and Landfill Gas, Impressum, 2006.
11. Yuyama Y., Nakamura M., Yamaoka M. - Development of a Pilot-scale Biomass Refinery System for Suburban Agricultural and Livestock Industrial Areas, JARQ **44** (1) (2010) 93-100.
12. Arthurson V. - Closing the Global Energy and Nutrient Cycles through Application of Biogas Residue to Agricultural Land – Potential Benefits and Drawback, Energies **2** (2) (2009) 226-242.
13. Tuan P. D., Mochidzuki K., Sato N., Sakoda A. - Analysis of Rice Refinery System in Mekong River Delta, AIChE 2007 Annual Meeting, 2007, Utah, USA.

ABSTRACT

DEVELOPMENT OF BIOFUEL FOR BUILDING UP BIOMASS TOWNS IN VIETNAM

Phan Dinh Tuan

Laboratory for Bioenergy and Biomass

Hochiminh City University of Technology

Email: *phantuan23bhht@gmail.com*

The article describes the research results on the production of biofuels in the form of bioethanol and biogas from agricultural wastes within the framework of the JICA-JST Project “Sustainable integration of local agriculture and biomass industry”. Based on the results, necessary key technologies have been figured out to reduce production cost, such as pretreatment of cellulose-based raw materials, active enzymes production, bioethanol purification at low temperatures, purification and storage technology for biogas. The studies have been used for designing and building up a Biomass Town in Vietnam, where most of agricultural wastes would be used for biofuel and fertilizer, recycling the production of local biofuel and creating the closed-loop of CO₂ in the atmosphere.

Keywords: biofuel, biomass, bioethanol, biogas, biomass town.