JTE HCM-UTE
ISSN: 1859-1272

TẠP CHÍ KHOA HỌC GIÁO DỤC KỸ THUẬT
Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh
Website: https://jte.edu.vn
Email: jte@hcmute.edu.vn

Treatment and Chemical Characterization of Coconut Coir Pith for Use as a Plant-Growing Substrate

Van Quy Nguyen, Van Tinh Vo, Nhat Luan Phan, Thanh Loc Le, Thien Dang Tran, Thien Ngon Dang, Nhat Minh Dang*

Ho Chi Minh City University of Technology and Engineering, Vietnam

*Corresponding author. Email: minhdn@hcmute.edu.vn

ARTICLE INFO

Received: 17/07/2026
Revised: 12/09/2026
Accepted: 24/09/2026
Online First: 16/11/2026
Published:

KEYWORDS

Lignin;
Tannin;
Klason;
Coir pith;
Folin–Ciocalteu.

ABSTRACT

This study characterized coconut coir pith intended for use as a plant-growing substrate by determining its lignin and total phenolic contents at three sun-drying and storage times. The coconut husk was mechanically processed on an inclined-blade coconut husk chopper that separates coir pith from long fiber in a single pass. Lignin was determined by the Klason two-stage acid hydrolysis method, in which acid-insoluble lignin (AIL) was measured gravimetrically and acid-soluble lignin (ASL) spectrophotometrically, whereas the tannin-related total phenolic content was determined by the Folin–Ciocalteu assay. Total lignin increasedover the storage period, driven by an increase in AIL together with a decrease in ASL, a pattern mainly attributable to the relative enrichment of lignin as labile components degrade, although partial lignin condensation under natural storage conditions cannot be excluded. In parallel, the extractive content decreased while the ash content increased slightly. The total phenolic content of the extracts rose, suggesting that prolonged sun-drying alone is insufficient to remove phenolic compounds, including tannin. When extractives are removed before hydrolysis, the Klason results are comparable to the published Klason lignin content of coconut coir pith, whereas the Folin–Ciocalteu assay tracks the phenolic trend well but lacks full specificity for tannin. These results provide baseline data on the compositional changes of coconut coir pith during sun-drying and storage, supporting further evaluation of its suitability as a plant-growing substrate.

Xử lý và đánh giá đặc trưng hóa học của mùn dừa dùng làm giá thể trồng cây

Nguyễn Văn Quý, Võ Văn Tình, Phan Nhật Luân, Lê Thanh Lộc, Trần Thiên Đăng, Đặng Thiện Ngôn, Đặng Nhật Minh*

Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam

*Tác giả liên hệ. Email: minhdn@hcmute.edu.vn

THÔNG TIN BÀI BÁO

Ngày nhận bài: 17/07/2026
Ngày hoàn thiện: 12/09/2026
Ngày chấp nhận đăng: 24/09/2026
Ngày đăng trực tuyến: 16/11/2026
Ngày xuất bản:

TỪ KHÓA

Lignin;
Tannin;
Klason;
Mùn dừa;
Folin–Ciocalteu.

TÓM TẮT

Nghiên cứu đánh giá tiềm năng sử dụng mùn dừa làm giá thể qua hàm lượng lignin và phenolic tổng tại ba thời điểm phơi – lưu trữ. Mùn dừa và xơ dừa được tách bằng máy băm vỏ dừa trục dao nghiêng. Lignin được xác định bằng phương pháp Klason thủy phân acid hai giai đoạn, gồm lignin không tan trong acid (AIL) đo theo khối lượng và lignin tan trong acid (ASL) đo bằng quang phổ; phenolic tổng liên quan đến tannin được xác định bằng Folin–Ciocalteu. Lignin tổng tăng theo thời gian lưu trữ do AIL tăng và ASL giảm, chủ yếu phản ánh sự làm giàu tương đối của lignin khi các thành phần kém bền phân hủy, dù chưa loại trừ khả năng lignin ngưng tụ một phần trong điều kiện phơi – lưu trữ tự nhiên. Đồng thời, hàm lượng chất chiết giảm, còn hàm lượng tro tăng nhẹ. Phenolic tổng trong dịch chiết tăng, cho thấy phơi kéo dài chưa đủ loại bỏ các hợp chất phenolic, bao gồm tannin. Khi loại bỏ chất chiết trước thủy phân, kết quả Klason tương đương giá trị lignin Klason đã công bố cho mùn dừa; Folin–Ciocalteu phản ánh tốt xu hướng biến đổi phenolic nhưng chưa đặc hiệu với tannin. Kết quả

cung cấp dữ liệu ban đầu về biến đổi thành phần mùn dừa khi phơi – lưu trữ, hỗ trợ đánh giá tiếp khả năng làm giá thể trồng cây.

DOI: https://doi.org/10.54644/jte.2026.2526

Copyright © JTE. This is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium for non-commercial purpose, provided the original work is properly cited.

1. Giới thiệu

Trong quá trình khai thác các bộ phận của cây dừa, nước dừa và cơm dừa là hai đối tượng được quan tâm chủ yếu, trong khi vỏ dừa phần lớn bị xem là phế phẩm và thải trực tiếp ra môi trường [1]. Thực trạng này không chỉ gây thất thoát một nguồn sinh khối lignocellulose có giá trị mà còn làm gia tăng lượng chất thải hữu cơ và gây ảnh hưởng đến môi trường [2]–[4]. Ở phạm vi quốc gia, mỗi năm Việt Nam phát sinh hơn 156 triệu tấn phụ phẩm nông nghiệp nhưng chỉ khoảng 10–35% trong số đó được tái chế hoặc tái sử dụng, phần còn lại bị thải bỏ và gây ô nhiễm môi trường [5]. Trên thực tế, xơ dừa và mùn dừa thu được từ vỏ dừa là những vật liệu có nhiều tiềm năng ứng dụng trong nông nghiệp, từ giá thể trồng cây, vật liệu giữ ẩm và chống xói mòn cho đất đến các vật liệu sinh học giá trị cao như chất chống oxy hóa hoặc kem chống nắng đi từ lignin của xơ dừa [1], [6]. Khi được xử lý theo quy trình phù hợp nhằm loại bỏ các thành phần không có lợi, vỏ dừa có thể trở thành một cấu phần hiệu quả cho giá thể trồng cây, phù hợp với xu hướng khai thác giá trị gia tăng từ sinh khối lignocellulose hiện nay [3], [7].

Hai thành phần quyết định khả năng sử dụng mùn dừa làm giá thể trồng cây là lignin và tannin. Lignin là polymer thơm có cấu trúc mạng lưới bền vững, khó phân hủy sinh học [8], do đó hàm lượng lignin ảnh hưởng trực tiếp đến tốc độ phân hủy và độ bền cấu trúc của mùn dừa khi sử dụng làm giá thể. Tannin là nhóm hợp chất polyphenol tan trong nước, có khả năng tạo phức bền với protein và ion kim loại [9]; khi tồn dư trong giá thể, tannin có thể bị rửa trôi làm sẫm màu nước tưới và ảnh hưởng bất lợi đến sinh trưởng của rễ. Vì vậy, việc định lượng là điều kiện tiên quyết để đánh giá chất lượng mùn dừa trước khi đưa vào sử dụng. Đã có nhiều nghiên cứu thực hiện đánh giá hai thành phần này ở ngoài nước [8], [10], [11] nhưng theo khảo sát tài liệu của nhóm tác giả, chưa tìm thấy số liệu công bố về hàm lượng lignin và tannin trên nguồn mùn dừa Việt Nam. Do đó, việc xác định hàm lượng lignin và nhóm hợp chất phenolic (trong đó có tannin) trong mùn dừa sau các bước xử lý cơ học và xử lý sơ bộ là cần thiết.

Bên cạnh các phương pháp quang phổ cho phép xác định nhanh hàm lượng lignin [12], phương pháp Klason vẫn là phương pháp chuẩn để định lượng lignin trong sinh khối lignocellulose, trong đó lignin được phân tách thành phân đoạn không tan trong acid (acid-insoluble lignin, AIL) xác định theo khối lượng và phân đoạn tan trong acid (acid-soluble lignin, ASL) xác định bằng quang phổ tử ngoại - khả kiến [13]. Bên cạnh đó, hàm lượng tannin được đánh giá thông qua tổng hàm lượng phenolic bằng phản ứng Folin–Ciocalteu [14], [15]. Các công bố hiện tại có cách tiếp cận, đánh giá vỏ dừa theo những hướng riêng biệt bao gồm kiểm kê và đánh giá phụ phẩm hữu cơ làm giá thể trồng cây ở quy mô thống kê [2], phân lập và làm rõ cấu trúc phức lignin - carbohydrate cùng khả năng chế tạo vật liệu giá trị cao từ lignin vỏ dừa [1], [6], hoặc khai thác giá trị gia tăng của sinh khối lignocellulose nói chung [3], [7]. Điểm chung của các công bố này là mẫu được phân tích tại một thời điểm duy nhất, tức xem thành phần hóa học của mùn dừa như một đại lượng cố định. Khoảng trống nghiên cứu vì vậy nằm ở chỗ chưa có bộ số liệu nào theo dõi đồng thời lignin và phenolic tổng của cùng một nguồn mùn dừa trong giai đoạn phơi – lưu trữ, dù đây là cơ sở cần thiết cho việc đánh giá khả năng sử dụng mùn dừa làm giá thể cây trồng ở các nghiên cứu tiếp theo.

Nghiên cứu này mô tả khâu xử lý cơ học bằng máy băm vỏ dừa (động cơ 3 kW, trục dao 745 vòng/phút, năng suất thiết kế 50 kg/h) và mức độ biến đổi hàm lượng lignin và phenolic tổng trong mùn dừa thu được từ vỏ dừa phơi tự nhiên sau 2, 3 và 12 tháng. Bên cạnh đó, nghiên cứu cung cấp bộ số liệu theo dõi đồng thời hàm lượng lignin (cả hai phân đoạn AIL và ASL) và tổng hàm lượng hợp chất phenolic của cùng một nguồn mùn dừa Việt Nam tại ba mốc thời gian phơi – lưu trữ 2, 3 và 12 tháng. Hơn thế, việc định lượng sự thay đổi của lignin từ phân đoạn ASL sang phân đoạn AIL theo thời gian cũng được thực hiện, qua đó làm cơ sở thảo luận khả năng ngưng tụ lignin trong thời gian phơi – lưu trữ mà không có xử lý hóa học. Tiếp đến, nghiên cứu thảo luận vai trò của bước loại chất chiết (giàu tannin và các hợp chất phenolic) trước khi áp dụng phương pháp Klason cho mùn dừa.

2. Vật liệu và phương pháp

2.1. Hóa chất, thiết bị và dụng cụ

Các hóa chất, thiết bị và dụng cụ sử dụng trong nghiên cứu được liệt kê ở Bảng 1, do phòng thí nghiệm Khoa Hóa học và Khoa học sự sống, Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh cung cấp. Toàn bộ hóa chất đạt độ tinh khiết phân tích và được sử dụng trực tiếp mà không qua tinh chế thêm.

Bảng 1. *Hóa chất, thiết bị và dụng cụ sử dụng trong nghiên cứu.*

STT	Tên hóa chất / thiết bị / dụng cụ	Phân loại	Lượng sử dụng
1	H_2SO_4 98%	Hóa chất	–
2	Nước deion	Hóa chất	–
3	Benzene	Hóa chất	–
4	Ethanol	Hóa chất	–
5	Thuốc thử Folin–Ciocalteu	Hóa chất	–
6	Natri carbonate (Na_2CO_3)	Hóa chất	–
7	Acid gallic (chất chuẩn)	Hóa chất	–
8	Lò nung (600°C)	Thiết bị	1 cái
9	Nồi hấp tiệt trùng (autoclave)	Thiết bị	1 cái
10	Máy băm vỏ dừa (3 kW; 745 vòng/phút)	Thiết bị	1 cái
11	Máy quang phổ UV-Vis	Thiết bị	1 cái
12	Máy ly tâm (10.000 rpm)	Thiết bị	1 cái
13	Bình tam giác (Erlen) 250 mL	Dụng cụ	7 cái
14	Ống nghiệm có nắp	Dụng cụ	1 cái
15	Rây 40 và 80 mesh	Dụng cụ	1 bộ
16	Màng lọc syringe 0,2 µm	Dụng cụ	10 cái

Ghi chú: dấu (–) chỉ hóa chất được sử dụng theo lượng cần thiết cho từng lượt phân tích, không định mức trước.

2.2. Nguyên liệu và chuẩn bị mẫu

Vỏ dừa được thu nhận từ các tỉnh miền Tây Nam Bộ nhằm bảo đảm tính đồng nhất về nguồn gốc và chất lượng nguyên liệu. Vỏ dừa sau khi thu nhận được làm sạch, thời gian phơi – lưu trữ lần lượt là 2, 3 và 12 tháng, sau đó được xử lý cơ học bằng máy băm vỏ dừa để thu đồng thời mùn dừa và xơ dừa. Mùn dừa được rây lần lượt qua rây 40 mesh và 80 mesh nhằm thu phần vật liệu có kích thước hạt đồng đều, hạn chế sai số do phân bố kích thước hạt trong các phép phân tích tiếp theo.

Quá trình băm được thực hiện trên máy băm vỏ dừa dạng trục dao nghiêng do nhóm sinh viên thuộc Khoa Cơ khí thiết kế và chế tạo [16]. Máy sử dụng động cơ điện 3 kW (1.490 vòng/phút) truyền động đai với tỉ số truyền $i = 2$, do đó trục dao làm việc ở 745 vòng/phút, hiệu suất chung của hệ dẫn động là 0,94 tương ứng công suất trên trục công tác 2,82 kW và mô-men xoắn 36.149 N·mm. Trục dao được chế tạo từ thép C45 với trục rỗng Ø220 mm, đường kính tính đến cạnh lưỡi dao 360 mm, mang 42 lưỡi dao thép SKD11 xếp thành 6 hàng với góc nghiêng lưỡi 5° và góc lệch giữa hai dao trên cùng một hàng 12°, làm việc đối tiếp với 12 dao kê cố định cùng vật liệu. Sau khi băm, phần mùn lọt qua lưới sàng thép SS400 đục lỗ Ø16 mm và đi ra cửa xả mùn, trong khi phần xơ dài được quạt thổi tách sang cửa xả xơ, nhờ đó thu được mùn dừa và xơ dừa riêng biệt ngay trong một lượt băm. Lưới sàng Ø16 mm đảm nhiệm việc phân loại thô giữa dòng mùn và dòng xơ; mùn dừa ngay sau khi băm có kích thước 0,63–2,5 mm, còn xơ dừa có đường kính 0,2–0,3 mm và chiều dài 140–150 mm. Phần mùn này tiếp tục được rây qua

rây 40 mesh và 80 mesh để thu phân đoạn hạt đồng đều dùng cho các phép phân tích. Kết quả chạy thử cho thấy 6 kg vỏ dừa tươi thu được 3,0 kg mùn và 2,5 kg xơ, còn 7 kg vỏ dừa khô và rám thu được 3,0 kg mùn và 3,3 kg xơ; phần chênh lệch (0,5 kg và 0,7 kg, khoảng 8–10% khối lượng) được cho là bụi mịn thất thoát và vật liệu bám lại trong buồng băm, lưới sàng. Lượt chạy thử này nhằm đánh giá khả năng tách mùn và xơ của máy; mẫu dùng cho phân tích được băm từ vỏ dừa đã phơi đủ các mốc 2, 3 và 12 tháng như mô tả ở trên. Máy băm hoàn thiện được trình bày ở Hình 1a, các bộ phận chính gồm khung chân máy, trục dao nghiêng, nắp máy và tủ điện lần lượt được trình bày ở Hình 1b, Hình 1c, Hình 1d và Hình 1e. Hình thái của mùn dừa và xơ dừa thu được sau khi băm từ vỏ dừa tươi và từ vỏ dừa khô, rám được trình bày lần lượt ở Hình 2a và Hình 2b. Thông số thiết kế của máy được tóm tắt ở Bảng 2. Bản vẽ lắp, bản vẽ tách, bản vẽ trục dao và bản vẽ lưới lọc mùn được trình bày ở Hình S1, Hình S2, Hình S3 và Hình S4 của Phụ lục. Khối lượng mẫu chuẩn bị cho mỗi mốc thời gian được trình bày ở Bảng 3.



Hình 1. *Máy băm vỏ dừa dao nghiêng: a) Hoàn thiện, b) Ảnh chụp khung chân máy được hàn bằng thép, c) Ảnh chụp trục dao nghiêng (bằng thép C45, gồm trục đặc Ø60 mm và trục rỗng Ø220 mm), d) Ảnh chụp nắp máy (bằng thép tấm SS400 dày 2 mm) và e) Ảnh chụp các chi tiết bên trong tủ điện.*

Bảng 2. *Thông số thiết kế của máy băm vỏ dừa.*

STT	Tên thông số	Số lượng và đơn vị
1	Năng suất thiết kế	50 kg/h
2	Công suất (P)	Động cơ: 3 kW; Trục công tác: 2,82 kW
3	Tỷ số truyền	2
4	Số vòng quay (n)	Động cơ: 1.490 vòng/phút; Trục công tác: 745 vòng/phút
5	Mô-men xoắn (T)	Động cơ: 19.228 N·mm; Trục công tác: 36.149 N·mm

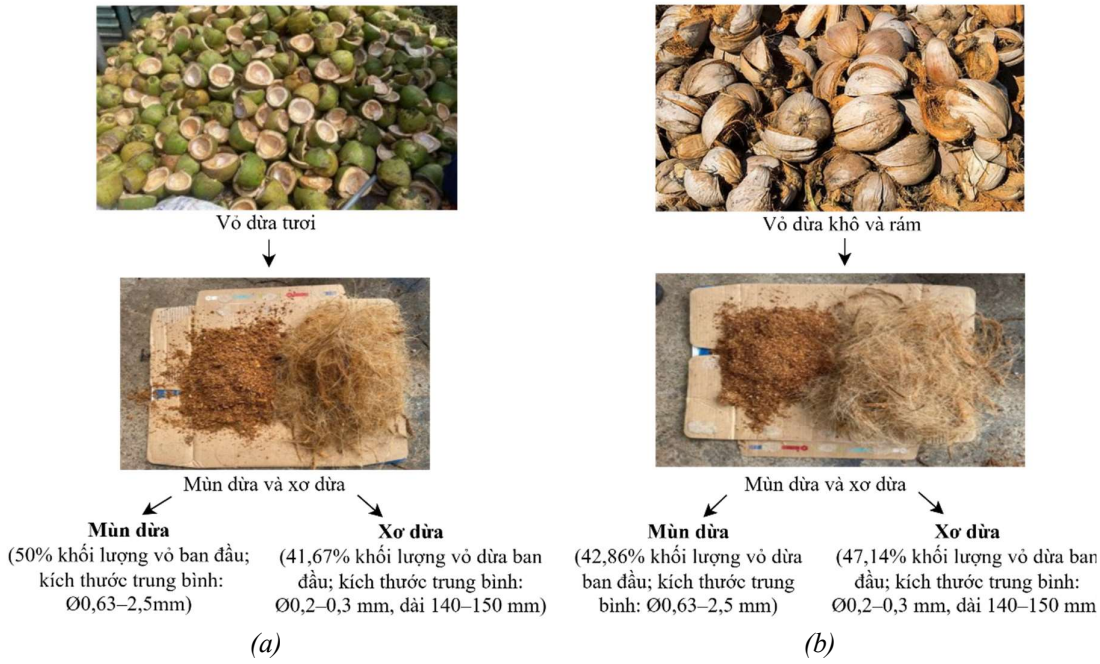
Ghi chú: số liệu thiết kế và kết quả tính toán theo [16].

Bảng 3. *Các mốc thời gian phơi và khối lượng mùn dừa chuẩn bị cho thí nghiệm.*

Chỉ tiêu	2 tháng	3 tháng	12 tháng
Khối lượng (g)	25	25	25

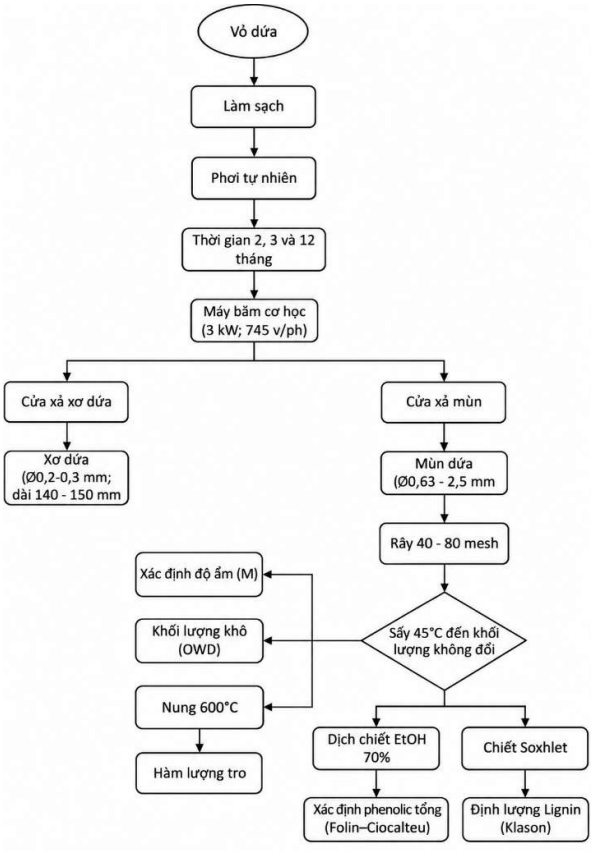
Ghi chú: khối lượng mùn dừa khô đã qua rây, mẫu chuẩn bị cho mỗi phép phân tích tại từng mốc thời gian; mỗi phép phân tích được lặp lại ba lần (n = 3).

JTE HCM-UTE
ISSN: 1859-1272
TẠP CHÍ KHOA HỌC GIÁO DỤC KỸ THUẬT
Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh
Website: https://jte.edu.vn
Email: jte@hcmute.edu.vn



Hình 2. *Hình thái mùn và xơ dừa sau khi xử lý bằng máy băm với nguyên liệu: a) vỏ dừa tươi và b) vỏ dừa khô và rám.*

2.3. Quy trình xử lý mẫu



Hình 3. *Sơ đồ quy trình xử lý từ vỏ dừa thành mùn dừa.*

Quy trình xử lý mùn dừa được tóm tắt ở Hình 3. Mẫu mùn dừa sau khi rây được sấy ở 45°C (nhiệt độ thấp nhằm hạn chế biến đổi nhiệt của tannin và các hợp chất phenolic) đến khối lượng không đổi để xác định độ ẩm (M, % theo khối lượng mẫu ban đầu) và khối lượng khô (oven-dry weight, OWD = 100 − M). Do sấy ở nhiệt độ thấp, M phản ánh lượng ẩm bay hơi ở 45°C và có thể thấp hơn độ ẩm xác định ở 105°C. Hàm lượng chất chiết (extractives, E) được xác định bằng cách chiết Soxhlet với hỗn hợp ethanol–benzene (1:2, v/v) trong 6 giờ; E (%) = $(m_0 - m_1)/m_0 \times 100$, trong đó m_0 và m_1 lần lượt là khối lượng khô của mẫu trước và sau khi chiết. Phần bã sau chiết được sấy lại ở 45°C và sử dụng làm mẫu đầu vào cho phép định lượng lignin nhằm loại trừ ảnh hưởng của tannin và các hợp chất phenolic phân tử lượng thấp. Hàm lượng tro được xác định bằng cách nung mẫu trong lò nung ở 600°C đến khối lượng không đổi; giá trị tro toàn phần này chỉ dùng để đặc trưng mẫu, còn khối lượng AIL được hiệu chỉnh bằng tro của chính bã thủy phân (Mục 2.4). Dịch chiết ethanol 70% dùng cho phản ứng Folin–Ciocalteu được ly tâm ở 10.000 rpm và lọc qua màng lọc 0,2 µm trước khi đo quang. Mỗi phép phân tích được thực hiện lặp lại ba lần. Kết quả được trình bày dưới dạng giá trị trung bình kèm độ lệch chuẩn.

2.4. Định lượng lignin bằng phương pháp Klason

Phương pháp Klason [13] dựa trên quá trình thủy phân hai giai đoạn bằng H_2SO_4, trong đó cellulose và hemicellulose bị hòa tan hoàn toàn, phần khung thơm không tan còn lại được xác định là AIL, còn phần lignin phân tử lượng thấp đi vào dịch lọc được xác định là ASL. Tổng hàm lượng lignin là tổng của hai phân đoạn AIL và ASL. Cụ thể, 0,3 g mẫu đã loại chất chiết (tính theo khối lượng khô) được thủy phân giai đoạn một với 3 mL H_2SO_4 72% ở 30°C trong 60 phút, sau đó pha loãng đến nồng độ H_2SO_4 4% và thủy phân giai đoạn hai trong nồi hấp ở 121°C trong 60 phút. Sau thủy phân, hỗn hợp được lọc lấy bã, bã được rửa sạch đến khi đạt pH trung tính, rồi sấy ở 105°C theo phương pháp NREL/TP-510-42618 [13] đến khi khối lượng ổn định. Cân xác định khối lượng, đem nung ở 600°C đến khối lượng không đổi để xác định tro không tan trong acid; khối lượng AIL bằng khối lượng bã sấy trừ khối lượng tro. Dịch lọc được đo độ hấp thụ bằng máy quang phổ UV-Vis tại bước sóng 240 nm để xác định ASL. Hàm lượng các phân đoạn lignin được tính theo các công thức sau:

$$\text{AIL (\%)} = (m_{bã} - m_{tro}) / m_{mẫu} \times 100$$

$$\text{ASL (\%)} = (A_{240} \times V \times D) / (\varepsilon \times b \times m_{mẫu}) \times 100$$

$$\text{Lignin tổng (\%)} = \text{AIL} + \text{ASL}$$

trong đó $m_{bã}$ là khối lượng bã sấy ở 105°C (g); m_{tro} là khối lượng tro của bã sau khi nung ở 600°C (g); $m_{mẫu}$ là khối lượng khô của mẫu đã loại chất chiết đem thủy phân (≈ 0,3 g); A_{240} là độ hấp thụ của dịch lọc tại 240 nm; V là thể tích dịch lọc (L); D là hệ số pha loãng; b là chiều dài cuvet (1 cm); ε là hệ số hấp thụ của lignin tại 240 nm (25 L/(g·cm), giá trị khuyến nghị tại 240 nm cho bã mía do chưa có hệ số riêng cho mùn dừa) [13]. Các giá trị được biểu diễn theo khối lượng khô của mẫu đã loại chất chiết.

2.5. Xác định tổng hàm lượng phenolic bằng phương pháp Folin–Ciocalteu

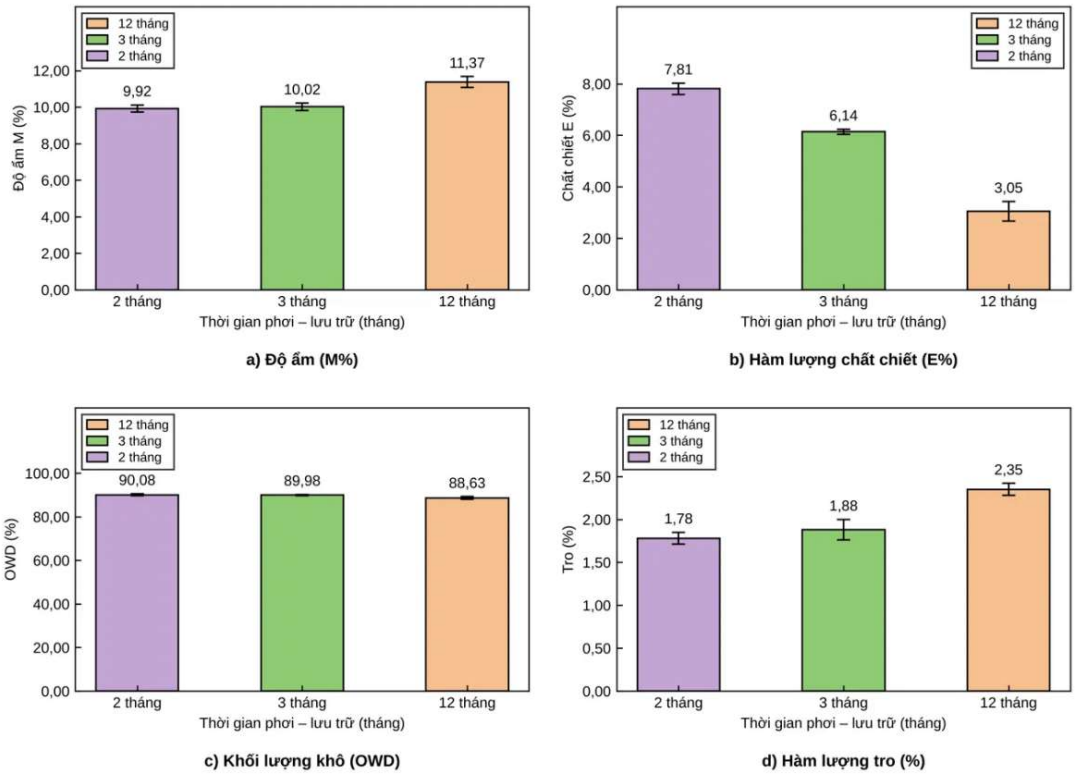
Phương pháp Folin–Ciocalteu [14], [15], [17] dựa trên phản ứng chuyển electron giữa các hợp chất phenolic (trong đó có tannin) và thuốc thử Folin–Ciocalteu trong môi trường kiềm. Các nhóm hydroxyl phenolic khử phức acid phosphotungstic và phosphomolybdic [18] trong thuốc thử, tạo thành hợp chất màu xanh lam có cường độ tỷ lệ thuận với hàm lượng phenolic trong mẫu. Mẫu mùn dừa đã rây (40–80 mesh) được sấy khô và chiết bằng ethanol 70% theo tỷ lệ rắn/lỏng 1:30 (g/mL) ở 70°C trong 120 phút, tham khảo điều kiện chiết tannin từ xơ dừa của [11]. Dịch chiết được ly tâm và lọc để loại bỏ phần không tan. Lấy 0,5 mL dịch chiết cho phản ứng với 2,5 mL thuốc thử Folin–Ciocalteu 10% (v/v), sau 5 phút bổ sung 2,0 mL dung dịch Na_2CO_3 7,5% (w/v) để tạo môi trường kiềm, rồi ủ trong bóng tối ở nhiệt độ phòng trong 30 phút. Độ hấp thụ được đo bằng máy quang phổ UV-Vis tại bước sóng 765 nm cùng với mẫu trắng. Tổng hàm lượng phenolic được xác định dựa trên đường chuẩn acid gallic gồm sáu nồng độ trong khoảng 0,25–31,25 mg/L, có phương trình hồi quy A = 0,01903C − 0,01314 (R^2 = 0,9927; R^2 hiệu chỉnh = 0,9909), trong đó A là độ hấp thụ tại 765 nm và C là nồng độ acid gallic (mg/L) (Hình S5 và Hình S6, Phụ lục) và biểu diễn theo đương lượng acid gallic (gallic acid equivalent, GAE).

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Đặc tính tiền phân tích của mẫu mùn dừa

Kết quả tiền phân tích các mẫu mùn dừa ở ba mốc thời gian phơi – lưu trữ được trình bày ở Hình 4. Độ ẩm của mẫu tăng nhẹ từ 9,92% (2 tháng) lên 10,02% (3 tháng) và 11,37% (12 tháng) (Hình 4a). Tương ứng, khối lượng khô (OWD = 100 − M) lần lượt là 90,08%, 89,98% và 88,63% (Hình 4c). Hàm lượng chất chiết giảm dần theo thời gian, từ 7,81% sau 2 tháng lưu trữ giảm xuống 6,14% sau 3 tháng lưu trữ và 3,05% sau 12 tháng lưu trữ (Hình 4b). Ngược lại, hàm lượng tro tăng từ 1,78% lên 1,88% và 2,35% (Hình 4d).

Khi khối lượng pha hữu cơ dễ phân hủy giảm, tỷ trọng của phần khoáng vô cơ trơ trên cùng nền khối lượng khô tăng lên, qua đó giải thích xu hướng tăng của hàm lượng tro. So với nhận định [4] về hàm lượng tro, silica và chất chiết cao của mùn dừa nguyên liệu, các mẫu trong nghiên cứu này có hàm lượng tro thấp (1,78–2,35%), phù hợp với việc mẫu đã được rây qua rây 40 và 80 mesh nên phần cát và bụi khoáng lẫn trong nguyên liệu thô đã được loại bỏ đáng kể. Độ ẩm 9,92–11,37% cao hơn giá trị 8% (theo khối lượng) của mùn dừa nguyên liệu được báo cáo trong [10].



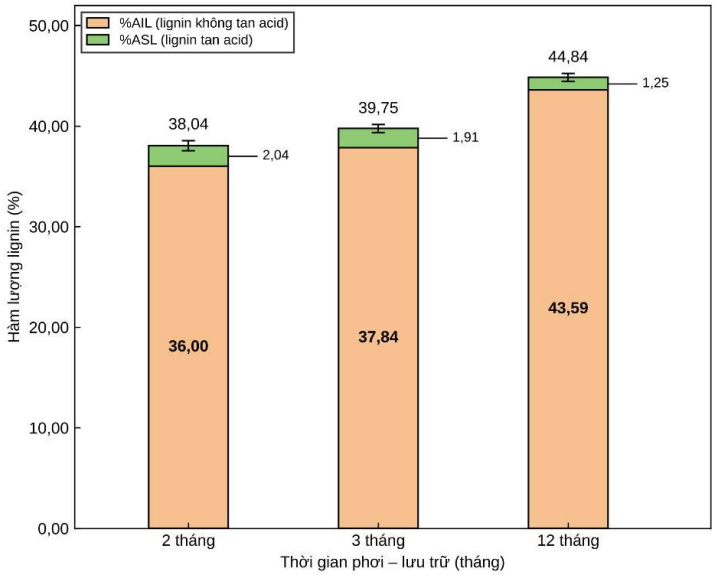
Hình 4. *Kết quả tiền phân tích của các mẫu mùn dừa:*
(a) độ ẩm, (b) hàm lượng chất chiết, (c) khối lượng khô và (d) hàm lượng tro.

3.2. Hàm lượng lignin trong mùn dừa

Hàm lượng các phân đoạn lignin trong các mẫu mùn dừa được trình bày ở Hình 5. Tổng hàm lượng lignin tăng liên tục theo thời gian lưu trữ, từ 38,04% (2 tháng) lên 39,75% (3 tháng) và 44,84% (12 tháng). Xu hướng này chủ yếu do phân đoạn lignin không tan trong acid tăng từ 36,00% lên 37,84% và 43,59%, trong khi phân đoạn lignin tan trong acid giảm đơn điệu từ 2,04% xuống 1,91% và 1,25%.

Phân đoạn ASL có độ phân cực cao và còn giữ nhiều liên kết ether β-O-4 nên dễ hòa tan trong acid loãng. Trong quá trình lưu trữ, các phản ứng ngưng tụ tự nhiên có thể chuyển hóa một phần liên kết ether thành liên kết C–C bền hơn, làm giảm độ hòa tan và dịch chuyển lignin từ phân đoạn ASL sang phân đoạn AIL. Tỷ lệ ASL so với lignin tổng giảm từ 5,36% ở mẫu 2 tháng xuống 4,80% ở mẫu 3 tháng

và 2,79% ở mẫu 12 tháng, phù hợp với giả thuyết ngưng tụ nêu trên. Tuy nhiên, mức giảm của ASL (0,79 điểm phần trăm) chỉ tương ứng khoảng 10% mức tăng của AIL (7,59 điểm phần trăm), nên cần xem xét hiệu ứng làm giàu tương đối của lignin. Khi chưa có số liệu cân bằng khối lượng đầy đủ, phần tro có thể được dùng như một chất đánh dấu bảo toàn: quy về nền mẫu đã loại chất chiết, hàm lượng tro tăng từ 1,93% (2 tháng) lên 2,42% (12 tháng), tương ứng với khoảng 20% khối lượng chất khô đã bị phân hủy hoặc rửa trôi trong thời gian lưu trữ. Nếu lượng lignin tuyệt đối được bảo toàn, chỉ riêng hiệu ứng này đã làm lignin tổng tăng từ 38,04% lên khoảng 47,8%, cao hơn giá trị đo được (44,84%). Như vậy, mức tăng lignin quan sát được có thể được giải thích chủ yếu bởi sự làm giàu tương đối khi carbohydrate và chất chiết bị phân hủy, đồng thời cho thấy một phần lignin cũng đã bị phân hủy hoặc rửa trôi. Sự suy giảm tỷ lệ ASL vì vậy có thể phản ánh đồng thời hai quá trình: các phân đoạn lignin phân tử lượng thấp, dễ tan bị rửa trôi hoặc phân hủy ưu tiên, và một phần ngưng tụ thành cấu trúc khó tan hơn; dữ liệu hiện có chưa cho phép tách riêng hai đóng góp này. Ước lượng trên dựa trên giả định phần khoáng không bị rửa trôi hay bổ sung trong quá trình lưu trữ; do mùn dừa chứa nhiều ion tan như K^+, Na^+ và Cl^- [19], sự rửa trôi muối nếu có sẽ làm mức hao hụt khối lượng ước lượng thấp hơn thực tế. Việc xác nhận cơ chế ngưng tụ cần thêm cân bằng khối lượng các thành phần và bằng chứng cấu trúc (FTIR, 2D-NMR HSQC) trong các nghiên cứu tiếp theo.



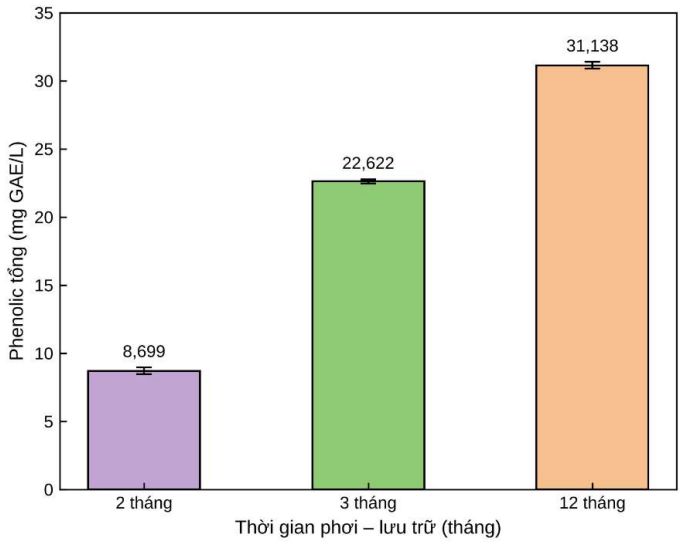
Hình 5. *Hàm lượng các phân đoạn lignin trong các mẫu mùn dừa theo thời gian phơi – lưu trữ.*

Giá trị lignin tổng 38,04–44,84% thu được trong nghiên cứu này có cùng độ lớn với hàm lượng lignin Klason 40,9% xác định trên mùn dừa trong [4]. Tuy nhiên, do hàm lượng lignin biến đổi đáng kể theo thời gian lưu trữ (38,04–44,84% trong nghiên cứu này), sự tương đồng trên chỉ cho thấy kết quả phù hợp về độ lớn, chưa đủ để xác nhận độ tin cậy của phương pháp khi chưa đối chiếu được thời gian lưu trữ của mẫu trong [4]. Độ lặp lại của phép định lượng được thể hiện qua độ lệch chuẩn của ba lần lặp (thanh sai số trên Hình 5). Hàm lượng lignin của mùn dừa có thể thay đổi theo giống dừa, tuổi quả, nguồn gốc địa lý và mức độ phân hủy của nguyên liệu trong quá trình bảo quản [4], do đó việc ghi nhận đồng thời thời gian lưu trữ như trong nghiên cứu này là cần thiết khi so sánh số liệu giữa các công bố.

Cần lưu ý rằng phương pháp Klason có thể cho sai số dương khi protein và các chất chiết chưa được loại bỏ hoàn toàn cùng kết tủa trong môi trường acid và bị tính vào phân đoạn AIL [13]. Trên nền mẫu mùn dừa giàu tannin, AIL tăng trong khi hàm lượng chất chiết giảm từ 7,81% xuống 3,05%. Do mọi mẫu đều đã được chiết Soxhlet trước khi thủy phân, dữ liệu hiện có chưa cho phép đánh giá trực tiếp mức độ nhiễu này; cần thí nghiệm đối chứng Klason có và không có bước chiết để định lượng ảnh hưởng của chất chiết. Vì vậy, nhóm tác giả khuyến nghị thực hiện bước chiết Soxhlet loại chất chiết theo [13] đối với nguyên liệu mùn dừa; nếu bỏ qua, tannin và flavonoid có thể ngưng tụ thành humin không tan và làm tăng giả tạo hàm lượng lignin [13].

3.3. Tổng hàm lượng phenolic trong dịch chiết mùn dừa

Hàm lượng hợp chất phenolic tổng trong dịch chiết mùn dừa, quy đổi theo đương lượng acid gallic, được trình bày ở Hình 6. Giá trị này tăng theo thời gian lưu trữ, từ 8,699 mg/L ở mẫu 2 tháng lên 22,622 mg/L ở mẫu 3 tháng và 31,138 mg/L ở mẫu 12 tháng. Phổ hấp thụ của dãy dung dịch chuẩn và đường chuẩn acid gallic sử dụng cho phép định lượng được trình bày ở Hình S5 và Hình S6 (Phụ lục).



Hình 6. *Hàm lượng hợp chất phenolic tổng (quy đổi theo đương lượng acid gallic) trong dịch chiết mùn dừa theo thời gian phơi – lưu trữ.*

Xu hướng tăng của hàm lượng phenolic tổng trong dịch chiết diễn ra đồng thời với sự giảm của hàm lượng chất chiết tổng (Hình 4b), hai kết quả thoạt nhìn trái ngược nhau. Một cách giải thích khả dĩ là trong quá trình lưu trữ, các tannin ngưng tụ cao phân tử vốn khó chiết bị thủy phân và depolymer hóa một phần thành các phenolic phân tử lượng thấp, dễ tan trong ethanol 70% và có khả năng khử thuốc thử Folin–Ciocalteu mạnh hơn. Ngoài ra, đường khử và các sản phẩm thủy phân hemicellulose hình thành trong quá trình phân hủy cũng có khả năng khử thuốc thử Folin–Ciocalteu và góp phần làm tăng tín hiệu đo [17]. Cần lưu ý rằng hai đại lượng được xác định trong hai hệ chiết khác nhau (chất chiết E bằng ethanol–benzene, phenolic tổng bằng ethanol 70%) và chưa có dữ liệu về tannin đặc hiệu hay phenolic phân tử lượng thấp để kiểm chứng các giả thuyết này. Về mặt ứng dụng, kết quả này gợi ý rằng việc kéo dài thời gian phơi chưa đủ để loại bỏ các hợp chất phenolic khỏi mùn dừa; hiệu quả của bước rửa bằng nước hoặc dung dịch kiềm loãng trước khi sử dụng làm giá thể trồng cây cần được nghiên cứu thêm.

Các giá trị này chưa thể so sánh trực tiếp với các công bố khác: hàm lượng tannin của xơ dừa được báo cáo trong khoảng 2,37–9,50 mg/g chất khô [11], còn giá trị 189,6 ± 9,6 mg GAE/g [10] là hàm lượng phenolic của lignin tách từ mùn dừa, không phải của dịch chiết mùn dừa. Ngoài ra, kết quả trong nghiên cứu này được biểu diễn theo nồng độ trong dịch chiết (mg/L), vốn phụ thuộc tỷ lệ rắn/lỏng, thay vì quy đổi trên khối lượng chất khô (mg GAE/g), đồng thời điều kiện chiết chưa được tối ưu; các nghiên cứu trước cho thấy riêng nhiệt độ và tỷ lệ rắn/lỏng có thể làm hàm lượng tannin chiết được thay đổi hơn hai lần [11]. Bên cạnh đó, phương pháp Folin–Ciocalteu xác định tổng hàm lượng phenolic nên không đặc hiệu hoàn toàn cho tannin: các chất khử khác như đường khử, acid ascorbic hoặc protein trong dịch chiết đều tham gia phản ứng và làm kết quả cao hơn giá trị thực [17]. Vì vậy, để định lượng riêng tannin ngưng tụ cần bổ sung các phương pháp đặc hiệu hơn như kết tủa protein [20], [21], định lượng gallotannin bằng thuốc thử rhodanine [22] hoặc phản ứng chuyển hóa proanthocyanidin thành cyanidin/delphinidin trong môi trường acid–butanol [23].

4. Kết luận

Nghiên cứu đã xác định hàm lượng lignin và tổng hàm lượng hợp chất phenolic của mùn dừa tại ba mốc thời gian phơi – lưu trữ là 2, 3 và 12 tháng. Về khâu xử lý cơ học, máy băm vỏ dừa trục dao nghiêng (động cơ 3 kW, trục dao 745 vòng/phút, năng suất thiết kế 50 kg/h) cho ra mùn dừa kích thước 0,63–2,5 mm và xơ dừa dài 140–150 mm tách riêng ở hai cửa xả, đáp ứng yêu cầu nguyên liệu đầu vào cho các phép phân tích lignin và phenolic tổng.

Tổng hàm lượng lignin tăng từ 38,04% lên 44,84%, trong đó phân đoạn không tan trong acid tăng từ 36,00% lên 43,59% còn phân đoạn tan trong acid giảm từ 2,04% xuống 1,25%. Sự thay đổi này chủ yếu phản ánh sự làm giàu tương đối của lignin khi các thành phần kém bền bị phân hủy (ước lượng theo tro cho thấy khoảng 20% chất khô đã mất trong thời gian lưu trữ), trong khi khả năng ngưng tụ một phần lignin trong thời gian phơi – lưu trữ chưa thể loại trừ và cần được kiểm chứng bằng phân tích cấu trúc. Song song đó, hàm lượng chất chiết giảm từ 7,81% xuống 3,05% và hàm lượng tro tăng từ 1,78% lên 2,35%, phù hợp với quá trình phân hủy các thành phần hữu cơ kém bền và sự gia tăng tương đối của phần khoáng vô cơ. Hàm lượng phenolic tổng trong dịch chiết tăng từ 8,699 mg/L lên 31,138 mg/L, gợi ý rằng việc kéo dài thời gian phơi chưa đủ để loại bỏ các hợp chất phenolic; hiệu quả của bước rửa trước khi sử dụng mùn dừa làm giá thể cần được nghiên cứu thêm. Về định lượng lignin, phương pháp Klason cho kết quả phù hợp về độ lớn với giá trị lignin Klason đã công bố cho mùn dừa, với điều kiện cần loại chất chiết trước khi thủy phân, còn phương pháp Folin–Ciocalteu phản ánh tốt xu hướng biến đổi của nhóm phenolic nhưng chưa đặc hiệu cho tannin và cần được bổ sung bằng các phương pháp đặc hiệu hơn. Nghiên cứu còn một số hạn chế: chỉ khảo sát ba mốc thời gian không cách đều trên nguyên liệu từ một vùng, chưa kiểm định thống kê sự khác biệt giữa các mốc, và chưa có bằng chứng cấu trúc cho cơ chế biến đổi lignin.

Các nghiên cứu tiếp theo cần bổ sung các mốc thời gian, cân bằng khối lượng đầy đủ, phân tích FTIR/2D-NMR, định lượng tannin bằng phương pháp đặc hiệu và đánh giá các chỉ tiêu giá thể (pH, EC, khả năng giữ nước) để xác định điều kiện xử lý mùn dừa phù hợp, góp phần tận dụng phụ phẩm nông nghiệp.

Lời cảm ơn.

Công trình này được thực hiện bởi các thành viên của Khoa Cơ khí cùng Khoa Hóa học và Khoa học sự sống thuộc Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh. Nhóm tác giả xin cảm ơn Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ phương tiện và cơ sở vật chất cho nghiên cứu này.

Xung đột lợi ích

Các tác giả tuyên bố không có xung đột lợi ích trong bài báo này.

Tuyên bố dữ liệu sẵn có

Tài liệu Phụ lục (Hình S1–S4: bản vẽ máy băm vỏ dừa; Hình S5–S6: phổ hấp thụ và đường chuẩn acid gallic) được nộp kèm dưới dạng tệp bổ sung trên hệ thống của Tạp chí và được cung cấp tại:

https://docs.google.com/document/d/1BAO-vm6BCpD7Ig4L4T3IWrNmz28YULx0/edit?usp=sharing&ouid=105954142981853259429&rtpof=true&sd=true

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] Q. Zhou et al., "Lignin-carbohydrate Complexes from Coconut (Cocos nucifera) Coir: Fractionation, Structural Elucidation, and Potential Applications," *BioResources*, vol. 15, no. 3, pp. 7100–7117, 2020, doi: 10.15376/biores.15.3.7100-7117.

[2] M. Abad, P. Noguera, and S. Bures, "National Inventory of Organic Wastes for Use as Growing Media for Ornamental Potted Plant Production: Case Study in Spain," *Bioresour. Technol.*, vol. 77, no. 2, pp. 197–200, 2001, doi: 10.1016/S0960-8524(00)00152-8.

[3] W. M. K. Helal, "Navigating the Lignocellulosic Frontier: Accelerating Sustainable Bioresource Solutions," *BioResources*, vol. 21, no. 1, pp. 19–21, 2026, doi: 10.15376/biores.21.1.19-21.

[4] D. Lebedeva, S. Hijmans, A. P. Mathew, E. Subbotina, and J. S. M. Samec, "Waste-to-Fuel Approach: Valorization of Lignin from Coconut Coir Pith," *ACS Agric. Sci. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 349–358, 2022, doi: 10.1021/acsagscitech.1c00248.

[5] Vietnam Academy of Agricultural Sciences, "Chỉ 10–35% phụ phẩm nông nghiệp được tái chế [Only 10–35% of Agricultural By-Products Are Recycled]," Jul. 2025. [Online]. Available: https://tapchi.vaas.vn/vi/nong-nghiep-trong-nuoc/chi-10-35-phu-pham-nong-nghiep-duoc-tai-che (accessed Nov. 12, 2026).
[6] D. N. Sari, M. F. Rois, W. Widiyastuti, and H. Setyawan, "Organosolv Lignin from Coconut Coir as Potential Biomaterials for Sunscreen," in *AIP Conf. Proc.*, vol. 2470, no. 1, 2022, Art. no. 040008, doi: 10.1063/5.0080768.
[7] P. Li, Y. He, S. Wu, and T. Li, "Priority Dissolution of Hemicellulose and its Subsequent Value-added Utilization along with High Activity Lignin," *BioResources*, vol. 21, no. 2, pp. 2767–2770, 2026, doi: 10.15376/biores.21.2.2767-2770.
[8] F. Vieira et al., "Comparative Study of Pretreatments on Coconut Fiber for Efficient Isolation of Lignocellulosic Fractions," *Sustainability*, vol. 16, no. 11, 2024, Art. no. 4784, doi: 10.3390/su16114784.
[9] A. E. Hagerman, *The Tannin Handbook*. Oxford, OH, USA: Miami Univ., 2025. [Online]. Available: https://sc.lib.miamioh.edu/handle/2374.MIA/7043
[10] L. Asoka Panamgama and P. R. U. S. K. Peramune, "Coconut Coir Pith Lignin: A Physicochemical and Thermal Characterization," *Int. J. Biol. Macromol.*, vol. 113, pp. 1149–1157, 2018, doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.03.012.
[11] R. Sirisangsawang and N. Phetyim, "Optimization of Tannin Extraction from Coconut Coir through Response Surface Methodology," *Heliyon*, vol. 9, no. 2, 2023, Art. no. e13377, doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e13377.
[12] F. Lu, C. Wang, M. Chen, F. Yue, and J. Ralph, "A Facile Spectroscopic Method for Measuring Lignin Content in Lignocellulosic Biomass," *Green Chem.*, vol. 23, no. 14, pp. 5106–5112, 2021, doi: 10.1039/D1GC01507A.
[13] A. Sluiter et al., "Determination of Structural Carbohydrates and Lignin in Biomass," National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, USA, Lab. Anal. Procedure NREL/TP-510-42618, 2012.
[14] G. R. Martins, A. F. Monteiro, F. R. L. do Amaral, and A. S. da Silva, "A Validated Folin-Ciocalteu Method for Total Phenolics Quantification of Condensed Tannin-Rich Açaí (Euterpe oleracea Mart.) Seeds Extract," *J. Food Sci. Technol.*, vol. 58, no. 12, pp. 4693–4702, 2021, doi: 10.1007/s13197-020-04959-5.
[15] M. Pérez, I. Domínguez-López, and R. M. Lamuela-Raventós, "The Chemistry Behind the Folin–Ciocalteu Method for the Estimation of (Poly)phenol Content in Food: Total Phenolic Intake in a Mediterranean Dietary Pattern," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 71, no. 46, pp. 17543–17553, 2023, doi: 10.1021/acs.jafc.3c04022.
[16] T. D. Tran, T. L. Le, and N. L. Phan, "Research, Design and Fabrication of a Coconut Husk Shredder for Producing Ornamental Plant Substrate," (in Vietnamese), B.Eng. thesis (unpublished), Fac. Mech. Eng., Ho Chi Minh City Univ. Technol. Eng., Ho Chi Minh City, Vietnam, 2026.
[17] J. C. Sánchez-Rangel, J. Benavides, J. B. Heredia, L. Cisneros-Zevallos, and D. A. Jacobo-Velázquez, "The Folin–Ciocalteu Assay Revisited: Improvement of its Specificity for Total Phenolic Content Determination," *Anal. Methods*, vol. 5, no. 21, pp. 5990–5999, 2013, doi: 10.1039/C3AY41125G.
[18] P. G. Waterman and S. Mole, *Analysis of Phenolic Plant Metabolites*. Oxford, U.K.: Blackwell Scientific, 1994.
[19] M. Abad, P. Noguera, R. Puchades, A. Maquieira, and V. Noguera, "Physico-chemical and Chemical Properties of Some Coconut Coir Dusts for Use as a Peat Substitute for Containerised Ornamental Plants," Bioresour. Technol., vol. 82, no. 3, pp. 241–245, 2002, doi: 10.1016/S0960-8524(01)00189-4.
[20] H. P. S. Makkar, R. K. Dawra, and B. Singh, "Protein Precipitation Assay for Quantitation of Tannins: Determination of Protein in Tannin-Protein Complex," *Anal. Biochem.*, vol. 166, no. 2, pp. 435–439, 1987, doi: 10.1016/0003-2697(87)90596-3.
[21] A. E. Hagerman and L. G. Butler, "The Specificity of Proanthocyanidin-Protein Interactions," *J. Biol. Chem.*, vol. 256, no. 9, pp. 4494–4497, 1981, doi: 10.1016/S0021-9258(19)69462-7.
[22] K. H. Inoue and A. E. Hagerman, "Determination of Gallotannin with Rhodanine," *Anal. Biochem.*, vol. 169, no. 2, pp. 363–369, 1988, doi: 10.1016/0003-2697(88)90296-5.
[23] L. J. Porter, L. N. Hrstich, and B. G. Chan, "The Conversion of Procyanidins and Prodelphinidins to Cyanidin and Delphinidin," Phytochemistry, vol. 25, no. 1, pp. 223–230, 1986, doi: 10.1016/S0031-9422(00)94533-3.

Nguyễn Văn Quý là giảng viên tại Khoa Hóa học và Khoa học Sự sống, Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam. Tác giả nhận bằng Tiến sĩ tại Trường Kỹ thuật Hóa học, Đại học Sungkyunkwan, Hàn Quốc vào năm 2022, đã công bố hơn 25 bài báo trên các tạp chí trong nước và quốc tế. Các hướng nghiên cứu tập trung vào vật liệu polyme, composite và vật liệu sinh học.
Email: quynv@hcmute.edu.vn. ORCID: https://orcid.org/0000-0002-5952-0700.

Võ Văn Tình là sinh viên năm thứ tư chuyên ngành Hóa học Hữu cơ tại Khoa Hóa học và Khoa học Sự sống, Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam. Lĩnh vực nghiên cứu: sinh khối lignocellulose, vật liệu sinh học, hệ vận chuyển thuốc nano.
Email: 22128075@student.hcmute.edu.vn. ORCID: https://orcid.org/0009-0000-6279-4908.

Phan Nhật Luân là sinh viên năm thứ tư ngành Công nghệ Kỹ thuật Cơ khí tại Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam. Email: 22144143@student.hcmute.edu.vn. ORCID: https://orcid.org/0009-0009-3747-2064.

Lê Thành Lộc là sinh viên năm thứ tư ngành Công nghệ Kỹ thuật Cơ khí tại Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam. Email: 22144139@student.hcmute.edu.vn. ORCID: https://orcid.org/0009-0001-2944-2676.

Trần Thiên Đăng là sinh viên năm thứ tư ngành Công nghệ Chế tạo máy tại Khoa Cơ khí, Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam. Email: 22143099@student.hcmute.edu.vn. ORCID: https://orcid.org/0009-0005-8336-4372.

Đặng Thiện Ngôn nhận bằng Tiến sĩ năm 2008 tại Khoa Khoa học và Kỹ thuật Cơ khí, Đại học Kỹ thuật Dresden, CHLB Đức. Hiện nay, tác giả đang công tác tại Khoa Cơ khí và là trưởng nhóm nghiên cứu Research in Mechanical and Manufacturing Engineering (REME Lab), Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh (HCM-UTE), Việt Nam. Tác giả được công nhận chức danh Phó Giáo sư vào năm 2013, đã công bố nhiều bài báo trên các tạp chí trong nước và quốc tế, đồng thời chủ nhiệm nhiều đề tài nghiên cứu khoa học cấp cơ sở và cấp bộ. Các hướng nghiên cứu bao gồm kỹ thuật chế tạo và kỹ thuật cơ khí.
Email: ngondt@hcmute.edu.vn. ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1546-3174.

Đặng Nhật Minh nhận bằng Thạc sĩ năm 2020 và Tiến sĩ năm 2024 tại Viện Sau đại học về Kỹ thuật Chính xác, Đại học Quốc lập Trung Hưng, Đài Loan. Hiện nay, tác giả đang công tác tại Khoa Cơ khí và là thành viên của nhóm nghiên cứu Research in Mechanical and Manufacturing Engineering (REME Lab), Trường Đại học Công nghệ Kỹ thuật Thành phố Hồ Chí Minh (HCM-UTE), Việt Nam, đã công bố hơn 14 bài báo trên các tạp chí quốc tế. Các hướng nghiên cứu bao gồm khai phá quy trình, kỹ thuật chế tạo, tính chất cơ học của vật liệu và kỹ thuật cơ học. Email: minhdn@hcmute.edu.vn. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-8020-3147.