

THỰC TRẠNG CÔNG NGHỆ SẤY VẢI THIỀU VÀ MÔ HÌNH SẤY ĐỔI LƯU CƯỜNG BỨC SỬ DỤNG NHIỆT GIÁN TIẾP TỪ NHIÊN LIỆU SINH KHỐI TẠI KHU VỰC PHÍA BẮC

Nguyễn Văn Thành¹

Nguyễn Xuân Thành¹

Lịch sử bài báo

Ngày nhận bài: 15/12/2025

Ngày phản biện: 30/12/2025

Ngày duyệt đăng: 10/1/2026

TÓM TẮT:

Việc ứng dụng công nghệ sấy sau thu hoạch đóng vai trò quan trọng trong kéo dài thời gian bảo quản, nâng cao giá trị gia tăng cho sản phẩm vải thiều. Hiện nay, phần lớn cơ sở chế biến vẫn sử dụng lò đốt trực tiếp dùng tác nhân sấy là khói lò, khiến chất lượng sản phẩm không ổn định, hiệu suất năng lượng thấp và phát thải cao. Nghiên cứu này đánh giá thực trạng công nghệ sấy đang được sử dụng tại các địa phương khu vực phía Bắc và thử nghiệm mô hình sấy đổi lưu cưỡng bức sử dụng nhiệt gián tiếp từ sinh khối, công suất ≥ 5 tấn nguyên liệu/mẻ thiết kế dạng mô đun. Kết quả cho thấy, với sản phẩm đạt độ ẩm $\leq 15\%$, mức tiêu hao nhiên liệu là 1.345 kg củi/mẻ, giảm trên 25% chi phí năng lượng và rút ngắn

17% thời gian sấy (còn 51 giờ) so với các công nghệ đang sử dụng; sản phẩm đạt chất lượng cảm quan cao, không ám khói và đồng đều nhờ phân phối khí và hồi lưu tác nhân sấy 10 - 50% theo giai đoạn [1]. Mô hình có chi phí đầu tư bằng 40 - 45% hệ sấy gián tiếp dùng lò hơi cùng công suất, dễ vận hành và mở rộng theo mô đun, phù hợp với hộ sản xuất và hợp tác xã. Kết quả khẳng định đây là hướng công nghệ phù hợp về hiệu quả năng lượng, môi trường và quy mô mùa vụ cho vùng vải thiều phía Bắc, đồng thời có khả năng mở rộng sang các nông sản khác như nhãn, mận, măng, nghệ và gừng.

Từ khóa: Vải thiều; năng lượng sinh khối; đổi lưu cưỡng bức; nhiệt gián tiếp; hiệu quả năng lượng.

TECHNOLOGICAL INNOVATION IN LYCHEE DRYING USING BIOMASS FUEL IN NORTHERN VIETNAM

ABSTRACT

The application of drying technology plays a crucial role in extending storage time and increasing the added value of lychee products. Currently, most processing facilities still employ direct-firing dryers in which the drying agent is combustion flue gas, resulting in unstable product quality, low energy efficiency, and high emissions. This study evaluates the current drying technologies used in northern lychee-producing regions and presents the experimental results of a forced-convection drying model using indirect heat from biomass, with a processing capacity of over 5 tons of fresh material per batch. The results indicate that, for a final moisture content of $\leq 15\%$, fuel consumption reaches 1,345 kg of biomass per batch, reducing energy costs by over 25% and shortening the drying duration by 17% (down to

51 hours) compared to existing technologies. The dried product exhibits high sensory quality, no smoke contamination, and improved uniformity due to controlled airflow distribution and 10-50% staged exhaust recirculation. The investment cost of the model is 40-45% of an equivalent indirect-steam drying system, with simple operation and modular scalability, making it suitable for household and cooperative-level processing. The results confirm that biomass-based indirect drying is an energy-efficient, environmentally friendly, and seasonally appropriate solution for lychee-producing regions, with potential applicability to other agricultural products such as longan, plum, bamboo shoots, turmeric, and ginger.

Keywords: Lychee; biomass energy; forced convection drying; indirect heating; energy efficiency.

¹ Trung tâm Thúc đẩy phát triển thị trường khoa học và công nghệ

Email liên hệ: vanthanh.satitech@gmail.com

1. GIỚI THIỆU

Vải thiều là một trong những sản phẩm nông sản đặc trưng của khu vực phía Bắc Việt Nam, được trồng tập trung chủ yếu tại các tỉnh Bắc Giang (nay là Bắc Ninh), Hải Dương (nay là Hải Phòng) và Hưng Yên. Theo Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (nay là Bộ Nông nghiệp và Môi trường), niên vụ 2025, tổng sản lượng vải thiều toàn quốc ước đạt trên 300.000 tấn, trong đó riêng Bắc Giang chiếm hơn một nửa [2]. Do đặc tính mùa vụ ngắn, độ ẩm quả cao và khả năng bảo quản sau thu hoạch còn hạn chế [7], phần lớn sản lượng vải thiều tươi phải tiêu thụ trong thời gian ngắn, dẫn đến biến động giá và thất thoát đáng kể sau thu hoạch. Vì vậy, việc ứng dụng công nghệ sấy và chế biến sau thu hoạch có ý nghĩa quan trọng nhằm kéo dài thời gian bảo quản, ổn định thị trường và nâng cao giá trị gia tăng cho sản phẩm vải thiều.

Tuy nhiên, do hạn chế về khả năng đầu tư thiết bị, năng lực vận hành và tiếp cận công nghệ, các cơ sở chế biến tại địa phương hiện vẫn sử dụng chủ yếu các mô hình sấy truyền thống, thủ công. Qua quá trình khảo sát cho thấy các mô hình sấy truyền thống chiếm trên 80% tại một số địa phương trồng vải thiều khu vực phía Bắc. Các mô hình này có hiệu suất năng lượng thấp, khả năng kiểm soát nhiệt - ẩm

chưa ổn định, dẫn đến chênh lệch chất lượng giữa các mẻ sấy, sản phẩm dễ bị ám khói và suy giảm giá trị cảm quan.

Những hạn chế trên đặt ra yêu cầu cần thiết phải đổi mới công nghệ sấy theo hướng nâng cao hiệu suất năng lượng, cải thiện tính ổn định chất lượng sản phẩm và bảo đảm yêu cầu vệ sinh an toàn thực phẩm, đặc biệt trong bối cảnh các địa phương đang thúc đẩy sản phẩm vải thiều tham gia chuỗi giá trị chế biến sâu và xuất khẩu.

2. THỰC TRẠNG CÔNG NGHỆ SẤY VẢI THIỀU HIỆN NAY

2.1. Công nghệ sấy sử dụng lò đốt trực tiếp (lò vỉ ngang/truyền thống)

Công nghệ sấy vải thiều sử dụng lò đốt trực tiếp hiện đang được áp dụng phổ biến tại các hộ gia đình và hợp tác xã chế biến quy mô nhỏ ở khu vực phía Bắc. Buồng sấy thường được xây bằng gạch, phía dưới bố trí buồng đốt sử dụng than bùn làm nhiên liệu. Khói nóng sinh ra từ buồng đốt được dẫn trực tiếp vào khoang sấy và tiếp xúc với nguyên liệu, ban đầu ở dạng chùm, sau đó được rũ rơi thành dạng quả rời theo từng giai đoạn sấy. Tác nhân sấy vừa mang nhiệt, vừa chứa sản phẩm cháy (CO , CO_2 , SO_2 , bụi mịn), truyền nhiệt cho quả vải thông qua đối lưu tự nhiên hoặc cưỡng bức.



Hình 1. Sấy vỉ ngang sử dụng lò đốt trực tiếp tại cơ sở sấy vải thiều

Ưu điểm:

- Cấu trúc đơn giản, dễ xây dựng từ vật liệu sẵn có tại địa phương.
- Chi phí đầu tư ban đầu thấp, phù hợp với hộ gia đình hoặc cơ sở quy mô nhỏ.
- Vận hành không yêu cầu kỹ thuật cao.

Nhược điểm:

- Tác nhân sấy mang khói tiếp xúc trực tiếp với quả vải, gây ám khói, biến màu và ảnh hưởng đến mùi vị, làm giảm giá trị cảm quan.
- Phân bố nhiệt không đồng đều, chất lượng sản phẩm khác nhau giữa các khay và giữa các mẻ [5].
- Không có hệ thống giám sát và điều khiển thông số nhiệt độ, độ ẩm và lưu lượng tác nhân sấy, khói thải thoát liên tục, gây thất thoát nhiệt, làm tăng tiêu hao nhiên liệu; vận hành dựa vào kinh nghiệm.
- Cường độ lao động thủ công cao, cần đảo liệu nhiều lần để hạn chế khô không đều hoặc cháy cạnh.
- Phát thải bụi và khí độc (CO , SO_2), ảnh hưởng đến sức khỏe và môi trường xung quanh.

Nhận xét: Công nghệ sấy đốt trực tiếp đáp ứng yêu cầu chi phí thấp và dễ triển

khai, tuy nhiên hạn chế lớn nhất nằm ở chất lượng sản phẩm không ổn định, hiệu suất năng lượng thấp và tác động môi trường cao. Đây là động lực khiến các cơ sở chế biến có xu hướng chuyển sang công nghệ sấy gián tiếp để đảm bảo chất lượng và hiệu quả sản xuất.

2.2. Công nghệ sấy gián tiếp sử dụng nhiệt từ lò hơi

Tại một số cơ sở chế biến quy mô trung bình, hệ thống sấy được cải tiến theo hướng tách rời tác nhân sấy và dòng khói. Nhiệt được tạo từ lò hơi đốt củi, than hoặc thanh nhiên liệu để sinh hơi bão hòa, sau đó truyền qua bộ trao đổi nhiệt trước khi cấp vào buồng sấy. Nhờ đó, khí nóng sạch đi qua lớp quả mà không tiếp xúc trực tiếp với khói lò, giúp cải thiện đáng kể chất lượng sản phẩm so với phương pháp sấy đốt trực tiếp. Một đặc điểm đáng chú ý là nhiều cơ sở sử dụng cùng hệ thống lò hơi cho nhiều loại sản phẩm khác nhau trong năm (như dược liệu, nông sản, hoa quả sấy), do đó thiết kế buồng sấy và chế độ vận hành thường ở dạng “đa năng” và chưa được tối ưu riêng cho đặc tính ẩm - cấu trúc - khối lượng riêng của quả vải thiều.



Hình 2. Hệ thống sấy vải thiều sử dụng nhiệt từ lò hơi

Ưu điểm:

- Chất lượng cảm quan sản phẩm ổn định: không ám khói; màu và hương tự nhiên được bảo toàn tốt hơn; đáp ứng yêu cầu vệ sinh an toàn thực phẩm.

- Khả năng điều chỉnh và duy trì nhiệt độ tốt hơn so với lò đốt trực tiếp, cho phép kiểm soát tiến trình sấy theo các giai đoạn một cách ổn định.

- Giảm phát thải khói bụi trong buồng sấy, môi trường làm việc sạch hơn, ít ảnh hưởng đến sức khỏe người vận hành.

- Có thể sử dụng cho nhiều loại sản phẩm quanh năm, nâng cao hiệu quả khai thác thiết bị tại các cơ sở chế biến quy mô trung bình.

Hạn chế:

- Chi phí đầu tư ban đầu và chi phí bảo trì hệ thống lò hơi tương đối cao, yêu cầu hạ tầng phụ trợ và không gian lắp đặt phù hợp.

- Người vận hành lò hơi phải có chứng chỉ vận hành an toàn[8], điều này gây khó khăn trong mở rộng và nhân rộng mô hình ở các cơ sở chế biến hộ gia đình hoặc hợp tác xã nhỏ.

- Tác nhân sấy thường điều chỉnh theo kinh nghiệm, không dựa trên ngưỡng độ

ẩm tối ưu, dẫn đến tiêu hao nhiên liệu tăng và thời gian sấy kéo dài.

- Dòng khí trong buồng sấy phân bố chưa đồng đều; tồn tại vùng quá nóng và vùng thiếu nhiệt, dẫn đến chênh lệch chất lượng giữa các khay và giảm hiệu quả sử dụng năng lượng tổng thể.

Nhận xét: Công nghệ sấy gián tiếp bằng lò hơi giải quyết được nhược điểm ám khói của lò đốt trực tiếp và phù hợp với cơ sở chế biến sấy nhiều loại sản phẩm quanh năm. Tuy nhiên, để tối ưu cho sản xuất vải thiều quy mô lớn trong mùa vụ, cần cải tiến theo hướng: tối ưu diện tích và hệ số truyền nhiệt của bộ gia nhiệt; thiết lập chiến lược hồi lưu tác nhân sấy theo ngưỡng độ ẩm; tối ưu phân phối dòng khí trong buồng sấy.

2.3. Công nghệ sấy sử dụng năng lượng điện/điện trở

Công nghệ sấy điện sử dụng năng lượng nhiệt là điện, phần lớn sử dụng điện trở gia nhiệt điện để tạo ra tác nhân sấy sạch. Hệ thống thường được trang bị bộ điều khiển tự động, cho phép cài đặt và theo dõi các thông số nhiệt độ, độ ẩm và thời gian theo từng giai đoạn, giúp quá trình sấy được thực hiện ổn định và lặp lại.



Hình 3. Thiết bị sấy vải thiều sử dụng năng lượng nhiệt/điện trở

Ưu điểm:

- Tác nhân sấy sạch, không ẩm khói, giá trị cảm quan (màu, mùi, vị) của sản phẩm được bảo toàn tốt.

- Điều khiển tự động chính xác các thông số nhiệt - ẩm, phù hợp với yêu cầu chất lượng cao và quy trình sấy tiêu chuẩn hóa.

- Môi trường làm việc sạch, gần như không phát thải bụi và khí độc, dễ bố trí trong khu vực dân cư hoặc cơ sở nhỏ.

Hạn chế:

- Chi phí vận hành cao, do giá điện thương phẩm lớn, đặc biệt trong mùa vụ sản lượng cao.

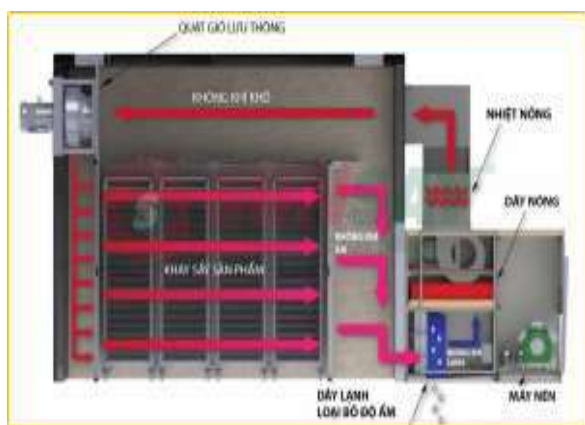
- Công suất và quy mô sấy nhỏ đến trung bình, khó mở rộng nếu không nâng cấp lớn nguồn điện.

- Yêu cầu hạ tầng cấp điện lớn để nhân rộng đồng loạt, gây khó khăn cho triển khai diện rộng.

Nhận xét: Công nghệ sấy điện phù hợp cho cơ sở nhỏ, sản phẩm giá trị cao, hoặc thử nghiệm chất lượng tiêu chuẩn hóa. Tuy nhiên, chi phí vận hành lớn và hạn chế về công suất khiến công nghệ này không phù hợp làm giải pháp chủ đạo tại các vùng nguyên liệu vải thiều có sản lượng lớn và mùa vụ tập trung. Vì vậy, cần xem xét các giải pháp sử dụng nguồn năng lượng rẻ hơn và ổn định hơn, đặc biệt là sinh khối sẵn có tại địa phương.

2.4. Công nghệ sấy bơm nhiệt/sấy lạnh

Công nghệ sấy lạnh sử dụng bơm nhiệt kết hợp với hệ thống khử ẩm tuần hoàn để tạo ra tác nhân sấy có nhiệt độ thấp ($35\text{--}55^{\circ}\text{C}$) và độ ẩm thấp được điều khiển chính xác. Không khí ẩm trong buồng sấy được tuần hoàn liên tục qua dàn lạnh để tách ẩm, sau đó được gia nhiệt nhẹ trước khi quay trở lại buồng sấy. Nhờ quá trình làm khô từ từ ở nhiệt độ thấp, cấu trúc mô thịt quả vải được bảo toàn, sắc tố tự nhiên ổn định, hạn chế hiện tượng hóa nâu hay co rút mạnh.



Hình 4. Hệ thống sấy lạnh/bơm nhiệt sử dụng trong chế biến vải thiều

Ưu điểm:

- Chất lượng cảm quan sản phẩm rất cao: có thể điều chỉnh màu vàng hoặc đỏ nâu tự nhiên được bảo toàn, cấu trúc thịt quả dai và bóng, hương vị đặc trưng không bị biến đổi.

- Quy trình sấy ổn định và có khả năng tái lập, dễ chuẩn hóa chất lượng sản phẩm phục vụ thị trường cao cấp hoặc xuất khẩu.

- Môi trường vận hành sạch, không phát thải khói bụi hay khí độc hại.

Hạn chế:

- Chi phí đầu tư thiết bị cao, yêu cầu hệ thống cách nhiệt và cách ẩm tốt.

- Chi phí đầu tư lớn, tiêu thụ điện năng lớn, dẫn đến chi phí vận hành cao.

- Công suất sấy thấp và thời gian sấy kéo dài, do đó không phù hợp với nhu cầu sản lượng lớn trong mùa vụ tập trung.

Nhận xét: Công nghệ sấy lạnh cho chất lượng sản phẩm ở mức cao, đặc biệt phù hợp với các phân khúc giá trị cao và đơn hàng xuất khẩu. Tuy nhiên, chi phí đầu tư và vận hành lớn và hạn chế về năng suất khiến công nghệ này không phù hợp làm giải pháp chủ đạo cho các vùng nguyên liệu vải thiều có sản lượng lớn theo mùa vụ.

2.5. Nhận xét tổng hợp

Qua phân tích các công nghệ sấy vải thiều hiện đang được sử dụng tại khu vực phía Bắc cho thấy: công nghệ sấy sử dụng lò đốt lấy nhiệt trực tiếp có ưu điểm chi phí đầu tư thấp và dễ triển khai, tuy nhiên chất lượng sản phẩm thấp, không ổn định, hiệu suất năng lượng thấp và tác động môi trường lớn. Công nghệ sấy gián tiếp bằng lò hơi cải thiện đáng kể chất lượng cảm quan, song chi phí đầu tư khá cao, hiệu quả sử dụng năng lượng và độ đồng đều sản phẩm vẫn phụ thuộc nhiều vào thiết kế bộ trao đổi nhiệt và phương thức hồi lưu tác nhân sấy. Trong khi đó, các công nghệ sấy điện trở và sấy lạnh cho chất lượng sản phẩm cao, nhưng chi phí đầu tư và chi phí vận hành lớn, đồng thời hạn chế về năng suất khiến chúng khó phù hợp với mô hình chế biến vải thiều theo mùa vụ tập trung.

Đáng lưu ý, các địa phương trồng vải thiều tại khu vực phía Bắc hiện có nguồn sinh khối phong phú và giá rẻ tại chỗ, như đầu mẩu bồ (đầu mẩu gỗ bóc), củi vải/nhân sau tĩa cành, củi ép [3], có thể cung cấp nguồn nhiệt ổn định với chi phí thấp hơn đáng kể so với điện hoặc nhiên liệu hóa thạch. Đây là lợi thế tự nhiên mà quá trình đổi mới công nghệ sấy cần khai thác.

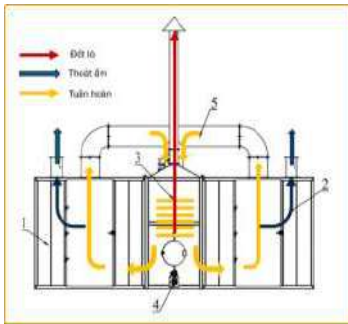
Như vậy, các công nghệ ứng dụng hiện hành không đồng thời đáp ứng đồng thời các yêu cầu về: (i) chất lượng thương phẩm ổn định, (ii) hiệu quả năng lượng và (iii) năng suất theo mùa vụ.

Do đó, hướng tiếp cận phù hợp là đổi mới công nghệ sấy theo nguyên lý sử dụng nhiệt gián tiếp từ sinh khối, kết hợp tối ưu bộ trao đổi nhiệt, điều khiển hồi lưu tác nhân sấy theo ngưỡng độ ẩm và phân phối dòng khí trong buồng sấy, nhằm đạt hiệu quả toàn diện về chất lượng sản phẩm, năng lượng và môi trường.

3. MÔ HÌNH SẤY ĐỔI LƯU CƯỜNG BỨC SỬ DỤNG NHIỆT GIÁN TIẾP TỪ NHIÊN LIỆU SINH KHỐI

3.1. Giới thiệu mô hình

Trên cơ sở các phân tích tại phần trên, cùng với lợi thế về nguồn sinh khối sẵn có và giá thành thấp tại địa phương (đầu mẩu bồ, củi vải/nhân sau tĩa cành, dăm gỗ rừng trồng, củi ép), nhóm nghiên cứu của Trung tâm Thúc đẩy phát triển thị trường khoa học và công nghệ đã thiết kế, chế tạo và triển khai thử nghiệm mô hình sấy sử dụng nhiệt gián tiếp từ nhiên liệu sinh khối với quy mô ≥ 5 tấn nguyên liệu/mẻ, nhằm đáp ứng đồng thời các yêu cầu về chất lượng sản phẩm, hiệu quả năng lượng và năng suất theo mùa vụ.



Hình 5. Mô hình sấy sử dụng nhiệt gián tiếp từ nhiên liệu sinh khối [1]

Mô hình gồm các cụm thiết bị chính: Buồng đốt sinh khối hiệu suất cao, cung cấp nguồn nhiệt ổn định; Bộ trao đổi nhiệt dạng ống chùm, đảm bảo tách biệt hoàn toàn khói lò và tác nhân sấy; Buồng sấy đối lưu cưỡng bức có bộ phận phân phối khí, giúp đồng đều nhiệt và ẩm trong toàn bộ khoang sấy [9], [10]; Hệ thống hồi lưu tác nhân sấy được điều khiển theo chỉ số độ ẩm của khí thải, nhằm giảm thất thoát nhiệt và tối ưu tiêu hao nhiên liệu; Cụm điều khiển tự động theo các tham số nhiệt độ, độ ẩm và lưu lượng gió. Tác nhân sấy không tiếp xúc trực tiếp với khói lò,

nhờ đó tránh được hiện tượng ám khói, đồng thời bảo toàn màu sắc, mùi vị và cấu trúc mô thịt đặc trưng của vải thiều, góp phần nâng tỷ lệ sản phẩm đạt chuẩn thương phẩm.

3.2. Kết quả thử nghiệm mô hình

Thử nghiệm mô hình được tiến hành trong điều kiện nguyên liệu là vải thiều tươi có độ ẩm khoảng 80%. Với nhiệt độ tác nhân sấy duy trì thời gian lớn trong khoảng 75°C phù hợp với khoảng nhiệt độ tối ưu cho sấy vải thiều [6], kết quả thu được như sau:

Bảng 1. Kết quả thử nghiệm mô hình sấy vải thiều sử dụng nhiệt gián tiếp từ nhiên liệu sinh khối công suất ≥ 5 tấn nguyên liệu/mẻ [1]

Thông số đánh giá	Kết quả	So sánh với công nghệ hiện đang sử dụng
Độ ẩm nguyên liệu đầu vào	79-80%	Không thay đổi (đặc trưng nguyên liệu)
Độ ẩm sản phẩm sau sấy	$\leq 15\%$	Không đổi (quy về cùng độ ẩm)
Nhiệt độ tác nhân sấy (thời gian duy trì lớn nhất)	75 $\pm$ 2°C	Ổn định hơn sấy đốt trực tiếp, tương đương sấy sử dụng lò hơi.
Thời gian sấy	51 giờ	Giảm 17% thời gian so với sấy đốt sử dụng lò hơi; giảm 27% so với các công nghệ sấy khác
Tỷ lệ hồi lưu tác nhân sấy (tùy từng giai đoạn)	10–50%	Các mô hình hiện tại hầu như không có hồi lưu
Tiêu hao, chi phí nhiên liệu	1345 kg củi/mẻ 5 tấn nguyên liệu	Giảm trên 25% chi phí năng lượng so với các công nghệ sử dụng sấy vải hiện tại
Chất lượng cảm quan	Cao	Tương đương sấy điện và sấy lò hơi, vượt trội so với sấy đốt trực tiếp
Mức độ đồng đều sản phẩm	Cao	Vượt trội so với lò vi sóng và lò hơi chưa tối ưu dòng khí



Hình 6. Một số hình ảnh trong quá trình thử nghiệm [1]

Nhận xét: Mô hình sấy gián tiếp sử dụng sinh khối quy mô ≥ 5 tấn/mẻ cho thấy khả năng đáp ứng đồng thời các yêu cầu cốt lõi của chế biến vải thiều theo mùa vụ, bao gồm: Giữ chất lượng cảm quan sản phẩm ở mức cao, không bị ám khói, màu sắc và hương vị đặc trưng được bảo toàn; giảm đáng kể chi phí năng lượng nhờ tận dụng nguồn sinh khối sẵn có tại địa phương và có hồi lưu tác nhân sấy; đảm bảo độ đồng đều chất lượng sản phẩm, nhờ trường nhiệt - ẩm được kiểm soát ổn định; phù hợp với sản lượng lớn trong thời gian thu hoạch tập trung, đáp ứng yêu cầu năng suất tại các vùng nguyên liệu trọng điểm.

3.3. Khả năng ứng dụng và nhân rộng

Kết quả thử nghiệm cho thấy mô hình sấy sử dụng nhiệt gián tiếp từ sinh khối đáp ứng đồng thời yêu cầu về chất lượng sản phẩm, hiệu quả năng lượng và năng suất theo mùa vụ, do đó có khả năng ứng dụng và nhân rộng tại các vùng nguyên liệu vải thiều tập trung như: Bắc Ninh, Hưng Yên, Hải Phòng, Phú Thọ,...

Thứ nhất, nguồn sinh khối địa phương như đầu mẩu bồ, củi vải/nhân sau tía cành, dăm gỗ rừng trồng và củi ép có trữ lượng ổn định, dễ thu gom và giá thành thấp, giúp giảm đáng kể chi phí năng lượng so với sử dụng điện hoặc than.

Thứ hai, mô hình có chi phí đầu tư hợp lý, chỉ bằng khoảng 40–45% chi phí đầu tư của hệ thống sấy gián tiếp sử dụng lò hơi có cùng công suất. Bên cạnh đó, hệ thống không yêu cầu chứng chỉ vận hành, nhờ tác nhân sấy được tạo ra qua bộ trao đổi nhiệt tách biệt hoàn toàn với khói lò, phù hợp với hộ sản xuất, hợp tác xã, cơ sở chế biến nhỏ và vừa.

Thứ ba, thiết kế đối lưu cưỡng bức kết hợp hồi lưu tác nhân sấy theo ngưỡng độ ẩm giúp phân bố nhiệt - ẩm đồng đều trong toàn bộ buồng sấy, nhờ đó chất lượng sản phẩm ổn định giữa các khay và giữa các mẻ, giảm hiện tượng khô mép - ẩm lõi vốn phổ biến ở lò truyền thống.

Thứ tư, kết cấu dạng mô đun cho phép mở rộng linh hoạt sức chứa tùy theo sản lượng mùa vụ và điều kiện mặt bằng của cơ sở chế biến; quy trình vận hành đã được chuẩn hóa, giảm phụ thuộc vào kinh nghiệm thủ công.

Nhờ các đặc điểm trên, mô hình sấy gián tiếp sử dụng nhiệt từ sinh khối không chỉ nâng cao chất lượng thương phẩm, mà còn giảm chi phí nhiên liệu trên 25%, và giảm chi phí đầu tư ban đầu, là giải pháp khả thi để nhân rộng trong điều kiện sản xuất thực tế tại các vùng nguyên liệu vải thiều cũng như các loại nông sản khác.

4. KẾT LUẬN

Vải thiều là sản phẩm mang tính mùa vụ cao, vì vậy công nghệ sấy giữ vai trò quan trọng trong việc kéo dài thời gian bảo quản, ổn định tiêu thụ trong mùa vụ thu hoạch tập trung và nâng cao giá trị thương mại của sản phẩm. Tuy nhiên, khảo sát thực tế tại các tỉnh trồng vải thiều khu vực phía Bắc cho thấy các công nghệ sấy truyền thống hiện nay vẫn được sử dụng phổ biến nhất, còn tồn tại nhiều hạn chế, gồm: hiệu suất sử dụng năng lượng thấp, khó kiểm soát trường nhiệt - ẩm, sản phẩm dễ bị ám khói, chất lượng không đồng đều và phát thải lớn ra môi trường [4]. Các công nghệ sấy hiện đại hơn như lò hơi, điện trở hay sấy lạnh tuy cải thiện chất lượng cảm quan nhưng lại đòi hỏi chi phí đầu tư hoặc vận hành cao, đồng thời hạn chế về khả năng mở rộng theo sản lượng mùa vụ.

Trong bối cảnh đó, giải pháp đổi mới công nghệ sấy theo hướng sử dụng nhiệt gián tiếp từ sinh khối kết hợp hồi lưu tác nhân sấy và điều khiển tự động được chứng minh là phù hợp với điều kiện vùng nguyên liệu vải thiều khu vực phía Bắc. Mô hình thử nghiệm quy mô trên 5 tấn nguyên liệu/mẻ cho kết quả:

- Sản phẩm đạt chất lượng cảm quan cao, không ám khói, màu sắc và hương vị đặc trưng được bảo toàn.

- Hiệu quả năng lượng được cải thiện, với tiêu hao nhiên liệu giảm hơn 25% so với các công nghệ sấy hiện tại đang được sử dụng.

- Độ đồng đều chất lượng được nâng cao nhờ kiểm soát nhiệt-ẩm và phân phối dòng khí cưỡng bức.

- Chi phí đầu tư hợp lý, chỉ bằng khoảng 40-45% hệ thống sấy gián tiếp sử dụng lò hơi cùng công suất, không yêu cầu chứng chỉ vận hành, phù hợp với hộ sản xuất, hợp tác xã và cụm chế biến.

Có thể thấy công nghệ sấy gián tiếp sử dụng sinh khối không chỉ đáp ứng được các yêu cầu về chất lượng, năng lượng và quy mô mùa vụ, mà còn khai thác hiệu quả nguồn sinh khối sẵn có tại địa phương, là giải pháp khả thi để triển khai rộng rãi tại các vùng trồng vải thiều khu vực phía Bắc. Đồng thời, công nghệ này có thể mở rộng áp dụng cho các loại quả, nông sản khác như nhãn, mận, măng, nghệ, gừng. Kết quả thực nghiệm tạo cơ sở cho việc hoàn thiện quy trình vận hành chuẩn và xây dựng mô hình nhân rộng tại các vùng nguyên liệu tập trung.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Trung tâm Thúc đẩy phát triển thị trường KH&CN. Báo cáo tổng hợp kết quả thực hiện nhiệm vụ KH&CN cấp Bộ: *Nghiên cứu, thiết kế, chế tạo và thử nghiệm hệ thống sấy vải thiều sử dụng nhiệt gián tiếp từ nhiên liệu sinh khối*. Hà Nội, 2025.
- [2] <https://hanoimoi.vn/san-luong-vai-thieu-nien-vu-2025-tang-khoang-30-701729.html>
- [3] Tạp chí Công Thương. Trần Quang Huy, Phạm Văn Nam. *Nguồn sinh khối tại Việt Nam và tiềm năng năng lượng từ phụ phẩm nông nghiệp*. 2022.
- [4] Tạp chí Khoa học & Công nghệ (ĐH Thái Nguyên). Nguyễn Đức Lợi, Trần Đức Trung. *Nghiên cứu sấy nông sản bằng tác nhân khí nóng – phân tích chất lượng và tiêu hao năng lượng*. 2019; 207(18): 85–92.
- [5] Trần Như Khuyên, Phạm Đức Nghĩa, Hoàng Xuân Anh và nnk (2012). *Một số*

kết quả nghiên cứu thiết kế hệ thống thiết bị sấy vải quả theo phương pháp phối hợp đối lưu và bức xạ nhiệt. Tạp chí Kỹ thuật & Công nghệ, 10(3).

[6] Nguyễn Văn Đạt (2018). *Tính toán thiết kế buồng sấy để sấy quả vải năng suất 300 kg/m²*. Luận văn ĐHBK Hà Nội.

[7] Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam (2021). *Nghiên cứu bảo quản và chế biến quả vải và nhãn sau thu hoạch*. Tạp chí KHNN Việt Nam số 18(3).

[8] Bộ Lao động – Thương binh và Xã hội. *QCVN 01:2008/BLĐTBXH: Quy chuẩn kỹ thuật quốc gia về an toàn lao động đối với nôi hơi và bình chịu áp lực*. Hà Nội, 2008.

[9] FAO. *Post-harvest management of litchi and longan*. Food and Agriculture Organization, 2016.

[10] International Energy Agency (IEA). *Biomass for heat and industrial processes – Technology report*, 2022.

