

TÁCH CHIẾT, THU HỒI LIGNIN TỪ LÁ CÂY DỨA VÀ ỨNG DỤNG THỬ NGHIỆM LÀM PHỤ GIA GIẤY

TRẦN THỊ TƯỜNG AN^{1*} - NGUYỄN THỊ THU THỦY¹

¹Trường Đại học Bách khoa - Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh

Ho Chi Minh City University of Technology,

Vietnam National University, Ho Chi Minh City, Vietnam

* Email: trantuongan@hcmut.edu.vn

Ngày nhận bài: 10/7/2026

Ngày sửa bài: 27/7/2026

Ngày duyệt đăng bài: 12/8/2026

Tóm tắt:

Nghiên cứu khảo sát quá trình tách chiết và thu hồi lignin từ lá cây dứa (*Ananas comosus*) bằng sodium hydroxide (NaOH) kết hợp hydrogen peroxide (H₂O₂), đồng thời thử nghiệm lignin thu được làm phụ gia trong sản xuất giấy. Lá dứa chứa 34,8% cellulose và 20,6% lignin, trong đó lignin không tan trong acid chiếm 15,1% và lignin tan trong acid chiếm 5,5%. Các yếu tố khảo sát trong tiền xử lý gồm nồng độ NaOH, tỷ lệ tác chất/nguyên liệu, thời gian và tốc độ khuấy. Điều kiện được lựa chọn là NaOH 2% (w/v) trong H₂O₂ 1% (w/v), tỷ lệ tác chất/nguyên liệu 2:1, thời gian 4,5 giờ, nhiệt độ 25-28°C và tốc độ khuấy 150 vòng/phút; hiệu suất tách lignin đạt 32,84%. Dịch sau tiền xử lý có nồng độ lignin khoảng 6 mg/mL. Thu hồi lignin bằng acid hóa đạt hiệu suất 92,21% tại pH 4, 70°C trong 60 phút. Phân tích FTIR xác nhận các nhóm chức đặc trưng của lignin. Thử nghiệm tạo giấy cho thấy, lignin có khả năng tham gia như một phụ gia kết dính, tuy nhiên chất lượng mẫu giấy còn cần được cải thiện.

Từ khóa: lignin, lá dứa, *Ananas comosus*, alkaline peroxide, thu hồi lignin

Extraction and recovery of lignin from pineapple leaves and its preliminary application as a paper additive

Abstract:

This study investigates lignin extraction and recovery from pineapple leaves (*Ananas comosus*) using sodium hydroxide combined with hydrogen peroxide and evaluates the recovered lignin as a paper additive. Pineapple leaves contained 34.8% cellulose and 20.6% lignin. The selected pretreatment conditions were 2% NaOH in 1% H₂O₂, a reagent-to-solid ratio of 2:1, 4.5 hours at 25–28°C, and agitation at 150 rpm, achieving a lignin removal yield of 32.84%. The resulting liquor contained approximately 6 mg/mL lignin. Acidification at pH 4 and 70°C for 60 minutes achieved a recovery yield of 92.21%. FTIR analysis confirmed characteristic lignin functional groups. Preliminary papermaking tests indicated that the recovered lignin could function as a binding additive, although paper quality requires further improvement.

Keywords: lignin, pineapple leaves, *Ananas comosus*, alkaline peroxide, lignin recovery

1. Đặt vấn đề

Việt Nam có sản lượng nông nghiệp lớn, kéo theo lượng phụ phẩm sau thu hoạch cũng đáng kể. Lá cây dứa là một trong những phụ phẩm thường bị chầy vùi hoặc đốt bỏ, trong khi đây là nguồn lignocellulose có thể được khai thác để tạo các sản phẩm có giá trị. Lignin là cấu tử cao phân tử dứa phổ biến trong thành tế bào thực vật, liên kết với cellulose và hemicellulose, đồng thời có tiềm năng ứng dụng trong vật liệu, chất kết dính và phụ gia.

Tiền xử lý kiềm có khả năng phá vỡ các liên kết giữa lignin với hemicellulose và cellulose. Khi kết hợp NaOH với H₂O₂, peroxide trong môi trường kiềm tạo các tác nhân oxy hóa có khả năng tác động lên cấu trúc lignin, đặc biệt các liên kết ether β -O-4. So với sử dụng từng tác chất riêng lẻ, hệ alkaline peroxide có tiềm năng tăng hiệu quả loại lignin trong điều kiện xử lý tương đối nhẹ.

Sau tiền xử lý, lignin hòa tan trong dịch kiềm có thể được thu hồi bằng acid hóa. Khi pH giảm, các nhóm phenolate bị proton hóa, lực đẩy tĩnh điện giảm và lignin kết tụ. Nghiên cứu này nhằm xác định điều kiện tiền xử lý lá dứa bằng NaOH/H₂O₂, khảo sát pH, thời gian và nhiệt độ thu hồi lignin, đặc trưng sơ bộ lignin bằng FTIR và thử nghiệm sử dụng lignin làm phụ gia trong quy trình tạo giấy.

2. Cơ sở lý thuyết và phương pháp nghiên cứu

2.1. Cơ sở lý thuyết

Lignocellulose gồm cellulose, hemicellulose và lignin. Trong môi trường kiềm, H₂O₂ phân ly tạo anion hydroperoxide và các gốc hoạt động, góp phần oxy hóa và phân cắt một số cấu trúc của lignin. NaOH đồng thời hỗ trợ phá vỡ liên kết ester và ether giữa lignin với các polysaccharide. Trong dịch kiềm, lignin tồn tại tương đối bền ở dạng ion hóa; khi acid hóa xuống vùng pH thích hợp, lignin mất điện tích, kết tụ và có thể được tách khỏi dịch bằng lọc.

2.2. Vật liệu và bố trí thí nghiệm

Nguyên liệu là lá cây dứa sau thu hoạch tại Viện Cây ăn quả miền Nam (xã Long Định, tỉnh Đồng Tháp). Lá được rửa, phơi ở 30°C trong 24 giờ, cắt nhỏ và xay trước khi bảo quản. Nghiên cứu được thực hiện tại Phòng thí nghiệm Nhiên liệu sinh học và Biomass, Trường Đại học Bách khoa Thành phố Hồ Chí Minh, từ tháng 9/2017 đến tháng 2/2018.

Thành phần nguyên liệu được phân tích theo quy trình NREL. Lignin được xác định dưới dạng lignin không tan trong acid (AIL) và lignin tan trong acid (ASL); ASL được đo UV-Vis ở 240 nm. Quá trình tiền xử lý khảo sát NaOH 0,2-3% trong H₂O₂ 1%; tỷ lệ tác chất/nguyên liệu 1:1-5:1 mL/g; thời gian 1,5-9 giờ; tốc độ khuấy 0-180 vòng/phút. Các nghiệm thức đối chứng sử dụng NaOH hoặc H₂O₂ riêng lẻ và nghiệm thức kết hợp chiếu UV cũng được thực hiện. Mỗi nghiệm thức lặp lại 3 lần.

Dịch sau tiền xử lý có pH khoảng 10-11 được acid hóa để khảo sát pH 1-5. Tiếp theo, ảnh hưởng của thời gian 0-75 phút và nhiệt độ 40-90°C được khảo sát. Kết tủa lignin được lọc chân không, rửa bằng nước nóng và sấy ở 70°C trong 6 giờ. Sản phẩm lignin được phân tích FTIR và được sử dụng trong thử nghiệm tạo giấy.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Thành phần lá cây dứa

Bảng 1. Thành phần xơ sợi của lá cây dứa

AIL (%)	ASL (%)	Tro (%)	Glucose (%)	Cellulose (%)	Khác (%)
15,1 ± 2,7	5,5 ± 0,2	1,8 ± 0,02	13,5 ± 0,09	34,8 ± 0,03	29,3 ± 0,05

Nguồn: Kết quả nghiên cứu

Tổng lignin của nguyên liệu đạt 20,6%, trong đó AIL chiếm tỷ lệ lớn hơn ASL. Cellulose đạt 34,8% khối lượng khô, cho thấy lá dứa là nguồn lignocellulose đáng quan tâm. Hàm lượng lignin tương đối cao

cũng cho thấy, cần một bước tiền xử lý thích hợp nếu định hướng khai thác các cấu tử carbohydrate hoặc thu riêng lignin.

3.2. Khảo sát quá trình tiền xử lý

Bảng 2. Ảnh hưởng của nồng độ NaOH trong H₂O₂ 1% đến hiệu suất tách lignin

NaOH (%)	0,2	0,4	0,6	0,8	1	2	3
Hiệu suất (%)	12,83	14,30	16,47	18,07	22,25	28,63	31,10

Nguồn: Kết quả nghiên cứu

Hiệu suất tách lignin tăng theo nồng độ NaOH trong dải khảo sát, từ 12,83% ở 0,2% NaOH lên 31,10% ở 3%. Tuy nhiên, chuỗi thí nghiệm tối ưu hóa tiếp theo của nghiên cứu sử dụng NaOH 2% nhằm cân bằng hiệu quả tách lignin và lượng kiềm sử dụng.

Bảng 3. Ảnh hưởng của tỷ lệ tác chất/nguyên liệu

Tỷ lệ (mL/g)	1:1	2:1	3:1	4:1	5:1
Hiệu suất (%)	6,38	17,47	23,17	25,91	28,48

Nguồn: Kết quả nghiên cứu

Dữ liệu đơn yếu tố cho thấy, hiệu suất tăng khi tăng lượng dung dịch xử lý. Tuy vậy, tỷ lệ 2:1 được lựa chọn trong quy trình cuối của nghiên cứu nhằm hạn chế thể tích hóa chất sử dụng và tiếp tục khảo sát thời gian, khuấy đảo.

Bảng 4. Ảnh hưởng của thời gian tiền xử lý

Thời gian (giờ)	1,5	3	4,5	6	9
Hiệu suất (%)	22,06	27,20	30,07	27,43	22,15

Nguồn: Kết quả nghiên cứu

Hiệu suất tăng đến 30,07% tại 4,5 giờ rồi giảm khi kéo dài thời gian. Kết quả cho thấy 4,5 giờ là thời gian phù hợp trong phạm vi khảo sát.

Bảng 5. Ảnh hưởng của tốc độ khuấy đảo

Tốc độ (vòng/phút)	0	90	120	150	180
Hiệu suất (%)	12,20	17,88	23,57	32,84	17,44

Nguồn: Kết quả nghiên cứu

Tốc độ 150 vòng/phút cho hiệu suất cao nhất, đạt 32,84%. Khuấy giúp tăng tiếp xúc giữa tác chất và nguyên liệu; khi tăng lên 180 vòng/phút, hiệu suất giảm rõ rệt. Từ chuỗi khảo sát, điều kiện được lựa chọn là NaOH 2% trong H₂O₂ 1%, tỷ lệ tác chất/nguyên liệu 2:1, thời gian 4,5 giờ, 25-28°C và 150 vòng/phút.

Bảng 6. So sánh một số phương án tiền xử lý

Nghiệm thức	Hiệu suất tách lignin (%)
NaOH 10%	28,46
NaOH 3%	19,09
NaOH 2%	20,61

NaOH 2% + H ₂ O ₂ 1%	34,26
H ₂ O ₂ 1%	12,20
NaOH 2% + H ₂ O ₂ 1% + UV	57,09

Nguồn: Kết quả nghiên cứu

Kết hợp NaOH/H₂O₂ cho hiệu suất cao hơn khi dùng NaOH 2% hoặc H₂O₂ 1% riêng lẻ, phù hợp với vai trò hỗ trợ của peroxide trong môi trường kiềm. Chiếu UV làm hiệu suất tăng đến 57,09%; tuy nhiên file nghiên cứu nhận định phương án này không phù hợp khi xét chi phí và tuổi thọ đèn trong vận hành kéo dài, do đó không được chọn làm quy trình chính.

3.3. Thu hồi lignin từ dịch sau tiền xử lý

Tại điều kiện tiền xử lý được lựa chọn, lượng lignin tách ra đạt 32,84% so với lignin ban đầu và nồng độ lignin trong dịch lỏng khoảng 6 mg/mL. Dịch này được acid hóa để kết tủa lignin.

Bảng 7. Ảnh hưởng của pH đến hiệu suất thu hồi lignin

pH	1	2	3	4	5
Hiệu suất (%)	34,51	34,38	60,11	68,49	19,82

Nguồn: Kết quả nghiên cứu

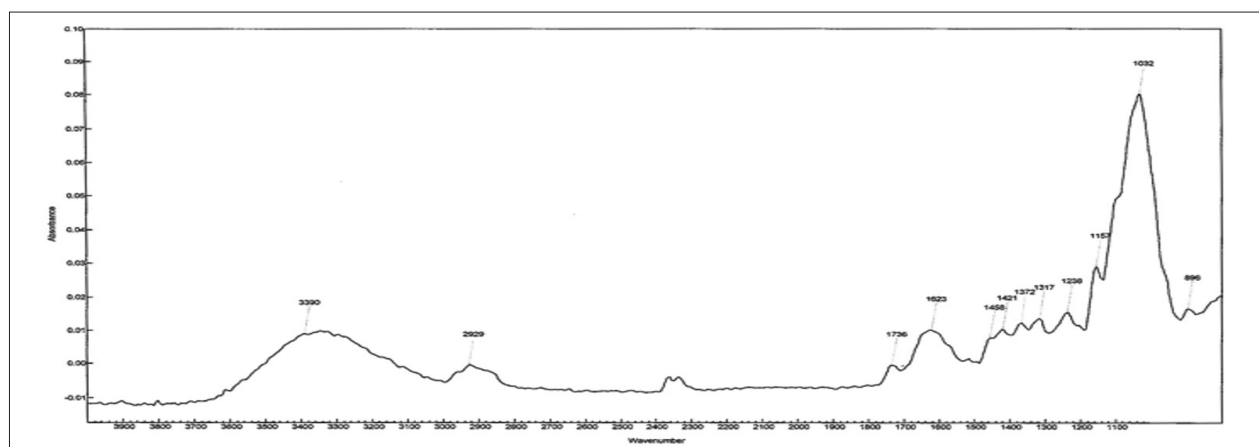
Hiệu suất thu hồi cao nhất trong khảo sát pH đạt 68,49% tại pH 4. Khi pH giảm, các nhóm phenolate của lignin được proton hóa, giảm lực đẩy tĩnh điện và thúc đẩy kết tủa. Tuy nhiên, pH quá thấp không tiếp tục làm tăng hiệu suất trong hệ khảo sát này (Bảng 7).

Tại pH 4, khảo sát thời gian cho thấy 60 phút cho hiệu suất 81,31%, được lựa chọn cho bước tiếp theo. Khi khảo sát nhiệt độ, hiệu suất tăng từ 32,83% ở 40°C lên 47,15% ở 50°C, 81,75% ở 60°C và đạt 92,21% ở 70°C; khi tăng lên 80-90°C, hiệu suất giảm. Vì vậy, điều kiện thu hồi được lựa chọn là pH 4, 60 phút và 70°C, cho hiệu suất 92,21%.

3.4. Đặc trưng lignin và thử nghiệm ứng dụng làm giấy

Phổ FTIR của lignin thu hồi cho thấy các vùng hấp thụ phù hợp với cấu trúc lignin sau xử lý. Nghiên cứu ghi nhận tín hiệu tại khoảng 1022 cm⁻¹ và thảo luận sự xuất hiện của các nhóm chức hình thành sau quá trình oxy hóa peroxide. Kết quả SEM được sử dụng để quan sát cấu trúc bề mặt mẫu lignin thu tại pH 4, 60 phút và 70°C (Hình 1).

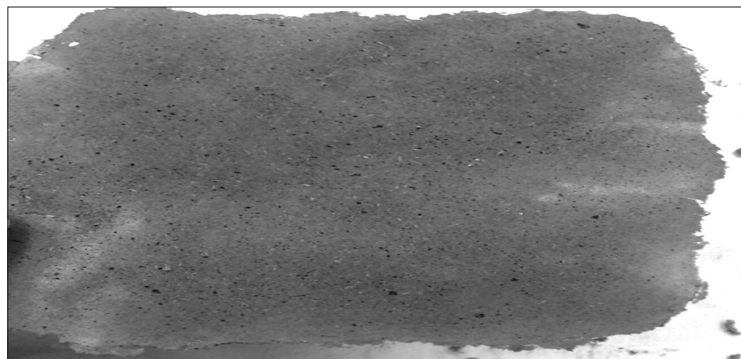
Hình 1. Phổ FTIR của lignin chiết từ lá dừa



Nguồn: Kết quả nghiên cứu

Lignin thu hồi được thử nghiệm làm phụ gia trong tạo giấy. Mẫu giấy tạo thành có thể duy trì trong thời gian quan sát hơn một tháng nhưng khô và dễ vỡ. Kết quả bước đầu cho thấy, khả năng kết dính của lignin, song dữ liệu hiện có mới mang tính thử nghiệm định tính và chưa đủ để kết luận về cải thiện cơ lý của giấy. Cần bổ sung các phép đo độ bền kéo, độ bền xé, độ bền uốn và tối ưu tỷ lệ lignin trước khi đánh giá khả năng ứng dụng thực tế (Hình 2).

Hình 2. Ứng dụng thử nghiệm làm giấy



Nguồn: Kết quả nghiên cứu

4. Kết luận

Lá cây dừa sử dụng trong nghiên cứu chứa 34,8% cellulose và 20,6% lignin. Quá trình tiền xử lý bằng NaOH kết hợp H₂O₂ cho phép tách lignin trong điều kiện tương đối nhẹ. Quy trình được lựa chọn trong nghiên cứu sử dụng NaOH 2% (w/v), H₂O₂ 1% (w/v), tỷ lệ tác chất/nguyên liệu 2:1, thời gian 4,5 giờ, nhiệt độ 25-28°C và tốc độ khuấy 150 vòng/phút, đạt hiệu suất tách lignin 32,84%. Dịch sau tiền xử lý chứa khoảng 6 mg/mL lignin. Acid hóa dịch tại pH 4, sau đó xử lý ở 70°C trong 60 phút cho hiệu suất thu hồi lignin 92,21%. Phân tích FTIR hỗ trợ nhận diện các nhóm chức của lignin thu hồi. Thử nghiệm tạo giấy cho thấy tiềm năng sử dụng lignin như phụ gia kết dính, nhưng cần tiếp tục đánh giá định lượng các tính chất cơ lý và tối ưu công thức giấy ■

TÀI LIỆU THAM KHẢO:

- Cotana, F., et al. (2014). Lignin as co-product of second generation bioethanol production from ligno-cellulosic biomass. *Energy Procedia*, 45, 52-60.
- Dereca Watkins (2015), Exploitation and characterization of lignin from different biomass sources. *Journal of Materials Research and Technology*, 4(1), 26-32
- Minu, K., et al. (2012). Isolation and purification of lignin and silica from the black liquor generated during the production of bioethanol from rice straw. *Biomass and Bioenergy*, 39, 210-217.
- Silverstein, R. A., Chen, Y., Sharma-Shivappa, R. R., Boyette, M. D., & Osborne, J. (2007). A comparison of chemical pretreatment methods for improving saccharification of cotton stalks. *Bioresource Technology*, 98(16), 3000-3011.
- Vaccarino, C., et al. (1987). Effect of SO₂, NaOH and Na₂CO₃ pretreatments on the degradability and cellulase digestibility of grape marc. *Biological Wastes*, 20(2), 79-88.
- Yamashita, Y., et al. (2010). Alkaline peroxide pretreatment for efficient enzymatic saccharification of bamboo. *Carbohydrate Polymers*, 79(4), 914-920.