

## TỔNG BIÊN TẬP

**PGS. TS. Phạm Văn Đông**

## HỘI ĐỒNG BIÊN TẬP

Chủ tịch hội đồng

**PGS. TS. Trần Đức Quý**

Đại học Công nghiệp Hà Nội

GS. TS. Đặng Quang Á

Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

PGS. TS. Phạm Văn Bổng

Đại học Công nghiệp Hà Nội

PGS. TS. Vũ Mạnh Chiến

Đại học Québec, Canada

PGS. TS. Trịnh Trọng Chương

Đại học Công nghiệp Hà Nội

GS. TS. Trần Thọ Đạt

Đại học Kinh tế Quốc dân

GS. TS. Chu Văn Đạt

Học viện Kỹ thuật Quân sự

GS. TS. Trần Văn Dịch

Đại học Bách khoa Hà Nội

GS. TSKH. Bành Tiến Long

Đại học Bách khoa Hà Nội

VS. GS. TSKH. Trần Đình Long

Hội Điện lực Việt Nam

GS. TS. Đặng Thị Loan

Đại học Kinh tế Quốc dân

GS. TSKH. Hồ Đắc Lộc

Đại học Công nghệ TP. HCM

PGS. TS. Nguyễn Thị Hồng Nga

Đại học Công nghiệp Hà Nội

PGS. TS. Lê Hồng Quân

Đại học Công nghiệp Hà Nội

GS. TSKH. Nguyễn Xuân Quỳnh

Viện NC Điện tử - Tin học - Tự động hóa

PGS. TS. Vũ Minh Tân

Đại học Công nghiệp Hà Nội

GS. TS. Vũ Đức Thi

Viện Công nghệ thông tin - ĐHQGHN

GS. TS. Nguyễn Thanh Thủy

Đại học Công nghệ - ĐHQGHN

GS. TS. Trần Văn Sung

Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam

GS. TSKH. Đặng Ứng Vận

Đại học Hòa Bình

GS. TS. Hồ Anh Văn

Viện Khoa học và Công nghệ Nhật Bản

## BAN BIÊN TẬP

Phạm Văn Đông - Trưởng ban

Đặng Văn Bính

Dư Đình Viên

Đỗ Huyền Cư

Ảnh bìa: Nguồn internet

- Đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ tập dữ liệu huấn luyện/kiểm tra đến độ chính xác của dự báo công suất phát điện mặt trời
- Đánh giá tham số mục tiêu cơ động cao trên cơ sở ứng dụng lý thuyết lọc Kalman
- Điều khiển hệ thống chuyển đổi năng lượng gió bằng bộ điều khiển trượt sử dụng hàm trượt Quasi
- Nghiên cứu chế tạo thiết bị chuẩn đoán hồng học của tổ hợp tự động kiểm tra thiết bị OKA
- Nghiên cứu thiết kế bộ điều khiển trượt đáp ứng thời gian hữu hạn ứng dụng cho rô bốt di động bốn bánh mecanum
- Nghiên cứu thuật toán và thiết kế phần cứng xác định góc quay rotor của động cơ đồng bộ nam châm vĩnh cửu trên ô tô điện
- Ổn định tần số cho nhà máy thủy điện nhỏ dựa trên bộ điều khiển backstepping
- Phân tích vật lý về hệ số công suất của tuabin gió trục ngang
- Ước tính tham số Weibull cho phân phối xác suất tốc độ gió ở Kon Dong sử dụng năm phương pháp số khác nhau
- Hệ thống gợi ý nâng cao hiệu suất học tập
- Ảnh hưởng của kích thước hình học rãnh khía tiến chế tới sự lan truyền định hướng và chất lượng bề mặt của vết nứt trong nguyên công cắt đôi đầu tay biên
- Mô phỏng đặc tính cơ học màng dao động của vi bơm dựa trên vật liệu áp điện
- Nghiên cứu ảnh hưởng của thiết bị đầu nòng đến lực giặt lùi của súng tự động bằng thực nghiệm
- Nghiên cứu uốn tĩnh của tấm FGM có vật liệu phân bố không liên tục
- Sự ảnh hưởng của lực kích thích đến ứng xử động lực học của robot dạng viên nang
- Tối ưu hóa thông số công nghệ của quá trình khoan xung hợp kim titanium xem xét đến độ mở rộng của lỗ và tốc độ gia công
- Đánh giá ảnh hưởng của vận tốc đến dao động của hành khách trên xe khách trang bị hệ thống treo khí nén khi di chuyển trên mặt đường ngẫu nhiên
- Động lực học quá trình tách bánh xe trên mô hình 1/2 ngang xe
- Nghiên cứu khảo sát ảnh hưởng của các thông số kết cấu đến dao động của ô tô con
- Nghiên cứu mô phỏng đánh giá ảnh hưởng của áp suất phun đến tính năng kỹ thuật và phát thải của động cơ nhiên liệu kép diesel/ethanol
- Nghiên cứu quá trình trao đổi nhiệt, trao đổi chất trong thiết bị bay hơi của bơm hoạt động nhiệt có biến đổi pha
- Nghiên cứu xác định chế độ sấy phù hợp cho rẽ đỉnh lăng trên máy sấy bơm nhiệt kết hợp sóng siêu âm
- Nghiên cứu đặc tính cơ lý sợi compact và sợi siro compact
- Nghiên cứu thiết kế bộ quần áo bảo hộ bằng vải kháng khuẩn, kháng nước để sử dụng trong môi trường chống nhiễm khuẩn và phòng chống dịch bệnh
- Ảnh hưởng của sóng siêu âm kết hợp acid citric đến sự hòa nâu và hoạt tính chống oxy hóa của quả nhãn ỉdo sau thu hoạch
- Chế tạo thanh/ dây nano bán dẫn InAs trên đế Si (111) bằng phương pháp hơi lỏng rắn (VLS)
- Định lượng methanol trong rượu uống bằng phương pháp sắc ký khí
- Khảo sát một số yếu tố ảnh hưởng đến quy trình tạo cao chiết chống oxi hoá từ vỏ măng cụt
- Nghiên cứu biến tính bề mặt vải sợi carbon bằng phương pháp plasma lạnh
- Nghiên cứu thủy phân tinh bột bằng axit clohidric, định hướng ứng dụng làm chất mang polyphenol
- 3 Nguyễn Tuấn Anh, Phạm Mạnh Hải, Lê Thành Doanh, Nguyễn Ngọc Trung, Vũ Thị Anh Thơ, Trần Anh Tùng, Vũ Minh Pháp, Nguyễn Hữu Nguyên
- 11 Vũ Hữu Thích, Nguyễn Văn Bằng
- 17 Trương Nam Hưng
- 23 Phạm Văn Phú, Ngô Việt Cường, Nguyễn Duy Long, Nguyễn Duy Sơn, Nguyễn Văn Duy, Trần Đức Công
- 29 Hà Huy Giáp, Đặng Huy Hoàn, Doãn Thanh Bình
- 38 Lê Thanh Quang, Lý Vĩnh Đạt, Lê Thanh Phúc, Lê Vũ Thanh, Hoàng Quang Tuấn
- 47 Đặng Tiến Trung, Lâm Văn Đức, Ngô Thị Ngọc Anh, Lê Thị Phú
- 52 Nguyễn Tuấn Anh, Nguyễn Hữu Đức
- 61 Nguyễn Thị Hoài Thu, Phạm Phong Kỳ
- 68 Nguyễn Thái Cường, Bùi Tuấn Anh, Lê Việt Anh
- 73 Nguyễn Thanh Tùng, Nguyễn Minh Đạt, Nguyễn Văn Toàn
- 79 Vũ Tuấn Anh, Nguyễn Anh Tú, Nguyễn Huy Kiên, Bùi Thanh Lâm, Lê Văn Nghĩa, Trịnh Quang Thông, Nguyễn Quang Địch
- 85 Võ Văn Biên, Bùi Quý Việt
- 94 Đào Văn Vượng
- 100 Ngô Quốc Huy, Nguyễn Văn Dự, Hoàng Tiến Đạt
- 107 Vũ Ngọc Nhạ, Lê Văn An, Lương Thị Lan Hương, Nguyễn Trung Thành
- 116 Lương Ngọc Minh, Dương Ngọc Khánh, Tạ Tuấn Hưng, Bùi Hà Phan
- 122 Nguyễn Đăng Quý, Nguyễn Trường Sinh, Vũ Ngọc Tuấn, Vũ Mạnh Dũng, Tô Viết Thành, Nguyễn Mạnh Hùng, Nguyễn Văn Bình, Võ Quốc Đại
- 127 Nguyễn Ngọc Trâm, Kiều Đức Thịnh, Vũ Văn Tấn, Olivier Sename
- 139 Nguyễn Văn Nhinh, Nguyễn Tường Vi, Bùi Văn Chinh, Nguyễn Thành Trung
- 144 Bùi Mạnh Tú, Tiêu Xuân Hoàng
- 150 Nguyễn Hay, Nguyễn Hữu Quyền, Lê Quang Huy, Đặng Thị Trúc Linh, Lê Thanh Đạt
- 158 Dương Thị Hồng Anh, Nguyễn Nhật Trinh
- 163 Lưu Thị Tho, Nguyễn Thị Mai, Phạm Thị Thắm, Phạm Thị Quỳnh Hương, Nguyễn Thị Kim Hòa
- 171 Nguyễn Trung Trực, Quách Văn Cao Thi, Trần Nguyễn Thị Ngọc Như, Dương Thị Cẩm Nhung
- 179 Trần Hữu Toàn, Nguyễn Tiến Đại, Vũ Thị Bích, Nguyễn Hải Lý, Nguyễn Thanh Bình, Nguyễn Cao Khang, Nguyễn Bạch Hải
- 186 Phạm Thị Mai Hương, Lưu Thị Hồng Duyên, Vũ Ngọc Hải, Trương Duy Trí, Trần Lương Tiến, Nguyễn Minh Tuấn, Nguyễn Mạnh Hà
- 192 Nguyễn Thị Thu Trang, Lê Hữu Nam, Nguyễn Phú Hoàng Việt, Dương Lê Na, Trần Phúc Đạt, Nguyễn Thị Kim Anh, Lê Thị Hồng Nhung
- 197 Trịnh Đức Công, Nguyễn Đức Hải, Đặng Thị Mai, Nguyễn Thị Thúc, Nguyễn Thế Hữu, Ngô Trịnh Tùng, Trần Thị Ý Nhi
- 201 Nguyễn Thị Phương, Lưu Huy Hiếu, Nguyễn Thị Thương, Nguyễn Thị Phương Thảo, Nguyễn Lâm Quỳnh, Đặng Văn Danh Thái, Trần Quang Hải, Lê Thị Phương Thảo

## EDITOR-IN-CHIEF

**Assoc. Prof. PhD. Pham Van Dong**

## EDITOR BOARD

### CHAIRMAN

**Assoc. Prof. PhD. Tran Duc Quy**  
Hanoi University of Industry

Prof. PhD. Dang Quang A  
Vietnam Academy of Science and Technology

Assoc. Prof. PhD. Pham Van Bong  
Hanoi University of Industry

Assoc. Prof. PhD. Vu Manh Chien  
University of Québec, Canada

Assoc. Prof. PhD. Trinh Trong Chuong  
Hanoi University of Industry

Prof. PhD. Tran Tho Dat  
National Economics University, Vietnam

Prof. PhD. Chu Van Dat  
Military Technical Academy

Prof. PhD. Tran Van Dich  
Hanoi University of Science and Technology

Prof. Dr. Sc. Banh Tien Long  
Hanoi University of Science and Technology

Acad. Prof. Dr. Sc. Tran Dinh Long  
Vietnam Electrical Engineering Association

Prof. PhD. Dang Thi Loan  
National Economics University, Vietnam

Prof. Dr. Sc. Ho Dac Loc  
Ho Chi Minh City University of Technology

Assoc. Prof. PhD. Nguyen Thi Hong Nga  
Hanoi University of Industry

Assoc. Prof. PhD. Le Hong Quan  
Hanoi University of Industry

Prof. Dr. Sc. Nguyen Xuan Quynh  
Vietnam Research Institute of Electronics,  
Informatics and Automation

Assoc. Prof. PhD. Vu Minh Tan  
Hanoi University of Industry

Prof. PhD. Vu Duc Thi  
The Information Technology Institute - VNU

Prof. PhD. Nguyen Thanh Thuy  
University of Engineering and Technology - VNU

Prof. PhD. Tran Van Sung  
Vietnam Academy of Science and Technology

Prof. Dr. Sc. Dang Ung Van  
Peace University, Vietnam

Prof. PhD. Ho Anh Van  
Japan Advanced Institute of Science and Technology

## EDITORS

Pham Van Dong - Head  
Dang Van Binh  
Du Dinh Vien  
Do Huyen Cu

Cover picture: Internet

- Evaluating the impact of training/test data ratios on the accuracy of solar power forecasting **3** Nguyen Tuan Anh, Pham Manh Hai, Le Thanh Doanh, Nguyen Ngoc Trung, Vu Thi Anh Tho, Tran Anh Tung, Vu Minh Phap, Nguyen Huu Nguyen
- Evaluation of highly maneuvering target parameters based on the application of Kalman filter theory **11** Vu Huu Thich, Nguyen Van Bang
- Sliding mode control of wind energy conversion systems using a Quasi-sliding surface **17** Truong Nam Hung
- Research and manufacture of devices for failure diagnostic of automatic testing system OKA **23** Pham Van Phu, Ngo Viet Cuong, Nguyen Duy Long, Nguyen Duy Son, Nguyen Van Duy, Tran Duc Cong
- Research on the design of a finite-time sliding mode controller for a four-mecanum-wheeled mobile robot **29** Ha Huy Giap, Dang Huy Hoan, Doan Thanh Binh
- Research on algorithm and hardware design to determine the rotor angle of permanent magnet synchronous motor on electric vehicles **38** Le Thanh Quang, Ly Vinh Dat, Le Thanh Phuc, Le Vu Thanh, Hoang Quang Tuan
- Frequency stability for small hydropower plant based on backstepping controller **47** Dang Tien Trung, Lam Van Duc, Ngo Thi Ngoc Anh, Le Thi Phu
- Physical analysis of power coefficient in horizontal-axis wind turbine **52** Nguyen Tuan Anh, Nguyen Huu Duc
- Weibull parameters estimation for wind speed probability distribution in Kon Dong using five different numerical methods **61** Nguyen Thi Hoai Thu, Pham Phong Ky
- Academic performance recommendation system **68** Nguyen Thai Cuong, Bui Tuan Anh, Le Viet Anh
- Effect of pre-fabricated kerf size on the directional propagation and surface quality of cracks during connecting rod fracture splitting **73** Nguyen Thanh Tung, Nguyen Minh Dat, Ngo Van Tuan
- Simulation mechanical feature of a micropump based on piezoelectric material **79** Vu Tuan Anh, Nguyen Anh Tu, Nguyen Huy Kien, Bui Thanh Lam, Le Van Nghia, Trinh Quang Thong, Nguyen Quang Dich
- Study the effects of muzzle devices on the recoil force of an automatic weapon by experiment **85** Võ Van Bien, Bui Quy Viet
- Static bending studies of FGM plates with discontinuous material distribution **94** Dao Van Vuong
- The effect of excitation force on the dynamic behavior of a capsule robot **100** Ngo Quoc Huy, Nguyen Van Du, Hoang Tien Dat
- Parametric optimization of the electrical discharge drilling operation of titanium alloy for hole dilation and drilling speed **107** Vu Ngoc Nha, Le Van An, Luong Thi Lan Huong, Nguyen Trung Thanh
- Evaluate the impact of speed on the vibration of passenger in a bus equipped with an air suspension system motion on random road profiles **116** Luong Ngoc Minh, Duong Ngoc Khanh, Ta Tuan Hung, Bui Ha Phan
- Separation dynamics in a half-car model **122** Nguyen Dang Quy, Nguyen Truong Sinh, Vu Ngoc Tuan, Vu Manh Dung, To Viet Thanh, Nguyen Manh Hung, Nguyen Van Binh, Vo Quoc Dai
- Assessing the influence of uncertain parameters on the vibration quality of cars **127** Nguyen Ngoc Tram, Kieu Duc Thinh, Vu Van Tan, Olivier Sename
- Simulation study to assess the influence of injection pressure on technical performance and emissions of diesel/ethanol dual fuel engine **139** Nguyen Van Ninh, Nguyen Tuong Vi, Bui Van Chinh, Nguyen Thanh Trung
- A study on heat and mass transfer in the evaporator of a thermally driven pump with phase change **144** Bui Manh Tu, Tieu Xuan Hoang
- Determination of suitable drying conditions for polystyrene roots using an ultrasound-assisted heat pump dryer **150** Nguyen Hay, Nguyen Huu Quyen, Le Quang Huy, Dang Thi Truc Linh, Le Thanh Dat
- Study of mechanical-physical characteristics of compact and siro compact yarns **158** Duong Thi Hong Anh, Nguyen Nhat Trinh
- Research designing a set of protective clothing made of antibacterial and waterproof fabric for use in antimicrobial environments and disease prevention **163** Luu Thi Tho, Nguyen Thi Mai, Pham Thi Tham, Pham Thi Quynh Huong, Nguyen Thi Kim Hoa
- Effect of ultrasound combined with citric acid on browning index and antioxidant capacity of postharvest longan CV. ido fruit **171** Nguyen Trung Truc, Quach Van Cao Thi, Tran Nguyen Thi Ngoc Nhu, Duong Thi Cam Nhung
- Growth of semiconductor inas nano wires/ rods on Si (111) substrate by the vapor liquid solid (VLS) method **179** Tran Huu Toan, Nguyen Tien Dai, Vu Thi Bich, Nguyen Hai Ly, Nguyen Thanh Binh, Nguyen Cao Khang, Nguyen Bach Hai
- Determination of methanol in drinking wine spirit by gas chromatography **186** Pham Thi Mai Huong, Luu Thi Hong Duyen, Vu Ngoc Hai, Truong Duy Tri, Tran Luong Tien, Nguyen Minh Tuan, Nguyen Manh Ha
- Survey of some factors affecting the process of creating antioxidant extract from fruit peel of *Garcinia mangostana* **192** Nguyen Thi Thu Trang, Le Huu Nam, Nguyen Phu Hoang Viet, Duong Le Na, Tran Phuc Dat, Nguyen Thi Kim Anh, Le Thi Hong Nhung
- Study on surface modification of carbon fiber by cold plasma method **197** Trinh Duc Cong, Nguyen Duc Hai, Dang Thi Mai, Nguyen Thi Thuc, Nguyen The Huu, Ngo Trinh Tung, Tran Thi Y Nhi
- Research on starch hydrolysis with hydrochloric acid for application as a polyphenol carrier **201** Nguyen Thi Phuong, Luu Huy Hieu, Nguyen Thi Thuong, Nguyen Thi Phuong Thao, Nguyen Lam Quynh, Dang Van Danh Thai, Tran Quang Hai, Le Thi Phuong Thao

# NGHIÊN CỨU THỦY PHÂN TINH BỘT BẰNG ACID CLOHIĐRIC, ĐỊNH HƯỚNG ỨNG DỤNG LÀM CHẤT MANG POLYPHENOL

RESEARCH ON STARCH HYDROLYSIS WITH HYDROCHLORIC ACID  
FOR APPLICATION AS A POLYPHENOL CARRIER

Nguyễn Thị Phượng<sup>1</sup>, Lưu Huy Hiếu<sup>2</sup>, Nguyễn Thị Thương<sup>3</sup>,  
Nguyễn Thị Phương Thảo<sup>3</sup>, Nguyễn Lâm Quỳnh<sup>3</sup>, Đặng Văn Danh Thái<sup>3</sup>,  
Trần Quang Hải<sup>2</sup>, Phạm Quỳnh Ngọc<sup>6</sup>, Lê Thị Phương Thảo<sup>3,4,5\*</sup>

DOI: <http://doi.org/10.57001/huih5804.2025.140>

## TÓM TẮT

Tinh bột nói chung và tinh bột bắp nói riêng đóng vai trò quan trọng trong nano hóa hoặc chất mang nano ứng dụng cho hóa, mỹ, dược và thực phẩm. Thủy phân tinh bột là quá trình phân cắt tinh bột thành các phân tử nhỏ hơn, chẳng hạn như oligosaccharide, maltose, hoặc glucose, thông qua tác động của enzyme hoặc acid. Tinh bột bắp đã được nghiên cứu thủy phân bằng dung dịch acid HCl có kết hợp siêu âm. Đặc điểm của tinh bột sau khi bị thủy phân được đánh giá thông qua kết quả đo phân bố cỡ hạt, ảnh chụp SEM, giản đồ nhiễu xạ tia X và phổ FTIR. Kết quả nghiên cứu cho thấy, hiệu quả thủy phân tăng theo nồng độ acid và thời gian thủy phân. Với nồng độ acid HCl trong hỗn hợp thủy phân là 3M, sự cắt mạch tinh bột tăng chậm sau 2 giờ và tăng nhanh khi thời gian phản ứng tăng dần lên đến 5 giờ. Khi thời gian phản ứng tăng, độ kết tinh của tinh bột tăng (từ 28,2 lên 38,1%), kích thước hạt tinh bột giảm, có thể giảm xuống dưới 100nm trong khi cấu trúc phân tử của tinh bột không thay đổi. Kết quả thử nghiệm khả năng chống oxy hóa (với thuốc thử DPPH) cho thấy giá trị EC<sub>50</sub> của nano tinh bột gắn polyphenol trong dịch chiết lá bàng ( $0,028 \pm 0,005\text{ppm}$ ) thấp hơn so với chất đối chiếu Quercetin ( $9,8 \pm 0,3\text{ppm}$ ).

**Từ khóa:** Nano tinh bột, thủy phân, hydrochloric acid, polyphenol.

## ABSTRACT

Starch in general and corn starch in particular play an important role in nanochemistry or nanocarriers applied to chemistry, cosmetics, pharmaceuticals and food. Starch hydrolysis is the process of breaking down starch into smaller molecules, such as oligosaccharides, maltose, or glucose, through the action of enzymes or acids. Corn starch has been studied for hydrolysis by HCl acid solution combined with ultrasonication. The characteristics of starch after hydrolysis were evaluated through the results of particle size distribution measurements, SEM images, X-ray diffraction patterns and FTIR spectra. The research results showed that the hydrolysis efficiency increased with acid concentration and hydrolysis time. With a 3M HCl acid, the starch chain cleavage increased slowly after 2 hours and increased rapidly when the reaction time increased up to 5 hours. As the reaction time increased, the crystallinity of starch increased (from 28.2 to 38.1%), the size of starch granules decreased, possibly down to below 100nm while the molecular structure of starch remained unchanged. The results of the antioxidant capacity test (with DPPH reagent) showed that the EC<sub>50</sub> value of nanostarch@ polyphenol ( $0.028 \pm 0.005\text{ppm}$ ) was lower than that of the reference substance Quercetin ( $9.8 \pm 0.3\text{ppm}$ ).

**Keywords:** Starch, hydrolysis, hydrochloric acid, polyphenol

<sup>1</sup>Viện Hóa học - Vật liệu, Viện Khoa học và công nghệ quân sự

<sup>2</sup>Khoa Công nghệ Hóa, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

<sup>3</sup>Khoa Khoa học Cơ bản, Trường Đại học Mở - Địa chất

<sup>4</sup>Nhóm nghiên cứu mạnh HiTech-CEAE, Trường Đại học Mở - Địa chất

<sup>5</sup>Nhóm nghiên cứu BSASD, Khoa Khoa học Cơ bản, Trường Đại học Mở - Địa chất

<sup>6</sup>Lớp Sứ K3, Trường THPT chuyên Khoa học Xã hội và Nhân văn, Hà Nội, Việt Nam

\*Email: [lethiphuongthao@humg.edu.vn](mailto:lethiphuongthao@humg.edu.vn)

Ngày nhận bài: 12/12/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 20/02/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/5/2025

## 1. MỞ ĐẦU

Tinh bột là một nguồn thực phẩm quan trọng, giúp cung cấp năng lượng và duy trì sức khỏe, sự phát triển của con người, có nhiều trong các loại hạt (gạo, ngô,...), củ (sắn, khoai,...), quả (táo, chuối,...). Tinh bột là chất rắn màu trắng, không tan trong nước lạnh, trong nước nóng từ 65°C trở lên tinh bột trở thành keo nhớt, gọi là hồ tinh bột. Do đó, tinh bột được dùng làm chất làm đặc, chất kết dính, chất bao gói, chất ổn định và chất tạo gel trong các sản phẩm thực phẩm. Ngoài ra, tinh bột còn được ứng dụng trong dệt may, mỹ phẩm, dược phẩm, giấy, ngành công nghiệp nhựa do tính sẵn có, giá thành thấp, khả năng phân hủy sinh học và đặc tính không độc hại [1]. Tuy nhiên, việc ứng dụng tinh bột tự nhiên bị hạn chế do độ ổn định nhiệt, nhiệt độ hồ hóa thấp, độ thoái hóa cao, độ trong của bột nhão thấp và độ đục của gel cao, ... [2]. Để khắc phục những nhược điểm này, tinh bột tự nhiên đã được nghiên cứu biến tính bằng các phương pháp vật lý [3, 4], hóa học [5] và sử dụng enzyme [6, 7].

Quá trình biến tính tinh bột bằng phương pháp hóa học được chia thành các loại khác nhau, như este hóa, ete hóa, thủy phân bằng acid và oxy hóa dựa trên loại hóa chất được sử dụng và liên kết giữa nhóm chức năng và nhóm hydroxyl trong tinh bột. Thủy phân tinh bột bằng acid là một phương pháp hiệu quả để cắt mạch tinh bột, các ion  $H^+$  của acid sẽ tác dụng lên liên kết  $\alpha$ -1,6-glycosidic và sau đó là  $\alpha$ -1,4-glycosidic để cắt các nhánh của amylopectin và chuyển chúng thành các phân tử amylose nhỏ hơn [5]. Có thể sử dụng các acid vô cơ và hữu cơ như sulfuric acid [8, 9], hydrochloric acid [10], citric acid [11], oxalic acid [12], acetic acid [13, 14]. Hiệu quả của quá trình phụ thuộc vào các thông số như nồng độ của acid, thời gian phản ứng, nhiệt độ phản ứng và nguồn tinh bột [15].

Hee-Young Kim và nhóm nghiên cứu [16] đã sử dụng sulfuric acid (3,16M) để thủy phân một số loại tinh bột như ngô, ngô nếp, khoai tây cho thấy mức độ thủy phân đạt 61,4 đến 90,9% tùy theo loại tinh bột. Quá trình thủy phân thực hiện ở 40°C, thời gian thủy phân 7 ngày thì thu được tinh bột có dạng hạt tròn hoặc oval với đường kính 40 - 70nm. Khi kết hợp siêu âm trong quá trình thủy phân cũng như tái phân tán mẫu tinh bột ngô nếp đã được thủy phân thì hiệu quả tạo nano tinh bột tăng lên rõ rệt, mẫu thủy phân sau 2 ngày cho kích thước hạt tương đương với mẫu thủy phân trong 7 ngày (-70nm) với độ đồng đều cao [8]. Khi sử dụng hỗn hợp 2 acid  $H_2SO_4$  và HCl với tỉ lệ 1:1 (tổng nồng độ ion  $H^+$  trong dung dịch là 6,32M) thì thời gian thủy phân rút ngắn rất nhiều, từ 5 ngày xuống còn 1

giờ mà hiệu quả thủy phân không thay đổi. Tinh bột sau thủy phân có độ kết tinh tăng dần và kích thước hạt giảm dần theo thời gian thủy phân [5]. Nghiên cứu của Dagmara Bajer [3] cũng cho thấy, khi kết hợp siêu âm thì chỉ sau 2h thủy phân tinh bột bằng acid HCl (1h thủy phân và 1h siêu âm), đã thu được hạt nano tinh bột với kích thước < 5nm (kết quả TEM). Sản phẩm tinh bột thủy phân này có khả năng ứng dụng trong thực phẩm và dược phẩm tốt hơn so với tinh bột ban đầu do độ bền lớn hơn. Một số nghiên cứu đã cho thấy nano tinh bột @polyphenol có độ ổn định cao hơn polyphenol tự do [17], độc tính tế bào thấp và có thể được giải phóng liên tục trong điều kiện dạ dày và ruột bị kích thích [18].

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu quá trình thủy phân tinh bột bằng acid HCl để tạo nano tinh bột định hướng ứng dụng làm chất mang dược chất - polyphenol.

## 2. THỰC NGHIỆM VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Nguyên liệu

- Nguyên vật liệu chính: tinh bột bắp (Tài Ký); ethanol ( $C_2H_5OH$ , 95%), HCl đặc (Merk), Gallic acid ( $C_7H_6O_5$ , 98,5%) và Folin-Ciocalteu's Phenol Reagent (2N) (Sigma-Aldrich)

- Chiết lá bàng: lá bàng được thu hái vào mùa hè. Lá bàng tươi được rửa sạch bằng nước máy rồi cắt khoảng 1cm, phơi khô trong 72h rồi xay nhỏ thành bột. Hòa 5g bột lá bàng trong 100mL dung môi ethanol. Hỗn hợp được siêu âm trong thời gian 30 phút rồi được khuấy gia nhiệt ở 60°C trong 30 phút. Ly tâm hỗn hợp (6000 rpm x 10 phút). Sử dụng chloroform để loại chlorophyll trong dịch chiết. Hàm lượng polyphenol trong dịch chiết lá bàng được xác định theo phương pháp đo màu (UV-vis) dùng thuốc thử Folin - Ciocalteu [19].

### 2.2. Chế tạo nano tinh bột

Huyền phù tinh bột ngô Tài Ký (15% w/v) được điều chế bằng phương pháp thủy phân trong môi trường hydrochloric acid bằng cách khuấy đều tinh bột ở nhiệt độ thường cho phân tán tốt trong nước, tiếp đó nhỏ từng giọt dung dịch HCl 6M vào hỗn dịch để đạt nồng độ acid trong hỗn hợp phù hợp. Sau đó, mẫu được khuấy từ gia nhiệt ở nhiệt độ 50°C, tốc độ 600 vòng/phút. Tinh bột bắp được thủy phân bằng acid trong những khoảng thời gian nhất định, sau đó hỗn dịch được siêu âm 30 phút trong bể siêu âm, chế độ quét tần số liên tục (Elmasonis S 300H). Mẫu được rửa bằng nước cất nhiều lần bằng ly tâm tốc độ 10.000 vòng/phút cho đến khi đạt pH trung tính. Mẫu trung tính được tái phân tán trong nước và siêu âm 10 phút rồi được đông khô trong 10 giờ để thu được mẫu

khô. Các mẫu được ký hiệu là TB - mẫu tinh bột ban đầu; 2h, 3h, 4h, 5h tương ứng mẫu tinh bột sau khi thủy phân trong 2 giờ, 3 giờ, 4 giờ, 5 giờ.

### 2.3. Các phương pháp và kỹ thuật đánh giá

- Mức độ thủy phân tinh bột (degree of the hydrolysis - DH) được xác định dựa vào tỉ lệ giữa khối lượng mẫu khô thu được và lượng tinh bột ban đầu theo công thức [5]:

$$DH(\%) = 1 - \frac{\text{khối lượng tinh bột khô thu được sau thủy phân}}{\text{khối lượng tinh bột khô ban đầu}} (\%)$$

- Phân bố kích thước hạt và phân bố thể zeta của mẫu được xác định trên thiết bị Zetasizer-Nano ZS (hãng Malvern - UK) tại Viện Khoa học vật liệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam. Hình thái học bề mặt của các mẫu được xác định thông qua ảnh chụp SEM trên thiết bị HITACHI S-4800 tại Viện Khoa học vật liệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam với các độ phóng đại khác nhau. Giảm nhiễu xạ tia X các mẫu được đo trên thiết bị D8 Advance (Bruker, Đức) sử dụng điện cực catot Cu; góc nhiễu xạ ( $2\theta$ ) dao động từ  $10^\circ$  đến  $70^\circ$ , bước nhảy  $0,03^\circ$ . Độ kết tinh tương đối được tính toán dựa trên tỷ lệ diện tích tinh thể trên tổng diện tích nhiễu xạ. Thông tin về các nhóm cấu trúc trong các mẫu tinh bột được xác định bằng phương pháp quang phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FT-IR). Mẫu được đo trong khoảng bước sóng từ  $4000$  đến  $400\text{cm}^{-1}$  trên thiết bị Nicolet iS10 (Thermo Scientific - Mỹ).

- Gắn polyphenol lên tinh bột: Tinh bột sau khi thủy phân được sử dụng để nghiên cứu gắn polyphenol trong dịch chiết lá bàng. 100mL dịch chiết lá bàng được nhỏ từ từ vào 100mL dung dịch tinh bột ở  $70^\circ\text{C}$  sao cho tỉ lệ tinh bột:polyphenol = 75%:50% (w/w). Hỗn hợp sau đó được siêu âm trong 15 phút và khuấy từ gia nhiệt ở  $90^\circ\text{C}$  trong 60 phút thu hỗn dịch. Ly tâm hỗn dịch thu được ở 6000 rpm trong 10 phút. Phần rắn được phân tán trong nước và ly tâm lại.

- Xác định khả năng chống oxy hoá: 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) là chất tạo ra gốc tự do được dùng để thực hiện sàng lọc tác dụng chống oxy hóa của các chất nghiên cứu. Hoạt tính chống oxy hóa thể hiện qua việc làm giảm màu của DPPH, được xác định bằng phương pháp đo quang ở bước sóng  $\lambda = 515\text{nm}$ .

Pha dung dịch DPPH có nồng độ 1mM trong Methanol (MeOH). Chất thử pha trong nước deion. Trên đĩa 96 giếng, một dãy chất thử ở các nồng độ khác nhau được kết hợp với dung dịch DPPH trong 30 phút ở  $37^\circ\text{C}$ . Độ hấp thụ của DPPH sau phản ứng được đọc trên máy quang

phổ Biotek ở bước sóng 517nm. % bẫy gốc tự do DPPH của mẫu thử được tính theo công thức sau:

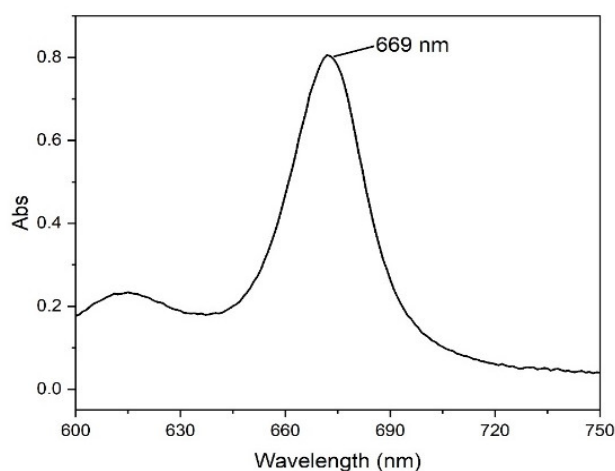
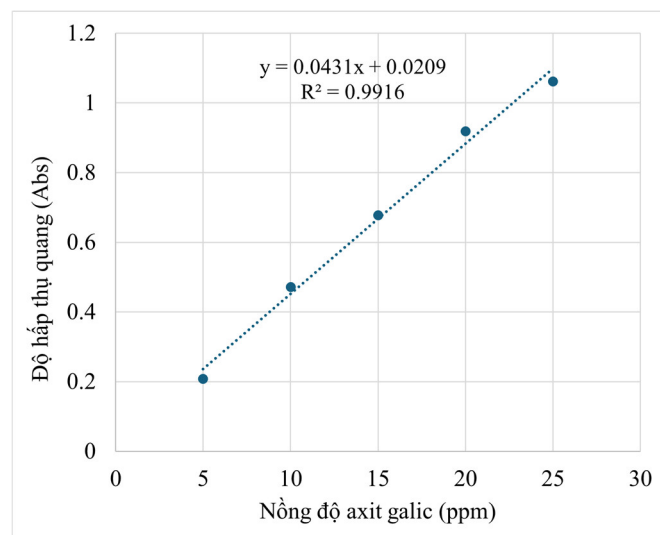
$$SC\% = (OD_{\text{trắng}} - OD_{\text{mẫu thử}}) / OD_{\text{trắng}} (\%)$$

$EC_{50}$  được tính theo giá trị SC tương quan với các nồng độ khác nhau của chất thử, thí nghiệm được lặp lại với  $n = 3$ .

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Định lượng polyphenol trong dịch chiết lá bàng

Xây dựng đường chuẩn của galic acid trong khoảng nồng độ từ 5ppm đến 25ppm với thuốc thử Folin - Ciocalteu; mẫu dịch chiết lá bàng được đo quang ở các dải bước sóng từ 600nm đến 750nm, cho thấy pick đặc trưng hấp thụ quang của polyphenol tại bước sóng 669nm (hình 1). Phần dịch chiết lá bàng thu được từ 5 gam bột lá bàng được đo quang phổ ở bước sóng cực đại 669 nm, hàm lượng polyphenol tổng thu được là 138,53mg GAE/g.

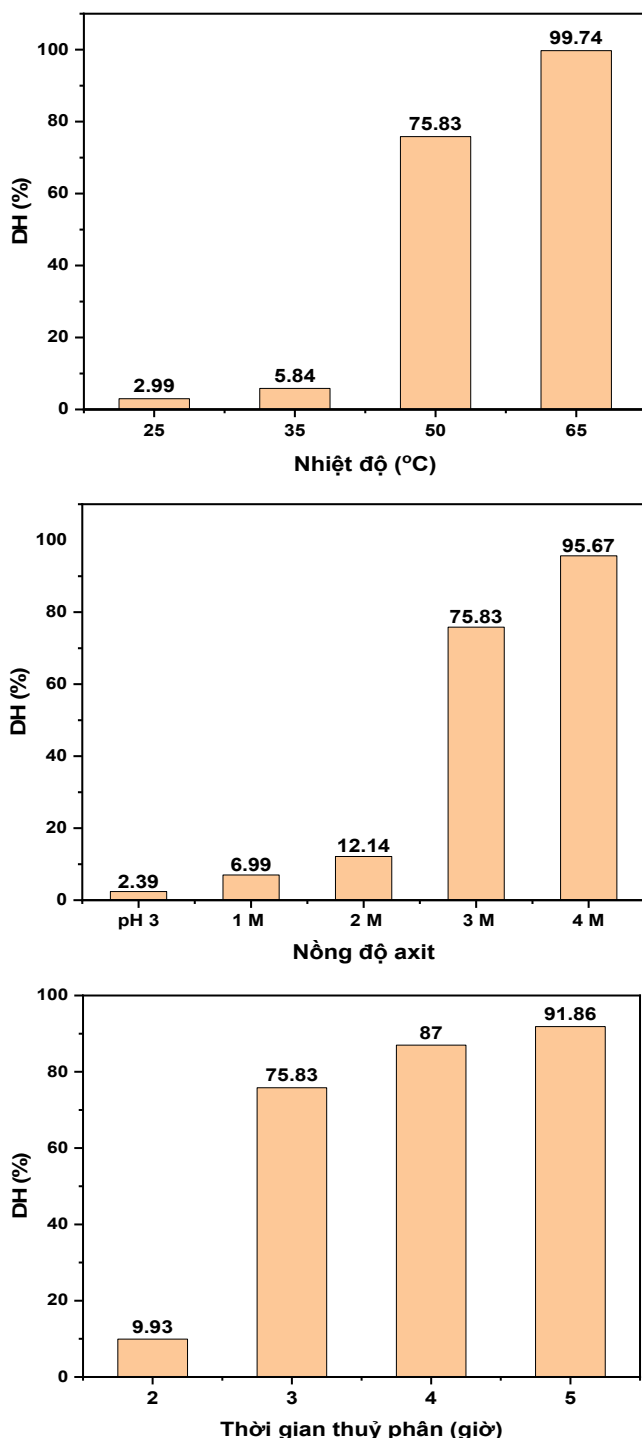


Hình 1. Đường chuẩn galic acid định lượng polyphenol và phổ UV-Vis của dịch chiết lá bàng



### 3.2. Khảo sát điều kiện thủy phân tinh bột

#### Kết quả DH

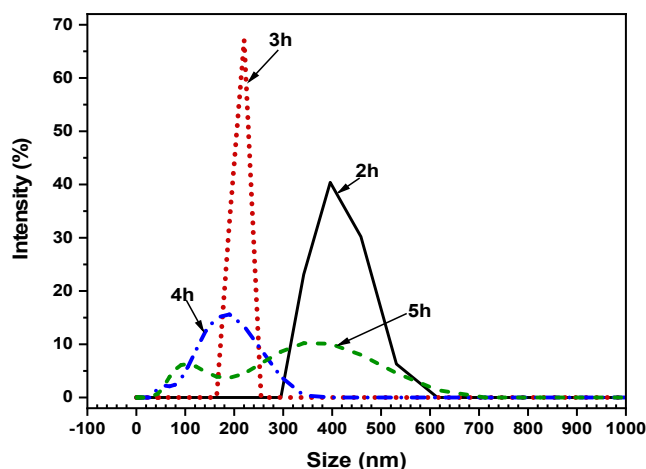


Hình 2. Kết quả đo mức độ thủy phân các mẫu tinh bột

Kết quả xác định mức độ thủy phân tinh bột (DH) bằng dung dịch acid HCl theo các điều kiện khác nhau được thể hiện trên hình 2. Kết quả cho thấy, với nhiệt độ thủy phân thấp thì mức độ thủy phân tinh bột rất thấp (dưới 10%), tuy nhiên nếu thực hiện ở nhiệt độ cao (65°C) thì quá trình thủy phân có thể coi như xảy ra hoàn toàn, tuy nhiên

cần khống chế nhiệt độ vì ở nhiệt độ khoảng này sẽ xảy ra hiện tượng hồ hoá tinh bột. Hơn nữa, ở nhiệt độ cao thì sự bay hơi của acid HCl sẽ rất nhanh. Do vậy, thực hiện phản ứng ở 45 - 50°C là hợp lý. Khi nồng độ acid chưa đủ so với tỷ lệ tinh bột thì độ thủy phân cũng rất thấp, tuy nhiên khi nồng độ acid tăng lên đến 4M thì sự bay hơi cũng nhiều, do vậy lựa chọn lượng acid sử dụng với nồng độ trong hỗn dịch là 3M. Ở điều kiện nhiệt độ và acid lựa chọn như vậy thì khi thời gian thủy phân tăng, DH cũng tăng. Khi thời gian thủy phân tăng từ 2h lên 3h thì DH tăng nhanh, sau đó thì giá trị DH tăng chậm khi thời gian thủy phân tăng lên 5h. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của các tác giả [8, 9], với giả thuyết quá trình thủy phân tinh bột bằng acid được chia thành hai quá trình: quá trình thủy phân ban đầu với tốc độ tương đối nhanh xảy ra chủ yếu ở vùng vô định hình, sau đó quá trình thủy phân với tốc độ chậm xảy ra đồng thời ở vùng vô định hình và vùng tinh thể [5]. Một số nghiên cứu cũng chỉ ra rằng  $\text{Cl}^-$  có thể thúc đẩy sự xâm nhập của  $\text{H}^+$  vào màng oxit, do đó có thể thúc đẩy sự xâm nhập của  $\text{H}^+$  vào bên trong hạt tinh bột [5, 14].

#### Kết quả đo phân bố cỡ hạt



Hình 3. Kết quả đo phân bố cỡ hạt các mẫu tinh bột

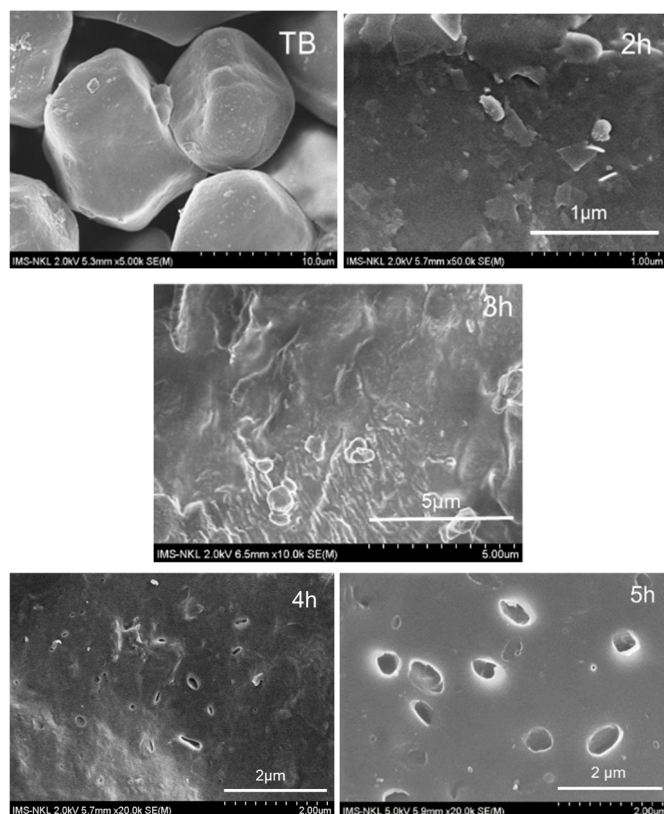
Sự phân bố kích thước hạt của các mẫu được thể hiện trong hình 3. Đồ thị trên hình 3 không thể hiện kết quả đo phân bố mẫu tinh bột ban đầu do mẫu có kích thước lớn, ngoài khoảng đo của thiết bị, nên không đo được kích thước theo phân bố cỡ hạt. Đối với mẫu thủy phân trong 2h cho thấy đỉnh ở khoảng 400nm và 200nm đối với mẫu 3h. Các mẫu 4h và 5h đều có 2 đỉnh chính ở các đỉnh 53nm và 174nm đối với mẫu 4h, 107nm và 353nm đối với mẫu 5h. Nguyên nhân xuất hiện 2 đỉnh là do sự phân bố kích thước hạt không hoàn toàn đồng đều, các đỉnh thứ hai là do sự kết tụ của các hạt nano tạo thành các hạt lớn hơn [5]. Kết quả kích thước hạt trung bình (bảng

1) có sự khác so với vị trí pic mật độ hạt là do trong quá trình thủy phân, các hạt nano tinh bột được tạo ra liên tục, nhưng các hạt nano tinh bột thu được có thể có xu hướng kết tụ thành các tập hợp dễ dàng lắng đọng dưới dạng hạt micro, do đó trong mẫu có sự phân bố các hạt lớn và hạt nhỏ [8]. Tuy nhiên, kích thước hạt trung bình giảm chứng tỏ lượng các hạt nano tăng lên khi kéo dài thời gian thủy phân.

Bảng 1. Kết quả đo phân bố cỡ hạt

Mẫu	TB (nm)	Pdl
TB	-	-
2-30	784,5	0,531
3-30	508,8	0,583
4-30	226,3	0,413
5-30	323,8	0,565

### Ảnh chụp SEM



Hình 4. Ảnh SEM các mẫu tinh bột

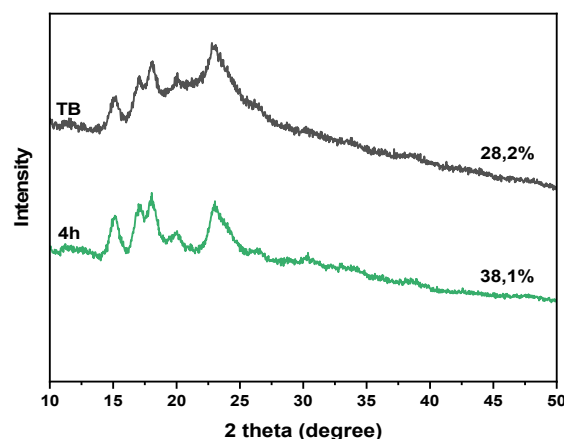
Ảnh SEM của các mẫu được thể hiện trong hình 4. Sau khi thủy phân 2h, các hạt tinh bột hầu như không thay đổi nhiều, nhưng đã bắt đầu xuất hiện các phân mảnh nhỏ, có khi nhỏ khoảng 200nm. Khi tăng thời gian thủy phân lên 3 - 4h thì hình thái học của hạt tinh bột thay đổi, các hạt nhỏ hơn theo thời gian thủy phân. Tuy nhiên với mẫu thủy phân 5h thì kích thước hạt lại lớn hơn mẫu 4h, có lẽ do sự kết tụ của các hạt hơn thành các hạt lớn hơn [5]. Từ

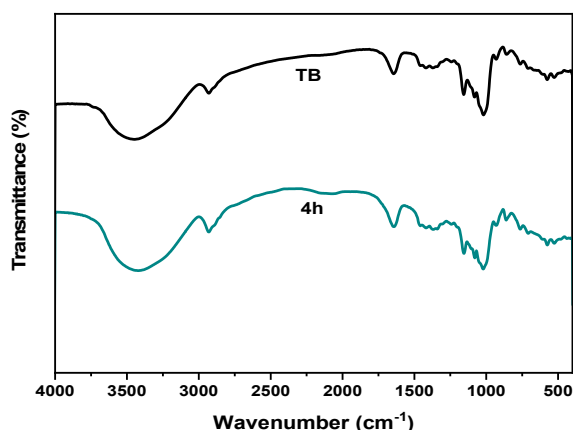
kết quả SEM và đo phân bố cỡ hạt cho thấy thời gian thủy phân tinh bột hợp lý là 4h.

### 3.3. Đặc trưng tinh bột bắp sau thủy phân

Giải đồ nhiễu xạ tia X của các mẫu tinh bột trước và sau thủy phân ở điều kiện 4h được trình bày ở hình 5. Các pic đặc trưng ở vị trí khoảng 15, 23 và pic kép ở 17 - 18 độ tương ứng với cấu trúc tinh bột loại A [8]; pic ở khoảng 20° có thể được quy cho một lượng tinh thể loại V [3]. Đỉnh nhiễu xạ tia X của tinh bột sau thủy phân giống với đỉnh nhiễu xạ tia X của tinh bột ban đầu, vẫn là tinh thể loại A, tuy nhiên, cường độ của pic tăng sau khi thủy phân bằng acid, hay độ tinh thể của mẫu tăng [5], chứng tỏ rằng quá trình thủy phân đã phá hủy các vùng vô định hình và giữ lại cấu trúc tinh thể đặc khít của tinh bột [14]. Sự tăng độ kết tinh của tinh bột sau quá trình thủy phân có thể được giải thích là do sự phân cắt amylose ở vùng vô định hình để tạo cấu trúc tinh thể; hoặc có thể do sự tách một chuỗi xoắn kép khỏi khung amylopectin dẫn đến có thể loại bỏ giới hạn về không gian và làm cho chuỗi xoắn kép được sắp xếp thành nhiều cấu trúc tinh thể hơn [5].

Trên phổ FTIR (hình 5) của mẫu tinh bột ban đầu và mẫu tinh bột sau thủy phân không quan sát thấy sự dịch chuyển pic nào rõ rệt, chứng tỏ các mẫu có cùng kiểu cấu trúc. Dải hấp thụ chính, điển hình cho polysaccharides, ở vùng 3700 - 3000cm<sup>-1</sup> (với cực đại ở 3448cm<sup>-1</sup>) do dao động kéo dài của các nhóm hydroxyl trong đơn vị glucose [3]. 2931cm<sup>-1</sup> là đỉnh do dao động kéo giãn liên kết hydrocarbon không đối xứng trong -CH<sub>2</sub>-. 1644cm<sup>-1</sup> do dao động uốn của liên kết H-O của tinh bột trong nước. Dao động uốn của liên kết C-H trong đơn vị glucose được thể hiện ở đỉnh trong khoảng 1350 đến 1510cm<sup>-1</sup>. Dao động kéo của nhóm -OH của rượu bậc 2 và -OH của tinh bột được thể hiện ở 1157 và 1018cm<sup>-1</sup>. Vùng phổ đặc trưng cho cấu trúc xoắn kép tạo thành bởi các amylose và/hoặc amylopectin mạch ngắn thể hiện rõ ở dải 1200 - 800cm<sup>-1</sup> [5].





Hình 5. Giảm độ XRD (trái) và phổ FT-IR (phải) các mẫu tinh bột

### 3.4. Hoạt tính sinh học của nanocomposite tinh bột@polyphenol

Kết quả đánh giá khả năng chống oxy hoá (thử đối với DPPH) các mẫu được trình bày trong bảng 2. Kết quả cho thấy, dịch chiết lá bàng có hiệu quả trong việc ngăn chặn hoạt động của các gốc tự do với giá trị  $EC_{50}$  của dịch chiết lá bàng là  $7,71 \pm 0,5$ ppm. Giá trị  $EC_{50}$  của dịch chiết lá bàng gắn trên nano tinh bột (mẫu lá bàng - tinh bột) là  $0,028 \pm 0,005$ ppm chứng tỏ khi dịch chiết lá bàng kết hợp với các hạt nano tinh bột đã làm tăng khả năng chống oxy hoá DPPH. Giá trị  $EC_{50}$  của Quercetin là  $9,8 \pm 0,3$ ppm cao hơn so với dịch chiết lá bàng và dịch chiết lá bàng + tinh bột. Điều này cho thấy dịch chiết lá bàng - tinh bột có hiệu quả chống oxy hóa mạnh hơn so với dịch chiết lá bàng và Quercetin trong điều kiện thí nghiệm này. Điều này có thể được lý giải là các hạt nano có kích thước nhỏ diện tích bề mặt lớn nên tăng cường khả năng phân tán của các hợp chất polyphenol có trong dịch chiết lá bàng, làm cho chúng dễ tiếp xúc với gốc tự do DPPH hơn qua đó làm tăng cường hiệu quả chống oxy hoá.

Bảng 2. Kết quả đánh giá khả năng chống oxy hoá

STT	Tên mẫu	Giá trị $EC_{50}$ (ppm)
1	Dịch chiết lá bàng	$7,71 \pm 0,5$
2	Dịch chiết lá bàng + tinh bột	$0,028 \pm 0,005$
Chất tham chiếu	Quercetin	$9,8 \pm 0,30$

### 4. KẾT LUẬN

Sử dụng dung dịch acid HCl (3 M) có kết hợp siêu âm đã cắt mạch thành công tinh bột bắp. Hiệu suất thủy phân tăng dần và đạt 91,86% sau 5 giờ. Cấu trúc tinh thể của tinh bột không thay đổi với các đỉnh pic XRD đặc trưng ở vị trí 15, 17 - 18 và 23° của tinh thể loại A, tuy nhiên độ kết tinh của tinh bột tăng dần, đồng thời kích thước hạt tinh bột giảm dần, nhỏ nhất có thể < 100nm, khi thời

gian phản ứng tăng. Kết quả FTIR cho thấy cấu trúc phân tử tinh bột không thay đổi, tuy nhiên tỷ lệ pic vùng kết tinh ( $1045\text{cm}^{-1}$ ) và vùng vô định hình ( $1020\text{cm}^{-1}$ ) thay đổi tương ứng với sự thay đổi tỷ lệ vùng kết tinh và vùng vô định hình trong tinh bột. Kết quả thử nghiệm sơ bộ khả năng mang hoạt chất polyphenol trong dịch chiết lá bàng và khả năng chống oxy hoá cho thấy, tinh bột thu được sau quá trình thủy phân có khả năng mang hoạt chất polyphenol và có hoạt tính chống oxy hoá cao, do đó có khả năng ứng dụng trong lĩnh vực dược phẩm.

### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Punia S., "Barley starch modifications: Physical, chemical and enzymatic - A review," *Int J Biol Macromol*, 144, 578-585, 2020.
- [2]. Almeida R.L.J., et al., "Effect of heat-moisture treatment on the thermal, structural and morphological properties of Quinoa starch," *Carbohydrate Polymer Technologies and Applications*, 3, 100192, 2022.
- [3]. Bajer D., "Nano-starch for food applications obtained by hydrolysis and ultrasonication methods," *Food Chemistry*, 402, 134489, 2023.
- [4]. Airlangga B., et al., "Study of cassava starch degradation using sonication process in aqueous sodium chloride," *Science of Food and Agriculture*, 101(6), 2406-2413, 2020.
- [5]. Li S., et al., "Rapid preparation of starch nanocrystals by the mixed acid of sulfuric acid and hydrochloric acid," *International Journal of Biological Macromolecules*, 232, 123402, 2023.
- [6]. Demiate I. M., Bet C. D., Ito V. C., "Chapter 6 - Commercial starches modified by physical, chemical, enzymatic and combined methods: processes and applications," *Starch Industries: Processes and Innovative Products in Food and Non-Food Uses* 3, 115-154, 2024.
- [7]. Lina Xiong, et al., "Structural and physicochemical properties of lotus seed starch nanoparticles prepared using ultrasonic-assisted enzymatic hydrolysis," *Ultrasonics - Sonochemistry*, 68, 105199, 2020.
- [8]. Kim H. Y., et al., "Effect of ultrasonic treatments on nanoparticle preparation of acid-hydrolyzed waxy maize starch," *Carbohydrate Polymers*, 93, 582-588, 2013.
- [9]. Hu W. X., et al., "A new sight separation for collecting starch nanocrystals with small size and high crystallinity based on the hydrolysis mechanism," *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 126604, 2023.
- [10]. Zhou L., et al., "Preparation and characterization of waxy maize starch nanoparticles via hydrochloric acid vapor hydrolysis combined with ultrasonication treatment," *Ultrasonics Sonochemistry*, 80, 105836, 2021.
- [11]. G. Chavez-Esquivel, H. Cervantes-Cuevas, M.A. Vera-Ramírez, "Effect of dual modification with citric acid combined with ultrasonication on hydrolysis kinetics, morphology and structure of corn starch dispersions," *International Journal of Biological Macromolecules*, 222, 1688-1699, 2022.



[12]. Zhou L.Y., et al., "Preparation and characterization of waxy maize starch nanocrystals with a high yield via dry-heated oxalic acid hydrolysis," *Food Chemistry*, 318, 126479, 2020.

[13]. Diop C. I., Li H. L., Xie B. J., Shi J., "Effects of acetic acid/acetic anhydride ratios on the properties of corn starch acetates," *Food Chemistry*, 126, 1662-1669, 2011.

[14]. Zhu Y.L., et al., "Pickering emulsions stabilized by starch nanocrystals prepared from various crystalline starches by ultrasonic assisted acetic acid: Stability and delivery of curcumin," *International Journal of Biological Macromolecules*, 267, 131217, 2024.

[15]. Kumari B., Sit N., "Comprehensive review on single and dual modification of starch: Methods, properties and applications," *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 126952, 2023.

[16]. Kim H.Y., Lee J.H., Kim J.Y., Lim W.J., Lim S.T., "Characterization of nanoparticles prepared by acid hydrolysis of various starches," *Starch - Stärke*, 64(5), 367-373, 2012.

[17]. Liu C.Z., et al., "Adsorption mechanism of polyphenols onto starch nanoparticles and enhanced antioxidant activity under adverse conditions," *Journal of Functional Foods*, 26, 632-644, 2016.

[18]. Lian F., et al., "Nano-encapsulation of polyphenols in starch nanoparticles: fabrication, characterization and evaluation," *Food & Function*, 13(14), 7762-7771, 2022.

[19]. Nguyen T.H.P., et al., "Terminalia catappa leaf extract as a bio-reducing agent to synthesize Cu<sub>2</sub>O nanoparticles for methylene blue photodegradation," *Discover Applied Sciences*, 6, 309, 2024.

---

#### AUTHORS INFORMATION

**Nguyen Thi Phuong<sup>1</sup>, Luu Huy Hieu<sup>2</sup>, Nguyen Thi Thuong<sup>3</sup>,  
Nguyen Thi Phuong Thao<sup>3</sup>, Nguyen Lam Quynh<sup>3</sup>,  
Dang Van Danh Thai<sup>3</sup>, Tran Quang Hai<sup>2</sup>, Pham Quynh Ngoc<sup>6</sup>,  
Le Thi Phuong Thao<sup>3,4,5</sup>**

<sup>1</sup>Institute of Chemistry and Material, Academy of Military Science and Technology, Vietnam

<sup>2</sup>Faculty of Chemical Technology, Hanoi University of Industry, Vietnam

<sup>3</sup>Faculty of Basic sciences, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

<sup>4</sup>HiTech-CEAE Research Team, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

<sup>5</sup>BSASD research group, Faculty of Basic sciences, Hanoi University of Mining and Geology, Vietnam

<sup>6</sup>History K3 Class, High School for Gifted Students in Social Sciences and Humanities, Hanoi, Vietnam