



TẠP CHÍ
CÔNG NGHIỆP NÔNG THÔN
JOURNAL OF RURAL INDUSTRY

ISSN 1859 - 4026

HỘI CƠ KHÍ NÔNG NGHIỆP VIỆT NAM
Vietnamese Society of Agricultural Engineering (VSAGE)

Chúc Mừng Năm Mới

2026

KỶ NGUYÊN VƯỜN MÌNH

MCG
ENERGY & REAL ESTATE JSC

70 NĂM

XÂY GIÁ TRỊ - DỰNG NIỀM TIN

CÔNG TY CỔ PHẦN NĂNG LƯỢNG VÀ BẤT ĐỘNG SẢN MCG

Số 60
2026

CÔNG TY CỔ PHẦN NĂNG LƯỢNG VÀ BẤT ĐỘNG SẢN MCG

Quân
Binh Ngọ
2026



MCG
ENERGY & REAL ESTATE JSC

70

NĂM

XÂY GIÁ TRỊ - DỰNG NIỀM TIN

Nhà báo, ThS. Nguyễn Ngọc Bình
Chủ tịch Hội đồng quản trị
Công ty Cổ phần Năng lượng và Bất động sản MCG

Địa chỉ: 102 Trường Chinh - Phường Kim Liên - Hà Nội

Điện thoại: (84-24) 3869 4773 | (84-24) 2213 8518

Email: vanphong@mcger.com | Website: www.mcger.com



NĂM THỨ 15: SỐ 60
NĂM 2026; XUẤT BẢN 4 KỶ/NĂM

HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

Chủ tịch

GS.TS. NGUYỄN HAY

Phó chủ tịch

TSKH. BẠCH QUỐC KHANG

PGS. TS. PHẠM ANH TUẤN

PGS.TS LÊ MINH LƯ

GS.TS PHẠM VĂN CHƯƠNG

Ủy viên thường trực HĐBT

PGS.TS CHU VĂN THIỆN

THS. NGUYỄN NGỌC BÌNH

TS. LÊ NGỌC ÁNH

TS. NGUYỄN ĐỨC LONG

Thành viên HĐBT

GS.TS NGUYỄN HUY BÍCH

PGS.TS ĐỖ MINH CƯỜNG

PGS.TS DƯƠNG VĂN TÀI

TS. LÊ VĂN BẢNH

THS NGUYỄN CÔNG BÌNH

TS. TRẦN HỒNG THAO

PGS.TS NGUYỄN DUY LÂM

TS. NGUYỄN NĂNG NHƯỢNG

PGS. TS NGUYỄN ĐÌNH TÙNG

TS. PHẠM MINH ĐẠT

GS.TS ĐINH VĂN SƠN



Ảnh bìa 1: Thủy điện Bình Long, xã Hoà An, tỉnh Cao Bằng; Công suất: 6MW

TỔNG BIÊN TẬP

TS. LÊ NGỌC ÁNH

PHÓ TỔNG BIÊN TẬP

PGS.TS. CHU VĂN THIỆN

THS. NGUYỄN NGỌC BÌNH

TS. NGUYỄN ĐỨC LONG

THƯ KÝ TÒA SOẠN

TS. TRẦN HỒNG THAO

ỦY VIÊN BAN BIÊN TẬP

CỬ NHÂN. ĐỖ NGỌC AN

KS. NGUYỄN THANH DỪNG

KS. NGUYỄN HỒNG DƯƠNG

TÒA SOẠN TẠP CHÍ CÔNG NGHIỆP NÔNG THÔN

Số 54, ngõ 102, đường Trường Chinh, P. Kim Liên, Hà Nội.

ĐT: 024.38688620;

Email: khoahocnnt@gmail.com

Web: <https://congnghiepnongthon.vn>

Giấy phép số: số 106/GP – BVHTTDL Ngày 26/8/2025

In tại xưởng in NXBNN: Ngõ 167 phố Phương Mai, P. Kim Liên, Hà Nội

MỤC LỤC

TẠP CHÍ CÔNG NGHIỆP NÔNG THÔN

Trang

1	THƯ CHÚC MỪNG	5
9	Nguyễn Văn Thành ¹ , Nguyễn Xuân Thành ¹ : THỰC TRẠNG CÔNG NGHỆ SẤY VẢI THIỀU VÀ MÔ HÌNH SẤY ĐỐI LƯU CƯỜNG BỨC SỬ DỤNG NHIỆT GIÁN TIẾP TỪ NHIÊN LIỆU SINH KHỐI TẠI KHU VỰC PHÍA BẮC	6
10	TS. Nguyễn Thu Huyền, TS. Phan Thị Thu, Ths. Đào Văn Núi, Ths. Nguyễn Bá Hưng, Ths. Lê Thị Thu, Ks. Cù Thị Hằng, Ks. Nguyễn Văn Dũng, Ks. Trần Đại Hải: NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA YẾU TỐ THU HOẠCH VÀ SƠ CHẾ ĐẾN CHẤT LƯỢNG VÀ THỜI GIAN BẢO QUẢN THẢO QUYẾT MINH (SEMEN SENNAE TORAE)	16
11	Nguyen Duc Long ¹ , Dau The Nhu ¹ , H. Beloev ² , Nguyen Van Thuy ¹ , Nguyen Viet Anh ¹ : PRINCIPLE AND MAIN PARAMETERS OF A HAND-HELD PINEAPPLE LEAF-TYING MACHINE	26
12	ThS. Đặng Văn Đông ¹ , TS. Nguyễn Đức Long ¹ , S. Đậu Thế Nhu ¹ , ThS. Nguyễn Việt Anh ¹ , ThS. Nguyễn Đức Vinh ¹ : KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU MÁY TRỒNG DỨA 4 HÀNG KẾT HỢP PHỦ NI LÔNG Ở VIỆT NAM	36
13	Ngo Thi Thanh Thuy ¹ , Hieu Manh Nguyen ¹ , Long Duc Nguyen ¹ , Le Thi Hien ¹ , Jonhson Peter Robert ² : ENERGY POTENTIAL AND FUEL CHARACTERISTICS OF DURIAN (DURIO ZIBETHINUS L.) PEEL AS A LIGNOCELLULOSIC BIOMASS FEEDSTOCK	47
14	Vũ Huy Phúc ¹ , Nguyễn Thị Thu Trang ¹ , Hồ Phi Tuấn ² , Vũ Duy Hưng ³ , Đỗ Văn Hào ¹ : ĐÁNH GIÁ NĂNG LỰC CƠ GIỚI HÓA CỦA MỘT SỐ SẢN PHẨM NÔNG NGHIỆP TẠI VÙNG SẢN XUẤT HÀNG HÓA TẬP TRUNG	59
15	Nguyễn Nhân Sâm ¹ , Đặng Hoàng Minh ² , Bùi Trung Thành ³ : NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN THIẾT KẾ LỒNG QUAY CỦA MÔ HÌNH MÁY LY TÂM CHO RAU CẮT TƯƠI DẠNG MỀ	69
23	TIỀM NĂNG SỬ DỤNG VỎ QUẢ CÀ PHÊ (CASCARA) TẠI TỈNH SƠN LA (VIỆT NAM) ĐỂ CHẾ BIẾN TRÀ VÀ CÀ PHÊ TỪ CASCARA	81



Thư chúc mừng

CHÀO MÙA XUÂN 70 NĂM MCG



Nhân dịp kỷ niệm 70 năm thành lập Công ty Cổ phần Năng lượng & Bất động sản MCG, Hội Cơ khí Nông nghiệp Việt Nam trân trọng gửi tới toàn thể cán bộ, công nhân viên Công ty những lời chúc mừng tốt đẹp nhất.

Bảy mươi năm qua là một chặng đường dài đầy biến động, khó khăn và thử thách. Từ những năm tháng chiến tranh khốc liệt đến thời kỳ hòa bình xây dựng đất nước, từ “cuộc chiến” trên chiến trường đến “cuộc chiến” trên thương trường - mỗi giai đoạn đều đặt ra những yêu cầu mới, thách thức mới đối với doanh nghiệp.

MCG đã phải vượt qua sự lạc hậu của công nghệ, thiết bị theo thời gian; phải tổ chức lại lực lượng lao động, với bối cảnh đội ngũ có nhiều kinh nghiệm và tay nghề lần lượt nghỉ hưu. Trong hành trình đó, không ít doanh nghiệp đã không thể trụ vững.

Khi đó, MCG đã kiên trì đổi mới, chủ động tìm kiếm hướng đi phù hợp với nhu cầu thị trường ở từng thời kỳ. Từ một doanh nghiệp sửa chữa, đại tu máy kéo, tham gia sản xuất cơ khí, đến mở rộng sang các lĩnh vực nhôm kính, năng lượng (thủy điện, điện gió, điện mặt trời), bất động sản và xây dựng... đúng như tinh thần:

“Đâu có giặc là ta cứ đi – Đâu có thị trường ta làm.”

Chính tinh thần đoàn kết, năng động, sáng tạo trong tư duy và đổi mới trong hoạt động sản xuất – kinh doanh của tập thể cán bộ, công nhân viên đã tạo nên sức mạnh cốt lõi giúp doanh nghiệp tồn tại và phát triển bền vững. Những nỗ lực và thành quả ấy đã được Nhà nước ghi nhận bằng nhiều phần thưởng cao quý như Huân chương Lao động hạng Nhất, Nhì, Ba cùng nhiều danh hiệu, giải thưởng khác.

Chặng đường phía trước chắc chắn vẫn còn nhiều khó khăn, thách thức. Nhưng với truyền thống tốt đẹp và kinh nghiệm tích lũy trong suốt 70 năm qua, chúng tôi tin tưởng rằng Công ty Cổ phần Năng lượng & Bất động sản MCG sẽ tiếp tục vững bước, gặt hái thêm nhiều thành công và tiến tới những “mùa xuân” rực rỡ hơn nữa.

CHỦ TỊCH HỘI CƠ KHÍ NÔNG NGHIỆP VIỆT NAM
KS. Lê Ngọc Khanh

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.

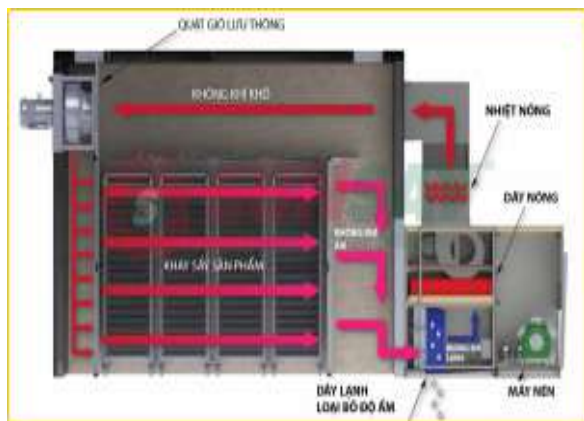
- Công suất và quy mô sấy nhỏ đến trung bình, khó mở rộng nếu không nâng cấp lớn nguồn điện.

- 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/nhãn sau tia 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.

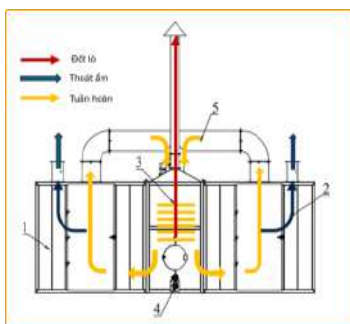
Như vậy, các công nghệ ứng dụng hiện hành không đồng thời đáp ứng đồng thời các yêu cầu về: (i) chất lượng thương phẩm ổn định, (ii) hiệu quả năng lượng và (iii) năng suất theo mùa vụ.

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 ĐỐI 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/nhãn sau tia 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 thit 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 tủa 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 hồi 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 nồi 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*.



NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA YẾU TỐ THU HOẠCH VÀ SƠ CHẾ ĐẾN CHẤT LƯỢNG VÀ THỜI GIAN BẢO QUẢN THẢO QUYẾT MINH (*SEMEN SENNAE TORAE*)

Nguyễn Thu Huyền

Phan Thị Thu

Đào Văn Núi

Nguyễn Bá Hưng

Lê Thị Thu

Cù Thị Hằng

Nguyễn Văn Dũng

Trần Đại Hải

Lịch sử bài báo

Ngày nhận bài: 15/12/2025

Ngày phản biện: 30/12/2025

Ngày duyệt đăng: 15/1/2026

TÓM TẮT

Nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của quá trình sơ chế, xử lý: độ già thu hái, biện pháp thu hái làm khô và bảo quản đến chất lượng dược liệu Thảo quyết minh (*Semen Sennae torae*) sau thu hoạch nhằm đánh giá ảnh hưởng sơ chế bảo quản đến chất lượng dược liệu sau thời gian bảo quản. Thí nghiệm được bố trí sử dụng ảnh hưởng của các độ già thu hái khác nhau, cách sơ chế, làm khô dược liệu bằng phương pháp sấy nhiệt và sấy bơm nhiệt. Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng độ già thu hái 70% và ủ đông dược liệu thảo quyết minh 2 ngày sau đó làm khô bằng phơi nắng ở nhiệt độ 30-32 °C duy trì hàm lượng hoạt chất aurantio-

obtusin. Làm khô dược liệu bằng phương pháp sấy nhiệt ở 45 °C thuận lợi và đảm bảo chất lượng dược liệu. Thảo quyết minh bảo quản ở nhiệt độ thường chất lượng sau 12 tháng bảo quản bao gói bằng bao bì PE dày 0,02 mm, dán kín đánh giá chất lượng của thảo quyết minh có độ ẩm sau bảo quản đạt 12,0%, cảm quan hạt có màu đen sẫm, bóng, không có côn trùng gây hại, hàm lượng hoạt chất aurantio-obtusin đạt 0,18% (đạt tiêu chuẩn dược điển Hồng Kông và dược điển Việt Nam V).

Từ khóa: Hàm lượng hoạt chất aurantio-obtusin, thảo quyết minh, sấy đối lưu

RESEARCH ON TREATMENT PRELIMINARY METHODS AND STORAGE ON QUALITY AND STORAGE OF SEMEN SENNAE TORAE

ABSTRACT

The effect of the preliminary processing and handling process: harvesting age, harvesting method, drying and preservation methods on the quality of the medicinal herb *Senna tora* (L.) Roxb postharvest was studied. The experiments used determine harvest time, evaluate the pretreatment and storage of *Semen Sennae torae*. Seed of *Senna tora* (L.) Roxb. were dried by convection drier was preserved ambient temperature. The results showed that harvest time was 70% ripe fruits. Incubating for 2days and using Convection drier was convenient and keeping the sensory

quality and retaining aurantio-obtusin content in *Semen Sennae torae*. The method of preserving *Semen Sennae torae* the after 12 months by PE 0,02mm, sealed at room temperature maintained better quality than the control: Sensory appearance dark black, shiny, without insects adults, moisture content: 12.0%, active ingredient content aurantio-obtusin reaches 0.18% (attained Hong Kong pharmacopoeia and Vietnamese pharmacopoeia V standards).

Keywords: Aurantio-obtusin content, cassia seed, convection drying

* Trung tâm nghiên cứu trồng và chế biến cây thuốc Hà nội, Viện Dược liệu, Ngọc Hồi, Thanh Trì, Hà Nội
Email: phanthuvdl@gmail.com]

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cây thảo quyết minh [*Senna tora* (L.) Roxb.; Syn. *Cassia tora* L.], họ Đậu (Fabaceae) thường phân bố ở vùng nhiệt đới châu Mỹ, châu Á, châu Phi, Australia. Tại Việt Nam, Thảo quyết minh phân bố rộng rãi khắp cả nước, đặc biệt nhiều nhất ở Thái Bình và Bắc Giang và trừ những nơi có độ cao trên 1000m. Thảo quyết minh là cây ưa sáng, khí hậu nhiệt đới nóng ẩm. Dược liệu thảo quyết minh (*Semen Sennae torae*) sử dụng hạt từ quả chín đã phơi hay sấy khô (Đỗ Tất Lợi, 2004).

Dược liệu thảo quyết minh có chứa nhiều thành phần hóa học như chất nhầy, chất béo, protid, crysophanola, altraglucozit, aurantio-obtusin, màu tự nhiên, tamin,... Do đó thảo quyết minh là một loại dược liệu được sử dụng rộng rãi để chữa viêm loét. Cây thảo quyết minh được phát hiện rất hữu ích trong việc chữa lành các rối loạn về gan. Cây này cho thấy khả năng chống oxy hóa, độc tính kháng nguyên và chất bảo vệ gan được phân lập là ononitol (một loại glycoside) (Bushra Sultana, và cộng sự, 2018).

Cây trồng vào mùa xuân và thu dược liệu vào khoảng tháng 9-11 khi quả chín. Dược liệu thảo quyết minh sau khi thu hoạch, phơi khô quả, cho vào bao tải, đập cho nát vỏ, lấy ra sàng sảy vỏ lấy hạt, tiếp tục phơi khô. Trước khi dùng, cần tiến hành chế biến tùy theo mục đích của việc sử dụng (Đỗ Tất Lợi, 2004); Đỗ Huy Bích và cs (2004). Hạt thảo quyết minh trồng tại Trung quốc được thu hoạch vào mùa thu, khi quả đậu chuyển sang màu nâu đen thì tiến hành thu hoạch từng đợt. Đợt cuối dùng liềm cắt toàn bộ cây, mang về phơi khô. Sau đó, dùng gậy đập lấy hạt, loại bỏ tạp chất, phơi khô hạt để làm dược liệu. Chất lượng tốt là hạt căng tròn, khô, màu nâu hạt dễ và có độ bóng theo tiêu chuẩn dược điển (Tang Yongzhu, 2018), (Zhang Cheng và cộng sự, 2015).

Quả thảo quyết minh sau khi thu hái,

phơi khô, tách bỏ vỏ, sàng lấy hạt đem phơi khô và sấy đến khô, khi dùng có thể sao vàng bằng lửa nhỏ đến khi có mùi thơm hoặc có thể sao cháy tùy mục đích trị bệnh (<https://nhathuoclongchau.com.vn>). Thảo quyết minh sao vàng: hạt thảo quyết minh rửa sạch, để ráo rồi sao vào chảo đến khi lớp ngoài xuất hiện lớp dầu bóng tiếp tục sao đến khi dầu ráo màu của hạt chuyển sang vàng nâu thì lấy hạt ra và để nguội. Thảo quyết minh sao cháy: hạt thảo quyết minh sau khi sao vàng rồi tiếp tục sao đến khi lớp vỏ ngoài đen dần, trên mặt chảo có lớp khói màu vàng cam, có mùi nồng, sao đến khi tắt cả các hạt có màu đen đều và mùi thơm cháy nồng thì ngưng sao và trải ra khay nguội. Theo báo sức khỏe và đời sống, 2021 (<https://suckhoedoisong.vn>) cho rằng cách thu hái và chế biến thảo quyết minh: có thời gian tốt nhất để thu hái thảo quyết minh là vào tháng 9 – 11, quả chín đều phù hợp để thu hái, bào chế thành dược liệu. Sau khi thu hái hạt thảo quyết minh mang về phơi khô, đập dập, lấy hạt và phơi cho hạt khô hoàn toàn và cách bảo quản dược liệu: hạt thảo quyết minh rất dễ ẩm mốc và sinh ra nấm. Sau khi bào chế dược liệu cần bảo quản ở nơi khô ráo, tránh độ ẩm không khí cao. Thỉnh thoảng có thể mang thuốc đi phơi nắng để tránh ẩm mốc (Viện Dược liệu, 2013).

Tuy nhiên, cây thảo quyết minh nằm trong 100 cây dược liệu được bộ y tế ưu tiên phát triển theo Quyết định số 3657/QĐ-BYT và nhu cầu về dược liệu thảo quyết minh dùng trong các vị thuốc trên thế giới và ở Việt Nam đang ngày một tăng. Hiện tại các nghiên cứu về ảnh hưởng công nghệ sau thu hoạch đến dược liệu thảo quyết minh chưa được nghiên cứu, chủ yếu theo kinh nghiệm dân gian đã có từ lâu, các nghiên cứu trước đây tập trung chủ yếu vào cơ chế và tác dụng làm thuốc của thảo quyết minh, đánh giá chọn giống và dược liệu, chưa có nghiên cứu đánh giá ảnh hưởng của độ già thu hái các biện pháp sơ chế, làm khô dược

liệu và bảo quản dược liệu, chưa đánh giá được cơ chế tác động của sơ chế bảo quản đến chất lượng dược liệu sau thời gian bảo quản. Do đó cần nghiên cứu các kỹ thuật thu hái và sơ chế bảo quản để phát triển thành các vùng nguyên liệu chuyên canh đáp ứng nhu cầu trong nước làm thuốc.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Dược liệu thảo quyết minh trồng tại vườn thực nghiệm của Trung tâm Nghiên cứu trồng và chế biến cây thuốc Hà Nội, Viện Dược liệu.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Thảo quyết minh có thời gian sinh trưởng trên 200 ngày, quả chín được thu hái được vận chuyển về phòng thí nghiệm của Trung tâm nghiên cứu trồng và chế biến cây thuốc Hà Nội và tiến hành bố trí ngẫu nhiên các thực nghiệm sau:

- Nghiên cứu xác định thời điểm thu hoạch và phương pháp thu hoạch đến chất lượng dược liệu thảo quyết minh

Thí nghiệm 1. Nghiên cứu xác định thời điểm thu hoạch đến chất lượng dược liệu thảo quyết minh

CT1: Khi 50% quả chuyển từ màu xanh sang màu vàng và nâu

CT2: Khi 70% quả chuyển từ màu xanh sang màu vàng và nâu.

CT3: Khi 100% quả chuyển từ màu xanh sang màu vàng và nâu.

Bố trí thí nghiệm: Thí nghiệm gồm 3 công thức, được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên; Mỗi công thức thí nghiệm được nhắc lại 3 lần, mỗi lần nhắc lại 1 kg dược liệu

Sau khi thảo quyết minh được thu hoạch theo các độ già thu hái trên tách vỏ tế hạt, tiếp tục tiến hành thí nghiệm làm khô phơi nắng đến khi đạt độ ẩm $\leq 12\%$, sau đó bảo quản kín trong bao bì PE 0,02mm, dán kín,

bảo quản trong nhiệt độ phòng. Chỉ tiêu theo dõi: độ ẩm, tro toàn phần, chỉ tiêu cảm quan, hoạt chất auranthio-obtusidin, tỷ lệ tươi khô, tỷ lệ nảy mầm.

Thí nghiệm 2. Nghiên cứu xác định phương pháp thu hoạch đến chất lượng dược liệu thảo quyết minh

CT4: Thu từng quả, lựa chọn quả chín thu hái trước

CT5: Thu cả cây khi toàn bộ quả trên cây chuyển sang màu vàng và nâu

Bố trí thí nghiệm: Thí nghiệm gồm 2 công thức, được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên; Mỗi công thức thí nghiệm được nhắc lại 3 lần, mỗi lần nhắc lại 1 kg dược liệu

Sau khi thảo quyết minh được thu hoạch theo đúng độ già thu hái trên tách vỏ tế hạt, tiếp tục tiến hành thí nghiệm làm khô đến khi đạt độ ẩm $\leq 12\%$, sau đó bảo quản kín trong bao bì PE 0,02mm, dán kín, bảo quản trong nhiệt độ phòng. Chỉ tiêu theo dõi: độ ẩm, tro toàn phần, chỉ tiêu cảm quan, hoạt chất auranthio-obtusidin, tỷ lệ tươi khô.

- Nghiên cứu kỹ thuật sơ chế và làm khô dược liệu thảo quyết minh

Thí nghiệm 3. Nghiên cứu kỹ thuật sơ chế dược liệu thảo quyết minh

CT6: Ủ đông 2 ngày (nhiệt độ 25-30 °C), phơi âm can (nhiệt độ 28-30 °C)

CT7: Không ủ, phơi âm can (nhiệt độ 28-30 °C)

CT8: Ủ đông 2 ngày (nhiệt độ 25-30 °C), phơi trực tiếp dưới nắng (nhiệt độ 30-32 °C)

CT9: Không ủ, phơi trực tiếp dưới nắng (nhiệt độ 30-32 °C) (đối chứng)

Thí nghiệm gồm 4 công thức, được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên; Mỗi công thức thí nghiệm được nhắc lại 3 lần, mỗi lần nhắc lại 1 kg dược liệu

Sau khi thảo quyết minh được thu hoạch theo đúng độ già thu hái trên, dùng làm

nguyên liệu để tiếp tục tiến hành thí nghiệm sơ chế theo các cách trên và làm khô đến khi đạt độ ẩm $\leq 12\%$, sau đó bảo quản kín trong bao bì PE 0,02mm, dán kín, bảo quản trong nhiệt độ phòng (nhiệt độ 28-30 °C). Chỉ tiêu theo dõi: độ ẩm, tro toàn phần, chỉ tiêu cảm quan, hoạt chất auranlio-obtusin, tỷ lệ tươi khô.

+ Nghiên cứu xác định phương pháp làm khô dược liệu thảo quyết minh

Hạt thảo quyết minh sau khi được thu hoạch đúng độ già, tiến hành ủ 2 ngày và làm sạch tiến hành thí nghiệm làm khô bằng các cách khác nhau.

CT10: Phơi trực tiếp dưới ánh nắng nhiệt độ 30-32°C (đối chứng)

CT11: Sấy bơm nhiệt hãng Machech ở nhiệt độ 40 °C

CT12: Sấy đối lưu máy dùng sấy Menmert ở nhiệt độ 45 °C

Thí nghiệm gồm 3 công thức, được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên; Mỗi công thức thí nghiệm được nhắc lại 3 lần, mỗi lần nhắc lại 5 kg dược liệu. Chỉ tiêu theo dõi: độ ẩm, tro toàn phần, cảm quan, hoạt chất auranlio-obtusin.

+ Sau khi thảo quyết minh thu hoạch tiếp tục tiến hành thí nghiệm sơ chế theo các cách trên và làm khô bằng sấy đối lưu đến khi đạt độ ẩm $\leq 12\%$, sau đó bảo quản kín trong bao bì PE 0,02 mm, dán kín, bảo quản trong nhiệt độ phòng. Chỉ tiêu theo dõi: độ ẩm, cảm quan, hoạt chất auranlio-obtusin, và thời gian theo dõi sau 12 tháng bảo quản ở nhiệt độ thường nhiệt độ 25-30 °C.

2.3. Phương pháp đánh giá chất lượng

* Phương pháp lấy mẫu: Phương pháp lấy mẫu dược liệu theo dược điển Việt Nam V

* Xác định độ ẩm: bằng thiết bị cân hàm ẩm, nhiệt độ sấy 105 °C đến khi độ ẩm không đổi; theo tiêu chuẩn dược điển Việt Nam V độ ẩm dưới 12%,

* Xác định tro toàn phần: theo tiêu chuẩn dược điển Việt Nam V, không quá 7%

* Xác định hoạt chất chính trong thảo quyết minh: auranlio-obtusin: theo phân tích HPLC trong dược điển Hồng Kông đạt hàm lượng hoạt chất auranlio-obtusin không thấp hơn 0,017%,

* Xác định tỷ lệ tươi/khô: được tính tỷ lệ mẫu tươi đưa vào sấy trên lượng mẫu khô đạt độ an toàn.

* Trọng lượng 1000 hạt (g): là khối lượng của 1000 hạt đếm ngẫu nhiên

* Xác định tỷ lệ nảy mầm: được tính bằng phần trăm số hạt nảy mầm/tổng số hạt gieo

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Nghiên cứu xác định thời điểm thu hoạch và phương pháp thu hoạch đến chất lượng dược liệu thảo quyết minh

Việc xác định thời điểm thu hoạch dược liệu (độ già thu hái) đến chất lượng dược liệu thảo quyết minh là rất quan trọng. Nhiệm vụ tiến hành các thí nghiệm CT1: Khi 50% quả chuyển từ màu xanh sang màu vàng và nâu, CT2: Khi 70% quả chuyển từ màu xanh sang màu vàng và nâu, CT3: Khi 100% quả chuyển từ màu xanh sang màu vàng và nâu. Sau khi thảo quyết minh được thu hoạch theo các độ già thu hái trên tách vỏ tế hạt, làm khô đến khi đạt độ ẩm $\leq 12\%$, sau đó dán kín trong bao bì PE 0,02mm trong nhiệt độ phòng và theo dõi các chỉ tiêu chất lượng, kết quả thể hiện ở bảng sau:

Bảng 1: Ảnh hưởng độ già thu hái đến chất lượng dược liệu thảo quyết minh

TT	Chỉ tiêu theo dõi	CT1	CT2	CT3
1	Độ ẩm (%)*	52,9a	32,3b	23,5c
2	Tro toàn phần (%)	6,5a	6,5a	6,6a
3	Trọng lượng 1000 hạt (g)	14,9b	15,1b	16,3a
4	Hoạt chất aurantio-obtusin (%)	0,19b	0,22a	0,22a
5	Tỷ lệ tươi/khô	4,0a	2,5b	1,8b
6	Tỷ lệ nảy mầm	56,5b	78,5a	79,0a

Ghi chú: Trong cùng một hàng, các số có chữ cái giống nhau thì không sai khác nhau có ý nghĩa ở mức $\alpha=0,05$ *Độ ẩm hạt thảo quyết minh sau thu hái

**Độ già thu hái 1****Độ già thu hái 2****Độ già thu hái 3****Độ già thu hái 1****Độ già thu hái 2****Độ già thu hái 3****Hình 1: Độ già thu hái thảo quyết minh**

Kết quả trên bảng 1 và hình 1 cho thấy: Độ già thu hái của Thảo quyết minh khác nhau cho chất lượng hạt khác nhau. Độ già 1 thu hái khi hạt 50% quả chín thì có tỷ lệ tươi khô cao hơn và trọng lượng 1000 hạt thấp hơn, cũng như tỷ lệ nảy mầm thấp hơn so với các công thức khác, tỷ lệ nảy mầm cao nhất ở độ già thu hái 3. Thu hoạch khi thảo quyết minh đạt độ già thu hái 2 và 3 có chất lượng hoạt chất auran- tio-obtusin cao: 0,22% cao hơn tiêu chuẩn trong dược điển Hongkong. Tuy nhiên khi thu hạt thảo quyết minh ở độ già 3 khi toàn bộ quả trên cây chín vàng và nâu sẫm, thì quả chín không đều nhau, nên có thể những quả chín trước dễ bị rụng xuống ruộng, hoặc hạt bị mốc không làm khô kịp thời, nên thích hợp dùng để làm dược liệu thu hái khi độ già thu hái 2 có khoảng 70% quả chín. Kết quả thu được tương tự như công bố trong báo sức khỏe và đời sống, 2021(<https://suckhoedoisong.vn>) cho rằng cách thu hái và chế biến thảo quyết minh: có thời gian tốt nhất để thu hái thảo quyết minh là vào tháng 9 – 11, quả chín đều phù hợp để thu hái, bào chế thành dược liệu.

Kết luận của Bidhan Mahajon về thảo quyết minh cho thấy có tác dụng điều trị của dược liệu lên mắt, da, các rối loạn gan tụy, dạ dày đã được ghi nhận từ nhiều thế kỷ trước và được chứng minh qua các thí nghiệm dược lý. Hiệu quả của hạt và lá có thể là do sự có mặt của các hoạt chất auran- tio-obtusin, glycoside, phenolic gly- coside, sennoside và flavonoid.

** Nghiên cứu xác định phương pháp thu hoạch đến chất lượng dược liệu thảo quyết minh*

Dựa vào kết quả đánh giá độ già thu hái tiến hành lựa chọn nguyên liệu thí nghiệm thảo quyết minh có độ già thu hái 3 và tiến hành các phương pháp thu khác nhau: CT4: Thu từng quả, lựa chọn quả chín vàng và nâu thu hái trước và CT5: Thu cả cây khi toàn bộ quả trên cây chuyển sang màu vàng và nâu. Sau khi thảo quyết minh được thu hoạch theo các độ già thu hái trên tách vỏ tế hạt, tiếp tục tiến hành thí nghiệm làm khô đến khi đạt độ ẩm $\leq 12\%$, sau đó bảo quản kín trong bao bì PE 0,02mm, dán kín trong nhiệt độ phòng và theo dõi: độ ẩm, tro toàn phần, trọng lượng 1000 hạt, hoạt chất auran- tio-obtusin, tỷ lệ tươi khô, kết quả thể hiện ở bảng sau:

Bảng 2: Ảnh hưởng phương pháp thu hoạch đến chất lượng dược liệu thảo quyết minh

TT	Chỉ tiêu theo dõi	CT4	CT5
1	Độ ẩm (%)	11,3	11,5
2	Tro toàn phần (%)	6,5	6,6
3	Trọng lượng 1000 hạt (g)	16,1	16,3
4	Tỷ lệ tươi/khô	1,8	1,8
5	Hoạt chất auran- tio-obtusin (%)	0,22	0,22

Kết quả trên cho thấy: phương pháp thu hoạch thảo quyết minh khác nhau cho chất lượng hạt không khác nhau.

Phương pháp thu từng quả, lựa chọn quả chín thu hái trước và thu cả cây khi toàn bộ quả trên cây chuyển sang vàng và màu nâu có tỷ lệ tươi khô và trọng lượng 1000 hạt, cũng như hoạt chất auranlio-obtusinin giống nhau. Điều này cho thấy phương pháp thu hoạch không ảnh hưởng đến chất lượng dược liệu thảo quyết minh. Tuy nhiên, biện pháp thu từng quả chín trên cây thì tốn nhiều chi phí nhân công thu hoạch nhưng không bị tổn thất dược liệu do thu được kịp thời quả chín, quả không bị nứt chín trên cây. Việc thu hoạch cả cây thảo quyết minh khi toàn bộ quả trên cây chuyển sang vàng và màu nâu thích hợp dùng để làm dược liệu giúp thu nhanh tốn bớt chi phí về nhân công, nhưng lượng hạt bị mất mát do những quả chín trước bị nứt quả gặp thời tiết khô rụng xuống

đất không thu được, quả không chín đồng đều.

3.2. Nghiên cứu kỹ thuật sơ chế và làm khô dược liệu thảo quyết minh

** Nghiên cứu kỹ thuật sơ chế dược liệu thảo quyết minh*

Trong quá trình triển khai thực tế, chúng tôi nhận thấy thảo quyết minh rất khó tẽ hạt ngay sau khi thu hoạch do vậy tiến hành lựa chọn nguyên liệu dược liệu có độ già 2 và thu cả cây khi 70% quả trên cây chuyển sang màu vàng và nâu và thảo quyết minh được sơ chế theo các cách: ủ và không ủ (CT6, CT7, CT8, CT9) sau đó tách vỏ tẽ hạt, làm sạch tạp chất tiếp tục tiến hành thí nghiệm làm khô đến khi đạt độ ẩm $\leq 12\%$, sau đó bảo quản kín trong bao bì PE 0,02mm, dán kín trong nhiệt độ phòng ($25-30^{\circ}\text{C}$) và theo dõi: độ ẩm, tro toàn phần, trọng lượng 1000 hạt, hoạt chất auranlio-obtusinin, kết quả thể hiện tại bảng sau:

Bảng 3: Ảnh hưởng các cách sơ chế khác nhau đến chất lượng dược liệu thảo quyết minh

TT	Chỉ tiêu theo dõi	CT6	CT7	CT8	CT9
1	Độ ẩm (%)	11,5a	11,5a	11,4a	11,3a
2	Tro toàn phần (%)	6,5a	6,6a	6,4a	6,6a
3	Cảm quan	Hạt nâu đậm, bóng	Hạt nâu	Hạt nâu đậm, bóng	Hạt nâu
4	Hoạt chất auranlio-obtusinin (%)	0,18a	0,19a	0,24b	0,21ab

** Ghi chú: Trong cùng một hàng, các số có chữ cái giống nhau thì không sai khác nhau có ý nghĩa ở mức $\alpha=0,05$*

Qua bảng trên thảo quyết minh được sơ chế bằng các cách khác nhau cũng ảnh hưởng đến chất lượng dược liệu thảo quyết minh. Hạt thảo quyết minh sau khi thu hoạch ủ đồng 2 ngày và phơi trực tiếp thì hoạt chất auranlio-obtusinin cao hơn có sai khác nhau có ý nghĩa ở mức $\alpha=0,05$

với hạt thảo quyết minh không ủ đồng. Kết quả cho thấy hạt thảo quyết minh sau thu hoạch có tác dụng giúp khối hạt chín sau thu hoạch đồng đều và đảm bảo chất lượng dược liệu, duy trì hoạt chất auranlio-obtusinin cao hơn được điểm Hongkong. Như vậy kết quả cho thấy việc ủ đồng

được liệu có tác dụng tạo cho quả chín đồng đều, duy trì chất lượng hoạt chất auranlio-obtusin và tạo độ ẩm đồng đều thuận lợi cho làm khô sau này.

Tuy nhiên kết quả nghiên cứu hoàn toàn mới nên chưa có những nghiên cứu ảnh hưởng sau thu hoạch tương tự trên thảo quyết minh được nghiên cứu trước đó. Kết quả nghiên cứu việc ủ dược liệu thảo quyết minh và phơi trực tiếp đã duy trì chất lượng dược liệu và dùng làm nguyên liệu để tiến hành các thí nghiệm tiếp theo, mà kết quả nghiên cứu cho thấy kết quả tương đồng với nghiên cứu của Cù Thị Hằng và cộng sự, 2024 về sơ chế bảo quản dược liệu Huyền sâm: ủ dược liệu huyền sâm ở độ ẩm 45% trong 7 ngày cho hàm lượng hoạt chất cao nhất, làm khô

được liệu bằng phương pháp sấy nhiệt đối lưu ở 50°C đảm bảo chất lượng dược liệu.

*** Nghiên cứu xác định phương pháp làm khô dược liệu thảo quyết minh**

Lựa chọn cách sơ chế tốt nhất sau đó làm sạch tiến hành thí nghiệm bằng các cách sấy khác nhau: phơi nắng nhiệt độ phơi giao động 30-32 °C (CT10) (đối chứng), máy sấy lạnh Mactech nhiệt độ sấy 40 °C (CT11), máy sấy nhiệt Menmert nhiệt độ sấy 45 °C (CT12). Phương pháp làm khô khác nhau tiến hành lựa chọn quả chín thu hái trước và thu cả cây khi toàn bộ quả trên 70% quả chuyển sang vàng và màu nâu tiến hành theo dõi các chỉ tiêu chất lượng giống nhau, tiến hành bao gói bằng bao bì PE dày 0,02mm, dán kín bảo quản nhiệt độ phòng thí nghiệm.

Bảng 4: Ảnh hưởng các cách làm khô khác nhau đến chất lượng dược liệu thảo quyết minh

TT	Chỉ tiêu theo dõi	CT10	CT11	CT12
1	Độ ẩm (%)	11,5a	11,5a	11,4a
2	Tro toàn phần (%)	6,5a	6,6a	6,4a
3	Cảm quan	Hạt nâu đậm, bóng	Hạt nâu, ít hạt nâu đậm	Hạt nâu đậm, bóng
4	Hoạt chất auranlio-obtusin (%)	0,19a	0,20a	0,21a
5	Thời gian làm khô (giờ)	40b	8,5a	8,0a

* Ghi chú: Trong cùng một hàng, các số có chữ cái giống nhau thì không sai khác nhau có ý nghĩa ở mức $\alpha=0,05$

Kết quả trên cho thấy: phương pháp làm khô thảo quyết minh khác nhau cho chất lượng hoạt chất auranlio-obtusin không sai khác nhau có ý nghĩa ở mức $\alpha=0,05$, mặc dù thời gian làm khô khác nhau. Do cấu tạo vỏ hạt thảo quyết minh dày bao bọc nên nên làm khô bằng phơi nắng mất 5 ngày phơi tương đương 40 giờ làm khô nhiệt độ giao động 30-32 oC và có sự sai

khác ý nghĩa với các công thức khác ở mức 0,05, có thời gian chuyển ẩm từ trong ra ngoài hạt, trong khi đó sấy lạnh và sấy nhiệt chỉ cần 8,0-8,5 giờ sấy, không có sự sai khác ở mức ý nghĩa 0,05.

Qua kết quả trên cho thấy: làm khô bằng các cách khác nhau không ảnh hưởng đến chất lượng dược liệu, do thảo quyết minh có lớp vỏ hạt dày, thời gian làm khô

bằng phơi nắng và sấy đều không bị giảm chất lượng dược liệu. Điều này cho thấy phương pháp sấy không ảnh hưởng đến chất lượng dược liệu thảo quyết minh. Tuy nhiên, biện pháp sấy nhiệt và sấy lạnh giúp hạt làm khô nhanh không phụ thuộc và thời tiết.

Hạt thảo quyết minh được thu hoạch đúng độ già thu hái khi 70% quả chín sau đó tiến hành ủ đông 2 ngày tiến hành máy sấy nhiệt Menmert nhiệt độ sấy 45 oC, đến độ ẩm <12% tiến hành theo dõi các chỉ

tiêu chất lượng dược liệu đầu vào giống nhau đạt tiêu chuẩn dược điển Hồng Kông và dược điển Việt Nam V, sau đó tiến hành bao gói bằng bao bì PE dày 0,02mm, dán kín bảo quản nhiệt độ phòng thí nghiệm (25-30 °C) tiến hành đánh giá chất lượng sau 12 tháng bảo quản cho thấy (hình 2): cảm quan hạt có màu đen sẫm, bóng, không có côn trùng trưởng thành gây hại, độ ẩm sau bảo quản đạt 12,0%, hàm lượng hoạt chất aurantio-obtusin (%) đạt 0,18% (đạt tiêu chuẩn dược điển Hồng Kông).



Thảo quyết minh ngay sau khi thu hoạch

Thảo quyết minh sau bảo quản 12 tháng

Hình 2: Thảo quyết minh ngay sau khi thu hoạch và sau bảo quản 12 tháng

4. KẾT LUẬN

Kết quả về một số kỹ thuật sơ chế và bảo quản thảo quyết minh cho thấy: hạt thảo quyết minh thu hái đạt độ già thu hái khi 70% quả chuyển màu vàng đến nâu đen và phương pháp thu hoạch cả cành lá thích hợp để làm dược liệu và thảo quyết minh sau khi thu hoạch dược liệu cần tiến

hành ủ đông 2 ngày và phơi nắng hoặc sấy nhiệt đến độ ẩm <12% thích hợp dùng thảo quyết minh làm dược liệu. Tiến hành bảo quản trong bao bì bảo quản kín trong bao bì PE 0,02mm, dán kín thời gian bảo quản 12 tháng nhiệt độ thường (25-30 °C) đảm bảo chất lượng dược liệu đạt tiêu chuẩn dược điển Hồng Kông và dược điển Việt Nam 5.

Tài liệu tham khảo

- [1].Bộ Y tế, Quyết định số 3657/QĐ-BYT “Về việc ban hành Danh mục 100 dược liệu có giá trị y tế và kinh tế cao để tập trung phát triển giai đoạn 2020 - 2030”
- [2].Cù Thị Hằng, Nguyễn Thu Huyền, Chu Thị Mỹ, Phan Thị Thu, Nguyễn Bá Hưng, Nguyễn Văn Dũng, *Ảnh hưởng của các phương pháp xử lý sau thu hoạch đến chất lượng huyền sâm, số 52, 2024 tạp chí Công nghiệp nông thôn*
- [3]Dược điển Hồng Kông, *Thảo quyết minh*
- [4]Dược điển Việt Nam V, NXB Y học 2017
- [5]Đỗ Huy Bích và cs (2004), *Những cây thuốc và vị thuốc Việt Nam, NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội, tập 2, trang 106 – 110.*
- [6]Đỗ Tất Lợi (2004), *Những cây thuốc và vị thuốc Việt Nam, Nxb Y học, tr. 848 – 850.*
- [7] Viện dược liệu, (2013), *Kỹ thuật trồng cây thuốc, tập 2, NXB Nông nghiệp, Hà Nội.*
- [8] Bushra Sultana, Sadaf Yaqoob, Zohaib Zafar, Haq Nawaz Bhatti, 2018, *Escalation of liver malfunctioning: A step toward Herbal Awareness Journal of Ethnopharmacology Volume 216, 24 April 2018, Pages 104-119*
- [9] Bidhan Mahajon, *Cassia tora Linn. – A Pharmacological Review, International Journal of Current Science Research and Review, <https://doi.org/10.47191/IJCSRR/V5-I5-46>*
- [10]. Tang Yongzhu. 2018. *Planting technology of Cassia seed. Special Economic Plants and Animals. 36*
- [11].Zhang Cheng, LI Yong-jun. LI Yo DING Ning. 2015. *Standard Operating Procedure(SOP) of Standard Cultivation on Cassia obtusifolia L. Chin. Med. J. Res. Prac., 2015 Vol. 29 No.2.doi: 10.13728/j. 1673-6427. 2015. 02. 002*
- [12].<https://suckhoedoisong.vn/thao-quyet-minh-vi-thuoc-de-tim-giup-tri-benh-mat-169170814.htm>
- [13].<https://nhathuoclongchau.com.vn/>



PRINCIPLE AND MAIN PARAMETERS OF A HAND-HELD PINEAPPLE LEAF-TYING MACHINE

Nguyen Duc Long¹

Dau The Nhu¹

Nguyen Van Thuy¹

Nguyen Viet Anh¹

H. Beloev²

Lịch sử bài báo

Ngày nhận bài: 05/01/2026

Ngày phản biện: 16/01/2026

Ngày duyệt đăng: 20/1/2026

ABSTRACT:

Due to the climatic characteristics of northern Vietnam, seasonal boundaries are sometimes unclear. When temperatures shift early from cold to warm conditions, pineapple plants tend to flower and set fruit prematurely, resulting in substandard fruit quality. To address this issue, pineapple growers apply a practice of tying pineapple leaves and crowns to inhibit early flowering, thereby maintaining vegetative growth until the main season, when plants reach the appropriate stage for flower induction. This practice contributes to increased yield, improved fruit quality, and enhanced production scheduling. At present, the tying of pineapple leaves and crowns is performed manually, which is labor-intensive and results in low productivity. To improve operational efficiency, the development of a suitable tying device is necessary. This paper presents the research results, calculations, and design of a handheld pineapple leaf-tying device. The device consists of two main components: a crown gripping unit and a wire-tying unit using

a stapling mechanism. The crown gripping mechanism simultaneously performs two functions—gripping the crown and pulling it into the tying space. The wire-tying unit is driven by a cam–slider mechanism, which enables the generation of a large pressing force required for staple fastening while maintaining low power consumption. The shoot clamping mechanism performs two functions simultaneously: clamping the shoot and pulling it into the tying space. The strapping mechanism is driven by a sliding cam mechanism, aiming for low power consumption while still generating high clamping force for stapling. The stapling process's drive mechanism was simulated to determine the rotation angle of the stapling arm at approximately 45° and the required driving torque of the arm $M_{max} = 1.085 N_m$. The power of the electric motor driving the arm is $N_{dc} = 5 W$.

Keyword: pineapple leaf tying machine; strapping mechanism; shoot clamp mechanism; staple-type tying mechanism.

I. INTRODUCTION

Currently, pineapple is one of Vietnam's key export fruit and vegetable products and is being prioritized for expansion in many regions.

In Vietnam, pineapple is grown throughout the country from North to South and is a fruit tree with a large area after banana (147,799 ha), mango (111,582 ha), durian (71,282 ha) and dragon fruit (65,243 ha) [1]. With an area of about 45,997 ha in

2021, pineapple production reached about 737.3 thousand tons, an increase of 25.3 thousand tons compared to 2020 [2]. In general, the area of pineapple cultivation tends to increase. Compared to 2013 when the pineapple area was about 40,000 ha with a production of about 500,000 tons, the area in 2021 increased by 15% and the production increased by 47%. Thus, pineapple cultivation has not only increased but production has also increased.

¹ Vietnam Institute of Agricultural Engineering and Post-Harvest Technology, No. 60 Trung Kinh str., Yên Hòa, Hanoi;

² University of Ruse, 8 Studentska str., POB 7017, Ruse, Bulgaria



Figure 1. Technique for bundling pineapple plants to induce off-season flowering and fruiting.

Due to the climatic characteristics of Northern Vietnam, when the weather changes from the cold season to the warm season, pineapple plants often bear fruit early, so the fruit quality is not satisfactory. To overcome this, farmers use the method of tying pineapple leaves and shoots to prevent early fruiting, and at the same time can handle off-season [3] (Figure 1). This process is currently done entirely manually, with low productivity and a lot of labor. Therefore, to improve the efficiency of pineapple cultivation, it is necessary to research, design and manufacture an automatic pineapple leaf tying device suitable for production in Vietnam.

This paper presents the research results on an automatic pineapple leaf-tying machine, including the proposed principle and structure, and the determination of the machine's main parameters, as a basis for manufacturing and application in production to improve labor productivity.

II. RESEARCH METHODS

- Using information gathering and expert methods to analyze, compare, and select appropriate binding mechanism principles based on existing research results from both domestic and international sources;

- Using 3D and 2D design software Autodesk Inventor to calculate and design the binding mechanism;

- Using the Dynamic Simulation module for multiple rigid bodies in simulating the dynamics of the stapling and binding process;

- Agricultural machinery testing method.

III. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Analysis and evaluation of pineapple tying machine design selection

a) Pineapple leaf tying process

Currently, tying pineapple leaves is done manually. Due to the wide dispersal of pineapple leaves, before tying, workers use their hands to gather and hold the leaves together, then use string to tie the leaves and the tip. Depending on different stages, the diameter of the tied pineapple tip can vary from 50-80 mm.

Therefore, to mechanize the tying process, the following steps need to be taken:

- Gather and clamp the pineapple leaves and shoots together to form a compact bundle of suitable diameter, depending on the plant's growth.

- Feed the string and create the knot.

These steps can be performed separately or simultaneously.

Therefore, the pineapple leaf tying device must have two main parts:

- The part that gathers and clamps the pineapple leaves into a compact bundle (referred to as the clamping part);
- The part that feeds the string and creates the knot (referred to as the tying part).

Based on the above analysis, the overall principle of the machine is proposed as shown in Figure 2. This is a highly automated system, and one that does not yet exist in practice. Further research into the principles and operating parameters is needed before design and manufacturing.

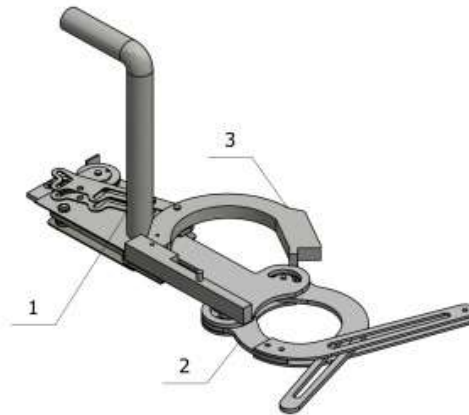


Figure 2. Overall construction of the pineapple leaf tying machine.

1. Support bracket, handle; 2. Clamping mechanism; 3. Tying mechanism

To select a suitable tying mechanism for the handheld tying machine, we will evaluate the advantages and disadvantages of several common tying mechanisms currently on the market.

b) Pineapple leaf tying mechanism.

* Heat sealing tying device:

Vegetable bundling machine;



Figure 3. Heat-sealed vegetable bundling machine

Features:

- Uses ribbon-type plastic cord;
- Connections are made using heat sealing;

- The cord guide frame is a fixed closed loop. Not suitable for bundling pandan leaves.

- The machine is heavy (30 kg) and not suitable for handheld use.

* The cord tying device creates knots.



Figure 4. Knot-tying machine for vegetables

Features:

- The tying device uses a complex knot-tying mechanism [4,5];

- Operates statically;

- Large weight, unsuitable for hand tools.

* Twisting knot making device [7,8].

The knot is created by twisting steel wire or plastic-coated steel wire. For tying tree trunks, plastic-coated twisted steel wire is commonly used. The advantage

of this principle is its simple mechanism. The disadvantage is that the wire has a small cross-section, and when tightened around the pineapple leaf, it can easily damage the pineapple leaf.

* Stapler-type tying device [6]

A hand-held plant tying device (Tape tool) is a gardening tool used to staple tape onto branches, used to staple strings onto tomatoes, grapes, potatoes, etc., used in combination with staples and rolls of plastic ribbon.



Figure 5. Handheld Tapetool

This is a lightweight tool, weighing only about 250g, suitable for application in the design of handheld or shoulder-mounted machines. This project will use this principle for the design of a pineapple leaf tying machine.

c) Pineapple Leaf Clamping Mechanism.

This is a completely new approach in principle and involves two stages:

- Gathering and clamping the pineapple leaves into a bundle;
- Moving the clamped bundle relative to the tying mechanism into the tying space to perform the tying.

The above steps can be performed by two separate mechanisms and motors. However, from the perspective of the requirements for a lightweight, compact handheld machine, a lightweight mechanism and a motor are needed to perform both steps.

The sliding clamp mechanism is designed as shown in Figure 6.

This mechanism performs the following operations in sequence:

- Clamping the pineapple leaves in a circular space similar to a hand-operated clamp;
- Pulling the clamp into the binding space;
- Performing the above two steps in reverse to release the plant after binding.

Figure 6 shows the pineapple top clamping and pulling mechanism, which includes a clamping arm 1, attached to a rod 2 via a revolute joint; a driving 3; and a support 4. The clamping arm 1 and the clamping arm are connected to the support by a prismatic joint via rollers 7. This mechanism performs two consecutive tasks: clamping the pineapple top and then pulling it into the binding space by 1 motor through a mechanism with locking pins.

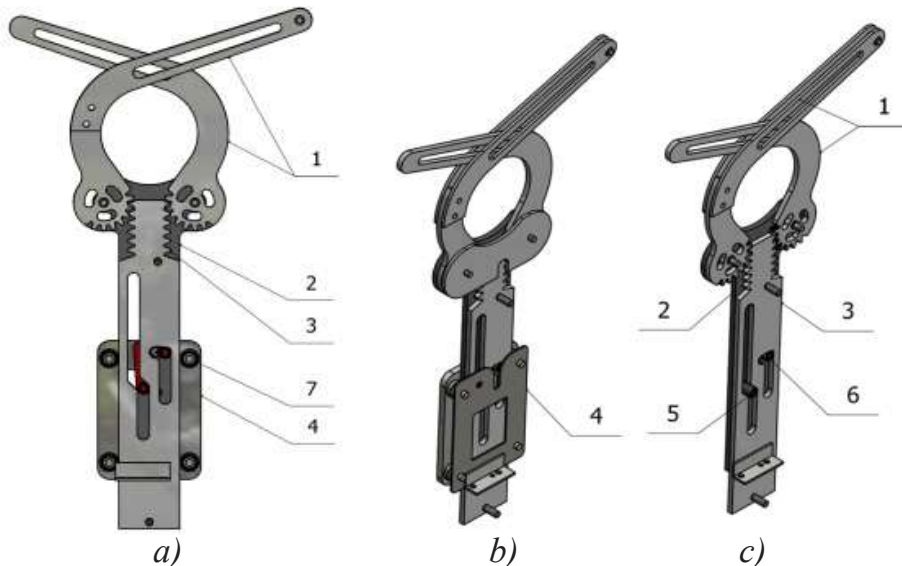


Figure 6. Design of the clamping assembly.

1. Clamp; 2. Clamp attachment bar; 3. Drive rack; 4. Support bracket;
5. Connecting pin between the clamp attachment bar and the support bracket;
6. Connecting pin between the clamp attachment bar and the drive rack.

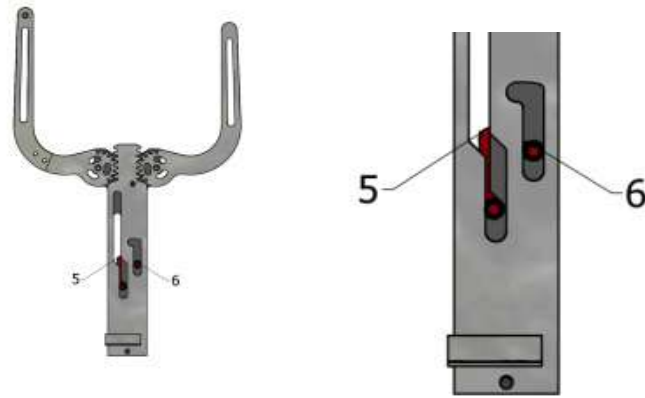


Figure 7. Position of the locking pin for the clamping arm and support.

Initially, the clamping arm is held stationary with support 4 via locking pin 5. One end of pin 5 (figure 7) is connected to the support, while the other end is in the locking slot 4 of the clamping arm. When the rack 3 moves downwards, the rack-

gear linkage rotates the clamping arm, gathering and squeezing the pineapple top. This process ends when the locking pin 5 contacts the inclined groove 2 of the rack.

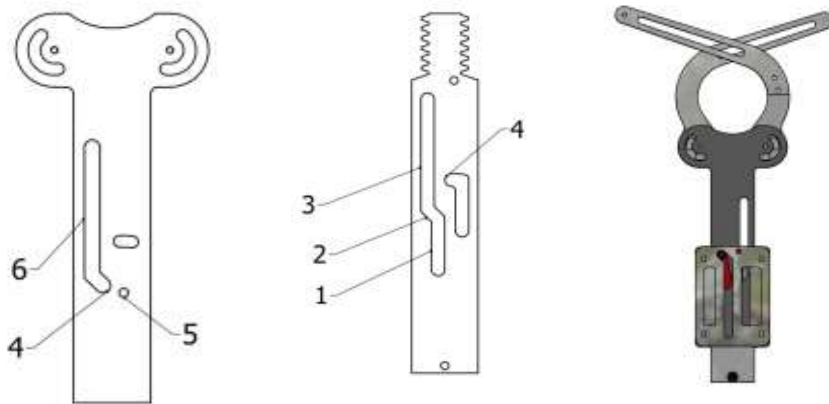


Figure 8. Sliding groove of the locking pin on the clamping bar, rack, and pin release plate.

a) Clamping bar; b) Rack; c) Pin release plate.

At this point, the inclined groove 2 of the rack and the inclined groove of the clamping bar will move together through pin 5. Simultaneously, the inclined groove of the pin release plate will push pin 6 into the locking slot 4 of the rack (Figure 8), creating a connection between the rack and the clamping bar. At this point, these two bars will move together without the need for the inclined groove base and will bring the binding mechanism into the clamped

area to tie the rope. The process of releasing the tree is similar in the reverse direction of the two processes above.

3.2. Calculation main parameters of a hand-held pineapple leaf-tying machine

a) The travel and traction of the rack of the clamping mechanism

The travel l of the rack includes the travel to rotate the clamp l_1 and the travel to pull the pineapple tip clamp l_2 into the tying position.

The travel l will rotate the clamp as designed at 700 with the gear pitch radius $r_e=22,5$ mm calculated using the formula:

$$l = \frac{70}{180} \cdot \pi \cdot r_e = \frac{70}{180} \times 3,14 \times 22,5 = 27,5 \text{ mm} \quad (1)$$

The 12 travel distance will need to be larger than the diameter of the pineapple bundle, which is designed to be 80 mm

Thus, the stroke length $l > 27.5 + 80 = 117,5$ mm. We choose $l = 125$ mm.

The required pulling force of the rack to grip the pineapple leaf is calculated using the formula:

$$F_T = \frac{2 \cdot F_k \cdot h}{r_e} \quad (2)$$

Where F_k is the clamping force on the pineapple leaf, $F_k = 15$ N; h – the distance from the center of the pineapple top to the line connecting the centers of rotation of the two clamps. According to the design, $h = 60$ mm. Thus

$$F_T = \frac{2 \cdot F_k \cdot h}{r_e} = \frac{2 \times 15 \times 60}{22,5} = 80 \text{ N} \quad (3)$$

The power of the motor pulling the rack during a stroke of $T=1$ s is

$$N_T = \frac{F_T \cdot l}{T} = \frac{80 \times 0,125}{1} = 10 \text{ W} \quad (4)$$

We choose $N_T = 15$ W for the motor driving the rack.

b) Calculation the driving torque of crank handle of Stapler strapping mechanism.

As mentioned above, the stapler strapping mechanism is very common on the market; however, when designing the machine, some parts need to be modified to suit the machine's control. In commercially available devices, the wire feeding and stapling mechanism is manually controlled. The knot formation is done in two stages: Stage 1: the stapling bar 5 is pushed towards the stapling unit; Stage 2: the staple is pressed to create the knot. In stage 1, the torque acting on the crank 2 only needs to overcome the spring force; in stage 2, it is necessary to overcome the stapling resistance force.

A necessary requirement is to generate a sufficiently large stapling force to create the knot. Measurements have determined the stapling force to be approximately 100 N at the final stroke of 8 mm. In order to select a suitable structure with low motor power for a shoulder-mounted device, this section will design a mechanism that generates high clamping force despite low power consumption.

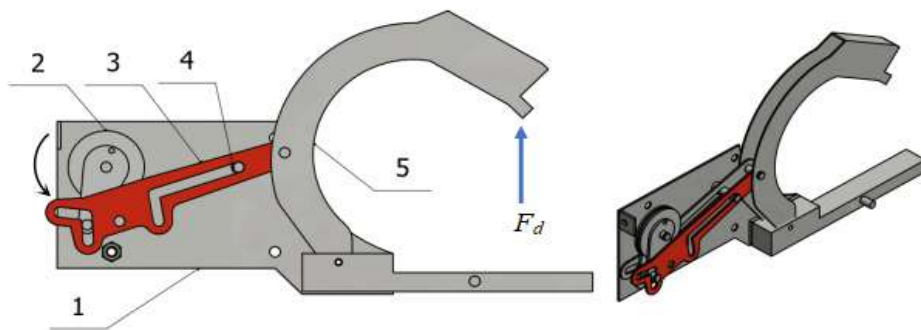


Figure 9. Stapler strapping mechanism.

1. Base; 2. Crank handle; 3. Connecting rod; 4. Fixing pin; 5. Stapler arm.

The stapler strapping mechanism is shown in Figure 7. The stapler arm 5 is controlled by the movement of the crank handle 2, via the connecting rod 3. The simplest way to control the clamping force is by changing the speed of the crank handle using a sliding cam mechanism. In stage 1, the fixing pin 4 slides along the longitudinal groove, while the crank handle's pivot pin 2 slides along the transverse groove. With a suitable angle of inclination of the transverse groove, the speed of the stapler arm can be adjusted to be faster or slower. In stage 2, the fixing pin 4 slides in the transverse groove, and the crank handle's pin slides in the longitudinal groove.

Using Autodesk Inventor's Dynamic Simulation program, the rotation angle of the stapler arm 5 and the required actuating torque of the crank arm 2 were simulated.

The simulation process was divided into two stages.

- Stage 1: The external force acting on the stapler arm 5 is a spring force with a stiffness of 1 N/mm; Stapling force $F_d = 0$;

- Stage 2: The external force acting on the stapler arm 5 is a spring force with a stiffness of 1 N/mm; Stapling force $F_d = 100$ N;

The simulation was performed with friction at the rotating joints with a friction coefficient $f = 0.3$.

The simulation results determining the actuating torque of the crank arm 2 and the rotation angle of the stapler arm are shown in Figure 10. The simulation results show that stage 1 ends when the rotation angle of the crank arm 2 φ_1 is approximately 970, and stage 2 ends when $\varphi_1 = 1450$. The driving torque in stage 1 is quite small because it only has to overcome the spring resistance. Meanwhile, the driving torque of crank 2 is much larger in stage 2 when the resistance force $F_d = 100$ N. The maximum resistance torque in this stage is 1085 Nmm.

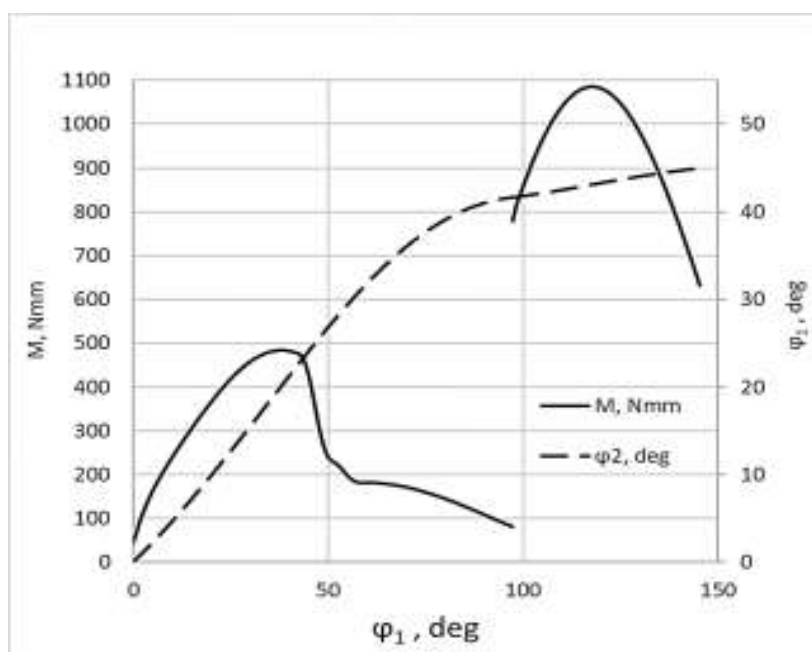


Figure 10. Kinematic simulation results of the staple binding mechanism.

Regarding the rotation angle of the stapler arm, in stage 1, the rotation angle of the stapler arm 5 increases rapidly (high rotation speed) and reaches a value of $\varphi_2 = 420$ at the end of the phase. Meanwhile, the rotation speed in stage 2 is much lower, and the maximum rotation angle of the stapler arm at the end of phase 2 is $\varphi_2 = 450$. This is advantageous for increasing the staple pressing force without requiring an excessively large driving torque of the crank arm 2. The maximum driving torque of the crank arm is $M_{\max} = 1.085 \text{ Nm}$.

IV. CONCLUSION

1. Based on the analysis of the pineapple vine tying process used by farmers, a tying machine structure consisting of two parts has been selected: a vine gathering and clamping unit and a knot-forming unit;

2. A vine gathering and clamping mechanism has been synthesized and designed to perform two functions simultaneously: clamping the vine and pulling it into the tying space with the travel and traction of the rack of the clamping mechanism respectively $l=125 \text{ mm}$; $F_T = 80 \text{ N}$ and motor power 15 W .

REFERENCES

- [1]. <https://dangcongsan.vn/kinh-te/co-hoi-dang-rong-mo-de-dua-trai-cay-viet-nam-ra-thi-truong-the-gioi-593502.html>
- [2]. <https://www.gso.gov.vn/du-lieu-va-so-lieu-thong-ke/2022/01/thanh-tuu-cua-nganh-trong-trot-mot-nam-nhin-lai/>
- [3]. [https://bacyen.sonla.gov.vn/chuyen-muc-khuyen-nong/huong-dan-](https://bacyen.sonla.gov.vn/chuyen-muc-khuyen-nong/huong-dan-quy-trinh-ky-thuat-trong-cham-soc-va-san-xuat-cay-dua-queen-tren-dia-ban-tinh-son-la-602693)

To ensure the productivity of the equipment, the estimated time for creating the staple binding is 1 second, equivalent to the angular velocity of the crank arm 2.

$$\omega = \frac{145 \times \pi}{180} = 2,53 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 24 \text{ min}^{-1} \quad (5)$$

With that amount of time, the power of the motor creating the knot will be

$$N_{dc} = \frac{M \cdot \omega}{\eta} = \frac{1,085 \times 2,53}{0,7} = 3,92 \text{ W} \quad (6)$$

In which $\eta=0,7$ is the efficiency of the geared motor.

We choose a geared electric motor with a power of $N_{dc} = 5 \text{ W}$.

3. A staple-type tying mechanism has been selected for the pineapple vine tying unit, and based on that, a sliding cam drive has been designed with the aim of low power while still generating a large clamping force for stapling.

4. Based on Autodesk Inventor's Dynamic Simulation software, the stapling process's drive mechanism was simulated, determining the stapling arm's rotation angle to be approximately 45° and the required driving torque for the arm $M_{\max} = 1.085 \text{ Nm}$. The power of the electric motor driving the arm $N_{dc} = 5 \text{ W}$.

quy-trinh-ky-thuat-trong-cham-soc-va-san-xuat-cay-dua-queen-tren-dia-ban-tinh-son-la-602693

- [4]. Long He, Jianfeng Zhou, Qin Zhang, Henry J. Charvet. *A string twin-ing robot for high trellis hop production*. Computers and Electronics in Agriculture 121 (2016) 207–214.

- [5]. Yanmei Meng, Hao Chen, Yuan Liang, Johnny Qin, Qinchuan Zhao,

Jin We. *Research on innovative design of a new rope knitter*. Advances in Mechanical Engineering 2019. <https://doi.org/10.1177/1687814019878320>.

[6]. Susumu Hayashi, Satoshi Taguchi, Hajime Takemura. Patent No: US 10,448,581 B2. Binding machine for gardening. Oct. 22, 2019.

[7]. Gerald G. Dilley. *Twist tying machine*. United States Patent No. 4,655,264.

[8]. Richard D. Stolk. Vladimir O. Bekker, Olivette. *Process of making non-metallic polymeric twist ties*. United States Patent No. 5,238,631.



KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU MÁY TRỒNG DỨA 4 HÀNG KẾT HỢP PHỦ NI LÔNG Ở VIỆT NAM

Đặng Văn Đông¹
Nguyễn Đức Long¹
Đậu Thế Nhu¹
Nguyễn Việt Anh¹
Nguyễn Đức Vinh₁

Lịch sử bài báo

Ngày nhận bài: 08/01/2026
 Ngày phản biện: 21/01/2026
 Ngày duyệt đăng: 24/01/2026

TÓM TẮT

Trồng dứa là khâu nặng nhọc và tốn nhiều công lao động. Ở Việt Nam dứa được trồng hoàn toàn thủ công. Hiện vẫn chưa có một mẫu máy nào trong nước đáp ứng được yêu cầu của sản xuất. Kết quả thực nghiệm đánh giá các chỉ tiêu kỹ thuật của máy.

Bài báo này giới thiệu mẫu máy trồng dứa MTD-01 ứng dụng trong cơ giới hoá canh tác dứa trên các vùng sản xuất lớn, chuyên canh (tập trung) tại Việt Nam.

Mẫu máy trồng MTD-01 có các chỉ tiêu kỹ thuật sau:

+ Kích thước máy (DxRxH): 1800 x 2000 x 1100 mm;
 + Năng suất: 0,12 ha/giờ;
 + Số hàng trồng: 04 hàng;
 + Khoảng cách cây: 300 ÷ 310 mm;
 + Độ sâu trồng: từ 60 ÷ 80 mm;
 + Bề rộng cuộn ni lông: 1.800 mm;
 + Tỷ lệ chồi sau trồng đạt: 98%;
 + Nguồn động lực (truyền động máy kéo 4 bánh): 60HP.

Từ khoá: Cơ giới hoá cây dứa; Canh tác dứa phủ ni lông; Máy trồng dứa.

RESEARCH RESULTS ON 4-ROW PINEAPPLE PLANTERS COMBINED WITH PLASTIC COVERING IN VIETNAM

ABSTRACT:

Pineapple cultivation is a labor-intensive and labor-intensive process. In Vietnam, pineapples are grown entirely manually. Currently, no domestic machine meets the production requirements. This paper presents the experimental results of the MTD-01 pineapple planting machine, applied in the mechanization of pineapple cultivation in large-scale, specialized (concentrated) production areas in Vietnam.

The MTD-01 planting machine has the following technical specifications:

+ Machine dimensions (LxWxH): 1800 x 2000

x 1100 mm;
 + Productivity: 0,12 ha/hour;
 + Number of planting rows: 4 rows;
 + Plant spacing: 300 ÷ 310 mm;
 + Planting depth: 60 ÷ 80 mm;
 + Plastic roll width: 1.800 mm;
 + Shoot survival rate after planting: 98%;
 + Power source (4-wheel tractor drive): 60HP.

Keywords: Pineapple mechanization; Pineapple planting machine; Pineapple cultivation with plastic mulch.

¹Viện Cơ Điện Nông nghiệp và Công nghệ Sau thu hoạch, số 60 Trung Kính, Yên Hòa, Hà Nội.

I ĐẶT VẤN ĐỀ

Dứa là một trong những sản phẩm rau quả xuất khẩu chủ lực của Việt Nam. Hiện nay, trồng dứa mang lại lợi nhuận cao. Trừ chi phí sản xuất, mỗi ha có thể cho thu nhập từ 200 - 240 triệu đồng, so với cây trồng khác, lợi nhuận từ cây dứa cao gấp 5 lần, vì thế canh tác dứa được ưu tiên mở rộng diện tích ở nhiều vùng miền [1,2].

Hiện nay, canh tác dứa mới cơ giới hoá chủ yếu ở khâu làm đất, bón phân (tự động), tưới. Khâu trồng dứa được tiến hành 100% bằng lao động thủ công với các phương tiện thô sơ nên năng suất lao động thấp, chi phí tăng cao. Để trồng cho 1 ha cần khoảng 25-30 công lao động. Đây là một khâu rất tốn sức lao động cần thiết phải được cơ giới hóa.

Trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu về máy trồng dứa bằng thực nghiệm cũng như lý thuyết.

Guo J. và các cộng sự [7] Sử dụng CAD và Phân tích phần tử hữu hạn (FEA) để đảm bảo tính toàn vẹn cấu trúc của khung và tay trồng dưới điều kiện ứng suất cao.

Jing Fu-lin và các cộng sự [5] đã khảo nghiệm máy trồng dứa 2 hàng cho kết quả: Năng suất 0,06 ha/h; tỷ lệ trồng đạt tiêu chuẩn 96% với tốc độ 62–67 cây/phút; Giảm tổng chi phí vận hành khoảng 50% so với phương pháp thủ công.

Li Mutong và các cộng sự [6] đã nghiên cứu nền tảng cho hệ thống máy trồng dạng đĩa quay kết quả cho thấy: ở tốc độ vận hành 0,66 km/h, tỷ lệ trồng đạt tiêu chuẩn đạt 90,2%, tỷ lệ trồng hỏng và đổ ngã lần lượt là 5,1% và 4,7%, và hệ số biến thiên về khoảng cách trồng là 4,6%.

Tuy nhiên, các nghiên cứu trên thế giới chủ yếu tập trung vào máy trồng 2 hàng, trong khi đó ở Việt Nam hiện chủ yếu dứa được trồng trên luống 4 hàng. Việc nghiên cứu, thiết kế, chế tạo ứng dụng máy trồng dứa 4 hàng là rất cần thiết ở nước ta.

Trong bài báo “Nghiên cứu lựa chọn và tính toán cơ cấu trồng dứa trên đất phủ nilông”, tạp chí Công nghiệp Nông thôn Số 51/2023 [4] các tác giả đã phân tích, so sánh giữa cơ cấu trồng 5 khâu và trồng đĩa qua đó lựa chọn cơ cấu trồng dạng 5 khâu. Trên cơ sở mô phỏng và tính toán đã xác định các thông số hình học chính của bộ phận trồng dứa 5 khâu:

- Bán kính tay quay dưới $R1 = 47 \text{ mm}$; bán kính tay quay trên $R2 = 110 \text{ mm}$.

- Mô men lớn nhất của trục chủ động là $Mq = 35 \text{ Nm}$ với lực cản cực đại của mũi đục $Fd = 1000 \text{ N}$ ở chiều sâu trồng $h = 70 \text{ mm}$.

Bài báo này, giới thiệu mẫu máy trồng dứa 4 hàng MTD-01 cấu tạo gồm nhiều bộ phận như: khung treo, hộp số chuyển hướng 900, bộ phận cấp chồi, bộ phận trồng 5 khâu, bộ phận rải nilông, cụm bánh xe nén đất, cụm bánh tựa đồng, cụm đĩa lấp đất; cụm bánh dẫn hướng được liên hợp với máy kéo 4 bánh. Thực nghiệm trên đồng đánh giá các chỉ tiêu kỹ thuật của máy để từ đó ứng dụng vào cơ giới hoá canh tác dứa tại các vùng trọng điểm của Việt Nam.

II. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu thực nghiệm

- Sử dụng chồi nách của giống nhóm dứa Queen có chiều cao từ $250 \div 300 \text{ mm}$, khối lượng từ $200 \div 300 \text{ gam}$ (hình 1) [3].



Hình 1. Chồi dừa giống

- Địa điểm thực nghiệm/khảo nghiệm: Công ty Cổ phần thực phẩm xuất khẩu Đồng Giao.

- Thời gian thực hiện: Tháng 12/2025.

2.2. Nghiên cứu thực nghiệm:

Các chỉ tiêu kỹ thuật của máy trồng được đánh giá thực nghiệm bằng cách lấy 8 hàng, mỗi hàng 10 cây ngẫu nhiên

liên tục để thu thập số liệu chồi dừa sau khi trồng đạt các yêu cầu nông học: độ sâu trồng, khoảng cách chồi, độ nghiêng chồi, tỷ lệ chồi sau trồng đạt, không đạt và năng suất trồng. Sử dụng phương pháp đo đạc (bằng thước mét), phương pháp thống kê xử lý số liệu thực nghiệm để tính toán kết quả.

2.3. Dụng cụ thực nghiệm:

Dụng cụ	Thông số	Mục đích sử dụng
	Thước mét + Model: BM - 300; + Thang đo: 5 mét; + Bước nhảy vạch: 1 mm; + Cấp chính xác: Class II	Đo đạc khoảng cách trồng, độ sâu trồng, đường kính, chiều dài chồi giống
	Cân bàn cơ + Model: CĐH - 100; + Phạm vi đo: 2 kg - 100 kg; + Sai số: 100 g;	Xác định khối lượng cát tư, vật liệu
	+Đồng hồ bấm giây + Model: PC894; + Thời gian đo: 24 giờ;	Theo dõi thời gian máy làm việc xác định năng suất trồng, tính vận tốc máy
	Thước đo góc điện tử + Model: Insize 2176 - 200; + Độ phân giải: 0 - 3600; + Cấp chính xác 0.3 độ	Đo góc nghiêng chồi sau trồng, góc lệch cam,...

2.4. Các chỉ tiêu đánh giá:

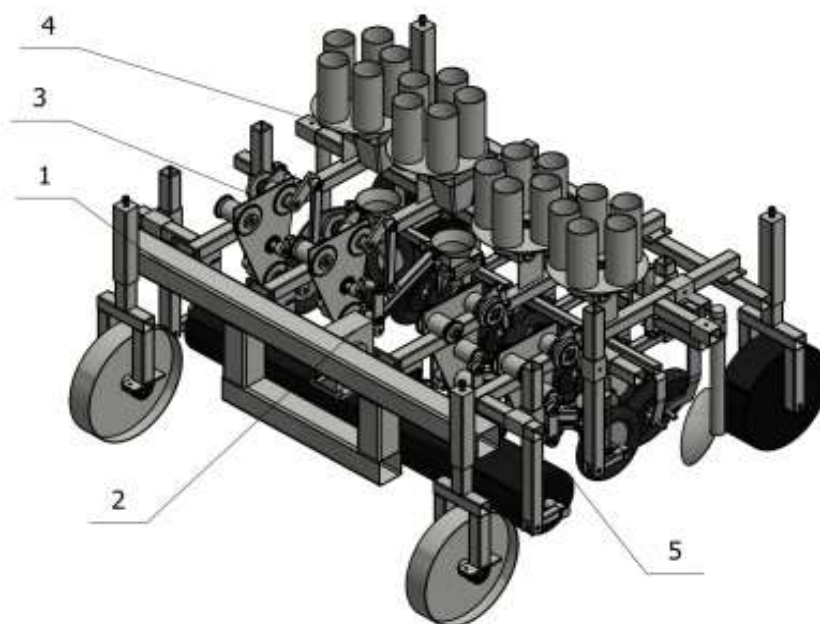
- Chế độ vận hành của máy;
- Khoảng cánh chồi;
- Độ sâu trồng;
- Tỷ lệ chồi khi trồng % số cây trồng đúng yêu cầu nông học;

- Năng suất trồng.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của mẫu máy trồng MTD-01

Máy trồng MTD-01 có cấu tạo được thể hiện trên (hình 2)



Hình 2. Máy trồng dừa MTD - 01

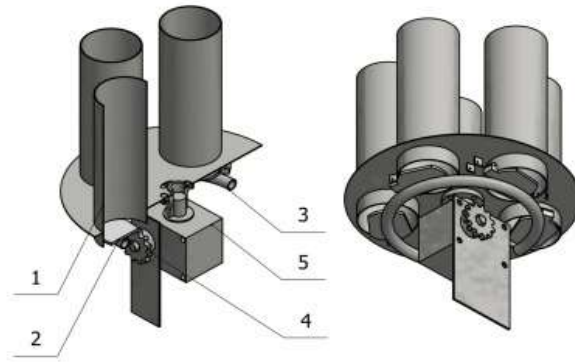
1. Khung treo; 2. Hộp số chuyển hướng 900; 3. Bộ phận trồng 5 khâu;
4. Bộ phận cấp chồi; 5. Bộ phận rải ni lông.

Quá trình làm việc của máy như sau:

Máy trồng nhận chuyển động chính từ trục thu công suất của máy kéo qua hộp số truyền động chuyển hướng 900 tới các bộ phận công tác nhờ truyền động xích, bánh răng theo các tỷ số truyền đã tính toán đồng bộ.

Chồi dừa được cấp thủ công vào bộ phận cấp chồi 4 có dạng băng đạn, được

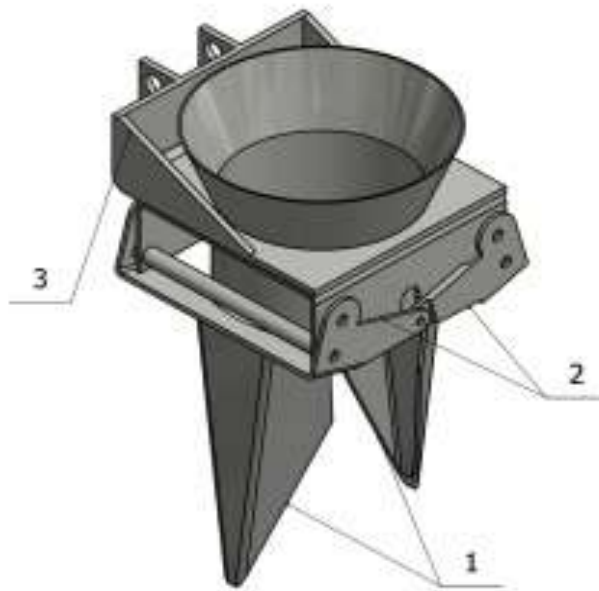
thể hiện trên (hình 3), bao gồm đĩa 1 có các ống chứa chồi. Dưới đáy các ống được lắp các tấm đáy liên kết với thân ống dạng bản lề. Truyền động của đĩa vận chuyển chồi được thực hiện qua không xích truyền động 4 và hộp số bánh răng trục vít 5. Khi bộ phận này quay tới vị trí cần thiết (phía trên mũi đục) đáy sẽ được mở ra và chồi rơi vào mũi đục dạng mở vệt được lắp trên cơ cấu trồng 5 khâu.



Hình 3. Kết cấu của bộ phận vận cấp chồi.

1. Cụm ống chứa chồi; 2. Tấm đáy ống; 3. Khung đỡ đáy;
4. Nhông xích truyền động;

Việc trồng chồi dừa được thực hiện nhờ mũi đục có kết cấu dạng mỏ vịt.

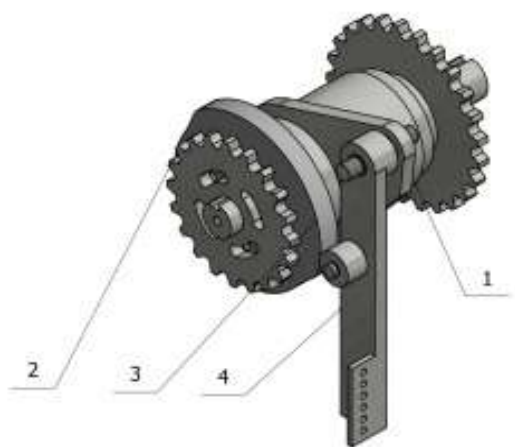


Hình 4. Cơ cấu mũi đục dạng mỏ vịt.

1. Mỏ vịt; 2. Cơ cấu điều khiển mở/vật; 3. Giá đỡ, phễu chứa.

Mũi đục có cấu tạo bao gồm giá đỡ, phễu chứa và 2 mỏ vịt có tác dụng vừa để chứa chồi và trồng chồi. Khi mũi đục đi xuống mỏ vịt 1 ở trạng thái đóng và khi tới mặt đồng sẽ đục lỗ trồng qua ni lông phủ. Ở vị trí sâu nhất của mũi đục, mỏ vịt 1 sẽ mở ra và khi mũi đục rút lên sẽ thả chồi ở lại lỗ trồng.

Truyền động của 2 mỏ vịt là đối xứng nhau và được thực hiện nhờ cơ cấu điều khiển 2, được thể hiện trên (hình 4). Truyền động cho cơ cấu này là hệ thống kéo cáp được lấy từ chuyển động của cơ cấu cam (hình 5).



Hình 5 Cơ cấu cam đóng mở mỏ vịt

1. Ổ đỡ; 2. Đĩa xích truyền động cam; 3. Cam; 4. Cần cam

Pha chuyển động	Vị trí cam (độ)	Góc quay tay cần (độ)
Sine biến đổi	0 - 25	0-6
Khoảng dừng	25 - 165	6-6
Sine biến đổi	165 - 190	6-0
Khoảng dừng	190 - 360	0-0

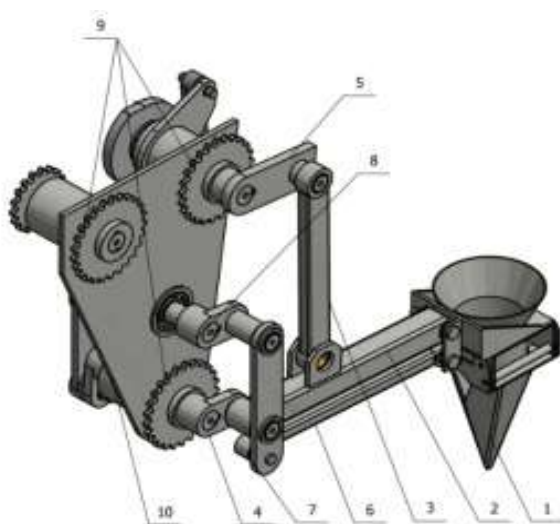
Cam được thiết kế bằng phần mềm Mechanical AutoCad 2018. Các thông số thiết kế được thể hiện ở (hình 5).

Góc lệch pha giữa chuyển động chính (đĩa xích 3) và cam 2 có thể điều chỉnh nhờ rãnh trượt trên đĩa xích truyền động. Nhờ góc lệch pha này ta có thể thay đổi vị trí mở và đóng mỏ vịt hợp lý.

Bộ phận trống là bộ phận quan trọng nhất trong máy trống. Nguyên lý bộ phận trống được lựa chọn dạng mũi đục được truyền động bằng cơ cấu 5 khâu (hình 6), bao gồm các bộ phận chính là mỏ vịt 1, có tác dụng hứng chồi và cắm chồi xuống mặt đồng. Chuyển động của mũi đục được thực hiện bởi các bánh răng xích 9 có cùng tốc độ thông qua tay quay 4 và 5. Với bán

kinh khác nhau của tay quay 4 và 5 thông qua tay biên 3, tay trống 2 vừa thực hiện chuyển động quay xung quanh tâm tay quay 5 vừa thay đổi góc nghiêng.

Ngoài ra đã bổ sung thêm cơ cấu hình bình hành để giữ cho mũi đục luôn luôn vuông góc với mặt đất để tạo điều kiện cho việc hứng chồi và cắm chồi ở tư thế đứng. Cơ cấu hình bình hành được tạo ra khi bổ sung thêm tay quay 8 cùng đường kính và chuyển động song song với tay quay 5. Lúc đó thanh 7 sẽ chuyển động song phẳng. Với chiều dài thanh 6 và thanh 2 bằng nhau, khâu 1, 2, 6, 7 sẽ tạo ra một hình bình hành thứ 2, nhờ đó mỏ vịt 1 cũng sẽ chuyển động song phẳng như thanh 7.

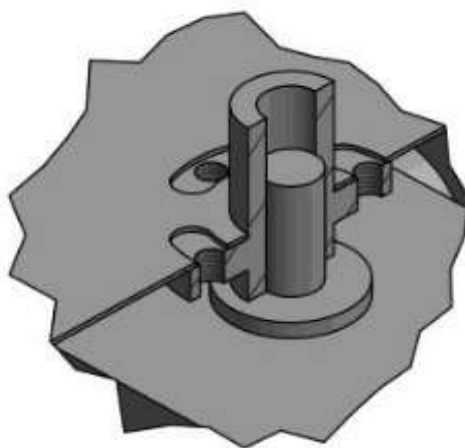


Hình 6. Kết cấu của bộ phận trồng

1. Mũi đục 1; 2. Tay trồng ; 3. Tay biên cơ cấu trồng; 4. Tay quay trên ;
5. Tay quay dưới; 6. Thanh nối; 7. Thanh giữ hướng; 8. Tay quay giữ hướng;
9 Bánh răng; 10. Thân cơ cấu trồng.

Để đảm bảo sự đồng bộ giữa bộ phận cấp chồi và bộ phận trồng, cần phải điều chỉnh được pha thả chồi với bộ phận trồng. Điều này được thực hiện nhờ rãnh ô van

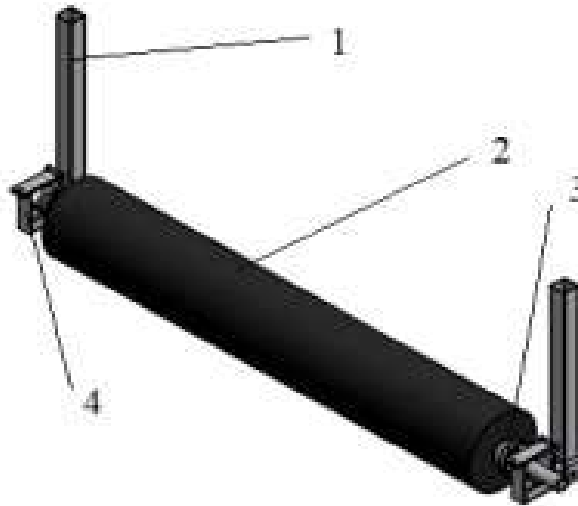
trên đĩa được bắt với mặt bích của đầu ra hộp số (hình 7).



Hình 7. Điều chỉnh thời điểm thả chồi của bộ phận cấp chồi

Vận tốc quay của bộ phận chuyển chồi phải đồng bộ với bộ phận trồng. Với số lượng 5 ống trên đĩa chuyển chồi, với mỗi chu kỳ trồng ống chuyển chồi sẽ phải di chuyển 1/5 vòng.

Bộ phận rải ni lông là ống hình trụ có đường kính 67 mm lắp quay trơn nhờ gối bi hàn trên khung treo. Điều chỉnh khoảng cách với mặt đồng bởi khớp bản lề được cố định bằng dây xích.



1. Thanh treo
2. Cuộn ni lông
3. Trục lắp
4. Khớp bản lề

Hình 8 . Bộ phận rải ni lông

Khi tiến hành phủ ni lông trên mặt ruộng, ni lông được rải kín, cố định đầu luông nhờ 2 bánh dẫn hướng (hoặc phủ lớp đất trên mặt. máy kéo di chuyển ni lông được kéo căng, trục lắp quay thực hiện việc rải ni lông 2 mép nhờ đĩa vun đất lắp cố định lớp ni lông phủ đã rải xuống mặt ruộng.

3.2. Tính toán một số thông số chính của máy trồng

a) Các thông số hình học của cơ cấu trồng

Theo [4] các thông số hợp lý cho cơ cấu trồng 5 khâu như sau:

- Bán kính tay quay dưới $R1 = 47 \text{ mm}$;
- Bán kính tay quay trên $R2 = 110 \text{ mm}$.
- Chiều dài tay biên $Lb = 300 \text{ mm}$;

b) Tỷ số truyền của bộ phận trồng cây

Với mỗi loại máy kéo khác nhau thì tỷ số truyền từ trục thu công suất của máy kéo đến mũi đục cần tính toán phù hợp để khoảng cách trồng $L = 300 \text{ mm}$.

Tỷ số truyền tính theo công thức:

$$i_z = \frac{n_{pto} \cdot L}{60 \cdot v_d} = \frac{540 \cdot 0.3}{60 \cdot v_d} = \frac{2.7}{v_d}$$

Để đảm bảo vận tốc theo phương ngang của mũi đục ở điểm dưới cùng bằng không so với mặt đất khi đó bằng vận tốc tiến của máy kéo hay $v_d = v_m$

Thực nghiệm đo đặc thực tế với máy kéo FND.350 - 60 HP lựa chọn chế độ làm việc tăng nhanh để mức 1; trục thu công suất để số 3 vận tốc tiến của máy thay vào công thức trên ta được tỷ số truyền. Đây là tỷ số truyền cơ sở để tính toán cho bộ phận trồng và các bộ phận làm việc của máy.

3.3. Thử nghiệm đánh giá thông số làm việc của máy trồng

Máy trồng đã được thiết kế, chế tạo và khảo nghiệm sơ bộ trên kênh đất và ruộng tại Cơ sở nghiên cứu Trâu Quỳ của Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch. Sau khi hoàn thiện máy trồng được khảo nghiệm trong điều kiện thực tế tại Công ty CPTP XK Đồng Giao – Ninh Bình.



Hình 9. Thực nghiệm máy trồng dừa MTD-01 tại Công ty CPTPXK Đồng Giao (DOVECO)

3.3.1. Năng suất máy trồng.

Qua khảo nghiệm thực tế nhận thấy máy làm việc êm dịu, các bộ phận làm việc ổn

định. Tỷ lệ chòi dừa không đạt (dập, gãy, nghiêng quá 150°) < 3%. Năng suất trồng được thể hiện bảng 2

Bảng 2. Thực nghiệm năng suất trồng trên luống 100 m

TT	Thời gian trồng (phút)	Số chòi/luống (chòi)	Năng suất thuần túy (ha/giờ)	Tỷ lệ chòi trồng đạt (%)
Luống 1	4,60	12,968	0,235	97,50
Luống 2	4,50	12,979	0,240	97,36
Luống 3	4,49	12,952	0,241	97,67
Luống 4	4,50	12,959	0,240	97,31
Luống 5	4,51	12,987	0,240	97,37
Luống 6	4,50	12,988	0,240	97,44
Luống 7	4,49	12,961	0,240	97,53
Luống 8	4,49	12,944	0,240	97,62
Luống 9	4,51	12,983	0,241	97,53
Luống 10	4,49	12,945	0,240	97,62
Trung bình	4,508	12,97	0,24	97,50

Năng suất trung bình (thuần túy) đạt 0,24 ha/giờ; Tỷ lệ chòi sau trồng đạt yêu cầu là 97,5 %. Tỷ lệ chòi dừa sau trồng không đạt nguyên nhân chủ yếu tác động bởi 3 yếu tố thứ nhất do người thao tác cấp chòi vào băng dạn không đúng quy trình, thứ 2 do khâu làm đất chưa kỹ còn tỷ lệ đất cục to trên luống và thứ 3 do khâu tuyền

giống chưa đạt yêu cầu cho chòi dừa trồng bằng máy.

3.3.2. Độ sâu trồng

Độ sâu trồng có thể điều chỉnh thông qua cụm bánh tựa đồng tuy nhiên với mặt, đáy luống mấp mô chiều sâu trồng sẽ không cố định. Kết quả đánh giá thể hiện bảng 3

Bảng 3. Thử nghiệm độ sâu trồng

Đơn vị: mm

	Hàng thứ/độ sâu trồng (h)							
Thứ tự cây	1	2	3	4	5	6	7	8
1	80	83	77	80	81	80	75	78
2	82	82	81	77	77	83	73	76
3	78	79	72	76	80	79	73	74
4	85	83	74	81	76	80	78	76
5	77	83	84	83	83	83	80	80
6	80	78	78	80	75	74	78	76
7	78	76	82	84	77	74	74	84
8	81	75	72	80	80	73	83	74
9	85	81	83	77	76	81	74	77
10	85	77	82	75	79	82	80	84
Trung bình	78,82							

Qua bảng 3 ta thấy theo yêu cầu nông học thì độ sâu trồng từ $6 \div 8$ cm như vậy đảm bảo độ sâu trồng của máy.

3.3.3. Khoảng cách trồng**Bảng 4. Thử nghiệm khoảng cách trồng**

Đơn vị: mm

	Hàng thứ/khoảng cách trồng (S)							
Thứ tự cây	1	2	3	4	5	6	7	8
1	286	289	301	281	319	302	285	294
2	306	288	291	284	311	298	298	316
3	312	292	300	320	305	294	296	308
4	299	310	308	307	319	318	296	300
5	298	298	300	313	318	307	283	288
6	288	306	284	301	283	299	298	310
7	313	311	301	283	285	295	311	312
8	293	308	308	317	295	289	289	322
9	317	319	309	324	283	316	281	289
10	292	308	295	292	285	304	312	305
Trung bình	300,87							

Qua bảng 4 ta thấy theo khoảng cách trồng lớn nhất là 319 mm khoảng cách trồng nhỏ nhất là 281 mm. Khoảng cách trung bình 300, 87 mm như vậy cơ bản đảm bảo khoảng cách trồng của máy đáp ứng được yêu cầu thực tiễn.

IV. KẾT LUẬN

Mẫu máy thiết kế, chế tạo và thực nghiệm trồng dưa có 4 hàng trồng, khoảng cách trồng (chòi cách chòi) trung bình là 300,87 (mm) và độ sâu trồng trung bình $h = 7,882 \text{ cm}$ 8 (cm) đạt yêu cầu nông học.

Năng suất trồng trung bình (thuần túy) đạt 0,24 (ha/giờ). Tỷ lệ chòi dưa sau khi trồng đạt yêu cầu nông học trung bình là 97,5%.

Tỷ số truyền từ trục thu công suất đến bộ phận trồng (theo chế độ vận hành được chọn của máy kéo). Máy hoạt động ổn định khi liên hợp với nguồn động lực máy kéo 4 bánh 60 HP.

Kết quả thực nghiệm cho thấy máy đáp ứng được yêu cầu nông học với các chỉ tiêu đề ra. Máy trồng dưa MTD-01 phù hợp cơ giới hoá canh tác dưa tại Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1].<https://cand.com.vn/Kinh-te/Dinh-huong-phat-trien-cay-dua-Viet-Nam-i232278/>

[2].<https://nongnghiep.vn/trong-dua-thu-nhap-200--240-trieu-dong-ha-d309398.html>

[3].Lê Văn Đức, Nguyễn Văn Nghiêm, Đoàn Văn Lư, Cao Văn Chí và các cộng sự. *Sổ tay hướng dẫn canh tác dưa theo VietGap*. Cục trồng trọt - Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn.

[4].Đậu Thế Nhu, Nguyễn Đức Long, Nguyễn Việt Anh, Nguyễn Ngọc Tuấn; Đặng Văn Đông. (2023). *Nghiên cứu lựa chọn và tính toán cơ cấu trồng dưa trên đất phủ ni lông*. Tạp chí Công nghiệp Nông thôn Số 51/2023.

[5].Jing Fu-lin, ZHANG Man-qi, HU Xiao-zhong, HE Feng-guang, CUI Zhen-

de, DENG Gan-ran. *Test Analysis of Ridge Double-row Pineapple Transplanting Machine*. Modern Agricultural Equipment. Vol.44 No.5; Oct. 2023

[6].Li Mutong, Yue Dandan, Zhao Guangkuo, Guan Xiaodong. *Optimized Design of a Hanging-Cup Planting Principle Based on Pineapple Seedlings and Spatio-Temporal Analysis and Experimental Study of Seedling-Machine-Soil Coupled Interaction*. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=5887390> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.5887390>

[7].Guo J, Zhou B, Liu X, Hui Z, Hao X, Zhang Z, Yang Z, Sun H and Xue Z (2025) *Design and simulation of key components for mechanical transplanting of large pineapple seedlings*. Front. Plant Sci. 16:1721367. doi: 10.3389/fpls.2025.1721367

ENERGY POTENTIAL AND FUEL CHARACTERISTICS OF DURIAN (*DURIO ZIBETHINUS L.*) PEEL AS A LIGNOCELLULOSIC BIOMASS FEEDSTOCK

Ngo Thi Thanh Thuy¹

Hieu Manh Nguyen¹

Long Duc Nguyen¹

Le Thi Hien¹,

Jonhson Peter Robert²

Lịch sử bài báo

Ngày nhận bài: 14/01/2026

Ngày phản biện: 19/01/2026

Ngày duyệt đăng: 24/1/2026

ABSTRACT

Durian (Durio zibethinus L.) peel is a lignocellulosic by-product that accounts for a large proportion of waste generated from the rapidly expanding durian processing industry in Vietnam and Southeast Asia. This study evaluates the physical, mechanical, chemical, and calorific properties of durian peel to assess its potential use as a feedstock for biomass energy and biochar production. The results show that fresh durian peel has a very high moisture content ($76.47 \pm 0.10\%$), resulting in an extremely low apparent energy value. Its peel thickness is 28.5 ± 2.6 mm, hardness 30.98 ± 1.82 N, compressive strength 1.85 ± 0.21 MPa, and tensile strength 0.96 ± 0.12 MPa. After drying, the durian peel exhibits a bulk density of 0.26 ± 0.02 g/cm³, water activity of 0.31 ± 0.02 , and reduced thickness of 17.8 ± 1.9 mm, while mechanical properties increase significantly, with hardness reaching 62.8 ± 4.1 N, compressive strength 3.45 ± 0.30 MPa, and tensile strength 2.05 ± 0.20 MPa. In terms of chemical

characteristics, dried durian peel has a pH of 5.63 ± 0.02 , high volatile matter content ($72.37 \pm 0.09\%$), an appropriate fixed carbon content ($20.05 \pm 0.13\%$), ash content of $7.58 \pm 0.04\%$, cellulose content of $32.27 \pm 0.12\%$, and lignin content of $19.69 \pm 0.07\%$. After drying, the higher heating value (HHV) increases to approximately 17.8 MJ kg⁻¹, comparable to that of many common agricultural residues. These results indicate that the low energy value of fresh durian peel is mainly due to its high moisture content rather than its intrinsic material properties. With appropriate drying and pretreatment methods, durian peel represents a promising agricultural by-product for biomass energy and biochar production, contributing to agricultural waste reduction, greenhouse gas emission mitigation, and the promotion of a circular economy in Vietnam's durian processing industry.

Keywords: agricultural by-products; biomass energy; biochar; durian peel; mechanical properties; physicochemical characterization.

1. INTRODUCTION

Durian (*Durio zibethinus L.*) is a high-value tropical fruit widely cultivated in Southeast Asia, with Vietnam emerging as one of the fastest-growing producers in the region in recent years. The rapid expansion of durian cultivation and export, particularly driven by demand from the

Chinese market, has resulted in a substantial increase in processing volume and associated postharvest by-products [1,2]. Among these by-products, durian peel represents the dominant fraction, accounting for approximately 65–75% of the total fruit mass, which corresponds to several hundred thousand tons generated annual-

¹ Vietnam Institute of Agricultural Engineering and Post-Harvest Technology (VIAEP), Hanoi, Vietnam

² United Nations Industrial Development Organization (UNIDO)

ly at current production levels [3]. If not properly managed, the accumulation of durian peel can cause environmental pollution, unpleasant odors, and increased microbial activity, while also leading to the loss of a potentially valuable biomass resource that could otherwise be utilized for energy or material applications [3,24].

From a material perspective, durian peel is a lignocellulosic biomass composed primarily of cellulose, hemicellulose, and lignin, which together constitute the majority of its dry matter and govern its physical, mechanical, and chemical behavior [4,7,11]. Owing to this composition, durian peel has attracted increasing attention as a renewable feedstock for biomass-based applications, including solid biofuels, biochar, particleboard, and bio-based composite materials [4,8,10,23]. Previous studies have reported that durian peel fibers exhibit favorable mechanical and thermal properties when incorporated into polymer composites or construction materials, while recent investigations have demonstrated the feasibility of producing biochar and smokeless fuel from durian rind [9, 11,2 3]. These findings indicate that durian peel possesses intrinsic characteristics suitable for energy-related valorization, provided that appropriate pretreatment and processing strategies are applied.

In biomass energy systems, feedstock characteristics play a decisive role in determining fuel quality, process efficiency, and operational stability. Key parameters include moisture content, bulk density, mechanical strength, ash content, volatile matter, fixed carbon, and higher heating value (HHV), all of which directly influence drying requirements, densification behavior, combustion efficiency, and char yield [18, 21]. Among these parameters, moisture content is particularly critical, as

excessive moisture severely suppresses effective heating value, increases energy demand for evaporation, and reduces overall thermal efficiency, especially under tropical processing and storage conditions [6,19]. Therefore, systematic evaluation of both fresh and dried biomass is essential to accurately assess energy potential under practical utilization conditions.

Accordingly, numerous studies at both national and international levels have focused on elucidating the mechanical, physical, and chemical properties of durian peel and comparing them with other agricultural residues to evaluate its practical applicability. In Vietnam, Xuan Loc et al. (2023) [7] investigated the physicochemical characteristics of durian peel and jackfruit peel for biochar production. Their results showed that durian peel exhibited a higher moisture content (85%) than jackfruit peel (81.7%), while the biochar yield was comparable (39% vs. 39.7%). Moreover, durian peel had a higher carbon content (49.8% vs. 45.7%) and lower ash content (14% vs. 21%) compared with jackfruit peel. In addition, Tang and Nguyen (2025) [8] reported that durian peel had a holocellulose content of $72.84 \pm 0.89\%$ (dry basis), comparable to previous studies (65.3–73.54%) and bamboo (62.5–79.9%), whereas the lignin content was $15.92 \pm 0.56\%$, significantly lower than that of bamboo (20.5–32.2%), indicating its potential for particleboard and biocomposite production.

Globally, Charoenwai et al. (2005) [9] reported that the chemical composition of dried durian peel and treated durian peel fiber showed no significant differences, with lignin contents of approximately 10.7–10.9% and ash contents of 4.3–5.5%. Alkaline treatment increased holocellulose content from 47.1% to 54.2% and α -cellulose from 31.6% to 35.6% due

to partial dissolution of lignin and hemicellulose, confirming the suitability of durian peel fibers for sustainable construction materials. Manshor et al. (2014) [10] reported that durian peel mainly consisted of 60.45% cellulose, 15.45% lignin, and 13.09% hemicellulose, comparable to many natural wood fibers and indicating its potential as a filler in biocomposite systems. Furthermore, Lubis et al. (2018) [11] investigated the chemical, mechanical, and physical properties of fibers extracted from durian peel (*Durio zibethinus* Murr.) collected in North Sumatra and reported high cellulose content (57–64%), hemicellulose content of approximately 30.7%, and lignin content of about 13.6%. The fibers exhibited a tensile strength of approximately 298 MPa and an elastic modulus of 5.987 GPa, demonstrating the potential of this by-product for sustainable and environmentally friendly material applications. Additionally, Masrol et al. (2018) [12] analyzed the chemical composition of durian peel and reported α -cellulose of 34.9%, holocellulose of 58.3%, lignin of 19.3%, pentosan of 10.6%, and ash of 6.1%, reflecting a typical lignocellulosic structure and confirming its suitability as a raw material for pulp and paper production.

Despite the increasing interest in durian peel utilization, most existing studies have focused on individual properties or specific applications such as biocomposites, pulp and paper, or preliminary biochar production. Comprehensive datasets integrating physical, mechanical, chemical, and calorific properties remain limited [4,7,12]. In particular, combined evaluation of fresh and dried durian peel to clarify the dominant role of moisture content and pretreatment on energy performance has not been sufficiently investigated in the context of biomass energy utilization in Vietnam.

Therefore, the objective of this study is to systematically evaluate the physical, mechanical, chemical, and calorific properties of durian peel in both fresh and dried states to determine its potential as a lignocellulosic biomass feedstock for energy and biochar production. This study focuses on feedstock characterization, providing a scientific basis for subsequent research on pelletization, carbonization, and thermal conversion of durian peel in sustainable biomass energy systems.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Raw materials and sample preparation

Durian peel (*Durio zibethinus* L.) was collected from commercial durian processing facilities located in the Central Highlands and Mekong Delta regions of Vietnam. The collected peels consisted mainly of exocarp and mesocarp tissues, which together account for the majority of durian peel mass. Visible impurities, adhering pulp residues, and damaged parts were manually removed prior to analysis.

Fresh durian peel samples were cut into pieces of approximately 2–3 cm to improve homogeneity. A portion of the samples was analyzed immediately as fresh material, while the remaining samples were dried in a forced-air convection oven at 60–70 °C until constant mass was achieved, corresponding to a moisture content below 10% (wet basis). After drying, the samples were ground using a laboratory mill and sieved to obtain particle sizes below 1 mm. All dried samples were stored in airtight polyethylene bags at 25 ± 2 °C prior to further analysis to minimize moisture reabsorption.

2.2. Determination of physical properties

Moisture content was determined using the oven drying method in accordance

with TCVN 9706:2013 [15]. Bulk density of dried durian peel was measured by the volume displacement method following established procedures for agricultural biomass materials [20]. Water activity was determined at 25°C using a calibrated water activity meter to assess storage stability under tropical conditions.

Peel thickness was measured for both spiny and non-spiny regions using a digital vernier caliper with a precision of 0.01 mm. Measurements were conducted at multiple positions on each peel sample to account for natural structural heterogeneity.

2.3. Mechanical property analysis

Mechanical properties of durian peel were evaluated for both fresh and dried samples. Hardness, compressive strength, and tensile strength were measured using an IMADA MX-500N automatic push pull force testing machine equipped with appropriate fixtures for biological materials.

For hardness and compressive strength measurements, peel specimens were subjected to uniaxial loading at a constant crosshead speed until failure. Tensile strength was determined using standardized strip-shaped specimens prepared from peel sections. All measurements were conducted at ambient temperature ($25 \pm 2^\circ\text{C}$), and each test was performed in triplicate.

2.4. Chemical and proximate analysis

The pH of dried durian peel was measured using a calibrated digital pH meter after suspension of ground samples in distilled water. Proximate analysis was conducted to determine volatile matter and ash content following TCVN 172:2019

[13] and TCVN 173:2019 [14], respectively. Fixed carbon content was calculated by difference.

Structural carbohydrate and lignin contents were determined using standard biomass characterization procedures. Cellulose content was measured using the Seifert method, while lignin content was determined according to the Klason method as described by Sluiter et al. [17].

2.5. Calorific value determination

The higher heating value (HHV) of durian peel was measured experimentally on an as-received basis using an isoperibol bomb calorimeter calibrated with benzoic acid. Measured HHV values were subsequently converted to dry basis (DB) and dry ash-free basis (DAF) according to standard conversion procedures commonly applied in biomass energy studies [19].

2.6. Statistical analysis

All experiments were conducted in triplicate ($n=3$). Results are reported as mean $\pm$ standard deviation. Statistical differences between fresh and dried durian peel samples were evaluated using Student's t-test, with differences considered statistically significant at $p < 0.05$.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Physical properties of durian peel and implications for energy utilization

The physical properties of durian peel in the as-received state and after drying are critical determinants of its applicability as a biomass fuel, particularly with respect to drying behavior, storage stability, and thermochemical conversion performance. The corresponding analytical results are summarized in Table 1.

Table 1. Physical properties of fresh and dried durian peel

Parameter	Fresh peel	Dried peel
Moisture content (%)	76.47 ± 0.10 ^a	9.85 ± 0.22 ^b
Bulk density (g cm ⁻³)	–	0.26 ± 0.02
Water activity (–)	–	0.31 ± 0.02
Peel thickness with spines (mm)	28.5 ± 2.6	–
Peel thickness without spines (mm)	17.8 ± 1.9	–

Notes: Values are expressed as mean ± standard deviation (=3). Different superscript letters within the same row indicate significant differences between fresh and dried peel (Student's *t*-test, $p < 0.05$).



Figure 1. Thickness of fresh durian peel:
(a) thickness of spiny peel; (b) thickness of non-spiny peel.

The analysis results show that fresh durian peel has an average moisture content of $76.47 \pm 0.10\%$, which is significantly higher than that of several common agricultural residues such as fresh sugarcane bagasse (45 - 55%) and rice husk (10 - 15%) [18]. This high moisture content is characteristic of plant tissues with porous structures and thick cell walls, which help protect the edible pulp from moisture loss and mechanical damage during fruit growth and ripening.

However, when durian peel is used as a feedstock for biomass combustion or bio-thermochemical conversion, its high moisture content becomes a disadvantage. Water retained within the cellular structure

reduces the effective heating value and combustion efficiency, while generating excessive smoke and unburned gases, as a large portion of the initial energy input is consumed for moisture evaporation. In addition, high moisture content promotes ash agglomeration and slag formation in the combustion chamber, leading to metal corrosion and reduced equipment lifespan. Therefore, to achieve optimal energy efficiency, the material should undergo primary drying to a moisture content of $\leq 10\%$ prior to use. Controlling moisture at this level not only improves combustion performance but also stabilizes material mass, reduces transportation costs, and extends storage life.

The bulk density of dried durian peel is 0.26 ± 0.02 g/cm³, which falls within the medium range of lignocellulosic biomass materials and is comparable to sawdust ($0.20\text{--}0.35$ g/cm³) and coffee husk ($0.18 - 0.24$ g/cm³) reported in previous studies [19,20]. This moderate bulk density indicates favorable characteristics for grinding, densification, transportation, and storage processes [21]. In biomass pellet production, such density is advantageous because the particles can readily rearrange and bond during compaction, resulting in pellets with higher density, improved combustion efficiency, and enhanced burning stability.

The water activity (a_w) of dried durian peel was determined to be 0.31 ± 0.02 , which is significantly lower than the threshold required for microbial growth (0.6). Low water activity implies a reduced risk of mold and microbial development, thereby extending natural storage duration without the need for chemical preservatives. This characteristic is particularly beneficial for long-term storage and transportation of biomass feedstock under open environmental conditions, especially in humid tropical climates such as Vietnam. Low water activity, in combination with low moisture content, also helps maintain mechanical integrity and reduces agglomeration and material degradation during storage. This is a key factor in the design of biomass supply chains,

from collection to pelletization and combustion [6].

The peel thickness at spiny regions reaches 28.5 ± 2.6 mm, which is significantly greater than that at non-spiny regions (17.8 ± 1.9 mm). This difference reflects the mechanical and protective function of the spine system, where peel tissues are thicker and denser to withstand external forces. In contrast, non-spiny regions exhibit thinner and more porous structures, facilitating natural fruit cracking during ripening. This non-uniformity in peel thickness directly affects cutting, grinding, and drying processes during biomass pretreatment. The spiny peel portions require higher grinding energy and longer drying times, whereas non-spiny portions are more easily fragmented. Therefore, size reduction and thorough mixing of the material prior to drying or pelletization are necessary to ensure homogeneity of the biomass fuel.

3.2. Mechanical properties and processability

The mechanical properties of durian peel before and after drying play an important role in evaluating the potential application of this material as a biomass energy source, and they also reflect the material behavior during handling, grinding, and densification prior to thermal conversion. The determined results are presented in Table 2.

Table 2. Mechanical properties of durian peel before and after drying

Property	Fresh peel	Dried peel
Hardness (N)	30.98 ± 1.82^a	62.8 ± 4.1^b
Compressive strength (MPa)	1.85 ± 0.21^a	3.45 ± 0.30^b
Tensile strength (MPa)	0.96 ± 0.12^a	2.05 ± 0.20^b

Notes: Values are expressed as mean $\pm$ standard deviation ($n = 3$). Different superscript letters within the same row indicate significant differences between fresh and dried peel ($p < 0.05$).



Figure 2. Compressive strength of durian peel.

The hardness of dried durian peel reached 62.8 ± 4.1 N, which was markedly higher than that of fresh peel (30.98 ± 1.82 N), indicating a rigid material structure and high resistance to deformation. High hardness suggests that durian peel can withstand impact, compressive, and shear forces due to its dense cellular structure and high lignin content in the cell wall. This characteristic is advantageous during transportation and preprocessing, as it reduces material loss caused by fragmentation. However, it also necessitates the selection of appropriate grinding equipment, such as roller mills or high-speed hammer mills, to ensure stable grinding performance. Moreover, high hardness is directly associated with prolonged combustion behavior, since lignin exhibits thermal stability and slow-burning characteristics, contributing to a more stable flame in energy applications [5,22].

The compressive strength of dried peel was 3.45 ± 0.30 MPa, whereas fresh peel exhibited only 1.85 ± 0.21 MPa, indicating a moderate load-bearing capacity under compression. The increase in compressive strength after drying reflects structural changes caused by moisture reduction, which enhances contact and bonding among solid constituents [21]. This property improves the ability of

the material to maintain its shape during collection, stacking, and transportation. In contrast, in the fresh state, the porous structure and high moisture content result in lower compressive strength, which can be beneficial for mechanical pretreatment steps such as grinding and pressing, thereby reducing energy consumption during biomass preparation prior to energy conversion.

Regarding tensile strength, dried peel exhibited a value of 2.05 ± 0.20 MPa, significantly higher than that of fresh peel (0.96 ± 0.12 MPa) and lower than its compressive strength. This result indicates that the material is more susceptible to failure under tensile stress, consistent with the heterogeneous fiber bonding typical of plant tissues. This characteristic is advantageous for biomass fuel applications, as easier fiber disruption increases the exposed surface area of the material, thereby enhancing drying efficiency and thermal conversion performance in biomass energy processes [5].

Overall, drying significantly enhanced the mechanical properties of durian peel. The increase in hardness and compressive strength indicates improved structural integrity, which is beneficial for handling, stacking, transportation, and especially biomass pelletization [21]. Meanwhile,

the tensile strength after drying remains within a range that allows the material to be readily fractured during grinding, thus not hindering size reduction prior to thermal conversion. These trends are consistent with previous studies on lignocellulosic biomass and material applications derived from durian peel [9 - 11,22].

3.3. Chemical composition and fuel characteristics

The chemical and proximate composition of dried durian peel, which governs ignition behavior, ash-related performance, and char formation during thermal conversion, is summarized in Table 3.

Table 3. Chemical and proximate composition of dried durian peel (mean $\pm$ SD, $n = 3$)

Parameter	Value
pH	5.63 ± 0.02
Volatile matter (%)	72.37 ± 0.09
Fixed carbon (%)	20.05 ± 0.13
Ash content (%)	7.58 ± 0.04
Cellulose (%)	32.27 ± 0.12
Lignin (%)	19.69 ± 0.07

Notes: Proximate analysis values are reported on a dry basis.

The pH value of 5.63 ± 0.02 indicates that durian peel is mildly acidic, similar to most plant-derived agricultural residues (pH 5–6). This acidity is mainly attributed to the presence of natural organic acids such as citric, malic, and tartaric acids, as well as phenolic compounds in the cell tissues. Material pH significantly influences pyrolysis and catalytic behavior during carbonization; biomass with lower pH often promotes biochar formation due to the enhanced decomposition of hemicellulose and lignin at lower temperatures. Therefore, a pH of approximately 5.6 is considered suitable for both pelletization and biochar production without requiring chemical neutralization [23,5].

The high volatile matter content of $72.37 \pm 0.09\%$ indicates that durian peel is highly ignitable and releases volatiles rapidly during combustion or pyrolysis [18,19]. This high volatile fraction reflects rapid

ignition and intense gas release during the initial combustion stage, which helps sustain flame propagation and shorten ignition time. In contrast, the fixed carbon content of approximately $20.05 \pm 0.13\%$ indicates the ability to maintain stable and prolonged combustion. The ratio of volatile matter to fixed carbon (~ 3.6) suggests that durian peel combines high ignitability with good thermal stability, similar to trends reported for common agricultural residues such as sugarcane bagasse and rice husk [18]. These characteristics make it particularly suitable for biomass pellet fuel and pyrolysis feedstock for biochar production.

The ash content of $7.58 \pm 0.04\%$ is considered moderate—higher than that of sugarcane bagasse (1.5–3%) but significantly lower than that of rice husk (15–20%). High ash content may cause slagging and fouling in combustion systems;

however, with a value below 8%, durian peel is still regarded as a safe combustion feedstock with limited slagging and corrosion risks. Lower ash content also contributes to improved thermal efficiency and enhanced durability of combustion equipment during operation [6,18].

Durian peel contains $32.27 \pm 0.12\%$ cellulose and $19.69 \pm 0.07\%$ lignin. Cellulose is a linear polysaccharide that is readily combustible and plays a major role in the rapid heat-release stage of combustion, whereas lignin is a three-dimensional aromatic polymer with high thermal stability that decomposes slowly but yields high heat, contributing to prolonged combustion and flame stability. The cellulose and lignin contents of durian peel are comparable to those of common agricultural residues such as rice husk (cellulose 35–40%, lignin 22–25%) and sugarcane bagasse (cellulose 40–45%, lignin

18–21%) [23,5]. Notably, lignin also acts as a natural binder during heating; it softens and forms interparticle bonds during pelletization, enhancing pellet mechanical strength, reducing dust formation, and minimizing the need for chemical additives.

Overall, considering pH, ash, cellulose, and lignin contents, durian peel exhibits its balanced physicochemical properties, ease of processing, and high energy potential, making it a promising biomass feedstock for renewable fuel production, biochar generation, and environmentally friendly biobased materials [5].

3.4. Calorific value and energy potential

The higher heating values (HHV) of durian peel measured on an as-received, dry, and dry ash-free basis are presented in Table 4.

Table 4. Higher heating value (HHV) of durian peel under different reporting bases (mean $\pm$ SD, $n = 3$)

Reporting basis	HHV (MJ kg ⁻¹)
As-received basis (ARB)	2.9 ± 0.1
Dry basis (DB)	17.8 ± 0.3
Dry ash-free basis (DAF)	18.7 ± 0.4

Notes: HHV was experimentally measured on an as-received basis and converted to dry basis and dry ash-free basis using standard conversion procedures.

The results show that raw durian peel exhibits a very low heating value due to its extremely high total moisture content (83.9%). Most of the energy generated during thermal conversion is consumed for water evaporation, which severely reduces the overall energy utilization ef-

iciency. However, when expressed on a dry basis (DB) and dry ash-free basis (DAF), the gross calorific value of durian peel is comparable to that of many lignocellulosic biomasses currently exploited as bioenergy feedstocks, such as sugar-

cane bagasse, coffee husk, and sawdust [18,19].

The large discrepancy between the heating values on an as-received basis (ARB) and dry basis highlights the critical role of drying and moisture-reduction pretreatment. In the context of utilizing durian peel for biomass energy and biochar production, moisture control is not only a technical requirement but also a key factor determining energy efficiency and the economic feasibility of the entire conversion chain [6,19,23].

4. CONCLUSIONS

The results of the mechanical, physical, and chemical characterization indicate clear differences between fresh and dried durian peel. Dried peel exhibited high hardness (62.8 ± 4.1 N), compressive strength (3.45 ± 0.30 MPa), and tensile strength (2.05 ± 0.20 MPa), which were significantly higher than those of fresh peel (hardness 30.98 ± 1.82 N, compressive strength 1.85 ± 0.21 MPa, tensile strength 0.96 ± 0.12 MPa). The increase in mechanical parameters after drying reflects structural changes in the plant tissue, resulting in improved load-bearing capacity during collection, stacking, transportation, and compaction processes.

In addition, durian peel exhibited a moderate bulk density (0.26 ± 0.02 g/cm³) and low water activity (0.31 ± 0.02), indicating good storability, low susceptibility to microbial growth, and stability under tropical climatic conditions. However, the natural moisture content of fresh peel was extremely high ($76.47 \pm 0.10\%$), requiring primary drying to reduce moisture and improve combustion efficiency and energy utilization. Furthermore, the peel showed a high volatile matter content (72.37%), fixed carbon content (20.05%), and moderate ash content (7.58%), which helps limit slagging and equipment corrosion, along with balanced cellulose (32.27%) and lignin (19.69%) contents.

Based on these characteristics, durian peel is evaluated as a promising biomass feedstock for various clean energy technologies, including fuel pellet production, biochar generation, and direct combustion in industrial boilers. The valorization of this agricultural by-product not only contributes to reducing agricultural waste and environmental pollution but also provides significant economic benefits, supporting circular economy models and sustainable development in the Vietnamese durian processing industry.

REFERENCES

- [1].FAO (2024). *Durian production and trade statistics. Food and Agriculture Organization of the United Nations.*
- [2].Vietnam Fruit and Vegetable Association (2024). *Vietnam fruit and vegetable export report 2023.* Hanoi, Vietnam.
- [3].Nguyen, T.H.; Tran, T.T.M. (2021). *Utilization of agricultural by-products in Vietnam: Current status and challenges.* Vietnam Journal of Science and Technology, 59(4), 512–520.
- [4].Razali, M.; Mohammad, S.; Zakaria, Z. (2021). *Durian husk as renewable biomass feedstock: Characterization and biochar properties.* MyFood Research, 44(3), 101–110.
- [5].Yang, H.; Yan, R.; Chen, H.; Lee, D.H.; Zheng, C. (2007). *Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin*

- pyrolysis. *Fuel*, 86(12–13), 1781–1788.
- [6].Phan, V.H.; Nguyen, T.M. (2022). *Optimization of moisture and density in biomass pellet production*. *Journal of Energy Science and Technology*, 8(4), 112–118.
- [7].Xuan Loc, P.; et al. (2023). *Physicochemical characteristics of biomass from durian peel and jackfruit peel*. *Can Tho University Journal of Science*, 59 (Environment and Climate Change Special Issue), 221–228.
- [8].Tang, T.K.H.; Nguyen, N.Q. (2025). *Investigation of particleboard production from durian husk and bamboo waste*. *Journal of Composites Science*, 9(6), 276.
- [9].Charoenwai, S.; Khedari, J.; Hirunlabh, J.; Daguernet, M.; Quenard, D. (2005). *Impact of rice husk ash on the performance of durian fiber-based construction materials*. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Durability of Building Materials and Components (10DBMC)*, Lyon, France, pp. TT3-51.
- [10].Manshor, A.T.H.; Anuar, H.; Nur Aimi, M.N.; Ahmad Fitrie, M.I.; Nazri, W.B.W.; Sapuan, S.M.; El-Shekeil, Y.A. (2014). *Mechanical, thermal and morphological properties of durian skin fibre reinforced PLA biocomposites*. *Materials & Design*, 59, 279–286.
- [11].Lubis, R.; Saragih, S.W.; Wirjosentono, B.; Eddyanto, E. (2018). *Characterization of durian rinds fiber (Durio zibethinus Murr.) from North Sumatera*. *AIP Conference Proceedings*, 2049, 020069.
- [12].Masrol, S.R.; Mohamad, N.I.; Hassan, M.A.; Abd-Aziz, S. (2018). *Durian rind soda-anthraquinone pulp and paper: Effects of elemental chlorine-free bleaching and beating*. *BioResources*, 13(3), 5625–5638.
- [13].TCVN 172:2019. *Solid fuels – Determination of volatile matter*. *Vietnam Standards*.
- [14].TCVN 173:2019. *Solid fuels – Determination of ash content*. *Vietnam Standards*.
- [15].TCVN 9706:2013. *Agricultural products – Determination of moisture content – Oven drying method*. *Vietnam Standards*.
- [16].Transformation of Miscanthus and Sorghum cellulose during methane fermentation (2017). *Cellulose*, 24(3), 1001–1013.
- [17].Sluiter, A.; Hames, B.; Ruiz, R.; Scarlata, C.; Sluiter, J.; Templeton, D.; Crocker, D. (2008). *Determination of structural carbohydrates and lignin in biomass*. *NREL/TP-510-42618*, *National Renewable Energy Laboratory*, Golden, CO, USA.
- [18].Pham, Q.T.; Le, T.H.; Nguyen, D.A. (2023). *Thermal characteristics of Vietnamese agricultural residues*. *Renewable Energy Journal*, 9(1), 45–52.
- [19].Demirbas, A. (2004). *Combustion characteristics of different biomass fuels*. *Progress in Energy and Combustion Science*, 30(2), 219–230.
- [20].Macias-Garcia, A.; Cuerda-Correa, E.M.; Olivares-Marín, F.J.; Díaz-Paralejo, A. (2012). *Density and porosity characteristics of agro-industrial wastes*. *Fuel Processing Technology*, 103, 16–23.
- [21].Kaliyan, N.; Morey, R.V. (2009). *Factors affecting strength and durability of densified biomass products*. *Biomass and Bioenergy*, 33(3), 337–359.

[22].Wang, D.; Seymour, G.B.; Lu, W. (2018). *Fruit softening and cell wall enzymes. Trends in Plant Science*, 23(2), 121–134.

[23].Ly, T.B.; Pham, C.D.; Le, K.A.; Le, P.K. (2023). *Novel production methods of biochar from durian (Durio zibethinus) rind for use as smokeless fuel. Chemical Engineering*

Transactions, 106, 337–342.

[24].Ly, T.B.; Pham, C.D.; Bui, K.D.D.; Nguyen, D.A.K.; Le, L.H.; Le, P.K. (2024). *Conversion strategies for durian agroindustry waste: Value-added products and emerging opportunities. Journal of Material Cycles and Waste Management*, 26, 1245–1263.



ĐÁNH GIÁ NĂNG LỰC CƠ GIỚI HÓA CỦA MỘT SỐ SẢN PHẨM NÔNG NGHIỆP TẠI VÙNG SẢN XUẤT HÀNG HÓA TẬP TRUNG

Vũ Huy Phúc¹

Nguyễn Thị Thu Trang¹

Đỗ Văn Hảo¹

Hồ Phi Tuấn²

Vũ Duy Hưng²

Lịch sử bài báo

Ngày nhận bài: 22/12/2025

Ngày phản biện: 28/12/2025

Ngày duyệt đăng: 20/01/2026

TÓM TẮT

Nâng cao năng lực cơ giới hóa được xem là yếu tố then chốt nhằm thúc đẩy phát triển bền vững các vùng nguyên liệu tập trung, đáp ứng yêu cầu nâng cao năng suất, chất lượng và khả năng cạnh tranh của nông sản. Nghiên cứu này nhằm xây dựng và áp dụng bộ tiêu chí đánh giá năng lực cơ giới hóa tại một số vùng nguyên liệu tập trung ở Việt Nam, qua đó phân tích những hạn chế, rào cản và đề xuất giải pháp chính sách phù hợp. Phương pháp nghiên cứu kết hợp giữa nghiên cứu tại bàn, khảo sát thực địa và phân tích thống kê mô tả, đồng thời áp dụng khung đánh giá trình độ và năng lực công nghệ theo Thông tư 17/2019/TT-BKHCN có điều chỉnh cho lĩnh vực cơ giới hóa nông nghiệp. Nghiên cứu điển hình được thực hiện đối với năm ngành hàng chủ lực

gồm lúa gạo, cà phê, xoài, sầu riêng và gỗ rừng trồng tại các vùng nguyên liệu thí điểm. Kết quả cho thấy mức độ cơ giới hóa có sự khác biệt rõ rệt giữa các ngành hàng; lúa gạo đạt trình độ cơ giới hóa tương đối đồng bộ, trong khi cây công nghiệp lâu năm, cây ăn quả và lâm nghiệp còn hạn chế, đặc biệt ở khâu sau thu hoạch, tổ chức quản lý và đổi mới sáng tạo. Trên cơ sở đó, nghiên cứu đề xuất định hướng chính sách thúc đẩy cơ giới hóa theo chuỗi giá trị, gắn với phát triển vùng nguyên liệu tập trung, hoàn thiện chính sách tín dụng, hạ tầng, đào tạo nguồn nhân lực và phát triển cơ khí nông nghiệp trong nước.

Từ khóa: cơ giới hóa nông nghiệp; chuỗi giá trị; chính sách nông nghiệp; năng lực cơ giới hóa; vùng nguyên liệu tập trung.

MECHANIZATION CAPACITY ASSESSMENT OF KEY AGRICULTURAL COMMODITIES IN CONCENTRATED PRODUCTION AREAS

ABSTRACT

Enhancing agricultural mechanization capacity is considered a key driver for the sustainable development of concentrated raw material zones, contributing to higher productivity, improved product quality, and increased competitiveness of agricultural products. This study aims to develop and apply a set of criteria to assess mechanization capacity in selected concentrated agricultural production areas in Viet Nam, identify major constraints, and propose appropriate policy solutions. The research employs a mixed-methods approach, combining desk review, field surveys, and descriptive statistical analysis, together with an adapted technology capability assessment framework based on Circular No. 17/2019/TT-BKHCN. Case studies were conducted for five major commodities, including rice, coffee, mango, durian, and plantation timber, across pilot

raw material zones. The results reveal significant disparities in mechanization capacity among commodities. Rice production demonstrates relatively advanced and synchronized mechanization, while perennial crops, fruit production, and forestry remain constrained, particularly in post-harvest operations, organizational management, and innovation capacity. Based on these findings, the study proposes policy recommendations to promote value-chain-based mechanization, closely linked with the development of concentrated raw material zones, through improved credit access, infrastructure investment, human resource development, and strengthened domestic agricultural machinery manufacturing.

Keywords: agricultural mechanization; agricultural policy; concentrated raw material zones; mechanization capacity; value chain.

¹ Viện Chiến lược, Chính sách Nông nghiệp và Môi trường

² Cục Kinh tế hợp tác và Phát triển nông thôn

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

1.1. Tính cấp thiết

Chiến lược phát triển nông nghiệp và nông thôn bền vững giai đoạn 2021–2030, tầm nhìn đến 2050 theo Quyết định 150/QĐ-TTg xác định cơ giới hóa là một trong những định hướng trọng tâm, hướng tới tự động hóa đồng bộ từ sản xuất, thu hoạch đến bảo quản, chế biến theo chuỗi giá trị, ưu tiên các sản phẩm chủ lực và hình thành các vùng nguyên liệu tập trung đạt chuẩn cho chế biến và xuất khẩu. Thực hiện định hướng này, Bộ Nông nghiệp và Môi trường đang triển khai Đề án thí điểm xây dựng vùng nguyên liệu nông, lâm sản giai đoạn 2022–2025 tại 46 huyện của 13 tỉnh, với quy mô 166,8 nghìn ha cho 8 ngành hàng chủ lực.

Mặc dù tỷ lệ cơ giới hóa tại các vùng sản xuất hàng hóa tập trung cao hơn mặt bằng chung, song vẫn tồn tại nhiều hạn chế, đặc biệt ở các ngành cây công nghiệp, cây ăn quả và trồng rừng, với mức độ cơ giới hóa thấp ở các khâu trồng, chăm sóc và thu hoạch; đồng thời thiếu đồng bộ về thiết bị, hạ tầng, nhân lực và chính sách hỗ trợ. Nâng cao năng lực cơ giới hóa được xem là yếu tố then chốt để phát triển bền vững các vùng nguyên liệu tập trung. Tuy nhiên, hiện chưa có bộ tiêu chí phù hợp để đánh giá năng lực cơ giới hóa tại các vùng sản xuất này. Vì vậy, nghiên cứu nhằm xây dựng và hoàn thiện bộ tiêu chí đánh giá năng lực cơ giới hóa, áp dụng cho một số ngành hàng chủ lực, làm cơ sở đề xuất giải pháp nâng cao hiệu quả cơ giới hóa trong thời gian tới..

1.2. Mục tiêu nghiên cứu

Mục tiêu chung:

Đánh giá năng lực cơ giới hóa của một số ngành hàng tại các vùng nguyên liệu

tập trung, chỉ ra được các hạn chế, bất cập và đề xuất giải pháp giúp tăng hiệu quả sản xuất, thu nhập cho người sản xuất.

Mục tiêu cụ thể:

.Tổng quan cơ sở lý luận về vùng nguyên liệu tập trung và cơ giới hóa;

.Đánh giá thực trạng cơ giới hóa của một số sản phẩm nông sản chính tại các vùng nguyên liệu tập trung;

.Phân tích những rào cản trong phát triển cơ giới hóa tại các vùng nguyên liệu tập trung;

.Đề xuất giải pháp, chính sách giúp tăng năng lực cơ giới hóa tại các vùng nguyên liệu tập trung.

II. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp thu thập thông tin

a) Nghiên cứu tại bàn

Thu thập, tổng hợp thông tin, số liệu liên quan đến thực trạng phát triển vùng nguyên liệu tập trung, cơ giới hóa của một số các ngành hàng nông nghiệp chính. Kế thừa số liệu điều tra cơ giới hóa, vùng nguyên liệu tập trung do các đơn vị trong và ngoài Bộ Nông nghiệp và Môi trường đã thực hiện. Dịch tài liệu, báo cáo quốc tế để đánh giá về thực trạng cơ giới hóa gắn với phát triển vùng nguyên liệu tập trung.

b) Tổ chức khảo sát thu thập thông tin

Thực hiện khảo sát điển hình tại một số tỉnh trọng điểm về sản xuất tập trung của một số ngành hàng. Xây dựng nội dung các phiếu khảo sát và thực hiện khảo sát trực tiếp với các nhóm gồm: Cán bộ quản lý địa phương, người sản xuất (nông dân), hợp tác xã/tổ hợp tác (HTX/THT), doanh nghiệp (DN). Thực hiện chọn mẫu khảo sát có chủ đích là các tác nhân tham gia tại vùng nguyên liệu tập trung.

Bảng 1: Địa điểm và số lượng mẫu đã khảo sát

TT	Sản phẩm	Tỉnh	Cán bộ địa phương	DN	HTX	Nông dân
1	Xoài	Sơn La	5	2	1	30
2	Gỗ rừng trồng	Thừa Thiên Huế	5	2	2	38
3	Cà phê	Đắk Lắk	5	1	2	30
4	Lúa	An Giang	5	2	2	28
5	Sầu riêng	Tiền Giang	5	2	2	24
	Tổng		25	9	9	150

2.2. Phương pháp xử lý dữ liệu và phân tích thông tin

a) Xử lý dữ liệu

Thông tin, số liệu thu thập từ nguồn thứ cấp và từ khảo sát thực địa qua các phiếu khảo sát được tổng hợp, phân tích bằng các phần mềm thống kê như Excel, STATA.

b) Phân tích thông tin

Phân tích thống kê mô tả: Sử dụng các công cụ phân tích thống kê (mô tả, so sánh) để tổng hợp và xử lý dữ liệu thu thập được. Các chỉ tiêu thống kê phục vụ tính toán tỷ lệ cơ giới hóa, tỷ lệ các hộ tham gia trả lời về các lĩnh vực liên quan như: khó khăn, thuận lợi, hiệu quả, tác động của cơ giới hóa.

Áp dụng bộ tiêu chí đánh giá năng lực cơ giới hóa: Sử dụng công cụ tính toán áp dụng theo tiêu chí của Thông tư 17/2019/TT-BKHCN về hướng dẫn đánh giá trình độ và năng lực công nghệ sản xuất) có chỉnh sửa cho phù hợp với cơ giới hóa nông nghiệp. Cụ thể bộ tiêu chí đánh giá năng lực cơ giới hóa vùng nguyên liệu tập trung được xây dựng trên cơ sở kế thừa khung đánh giá trình độ và năng lực công nghệ sản xuất quy

định tại Thông tư 17/2019/TT-BKHCN, đồng thời có điều chỉnh để phù hợp với đặc thù của lĩnh vực cơ giới hóa nông nghiệp và không gian vùng nguyên liệu. Cụ thể, các tiêu chí chung về công nghệ được tái cấu trúc theo chuỗi sản xuất nông nghiệp, nhấn mạnh mức độ trang bị, đồng bộ và tự động hóa máy móc ở từng khâu từ làm đất, gieo trồng, chăm sóc đến thu hoạch, bảo quản và sơ chế. Nhóm tiêu chí về khai thác công nghệ được điều chỉnh theo hướng phản ánh hiệu quả sử dụng thiết bị cơ giới, năng lực vận hành, bảo dưỡng và chuyển giao công nghệ trong điều kiện sản xuất nông nghiệp thực tế. Bên cạnh đó, bộ tiêu chí bổ sung và làm rõ các nội dung đặc thù mà Thông tư 17 chưa đề cập đầy đủ, bao gồm hạ tầng phục vụ cơ giới hóa (giao thông nội đồng, điện, nước, kho bãi), tổ chức quản lý và lập kế hoạch sử dụng máy móc ở cấp vùng, cũng như khả năng đổi mới, thích ứng thiết bị và ứng dụng chuyển đổi số trong sản xuất. Việc điều chỉnh này nhằm bảo đảm bộ tiêu chí không chỉ đánh giá trình độ công nghệ thuần túy mà còn phản ánh toàn diện năng lực cơ giới hóa của vùng nguyên liệu tập trung theo hướng hiệu quả, đồng bộ và bền vững.

Bảng 2. Tiêu chí đánh giá năng lực cơ giới hóa của vùng nguyên liệu tập trung

TT	Tiêu chí đánh giá	Điểm tiêu chuẩn
I	Nhóm tiêu chí về trang bị máy, thiết bị công nghệ cơ giới hóa (nhóm T)	30
1	Mức độ trang bị máy ở các khâu: giống; làm đất; gieo, trồng; tưới, tiêu; chăm sóc; thu hoạch	5
2	Giá trị đầu tư thiết bị, máy, công nghệ	3
3	Mức tiên tiến của thiết bị, máy so với mặt bằng chung	7
4	Mức độ tự động hóa	7
5	Khả năng tiết kiệm năng lượng	8
II	Nhóm tiêu chí khai thác công nghệ (nhóm E)	20
6	Mức độ tăng năng suất lao động	5
7	Các cải tiến, sáng kiến khi sử dụng thiết bị làm tăng hiệu quả Cơ giới hóa	3
8	Năng lực bảo dưỡng, sửa chữa máy móc	4
9	Năng lực tiếp nhận chuyển giao thiết bị, công nghệ của người dân, doanh nghiệp	4
10	Chất lượng nguồn nhân lực vận hành máy	4
III	Đánh giá về năng lực, tổ chức, quản lý (nhóm O)	19
11	Số lao động được đào tạo, bồi dưỡng về quản lý sử dụng máy	3
12	Lập kế hoạch quản lý vận hành máy, thiết bị	5
13	Khả năng quản lý hiệu suất sử dụng thiết bị, máy cơ giới hóa	5
14	Xây dựng kế hoạch quản lý sử dụng thiết bị cơ giới hóa	3
15	Khả năng bảo vệ môi trường khi áp dụng cơ giới hóa	3
IV	Hạ tầng phục vụ cơ giới hóa (nhóm R)	17
16	Về đồng ruộng, quy mô sản xuất	3
17	Hệ thống giao thông nội đồng	3
18	Thủy lợi nội đồng; hệ thống cấp, thoát nước, hệ thống điện	4
19	Hạ tầng số, công nghệ thông minh, chính xác	3
20	Xử lý phụ phẩm, chất thải trong sơ chế, bảo quản, chế biến nông sản	4
IV	Đổi mới sáng tạo (Nhóm I)	14
21	Khả năng áp dụng linh hoạt máy thiết bị ở các khâu sản xuất khác nhau	4
22	Khả năng cải tiến, điều chỉnh thiết bị phù hợp với sản xuất	4
23	Năng lực liên kết hợp tác nghiên cứu, phát triển cơ giới hóa tại vùng nguyên liệu	2
24	Khả năng ứng dụng chuyển đổi số để tăng hiệu quả sản xuất	4

Công thức tính:

1) Trình độ và năng lực công nghệ sản xuất của vùng nguyên liệu được đo lường bằng số điểm đạt được:

$$S = \Sigma (T+E+O+R+I)$$

2) Hệ số mức độ đồng bộ của trình độ và năng lực công nghệ sản xuất TĐB được tính theo công thức

$$T_{DB} = K_T^{\hat{a}_T} \cdot K_E^{\hat{a}_E} \cdot K_O^{\hat{a}_O} \cdot K_R^{\hat{a}_R} \cdot K_I^{\hat{a}_I}$$

$$\text{với: } K_T = \frac{T}{30}; K_E = \frac{E}{20}; K_O = \frac{O}{19}; K_R = \frac{R}{17}; K_I = \frac{I}{14}$$

$$\hat{a}_T = 0,30; \hat{a}_E = 0,20; \hat{a}_O = 0,19; \hat{a}_R = 0,17; \hat{a}_I = 0,14$$

Trong đó:

- K_T là hệ số tính toán trình độ và năng lực công nghệ sản xuất của nhóm hiện trạng công nghệ sản xuất (nhóm T);

- K_H là hệ số tính toán trình độ và năng lực công nghệ sản xuất của nhóm hiệu quả khai thác công nghệ (nhóm E);

- K_O là hệ số tính toán trình độ và năng lực công nghệ sản xuất của nhóm năng lực tổ chức (nhóm I);

- K_R là hệ số tính toán trình độ và năng lực công nghệ sản xuất của nhóm năng lực nghiên cứu, phát triển (nhóm R);

- K_I là hệ số tính toán trình độ và năng lực công nghệ sản xuất của nhóm năng lực đổi mới sáng tạo (nhóm I);

- $\hat{a}_T$ là trọng số trình độ và năng lực công nghệ sản xuất của nhóm T;

- $\hat{a}_E$ là trọng số trình độ và năng lực công nghệ sản xuất của nhóm E;

- $\hat{a}_O$ là trọng số trình độ và năng lực công nghệ sản xuất của nhóm O;

- $\hat{a}_R$ là trọng số trình độ và năng lực công nghệ sản xuất của nhóm R;

- $\hat{a}_I$ là trọng số trình độ và năng lực công nghệ sản xuất của nhóm I;

3) Phân loại trình độ và năng lực công nghệ sản xuất của doanh nghiệp theo 04 mức căn cứ trên tổng số điểm các thành phần trình độ và năng lực công nghệ đạt được và hệ số mức độ đồng bộ của trình độ và năng lực công nghệ sản xuất vùng, cụ thể như sau:

.Trình độ và năng lực công nghệ sản xuất lạc hậu khi hệ số mức độ đồng bộ nhỏ hơn 0,3 và tổng số điểm nhỏ hơn 35 điểm;

.Trình độ và năng lực công nghệ sản xuất trung bình khi hệ số mức độ đồng bộ từ 0,3 trở lên và tổng số điểm từ 35 điểm đến dưới 60 điểm;

.Trình độ và năng lực công nghệ sản xuất trung bình tiên tiến khi hệ số mức độ đồng bộ từ 0,5 trở lên và tổng số điểm từ 60 điểm đến dưới 75 điểm;

.Trình độ và năng lực công nghệ sản xuất tiên tiến khi hệ số mức độ đồng bộ từ 0,65 trở lên và tổng số điểm từ 75 điểm trở lên.

III. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Năng lực cơ giới hóa tại một số vùng nguyên liệu tập trung

Nghiên cứu tập trung đi sâu phân tích và đánh giá năng lực cơ giới hóa của một số cây trồng trọng điểm tham gia Đề án thí điểm xây dựng vùng nguyên liệu tập trung theo Quyết định số 1088/QĐ-BNN-KTHT. Các sản phẩm được lựa chọn mang tính đại diện cho nhiều vùng sinh thái và ngành hàng nông nghiệp khác nhau, bao gồm: lúa gạo tại An Giang, cà phê tại Đắk Lắk, xoài tại Sơn La, gỗ rừng trồng tại Thừa Thiên Huế, và sầu riêng tại Tiền Giang (Đồng Tháp mới). Việc lựa chọn này không chỉ phản ánh tính đa dạng của các loại hình sản xuất nông lâm nghiệp mà còn cho phép so sánh, đối chiếu năng lực cơ giới hóa giữa các sản phẩm chủ lực.

Kết quả cho thấy lúa gạo tại An Giang đạt điểm số cao nhất (75,5 điểm; hệ số K = 0,75), được xếp vào nhóm tiên tiến, phản ánh mức độ cơ giới hóa tương đối đồng bộ và toàn diện ở tất cả các khâu sản xuất. Xoài tại Sơn La (61,75 điểm; K = 0,62) và sầu riêng tại Tiền Giang (61,0 điểm; K = 0,61) được xếp loại trung bình tiến tiến, cho thấy một số khâu sản xuất đã được cơ giới hóa khá tốt, song tính đồng bộ chưa hoàn toàn đạt chuẩn. Ngược lại, cà phê tại Đắk Lắk (57,5 điểm; K = 0,57) và gỗ rừng trồng tại Thừa Thiên Huế (46,43 điểm; K

= 0,46) chỉ đạt mức trung bình, phản ánh cơ giới hóa còn hạn chế, đặc biệt ở khâu chế biến, vận chuyển và quản lý.

Như vậy, kết quả đánh giá bước đầu chỉ ra sự khác biệt đáng kể giữa các ngành hàng: lúa gạo nổi bật về mức độ cơ giới hóa đồng bộ, trong khi các cây công nghiệp dài ngày và lâm nghiệp còn gặp nhiều khó khăn. Đây là cơ sở quan trọng để phân tích sâu hơn các tiêu chí cụ thể (T, H, O, R, I), từ đó đề xuất giải pháp nâng cao năng lực cơ giới hóa phù hợp với đặc thù từng ngành.

Bảng 3: Trình độ, năng lực công nghệ và hệ số mức độ đồng bộ của một số sản phẩm tại vùng thí điểm

Ngành hàng	Điểm tổng (S) – Trình độ và năng lực công nghệ	Hệ số K (mức đồng bộ)	Phân loại
Lúa	75.50	0.75	Tiên tiến
Cà phê	57.50	0.57	Trung bình
Xoài	61.75	0.62	Trung bình tiến tiến
Sầu riêng	61.00	0.61	Trung bình tiến tiến
Gỗ rừng trồng	46.43	0.46	Trung bình

Nguồn: ISPAE

Đánh giá năng lực cơ giới hóa bình quân theo nhóm tiêu chí của các ngành hàng thí điểm cho thấy có sự khác biệt rõ rệt giữa các sản phẩm. Lúa gạo tại An Giang đạt điểm số cao nhất và khá đồng đều trên các nhóm tiêu chí, đặc biệt nổi trội về trang bị máy móc, thiết bị công nghệ (đạt khoảng 87% so với chuẩn) và khai thác công nghệ (78%), tiến sát mức chuẩn, phản ánh mức độ cơ giới hóa đồng bộ và toàn diện của ngành hàng này. Xoài tại Sơn La và sầu riêng tại Tiền Giang được xếp ở mức trung bình khá, với điểm mạnh về hạ tầng phục vụ sản xuất (khoảng 65-67%) và

khai thác công nghệ (64-66%), song còn hạn chế ở tổ chức quản lý (chỉ đạt khoảng 50%) và đổi mới sáng tạo (54-56%), cho thấy sự phát triển chưa cân bằng giữa các khâu trong chuỗi giá trị. Ngược lại, cà phê tại Đắk Lắk chỉ đạt mức trung bình, nổi trội ở khả năng khai thác công nghệ (65%) nhưng yếu ở quản lý tổ chức (50%) và đổi mới sáng tạo (48%), phản ánh thách thức trong việc nâng cao năng lực HTX và ứng dụng công nghệ mới. Đáng chú ý, gỗ rừng trồng tại Thừa Thiên Huế có mức điểm thấp nhất ở hầu hết các tiêu chí, đặc biệt yếu ở trang bị máy móc (chỉ 37%) và hạ

tầng (51%), cho thấy khoảng cách lớn so với tiêu chuẩn cơ giới hóa và phản ánh đặc thù sản xuất phân tán, địa hình phức tạp của ngành lâm nghiệp.

Nhìn chung, trong các ngành hàng thực hiện khảo sát, lúa gạo tại vùng ĐBSCL là đã đạt năng lực cơ giới hóa cao nhất, trong khi ngành gỗ rừng trồng còn tụt hậu đáng kể. Kết quả này khẳng định tính đặc thù của từng ngành hàng và gợi mở định hướng chính sách: coi lúa gạo là hình mẫu phát triển cơ giới hóa đồng bộ; thúc đẩy công nghệ và hạ tầng trong rau quả; tăng cường đổi mới sáng tạo và tổ chức quản lý cho cà phê; đồng thời ưu tiên đầu tư hạ tầng và thiết bị cơ bản cho lâm nghiệp nhằm rút ngắn khoảng cách.

3.2. Tổng quan chính sách cơ giới hóa tại vùng nguyên liệu tập trung

Chính phủ đã ban hành nhiều Chiến lược, chương trình về khoa học công nghệ, nông nghiệp công nghệ cao, cơ giới hóa và chế biến (Đề án tái cơ cấu, Chiến lược cơ giới hóa và chế biến nông sản đến 2030, các quyết định về cơ khí trọng điểm, công nghiệp hỗ trợ, chương trình khoa học và công nghệ đến năm 2030...), cùng các chính sách hỗ trợ chế tạo máy, hỗ trợ lãi suất mua máy, giảm tổn thất trong nông nghiệp, khuyến khích địa phương hỗ trợ cơ giới hóa. Với các chính sách phát triển ngành, Chính phủ triển khai nhiều cơ chế hỗ trợ trực tiếp nông dân và doanh nghiệp đầu tư máy móc phục vụ sản xuất nông nghiệp, đặc biệt là chính sách hỗ trợ giảm tổn thất trong nông nghiệp theo Quyết định số 68/2013/QĐ-TTg. Các chính sách này đã tạo điều kiện mở rộng tiếp cận vốn ưu đãi, thúc đẩy đầu tư máy móc, đẩy nhanh cơ giới hóa, nhất là tại các vùng sản xuất lúa hàng hóa. Ngoài ra, chính sách phát triển công nghiệp hỗ trợ theo Nghị định số 111/2015/NĐ-CP góp phần nâng cao năng lực sản xuất trong nước và tạo

nền tảng cho phát triển bền vững ngành cơ khí nông nghiệp

3.3. Khó khăn và bất cập của chính sách cơ giới hóa tại vùng nguyên liệu tập trung

Mặc dù hệ thống chính sách về cơ giới hóa nông nghiệp tại Việt Nam tương đối đầy đủ, song quá trình triển khai tại các vùng nguyên liệu tập trung còn bộc lộ nhiều khó khăn và bất cập, thể hiện trên các nhóm chính sách chủ yếu sau.

Thứ nhất, chính sách tín dụng hiện nay chủ yếu căn cứ theo Nghị định 55/2015/NĐ-CP, Nghị định 116/2018/NĐ-CP và gói hỗ trợ lãi suất theo Nghị định 31/2022/NĐ-CP. Tuy nhiên, mức cho vay còn thấp so với nhu cầu đầu tư máy móc, thiết bị và công nghệ; điều kiện vay vốn còn khắt khe do yêu cầu tài sản thế chấp. Gói hỗ trợ lãi suất 2% (40.000 tỷ đồng) giải ngân rất thấp, đến 30/9/2023 mới đạt 873 tỷ đồng cho hơn 2.200 khách hàng (theo NHNN), chủ yếu do vướng mắc về thủ tục, tiêu chí và quy trình nội bộ của ngân hàng.

Thứ hai, chính sách thuế theo Luật Thuế GTGT 2014 tuy đã miễn thuế đối với máy móc chuyên dùng cho sản xuất nông nghiệp, song việc áp dụng các mức thuế suất 0%, 5%, 10% đối với dịch vụ cơ giới hóa hiện đại (thu hoạch thuê, sấy thuê, logistics nội vùng...) còn chông chéo, dẫn đến cùng một loại dịch vụ nhưng bị áp thuế khác nhau, làm gia tăng chi phí và rủi ro pháp lý cho doanh nghiệp.

Thứ ba, chính sách trợ cấp máy móc theo Quyết định 68/2013/QĐ-TTg đã góp phần thúc đẩy cơ giới hóa, song quá trình thực thi còn chậm, tập trung chủ yếu vào cây lúa và khâu thu hoạch, thiếu đồng bộ ở các khâu sau thu hoạch và các ngành hàng khác. Đặc biệt, chính sách đã hết thời hạn hỗ trợ lãi suất từ ngày 31/12/2020 nhưng chưa có văn bản thay thế.

Thứ tư, chính sách khoa học công nghệ và đổi mới sáng tạo theo Luật Chuyển giao công nghệ 2017 và Nghị định 76/2018/NĐ-CP còn thiên về khung pháp lý chung, thiếu cơ chế hỗ trợ tài chính cụ thể cho chuyển giao công nghệ máy móc và số hóa trong nông nghiệp; thủ tục đăng ký chuyển giao công nghệ còn phức tạp.

Thứ năm, chính sách đào tạo và tập huấn theo Nghị định 83/2018/NĐ-CP, Quyết định 1956/QĐ-TTg, Quyết định 971/QĐ-TTg và Nghị định 98/2018/NĐ-CP còn dàn trải, thiếu gắn kết với chuỗi liên kết và vùng nguyên liệu tập trung; chưa chú trọng đào tạo đội ngũ vận hành, bảo trì máy móc tại HTX và doanh nghiệp. Một số chính sách đào tạo đã hết thời hạn nhưng chưa được cập nhật, điều chỉnh.

Thứ sáu, chính sách liên kết sản xuất theo Nghị định 98/2018/NĐ-CP dù có mức hỗ trợ tương đối toàn diện, song triển khai trên thực tế còn lúng túng, thủ tục phức tạp, yêu cầu đối ứng cao, giải ngân chậm. Quy mô sản xuất nhỏ lẻ, biến động thị trường, thiếu cơ chế chế tài hợp đồng khiến liên kết dễ bị phá vỡ.

Thứ bảy, chính sách thu hút doanh nghiệp đầu tư vào nông nghiệp theo Nghị định 57/2018/NĐ-CP còn hạn chế về mức hỗ trợ, quy trình thẩm định và giải ngân phức tạp; quỹ đất sạch thiếu, hạ tầng vùng nguyên liệu chưa đồng bộ; chính sách chưa gắn chặt với phát triển vùng nguyên liệu tập trung nên đầu tư còn dàn trải.

Thứ tám, chính sách phát triển cơ khí, chế tạo máy nông nghiệp theo Quyết định 319/QĐ-TTg, Quyết định 10/2009/QĐ-TTg, Nghị định 111/2015/NĐ-CP và Nghị định 205/2025/NĐ-CP còn thiếu chính sách đặc thù cho cơ khí nông nghiệp; ưu đãi chưa đủ mạnh, thiếu cơ chế R&D và sản xuất thử nghiệm riêng; phối hợp liên ngành giữa Bộ Nông nghiệp và Môi trường, Bộ Công Thương và Bộ Khoa học và Công nghệ còn hạn chế.

3.4. Những rào cản trong áp dụng cơ giới hóa tại vùng nguyên liệu tập trung

Những rào cản trong áp dụng máy, thiết bị và công nghệ tại các vùng nguyên liệu tập trung thể hiện trên nhiều phương diện. (i) Thứ nhất, hạ tầng kỹ thuật còn yếu và thiếu đồng bộ: đường giao thông nội đồng, thủy lợi, kho lạnh, nhà sơ chế và trung tâm logistics đều chưa đáp ứng yêu cầu, làm tăng chi phí vận hành, giảm hiệu quả đầu tư và cản trở hình thành chuỗi giá trị sau thu hoạch. (ii) Thứ hai, quy mô sản xuất nhỏ lẻ, manh mún, tập quán canh tác thủ công phổ biến khiến cơ giới hóa chỉ tập trung ở một số khâu, công suất máy móc không được khai thác đầy đủ. (iii) Thứ ba, nguồn nhân lực nông thôn già hóa, trình độ tay nghề và tỷ lệ lao động qua đào tạo thấp, thiếu đội ngũ vận hành, bảo trì máy, dẫn tới hư hỏng, lãng phí và dịch vụ cơ giới hóa của HTX khó duy trì. (iv) Thứ tư, dịch vụ cơ giới hóa, thị trường máy móc trong nước và hệ thống bảo trì, phụ tùng còn yếu, phụ thuộc nhiều vào máy nhập khẩu giá cao, khó phù hợp điều kiện địa hình và quy mô hộ. Bên cạnh đó, tổ chức sản xuất và liên kết nông dân, HTX, doanh nghiệp còn lỏng lẻo, chính sách hỗ trợ khó tiếp cận, thiếu tính lan tỏa, trong khi tác động của biến đổi khí hậu (hạn, mặn, mưa bão cực đoan) làm gia tăng chi phí, rủi ro và làm giảm đáng kể hiệu quả của cơ giới hóa đồng bộ.

3.5. Giải pháp phát triển cơ giới hóa tại vùng sản xuất nông nghiệp tập trung

Để thúc đẩy cơ giới hóa đồng bộ và hiệu quả tại các vùng nguyên liệu tập trung, cần triển khai hệ thống giải pháp tổng hợp, gắn chặt giữa đầu tư công nghệ, tổ chức sản xuất, hạ tầng và đổi mới sáng tạo theo chuỗi giá trị nông sản.

Thứ nhất, nhóm giải pháp về trang bị máy móc, thiết bị và công nghệ cần chuyển từ hỗ trợ mua máy đơn lẻ sang hỗ trợ các gói thiết bị đồng bộ theo chuỗi giá trị,

phù hợp đặc thù từng sản phẩm và vùng nguyên liệu. Chính sách cần ưu tiên thiết bị công nghệ cao, tiết kiệm năng lượng, phát thải thấp và gắn hỗ trợ với hiệu quả sử dụng, hợp đồng liên kết chuỗi. Đồng thời, phát triển ngành công nghiệp chế tạo máy nông nghiệp trong nước thông qua hình thành các cụm ngành tại ĐBSCL, Tây Nguyên và Đông Nam Bộ; thúc đẩy liên kết Nhà nước, viện nghiên cứu, trường ĐH và doanh nghiệp, HTX; áp dụng cơ chế đặt hàng công và ưu đãi tài chính cho nghiên cứu phát triển, kiểm định và đào tạo nhân lực. Song song, cần nhập khẩu có chọn lọc các công nghệ tiên tiến mà trong nước chưa làm chủ, gắn chặt với chuyển giao công nghệ và chiến lược nội địa hóa.

Thứ hai, nhóm giải pháp về khai thác, vận hành và nâng cao năng suất công nghệ tập trung vào phát triển nguồn nhân lực và hệ sinh thái dịch vụ cơ giới hóa. Cần chuẩn hóa nghề vận hành, bảo trì máy nông nghiệp thông qua bộ tiêu chuẩn kỹ năng và chứng chỉ nghề; đào tạo gắn với nhu cầu từng vùng nguyên liệu và mô hình liên kết chuỗi. Mạng lưới kỹ thuật viên cơ giới hóa tại địa phương cần được hình thành để hỗ trợ vận hành, sửa chữa, tư vấn kỹ thuật và kết nối phản hồi cho doanh nghiệp chế tạo máy. Đồng thời, khuyến khích các sáng kiến kỹ thuật tại cơ sở thông qua quỹ hỗ trợ thử nghiệm, bảo hộ sở hữu trí tuệ và kết nối thương mại hóa.

Thứ ba, nhóm giải pháp về tổ chức sản xuất và quản lý hướng tới chuyên nghiệp hóa dịch vụ cơ giới hóa thông qua HTX và trung tâm cơ giới cấp xã, quản lý đội máy tập trung theo hợp đồng và số hóa toàn bộ quy trình vận hành. Việc ứng dụng IoT, GPS, AI, Big Data và GIS giúp tối ưu lịch máy, minh bạch chi phí, dự báo mùa vụ và đáp ứng yêu cầu truy xuất nguồn gốc của thị trường.

Thứ tư, nhóm giải pháp về hạ tầng hỗ trợ cơ giới hóa nhân mạnh đầu tư đồng bộ thủy lợi, giao thông nội đồng, hạ tầng sau thu hoạch và logistics. Hệ thống sấy, kho lạnh, trung tâm logistics vùng cần được phát triển theo mô hình dùng chung, kết hợp PPP và công nghệ số, gắn với chuỗi giá trị và giảm chi phí.

Thứ năm, đề xuất hoàn thiện chính sách, trong đó tập trung ban hành gói chính sách cơ giới hóa cho vùng nguyên liệu tập trung theo hướng đồng bộ chuỗi dựa trên hiệu quả. Trước hết, nâng trần tín dụng và nới điều kiện bảo đảm theo Nghị định 55/2015/NĐ-CP, Nghị định 116/2018/NĐ-CP; thiết kế lại hỗ trợ lãi suất theo Nghị định 31/2022/NĐ-CP với tiêu chí đơn giản, áp dụng bảo lãnh tín dụng/cho vay theo dòng tiền hợp đồng liên kết. Thống nhất thuế GTGT cho dịch vụ cơ giới hóa hiện đại để giảm chồng chéo của Luật Thuế GTGT 2014. Gia hạn và mở rộng chính sách thay thế Quyết định 68/2013/QĐ-TTg theo gói thiết bị sau thu hoạch và đa ngành hàng. Thiết lập quỹ/đồng tài trợ nghiên cứu phát triển và chuyển giao công nghệ theo Luật Chuyển giao công nghệ 2017, Nghị định 76/2018/NĐ-CP; chuẩn hóa đào tạo vận hành, bảo trì gắn HTX/DN theo Nghị định 83/2018/NĐ-CP và Nghị định 98/2018/NĐ-CP. Đồng thời, ưu đãi đặc thù cho cơ khí nông nghiệp theo Quyết định 319/QĐ-TTg, Nghị định 111/2015/NĐ-CP và Nghị định 205/2025/NĐ-CP, kèm cơ chế phối hợp liên ngành và thí điểm tại vùng trọng điểm.

IV. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã làm rõ cơ sở lý luận về vùng nguyên liệu tập trung và cơ giới hóa nông nghiệp, đồng thời khẳng định mối quan hệ tương hỗ giữa hai quá trình này trong hiện đại hóa nông nghiệp. Kết quả đánh giá năng lực cơ giới hóa tại một số vùng nguyên liệu thí điểm cho thấy sự khác biệt rõ rệt giữa các ngành hàng: lúa

gạo đạt mức cơ giới hóa tương đối đồng bộ và tiến gần tới hiện đại, trong khi cà phê, cây ăn quả và đặc biệt là gỗ rừng trồng còn hạn chế, thiếu đồng bộ giữa các khâu sản xuất, sau thu hoạch, quản lý. Mặc dù hệ thống chính sách hiện hành tương đối đầy đủ, song việc triển khai tại các vùng nguyên liệu tập trung còn gặp nhiều rào cản về tín dụng, thuê, trợ cấp máy móc, khoa học công nghệ, đào tạo nhân lực, liên kết sản xuất, thu hút đầu tư và phát triển cơ khí nông nghiệp.

Trên cơ sở đó, kiến nghị cần coi cơ giới hóa là trụ cột chiến lược trong phát triển

vùng nguyên liệu tập trung giai đoạn tới. Nhà nước cần ban hành gói chính sách cơ giới hóa chuyên biệt cho vùng nguyên liệu theo hướng đồng bộ chuỗi giá trị, dựa trên hiệu quả và hợp đồng liên kết; ưu tiên đầu tư hạ tầng, dịch vụ cơ giới hóa và nguồn nhân lực vận hành, bảo trì. Đồng thời, tăng cường vai trò điều phối liên ngành của Bộ Nông nghiệp và Môi trường, gắn cơ giới hóa với việc thực hiện Đề án phát triển vùng nguyên liệu giai đoạn 2026-2030 nhằm nâng cao năng suất, giảm chi phí và tăng sức cạnh tranh của nông sản Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1].Nguyễn Trí Lạc. (2018). *Luận án tiến sĩ: Đẩy mạnh cơ giới hóa nông nghiệp tỉnh Hà Tĩnh.*

[2].Viện nghiên cứu nông nghiệp Yanmar & Khoa Công nghệ - Trường Đại học Cần Thơ. (2022). *Thực trạng về Cơ giới hóa sản xuất lúa vùng ĐBSCL.*

[3].FAO. (1997). *Agricultural Mechanization Strategy.* FAO Agricultural Services Bulletin.

[4].Odigboh, E. U. (1991). *Mechanization of tropical agriculture.*

[5].Ou, Y., et al. (2002). *Agricultural mechanization as a technical system.*

6.Thông tư 17/2019/TT-BKHCN về

Hướng dẫn đánh giá trình độ và năng lực công nghệ sản xuất do Bộ trưởng Bộ Khoa học và Công nghệ ban hành

[7].Quyết định 1088/QĐ-BNN-KTHT năm 2022 phê duyệt *Đề án Thí điểm xây dựng vùng nguyên liệu nông, lâm sản đạt chuẩn phục vụ tiêu thụ trong nước và xuất khẩu giai đoạn 2022-2025* do Bộ trưởng Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn ban hành

[8].Quyết định 858/QĐ-TTg năm 2022 phê duyệt *Chiến lược phát triển cơ giới hóa nông nghiệp và chế biến nông lâm thủy sản đến năm 2030* do Thủ tướng Chính phủ ban hành



NGHIÊN CỨU TÍNH TOÁN THIẾT KẾ LỒNG QUAY CỦA MÔ HÌNH MÁY LY TÂM CHO RAU CẮT TƯƠI DẠNG MẺ

Nguyễn Nhân Sâm¹

Đặng Hoàng Minh²

Bùi Trung Thành³

Lịch sử bài báo

Ngày nhận bài: 05/10/2025

Ngày phản biện: 10/10/2025

Ngày duyệt đăng: 19/01/2026

TÓM TẮT

Nghiên cứu đề cập đến nội dung nghiên cứu lý thuyết trong tính toán về thiết kế một loại lồng quay của mô hình máy ly tâm chuyên dùng làm khô ráo rau cắt tươi sau khi chúng đã được rửa sạch có năng suất 2kg/mẻ, nhằm đáp ứng nhu cầu “rau ăn liền” cho người lao động sống ở khu vực thành thị tiết kiệm thời gian nấu ăn trong gia đình sau giờ làm việc. Nghiên cứu đã sử dụng số liệu thực nghiệm cho rau cải xanh cắt lát phạm vi 4cm có khối lượng riêng thể tích là 303kg/m³ cùng với việc lựa chọn số vòng quay của lồng quay là 600 vòng/phút. Nghiên cứu đã xác định được thể tích lồng quay chứa rau cần ly tâm là 9,2.10⁻³ m³ và đã cho ra kích thước 5 lồng quay (đường kính x

chiều dài) gồm: (150 x 500)mm; (200 x 320)mm; (250 x 210)mm; (300 x 150)mm và (350 x 115) mm. Nghiên cứu đã chọn lồng quay kích thước (200 x 320) mm, số vòng quay 600 vòng/phút để thực hiện tính toán. Kết quả đã tính được: Lực ly tâm tương đương $F = 32,5N$, áp suất ly tâm $P_{max} = 3739,76 N/m^2$, ứng suất kéo $= 697287,55 N/m^2$, đường kính lỗ $d = 10mm$, số lỗ 1216 và số tỷ lệ thoát nước $= 47,5\%$ và khoảng cách các lỗ theo chiều ngang và chiều dọc là 12,8mm. Ở chiều dày vật liệu chế tạo lồng quay $min = 1,2 mm$ cho thời gian thoát nước là 0,5 phút.

Từ khóa: Khả năng phân ly, máy ly tâm, ly tâm làm khô rau, lồng quay, lực ly tâm.

STUDYING OF DESIGNING CALCULATION A ROTATING CAGE OF CENTRIFUGE MODEL FOR BATCH FRESH CUT VEGETABLES

ABSTRACT

The study deals with the designing and calculating of a rotating cage of a centrifuge model specialized in dried fresh cut vegetables after they have been washed with the capacity of 2kg/batch. This study meet the demand of "instant vegetables" for people are living in urban areas that saving time for cooking at home after works.

Studying used experimental data for 4cm-sized sliced of the green vegetables having the bulk density of 303kg/m³ and selected the number of rotations of the rotating cage of 600 rpm.

This studying determined the volume of the the rotating cage to be 9.2 x 10⁻³ m³ and five rotating cages (diameter x length) including: (150 x 500) mm; (200 x 320)mm; (250 x 210)mm; (300 x 150) mm and (350 x 115)mm.

The studying selected a rotating cage with

dimensions of (200 x 320) mm and a rotation speed of 600 rpm to perform the calculation. The calculated results were: the Equivalent centrifugal force $F = 32.5N$, the centrifugal pressure $P_{max} = 3739.76 N/m^2$, the tensile stress $= 697287.55 N/m^2$, the hole diameter $d = 10mm$, number of holes 1216 and the drainage ratio $= 47.5\%$ and the distance between holes horizontally and vertically is 12.8mm. At the thickness of the material used to make the rotating cage $min = 1.2mm$, gives the drainage time of 0.5 minutes.

Keywords: Centrifuge, centrifugal force, rotating cage, separation capacity, vegetable drying centrifuge.

Keywords: agricultural mechanization; agricultural policy; concentrated raw material zones; mechanization capacity; value chain.

¹ Phòng Quản lý khoa học và Hợp tác quốc tế, Trường Đại học Công nghiệp TP. Hồ Chí Minh

² Khoa Công nghệ Cơ Khí, Trường Đại học Công nghiệp TP. Hồ Chí Minh

³ Khoa Công nghệ Nhiệt Lạnh, Trường Đại học Công nghiệp TP. Hồ Chí Minh

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

1. GIỚI THIỆU

Chất lượng của sản phẩm rau ăn lá cắt tươi bày bán trên các kệ của siêu thị phụ thuộc vào chất lượng lát rau còn nguyên vẹn, đủ khô để có thể bảo quản trong một số ngày cho đến khi nấu trên bếp. Yếu tố chính quan trọng tạo nên sự ổn định của sản phẩm rau ăn lá cắt tươi sau rửa sạch là kiểm soát độ ẩm sau khi rửa, như vậy yêu cầu rau sau khi cắt tươi và rửa phải được loại bỏ nước đến độ ẩm yêu cầu để ngăn chặn sự hư hỏng do sự phát triển nhanh của các vi khuẩn hoặc enzyme, nhưng không làm rau được dập nát [1]. Trên thị trường hiện đang có một số phương pháp làm ráo nước cho rau sau rửa gồm: ly tâm, sàng rung, thổi khí. So sánh 3 phương pháp làm khô nói trên thì phương pháp ly tâm đang được ứng dụng phổ biến hơn, bởi tính tiện dụng, cho năng suất cao, chi phí đầu tư thấp [2].

Thực tế trên thị trường hiện nay chưa có máy ly tâm chuyên dùng làm khô rau sau sơ chế. Máy ly tâm cho rau sau cắt tươi có yêu cầu kỹ thuật khác biệt là do rau ăn lá có nhiều nách lá, bề mặt lá nhăn nheo, nước dễ bị đọng tại các túi [3]. Việc loại bỏ nước khó khăn hơn. Khi thực hiện ly tâm tách nước không tốt nước sẽ còn đọng lại dẫn đến phát triển vi sinh vật, làm giảm tuổi thọ rau trong các bao gói khi bảo quản trên kệ tại các siêu thị. Để có thể tách nước triệt để, người ta phải kéo dài thời gian ly tâm hoặc phải tăng lực ly tâm hoặc kết hợp cả 2 giải pháp. Việc tăng lực ly tâm và kéo dài thời gian ly tâm quá mức không những gây tổn thương tế bào trên lá rau mà còn tiêu hao nhiều năng lượng điện dẫn đến giá thành bán rau tươi trở nên thiếu tính cạnh tranh hơn.

Khi máy ly tâm làm việc, lồng quay quay xuất hiện lực ly tâm phá vỡ lực liên kết giữa vật liệu ướt cần làm khô với chất lỏng bám dính theo [4]. Khi lồng quay quay, chất lỏng bám dính theo vật liệu có

khối lượng riêng lớn hơn vật liệu ướt cần làm khô được tách ra và văng ra ngoài thông qua các lỗ trên thành lồng quay theo lực ly tâm. Số vòng quay của lồng quay càng lớn, bán kính lồng quay càng lớn thì lực ly tâm càng lớn cho ra khả năng tách nước ra khỏi vật ẩm càng nhanh [5]. Ngoài ra mật độ lỗ trên lồng quay hay còn gọi là tỷ lệ diện tích lỗ trên thành lồng quay (f) với diện tích xung quanh của lồng quay (A) hay được gọi tắt là số tỷ lệ thoát nước qua thành lồng (λ) cũng ảnh hưởng lớn đến khả năng phân ly [6],[7]. Theo [7] số tỷ lệ (λ) có liên quan đến khả năng phân phối lưu chất thoát qua lồng quay nhanh hay chậm, đồng đều hay không đồng đều.

Phạm vi bài báo chỉ trình bày cơ sở thiết kế lồng quay, các tính toán thiết kế về lồng quay và kiểm tra bền theo chỉ tiêu ứng suất và chuyển vị theo chiều dày chế tạo thành lồng quay liên quan đến số tỷ lệ diện tích lỗ thoát nước tốt nhất trên lồng quay của mô hình máy ly tâm rau cắt tươi có năng suất 2kg/ mẻ. Việc nghiên cứu này làm cơ sở để thực hiện công tác thiết kế và chế tạo hoàn chỉnh một mô hình máy ly tâm rau đã cắt sau sơ chế để tiến hành thực nghiệm trong các bước tiếp theo của nghiên cứu máy ly tâm trong dây chuyền sơ chế rau ăn lá “ăn liền” trong thực tiễn.

2 VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

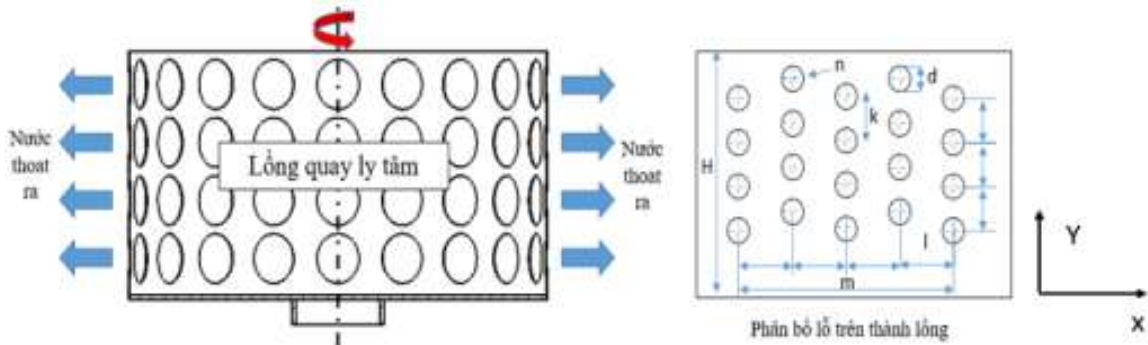
2.1 Lồng quay của máy ly tâm

Lồng quay (centrifuge basket) là bộ phận quan trọng của máy ly tâm, có vai trò trực tiếp trong quá trình tách pha lỏng khỏi pha rắn (hoặc bán rắn) dưới tác dụng của lực ly tâm. Lồng quay được bố trí gắn trên một trục quay, được dẫn động quay bởi một động cơ điện có số vòng quay tương đối cao. Bề mặt thành lồng thường được gia công các lỗ nhỏ hoặc khe hở để chất lỏng dính theo vật ướt có thể thoát ra khỏi vật và văng ra khỏi lồng quay nhờ lực ly tâm, trong khi đó vật liệu cần

được làm khô thì được giữ lại bên trong thành lồng.

Quá trình ly tâm tách nước ra khỏi rau sau công đoạn rửa được mô tả như sau: Trước tiên cho rau sau rửa vào lồng quay, tiếp theo cho máy ly tâm làm việc. Khi lồng quay quay, lực ly tâm xuất hiện, dưới tác dụng của lực ly tâm rau ướt bị

ép vào xung quanh thành trong của lồng, lúc này (nước) trong vật ẩm có khối lượng riêng lớn hơn bị văng ra khỏi rau thông qua các lỗ thoát nước trên thành lồng, rau có khối lượng riêng nhỏ hơn được giữ lại bên trong thành lồng quay. Việc tách pha lỏng khỏi rau ẩm nhờ sự khác biệt về khối lượng riêng của rau và nước.



Hình 1. Nguyên lý thoát nước ly tâm và phân bố lỗ ly tâm theo chiều dọc và theo chiều ngang trên thành lồng quay

2.2 Phân tích các thông số liên quan đến chất lượng làm việc của lồng quay máy ly tâm

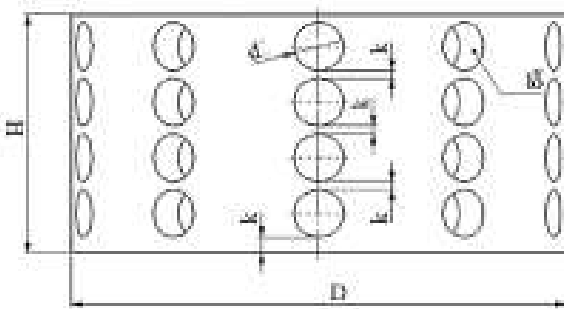
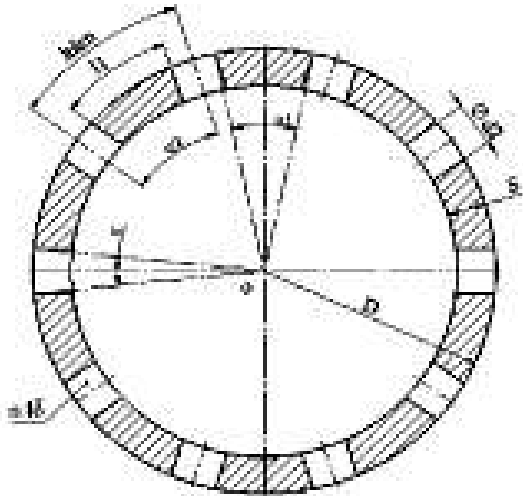
Các thông số then chốt trong tính toán thiết kế một lồng quay tốt cho máy ly tâm gồm: đường kính lồng (D), chiều cao lồng (H), hình dạng và đường kính lỗ thoát nước (d), số lỗ thoát nước trên thành lồng (n), tỷ số của tổng diện tích lỗ thoát nước (f) và diện tích xung quanh thành lồng quay (A) (ký hiệu trong nghiên cứu này là $()$); phân bố lỗ thoát nước trên thành lồng quay và chiều dày vật liệu làm lồng quay. Các thông số này ảnh hưởng trực tiếp đến thể tích chứa, hiệu suất tách nước và khả năng chịu lực ly tâm khi lồng quay làm việc [8]. Sau đây ta đi phân tích một số thông số:

Kích thước lỗ thoát nước (d) trên thành lồng quay: Trường hợp kích thước lỗ quá lớn so với lát rau cắt cần ly tâm sẽ cho phép nước trong hỗn hợp rau - nước

nhẹ nhàng được tách và thoát qua thành lồng, trong khi đó một số lát rau cắt cũng có thể bị cuốn theo pha lỏng ra ngoài gây hao tổn thất rau khô thu được sau ly tâm. Ngược lại trường hợp lỗ thoát nước quá nhỏ sẽ xảy ra chiều hướng, rau sẽ che lấp các lỗ thoát nước dẫn đến hiệu suất tách nước ra khỏi rau bị suy giảm dần, có thể tạo ra các dòng chảy cục bộ trong khối rau dẫn đến phân bố áp suất lên thành lồng không đồng nhất, gây ra hiện tượng mất cân bằng cục bộ, gây mỏi cục bộ dẫn đến phá hủy lồng quay [9].

Số lỗ thoát nước: Số lỗ thoát nước liên quan đến tỷ số thoát nước sẽ lớn. Số tỷ lệ thoát nước $()$ ảnh hưởng đến thời gian ly tâm. Số tỷ lệ thoát nước $()$ trên lồng quay lớn cho phép pha lỏng phía trong lồng quay được thoát ra nhanh hơn, nhiều hơn, ngược lại diện tích thoát nước của lồng quay thấp sẽ làm lượng nước thoát ra thấp hơn, chậm hơn dẫn đến kéo dài thời gian ly tâm hơn.

Theo [9] lồng quay có diện tích thoát nước cao thì máy ly tâm cũng sẽ cho năng suất ly tâm cao hơn, tiết kiệm năng lượng điện hơn.



Hình 2. Đường kính lỗ thoát nước và bố trí lỗ theo chu vi và theo chiều cao lồng

Phân bố lỗ thoát nước trên thành lồng quay: Các lỗ thoát nước được phân bố đều, đến tận mép lồng quay, điều này sẽ cải thiện độ đồng đều của quá trình ly tâm. Các lỗ thoát nước có thể được phân bố theo dạng tam giác cân hoặc tam giác đều hoặc dạng hình chữ nhật hoặc hình vuông [7] với các bước bố trí đều trên thành lồng quay. Trên Hình 1 và Hình 2 thể hiện phân bố lỗ theo chiều dọc lồng theo phương y là (k) và theo phương x là (l). Việc bố trí (k) và (l) hợp lý không chỉ tối ưu cho hiệu quả thoát nước mà còn ảnh hưởng đến phân bố ứng suất và độ bền của lồng quay ly tâm (Hình 1 và Hình 2). Phân bố lỗ thoát

nước trên lồng quay cũng là thông số gây ảnh hưởng đến phân bố ứng suất trên lồng quay. Các lỗ trên thành lồng tạo ra các điểm tập trung ứng suất, là nguyên nhân chính làm suy giảm độ bền của lồng, đặc biệt dưới tác dụng của tải trọng của lực ly tâm tác dụng lên thành lồng [10].

Kích thước lồng quay: Kích thước lồng quay được đề cập gồm đường kính (D) và chiều cao lồng quay (H). Theo Zhao Zhiguo và các cộng sự [11] đã thực hiện nghiên cứu phân tích mô phỏng lồng quay trên phần mềm Ansys cho thấy rằng đường kính lồng quay ngoài liên quan đến lực ly tâm thì có ảnh hưởng lớn đến ứng suất và biến dạng lồng quay ly tâm, trong khi đó thông số chiều cao của lồng quay không ảnh hưởng đến ứng suất lồng quay ly tâm.

2.3 Phân tích một số yếu tố ảnh hưởng đến thiết kế lồng quay máy ly tâm

Một thiết kế lồng quay tốt yêu cầu phải bảo đảm khả năng tách được nước ra khỏi vật liệu ướt cao nhất, độ bền kết cấu, tuổi thọ dài nhất, nhưng chi phí sản xuất máy thấp nhất. Ta phân tích một số yếu tố ảnh hưởng đến độ bền và tuổi thọ của lồng quay máy ly tâm như sau:

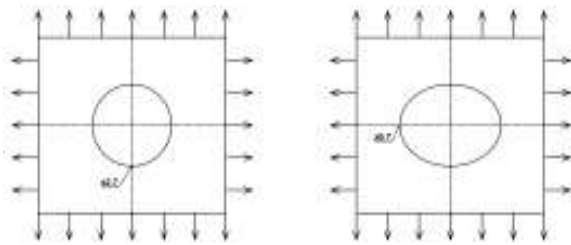
Ứng suất tập trung cao: Xung quanh các lỗ thoát nước và các điểm chuyển tiếp hình học giữa các lỗ, là các điểm tập trung ứng suất nên sẽ dẫn đến nguy cơ gây nứt gãy cục bộ thành lồng quay [12].

Rạn nứt do mỏi: Lồng quay ly tâm khi làm việc do chịu các tải trọng theo chu kỳ trong quá trình khởi động/dừng, cũng như rung động trong quá trình vận hành, dễ dẫn đến hỏng mỏi nếu không được thiết kế và tính toán tốt [13].

Rung động và cộng hưởng: Tần số quay của lồng có thể trùng hoặc gần với một trong các tần số dao động riêng của nó, gây ra hiện tượng cộng hưởng, dẫn đến rung động lớn, biến dạng quá mức và tiềm ẩn nguy cơ phá hủy [12], [13].

Độ cứng không đủ: Lồng quay cần có độ cứng đủ để hạn chế biến dạng dưới tải trọng của lực ly tâm gây ra [12].

Hình dạng lỗ thoát nước trên lồng quay: Hình dạng lỗ thoát nước trên lồng quay cũng là thông số trong thiết kế cần quan tâm đến phân bố ứng quanh các lỗ thoát nước. Theo [10] khi hoạt động các áp lực tác dụng lên thành lồng quay là phân bố đều trên 4 hướng, điều này dễ thấy khi thành lồng quay bị biến dạng nở rộng ra. Từ đó, ta thấy các lỗ trên thành lồng quay sẽ chịu ứng suất kéo là lớn nhất và làm biến dạng lỗ. Các điểm ở mép lỗ sẽ gây ra ứng suất lớn nhất. Theo [11] [12] [13] cho thấy các điểm gây ứng suất lớn nhất ở trường hợp dạng lỗ tròn nhỏ hơn là 6,7 lần so với dạng lỗ elip (Hình 3). Trên cơ sở đó trong nghiên cứu này lựa chọn hình dạng lỗ tròn để gia công lồng ly tâm.



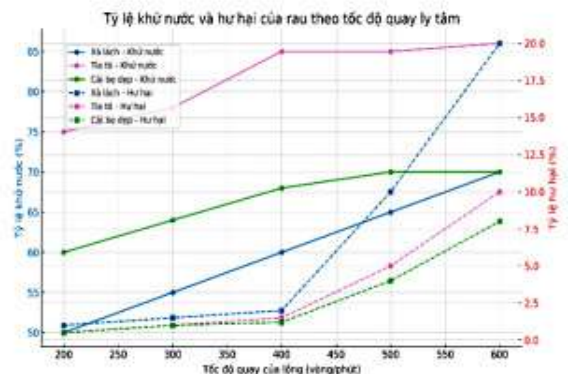
Hình 3. Ứng suất cực đại trên lỗ thoát nước trên lồng quay dạng tròn và lỗ dạng hình elip [12]



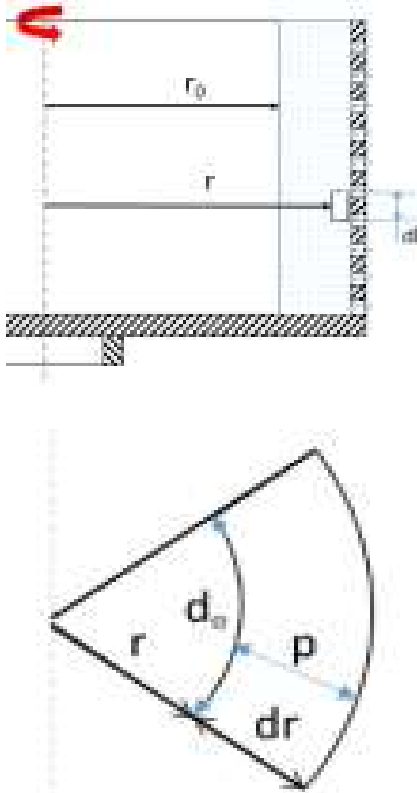
Hình 4. Dạng lỗ và bố trí lỗ trên thành lồng máy ly tâm đường mía.

Số vòng quay của lồng quay ly tâm: Số vòng quay an toàn cho các máy ly tâm dạng mẻ nằm trong khoảng từ 0 - 1000 vòng/ phút, theo nghiên cứu của Hong và các cộng sự [14] đã thực hiện ly tâm làm khô rau trên các loại rau ăn lá Cải Thừa, Tía Tô, Xà lách kết quả tác giả đề xuất tốc độ ly tâm hợp lý từ 300 - 400 vòng/ phút sẽ có kết quả lên đến 65% và có lượng rau hư hỏng thấp 5%.

Theo [15] số vòng quay ly tâm từ 500 - 600 vòng/phút có tỷ lệ khử nước từ 70 - 85% cho thấy hiệu quả tách nước cao. Tuy nhiên tỷ lệ hư hại rau cũng tăng theo tốc độ, các loại rau có tính chất bền cao như tía tô và cải thừa có tỷ lệ hư hỏng <10% tại tốc độ 600 vòng/ phút. Từ kết quả nghiên cứu theo [15], để đảm bảo tính an toàn, tính kỹ thuật và đáp ứng được khả năng hoạt động hiệu quả và năng suất, nghiên cứu chọn thông số tốc độ vòng quay của máy ly tâm rau ăn lá trong khoảng số vòng quay tối đa $n_{max} = 600$ vòng/phút [16] để tính toán thiết kế lồng quay. Số vòng quay tối ưu sẽ được hiệu chỉnh trên cơ sở thực nghiệm không làm dập rau trong bài toán tối ưu hóa tiếp theo.



Hình 5 Biểu đồ tỷ lệ khử nước và hư hại của rau theo số vòng quay của lồng quay ly tâm [15]



Hình 6. Phân bố các kích thước trên lồng quay ly tâm

2.4 Áp suất ly tâm tác dụng lên thành lồng quay

Theo [16] ta thực hiện một số tính toán về lực ly tâm và áp suất tác dụng lên thành lồng

Lực ly tâm tác dụng lên lồng quay được biểu diễn (PT1)

$$dF = \rho \cdot r \cdot \omega^2 d_\theta d_r d_l \quad (1)$$

Trong đó: F- lực ly tâm tác dụng lên lồng quay ly tâm, N;

ρ_{rau} - khối lượng riêng thể tích của rau trong lồng quay, kg/m³

Ta xét điều kiện cân bằng trên lồng quay ly tâm và các phép biến đổi ta có được phương trình tính áp suất ly tâm tác dụng lên thành lồng quay

$$P = \frac{1}{2} \rho \cdot r \cdot \omega^2 + \frac{1}{2} \rho \cdot r_0 \omega^2$$

$$= \frac{1}{2} \rho \omega^2 (r^2 - r_0^2) \quad (2)$$

Và rút ra $P_{\max}$

$$P_{\max} = \frac{\rho \cdot \omega^2 (r^2 - r_0^2)}{2} \quad (3)$$

Trong đó: ρ - khối lượng riêng của rau cần ly tâm kg/m³; ω : vận tốc góc rad/s; r- bán kính trong của lồng quay, m; P- áp suất, N/m²; r_0 - bán kính bề mặt thoáng của chất lỏng trong lồng quay, m.

Bán kính bề mặt thoáng của chất lỏng trong lồng quay (r_0) được thiết lập qua (PT4)

$$r_0 = r \sqrt{1 - \beta} \quad (4)$$

Mô hình phân bố áp suất lên thành lồng quay ly tâm theo chiều cao H của lồng quay được thiết lập theo (PT5)

200mm. (Giá trị có r = 105 mm và z = 200mm là giá trị lựa chọn từ thể tích lồng cần chứa rau theo năng suất 2kg/mê, lát cắt rau phạm vi 3- 4 cm và khối lượng riêng thể tích $\rho = 303,15 \text{ kg/m}^3$)

Để tránh việc rau văng ra ngoài khi đang ly tâm tách nước, theo [8], ta nhân thêm hệ số thực nghiệm k = 1,33

$$V = 0,006927211801 \cdot 1,33$$

$$= 0,009236282401 \text{ m}^3$$

Với thể tích lồng quay chứa $V = 0,00963421733 \text{ m}^3$, ta có được dãy các kích thước các loại lồng quay có cùng thể tích chứa (D x H) của máy ly tâm gồm: (150 x 500) mm, (200 x 320) mm, (250 x 210) mm, (300 x 150) mm và (350 x 115) mm.

Ta chọn lồng quay kích thước (200 x 320) mm để thực hiện tính toán các thông số liên quan đến quá trình ly tâm.

3.2 Tính toán vận tốc góc của máy ly tâm

$$\Omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{\pi \cdot 600}{30} = 62,83 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \quad (7)$$

Trong đó: chọn số vòng quay của máy ly tâm n = 600 vòng /phút (theo [15])

Trong đó:

$$\beta = \frac{z}{H} \quad (5)$$

Trong đó: β – hệ số chứa đầy; H – Chiều cao lồng quay, m; z : chiều cao ban đầu của hỗn hợp rau đã cắt và được rửa (rau vừa được rửa sạch và vớt ra đưa vào máy ly tâm), m.

3. KẾT QUẢ TÍNH TOÁN THIẾT KẾ LỒNG QUAY

3.1 Tính toán kích thước lồng quay mô hình máy ly tâm.

Thể tích lớn nhất của lồng chứa rau

$$\begin{aligned} V &= \pi \cdot r^2 \cdot z \quad (6) \\ V &= \pi \cdot r^2 \cdot z = \pi \cdot 105^2 \cdot 200 \\ &= 6927211,801 \text{ mm}^3 \\ &= 0,006927211801 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Trong đó:

r : bán kính lồng quay là 105 mm

z : chiều cao của rau trong lồng quay là

3.3 Tính toán một số thông số liên quan đến phân ly

Lực ly tâm:

$$\begin{aligned} F &= m\omega^2 R_{tb} = \frac{m(\pi n)^2 R_{tb}}{900} \\ &= \frac{2,2 (\pi \cdot 600)^2 \cdot 0,0806185}{900} \\ &= 700,192 \text{ N} \quad (8) \end{aligned}$$

Lực trọng trường:

$$F_m = m \cdot g = 2,2 \cdot 9,8 = 21,56 \text{ N} \quad (9)$$

Trong đó:

F - lực ly tâm, N.

m - khối lượng rau trong lồng quay (giá trị $m = 2,2$ kg được tính tăng lên 10% để an toàn cho việc cấp rau vào máy ly tâm không đều khi thực nghiệm).

n - số vòng quay của roto, vòng/phút.

g - gia tốc trọng trường m/s^2 .

R_{tb} - bán kính quay trung bình của rau trong lồng quay, m;

$$\begin{aligned} R_{tb} &= \frac{r_o + r}{2} \\ &= \frac{0,061237 + 0,1}{2} = 0,0806185 \text{ m} \quad (10) \end{aligned}$$

r : bán kính trong của lồng quay là 100 mm hay 0,1m

r_o : bán kính bề mặt thoát của chất lỏng trong lồng quay, m.

$$\begin{aligned} r_o &= r\sqrt{1-\beta} = 100\sqrt{1-0,625} \\ &= 61,237 \text{ mm} = 0,061237 \text{ m} \quad (11) \end{aligned}$$

$$\beta = \frac{z}{H} = \frac{200}{320} = 0,625 \quad (12)$$

Trong đó: β – hệ số chứa đầy được xác định theo; H - Chiều cao lồng quay, 320mm; z - chiều cao của rau trong lồng quay, 200mm

Lực ly tâm tương đương được tính theo [8],[16]

$$F_{RCF} = \frac{F}{F_m} = \frac{700,192}{21,56} = 32,476 \text{ N} \quad (13)$$

3.4 Tính toán áp suất ly tâm tác dụng lên thành lồng quay

Theo [17] tính toán áp suất ly tâm của rau tác dụng lên thành lồng

$$\begin{aligned} P_{\max} &= \frac{\rho_{\text{rau}} \omega^2 (r^2 - r_o^2)}{2} \\ &= \frac{303,15 \times 62,83^2 (0,10^2 - 0,061237^2)}{2} \\ &= \frac{3,739,76 \text{ N}}{\text{m}^2} \quad (14) \end{aligned}$$

Trong đó: ρ_{rau} - khối lượng riêng thể tích rau cải xanh sau rửa (thực nghiệm đã xác định rau cải xanh lát cắt 4 mm có $\rho_{\text{rau}} = 303,15 \text{ kg/m}^3$), ω - vận tốc góc rad/s; r - bán kính trong của lồng quay, m; r_o -bán kính bề mặt thoát của chất lỏng trong lồng quay, m.

Cũng cách tính này ta cũng có được áp suất ly tâm tác dụng lên lồng quay cho các loại lồng quay có các kích thước khác nhau ($D \times H$): (150 x 500) mm, (200 x 320)mm, (250 x 210)mm, (300 x 150) mm và (350 x 115) mm.

3.5. Tính toán ứng suất ly tâm

Lồng quay chịu lực ly tâm khi quay, gây ra ứng suất kéo.

$$\sigma = \rho_{\text{inox}} \times \omega^2 \times r^2 \quad (15)$$

$$\sigma = 7850 \times \left(\frac{\pi \times 600}{30} \right)^2 \times \left(\frac{0,210}{2} \right)^2 = 697287,55 \text{ Pa}$$

Trong đó: σ - ứng suất trong lồng quay, Pa; ρ - khối lượng riêng vật liệu không rỉ (thép $\rho_{inox} = 7850 \text{ kg/m}^3$); ω - vận tốc góc (được tính từ $n = 600$ vòng/phút)

3.6. Tính toán chiều dày vật liệu chế tạo lồng quay tối thiểu và tối đa

Tính toán chiều dày vật liệu chế tạo lồng quay theo [17].

$$\delta = \frac{k\sigma}{\sigma_{b\ddot{e}n}} \quad (16)$$

Trong đó: $\sigma_{b\ddot{e}n} = 250 \text{ Mpa} = 250 \times 10^6 \text{ Pa}$; $K = 0,43$ (hệ số an toàn)

Chiều dày vật liệu tối thiểu:

$$\delta_{min} = \frac{\sigma K}{\sigma_{b\ddot{e}n}} = \frac{697287,55 \times 0,43}{250 \times 10^6} = 0,00119 \text{ m} = 1,2 \text{ mm} \quad (17)$$

Chiều dày vật liệu tối đa:

$$\delta_{max} = 2 \times \delta_{min} = 2,4 \text{ mm} \quad (18)$$

3.7 Tính toán thời gian tách nước

Thời gian tách nước (τ) có thể được ước tính theo (PT19) [18]

$$\tau = \varepsilon \left(\frac{m}{A} \right) * \left(\frac{1}{\omega} \right) \quad (19)$$

Trong đó: τ -thời gian tách nước, phút; ε - hệ số phụ thuộc vào đặc tính nguyên liệu và điều kiện quay (được xác định qua thực nghiệm trong trường hợp nghiên cứu này ta chọn $\varepsilon = 1$; m -khối lượng nguyên liệu rau cần ly tâm, kg (khối lượng nguyên liệu được lấy $m = 2,2 \text{ kg}$); A -tổng diện tích lỗ thoát nước, m^2 ; ω - vận tốc góc của lồng, rad/s (số vòng quay máy ly tâm chọn chế độ làm việc thấp, an toàn cho rau theo [15] có $n = 600$ vòng/phút)

3.8 Tính toán số lỗ trên lồng quay và bước lỗ cho loại lồng quay cùng thể tích.

Nghiên cứu đã thực hiện đã xác định được tỷ số thoát nước (ψ) trên lồng quay ly tâm bằng phần mềm solidworks cho giá trị tối ưu là 47,5% (được biểu diễn tại đồ thị Hình 8)

Ta gọi tổng diện tích lỗ thoát nước là f (m^2) và diện tích xung quanh của lồng quay là A (m^2)

Ta lấy lồng quay có kích thước $200 \times 320 \text{ mm}$ để tính toán các thông số liên quan đến số lỗ và bước lỗ như sau:

Diện tích xung quanh bề mặt lồng quay loại kích thước $(200 \times 320) \text{ mm}$

$$A = \pi \times D \times H = \pi \times 200 \times 320 = 200,96 \text{ mm}^2 = 0,201 \text{ m}^2 \quad (20)$$

Trong đó: D : đường kính lồng quay là 200 mm ; H : chiều cao lồng quay là 320 mm

Diện tích lỗ thoát nước được tính:

$$f_{l\ddot{o}} = \pi \times \frac{d^2}{4} = 3,14 \times \frac{10^2}{4} = \text{mm}^2 = 0,0000785 \text{ m}^2 \quad (21)$$

Trong đó: d đường kính lỗ thoát nước trên lồng quay được chọn $d = 10 \text{ mm}$.

Với tỉ lệ diện tích thoát nước trên bề mặt lồng quay đã được xác định ở trên ($\left(\frac{\Sigma f}{A} \right) = 47,5\%$)

$$\Sigma f = 0,475 * A = 0,475 * 0,201 = 0,0955 \text{ m}^2$$

Ta nhận thấy đường kính lỗ thoát nước và tỷ lệ diện tích lỗ và diện tích xung quanh lồng quay có quan hệ mật thiết với nhau, khi đường kính lỗ tăng thì tỷ lệ này sẽ giảm và ngược lại.

Số lỗ thoát nước trên bề mặt lồng quay

$$n_l = \frac{\Sigma f}{f_{l\ddot{o}}} = \frac{0,0955}{0,0000785} = 1216 \text{ lỗ} \quad (22)$$

Khoảng cách giữa các lỗ thoát nước

$$\sqrt{\frac{A}{n_l}} = \sqrt{\frac{200,96}{1216}} = 12,85 \text{ mm chọn } 12,8 \text{ mm} \quad (23)$$

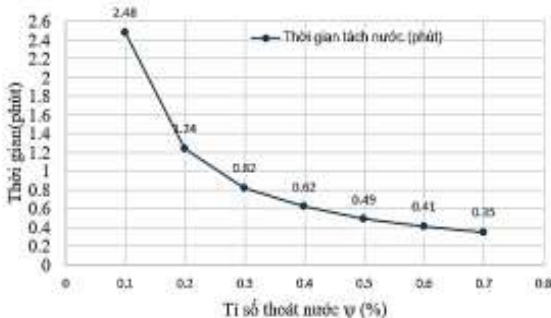
3.9 Lựa chọn chiều dày vật liệu chế tạo với tỷ lệ thoát nước và thời gian ly tâm

Để đạt được khả năng tách nước tốt nhất, thời gian ly tâm ngắn nhất thì số tỷ lệ thoát nước (ψ) trên thành lồng quay phải được tối ưu nhất trên cơ sở ràng buộc đảm bảo được độ bền khi hoạt động. Đồ thị Hình 7 biểu diễn quan hệ chiều dày vật liệu chế tạo lồng quay (δ) và số tỷ lệ thoát nước (ψ) cho thấy chiều dày vật liệu chế tạo (δ) tuyến tính với số tỷ lệ thoát nước (ψ) trên thành lồng quay. Hình 8 biểu diễn mối quan hệ thời gian ly tâm (τ) với số tỷ lệ thoát nước (ψ) cho thấy quan hệ giữa thời gian ly tâm (τ) và số tỷ lệ thoát nước (ψ) theo đường Hypebol. Thời gian ly tâm càng giảm đi khi số tỷ lệ thoát nước tăng lên.



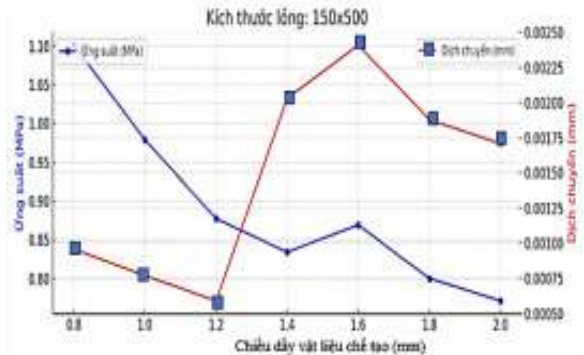
Hình 7. Đồ thị quan hệ giữa chiều dày vật liệu (δ) chế tạo và tỷ lệ thoát nước (ψ)

Quan hệ tỉ số thoát nước ψ (diện tích ĐF với thời gian)

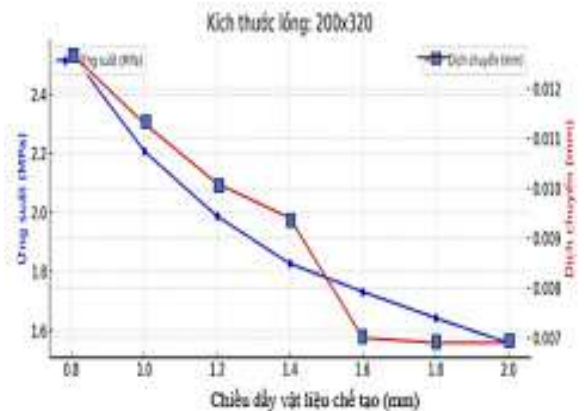


Hình 8. Đồ thị quan hệ tỷ lệ thoát nước (ψ) với thời gian ly tâm (τ)

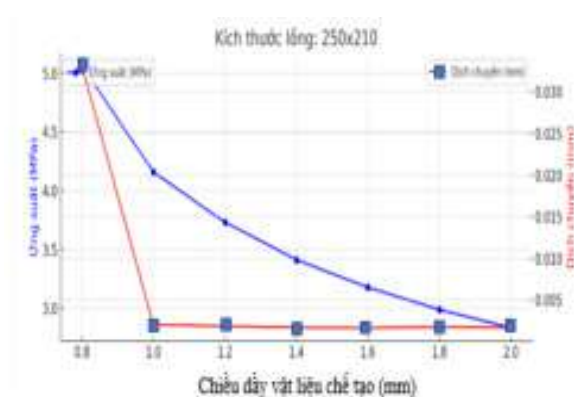
Nghiên cứu tiếp tục thực hiện phân tích ứng suất và chuyển vị cho các loại lồng quay cùng thể tích chứa rau $V = 9,24 \cdot 10^{-3}$ trên phần mềm solidword theo chiều dày vật liệu chế tạo cho kết quả tại các Hình 9, 10, 11, 12, 13 bên dưới.



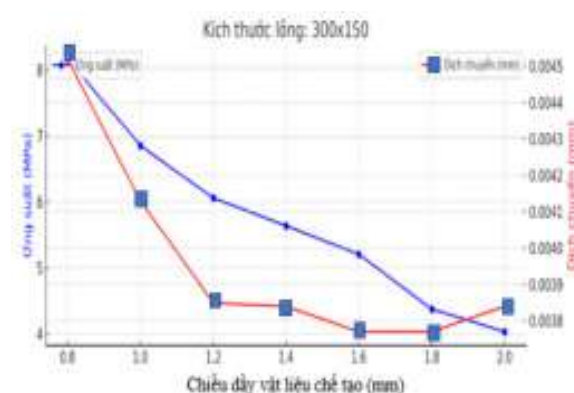
Hình 9. Đồ thị quan hệ dịch chuyển ứng suất và chuyển vị theo chiều dày vật liệu chế tạo lồng quay kích thước (150 x 500)mm.



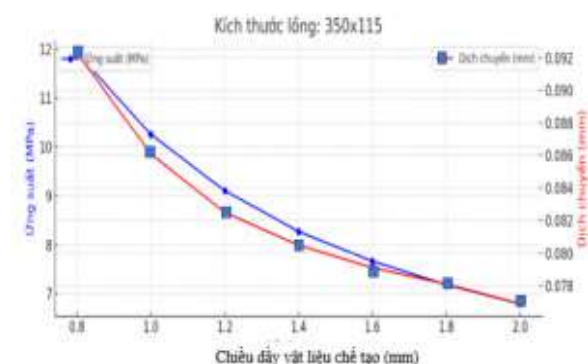
Hình 10. Đồ thị quan hệ dịch chuyển ứng suất và chuyển vị theo chiều dày chế tạo thành lồng quay (200 x 320)mm.



Hình 11. Đồ thị quan hệ dịch chuyển ứng suất và chuyển vị theo chiều dày vật liệu chế tạo thành lồng quay (250 x 210)mm.



Hình 12. Đồ thị quan hệ dịch chuyển ứng suất và chuyển vị theo chiều dày thành chế tạo thành lồng quay (300 x 150)mm.



Hình 13. Đồ thị thể hiện sự dịch chuyển ứng suất và khoảng dịch chuyển theo chiều dày thành lồng của lồng quay có kích thước (350 x 115)mm..

Xét về ứng suất các đồ thị từ Hình 9 đến Hình 13 cho thấy ứng suất có xu hướng giảm khi chiều dày thành lồng tăng. Các lồng có kích thước (350 x 115mm) và (300 x 150mm) có ứng suất cao hơn lần lượt là 12 MPa và 8MPa. Loại lồng quay kích thước nhỏ (150 x 500mm) chỉ có ứng suất là 1,1 Mpa, điều này cho thấy đường kính lồng quay liên quan đến lực ly tâm dẫn đến liên quan đến áp suất tác động lên thành lồng quay và kết quả cho thấy có sự biến thiên về ứng suất tăng dần theo đường kính của lồng. Để thỏa bền cho lồng quay khi làm việc thì chiều dày vật liệu chế tạo cần phải được quan tâm trong thiết kế. Đối với lồng quay kích thước (150 x 500) mm, ứng suất hơi tăng nhẹ tại chiều dày 1,6mm trước khi tiếp tục giảm, điều này là do hiện tượng tập trung ứng suất cục bộ.

Xét về chuyển vị của lồng quay cho thấy, đa số có xu hướng giảm khi chiều dày thành lồng tăng. Các lồng quay có đường kính nhỏ sẽ dịch chuyển ít hơn những lồng quay có kích thước đường kính lớn hơn. Đặc biệt ở loại lồng quay kích thước (150 x 500) mm (Hình 9) xuất hiện sự dao động bất thường, chuyển vị tăng vọt tại chiều dày 1,4 mm và 1,6 mm so với xu hướng, điều này là do liên quan đến biến dạng cục bộ.

4. KẾT LUẬN VÀ THẢO LUẬN

4.1. Kết luận

Nghiên cứu đã thực hiện nội dung về các vấn đề lý thuyết liên quan đến tính toán thiết kế một loại lồng quay của mô hình nghiên cứu máy ly tâm cho rau đã cắt và đã được rửa sạch có năng suất 2kg/m². Việc nghiên cứu này tiến tới thực hiện công việc thiết kế chế tạo và hiện thực hóa và sau cùng là thử nghiệm mô hình máy ly tâm cho dây chuyên sơ chế rau, đáp ứng nhu cầu cho dân công sở mua “rau ăn liền” tại các siêu thị trong tương lai.

Kết quả tính toán đã xác định được thể tích lồng quay chứa rau là $9,2.10^{-3} \text{ m}^3$ cho ra kết quả 5 loại lồng quay ở các dãy kích thước theo đường kính (D) và chiều dài lồng (H) gồm (150 x 500)mm; (200 x 320)mm; (250 x 210)mm; (300 x 150)mm và (350 x 115)mm có cùng số vòng quay 600 vòng/phút và có cùng chiều dày vật liệu chế tạo lồng quay là 1,2mm.

Nghiên cứu đã chọn lồng quay loại (200 x 320) mm để thực hiện tính toán và đã xác định được các thông số liên quan đến thiết kế lồng quay gồm: Lực ly tâm tương đương là $F = 32,5\text{N}$, áp suất ly tâm $P_{\max} = 3739,76 \text{ N/m}^2$, ứng suất kéo $= 697287,55 \text{ N/m}^2$, đường kính lỗ $d = 10\text{mm}$, số lỗ 1216, khoảng cách các lỗ là 12,8mm, số tỷ lệ thoát nước $= 47,5\%$. Ở chiều dày vật liệu chế tạo lồng quay $\min = 1,2 \text{ mm}$ có thời gian thoát nước $= 0,5 \text{ phút}$.

Nghiên cứu chọn lồng quay kích thước (300 x 150) mm chiều dày thành lồng 1,2mm để thực hiện chế tạo và hiện thực

hóa mô hình máy ly tâm rau đã cắt sau rửa trong các nghiên cứu thực nghiệm tiếp theo.

4.2. Thảo luận

Hai thông số ứng suất và chuyển vị đều tỉ lệ nghịch với chiều dày vật liệu chế tạo thành lồng. Nếu chiều dày tăng sẽ tăng khả năng cứng vững cho lồng khi đó ứng suất và giá trị chuyển vị sẽ giảm. Do đó, trong thiết kế lồng quay cần quan tâm đến chiều dày vật liệu thành lồng sao cho phải đủ bền khi lồng quay hoạt động.

Đối với lồng quay có đường kính quá nhỏ (dưới 200mm) cụ thể là loại (150 x 500)mm không phù hợp để thiết kế cho mô hình nghiên cứu, do đã có sự dao động bất thường về tập trung ứng suất ở chiều dày vật liệu 1,6mm.

Các loại lồng quay có đường kính lớn hơn 200mm đều phù hợp cho chế tạo mô hình máy năng suất 2kg/mẻ cùng với chiều dày thành lồng 1,2mm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1].Trung tâm Thông tin Khoa học và Công nghệ Tp.HCM. *Hướng ứng dụng dây chuyền rửa, xử lý rau phục vụ tiêu dùng trong nước và xuất khẩu*, Sở Khoa học và Công nghệ Tp.HCM, 2018
- [2].Bùi Trung Thành, *Khảo sát tính hình sơ chế rau ăn lá khu vực Đà Lạt- Lâm Đồng*, Chuyên đề đề tài “Nghiên cứu, chế tạo hệ thống máy sơ chế, làm sạch đóng gói một số sản phẩm rau ăn lá chủ yếu của vùng rau Đà Lạt” Sở Khoa học và Công nghệ Lâm Đồng, 2022
- [3].Quách Thị Thư. *Nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố công nghệ đến thời hạn bảo quản rau xà lách*, Đại học Thái Nguyên, Tạp Chí khoa học Công nghệ Đại học Thái Nguyên, 2025
- [4].D. Rickwood and J. M. Graham, Biological Centrifugation, Springer Verlag; ISBN: 0387915761, 2001;
- [5].D. Rickwood, T. Ford, J. Steensgaard John, *An Introduction to Centrifugation*, BIOS Scientific Publishers, Ltd. ISBN 1872748 406, Wiley & Son Ltd. ISBN: 0471942715. T ,1994
- [6].S. R. Karri and J. Werther. “Gas distributor and plenum design in fluidized beds,” Chemical Industries, pp. 155–170, 2003,
- [7].Bùi Trung Thành. “Thiết kế ghi phân phối môi chất khí cho máy sấy muối tinh lớp sôi liên tục,” Tạp chí Năng lượng Nhiệt, số 93, trang 11–16, 2010.
- [8].A. La Xokolov, Nguyễn Trọng Thể và Nguyễn Như Thung biên dịch. *Cơ sở thiết kế máy sản xuất thực phẩm*, Hà Nội: NXB Khoa học và Kỹ thuật, 1976.
- [9].Nguyễn Hay. *Nghiên cứu thiết kế, chế tạo máy ly tâm liên tục, máy sấy trang thiết bị cho dây chuyền sản xuất muối tinh liên tục*. Trong chương trình Khoa học cấp nhà nước KC 7/06-

- 10, pp 1-114, 2010
- [10].X. Hai-jun and S. Jian. "Failure analysis and optimization design of a centrifuge rotor," *Engineering Failure Analysis*, vol. 14, no. 1, pp. 101–109, 2007.
- [11].G. C. Grimwood and A. Ainsworth. "Batch centrifuge basket design," *International road Journal*, vol. 117, February, 2015.
- [12].Y. Chen, G. Xu, X. Yang, and Y. Lan. "Stress Analysis and Optimization of the Hanging Centrifuge Drum Perforation," *Advanced Materials Research*, vols. 971–973, pp. 731–735, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.971-973.731,2014
- [13].Z. Zhiguo and W. Yeqin, "Analysis of the impact on the dish centrifugal separator's drum stress of rotary drum parameters." *Proc. 2012 2nd Int. Conf. Consumer Electronics, Communications and Networks (CECNet)*, doi: 10.1109/CECNet.2012.6201769,2012.
- [14].S. Zhang, W. Wang, C. Huang, and Y. Li, "Stress analysis of the suspended centrifuge drum for sugar," *Applied Mechanics and Materials*, vol. 376, pp. 113–117, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.376.113,2013
- [15].S. Hong, H. Park, K. Cho, and S. Kang. "Development of washing and sterilization system for leafy vegetables," *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, vol. 3, no. 3, pp. 87–92, doi: 10.1016/S1881-8366(10)80013-8,2010
- [16].Y. Luo and Y. Tao. "Determining tissue damage of fresh-cut vegetables using image technology," *Acta Horticulturae*, vol. 628, doi: 10.17660/ActaHortic.2003.628.10,2003
- [17].Nguyễn Văn Lua. *Quá trình và thiết bị công nghệ hóa học & thực phẩm, Tập 1: Các quá trình & thiết bị cơ học*, Quyển 1: Khuấy, Lắng lọc. Hà Nội: Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh, 2012.
- [18].Nguyễn Bin và Đỗ Văn Đài, *Sổ tay quá trình và thiết bị công nghệ hóa chất: Tập 2*. Hà Nội: Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật, 2006.



TIỀM NĂNG SỬ DỤNG VỎ QUẢ CÀ PHÊ (CASCARA) TẠI TỈNH SƠN LA (VIỆT NAM) ĐỂ CHẾ BIẾN TRÀ VÀ CÀ PHÊ TỪ CASCARA

Nguyễn Thị Phương Ngọc

Bài báo này đánh giá toàn diện tiềm năng sử dụng vỏ quả cà phê (cascara) tại tỉnh Sơn La – vùng sản xuất cà phê Arabica trọng điểm của Việt Nam – nhằm chế biến trà và các sản phẩm đồ uống từ cascara. Trên cơ sở tổng hợp các tài liệu khoa học quốc tế và trong nước, các số liệu thống kê chính thống từ EFSA, FAO, ICO, USDA, UNDP và các cơ quan quản lý Việt Nam, nghiên cứu tiến hành (i) mô hình hóa quy mô nguồn nguyên liệu cascara phát sinh từ hoạt động chế biến cà phê tại Sơn La, (ii) tổng quan thành phần hóa học và giá trị sinh học của cascara, (iii) phân tích

DANH MỤC VIẾT TẮT

- .Cascara: Vỏ và thịt quả cà phê sau chế biến
- .EFSA: European Food Safety Authority
- .FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations
- .ICO: International Coffee Organization

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

1.1. Bối cảnh phát triển ngành cà phê và vấn đề phụ phẩm

Cà phê là một trong những nông sản giao dịch đư phê là một trong những nông sản giao dịch đề phụ phẩm—region—for the production of n, với sản lượng toàn cầu hàng năm đạt trên 170 triệu bao (60 kg/bao) theo các báo cáo của Tổ chức Cà phê Quốc tế (ICO). Trong quá trình sản xuất và chế biến cà phê, một lượng rất lớn phụ phẩm hữu cơ được tạo ra, bao gồm vỏ quả, thịt quả, lớp nhầy, vỏ trấu và bã cà phê sau chiết xuất. Các phụ phẩm này, nếu không được quản lý và xử lý phù hợp, có thể gây ô nhiễm môi trường đất và nước, đặc biệt tại các vùng sản xuất tập trung.

1.2. Sơn La – vùng cà phê chè (*Coffea arabica*) trọng điểm của Việt Nam

Tại Việt Nam, tỉnh Sơn La được xác định là vùng sản xuất cà phê Arabica quan trọng, với

các yêu cầu an toàn thực phẩm và khung pháp lý liên quan, và (iv) đề xuất khung công nghệ chế biến cùng mô hình phát triển chuỗi giá trị theo hướng kinh tế tuần hoàn. Kết quả cho thấy Sơn La có tiềm năng rất lớn để phát triển sản phẩm trà cascara và đồ uống từ cascara, song việc thương mại hóa bền vững đòi hỏi phải kiểm soát chặt chẽ các mối nguy về vi sinh, độc tố nấm mốc và hàm lượng caffeine, đồng thời chuẩn hóa quy trình thu gom – sấy – bảo quản theo các chuẩn mực khoa học đã được quốc tế công nhận.

.LCA: Life Cycle Assessment

.RTD: Ready-to-Drink

.TCVN: Tiêu chuẩn Việt Nam

.UNDP: United Nations Development Programme

diện tích trên 20.000 ha và sản lượng cà phê nhân hàng năm đạt hàng chục nghìn tấn. Sự phát triển nhanh của diện tích và sản lượng cà phê tại Sơn La trong những năm gần đây đặt ra yêu cầu cấp thiết về giải pháp xử lý và tận dụng phụ phẩm theo hướng bền vững, gắn với mục tiêu phát triển kinh tế nông thôn và bảo vệ môi trường.

1.3. Cascara như một hướng đi mới

Cascara, theo định nghĩa khoa học và pháp lý hiện hành, là phần vỏ và thịt quả cà phê được làm khô, có thể sử dụng để pha đồ uống tương tự trà. Trong nhiều thập kỷ, cascara chủ yếu được xem là chất thải hoặc nguyên liệu giá trị thấp. Tuy nhiên, các nghiên cứu khoa học gần đây đã chỉ ra rằng cascara chứa nhiều hợp chất phenolic, caffeine và các chất có hoạt tính sinh học, mở ra tiềm năng phát triển các sản phẩm đồ uống mới có giá trị gia tăng cao.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu và nguồn dữ liệu:

Nghiên cứu này sử dụng dữ liệu thứ cấp và tài liệu khoa học làm nguồn nguyên liệu nghiên cứu chính. Các số liệu về sản xuất cà phê tại tỉnh Sơn La, bao gồm diện tích, sản lượng cà phê nhân và đặc điểm vùng trồng Arabica, được tổng hợp từ các báo cáo chính thức của các cơ quan quản lý trong nước và các tổ chức quốc tế như International Coffee Organization (ICO), United States Department of Agriculture (USDA), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) và United Nations Development Programme (UNDP).

Các thông tin khoa học liên quan đến phụ phẩm cà phê, đặc biệt là vỏ quả cà phê (cascara), được thu thập từ các bài báo khoa học, tổng quan hệ thống và chương sách khoa học công bố trên các cơ sở dữ liệu uy tín (Scopus, Web of Science). Ngoài ra, các tài liệu pháp lý và hướng dẫn kỹ thuật về an toàn thực phẩm, bao gồm ý kiến khoa học của Cơ quan An toàn Thực phẩm châu Âu (EFSA) đối với cascara như một thực phẩm mới (novel food) và các tiêu chuẩn Việt Nam áp dụng cho sản phẩm trà thảo mộc (TCVN 7975:2008), được sử dụng làm cơ sở tham chiếu trong phân tích.

Nguyên liệu nghiên cứu trong bài báo không bao gồm mẫu thực nghiệm cụ thể mà tập trung vào việc tổng hợp và phân tích các bằng chứng khoa học, số liệu thống kê và khung pháp lý đã được công bố chính thức.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện theo phương pháp tổng quan hệ thống (systematic review) kết hợp với mô hình hóa định lượng. Quy trình tổng quan bao gồm việc xác định câu hỏi nghiên cứu, truy tìm tài liệu liên quan, sàng lọc tài liệu theo các tiêu chí lựa chọn, trích xuất dữ liệu và tổng hợp và phân tích kết quả theo hướng định tính và định lượng.

Các tài liệu được lựa chọn phải đáp ứng các tiêu chí: (i) là bài báo khoa học, tổng quan hệ thống, chương sách khoa học hoặc báo cáo chính thức của cơ quan, tổ chức uy tín; (ii) có số liệu định lượng liên quan đến tỷ lệ phụ

phẩm cà phê, hệ số chuyển đổi từ quả cà phê tươi sang cà phê nhân, thành phần hóa học của cascara hoặc các chỉ tiêu an toàn thực phẩm; và (iii) mô tả rõ ràng phương pháp phân tích, đặc biệt đối với các chỉ tiêu hóa học (polyphenol, caffeine) và an toàn vi sinh. Các tài liệu mang tính quan điểm cá nhân, nội dung tiếp thị hoặc không nêu rõ phương pháp và nguồn số liệu được loại trừ khỏi phân tích.

Mô hình hóa nguồn nguyên liệu cascara được thực hiện dựa trên sản lượng cà phê nhân của tỉnh Sơn La. Việc ước tính lượng cascara phát sinh tại tỉnh Sơn La được thực hiện dựa trên các tham số sau:

. Sản lượng cà phê nhân (green coffee) của tỉnh theo từng năm.

. Hệ số chuyển đổi từ quả cà phê tươi sang cà phê nhân, dao động trong khoảng 5–6 kg quả tươi cho 1 kg cà phê nhân.

. Tỷ lệ vỏ và thịt quả chiếm khoảng 40–45% khối lượng quả cà phê tươi.

Công thức tổng quát được sử dụng để mô hình hóa lượng cascara như sau:

$$Ecascara = M_{green} \times R \times P$$

Trong đó:

. M_{green} là khối lượng cà phê nhân (tấn);

. R là hệ số chuyển đổi từ quả cà phê tươi sang cà phê nhân;

. P là tỷ lệ vỏ và thịt quả trong quả cà phê.

Ngoài ra, để chuyển hóa vỏ quả cà phê (cascara) thành sản phẩm đồ uống an toàn, cần nhận diện đầy đủ các dòng vật chất hình thành trong quá trình chế biến cà phê. Vì vậy, nghiên cứu này xây dựng một khung phân tích cân bằng vật chất (mass balance) dựa trên cấu trúc quả cà phê và các phương pháp chế biến phổ biến tại vùng trồng cà phê Arabica. Ba kịch bản chế biến được xem xét bao gồm: (i) chế biến ướt (washed), (ii) chế biến bán ướt hoặc semi-washed, và (iii) chế biến khô (natural). Mỗi kịch bản được mô tả bằng sơ đồ dòng (flow diagram) và các tham số chuyển đổi khối lượng theo các công bố khoa học hiện hành, nhằm: (1) ước tính lượng cascara phát sinh trên một đơn vị sản lượng cà phê nhân; (2) xác định các điểm phát sinh rủi ro liên quan đến thời gian

lưu, độ ẩm và nhiệt độ; và (3) làm cơ sở cho việc tính toán nhu cầu năng lượng cho công đoạn sấy và nhu cầu kho bãi trong bảo quản.

Phân tích an toàn thực phẩm được thực hiện thông qua việc đối chiếu thành phần và đặc tính của cascara với các khuyến nghị khoa học của EFSA và các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành. Nội dung phân tích tập trung vào các mối nguy sinh học (vi sinh vật, nấm mốc), mối nguy hóa học (độc tố vi nấm, kim loại nặng, dư lượng thuốc bảo vệ thực vật), cũng như các yếu tố công nghệ then chốt như kiểm soát

độ ẩm và hoạt độ nước trong quá trình sấy và bảo quản.

3. KẾT QUẢ (RESULTS)

3.1. Ước tính quy mô nguồn cascara tại Sơn La

Dựa trên số liệu sản lượng cà phê nhân của Sơn La giai đoạn gần đây, lượng quả cà phê tươi cần thiết cho chế biến ước tính đạt hàng trăm nghìn tấn mỗi năm. Từ đó, lượng vỏ và thịt quả (cascara) phát sinh có thể đạt từ hàng chục đến gần một trăm nghìn tấn/năm, tạo ra nguồn nguyên liệu dồi dào cho chế biến sâu.

Bảng 1. Ước tính lượng cascara phát sinh tại Sơn La theo kịch bản sản lượng

Kịch bản	Sản lượng cà phê nhân (tấn/năm)	Quả tươi (tấn/năm)	Cascara ước tính (tấn/năm)
Thấp	30.000	150.000–180.000	60.000–75.000
Cao	37.700	188.000–226.000	75.000–93.000

3.2. Thành phần hóa học của cascara

3.2.1. Nhóm hợp chất phenolic và hoạt tính chống oxy hóa

Nhiều nghiên cứu quốc tế đã xác nhận cascara là nguồn giàu hợp chất phenolic, đặc biệt là các dẫn xuất của acid chlorogenic (chlorogenic acids – CGAs), bao gồm 3-CQA, 4-CQA và 5-CQA. Các hợp chất này vốn đã được nghiên cứu rộng rãi trong cà phê nhân, nhưng ngày càng có nhiều bằng chứng cho thấy hàm lượng của chúng trong cascara ở mức đáng kể và có khả năng chiết xuất hiệu quả vào đồ uống dạng infusion.

Các nghiên cứu sử dụng phương pháp HPLC-DAD hoặc LC-MS cho thấy tổng hàm lượng polyphenol trong cascara dao động trong khoảng rộng, phụ thuộc vào giống cà phê (Arabica/Robusta), nguồn gốc địa lý, độ chín quả và phương pháp chế biến. Một số công trình cho thấy tổng polyphenol của cascara Arabica có thể đạt mức tương đương hoặc chỉ thấp hơn một bậc so với một

số loại trà thảo mộc phổ biến, qua đó cũng có tiềm năng phát triển sản phẩm đồ uống chức năng.

Hoạt tính chống oxy hóa của dịch chiết cascara, được đánh giá thông qua các phép thử phổ biến như DPPH, ABTS hoặc FRAP, cho thấy mối tương quan thuận với hàm lượng polyphenol tổng. Điều này cho phép xem cascara không chỉ là nguyên liệu tạo hương vị mà còn là nguồn cung cấp hợp chất sinh học có giá trị.

3.2.2. Caffeine và các alkaloid liên quan

Caffeine là hợp chất được quan tâm đặc biệt trong đánh giá an toàn và ghi nhãn sản phẩm cascara. Các nghiên cứu định lượng cho thấy hàm lượng caffeine trong cascara thấp hơn đáng kể so với cà phê nhân rang, song vẫn đủ để tạo tác dụng sinh lý nhẹ khi tiêu thụ dưới dạng đồ uống.

Hàm lượng caffeine trong đồ uống cascara phụ thuộc mạnh vào tỷ lệ nguyên liệu/nước, nhiệt độ chiết và thời gian pha. Điều này cho

thấy việc chuẩn hóa quy trình pha chế và công bố rõ hàm lượng caffeine trên nhãn là yêu cầu quan trọng để bảo vệ người tiêu dùng và phù hợp với các khuyến nghị của cơ quan quản lý thực phẩm.

3.2.3. Khoáng chất, acid hữu cơ và hợp chất tạo hương

Ngoài polyphenol và caffeine, cascara còn chứa các khoáng chất (K, Mg, Ca) và acid

hữu cơ (citric, malic, quinic), góp phần tạo nên vị chua thanh và hậu vị đặc trưng cho đồ uống cascara. Các hợp chất dễ bay hơi hình thành trong quá trình sấy và bảo quản cũng đóng vai trò quan trọng trong hồ sơ cảm quan, với các nốt hương trái cây khô, hoa và mật ong thường được ghi nhận trong các nghiên cứu mô tả cảm quan.

Bảng 2. Tổng hợp các nhóm hợp chất chính trong cascara

Nhóm hợp chất	Ví dụ điển hình	Ý nghĩa đối với sản phẩm
Polyphenol	Acid chlorogenic, flavonoid	Chống oxy hóa, giá trị chức năng
Alkaloid	Caffeine	Tác dụng sinh lý, yêu cầu ghi nhãn
Acid hữu cơ	Citric, malic, quinic	Vị chua, cân bằng cảm quan
Khoáng	K, Mg, Ca	Giá trị dinh dưỡng bổ sung

3.3. Đặc tính đồ uống cascara và các yếu tố công nghệ chi phối

3.3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ và thời gian chiết

Các nghiên cứu thực nghiệm được công bố trong các tạp chí khoa học quốc tế về công nghệ thực phẩm và hóa học thực phẩm, chủ yếu thực hiện trên cascara Arabica tại các vùng sản xuất cà phê ở châu Mỹ Latinh và châu Âu, cho thấy sự khác biệt rõ rệt giữa phương pháp chiết xuất nóng và chiết xuất lạnh. Kết quả từ các nghiên cứu này cho thấy chiết xuất nóng thường dẫn đến hàm lượng polyphenol và caffeine cao hơn trong đồ uống cascara, do tăng cường khả năng hòa tan và động học khuếch tán của các hợp chất sinh học.

Ngược lại, các thí nghiệm chiết xuất lạnh (cold infusion hoặc cold brew) được báo cáo trong các nghiên cứu này tạo ra đồ uống có cường độ chiết thấp hơn, với vị dịu và ít đắng hơn, phản ánh sự chiết xuất hạn chế của caffeine và một số hợp chất phenolic có vị đắng. Những bằng chứng thực nghiệm này cho thấy việc điều chỉnh điều kiện chiết xuất cho phép

phát triển các dòng sản phẩm đa dạng từ cùng một nguồn nguyên liệu cascara, bao gồm đồ uống pha nóng, cold brew và đồ uống đóng chai (ready-to-drink, RTD), với hồ sơ thành phần và cảm quan khác nhau.

3.3.2. So sánh cascara với các đồ uống thảo mộc và cà phê khác

So với các loại trà thảo mộc truyền thống, đồ uống từ cascara được pha chế dưới dạng infusion và cung cấp các hợp chất phenolic có hoạt tính sinh học tương tự trà. Tuy nhiên, khác với phần lớn trà thảo mộc không chứa caffeine, cascara có thể chứa hàm lượng caffeine đáng kể do có nguồn gốc từ quả cà phê. Hàm lượng caffeine trong đồ uống cascara phụ thuộc mạnh vào giống cà phê, phương pháp chế biến, cũng như điều kiện chiết xuất, và trong một số trường hợp có thể đạt mức tương đương với đồ uống từ cà phê nhân.

Khi so sánh với cà phê nhân rang trong các điều kiện mà cascara thể hiện hàm lượng caffeine tiệm cận, sự khác biệt giữa hai loại đồ uống không còn nằm chủ yếu ở cường độ tác dụng sinh lý mà chuyển sang khác biệt về bản chất thành phần và cảm quan. Trong khi caf-

feine của cà phê nhân chủ yếu gắn với ma trận nhân rang và đi kèm các hợp chất tạo vị đắng đặc trưng, caffeine trong cascara tồn tại trong nền giàu acid hữu cơ và hợp chất từ vỏ, thịt quả, tạo nên vị chua thanh và hương trái cây rõ rệt hơn.

Do đó, ngay cả trong kịch bản hàm lượng caffeine của cascara tương đương với cà phê nhân, đồ uống cascara vẫn thể hiện đặc tính khác biệt về cảm quan và cấu trúc hóa học của dịch chiết. Điều này cho thấy cascara không chỉ là một dạng “cà phê nhẹ” hay “trà có caffeine”, mà là một nhóm đồ uống có đặc tính riêng, chịu ảnh hưởng đồng thời của phương thức pha trà và nền sinh hóa của quả cà phê.

4. THẢO LUẬN

4.1. An toàn thực phẩm và yêu cầu tiêu chuẩn hóa đối với cascara

4.1.1. Cascara trong bối cảnh pháp lý quốc tế: tiếp cận của EFSA

Theo quy định của Liên minh châu Âu, các nguyên liệu hoặc thực phẩm chưa có lịch sử tiêu thụ đáng kể trước năm 1997 được xếp vào nhóm Novel Food và phải trải qua đánh giá an toàn trước khi được phép lưu hành. Cascara (dried coffee husk) từ *Coffea arabica* L. đã được Cơ quan An toàn Thực phẩm châu Âu (EFSA) thẩm định và công bố ý kiến khoa học năm 2022.

EFSA mô tả cascara là sản phẩm thu được từ vỏ và các lớp bao quanh hạt cà phê, được làm khô và dùng để pha đồ uống dạng infusion. Quá trình đánh giá tập trung vào: (i) nguồn gốc nguyên liệu (giống Arabica); (ii) quy trình sản xuất (thu hoạch, tách vỏ, sấy, bảo quản); (iii) thành phần hóa học (đặc biệt là caffeine và polyphenol); và (iv) các mối nguy tiềm ẩn về an toàn thực phẩm.

Một điểm quan trọng trong tiếp cận của EFSA là đánh giá phơi nhiễm caffeine từ đồ uống cascara. Dựa trên các kịch bản tiêu thụ và hàm lượng caffeine đo được trong đồ uống infusion, EFSA kết luận rằng việc tiêu thụ cascara trong giới hạn khuyến nghị không gây lo ngại về an toàn cho người trưởng thành khỏe mạnh, với điều kiện sản phẩm được sản



xuất theo quy trình kiểm soát chất lượng phù hợp.

4.1.2. Các mối nguy sinh học: vi sinh vật và nấm mốc

Cascara là nguyên liệu có nguồn gốc thực vật, giàu chất hữu cơ và thường trải qua các công đoạn phơi hoặc sấy trong điều kiện môi trường mở, đặc biệt ở quy mô nông hộ và hợp tác xã. Những đặc điểm này khiến cascara tiềm ẩn nguy cơ nhiễm vi sinh vật và nấm mốc nếu các thông số công nghệ, đặc biệt là độ ẩm và hoạt độ nước, không được kiểm soát chặt chẽ. Các nghiên cứu tổng quan về phụ phẩm cà phê cho thấy trong điều kiện độ ẩm cao và thời gian lưu kéo dài, cascara có thể trở thành môi trường thuận lợi cho sự phát triển của các chi nấm như *Aspergillus* spp. và *Penicillium* spp., vốn được biết đến với khả năng sinh độc tố aflatoxin và ochratoxin A.

Trong bối cảnh Việt Nam, tiêu chuẩn TCVN 7975:2008 (Trà thảo mộc túi lọc) quy định các giới hạn đối với tổng số vi sinh vật hiếu khí, nấm men – nấm mốc và đặc biệt là aflatoxin tổng. Mặc dù cascara không phải là “trà” theo nghĩa truyền thống, tiêu chuẩn này có thể được sử dụng như một chuẩn tham chiếu kỹ thuật (baseline) trong việc xây dựng tiêu chuẩn cơ sở cho sản phẩm trà cascara, đặc biệt trong giai đoạn đầu thương mại hóa khi chưa có tiêu chuẩn riêng áp dụng cho nguyên liệu này.

4.1.3. Các mối nguy hóa học: độc tố nấm mốc, kim loại nặng và dư lượng thuốc BVTV

Bên cạnh vi sinh vật, các mối nguy hóa học là yếu tố then chốt trong đánh giá an toàn cascara. EFSA nhấn mạnh sự cần thiết phải kiểm soát độc tố nấm mốc, đặc biệt là aflatoxin, thông

qua quản lý độ ẩm, thời gian lưu và điều kiện bảo quản.

Ngoài ra, do vỏ và thịt quả cà phê là phần tiếp xúc trực tiếp với môi trường canh tác, nguy cơ tồn dư kim loại nặng (Pb, Cd) và thuốc bảo vệ thực vật cần được xem xét. Việc lựa chọn vùng nguyên liệu, thực hành nông nghiệp tốt (GAP) và kiểm nghiệm định kỳ theo lô là những biện pháp cốt lõi để giảm thiểu rủi ro này.

4.1.4. Chuẩn hóa hàm lượng caffeine và ghi nhãn sản phẩm

Caffeine vừa là yếu tố góp phần tạo nên giá trị cảm quan và tác dụng sinh lý của đồ uống cascara, vừa là hợp chất cần được quản lý chặt chẽ trong đánh giá an toàn thực phẩm và ghi nhãn. Trong ý kiến khoa học về cascara như một thực phẩm mới, Cơ quan An toàn Thực phẩm châu Âu (EFSA) nhấn mạnh tầm quan trọng của việc cung cấp thông tin rõ ràng về hàm lượng caffeine, đặc biệt trong các trường hợp cascara được tiêu thụ như đồ uống thay thế trà hoặc cà phê, nơi mức độ phơi nhiễm caffeine có thể gia tăng đáng kể.

Đối với thị trường trong nước, việc chuẩn hóa hàm lượng caffeine theo khẩu phần sử dụng và công bố minh bạch trên nhãn không chỉ giúp người tiêu dùng nhận diện và kiểm soát mức tiêu thụ caffeine, mà còn là điều kiện cần thiết để sản phẩm cascara đáp ứng các yêu cầu quản lý thực phẩm hiện hành và từng bước tiệm cận các thông lệ quốc tế. Cách tiếp cận này tạo nền tảng cho việc xây dựng niềm tin thị trường và hỗ trợ quá trình hội nhập của sản phẩm cascara Việt Nam vào các thị trường có yêu cầu cao về an toàn thực phẩm.

4.1.5. Đề xuất bộ chỉ tiêu kỹ thuật cho “trà và cà phê cascara Sơn La”

Trên cơ sở đối chiếu các khuyến nghị khoa học của EFSA đối với cascara như một thực phẩm mới và các tiêu chuẩn Việt Nam hiện hành, đặc biệt là TCVN 7975:2008 đối với trà thảo mộc, nghiên cứu đề xuất một khung chỉ tiêu kỹ thuật sơ bộ cho sản phẩm trà cascara Sơn La. Khung chỉ tiêu này đồng thời được xây dựng theo hướng hài hòa với các yêu cầu kỹ thuật đang áp dụng cho cà phê và đồ uống chứa caffeine, nhằm đảm bảo tính nhất quán trong quản lý an toàn thực phẩm của chuỗi giá trị cà phê.

Cụ thể, bộ chỉ tiêu kỹ thuật đề xuất cho trà cascara Sơn La bao gồm:

.Chỉ tiêu cảm quan: màu sắc đặc trưng, mùi thơm tự nhiên của vỏ quả cà phê, không có mùi lạ hoặc dấu hiệu hư hỏng.

.Chỉ tiêu hóa học: độ ẩm, hoạt độ nước (a_w), hàm lượng caffeine và hàm lượng polyphenol tổng.

.Chỉ tiêu an toàn: tổng số vi sinh vật hiếu khí, nấm men – nấm mốc, độc tố vi nấm (đặc biệt là aflatoxin tổng), kim loại nặng và dư lượng thuốc bảo vệ thực vật.

Đối với các sản phẩm đồ uống cà phê và cà phê nhân rang có liên quan trong cùng chuỗi giá trị, nghiên cứu đề xuất tiếp cận quản lý hàm lượng caffeine theo khẩu phần sử dụng và công bố minh bạch trên nhãn, tương tự cách tiếp cận đối với trà cascara. Việc áp dụng các nguyên tắc quản lý thống nhất này giúp giảm thiểu rủi ro phơi nhiễm caffeine, đồng thời tạo điều kiện thuận lợi cho việc so



sánh, phân loại và kiểm soát chất lượng giữa các dòng sản phẩm trà cascara và cà phê.

Khung chỉ tiêu kỹ thuật đề xuất có thể được sử dụng làm nền tảng để xây dựng tiêu chuẩn cơ sở (TCCS) tại doanh nghiệp và hợp tác xã, đồng thời là cơ sở khoa học cho các chương trình hỗ trợ phát triển sản phẩm địa phương, hướng tới hình thành một hệ sinh thái sản phẩm cà phê – cascara an toàn, bền vững và có khả năng hội nhập thị trường trong nước và quốc tế.

4.2. Khuyến nghị để phát triển chuỗi giá trị cascara tại Sơn La

Việc áp dụng khung an toàn thực phẩm và tiêu chuẩn hóa nêu trên không chỉ giúp giảm thiểu rủi ro cho người tiêu dùng mà còn mở đường cho việc thương mại hóa sản phẩm cascara ở phân khúc giá trị cao. Trong bối cảnh Sơn La đang thúc đẩy chế biến sâu và kinh tế tuần hoàn trong ngành cà phê, cascara có thể trở thành một mắt xích quan trọng nếu được quản lý như một nguyên liệu thực phẩm thay vì phụ phẩm nông nghiệp.

5. CÔNG NGHỆ CHẾ BIẾN CASCARA

5.1. Vai trò của công nghệ chế biến trong nâng cấp giá trị cascara

Trong chuỗi giá trị cascara, công nghệ chế biến giữ vai trò quyết định trong việc chuyển hóa một dòng phụ phẩm nông nghiệp có nguy cơ gây ô nhiễm môi trường thành nguyên liệu thực phẩm an toàn, ổn định chất lượng và có giá trị thương mại cao. Khác với các sản phẩm cà phê truyền thống (nhân rang xay), cascara có đặc thù là nguyên liệu giàu đường và chất hữu cơ, dễ hút ẩm và nhạy cảm với vi sinh vật, do đó yêu cầu quy trình công nghệ phải được thiết kế với trọng tâm là kiểm soát độ ẩm, hoạt độ nước (a_w), và thời gian lưu ở các công đoạn trọng yếu.

5.2. Thu gom và xử lý nguyên liệu đầu vào

5.2.1. Lựa chọn nguyên liệu và thời điểm thu gom

Nguyên liệu cascara chất lượng cao cần được thu gom từ quả cà phê chín sinh lý, với tỷ lệ quả chín đạt tối thiểu 90–95% trong lô nguyên liệu, không lẫn quả xanh, quả quá chín

hoặc quả bị hư hỏng cơ học. Quả cà phê dùng cho chế biến cascara không được có dấu hiệu nhiễm nấm mốc nhìn thấy bằng cảm quan, không có mùi lạ, và tỷ lệ quả dập nát hoặc bị côn trùng gây hại không vượt quá 2–3% khối lượng lô. Các nghiên cứu và hướng dẫn kỹ thuật quốc tế về phụ phẩm cà phê cho thấy chất lượng vi sinh và hóa học của cascara phụ thuộc trực tiếp vào chất lượng quả tươi ban đầu; các khuyết tật hình thành ở giai đoạn này, đặc biệt là nhiễm vi sinh vật và tổn thương mô quả, rất khó được loại bỏ hoàn toàn ở các công đoạn chế biến tiếp theo.

Trong điều kiện sản xuất tại Sơn La, nơi phần lớn cà phê Arabica được chế biến theo phương pháp ướt hoặc bán ướt, cascara cần được thu gom ngay sau công đoạn tách vỏ, với thời gian lưu ở trạng thái ẩm không vượt quá 2–4 giờ trước khi đưa vào làm sạch và sấy. Việc rút ngắn thời gian lưu này nhằm hạn chế quá trình lên men không kiểm soát, giảm nguy cơ gia tăng tải lượng vi sinh vật và nấm mốc, đồng thời tạo điều kiện thuận lợi cho việc kiểm soát độ ẩm và hoạt độ nước trong các công đoạn sấy và bảo quản tiếp theo.

5.2.2. Làm sạch sơ bộ và phân loại

Sau khi tách vỏ, cascara cần được đưa ngay vào công đoạn làm sạch sơ bộ nhằm loại bỏ tạp chất cơ học và các phần quả không đạt yêu cầu. Trước hết, cascara được trải mỏng và đưa qua hệ thống sàng cơ học hoặc sàng rung để loại bỏ các tạp chất có kích thước lớn như đất, sỏi, cành lá và các mảnh quả bị dập nát. Kích thước lỗ sàng cần được lựa chọn phù hợp với đặc điểm hình thái của vỏ quả cà phê, nhằm đảm bảo loại bỏ hiệu quả tạp chất mà không gây tổn thất đáng kể nguyên liệu.

Tiếp theo, dòng cascara sau sàng có thể được đưa qua công đoạn phân loại bằng khí động học (thổi gió) để tách các phần nhẹ, khô, hoặc mảnh vụn có khối lượng riêng thấp. Công đoạn này giúp cải thiện độ đồng đều của nguyên liệu và giảm tỷ lệ các phần quả có nguy cơ nhiễm vi sinh cao. Trong trường hợp cơ sở chế biến có điều kiện sử dụng nước, cascara có thể được rửa nhanh bằng nước sạch, với thời gian tiếp xúc ngắn (thường không quá 1–2 phút) và tỷ lệ nước/nguyên liệu vừa đủ để

cuốn trôi bụi bẩn và bào tử nấm bám trên bề mặt, đồng thời hạn chế tối đa hiện tượng hút nước trở lại của nguyên liệu.

Sau khi rửa, cascara cần được để ráo hoặc tách nước cơ học (ví dụ bằng rô quay hoặc sàng thoát nước) trước khi chuyển sang công đoạn sấy. Việc làm sạch sơ bộ theo trình tự này không chỉ cải thiện chất lượng cảm quan của cascara mà còn góp phần giảm tải vi sinh vật ban đầu, qua đó làm tăng hiệu quả kiểm soát an toàn thực phẩm ở các công đoạn sấy và bảo quản tiếp theo.

5.3. Sấy và kiểm soát độ ẩm

5.3.1. Mục tiêu sấy đối với cascara

Mục tiêu chính của sấy cascara là giảm độ ẩm xuống mức an toàn cho bảo quản và sử dụng làm nguyên liệu đồ uống, đồng thời hạn chế tối đa tổn thất các hợp chất phenolic và các chất tạo hương. Theo tiếp cận an toàn thực phẩm của EFSA, cascara phải được mô tả như một sản phẩm khô - "dried" với điều kiện sản xuất được kiểm soát, trong đó sấy là công đoạn then chốt.

5.3.2. Các phương pháp sấy áp dụng

Sấy tự nhiên (phoi): Phoi nắng hoặc phoi nhà kính là phương pháp phổ biến ở quy mô nông hộ và hợp tác xã. Ưu điểm là chi phí thấp, song nhược điểm là phụ thuộc mạnh vào điều kiện thời tiết và khó kiểm soát đồng đều độ ẩm, dẫn đến nguy cơ nhiễm nấm mốc.

Sấy đối lưu cưỡng bức: Sử dụng không khí nóng ở nhiệt độ kiểm soát (thường dưới ngưỡng gây phân hủy polyphenol) giúp rút ngắn thời gian sấy và nâng cao tính đồng nhất của sản phẩm. Phương pháp này phù hợp với các cơ sở chế biến quy mô vừa và lớn.

Sấy kết hợp (hybrid): Kết hợp phoi sơ bộ và sấy cơ học để tối ưu chi phí năng lượng và chất lượng sản phẩm, là giải pháp được khuyến nghị trong nhiều mô hình chế biến nông sản nhiệt đới.

5.3.3. Kiểm soát hoạt độ nước và bảo quản sau sấy

Ngoài độ ẩm tổng, hoạt độ nước (a_w) là chỉ tiêu quan trọng phản ánh mức độ nước tự do trong sản phẩm có thể được vi sinh vật sử

dụng để phát triển. Trong thực hành an toàn thực phẩm, việc kiểm soát a_w của cascara ở mức $\leq 0,55-0,60$ được xem là ngưỡng then chốt nhằm hạn chế sự phát triển của nấm mốc và nguy cơ hình thành độc tố vi nấm.

Việc kiểm soát a_w ở mức thấp thông qua sấy đạt chuẩn, làm nguội phù hợp và bao gói cẩn âm là điều kiện tiên quyết để đảm bảo an toàn cascara trong suốt vòng đời sản phẩm.

5.4. Công nghệ nghiền, phân cỡ và đóng gói

Sau công đoạn sấy, cascara có thể được sử dụng ở dạng nguyên mảnh hoặc nghiền với mức độ khác nhau, tùy theo mục đích phát triển sản phẩm. Đối với các sản phẩm trà cascara, nguyên liệu thường được giữ ở dạng nguyên mảnh hoặc nghiền thô nhằm phù hợp với phương thức pha infusion rời hoặc túi lọc. Trong trường hợp này, kích thước hạt cần được kiểm soát để hạn chế tạo quá nhiều hạt mịn, vốn có thể làm tăng tốc độ chiết caffeine và polyphenol ngoài mong muốn, đồng thời ảnh hưởng đến độ trong và cảm quan của đồ uống.

Đối với các sản phẩm đồ uống mang đặc tính "cà phê" từ cascara, cascara có thể được nghiền mịn hơn hoặc phối trộn với các thành phần khác có nguồn gốc thực vật, sau đó pha chế theo các phương thức chiết xuất tương tự cà phê (ví dụ như lọc, pour-over hoặc ngâm chiết). Trong trường hợp này, việc kiểm soát kích thước hạt và điều kiện chiết xuất là yếu tố then chốt để điều chỉnh cường độ vị đắng, hàm lượng caffeine và hồ sơ cảm quan, nhằm tạo ra sản phẩm có đặc tính gần với đồ uống cà phê nhưng khác biệt về nền hương và cấu trúc hóa học.

Cascara sau chế biến cần được đóng gói bằng vật liệu có khả năng cản ẩm và oxy tốt để hạn chế hiện tượng hút ẩm trở lại và oxy hóa các hợp chất sinh học. Đối với lưu kho dài ngày, việc áp dụng hút chân không hoặc bao gói trong khí trơ được khuyến nghị nhằm duy trì ổn định chất lượng. Việc ghi nhãn sản phẩm cần tuân thủ đầy đủ các quy định về thực phẩm, trong đó đặc biệt chú trọng đến thông tin về thành phần, hướng dẫn sử dụng phù hợp với từng dạng sản phẩm (trà hoặc đồ



uống kiểu cà phê), và cảnh báo về hàm lượng caffeine đối với người tiêu dùng nhạy cảm.

5.5. Công nghệ chiết xuất và phát triển sản phẩm đồ uống

5.5.1. Chiết xuất dạng infusion (pha nóng và lạnh)

Chiết xuất dạng infusion là phương pháp đơn giản và phổ biến nhất để tạo đồ uống từ cascara, đặc biệt đối với các sản phẩm trà và cà phê cascara. Các thông số công nghệ như tỷ lệ nguyên liệu/nước, nhiệt độ và thời gian chiết có ảnh hưởng trực tiếp đến khả năng hòa tan caffeine, polyphenol và các hợp chất tạo hương, từ đó chi phối đặc tính cảm quan và tác dụng sinh lý của sản phẩm. Chiết xuất nóng thường cho cường độ chiết cao hơn, trong khi chiết xuất lạnh tạo đồ uống có vị dịu và ít đắng hơn, phù hợp với các dòng sản phẩm tiêu thụ trực tiếp hoặc pha sẵn.

Đối với các sản phẩm mang đặc tính “cà phê cascara”, phương thức infusion có thể được điều chỉnh để tăng cường mức độ chiết, thông qua việc sử dụng tỷ lệ nguyên liệu/nước cao hơn, thời gian chiết dài hơn hoặc kết hợp với kích thước hạt nhỏ hơn. Cách tiếp cận này cho phép tạo ra đồ uống có hàm lượng caffeine và cường độ cảm quan tiệm cận cà phê truyền thống, song vẫn giữ được nền hương và vị chua thanh đặc trưng của cascara, khác biệt với cà phê nhân rang.

5.5.2. Sản phẩm đồ uống đóng chai (RTD)

Bên cạnh các sản phẩm pha trực tiếp, cascara còn có tiềm năng được phát triển thành các sản phẩm đồ uống dạng “cà phê cascara” và đồ uống đóng chai (ready-to-drink, RTD). Đối với dòng sản phẩm này, dịch chiết cascara

cần được kiểm soát chặt chẽ về thành phần, đặc biệt là hàm lượng caffeine, polyphenol và acid hữu cơ, nhằm đảm bảo tính ổn định và đồng nhất giữa các lô sản xuất.

Công nghệ ổn định sản phẩm RTD thường bao gồm các phương pháp tiệt trùng nhiệt như HTST hoặc UHT, kết hợp với kiểm soát pH và hàm lượng oxy hòa tan để hạn chế các biến đổi không mong muốn về màu sắc và hương vị trong quá trình bảo quản. Trong trường hợp phát triển sản phẩm “cà phê cascara”, việc lựa chọn mức độ xử lý nhiệt cần cân nhắc giữa yêu cầu an toàn vi sinh và việc bảo toàn các đặc tính cảm quan, nhằm tránh tạo ra hương vị quá giống cà phê rang hoặc làm mất bản sắc tự nhiên của cascara.

Mặc dù đòi hỏi mức đầu tư công nghệ cao hơn so với các sản phẩm pha trực tiếp, các dòng sản phẩm “cà phê cascara” và RTD từ cascara có tiềm năng mang lại giá trị gia tăng lớn và khả năng mở rộng thị trường, đặc biệt khi được định vị như các đồ uống có nguồn gốc thực vật, chứa caffeine tự nhiên và gắn với câu chuyện kinh tế tuần hoàn trong ngành cà phê.

5.6. Tích hợp công nghệ với mô hình sản xuất tại Sơn La

Trong điều kiện thực tế của Sơn La, việc lựa chọn công nghệ chế biến cascara cần gắn với quy mô và năng lực của nông hộ, hợp tác xã và doanh nghiệp. Mô hình phù hợp là phát triển các điểm chế biến tập trung quy mô vừa, áp dụng sấy đối lưu và quy trình kiểm soát chất lượng thống nhất, từ đó cung cấp nguyên liệu cascara đạt chuẩn cho các cơ sở chế biến sâu hơn.

6. KINH TẾ TUẦN HOÀN VÀ ĐÁNH GIÁ VÒNG ĐỜI (CIRCULAR ECONOMY AND LCA)

6.1. Cascara trong tiếp cận kinh tế tuần hoàn của ngành cà phê

Kinh tế tuần hoàn (circular economy) nhấn mạnh việc kéo dài vòng đời của tài nguyên, giảm thiểu chất thải và tối đa hóa giá trị gia tăng thông qua tái sử dụng, tái chế và nâng cấp (upcycling) các dòng phụ phẩm. Trong ngành cà phê, phụ phẩm từ chế biến quả cà phê – đặc biệt là vỏ và thịt quả – chiếm tỷ trọng lớn về khối lượng và là nguồn phát sinh ô nhiễm tiềm tàng nếu không được quản lý phù hợp.

Trong bối cảnh đó, cascara là một ví dụ tiêu biểu cho cách tiếp cận nâng cấp giá trị phụ phẩm nông nghiệp, theo đó một dòng vật chất trước đây chủ yếu được xem là chất thải hoặc nguyên liệu có giá trị kinh tế thấp được chuyển hóa thành sản phẩm thực phẩm có giá trị cao hơn. Cách tiếp cận này phù hợp với định hướng phát triển kinh tế tuần hoàn mà nhiều tổ chức quốc tế, trong đó có Chương trình Phát triển Liên Hợp Quốc (UNDP), đang thúc đẩy tại các vùng sản xuất cà phê như tỉnh Sơn La.

6.2. Dòng vật chất và giảm tải chất thải trong chuỗi cà phê Sơn La

Như đã phân tích ở các chương trước, lượng cascara/pulp phát sinh từ chế biến cà phê tại Sơn La có thể đạt hàng chục nghìn tấn mỗi năm. Trong kịch bản truyền thống, phần lớn khối lượng này được xử lý bằng các phương pháp như ủ phân, đổ thải hoặc sử dụng làm thức ăn chăn nuôi ở quy mô hạn chế.

Việc đưa cascara vào chuỗi chế biến đồ uống tạo ra sự thay đổi căn bản trong dòng vật chất:

- .Giảm lượng chất thải hữu cơ cần xử lý hoặc chôn lấp;

- .Giảm nguy cơ ô nhiễm nước mặt và nước ngầm do nước rỉ từ phụ phẩm;

- .Chuyển dịch phụ phẩm từ vai trò "đầu ra gây áp lực môi trường" sang "đầu vào của chuỗi giá trị mới".

Từ góc độ quản lý tài nguyên, mỗi tấn cascara được chuyển hóa thành sản phẩm thương mại đồng nghĩa với việc giảm áp lực xử lý chất thải và gia tăng hiệu quả sử dụng sinh khối nông nghiệp.

6.3. Khung đánh giá vòng đời (Life Cycle Assessment – LCA) cho cascara

6.3.1. Mục tiêu và phạm vi đánh giá

Đánh giá vòng đời (LCA) là công cụ khoa học được sử dụng rộng rãi để định lượng tác động môi trường của sản phẩm trong suốt vòng đời, từ khai thác nguyên liệu, sản xuất, phân phối, sử dụng đến thải bỏ. Đối với cascara, LCA cho phép so sánh các kịch bản xử lý khác nhau và làm rõ lợi ích môi trường của phương án upcycling so với xử lý truyền thống.

Trong nghiên cứu này, LCA được đề xuất ở mức sơ bộ (screening LCA) với mục tiêu:

- .So sánh kịch bản truyền thống (xử lý cascara như chất thải/ủ phân đơn giản);

- .Kịch bản kinh tế tuần hoàn (chế biến cascara thành trà/đồ uống).

6.3.2. Đơn vị chức năng và ranh giới hệ thống

Đơn vị chức năng được đề xuất là 1 tấn cascara tươi phát sinh từ chế biến cà phê. Ranh giới hệ thống bao gồm:

- .Thu gom và vận chuyển cascara;

- .Công đoạn sấy và bảo quản;

- .Chế biến (nghiên, đóng gói hoặc chiết xuất);

- .Phân phối sản phẩm (ở mức khái quát).

Các công đoạn canh tác cà phê được xem là giống nhau cho cả hai kịch bản và do đó không đưa vào so sánh trực tiếp.

6.4. So sánh tác động môi trường giữa các kịch bản

6.4.1. Kịch bản truyền thống

Trong kịch bản truyền thống, cascara/pulp được xử lý bằng cách ủ hoặc thải bỏ tại chỗ. Mặc dù ủ phân có thể tạo ra giá trị nhất định, quá trình này vẫn phát sinh khí nhà kính



(CH₄, N₂O) và nguy cơ ô nhiễm nếu không kiểm soát tốt.

6.4.2. Kịch bản chế biến cascara thành đồ uống

Trong kịch bản kinh tế tuần hoàn, cascara được sấy và chế biến thành nguyên liệu đồ uống phục vụ tiêu dùng. Mặc dù quá trình này làm phát sinh nhu cầu tiêu thụ năng lượng, đặc biệt ở công đoạn sấy, nhưng lợi ích môi trường đạt được từ việc giảm phát thải chất thải hữu cơ và tạo ra sản phẩm đồ uống thay thế có thể bù đắp đáng kể các tác động môi trường phát sinh.

Các nghiên cứu đánh giá vòng đời (LCA) đối với phụ phẩm nông nghiệp cho thấy việc nâng cấp giá trị sinh khối thường dẫn đến tác động môi trường ròng thấp hơn so với các kịch bản xử lý thụ động như thải bỏ hoặc xử lý đơn giản. Hiệu quả môi trường này đặc biệt rõ rệt trong trường hợp các công nghệ sấy và nguồn năng lượng được lựa chọn và tối ưu hóa phù hợp với điều kiện sản xuất.

6.5. Khuyến nghị chính sách và phát triển bền vững

Việc phát triển chuỗi cascara tại Sơn La phù hợp với nhiều mục tiêu phát triển bền vững (SDGs), bao gồm:

- .SDG 12 (Sản xuất và tiêu dùng bền vững);
- .SDG 8 (Tăng trưởng kinh tế và việc làm bền vững);
- .SDG 13 (Hành động ứng phó biến đổi khí hậu).

Ở cấp địa phương, việc lồng ghép cascara vào chiến lược phát triển cà phê bền vững giúp hiện thực hóa các định hướng kinh tế tuần hoàn, đồng thời tạo thêm sinh kế cho nông hộ và hợp tác xã.

7. THẢO LUẬN TỔNG HỢP VÀ KHUYẾN NGHỊ CHÍNH SÁCH

7.1. Cascara: từ phụ phẩm nông nghiệp đến sản phẩm thực phẩm

Các kết quả trình bày trong các chương trước cho thấy việc phát triển chuỗi giá trị cascara tại tỉnh Sơn La là một vấn đề liên ngành, đòi hỏi sự kết hợp chặt chẽ giữa khoa học nông nghiệp, công nghệ thực phẩm, quản lý an toàn thực phẩm, kinh tế môi trường và chính sách phát triển nông thôn. Cascara không đơn thuần là phụ phẩm của quá trình chế biến cà phê, mà có thể được tái định nghĩa như một loại nguyên liệu thực phẩm mới, với những yêu cầu kỹ thuật và pháp lý tương đương các sản phẩm đồ uống có nguồn gốc thực vật khác.

Từ góc độ nông nghiệp, quy mô sản xuất Arabica tại Sơn La cung cấp nguồn sinh khối cascara lớn và ổn định, đủ để hình thành các mô hình chế biến tập trung. Từ góc độ khoa học thực phẩm, các bằng chứng định lượng về thành phần polyphenol, caffeine và đặc tính cảm quan chứng minh rằng cascara có tiềm năng trở thành nền tảng cho các dòng đồ uống mới, vừa mang bản sắc cà phê vừa phù hợp xu hướng tiêu dùng đồ uống chức năng.

7.2. Cân bằng giữa giá trị kinh tế và yêu cầu an toàn thực phẩm

Một trong những thách thức lớn nhất khi đưa cascara vào chuỗi thực phẩm là cân bằng giữa mục tiêu gia tăng giá trị kinh tế và yêu cầu nghiêm ngặt về an toàn thực phẩm. Khác với việc sử dụng cascara làm phân bón hoặc thức ăn chăn nuôi, việc sử dụng cascara làm nguyên liệu đồ uống đòi hỏi kiểm soát rủi ro ở mức cao hơn, đặc biệt đối với vi sinh vật, độc tố nấm mốc và phơi nhiễm caffeine.

Ý kiến khoa học của EFSA về cascara như một thực phẩm mới cung cấp một khuôn khổ tham chiếu quan trọng, cho thấy rằng cascara có thể được sử dụng an toàn nếu quy trình sản xuất được chuẩn hóa và các chỉ tiêu chất lượng được giám sát chặt chẽ. Đối với Việt Nam, việc vận dụng linh hoạt các khuyến nghị này, kết hợp với hệ thống tiêu chuẩn quốc gia như TCVN 7975:2008, sẽ giúp giảm thiểu rủi ro và tạo nền tảng pháp lý cho sản phẩm cascara nội địa.

7.3. Khuyến chính sách ở cấp địa phương và quốc gia

7.3.1. Tích hợp cascara vào chiến lược phát triển cà phê Sơn La

Ở cấp tỉnh, cascara nên được xem là một cấu phần trong chiến lược phát triển cà phê bền vững, thay vì một sáng kiến rời rạc. Việc tích hợp cascara vào các chương trình phát triển vùng nguyên liệu, chế biến sâu và xây dựng thương hiệu cà phê Sơn La sẽ giúp tối

ưu hóa giá trị gia tăng trên một đơn vị sinh khối nông nghiệp.

Chính quyền địa phương có thể đóng vai trò điều phối thông qua việc hỗ trợ xây dựng mô hình thí điểm, đầu tư hạ tầng sấy và bảo quản tập trung, cũng như hỗ trợ kỹ thuật cho hợp tác xã và doanh nghiệp trong việc đáp ứng các yêu cầu an toàn thực phẩm.

7.3.2. Liên kết nông hộ – hợp tác xã – doanh nghiệp

Kết quả nghiên cứu cho thấy mô hình liên kết chuỗi là điều kiện tiên quyết để phát triển cascara bền vững. Nông hộ và hợp tác xã giữ vai trò cung cấp nguyên liệu và thực hiện các thực hành sản xuất ban đầu; doanh nghiệp đảm nhận chế biến sâu, kiểm soát chất lượng và phát triển thị trường. Sự phân công này giúp phân bổ hợp lý rủi ro và chi phí, đồng thời nâng cao khả năng tuân thủ các tiêu chuẩn kỹ thuật.

7.3.3. Khuyến nghị đối với chính sách khoa học – công nghệ

Cascara là đối tượng phù hợp để triển khai các đề tài nghiên cứu và chương trình hỗ trợ đổi mới sáng tạo trong nông nghiệp. Các hướng ưu tiên bao gồm: tối ưu hóa công nghệ sấy tiết kiệm năng lượng, chuẩn hóa quy trình chiết xuất, và xây dựng bộ chỉ tiêu kỹ thuật quốc gia cho sản phẩm cascara. Việc đầu tư cho nghiên cứu ứng dụng không chỉ tạo ra sản



phẩm mới mà còn góp phần nâng cao năng lực khoa học – công nghệ tại địa phương.

7.4. Định hướng thị trường và hội nhập quốc tế

7.4.1. Thị trường nội địa

Ở thị trường trong nước, cascara có thể được định vị như một loại đồ uống thảo mộc – cà phê lai, hướng tới nhóm người tiêu dùng quan tâm đến sản phẩm tự nhiên và bền vững. Việc truyền thông dựa trên cơ sở khoa học (thành phần, an toàn, lợi ích) sẽ giúp tránh các tuyên bố quá mức và nâng cao uy tín sản phẩm.

7.4.2. Tiềm năng xuất khẩu và yêu cầu hội nhập

Về dài hạn, cascara Sơn La có tiềm năng tiếp cận thị trường quốc tế, đặc biệt là các thị trường có yêu cầu cao về an toàn thực phẩm như Liên minh châu Âu. Tuy nhiên, điều này đòi hỏi sự tuân thủ chặt chẽ các quy định về novel food, truy xuất nguồn gốc và ghi nhãn. Việc chuẩn bị sớm các nền tảng pháp lý và kỹ thuật sẽ giúp giảm chi phí và rủi ro khi mở rộng thị trường.

7.5. Hạn chế của nghiên cứu và hướng nghiên cứu tiếp theo

Mặc dù nghiên cứu đã tổng hợp và phân tích một khối lượng lớn bằng chứng khoa học cùng các số liệu thống kê chính thống từ các nguồn trong nước và quốc tế, vẫn tồn tại một số hạn chế nhất định. Thứ nhất, các phân tích về thành phần hóa học, đặc tính cảm quan và an toàn thực phẩm của cascara chủ yếu dựa trên các nghiên cứu đã được công bố tại các vùng sản xuất cà phê khác trên thế giới. Do điều kiện sinh thái, giống cà phê và phương thức canh tác tại Sơn La có những đặc thù riêng, việc thiếu dữ liệu thực nghiệm trực tiếp từ cascara Sơn La có thể hạn chế khả năng phản ánh đầy đủ sự biến động thực tế về hàm lượng caffeine, polyphenol và nguy cơ an toàn vi sinh của nguyên liệu tại địa phương.

Thứ hai, phân tích kinh tế tuần hoàn và đánh giá vòng đời (LCA) trong nghiên cứu mới dừng ở mức sơ bộ, chủ yếu nhằm so sánh định tính giữa các kịch bản xử lý phụ

phẩm. Việc chưa định lượng chi tiết các chỉ số môi trường như phát thải khí nhà kính, tiêu thụ năng lượng, sử dụng nước và tiềm năng gây ô nhiễm khiến cho kết quả LCA chưa đủ để đưa ra các kết luận định lượng phục vụ trực tiếp cho hoạch định chính sách hoặc so sánh hiệu quả giữa các phương án công nghệ khác nhau.

Trong tương lai, việc triển khai các nghiên cứu thực nghiệm tại địa phương, bao gồm phân tích thành phần hóa học và an toàn thực phẩm trên mẫu cascara Sơn La theo các mùa vụ và phương thức chế biến khác nhau, là cần thiết để bổ sung bằng chứng trực tiếp. Đồng thời, việc thực hiện đánh giá vòng đời đầy đủ (full LCA), kết hợp với phân tích kinh tế – xã hội về chi phí, lợi ích và tác động sinh kế, sẽ giúp hoàn thiện hơn bức tranh toàn diện về tiềm năng phát triển và tác động môi trường – xã hội của chuỗi giá trị cascara tại tỉnh Sơn La.

8. KẾT LUẬN CHUNG (GENERAL CONCLUSIONS)

Bài báo cho thấy việc tận dụng vỏ quả cà phê (cascara) tại tỉnh Sơn La không chỉ là một giải pháp xử lý phụ phẩm, mà còn là một hướng đi có cơ sở khoa học và thực tiễn rõ ràng để nâng cấp giá trị trong chuỗi cà phê Arabica. Trên nền tảng nguồn nguyên liệu dồi dào, các bằng chứng khoa học về thành phần hóa học và đặc tính cảm quan, cùng với khung tham chiếu an toàn thực phẩm quốc tế và trong nước, cascara có tiềm năng được phát triển như một nguyên liệu đồ uống hợp pháp, an toàn và có giá trị gia tăng.

Quan trọng hơn, việc đưa cascara vào chuỗi giá trị theo cách tiếp cận kinh tế tuần hoàn cho phép chuyển dịch tư duy từ “xử lý phụ phẩm” sang “khai thác tài nguyên sinh học”, qua đó góp phần giảm áp lực môi trường, đa dạng hóa sản phẩm cà phê và tạo thêm sinh kế tại địa phương. Trong bối cảnh Sơn La đang định hướng phát triển cà phê bền vững gắn với chế biến sâu và thị trường chất lượng cao, cascara có thể trở thành một cấu phần chiến lược nếu được quản lý như một nguyên liệu thực phẩm, với các yêu cầu kỹ thuật và an toàn tương xứng.

Việc hiện thực hóa tiềm năng này đòi hỏi sự phối hợp đồng bộ giữa chính sách, khoa học – công nghệ và thị trường, trong đó tiêu chuẩn hóa quy trình, kiểm soát an toàn thực phẩm và định vị sản phẩm dựa trên bằng chứng khoa học đóng vai trò then chốt. Cách

tiếp cận này không chỉ mở ra hướng phát triển mới cho cascara tại Sơn La, mà còn gợi ý một mô hình tham chiếu cho các vùng sản xuất cà phê khác ở Việt Nam trong tiến trình phát triển nông nghiệp bền vững và kinh tế tuần hoàn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1].Bộ Khoa học và Công nghệ. (2008). *TCVN 7975:2008 – Trà thảo mộc túi lọc*. Hà Nội: Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [2].EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens (NDA). (2022). *Safety of dried coffee husk (cascara) from Coffea arabica L. as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283*. EFSA Journal, 20(2), 7085. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7085>
- [3].International Coffee Organization. (2023). *Coffee Market Report*. London: ICO.
- [4].International Coffee Organization. (2024). *World Coffee Outlook*. London: ICO.
- [5].Janissen, B., & Huynh, T. (2018). *Chemical composition and value-adding applications of coffee industry by-products: A review*. Resources, Conservation & Recycling, 128, 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.001>
- [6].Murthy, P. S., & Naidu, M. M. (2012). *Sustainable management of coffee industry by-products and value addition—A review*. Resources, Conservation & Recycling, 66, 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.005>
- [7].United Nations Development Programme. (2022). *Circular economy opportunities in the coffee sector of Son La, Viet Nam*. Hanoi: UNDP Viet Nam.
- [8].United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. (2023). *Vietnam: Coffee Annual*. Washington, DC: USDA FAS.
- [9].United States Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. (2024). *Vietnam: Coffee Annual*. Washington, DC: USDA FAS.





VINFAST

MẠNH LIỆT VÌ TƯƠNG LAI XANH



KHÁM PHÁ NGAY

ƯU ĐÃI **10%**
LÊN TỚI

GIÁ BÁN LẺ ĐỀ XUẤT *

CÙNG NHIỀU ƯU ĐÃI HẤP DẪN KHÁC *

☎ 1900 23 23 89

🌐 vinfastauto.com/vn_vi

(*) Chương trình áp dụng theo điều khoản & điều kiện.

Vui lòng liên hệ hotline 1900 23 23 89 hoặc đại lý VinFast gần nhất để biết thêm chi tiết.

Hình ảnh chỉ mang tính chất minh họa.

2026

Mừng Xuân
Bình Ngô

Thủy điện Nậm Hoá 2, Xã Mường Bám,
Tỉnh Sơn La có công suất 8MW

MCG

ENERGY & REAL ESTATE JSC

CÔNG TY CỔ PHẦN NĂNG LƯỢNG VÀ BẤT ĐỘNG SẢN MCG

Địa chỉ: 102 Trường Chinh - Phường Kim Liên - HN

Điện thoại: (84-24) 3869 4773 | (84-24) 2213 8518

Fax: (84-24) 3869 1568

Email: vanphong@mcger.com

Website: www.mcger.com