

TỔNG QUAN NGHIÊN CỨU NĂNG LƯỢNG TÁI TẠO: ĐÓNG GÓP KHOA HỌC TỪ KHOA CƠ KHÍ – CÔNG NGHỆ, TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM TP. HỒ CHÍ MINH

Bùi Ngọc Hùng¹, Nguyễn Văn Lành¹, Nguyễn Nam Quyền¹, Nguyễn Huy Bích¹

TÓM TẮT:

Trong bối cảnh nhu cầu phát triển năng lượng tái tạo ngày càng gia tăng, Khoa Cơ khí – Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh đã triển khai nhiều nghiên cứu nhằm khai thác hiệu quả sinh khối và năng lượng mặt trời, hướng tới giải quyết các vấn đề chế biến nông sản, tiết kiệm chi phí và giảm phát thải khí nhà kính. Thứ nhất, các nghiên cứu về lò đốt trấu đã phát triển liên tục từ dạng thủ công đến hệ thống tự động hóa. Lò ghi hình nón (1993) cho thấy hiệu suất 60–80%, lò tự động được thiết kế cải tiến với vít tải cấp liệu và tháo tro giúp duy trì nhiệt độ ổn định ($\pm 0,5^\circ\text{C}$), đạt hiệu suất trên 80%. Các lò công suất lớn (40–250 kg/h) đã được ứng dụng tại nhiều tỉnh và cả ở Tanzania. Thứ hai, nghiên cứu về nhiệt phân và khí hóa sinh khối tập trung vào phụ phẩm nông nghiệp như trấu, mùn cưa, cùi vụn. Thí nghiệm lò khí hóa ngược chiều cho thấy hiệu quả tối ưu ở $ER = 0,3$, với thành phần khí (CO , H_2 , CH_4) >32%. Hệ thống khí hóa trấu kết hợp động cơ diesel có thể thay thế tới 81,6% nhiên liệu dầu. Công nghệ nhiệt phân liên tục đạt hiệu suất biochar 28,8–32,3% ở 500°C ; syngas thu hồi thay thế tới 77% LPG. Biochar được chứng minh cải thiện độ phì nhiêu đất và năng suất cây trồng trong các thử nghiệm nông học. Thứ ba, năng lượng mặt trời (NLMT) được ứng dụng trong các hệ thống sấy nông sản – thủy sản. Công nghệ sấy đảo chiều gió (SRA) tích hợp bộ thu NLMT giúp giảm 40–78% nhiên liệu, tiết kiệm chi phí 15–20% và nâng cao chất lượng sản phẩm. Các hệ thống đã ứng dụng thành công với nhiều loại nông sản (lúa, sắn, nho, atisô) và thủy sản (cá dứa, cá lù đù), đảm bảo chất lượng cảm quan, dinh dưỡng và an toàn thực phẩm. Tổng thể, các nghiên cứu của Khoa đã khẳng định hiệu quả khoa học, kinh tế và xã hội, đồng thời mở ra tiềm năng mở rộng ứng dụng năng lượng tái tạo trong sản xuất nông nghiệp và công nghiệp tại Việt Nam và khu vực.

Từ khóa: Khí hóa sinh khối, lò đốt trấu, năng lượng tái tạo, sấy năng lượng mặt trời, than sinh học.

AN OVERVIEW OF RENEWABLE ENERGY RESEARCH: INSIGHTS FROM THE FACULTY OF ENGINEERING AND TECHNOLOGY, NONG LAM UNIVERSITY, HOCHIMINH CITY

ABSTRACT:

In the context of the growing demand for renewable energy development, the Faculty of Mechanical Engineering and Technology, Nong Lam University, HoChiMinh City, has carried out numerous studies to effectively utilize biomass and solar energy, aiming to address challenges in agricultural processing, reduce costs, and lower greenhouse gas emissions. First, studies on rice husk furnaces have evolved continuously from manual designs to automated systems. The conical grate furnace (1993) achieved an efficiency of 60–80%, while the improved automatic furnace, equipped with a screw feeder and ash removal system, maintained a stable temperature ($\pm 0.5^\circ\text{C}$) and reached over 80% efficiency. Large-capacity furnaces (40–250 kg/h) have been applied in several provinces and even in Tanzania. Second, research on biomass pyrolysis and gasification has focused on agricultural by-products such as rice husks, sawdust, and wood scraps. Experiments with counter-current gasifiers showed optimal performance at $ER = 0.3$, with gas composition (CO , H_2 , CH_4) exceeding 32%. A rice husk gasification system combined with a diesel engine could replace up to 81.6% of diesel fuel. Continuous pyrolysis technology achieved biochar yields of 28.8–32.3% at 500°C , while recovered syngas could substitute up to 77% of LPG. Biochar has been proven to improve soil fertility and crop yields in agronomic trials. Third, solar energy has been applied to agricultural and aquacultural drying systems. The airflow-reversing solar-assisted dryer (SRA) reduced fuel consumption by 40–78%, lowered costs by 15–20%, and improved product quality. These systems have been successfully applied to various agricultural products (rice, cassava, grapes, artichokes) and aquatic products (pangasius, croaker), ensuring sensory quality, nutritional value, and food safety. Overall, the Faculty's research has demonstrated scientific, economic, and social effectiveness while opening opportunities for expanding renewable energy applications in agriculture and industry in Vietnam and the region.

Keywords: Biomass gasification, biochar, rice husk furnace, renewable energy, solar drying.

¹Khoa Cơ khí – Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM
Email: buingochung@hcmuaf.edu.vn

I. GIỚI THIỆU

1.1. Nghiên cứu về lò đốt trấu cấp nhiệt cho hệ thống sấy

Ngành nông nghiệp lúa nước của Việt Nam, đặc biệt tại Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL), phải đối mặt với thách thức lớn về bảo quản nông sản sau thu hoạch, nhất là trong mùa mưa, khi ẩm độ lúa thu hoạch có thể đạt từ 26-34%. Việc không sấy khô kịp thời và đúng kỹ thuật dẫn đến tổn thất cao và giảm chất lượng chế biến. Việc sấy bằng máy móc là yêu cầu cấp thiết. Trong bối cảnh chi phí năng lượng từ dầu hỏa đắt gấp 31 lần so với nhiệt lượng từ sinh khối, việc tận dụng trấu—phụ phẩm dồi dào từ quá trình xay xát lúa gạo—trở thành giải pháp kinh tế và môi trường ưu việt. Trong giai đoạn từ 2008 đến

1.2. Nghiên cứu về nhiệt phân, hóa khí sinh khối để cấp nhiệt, phát điện và sản xuất biochar

Trong bối cảnh khủng hoảng năng lượng toàn cầu và nguy cơ cạn kiệt nguồn nhiên liệu hóa thạch vào khoảng năm 2050, việc tìm kiếm giải pháp thay thế bền vững trở nên cấp thiết. Sinh khối (biomass) được xem là nguồn năng lượng tái tạo có tiềm năng lớn, mang tính trung hòa carbon, góp phần giảm phát thải khí nhà kính và ô nhiễm môi trường. Việt Nam, với lợi thế là quốc gia nông nghiệp, mỗi năm tạo ra khoảng 45 triệu tấn sinh khối, tương đương 15 triệu tấn dầu. Riêng ngành lúa gạo sản xuất hơn 40 triệu tấn lúa, kéo theo hơn 10 triệu tấn trấu, chủ yếu tập trung tại Đồng bằng sông Cửu Long. Đây chính là

1.3. Nghiên cứu về ứng dụng năng lượng mặt trời cấp nhiệt hỗ trợ cho các hệ thống sấy

Trong bối cảnh nhu cầu bảo quản và chế biến nông sản ngày càng cao, công nghệ sấy lúa được xem là giải pháp quan trọng thay thế cho phương pháp phơi nắng truyền thống vốn phụ thuộc vào thời tiết, khó kiểm soát chất lượng và tốn nhiều nhân công. Nguyên lý sấy đảo chiều tác nhân sấy (SRA) được phát triển tại khoa CKCN, ĐHNH. Máy sấy SRA, với

2012, ĐBSCL có khoảng 4,6 triệu tấn trấu hàng năm. Trấu được coi là nguồn năng lượng tiềm năng, được sử dụng rộng rãi (khoảng 10% lượng trấu dành cho sấy lúa vào năm 2012). Tuy nhiên, các máy sấy lúa truyền thống ở ĐBSCL chủ yếu sử dụng lò đốt trấu thủ công (lò ghi nghiêng), vốn tồn tại nhiều nhược điểm. Các lò này tốn nhiều công lao động vì phải cào tro và cấp trấu thủ công sau mỗi 5-10 phút, đồng thời nhiệt độ sấy không ổn định, ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm. Trước những hạn chế này, các nghiên cứu của Khoa Cơ khí – Công nghệ (CKCN), Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM (ĐHNH) đã tập trung vào việc thiết kế và chế tạo các mẫu lò đốt trấu cải tiến nhằm nâng cao hiệu suất và giảm nhân công vận hành [1-3].

nguồn nguyên liệu lý tưởng cho các nghiên cứu chuyển đổi sinh khối thành năng lượng tại khoa CKCN, ĐHNH. Các nghiên cứu tập trung chủ yếu vào công nghệ khí hóa (gasification), quá trình chuyển đổi nhiệt hóa trong điều kiện thiếu oxy để tạo ra khí tổng hợp (syngas), than sinh học (biochar) và sản phẩm phụ khác [4-12]. Thiết bị thường được sử dụng là lò khí hóa tầng cố định, dòng khí đi xuống (downdraft gasifier), có ưu điểm tạo khí sạch, hiệu suất cao và chi phí thấp. Nguyên liệu nghiên cứu điển hình gồm trấu, củi vụn và mùn cưa. Trong đó, yếu tố công nghệ then chốt được khảo sát sâu là hệ số không khí cấp (Equivalence Ratio – ER), tỷ lệ giữa lưu lượng không khí thực tế và lý thuyết.

cơ chế đảo chiều gió, giúp sản phẩm khô đều, tiết kiệm không gian và cơ giới hóa quá trình sấy. Các phiên bản SRA quy mô khác nhau (8 tấn và 16 tấn/mê) đã chứng minh hiệu quả khi sấy lúa, ngô, cà phê hay sản lát. Tuy nhiên, hầu hết các máy sấy lúa hay sản lát vào những năm 2010 vẫn sử dụng nhiên liệu đốt như sinh khối hay than đá, dẫn đến chi phí cao và hạn chế ứng dụng. Xuất phát từ thực tế đó, khoa CKCN, ĐHNH đã định hướng nghiên cứu các hệ thống sấy tích hợp năng

lượng mặt trời, nhằm giảm chi phí nhiên liệu, tăng hiệu quả kinh tế và phù hợp với điều kiện sản xuất ở Việt Nam [13-20].

Để tăng hiệu quả năng lượng, bộ thu nhiệt mặt trời đã được thiết kế và thử nghiệm. Bộ thu thường cấu tạo từ tấm PE trong suốt, lớp hấp thụ đen bên trong, dễ chế tạo bằng vật liệu rẻ tiền như tre, dây nhựa, và đặt trên mặt đất thay vì lắp mái. Ngoài lúa và sắn, nghiên cứu cũng được mở rộng sang thủy sản và nông sản có độ ẩm cao. Thí nghiệm sấy dưa, cá lù đù, bông atiso, nho hay thịt bò cũng được nghiên cứu và mang lại những kết quả

II. MỘT SỐ NGHIÊN CỨU ĐIỂN HÌNH

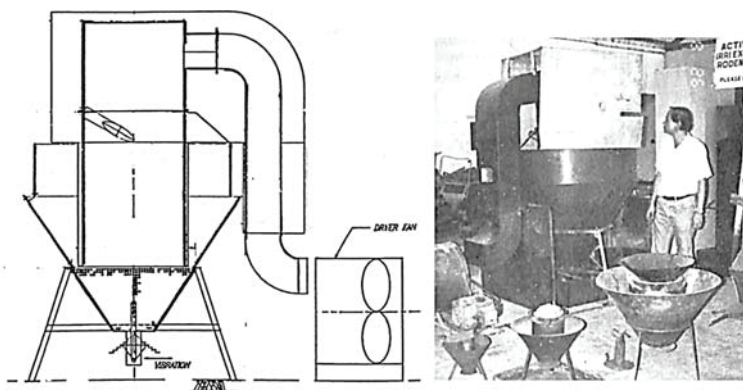
2.1. Nghiên cứu về lò đốt trấu

Nghiên cứu được tiến hành nhằm thiết kế, chế tạo và khảo nghiệm các mẫu lò đốt trấu cải tiến phục vụ sấy nông sản, hướng đến nâng cao hiệu suất, năng suất và mức độ tự động hóa.

Lò đốt trấu ghi hình nón cho máy sấy hạt được Phan Hiếu Hiền và cộng sự [1] công bố năm 1993, nhằm giải quyết nhu cầu sấy nông sản trong mùa mưa tại Việt Nam và

rất cụ thể. Kết quả tổng quan cho thấy việc tích hợp năng lượng mặt trời vào hệ thống sấy kiểu SRA không chỉ giảm tới 90% nhân công so với phơi thủ công mà còn nâng cao chất lượng sản phẩm và hiệu quả kinh tế. Các mô hình đã được chuyển giao tại nhiều địa phương (Quảng Nam, Đắk Nông, Hòa Bình, Lâm Đồng...) và nhận phản hồi tích cực từ người sử dụng. Đây là minh chứng cho tiềm năng lớn của năng lượng mặt trời trong công nghệ sau thu hoạch, góp phần giảm tổn thất, tăng thu nhập cho nông dân và thúc đẩy nông nghiệp bền vững tại Việt Nam [13-18].

Philippines khi tỷ lệ hư hỏng lúa 10–30%. Trấu được xem là nhiên liệu rẻ, sẵn có, thường bỏ phí. Nghiên cứu tập trung vào việc chế tạo lò đốt hiệu suất cao, chi phí thấp, hoạt động liên tục và đơn giản. Thiết kế dựa trên ba ý tưởng chính: (1) ghi lò hình nón, góc nghiêng 56° giúp trấu chảy đều; (2) cơ cấu rung lắc bằng dây cáp như lò IRRI-BD2 để chôn đống vón, tháo tro thuận tiện; (3) buồng đốt xoáy đồng tâm đảm bảo cháy hoàn toàn, tăng hiệu quả năng lượng.



Hình 1. Lò đốt trấu ghi hình nón dùng cho máy sấy [1]

Kết quả khảo nghiệm cho thấy lò đốt ghi hình nón hoạt động ổn định 6–8 giờ liên tục, tiêu thụ 25–40 kg trấu/giờ. Thực tế, mức trung bình 37 kg/giờ phù hợp cho máy sấy 4–6 tấn/mê, trọng lượng lò khoảng 320 kg, dễ cơ động. Hiệu suất khí sấy đạt 60–80%, tối ưu (70–80%) khi tốc độ đốt 32–38 kg/giờ. Thiết kế đơn giản nhưng hiệu quả cao này có thể chế tạo tại các xưởng cơ khí nhỏ, giảm chi phí khấu hao. Cơ cấu rung lắc đồng bộ giúp

khắc phục tình trạng trấu đóng vón, bảo đảm vận hành liên tục. Đặc biệt, lò tạo ra tro silica vô định hình có giá trị sử dụng trong sản xuất bê tông giá rẻ. Nguyên lý thiết kế như buồng đốt trụ và ghi hình nón đã được kế thừa để phát triển lò SHG-4, áp dụng rộng rãi với hơn 3000 lò ở Việt Nam và chuyển giao công nghệ sang nhiều nước châu Á, châu Phi, chứng minh tác động thực tiễn và bền vững.

Năm 2010, Nguyễn Thanh Nghị và các cộng sự [2] giới thiệu lò đốt trấu bán tự động với ưu điểm nổi bật là bộ phận cấp liệu dùng piston, hoạt động theo chế độ đẩy/dừng được điều khiển bằng bảng vi xử lý. Nhờ vậy, chi phí vận hành thấp và rất tiện lợi. Piston không

chỉ cấp trấu mới mà còn đẩy tro kết khối ra ngoài, giúp người vận hành chỉ cần nạp trấu và lấy tro sau 45–60 phút, thay vì phải theo dõi liên tục như các lò cũ chỉ 5–10 phút. Điều này giảm đáng kể sức lao động và nâng cao tính tự động hóa trong sử dụng.



a. Cơ cấu piston cung cấp trấu



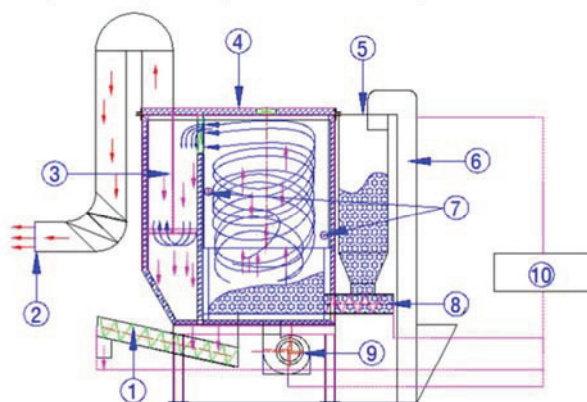
b. Bộ điều khiển hoạt động của piston

Hình 2. Cơ cấu piston và bộ điều khiển của lò đốt trấu bán tự động [2]

Kết quả thử nghiệm cho thấy lò bán tự động 25 kg/giờ đạt hiệu suất trên 80%, không khí sấy sạch và an toàn. Với lò đốt 50 kg/giờ kết hợp máy sấy tĩnh vĩ ngang 10 tấn/m², hiệu suất lò đạt 72–84% và giữ nhiệt độ ổn định. Loại lò này được ứng dụng tại Lâm Đồng, Long An, Tiền Giang và An Giang, dù chi phí chế tạo cao hơn 30%, nhưng hiệu quả về ổn định nhiệt, tiết kiệm nhân công và hiệu suất cao khiến nó phù hợp trong bối cảnh chi phí

lao động tăng và xu hướng tự động hóa cho các hệ thống sấy lúa.

Lò đốt trấu tự động do Trần Văn Tuấn và cộng sự thiết kế [3] đánh dấu bước tiến lớn trong công nghệ sau thu hoạch tại ĐBSCL và các nước đang phát triển, khắc phục nhược điểm lò thủ công: tốn nhiều lao động (cào tro, cấp trấu 5–10 phút/lần) và nhiệt độ sấy thiếu ổn định, ảnh hưởng chất lượng nông sản.



- (1) Vít tháo tro
- (2) Ống lấy nhiệt
- (3) Vách lắng tro
- (4) Nắp lò
- (5) Thùng trấu
- (6) Vít cấp trấu
- (7) Gió thổi cấp
- (8) Vít cấp trấu
- (9) Quạt cấp gió
- (10) Bộ điều khiển trung tâm

Hình 3. Lò đốt trấu tự động [3]

Lò đốt được thiết kế theo nguyên lý đốt trực tiếp trấu rời, không dùng ghi, vì trấu khó tự động hóa với ghi lò. Hệ thống vít tải đảm bảo cấp trấu và tháo tro tự động, do Bộ điều khiển trung tâm hoặc mạch vi xử lý vận hành, điều

chỉnh theo nhiệt độ cài đặt và môi trường. Thiết kế có buồng cháy phụ với gió xoáy thứ cấp và vách lắng tro, giúp khí sấy sạch, không bụi tro, không tàn lửa. Mẫu lò công suất lớn (40–250 kg/giờ) phù hợp nhiều máy sấy quy

mô công nghiệp: SRA-10 (10 tấn/mê) tại Bà Rịa–Vũng Tàu, máy sấy tháp (10 tấn/mê) ở Đồng Tháp và máy sấy tầng sôi (10 tấn/giờ)

tại Tanzania, chứng minh tính ứng dụng đa dạng và bền vững.



Hình 4. Lò đốt trấu tự động được lắp vào hệ thống sấy [3]

Lò đốt trấu tự động đạt hiệu suất trên 80%, cao nhất 82,7% trong phòng thí nghiệm và 81,2–84,8% ngoài thực tế. Nhiệt độ sấy cực ổn định ($\pm 0,5^{\circ}\text{C}$), giúp lúa sau sấy đồng đều, giữ màu, mùi và hạn chế nứt hạt. Khí sấy sạch, không khói bụi, hàm lượng CO < 75 ppm, thấp hơn chuẩn môi trường. Nhờ hệ thống cấp trấu và tháo tro tự động, công nhân chỉ cần thao tác mỗi 45–60 phút, giảm đáng kể lao động so với lò thủ công. Đến năm 2013

2.2. Nghiên cứu về nhiệt phân, hóa khí sinh khối

- Tối ưu hiệu suất khí hóa và chất lượng khí tổng hợp (syngas) và than sinh học.

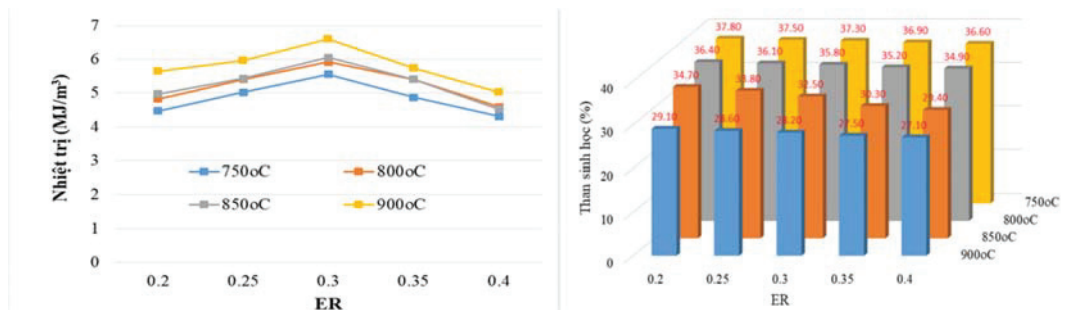
Năm 2018, Nguyễn Văn Lành và cộng sự [7-9] đã thực nghiệm với thiết bị khí hóa ngược chiều quy mô hộ gia đình; Thực

các lò đã vận hành tin cậy hơn 5 vụ, sấy trên 1000 tấn lúa. Công trình này chứng minh tính khả thi của tự động hóa đốt trấu rời, đáp ứng yêu cầu khí sạch – hiệu suất cao, đồng thời mở rộng ứng dụng với nhiều công suất (tới 250 kg/giờ) cho các máy sấy công nghiệp. Mặc dù đầu tư ban đầu cao, song hiệu quả vận hành và giảm lao động khiến mô hình được chấp nhận rộng rãi.

thực nghiệm được tiến hành với 4 mức nhiệt độ vùng khử T_2 là 750°C , 800°C , 850°C và 900°C ; Ở mỗi mức nhiệt độ vùng khử tương ứng với 5 mức lưu lượng không khí cấp khi hệ số không khí cấp ER bằng 0,2; 0,25; 0,3; 0,35 và 0,4.



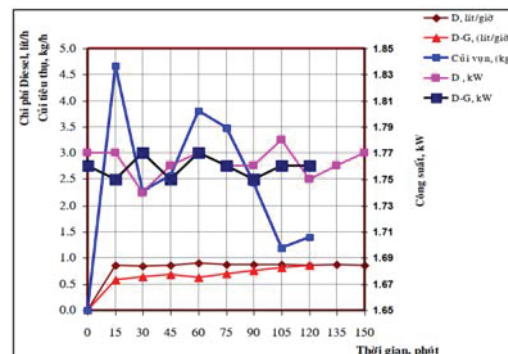
Hình 5. Hệ thống hóa khí trấu và thiết bị đo [9]



Hình 6. Nhiệt trị của khí tổng hợp và lượng than sinh học ứng với nhiệt độ và hệ số ER. Kết quả thực nghiệm cho thấy nhiệt trị khí tổng hợp phụ thuộc hệ số không khí cấp (ER) và nhiệt độ vùng khử. Khi ER = 0,2–0,3, nhiệt trị khí tăng; ER = 0,3–0,4, nhiệt trị giảm; nhiệt trị đạt cực đại tại ER = 0,3. Nhiệt độ vùng khử tăng từ 750–800°C, nhiệt trị trung bình tăng 0,39 MJ/m³; từ 800–850°C, mức tăng không đáng kể; từ 850–900°C, tăng thêm 0,51 MJ/m³. Về than sinh học, kết quả cho thấy tỷ lệ than giảm dần khi ER tăng từ 0,2–0,4 và khi nhiệt độ tăng từ 750–900°C. Ở ER = 0,3, lượng than thu được lần lượt là 37,3% (750°C), 35,8% (800°C), 32,5% (850°C) và 28,2% (900°C). Quy luật này chứng tỏ

quá trình khí hóa tối ưu khi kiểm soát hợp lý cả ER và nhiệt độ, nhằm cân bằng giữa hiệu suất khí sinh năng lượng và lượng than sinh học còn lại [11].

- Ứng dụng phát điện và hiệu quả kinh tế
 Năm 2007, Phan Hiếu Hiền và cộng sự [5] đã thiết kế và chế tạo thành công một hệ thống hóa khí từ củ vụn, bao gồm cả máy băm cành cây để chuẩn bị nguyên liệu, nhằm thay thế một phần nhiên liệu diesel. Nghiên cứu trình bày chi tiết về kết quả khảo sát nguồn củ vụn dồi dào ở các tỉnh phía Nam, các tính chất lý hóa của chúng, lý thuyết và các kiểu thiết bị hóa khí, cùng các thông số thiết kế quan trọng.

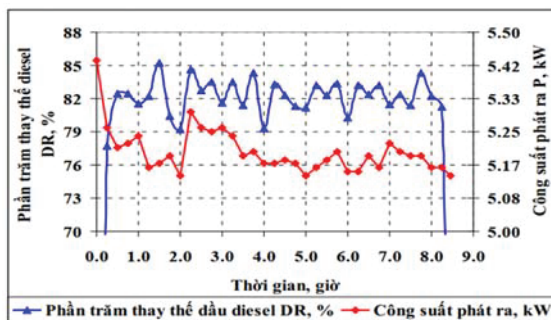


Hình 7. Hệ thống hóa khí liên hợp với máy thái cỏ voi và kết quả khảo nghiệm [5]

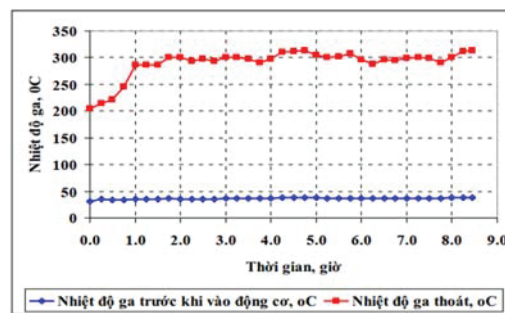
Kết quả thử nghiệm cho thấy hệ thống hoạt động tốt nhất ở mức tải 2 kW, với khả năng thay thế diesel đạt khoảng 30%, dù chưa đạt mức kỳ vọng, nhưng kết quả cũng cung cấp kiến thức nền tảng cho các nghiên cứu sâu hơn về công nghệ hóa khí tại Việt Nam.

Năm 2008, Trần Văn Tuấn và các cộng sự [4] đã thiết kế và chế tạo hệ thống hóa gas liên

tục kết hợp với động cơ diesel kéo máy phát điện, công suất phát ra 3–6 kW. Thực hiện thí nghiệm xác định ảnh hưởng 2 yếu tố đầu vào là vận tốc gió bề mặt V và gian cách tháo tro T ảnh hưởng đến tốc độ hóa gas riêng SGR, công suất phát điện P và phần trăm thay thế diesel DR.



Hình 8. Đồ thị biểu diễn phần trăm thay thế dầu diesel và công suất phát ra



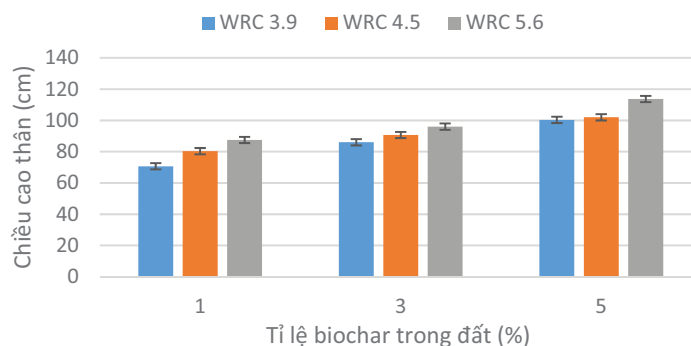
Hình 9. Đồ thị biểu diễn nhiệt độ của hệ thống hóa gas liên tục từ trấu

Kết quả tối ưu hóa của hệ thống hóa gas liên tục này ở mức vận tốc gió bề mặt $V=0,052$ m/s, gian cách tháo tro $T = 10$ phút, đạt được tốc độ hóa gas riêng $SGR=171,4$ kg.h⁻¹.m⁻², công suất phát ra $P = 5,21$ kW và phần trăm thay thế dầu diesel $DR=81,6\%$. So sánh Đầu ra/ Đầu vào thì Tỷ số năng lượng $ENR = 0,73$; và với thời giá 2010, Tỷ số giá trị quy tiền $VR = 16,4$ hay $VR_k = 3,6$ (nếu tính cả khấu hao thiết bị).

- Chất lượng biochar và ứng dụng nông nghiệp

Năm 2019, Nguyễn Văn Lành và cộng sự [10] đã tiến hành thực nghiệm ảnh hưởng

diện tích bề mặt riêng và khả năng giữ nước của biochar đến sự sinh trưởng và phát triển của cây bắp. Kết quả cho thấy thân và rễ ngô dài hơn khi tăng tỷ lệ biochar trong đất. Sau 35 ngày, chiều cao cây ở đất không bổ sung đạt 70 cm, trong khi ở các chậu bổ sung biochar 1%, 3% và 5% lần lượt đạt 80 cm, 93 cm và 107 cm. Điều này khẳng định biochar có vai trò quan trọng trong nông nghiệp bền vững, vừa tận dụng công nghệ khí hóa sinh khối vừa cải thiện hiệu quả sản xuất nông nghiệp.



Hình 10. Chiều cao bắp ứng với lượng chứa nước và tỉ lệ của than sinh học [10]

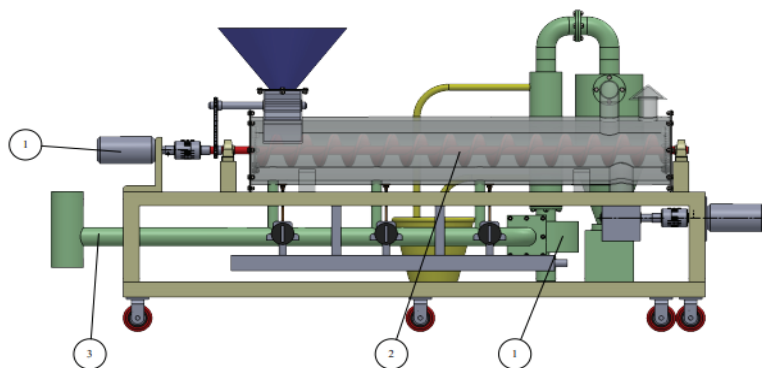
Thí nghiệm cho thấy cùng một loại biochar có khả năng giữ nước như nhau, nhưng tăng tỷ lệ trộn vào đất sẽ giúp cây bắp cao hơn. Nguyên nhân là đất giữ nước lâu hơn, đáp ứng nhu cầu sinh trưởng và phát triển, đồng thời giữ tốt khoáng chất và phân bón. Đặc biệt, với biochar có khả năng giữ nước cao hơn, cây bắp phát triển vượt trội. Kết quả này cũng khẳng định chất lượng biochar thay đổi

theo thông số công nghệ của hệ thống khí hóa trấu ngược chiều. Do đó, tùy nhu cầu sử dụng biochar hay khí tổng hợp, có thể lựa chọn thông số công nghệ phù hợp để tối ưu hiệu quả nông nghiệp và năng lượng, hướng tới phát triển bền vững.

- Công nghệ nhiệt phân sinh khối kiểu liên tục

Năm 2020, Nguyễn Nam Quyền và cộng sự [12] đã nghiên cứu kỹ thuật sản xuất than sinh học từ phụ phẩm nông nghiệp phục vụ

cho sản xuất nông nghiệp. Nghiên cứu đã tính toán, thiết kế và chế tạo thành công thiết bị sản xuất than sinh học từ trấu kiểu liên tục.



Hình 11. Thiết bị sản xuất than sinh học kiểu liên tục [12]

Khảo nghiệm cho thấy mô hình đạt hiệu suất thu hồi biochar tối ưu ở 500°C, với 150 g LPG tiêu thụ, thời gian nhiệt phân 60 phút, vít tải 10 vòng/phút và $ER = 0,2$. Biochar thu được chiếm 28,8–32,3% so với trấu, có khả năng giữ ẩm và dinh dưỡng tốt, phù hợp cải tạo đất nông nghiệp. Đồng thời, khí syngas sinh ra có thể thay thế tới 77% lượng LPG tiêu thụ, cung cấp nhiệt trực tiếp cho quá trình nhiệt phân. Nhờ vậy, hệ thống có thể tự duy trì hoạt động, chỉ cần năng lượng môi ban đầu. Kết quả này chứng minh tiềm năng kết hợp sản xuất biochar và tận dụng khí sinh năng lượng, góp phần tiết kiệm chi phí, nâng cao hiệu quả nông nghiệp và phát triển bền vững.

Các nghiên cứu tại NLU đóng góp đáng kể vào (i) tối ưu vận hành lò khí hóa, (ii) đánh giá hiệu quả kinh tế khi thay thế dầu diesel, và (iii) xác lập chỉ số chất lượng mới cho than sinh học (biochar), đồng thời (iv) phát triển mô hình công nghệ nhiệt phân liên tục.

2.3. Nghiên cứu về hệ thống sấy sử dụng NLMT

Các nhóm nghiên cứu tại ĐHNL đã thiết kế, chế tạo và thử nghiệm thành công nhiều hệ thống sấy có sự hỗ trợ NLMT, trọng tâm là công nghệ sấy SRA. Kết quả cho thấy hiệu quả kỹ thuật, kinh tế và chất lượng sản phẩm đều được cải thiện rõ rệt.

a) Máy sấy nui bằng NLMT [13]



a. Máy sấy quy mô phòng thí nghiệm b. Máy sấy 500 kg/mẻ

Hình 12. Máy sấy nui sử dụng NLMT [13]

Máy sấy thí nghiệm 5 kg/mẻ sử dụng bộ thu NLMT 3 m², công suất 300–1200 W, nâng nhiệt 6–22 °C, duy trì sấy 36–50 °C. Máy sấy nui 500 kg/mẻ dùng hai bộ thu trụ

(Ø1 m, dài 25 m), thay thế hoàn toàn lò than 6 kg/giờ, công suất thu 44 kW, hiệu suất ~40%. Hệ thống tiết kiệm 120 USD/tháng, hoàn vốn dưới 1 năm, chứng minh hiệu quả kinh tế và thân thiện môi trường.

b) Máy sấy lúa SRA-4B (4 tấn/mẻ) [14]

Hệ thống sấy dùng bộ thu NLMT hình trụ (Ø1,0 m, dài 27 m) từ vật liệu rẻ như nan tre,



Hình 13. Máy sấy lúa sử dụng NLMT và đồ thị thông số kỹ thuật trong quá trình sấy

c) Sấy sản lát bằng SRA (SRA-8 và SRA-16) [14]

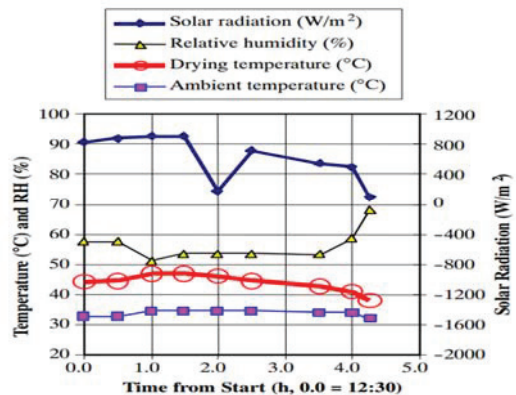
Hệ thống sấy được thiết kế với bộ thu NLMT tương tự như bộ thu NLMT dùng để



Hình 14. Máy sấy sản lát sử dụng NLMT

Hệ thống sấy SRA gồm hai quy mô: SRA-8 (8 tấn/mẻ) và SRA-16 (16 tấn/mẻ), vận hành ở 70 °C trong 25–28 giờ. Gió được đảo chiều sau 16–19 giờ, giúp sản khô đạt độ đồng đều cao với độ lệch ẩm chỉ 2–3%. Chi phí sấy của SRA-16 khoảng 351 VND/kg sản phẩm. Khi tích hợp năng lượng mặt trời, tiêu thụ gỗ giảm ~40%, chi phí sấy giảm 15–20%, cho thấy hiệu quả kinh tế và kỹ thuật vượt trội, phù hợp ứng dụng sản xuất quy mô lớn.

dây nhựa, giúp giảm 43–78% lượng than tiêu thụ. Chi phí tiết kiệm 2,9–5,1 USD/mẻ (0,74–1,25 USD/tấn), với đầu tư 560 USD có thể hoàn vốn sau 2 năm. Chất lượng gạo sau sấy ổn định, tỷ lệ gạo nguyên tương đương phương pháp sấy bóng râm, đảm bảo hiệu quả kinh tế và kỹ thuật.



sấy nui hay sấy lúa phía trên. Buồng sấy cũng được thiết kế nhằm đảo chiều không khí sấy.

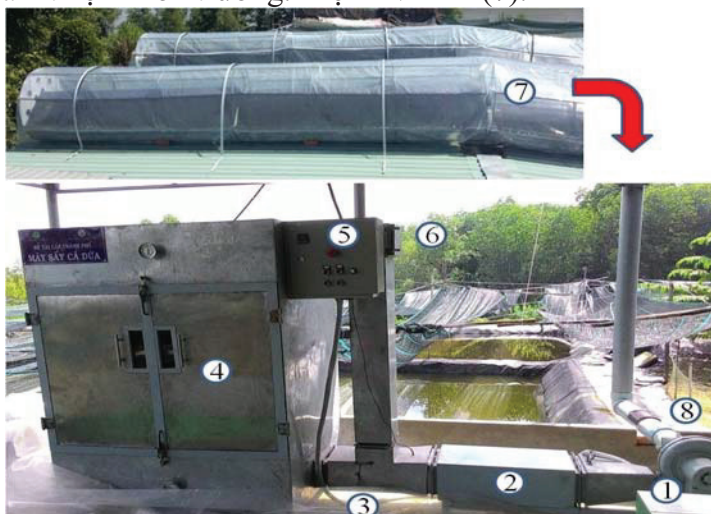


d) Sấy cá cá dứa bằng NLMT [15]

Khoảng năm 2015, sản xuất cá dứa khô tại Cần Giờ chủ yếu dựa vào phơi nắng thủ công trên giàn tre, lưới hoặc khay gỗ. Phương pháp này đơn giản, chi phí thấp nhưng phụ thuộc hoàn toàn vào thời tiết, dễ nhiễm bụi bẩn, côn trùng và khó kiểm soát vệ sinh an toàn thực phẩm. Biến đổi khí hậu, mưa bất chợt hay độ ẩm cao kéo dài cũng làm giảm chất lượng, ảnh hưởng màu sắc, mùi vị và giá trị sản phẩm. Trước thực trạng đó, nhóm nghiên cứu

ĐH Nông Lâm TP.HCM với sự hỗ trợ của Sở KH&CN TP.HCM đã chế tạo hệ thống máy sấy cá dứa bằng năng lượng mặt trời. Giải pháp này rút ngắn thời gian sấy, nâng cao chất lượng, đảm bảo vệ sinh, giảm chi phí năng lượng và thân thiện môi trường. Hệ

thống máy sấy cá dứa gồm quạt sấy (1) có lưu lượng 0,4 m³/s, buồng cấp nhiệt (2), cấp nhiệt bằng điện trở khi không có nắng hoặc vào ban đêm, van gió (3) điều chỉnh tác nhân sấy, buồng sấy (4), tủ điều khiển (5), bộ thu nhiệt NLMT (7).



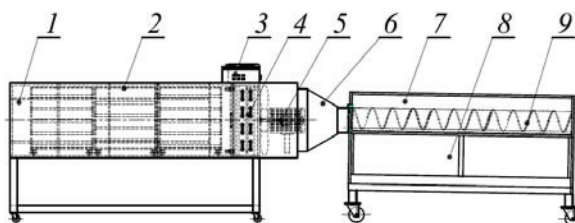
Hình 15. Máy sấy cá dứa sử dụng NLMT

Thực nghiệm sấy cá dứa cho thấy điều kiện tối ưu ở 44°C và vận tốc gió 0,24 m/s, giúp quá trình ổn định và giữ chất lượng dinh dưỡng. Cá dứa sấy máy đạt độ trắng 57,4–57,8%, cao hơn phơi nắng (55,8–56,2%). Sản phẩm đáp ứng yêu cầu về độ ẩm, độ trắng và vi sinh, chứng minh hiệu quả công nghệ sấy trong nâng cao chất lượng và đảm bảo an toàn thực phẩm.

e) Sấy cá lù đù bằng NLMT [17]

Máy sấy cá lù đù một nắng sử dụng NLMT được thiết kế theo nguyên lý sấy hầm với

luồng khí thổi ngang qua các khay đặt trên xe goòng. Hệ thống thu nhiệt của thiết bị được cấu hình dưới dạng kết hợp giữa bộ thu NLMT tấm phẳng và bộ thu NLMT parabol trụ phản xạ. Việc kết hợp này nhằm tận dụng phần nhiệt lượng thất thoát từ bộ thu parabol trụ để bổ sung cho quá trình gia nhiệt không khí trong buồng thu NLMT, qua đó nâng cao hiệu quả sử dụng năng lượng. Cấu tạo chi tiết của mô hình máy sấy được minh họa trong.



Hình 16. Máy sấy cá lù đù một nắng sử dụng năng lượng mặt trời

1. Buồng sấy; 2. Khay sấy và xe goòng; 3. Tủ điều khiển; 4. Điện trở phụ; 5. Quạt; 6. Côn gió; 7. Buồng hấp thụ bức xạ; 8. Parabol phản xạ; 9. Ống tâm.

Cá được đặt trên khay sấy (2) và đưa vào buồng sấy (1). Bức xạ mặt trời được parabol (8) phản xạ vào ống tâm (9) sơn đen trong

buồng hấp thụ (7), giúp không khí được gia nhiệt hai lần trước khi vào buồng sấy. Quạt (4) hút khí nóng từ buồng thu NLMT thổi



vào buồng sấy, còn khi thời tiết xấu thì dùng bộ gia nhiệt dự phòng. Nhiệt độ và vận tốc tác nhân sấy được điều chỉnh qua tủ điều khiển (3).

Cá lù đù được sấy bằng hệ thống máy sấy sử dụng năng lượng mặt trời, với diện tích bộ thu 12 m² kết hợp giữa dạng tấm phẳng và parabol trụ. Quá trình sấy diễn ra trong khoảng 26–40 giờ, tùy thuộc vào điều kiện thời tiết và chế độ vận hành. Sản phẩm cá lù đù sau sấy đạt tiêu chuẩn xuất khẩu, thể hiện qua hàm lượng protein dao động từ 22,4–38,1% và không phát hiện sự hiện diện của vi khuẩn *E. coli*. Điều này cho thấy hiệu quả của

công nghệ sấy trong việc đảm bảo chất lượng dinh dưỡng và an toàn vệ sinh thực phẩm.

f) Sấy nho chùm nguyên cành (nhà kính NLMT) [18]

Khảo sát tại Ninh Thuận cho thấy cơ sở sản xuất nho khô chủ yếu dùng máy sấy không khí nóng từ điện trở, than hoặc củi, sản phẩm thường là nho rời. Việc nghiên cứu công nghệ sấy nho đỏ nguyên chùm có ý nghĩa quan trọng, nâng cao sức cạnh tranh với hàng nhập khẩu. Ứng dụng năng lượng mặt trời không chỉ tiết kiệm chi phí mà còn thúc đẩy nông nghiệp bền vững. Trên cơ sở đó, nhóm nghiên cứu đã thiết kế hệ thống sấy nho nguyên chùm.



Hình 17. Máy sấy nho chùm nguyên cành sử dụng NLMT

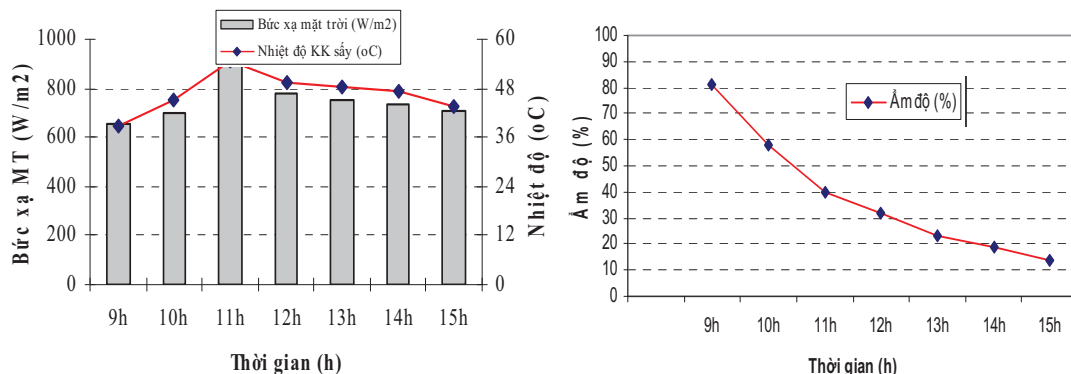
Kết quả khảo nghiệm cho thấy nhiệt độ sấy tối ưu của nho là 50–55°C. Thời gian sấy phụ thuộc vào tiền xử lý nguyên liệu: khi ngâm dung dịch đường 5%, thời gian kéo dài 105–249 giờ. Ngược lại, xử lý bằng K₂CO₃ 5% kết hợp dầu ô liu 0,5% giúp rút ngắn đáng kể, chỉ còn 63–129 giờ tùy chế độ sấy. Như vậy, sấy nho vốn cần thời gian dài, nên việc ứng dụng năng lượng mặt trời sẽ giúp giảm chi phí năng lượng, nâng cao hiệu quả kinh tế và tăng tính bền vững trong sản xuất.

g) Sấy bông Atiso thái lát sử dụng NLMT [19]

Bông atiso có hàm lượng nước >80%, dễ lên men và hư hỏng, nên cần sấy khô. Tác giả

Lê Anh Đức và cộng sự [19] đã nghiên cứu hệ thống sấy dùng năng lượng mặt trời với bộ thu tấm phẳng. Nguyên lý dựa trên hiệu ứng nhà kính: bức xạ ngắn ($\lambda < 0,7 \mu\text{m}$) xuyên qua kính trong suốt, phần còn lại phản xạ ra ngoài. Bức xạ đến bề mặt đen hấp thụ, phát ra bức xạ dài ($\lambda > 0,7 \mu\text{m}$) không xuyên ngược qua kính, giữ lại nhiệt, giúp tăng nhiệt độ hệ thống và hỗ trợ sấy hiệu quả.

Bộ thu nhiệt lúc này được xem như một bể nhiệt cho bức xạ mặt trời vào nhưng không cho ra nên nhiệt độ bên trong bộ thu nhiệt càng lúc càng cao hơn môi trường bên ngoài. Và chúng ta sẽ sử dụng nguồn nhiệt này để thực hiện quá trình sấy.



Hình 18. Đồ thị sự thay đổi nhiệt độ, bức xạ mặt trời và ẩm độ atisô theo thời gian.

Thí nghiệm cho thấy hệ thống sấy hoạt động ổn định, hoàn thành 1 mẻ sau 6 giờ với năng suất 10 kg/mẻ. Nhiệt độ buồng sấy trung bình trên 40°C, tối đa 54°C khi nắng gắt. Hiệu suất bộ thu phụ thuộc thời tiết và thời điểm trong ngày. Atisô sau sấy đồng đều, giữ mùi thơm, màu sắc gần như nguyên liệu tươi, đồng thời đáp ứng yêu cầu về độ ẩm và an toàn vệ sinh thực phẩm.

h) Sấy thịt bò 1 nắng bằng NLMT [20]

Bò một nắng là sản phẩm chế biến từ thịt bò, giàu dinh dưỡng, tiện lợi, rút ngắn thời

gian chế biến và mang lại hương vị đặc trưng, góp phần đa dạng hóa thực đơn gia đình. Tuy nhiên, sản phẩm này chưa phổ biến rộng rãi, chủ yếu gắn liền với vùng Tây Nguyên và thường được chế biến thủ công bằng cách phơi nắng, dễ phụ thuộc thời tiết và tiềm ẩn nguy cơ mất an toàn vệ sinh thực phẩm. Trên cơ sở khảo sát quy trình tại Krông Pa (Gia Lai), nhóm nghiên cứu từ CKCN, ĐHNL [20] đã chế tạo, thử nghiệm máy sấy để khắc phục hạn chế, nâng cao chất lượng và an toàn sản phẩm.



Hình 19. Máy sấy thịt bò một nắng bằng Năng lượng mặt trời [20]



a. Thịt bò trước khi sấy

b. Thịt bò sau khi sấy

Hình 20. Hình dạng của thịt bò trước và sau khi sấy [20].

Hệ thống sấy kết hợp bộ thu NLMT parabol trụ và tấm phẳng. Nước từ bể chứa

được bơm vào ống đồng tại tiêu điểm parabol, gia nhiệt rồi đưa qua dàn trao đổi

nhệt. Không khí tươi đi qua bộ trao đổi, được làm nóng nhờ nước nóng và tiếp tục gia nhiệt bằng bộ thu tấm phẳng trước khi dẫn vào buồng sấy. Cơ cấu đảo chiều giúp tăng hiệu quả. Máy có năng suất 5 kg/m², thời gian sấy trung bình 6,5 giờ, ngắn hơn phơi truyền thống. Nhiệt độ khí sấy đạt trung bình 42°C, tối đa 58°C. Sản phẩm bỏ sấy đạt chuẩn ẩm, tươi màu, an toàn vệ sinh.

III. KẾT LUẬN VÀ ĐỊNH HƯỚNG NGHIÊN CỨU

3.1. Kết luận

Các nghiên cứu về năng lượng tái tạo tại Khoa Cơ khí – Công nghệ, Trường Đại học Nông Lâm TP. Hồ Chí Minh đã chứng minh vai trò quan trọng của việc tận dụng phụ phẩm nông nghiệp và nguồn năng lượng mặt trời trong việc phát triển công nghệ sau thu hoạch bền vững. Ba hướng nghiên cứu chính – lò đốt trấu tự động, công nghệ nhiệt phân/khí hóa sinh khối, và hệ thống sấy tích hợp năng lượng mặt trời – đều cho thấy tính khả thi kỹ thuật, hiệu quả kinh tế và đóng góp đáng kể cho giảm phát thải, bảo vệ môi trường và nâng cao thu nhập nông dân.

Lò đốt trấu tự động đã khắc phục được hạn chế của lò thủ công, cung cấp khí sấy ổn định, sạch và hiệu suất cao, đồng thời giảm đáng kể công lao động. Công nghệ khí hóa và nhiệt phân không chỉ tạo ra khí tổng hợp phục vụ phát điện, thay thế nhiên liệu hóa thạch mà còn sản xuất biochar chất lượng, ứng dụng hiệu quả trong cải tạo đất. Các hệ thống sấy ứng dụng năng lượng mặt trời chứng minh khả năng tiết kiệm nhiên liệu 40–78%, giảm chi phí 15–20%, đồng thời nâng cao chất lượng và an toàn thực phẩm của nhiều loại nông sản, thủy sản.

3.2. Định hướng nghiên cứu

Đề phát huy hơn nữa giá trị của các công trình trên đồng thời triển khai các hướng

nghiên cứu mới, cần có những định hướng nghiên cứu tiếp theo:

- Tự động hóa và điều khiển thông minh, ứng dụng cảm biến và IoT để giám sát – điều chỉnh quá trình hoạt động của lò đốt, quá trình sấy sử dụng NLMT và quá trình nhiệt phân, khí hóa theo thời gian thực.

- Thực hiện nghiên cứu đánh giá vòng đời và phát thải carbon trong nông nghiệp để định lượng tác động môi trường.

- Nghiên cứu phát triển chuỗi giá trị tuần hoàn kết hợp năng lượng – nông nghiệp, đặc biệt là sử dụng biochar từ sinh khối trong cải tạo đất và xử lý môi trường.

Những định hướng này không chỉ củng cố kết quả hiện có mà còn mở ra tiềm năng tích hợp năng lượng tái tạo vào hệ thống sản xuất nông nghiệp và công nghiệp xanh tại Việt Nam trong tương lai.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Phan Hieu Hien, G.R. Quick, I.E. Cruz. *Conical grate rice husk combustor for grain drying*. Philippine Engineering Journal, Volume 14 (1993), No2. <https://www.journals.upd.edu.ph/index.php/pej/article/view/8121>.
2. Nguyen Thanh Nghi, Nguyen Van Xuan, Le Van Ban, Phan Hieu Hien, M. Gummert. *Optimizing the operation and adoption of the 25 kg/h semi-automatic rice husk furnace in Vietnam*. CEAT reseesearch and extension Journal, Benguet State University, Philippines. No.4, 2010.
3. Trần Văn Tuấn, Nguyễn Thanh Nghi, Lê Quang Vinh, Nguyễn Văn Xuân. *Kết quả nghiên cứu và ứng dụng vào sản xuất lò đốt trấu tự động*. Kỷ yếu Hội nghị Khoa học toàn quốc về Cơ khí tại Tp. Hồ Chí Minh, 2015.
4. Trần Văn Tuấn và Phan Hiều Hiền, *Nghiên cứu giải pháp công nghệ hóa gas từ trấu làm nhiên liệu cho động cơ diesel kéo máy phát điện*. Hội nghị Khoa học và Công nghệ toàn quốc về Cơ khí lần thứ IV, 2015.
5. Phan Hiều Hiền, *Nghiên cứu sử dụng phụ phẩm củi vụn để sản xuất năng lượng cơ điện để phục vụ cơ giới hóa và công*

nghiệp hóa ở các vùng sâu vùng xa, đề tài cấp Bộ B2004-21-61, Bộ Giáo dục và Đào tạo.

6. Nguyễn Văn Lành, Nguyễn Huy Bích, Bùi Ngọc Hùng. *Năng lượng sinh khối và thực trạng phát triển hóa khí sinh khối tại Việt Nam*. Hội nghị Khoa học và Công nghệ về Cơ khí lần thứ IV. 2015.

7. Lanh N V, Bich N H, Hung B N, Khang D N and Preston T R. *Effect of the air-flow on the production of syngas, tar and biochar using rice husk and sawdust as feedstock in an updraft gasifier stove*. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 28 (2016), Article #71. <http://www.lrrd.org/lrrd28/5/lanh28071.html>

8. Nguyen Huy Bích, Nguyen Van Lanh, Bui Ngoc Hung. *The Composition of Syngas and Biochar Produced by Gasifier from Viet Nam Rice Husk*. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, Volume 7 (2017) No. 6, p. 2258-2263. <http://dx.doi.org/10.18517/ijaseit.7.6.2623>

9. Lanh N V, Bich N H, Quyen N N, Hung B N and Preston T R. *A study on designing, manufacturing and testing a household rice husk gasifier*. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 30 (2018), Article #35. www.lrrd.org/lrrd30/2/lanh30035.html

10. Lanh N V, Bich N H, Quyen N N, Hung B N and Preston T R. *Water retention capacity of biochar and its effect on growth of maize*. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 31 (2019), Article #95. www.lrrd.org/lrrd31/6/lanh31095.html

11. Nguyen Van Lanh, Nguyen Huy Bích, Bui Ngoc Hung and Nguyen Nam Quyen. *Performance of Household Rice Husk Downdraft Gasifier in Vietnam: Modeling and experiment*. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, Volume 11 (2021) No. 5, pp. 1958-1963. <http://dx.doi.org/10.18517/ijaseit.11.5.16160>.

12. Nguyễn Nam Quyên. *Nghiên cứu kỹ thuật sản xuất than sinh học từ phụ phẩm nông nghiệp phục vụ cho sản xuất nông nghiệp, đề tài cấp cơ sở CS-CB18-KCN-01*, Trường Đại học Nông Lâm Tp.HCM.

13. Phan Hieu Hien, Le Quang Vinh, Tran Thi Thanh Thuy, Tran Van Tuan, *Solar-Assisted Dryers for Food and Farm Crops*, *Transactions of the ASABE*, Vol. 52 (4): 1255-1259.

14. Tran Van Tuan, Le Quang Vinh and Nguyen Van Xuan. *Research on Cassava Drying, Application and Promotion of the Reversible Airflow Flatbed Dryers for Sliced Cassava*. *Journal of Food Science and Engineering* 5 (2015) 150-158. doi: 10.17265/2159-5828/2015.03.007

15. Truong Quang Truong, Tran Van Tuan, Le Quang Vinh, Le Văn Tuan, Vuong Thanh Tien. *Implemetation of a Solar – Assisted Dryer for fish*. The Intertational Conference on Agricultural & Bio-system Engineering 2017, Nong Lam University, Ho Chi Minh city, Viet Nam.

16. Nguyễn Đức Khuyến, Nguyễn Hữu Hòa. *Thiết kế chế tạo và khảo nghiệm máy sấy nông sản sử dụng năng lượng mặt trời theo nguyên lý hiệu ứng nhà kính*. Tạp chí Công nghiệp Nông thôn, số 35/2019.

17. Nguyễn Đức Khuyến, Nguyễn Huy Bích, Nguyễn Văn Công Chính, Nguyễn Hữu Hòa và Nguyễn Nam Quyên. *Nghiên cứu công nghệ sấy cá lù đủ sử dụng năng lượng mặt trời kết hợp với gia nhiệt bằng điện trở*. Kỷ yếu Hội nghị khoa học Công nghệ chuyên ngành Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch, Bộ NN&PTNT, 2018.

18. Nguyễn Đức Khuyến, Nguyễn Huy Bích và Nguyễn Hữu Hòa. *Nghiên cứu thực nghiệm sấy nho đỏ Ninh Thuận dạng nguyên chùm*. Kỷ yếu Hội nghị khoa học Công nghệ chuyên ngành Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch, Bộ NN&PTNT, 2018.

19. TS. Lê Anh Đức và TS. Nguyễn Huy Bích. *Nghiên cứu sấy bông atisô dùng năng lượng mặt trời*. Tạp chí Cơ khí Việt Nam, pp. 38-43, 12/2013.

20. Huy Bích Nguyen, Hay Nguyen. *A Study on Beef Drying Regime towards Sustainable Energy*. *Asia Pacific Journal of Sustainable Agriculture Food and Energy (APJSAFE)*, ISSN: 2338-1345 – pp 41-46, Vol. 2. (2): 2014.

Ngày nhận bài: 04/10/2025