

NGHIÊN CỨU CÔNG NGHỆ VÀ THIẾT BỊ CHẾ BIẾN TRÁI CÀ PHÊ THÀNH HẠT CÀ PHÊ THÀNH PHẨM

Nguyễn Văn Thêm, Phạm Trọng Hòa
Trường Cao đẳng nghề Cần Thơ

Tóm tắt: Nghiên cứu tập trung vào “phương pháp chế biến ướt” (wet coffee processing) truyền thống trong xử lý trái cà phê, kết hợp công nghệ tự động hóa. Phương pháp thực hiện là tìm hiểu quy trình chế biến ướt, phân tích các công đoạn then chốt, đề xuất tự động hóa khâu thu hoạch, phân loại, lên men và sấy. Tự động hóa giúp giảm tổn thất, nâng cao độ đồng đều, giữ hương vị cà phê tốt hơn. Hạn chế chính là chi phí đầu tư cao, cần chuẩn hóa mô đun cho nông hộ nhỏ; hướng đi tiềm năng là kết hợp ai trong phân loại trái và kiểm soát lên men.

Từ khóa: Trái cà phê, Tự động hóa, Công nghệ sau thu hoạch.

RESEARCH ON TECHNOLOGY AND EQUIPMENT FOR PROCESSING COFFEE CHERRIES INTO FINISHED COFFEE BEANS

Abstract: The study focuses on traditional wet coffee processing methods combined with automation technologies. The approach involves analyzing the wet processing workflow, identifying key stages, and proposing automation for harvesting, sorting, fermentation, and drying. Automation reduces losses, enhances uniformity, and better preserves coffee flavor. The main limitation is high investment costs, especially for small farms. Standardizing modular systems is recommended. A promising direction is integrating ai for selective harvesting, fruit grading, and fermentation control.

Keywords: Coffee, Automation, Postharvest.

Nhận bài: 15/03/2026

Phản biện: 15/04/2026

Duyệt đăng: 20/04/2026

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Việt Nam sản xuất cà phê với hơn một triệu tấn mỗi năm, và phần lớn trong số này là hạt robusta. Với hơn 95% sản lượng thu hoạch hàng năm là robusta, Việt Nam tình cờ là nước sản xuất lớn nhất thế giới, trong khi các giống arabica, liberica... chỉ đóng góp phần nhỏ.

Theo số liệu của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn, năm 2024, xuất khẩu cà phê của Việt Nam ước đạt 1,32 triệu tấn, với kim ngạch 5,48 tỷ USD, giảm 18,8% về khối lượng nhưng tăng 29,11% về giá trị so với cùng kỳ năm 2023. Giá cà phê xuất khẩu bình quân năm 2024 ước đạt 4.151 USD/tấn, tăng 56,9% so với cùng kỳ năm 2023. Trước đó, kim ngạch xuất khẩu cà phê lần lượt đạt: 2,66 tỷ USD năm 2020; 3 tỷ USD năm 2021; 4,06 tỷ USD năm 2022 và 4,18 tỷ USD năm 2023.

Quả cà phê được thu hoạch khi chúng có màu đỏ tươi, bóng và chắc, bằng cách hái bằng tay có chọn lọc, hoặc trực tiếp toàn bộ cành hoặc thu hoạch bằng máy. Phương pháp hái bằng tay rất tốn thời gian, nhưng lại cho chất lượng sản phẩm vượt trội. Quả chín sẽ có sau 9-11 tháng kể từ khi ra hoa.

Quá trình chế biến sau thu hoạch của quả cà phê bao gồm chế biến khô hoặc ướt, phân loại,

tiếp thị, pha trộn và rang. Một loạt các thay đổi vật lý và hóa học xảy ra trong quá trình rang cà phê, góp phần tạo nên hương thơm và hương vị dễ chịu của cà phê.

Độ ẩm ban đầu của cà phê thu hoạch là khoảng 55-60% và sau khi sấy, độ ẩm sẽ giảm xuống khoảng 12%. Cà phê được sấy khô và bảo quản trong phòng lạnh có hàm lượng năng lượng cao hơn và màu sắc gần với màu xanh lá hơn. Phòng lạnh cho phép bảo quản cà phê lâu hơn. Phương pháp này cải thiện việc bảo quản các đặc tính quan trọng, góp phần nâng cao chất lượng cảm quan của đồ uống.

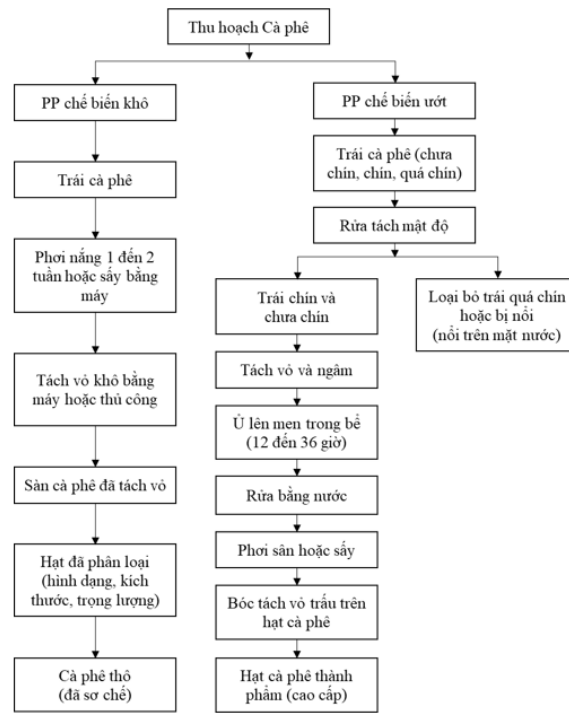
Ngoài ra khi nói đến công nghệ sấy, đã có những nghiên cứu chuyên sâu nhằm giảm 40% mức tiêu thụ năng lượng thông qua việc cải tiến kiểm soát quy trình và phát triển các công nghệ sấy mới. Để đạt được hiệu suất sấy cao và tiết kiệm chi phí, nhiều công nghệ sấy có thể được kết hợp theo mô-đun với các tham số điều khiển và trình tự tối ưu cho từng công nghệ.

II. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Phương pháp nghiên cứu

2.1.1. Nghiên cứu về quy trình chế biến cà phê

Trong nghiên cứu này tập trung vào phương pháp chế biến ướt dựa theo quy trình chế biến cà phê:



Hình 1. Quy trình chế biến cà phê truyền thống

Phương pháp chế biến ướt tinh vi hơn và được sử dụng để tạo ra đồ uống chất lượng cao hơn. Có nhiều phiên bản khác nhau của phương pháp này, trong đó chỉ sử dụng quả chín. Chúng có thể được hái chọn lọc và phân loại bằng máy hoặc trong các bể tuyển nổi. Sau khi phân loại, hạt được tách vỏ bằng máy, ngâm và lên men trong bể, thường kéo dài từ 12–36 giờ.

Quá trình lên men có thể diễn ra tự nhiên hoặc có bổ sung vi sinh vật hoặc enzyme để loại bỏ phần vỏ và lớp vỏ bạc còn lại. Trong quá trình lên men, độ axit tăng lên và độ pH có thể giảm xuống còn 4,5. Hạt cà phê trần (cà phê thóc) sau đó được rửa kỹ trong các bể chứa nước sạch hoặc trong

các máy rửa chuyên dụng. Sau đó, hạt được phơi khô trong các bãi hoặc treo trên các bàn thông gió, kết hợp với sấy bằng khí nóng. Sau khi phơi khô, phần vỏ còn lại thường được loại bỏ bằng máy sau khi rửa. Chế biến ướt thường được sử dụng ở những nơi cà phê được thu hoạch bằng phương pháp thủ công, chẳng hạn như Colombia, Châu Á và Trung Mỹ. Do giá trị thị trường cao hơn, nhiều trang trại ở các quốc gia sản xuất khối lượng lớn hơn, chẳng hạn như Brazil, cũng đã áp dụng phương pháp này.

2.1.2. Sơ lược phương pháp chế biến ướt

Theo nghiên cứu, tỉ lệ hạt cà phê thành phẩm thu được rất thấp vào khoảng 18.5%.

Bảng 1. Các sản phẩm khi chế biến cà phê

Thành phần	Đầu vào	Đầu ra sản phẩm	
		Hạt cà phê	Chất thải
Trái cà phê, kg	1000		
Nước, kg (trung bình)	3012		
Tổng khối lượng, kg	4012		
Hạt cà phê, kg		185	
Vỏ trâu, kg			565
Thịt quả, kg			24.6
Vỏ lụa, kg			53
Nước thải + nhớt quả, kg			2937.4
Tồn thất, kg			247
Tổng khối lượng, kg		4012	

Phương pháp chế biến ướt được chia làm các công đoạn chính sau:

- + Phân loại cà phê.
- + Loại bỏ vỏ quả.
- + Lên men và loại bỏ chất nhầy.
- + Làm khô hạt cà phê.

2.2. Những vấn đề của quy trình chế biến ướt

Khi thu hoạch bằng tay và có chọn lọc trái chín thì hiệu suất của chế biến ướt là rất cao nhưng sẽ tốn nhiều thời gian và sức lao động. Mặt khác nếu dùng máy móc để thu hoạch thì sẽ thu hoạch luôn các trái chưa chín và các thành phần khác dẫn đến chất lượng lên men rất khó kiểm soát.

Với phương pháp chế biến ướt này thì lượng nước cần thiết gấp 3 lần lượng quả cà phê và lượng tổn thất cũng khá lớn. Do phải xử lý loại bỏ các thành phần không mong muốn ban đầu như trái hư (rỗng ruột do bị sâu ăn) trái chưa chín, cành và lá cây...

Quá trình lên men còn mang tính cảm quan, đo độ pH hoặc sử dụng độ Brix để đưa ra kết luận ngừng hoặc tiếp tục lên men. Các hoạt động được kiểm tra thủ công nên độ chính xác cũng bị ảnh hưởng.

Sau khi lên men là quá trình rửa sạch hỗn hợp chất nhầy bao quanh hạt cà phê bằng nước dẫn đến lại phải tiêu tốn lượng lớn nước.

Quá trình phơi yêu cầu phải có nắng nhưng đối với những vùng hạn chế nắng thì không đảm bảo và có thể dẫn đến mốc hư hạt cà phê. Mặt

khác công nghệ sấy hạt cà phê cũng còn thô sơ và không kiểm soát tốt về độ ẩm của hạt.

Cuối cùng là quá trình bóc tách vỏ trái trên hạt và bảo quản hạt cà phê thành phẩm.

2.3. Đề xuất phương án cải tiến quy trình chế biến ướt

Dựa theo những vấn đề đề tài đề xuất các phương pháp cải tiến như sau:

- + Nâng cao chất lượng thu hoạch trái cà phê
- + Cải thiện chất lượng trái cà phê trước khi lên men.
- + Kiểm soát chất lượng bề lên men cà phê.
- + Giảm lượng nước xử lý rửa hạt cà phê sau lên men.

- + Nâng cao hiệu quả làm khô hạt cà phê thành phẩm.

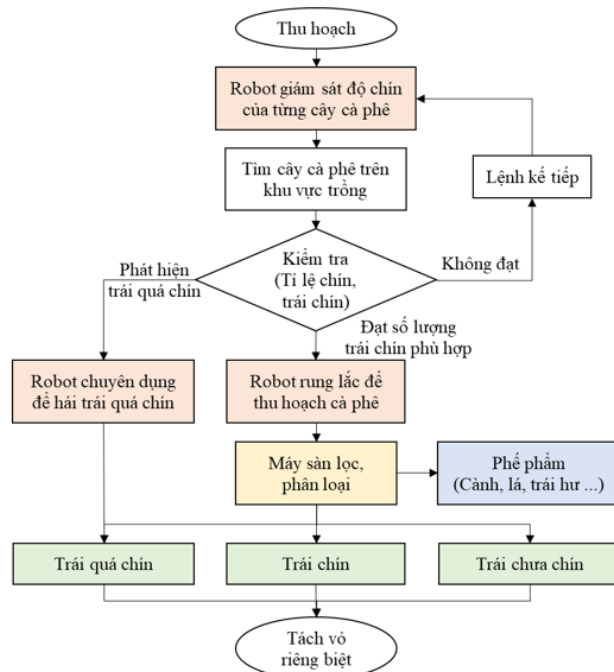
2.3.1. Nâng cao chất lượng thu hoạch trái cà phê

Để đạt được mục tiêu này cần phải có:

- + Robot có lắp đặt Camera giám sát độ chín của quả trên từng cây hằng ngày.
- + Robot rung lắc cây khi phát hiện cây có số lượng trái chín được cài đặt theo mục tiêu.
- + Robot hái trái quá chín theo lệnh được yêu cầu từ Robot giám sát.

+ Băng truyền sản lọc phân loại các nhóm nguyên liệu đầu vào: trái quá chín, trái chín, trái chưa chín, cành, lá và rác mịn khác. Hệ thống này có thêm phần kiểm tra trọng lượng trái rồi loại bỏ những trái có trọng lượng nhẹ hơn tiêu chuẩn (bị rỗng ruột, hư).

Từ các mục tiêu trên, nghiên cứu đề xuất quy trình thu hoạch cà phê như sau:



Hình 2. Quy trình cải tiến khâu thu hoạch cà phê

Ưu điểm của quy trình:

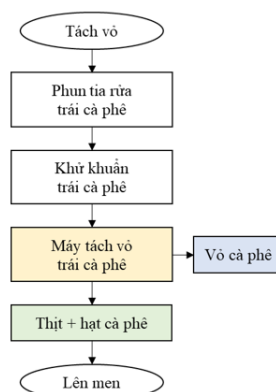
- + Thu hoạch có chọn lọc trái cà phê.
- + Phân loại rõ ràng từng loại nguyên liệu tạo ra các dòng cà phê với chất lượng khác nhau.
- + Bỏ được khâu ngâm rửa nước tách mật độ và loại bỏ trái hư.

Nhược điểm của quy trình:

- + Phải bố trí cánh đồng cà phê theo chuẩn công nghiệp tạo điều kiện cho robot dễ dàng hoạt động.
- + Đầu tư ban đầu cao (các thiết bị tự động và robot chuyên dụng).

2.3.2. Cải thiện chất lượng trái cà phê trước khi lên men

Để đạt được mục tiêu này cần phải có:



Hình 3. Quy trình cải tiến khâu tách vỏ cà phê

Ưu điểm của quy trình:

- + Tiết kiệm được lượng nước rửa.
- + Đảm bảo cho chất lượng cà phê.
- + Tách vỏ nhanh và hạn chế hư hỏng hạt cà phê.

Nhược điểm của quy trình:

- + Đầu tư thiết bị ban đầu cao do hệ thống máy móc ở khâu này rất nhiều.

2.3.3. Kiểm soát chất lượng bể lên men cà phê

Để đạt được mục tiêu này cần phải có:

- + Bể lên men được bố trí kín tránh tiếp xúc với không khí bên ngoài mang mầm bệnh. Khi đó

+ Hệ thống rửa trái cà phê bằng phương pháp phun tia hỗn hợp giúp làm sạch bụi bám hoặc vết dơ trên trái mà không lãng phí nguồn nước.

+ Hệ thống khử khuẩn đảm bảo không bị nấm mốc không mong muốn trong quá trình lên men (có thể ứng dụng tia UV phát xạ trong thời gian ngắn hoặc phun hơi nước có nhiệt độ kiểm soát từ 90 đến 95oC).

+ Máy tách vỏ quả (Mini Eco Pulper) để loại bỏ phần vỏ của trái cà phê và giữ lại chất nhầy và hạt cà phê để đi đến quá trình lên men.

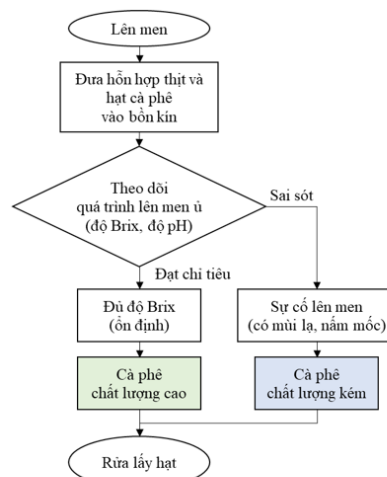
Những trái cà phê đã phân loại đều được xử lý riêng biệt theo quy trình cải tiến sau:

nhệt độ trong bể ủ cần kiểm soát tốt tránh vi sinh vật không thể lên men hoặc lên men quá mức.

+ Hệ thống cảm biến đo lượng pH trong bể lên men cà phê được bố trí đồng đều để phán đoán đúng tình trạng lên men trong bể.

+ Bố trí thêm cảm biến mùi (thay thế phương pháp cảm quan con người thành nhận định bằng máy móc) để nhận biết giai đoạn của quá trình lên men.

Hỗn hợp thịt và hạt cà phê sẽ được lên men theo quy trình cải tiến sau:



Hình 4. Quy trình cải tiến khâu lên men cà phê

Ưu điểm của quy trình:

- + Kiểm soát tốt chất lượng cà phê tự động.
- + Xử lý các sự cố trong quá trình lên men kịp thời tránh ảnh hưởng đến giá trị cà phê thành phẩm.

Nhược điểm của quy trình:

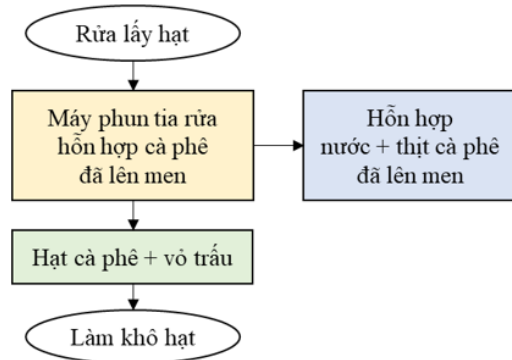
- + Đầu tư nhiều thiết bị mới, đắt tiền.
- + Hệ thống kiểm soát còn khá mới mẻ cần phải có nhiều nghiên cứu thêm phía sau.
- + Khó được chấp nhận với các nhà sản xuất cà

phê truyền thống vì họ còn đánh giá cảm quan và không tin vào máy móc hiện đại.

2.3.4. Giảm lượng nước xử lý rửa hạt cà phê sau lên men

Chỉ lấy lại phần hệ thống rửa trái cà phê bằng phương pháp phun tia hỗn hợp nhưng áp lực mạnh hơn nhằm loại bỏ các dung dịch chất nhầy bám trên hạt cà phê.

Sau quá trình lên men, hỗn hợp sẽ được rửa lại thêm lần nữa bằng quy trình cải tiến sau:



Hình 5. Quy trình cải tiến khâu rửa hạt cà phê

Ưu điểm của quy trình:

- + Giảm lượng nước sử dụng cho việc rửa hạt.
- + Thu lại được hỗn hợp dung dịch đã lên men để sử dụng cho những trường hợp khác.

Nhược điểm của quy trình:

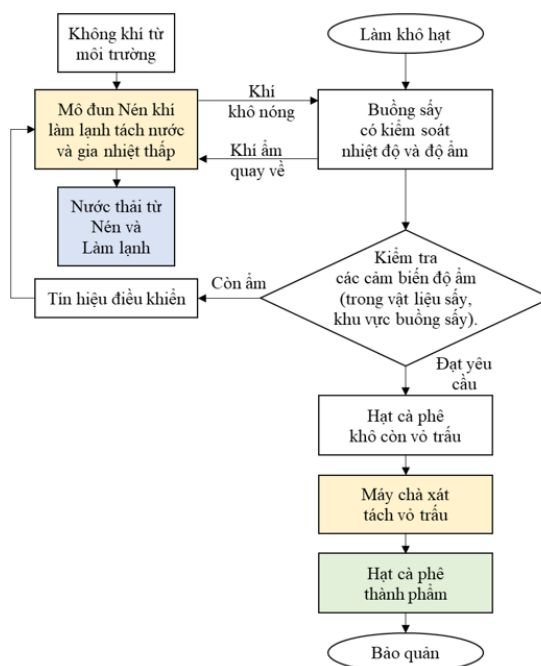
- + Đầu tư các máy móc công nghiệp cao.
- + Di chuyển hỗn hợp lên men vào dây chuyền rửa hạt phức tạp.

2.3.5. Nâng cao hiệu quả làm khô hạt cà phê thành phẩm

Để đạt được mục tiêu này cần phải có:

- + Hệ thống sấy phù hợp với môi trường tại khu vực sản xuất cà phê. Đề tài đề xuất phương pháp Nén khí – Làm lạnh tách nước – Gia nhiệt thấp để đưa không khí cực khô và nhiệt thấp vào buồng sấy nhằm nâng cao hiệu quả sấy cà phê.

Hạt cà phê còn vỏ trấu được đưa tiếp đến quy trình sấy cải tiến để giảm độ ẩm trong hạt xuống 12%:



Hình 6. Quy trình cải tiến khâu làm khô hạt cà phê

+ Nhiệt độ dùng để sấy thấp nên chất lượng cà phê cao hơn phương pháp truyền thống.

+ Hệ thống sấy kín nên tận dụng tối đa năng lượng trong quá trình sấy bằng việc thu hồi không khí sấy.

+ Hệ thống có kiểm soát nhiệt độ và độ ẩm với từng giai đoạn sấy khác nhau nên chất lượng sau sấy vẫn được đảm bảo.

+ Thân thiện với môi trường.

Nhược điểm của quy trình:

+ Hệ thống có hàm lượng công nghệ cao, thiết kế phức tạp nên chi phí ban đầu rất cao.

+ Phải thiết kế buồng sấy kín và kháng khuẩn cao nên chi phí cũng khá cao.

Đặc điểm của Mô đun Nén khí – Làm lạnh tách nước – Gia nhiệt thấp:

+ Được thiết kế ở dạng mô đun tháo rời và đồng bộ với Buồng sấy.

+ Có khả năng ghép nối cùng nhau để tăng công suất sấy cho Buồng sấy một cách linh hoạt.

+ Hệ thống Nén khí được thiết kế với lực nén không lớn và được thiết kế rời theo nhiều ống nén để giảm áp lực (nếu dùng 1 ống nén thì khả năng làm lạnh khí giảm).

+ Hệ thống Làm lạnh và gia nhiệt được tối ưu trong quá trình vận hành (Làm lạnh ống nén ở phần làm lạnh và tận dụng lượng nhiệt tỏa ra từ thiết bị trong quá trình để gia nhiệt ở phần đầu ra).

+ Hệ thống [Nén khí - làm lạnh - gia nhiệt] này có thể áp dụng cho nhiều vật liệu sấy.

2.4. Kết quả mong đợi và thảo luận

Kết quả mong đợi

- Tất cả các khâu chế biến cà phê được chuẩn hóa thành các mô đun khép kín.

- Giảm chi phí sản xuất, nâng cao chất lượng của các dòng sản phẩm cà phê.

- Giảm lượng tiêu thụ nước và chất thải ra môi trường.

- Tái sử dụng được các chất thải từ ngành sản xuất cà phê.

Thảo luận

Hiện nay chưa có quy chuẩn công nghiệp rõ ràng nên việc ứng dụng những thiết bị tự động hóa vào quy trình sản xuất cà phê còn rất khó khăn và mới mẻ với nhiều nhà sản xuất.

Mặt khác, nông dân và nhà sản xuất chưa thống nhất về chất lượng và giá cả cà phê nguyên liệu nên chất lượng cà phê sản xuất ra còn chưa cao. Cần có sự thống nhất về các khâu trồng trọt, thu hoạch và chế biến nhằm đảm bảo chất lượng của cà phê khi đưa vào thị trường.

Cuối cùng là tỉ lệ ứng dụng khoa học công nghệ vào nông nghiệp còn rất hạn chế từ người trồng cho đến người sản xuất. Nhà nước cần có chính sách hỗ trợ để chất lượng cà phê trong nước và xuất khẩu ngày càng tăng.

III. KẾT LUẬN

Từ những kiến thức tổng quan về cà phê và quy trình chế biến cà phê, việc thống nhất và đồng bộ quy trình sản xuất là vô cùng quan trọng. Ngành tự động hóa đang dần trở thành chìa khóa cho toàn bộ các ngành sản xuất và chế biến nông sản. Khi máy móc ngày càng phát triển, con người sẽ không còn phải làm những công việc nặng nhọc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- “Best Coffee Brands – Vietnam.” [Online]. Available: <https://www.globalbrandsmagazine.com/best-coffee-brands-vietnam/>
- Q. Tuệ, “Xuất khẩu cà phê đạt kỷ lục 5,48 tỷ USD năm 2024.” [Online]. Available: <https://vneconomy.vn/xuat-khau-ca-phe-dat-ky-luc-5-48-ty-usd-nam-2024.htm>
- P. Ghosh and N. Venkatachalapathy, “Processing and Drying of Coffee - A Review,” 2014.
- S. Das, “Post-harvest processing of coffee: An overview,” 2021.
- R. A. Jordan, F. C. de Oliveira, E. J. S. Argandoña, A. V. A. Motomiya, and R. C. Santos, “Impact of Slow Drying in a Cold Room on Coffee Sensory, Chemical, and Physical Properties,” 2024. doi: 10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v44e20230095/2024.