

TÍNH HÓA LÝ CỦA MÀNG ĂN ĐƯỢC TỪ TINH BỘT KHOAI MÔN OXY HÓA Ở CÁC NỒNG ĐỘ HYDROGEN PEROXIDE KHÁC NHAU

**Nguyễn Thị Lương, Võ Minh Thảo, Phạm Thị Khánh Ly,
Trịnh Thị Hồng Lam, Lê Thị Hồng Thúy***

Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh

*Email: thuylth@huit.edu.vn

Ngày nhận bài: 10/8/2023; Ngày nhận bài sửa: 05/9/2023; Ngày chấp nhận đăng: 08/9/2023

TÓM TẮT

Nghiên cứu này trình bày kết quả xác định đặc tính hóa lý của màng ăn được từ tinh bột khoai môn oxy hóa (OTS) ở các nồng độ hydrogen peroxide khác nhau. Giá trị mức độ oxy hóa DO tăng từ 1,22 đến 1,59% khi tăng nồng độ hydrogen peroxide từ 1 đến 4%. Phổ FTIR của OTS xuất hiện peak hấp thụ tại 1730 cm^{-1} , đặc trưng cho dao động của nhóm C=O, chứng tỏ phản ứng oxy hóa đã xảy ra. Đồng thời diện tích peak này tăng khi OTS có giá trị DO tăng. Vi ảnh SEM bề mặt và mặt cắt ngang của màng ăn được tạo từ OTS có cấu trúc bề mặt mịn, phẳng, đồng nhất, các thành phần phân tán đồng đều, lớp cấu trúc đồng nhất tăng dần theo chiều tăng nồng độ hydrogen peroxide. Độ bền kéo đứt và độ giãn đứt tăng trong khi độ thấm hơi nước lại giảm theo chiều tăng nồng độ hydrogen peroxide.

Từ khóa: Màng ăn được, hydrogen peroxide, khoai môn, tinh bột, tinh bột oxy hóa.

1. MỞ ĐẦU

Sự phát triển và sản xuất các vật liệu màng phủ dựa trên tinh bột có thể phân hủy sinh học đã được thúc đẩy bởi tình trạng thiếu dầu mỏ và mối quan tâm ngày càng tăng trong việc giảm bớt gánh nặng môi trường của các polymer có nguồn gốc từ hóa dầu [1]. Việc sử dụng tinh bột để sản xuất màng ăn được phân hủy sinh học đã được nghiên cứu và quan tâm trong những năm gần đây. Tinh bột là chất tạo màng polymer phong phú thứ hai sau cellulose, có nguồn gốc tự nhiên, có thể tái tạo, phong phú và chi phí thấp [2]. Mặc dù tinh bột tự nhiên đã được nghiên cứu nhiều để tạo màng ăn được phân hủy sinh học, nhưng chỉ có một số các đặc tính phù hợp để phát triển tạo lớp phủ ăn được, do có một số hạn chế như độ hòa tan cao trong nước, độ hút ẩm cao, điểm nóng chảy kém, khả năng phân hủy ngược cao và tính chất cơ học kém hơn so với các vật liệu dựa trên polymer tổng hợp [3]. Nhiều nghiên cứu cho thấy, tinh bột oxy hóa từ nguồn phổ biến (gạo, sắn, khoai tây...) được sử dụng nhiều trong các vật liệu phân hủy sinh học trong bao bì thực phẩm, vì chúng có tính chất cơ học và rào cản tốt hơn so với màng tinh bột tự nhiên [4-7].

Tinh bột oxy hóa được tạo ra thông qua phản ứng giữa tinh bột tự nhiên và các tác nhân oxy hóa trong những điều kiện thích hợp về pH và nhiệt độ của môi trường phản ứng [8]. Trong quá trình này, các nhóm hydroxyl (-OH) tại các vị trí C₂, C₃ và C₆ trên đơn vị glucose của phân tử tinh bột bị oxy hóa, trước hết hình thành các nhóm carbonyl và sau đó có thể tiếp tục chuyển hóa thành các nhóm carboxyl. Vì vậy, mức độ oxy hóa của tinh bột thường được đánh giá thông qua hàm lượng các nhóm chức carbonyl và carboxyl xuất hiện trong cấu trúc polymer sau phản ứng [9-10]. Sự xuất hiện của các nhóm chức này làm tăng độ phân cực của chuỗi polymer, từ đó tăng cường khả năng tương tác với nước và ảnh hưởng đến các tính chất chức năng như khả năng trương nở, hồ hóa và tạo màng của tinh bột. Những biến đổi về cấu trúc này góp phần giải thích các đặc tính công nghệ được cải thiện của tinh bột oxy hóa so với tinh bột tự nhiên.

Tinh bột có thể được oxy hóa bằng nhiều tác nhân khác nhau như periodate, chromic acid, potassium permanganate, nitrogen dioxide, hydrogen peroxide và sodium hypochlorite. Việc lựa chọn tác nhân oxy hóa không chỉ chi phối cơ chế phản ứng mà còn ảnh hưởng đến quy trình thu hồi sản phẩm và các đặc tính của tinh bột oxy hóa thu được; do đó, mỗi hệ oxy hóa đều có những ưu điểm và hạn chế riêng tùy theo mục đích ứng dụng. Hydrogen peroxide đã được sử dụng trong thực tế với mục đích thương

mai ở mức độ thấp hơn nhiều so với các tác nhân khác. Nhưng với mục đích ứng dụng trong thực phẩm đặc biệt màng ăn được thì hydrogen peroxide có lợi thế hơn vì là tác nhân thân thiện với môi trường, không tạo ra sản phẩm phụ có hại.

Quá trình oxy hóa tinh bột đã được nghiên cứu rộng rãi nhằm tạo ra các dạng tinh bột biến tính có những đặc tính cải thiện so với tinh bột tự nhiên, như nhiệt độ hồ hóa thấp hơn, độ hòa tan cao hơn, hồ tinh bột có độ nhớt thấp và ổn định nhiệt tốt, cùng với khả năng tạo màng đồng nhất [8]. Nhờ những đặc tính này, tinh bột oxy hóa được ứng dụng rộng rãi trong công nghiệp thực phẩm, chẳng hạn như làm chất nhũ hóa, vật liệu tạo màng ăn được, chất điều hòa bột trong sản xuất bánh mì, cũng như chất thay thế gum và chất kết dính trong nhiều sản phẩm thực phẩm chế biến.

Màng ăn được tạo từ tinh bột oxy hóa đã được sử dụng cho các ứng dụng thực phẩm và được phân biệt khác nhau. Một số tinh bột oxy hóa được nghiên cứu tạo màng ăn được như: tinh bột chuối [11], tinh bột khoai tây [4], tinh bột cao lương [2].

Các chất tạo màng được tạo từ tinh bột là chất đẳng hướng, không mùi, không vị, không màu, không độc và có thể phân hủy sinh học. Màng và lớp phủ ăn được có thể được chuẩn bị từ tinh bột tự nhiên và tinh bột biến tính. Màng tinh bột có tính thấm oxy thấp [12], lớp phủ tinh bột là chất dinh dưỡng, an toàn và kinh tế và đã được sử dụng trong bảo quản và công nghiệp thực phẩm [13]. Các đặc tính vật lý, độ bền hóa học và tính chất cơ học của chúng tương tự như màng polymer có nguồn gốc dầu mỏ. Tinh bột có thể được biến đổi về mặt hóa học, vật lý hoặc enzyme để phù hợp với các nhu cầu khác nhau. Màng tinh bột oxy hóa thường được bổ sung thêm các chất phụ gia là chất hóa dẻo polyols (glycerol, sorbitol và polyethylene glycol) để cải thiện tính chất cơ lý của màng [14]. Các công trình nghiên cứu này đã tăng tầm quan trọng về mặt công nghệ trong lĩnh vực bảo quản và công nghiệp thực phẩm [13].

Cây khoai môn được trồng rộng rãi tại nhiều quốc gia thuộc các vùng khí hậu nhiệt đới, cận nhiệt đới và ôn đới ẩm trên thế giới [15]. Trong những năm gần đây, loài cây này ngày càng thu hút sự quan tâm của các nhà nghiên cứu do giá trị dinh dưỡng và tiềm năng ứng dụng của nó. Tại Việt Nam, khoai môn được trồng ở hầu hết các vùng sinh thái với tiềm năng phát triển đáng kể. Riêng tại khu vực Đồng bằng sông Cửu Long, hai địa phương có diện tích trồng lớn là huyện An Phú (tỉnh An Giang) và huyện Lấp Vò (tỉnh Đồng Tháp). Nhờ hàm lượng tinh bột cao và giá trị dinh dưỡng tốt, khoai môn mang lại hiệu quả kinh tế cao, có thể cao hơn khoảng 2 - 3 lần so với một số cây trồng phổ biến khác như ngô và sắn.

Trong lĩnh vực vật liệu màng ăn được, tinh bột khoai môn đang nhận được nhiều sự quan tâm nghiên cứu. Tuy nhiên, bản chất ưa nước cùng với tính chất cơ học còn hạn chế của tinh bột tự nhiên làm giảm khả năng ứng dụng của vật liệu này trong sản xuất màng ăn được. Do đó, việc biến tính tinh bột bằng các phương pháp hóa học nhằm cải thiện những hạn chế trên là cần thiết để nâng cao hiệu quả ứng dụng. Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của các nồng độ hydrogen peroxide khác nhau trong quá trình oxy hóa tinh bột khoai môn đến các đặc tính hóa lý của màng tinh bột oxy hóa được khảo sát, qua đó cung cấp cơ sở khoa học cho việc lựa chọn nguyên liệu trong các ứng dụng công nghiệp.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên vật liệu

Củ khoai môn (*Colocasia esculenta* (L.) Schott) thuộc giống khoai môn cao chỉ tím (6 tháng tuổi) được thu mua tại xã Mỹ An Hưng A, huyện Lấp Vò, Đồng Tháp.

Các hóa chất sử dụng trong nghiên cứu đều thuộc loại tinh khiết phân tích (analytical grade), có nguồn gốc từ XiLong Chemical (Trung Quốc), bao gồm: hydrogen peroxide, ammonium hydroxide, hydrochloric acid, copper(II) sulfate và sulfuric acid.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Tách và thu nhận tinh bột khoai môn (TS)

Tinh bột được tách chiết theo phương pháp của Zeng và cộng sự, với một số điều chỉnh để phù hợp với điều kiện thí nghiệm [16]. Củ khoai môn được chần trong dung dịch NaOH 9% ở 80 °C, sau đó rửa sạch bằng nước và gọt bỏ vỏ. Nguyên liệu được cắt thành các miếng có chiều dày khoảng 1 cm và ngâm trong dung dịch $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ 0,3% trong 2 giờ, sau đó tiếp tục ngâm trong dung dịch NH_4OH để điều chỉnh pH trong khoảng 8,0 - 8,5 nhằm loại bỏ chất nhầy. Sau 24 giờ, nguyên liệu được rửa sạch và nghiền cùng nước chứa NaHSO_3 0,1% để hạn chế quá trình tạo màu của tinh bột, với tỷ lệ nguyên liệu/nước là 1/5 (khối lượng/thể tích). Hỗn hợp sau nghiền được lọc qua vải để tách bã và thu dịch sữa

tinh bột. Dịch sữa tiếp tục được xử lý bằng dung dịch NH_4OH 0,2% để duy trì pH 8,0 - 8,5 trong 24 giờ. Sau đó, phần nước trong phía trên được gạn bỏ và phần dịch còn lại được ly tâm ở 4000 vòng/phút trong 15 phút bằng máy ly tâm CN-650 (Đài Loan). Phần cặn thu được được hòa lại trong nước và tiếp tục ly tâm; quá trình rửa này được lặp lại ba lần để làm sạch tinh bột, sau đó rửa lần cuối bằng ethanol. Sản phẩm tinh bột thu được được sấy khô ở 50 °C trong 14 giờ.

Một số chỉ tiêu cơ bản của tinh bột khoai môn được phân tích như sau: độ ẩm được xác định bằng phương pháp sấy theo TCVN 9934:2013; protein tổng số theo phương pháp Kjeldahl (TCVN 8125:2015); lipid theo phương pháp Soxhlet (TCVN 9938:2013); xơ thô theo phương pháp Schaven cải tiến (TCVN 4329:2007). Hàm lượng carbohydrate tổng được tính theo công thức: %Carbohydrate = 100 - (% độ ẩm + % tro + % protein + % lipid). Hàm lượng amylose và amylopectin được xác định theo phương pháp của Kim và cộng sự [17].

2.2.2. Oxy hóa tinh bột khoai môn

Quá trình oxy hóa tinh bột khoai môn ở các nồng độ H_2O_2 khác nhau được thực hiện theo phương pháp của Zhang và cộng sự [18]. Hỗn hợp phản ứng được khuấy và kiểm soát nhiệt độ bằng máy khuấy từ gia nhiệt. Cân 50 g tinh bột phân tán trong nước để tạo huyền phù 20%, sau đó điều chỉnh pH đến 8 và nhiệt độ 40 °C. Tiếp theo, bổ sung xúc tác CuSO_4 rắn (0,1% khối lượng tinh bột) cùng với dung dịch H_2O_2 ở các nồng độ khảo sát (1%, 2%, 3% và 4%). Trong suốt quá trình phản ứng, pH của hệ được duy trì ổn định bằng dung dịch H_2SO_4 và NaOH , đồng thời khuấy liên tục ở tốc độ 700 vòng/phút. Kết thúc phản ứng, sản phẩm được lọc hút trên phễu Buchner, rửa nhiều lần bằng nước cất, sau đó rửa lại lần cuối bằng ethanol và sấy khô ở 50 °C trong 14 giờ.

Mức độ oxy hóa (DO) được biểu thị thông qua tổng hàm lượng nhóm carbonyl và carboxyl trên 100 đơn vị glucose. Hàm lượng các nhóm chức này được xác định theo phương pháp của Naknaen và cộng sự [19]. Cấu trúc nhóm chức của tinh bột được thực hiện bằng phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR) trên thiết bị Nicolet Impact 410 trong vùng số sóng 4000 - 400 cm^{-1} . Mẫu được sấy khô trong tủ sấy chân không ở 60 °C trong 48 giờ, sau đó chuẩn bị theo kỹ thuật ép viên KBr bằng cách trộn đồng nhất 2 mg tinh bột với 100 mg KBr [20].

2.2.3. Chế tạo màng ăn được

Màng ăn được được tạo theo phương pháp của Sondari và cộng sự [2]. Hòa tan 10g tinh bột khoai môn oxy hóa trong 85g nước cất rồi đem đun nóng đến 80°C, khuấy đều cho đến khi hồ hóa hoàn toàn. Hạ nhiệt độ của hệ xuống 60 °C rồi thêm 5g sorbitol và tiếp tục khuấy trong khoảng 30 phút. Hút 10 mL đổ ra đĩa petri Φ 12 rồi sấy khô ở nhiệt độ 45°C trong 12 giờ.

2.2.4. Đặc tính hóa lý của màng ăn được

Hình thái bề mặt của màng được khảo sát bằng hiển vi điện tử quét (SEM) trên thiết bị JEOL SM-6510LV (Nhật Bản). Các mẫu màng được bảo quản trong bình hút ẩm trong 15 ngày rồi làm đông nhanh bằng nitơ lỏng và bẻ gãy ngẫu nhiên để thu mặt cắt ngang phục vụ phân tích [21].

Độ bền kéo đứt và độ giãn đứt được xác định theo tiêu chuẩn ASTM D412-16 (2021) bằng thiết bị đo cơ lý đa năng Tensilon AND RTC 1210-A. Khoảng cách kẹp mẫu là 50 mm và tốc độ kéo 50 mm/phút. Các mẫu thử được cắt thành dải kích thước 1 cm × 5 cm.

Độ thấm hơi nước của màng được xác định theo tiêu chuẩn ASTM E96-22. Mẫu màng được đặt lên miệng cốc có đường kính 54 mm chứa 20 mL nước cất và cố định bằng keo parafin. Đặt cốc thử trong bình hút ẩm chứa dung dịch $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ bão hòa tạo độ ẩm tương đối 60%. Khối lượng của cốc được theo dõi bằng cân phân tích sau mỗi 24 giờ để xác định lượng hơi nước truyền qua màng.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thành phần hóa học của tinh bột khoai môn

Kết quả kiểm tra các thành phần cơ bản của tinh bột oxy hóa tổng hợp từ tinh bột khoai môn trình bày ở Bảng 1 cho thấy tinh bột khoai môn oxy hóa đều có độ ẩm, hàm lượng tro, cellulose thấp và đạt tiêu chuẩn của tinh bột sử dụng trong công nghiệp. Hàm lượng protein và lipid không phát hiện trong mẫu tinh bột khoai môn. Hàm lượng tinh bột trong mẫu tách đạt 88,18%. Chứng tỏ tinh bột khoai môn đã tách và thu hồi có độ tinh sạch cao và có thể đáp ứng được các tiêu chuẩn kỹ thuật

của tinh bột dùng trong công nghiệp thực phẩm khi so sánh với các nguồn tinh bột truyền thống (ngô, gạo, sắn...).

Bảng 1. Một số chỉ tiêu cơ bản của tinh bột khoai môn

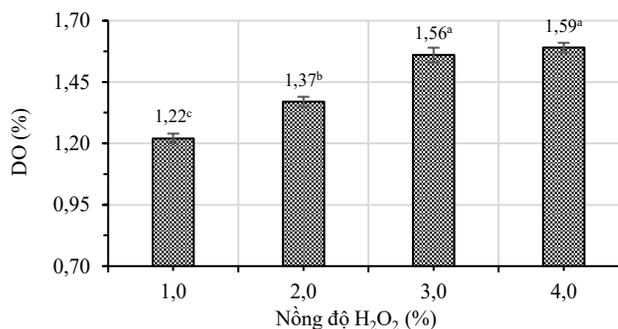
STT	Chỉ tiêu	Giá trị	STT	Chỉ tiêu	Giá trị
1	Độ ẩm (%)	10,60 ± 0,22	5	Lipid (%)	(-)
2	Tro (%)	1,22 ± 0,03	6	Carbohydrate (%)	88,18 ± 0,22
3	Xơ thô (%)	0,43 ± 0,02	7	Amylose (%)	18,27 ± 0,40
4	Protein (%)	(-)	8	Amylopectin (%)	81,83 ± 0,40

(-): Không phát hiện

Thành phần amylose (Am) và amylopectin (Ap) trong tinh bột đóng vai trò quan trọng đối với khả năng ứng dụng của tinh bột, vì chúng quyết định đặc tính tạo màng và ảnh hưởng đến nhiều tính chất công nghệ như độ nhớt, độ dẻo, độ dai và khả năng trương nở. Hàm lượng Am và Ap trong tinh bột phụ thuộc nhiều vào nguồn gốc tinh bột [22]. Hàm lượng Am của khoai môn là 18,27% tương ứng với tỷ lệ amylose/amylopectin là 22,33%. Theo các công bố trước đây, hàm lượng Am trong tinh bột khoai tây khoảng từ 25,2% đến 29,1% [23], trong tinh bột sắn từ 19,7% đến 22,5% [24]. So sánh với các nguồn tinh bột phổ biến này cho thấy hàm lượng Am của tinh bột khoai môn trong nghiên cứu có giá trị tương đối gần với tinh bột sắn và thấp hơn so với tinh bột khoai tây.

3.2. Ảnh hưởng của nồng độ H₂O₂ đến mức độ oxy hóa của tinh bột

Theo Sangseethong và cộng sự, phản ứng oxy hóa tinh bột diễn ra theo trình tự trong đó các nhóm hydroxyl của phân tử tinh bột trước tiên được chuyển thành nhóm carbonyl, sau đó tiếp tục biến đổi thành nhóm carboxyl [25]. Tuy nhiên, tùy thuộc vào tác nhân oxy hóa được sử dụng và điều kiện phản ứng mà các nhóm carbonyl hoặc carboxyl có thể được tạo thành song song có chọn lọc bằng cách oxy hóa các nhóm hydroxyl tại các vị trí nhất định trên vòng glucosidic. Khi có mặt xúc tác kim loại, H₂O₂ nhanh chóng bị phân hủy tạo thành gốc tự do hydroxyl (HO[•]) có khả năng phản ứng cao dễ dàng oxy hóa nhóm hydroxyl bậc 2 của tinh bột thành nhóm carbonyl (vị trí C₂, C₃) [26].



Hình 1. Ảnh hưởng của nồng độ H₂O₂ đến mức độ oxy hóa TS

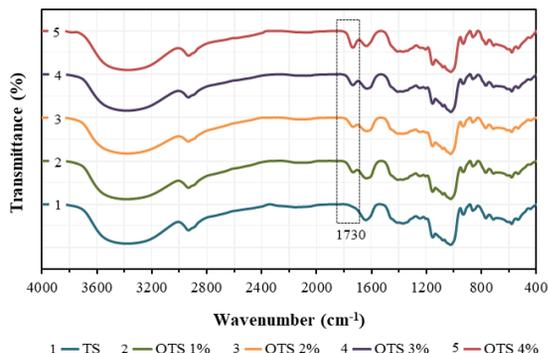
(Nhiệt độ: 40 °C; Thời gian: 90 phút ; pH: 8; Tỷ lệ TS/nước: 20%
a, b, c...: sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5% ứng với mỗi loại đồ thị)

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nồng độ H₂O₂ đến quá trình oxy hóa tinh bột khoai môn trên Hình 1 cho thấy khi tăng nồng độ H₂O₂ từ 1,0 lên 4,0% thì mức độ oxy hóa DO tăng từ 1,22 đến 1,59%. Khi nồng độ H₂O₂ tăng từ 3 đến 4%, giá trị DO thay đổi nhẹ lần lượt từ 1,56 đến 1,59% và về mặt thống kê thì sự gia tăng này hoàn toàn không khác biệt. Chứng tỏ nồng độ 3% của H₂O₂ đã đủ cho quá trình oxy hóa tinh bột. Kết quả này tương đồng với những ghi nhận trong nghiên cứu của Zhang và cộng sự khi oxy hóa tinh bột bắp và tinh bột khoai tây bằng H₂O₂ [18].

3.3. Cấu trúc nhóm chức của tinh bột oxy hóa

Cấu trúc nhóm chức của tinh bột khoai môn tự nhiên (TS) và tinh bột khoai môn oxy hóa (OTS) tại các nồng độ tác nhân H₂O₂ khác nhau được xác định thông qua phép đo phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FTIR). Kết quả phổ FTIR (Hình 2) cho thấy TS và các mẫu OTS có các dải hấp thụ đặc trưng của tinh bột, bao gồm dao động kéo giãn của nhóm -OH khoảng 3400 cm⁻¹, dao động kéo giãn bất đối xứng C-H gần 2923 cm⁻¹, dao động liên quan đến liên kết hydrogen nội phân tử khoảng 1637 cm⁻¹, dao động biến dạng C-H tại vùng 1406 - 1361 cm⁻¹ và các dao động C-O-C đặc trưng của cấu trúc

polysaccharide trong vùng $1154 - 1024 \text{ cm}^{-1}$. Tuy nhiên, ở các mẫu OTS xuất hiện thêm dải hấp thụ gần 1730 cm^{-1} , đặc trưng cho dao động của nhóm carbonyl ($\text{C}=\text{O}$), trong khi dải này không xuất hiện ở TS. Điều này cho thấy trong quá trình oxy hóa bằng H_2O_2 , một phần nhóm hydroxyl của tinh bột đã bị chuyển hóa thành các nhóm carbonyl hoặc carboxyl. Kết quả tương tự cũng đã được ghi nhận đối với tinh bột oxy hóa từ tinh bột chuối [27,28], tinh bột ngô và tinh bột khoai tây [9,18]. Ngoài ra, cường độ dải carbonyl tăng khi nồng độ H_2O_2 tăng, cho thấy mức độ oxy hóa của tinh bột tăng và số lượng liên kết hydrogen nội phân tử giảm.

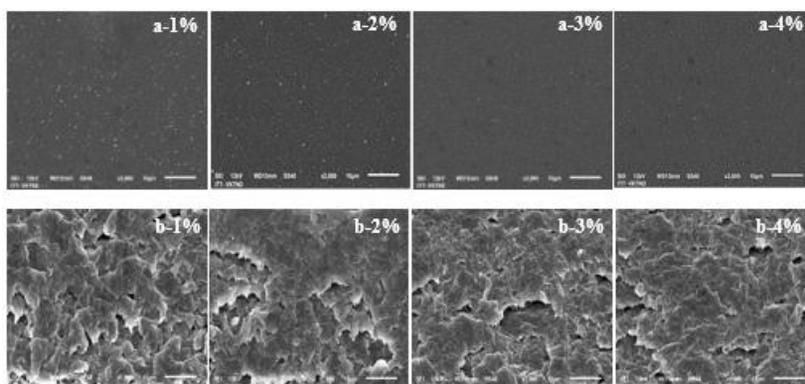


Hình 2. Phổ FTIR của TS và OTS ở các nồng độ H_2O_2 khác nhau

3.4. Đặc tính hóa lý của màng ăn được

3.4.1. Hình thái học bề mặt

Xác định hình thái bề mặt của màng cho phép đánh giá sự sắp xếp vi cấu trúc của các thành phần trong mạng lưới polymer, qua đó góp phần giải thích cơ chế truyền hơi nước và các tính chất cơ học của màng ăn được.



Hình 3. Ảnh SEM bề mặt (a) và mặt cắt (b) của màng trên khung nền OTS tại các nồng độ tác nhân oxy hóa khác nhau

Kết quả chụp vi ảnh SEM bề mặt của màng OTS (Hình 3a) cho thấy các màng OTS có bề mặt mịn, phẳng, đồng nhất, các thành phần được phân tán đồng đều chứng tỏ giữa chất hóa dẻo sorbitol và chất tạo khung màng tinh bột khoai môn oxy hóa có sự liên kết chặt chẽ với nhau. Kết quả này còn thể hiện trên mặt cắt SEM (Hình 3b) với lớp cấu trúc được đồng nhất tăng dần theo chiều tăng nồng độ H_2O_2 . Tính đồng nhất của màng tinh bột oxy hóa là do ảnh hưởng của quá trình khử trùng hợp của các phân tử tinh bột xảy ra do quá trình oxy hóa. Quá trình depolymer hóa các phân tử tinh bột cho phép tương tác lớn hơn giữa chất hóa dẻo và tinh bột. Ngoài ra, ở nồng độ oxy hóa cao, mức độ oxy hóa của tinh bột tăng, dẫn đến sự gia tăng các nhóm carbonyl và carboxyl. Các nhóm chức này góp phần tăng cường tương tác giữa các phân tử, từ đó hỗ trợ sự hình thành cấu trúc mạng của màng [8].

3.4.2. Tính chất cơ lý

Kết quả xác định tính chất cơ lý của màng OTS ở các nồng độ H_2O_2 khác nhau (Bảng 2) cho thấy khi nồng độ tác nhân oxy hóa tăng từ 1% đến 4%, độ bền kéo đứt và độ giãn dài khi đứt của màng đều có xu hướng tăng. Sự gia tăng độ bền kéo đứt là do sự hiện diện của các nhóm carbonyl và

carboxyl được hình thành trong quá trình oxy hóa tinh bột, mang lại cho khung nền polymer một cấu trúc nhỏ gọn hơn. Độ giãn đứt của các màng OTS tăng khi nồng độ tác nhân oxy hóa tăng có thể do sự hình thành tương tác liên phân tử giữa nhóm hydroxyl và nhóm carboxyl của các chuỗi amylose và amylopectin trong phân tử tinh bột oxy hóa [11]. Mặt khác, trong quá trình xử lý và làm khô màng tinh bột, các liên kết hydro ban đầu được hình thành giữa các phân tử tinh bột có thể được thay thế bằng các liên kết hydro mới bền hơn được hình thành giữa các nhóm hydroxyl và các nhóm carboxyl trong tinh bột oxy hóa mang lại tính toàn vẹn cho cấu trúc màng polymer, do đó làm tăng độ bền kéo của màng [29]. Ngoài ra, các tính chất cơ lý của màng tinh bột phụ thuộc vào các yếu tố khác nhau như sự sắp xếp chuỗi polymer, tương tác chuỗi phân tử, độ dày màng, số lượng và loại chất hóa dẻo, và độ ẩm tương đối của môi trường.

Bảng 2. Tính chất cơ lý và độ thấm hơi nước của màng OTS

Mẫu	Độ bền kéo đứt (Mpa)	Độ giãn đứt (%)	Độ thấm hơi nước (g.mm/m ² .ngày.kPa)
OTS 1%	3,11 ± 0,25	10,30 ± 0,13	9,90 ± 0,89
OTS 2%	4,41 ± 0,20	13,18 ± 0,02	9,04 ± 0,16
OTS 3%	5,09 ± 0,17	14,47 ± 0,22	7,44 ± 0,20
OTS 4%	5,58 ± 0,16	26,21 ± 0,40	4,14 ± 0,19

3.4.3. Độ thấm hơi nước

Kết quả xác định độ thấm hơi nước của màng OTS được trình bày trong Bảng 2 cho thấy giá trị này giảm từ 9,90 đến 4,14 g.mm/m².ngày.kPa khi nồng độ tác nhân oxy hóa tăng từ 1 đến 4%. Xu hướng này tương đồng với các nghiên cứu về màng tinh bột khoai tây oxy hóa đã công bố, cho thấy mức độ oxy hóa cao hơn giúp cải thiện khả năng cản hơi nước của màng [4,6]. Các nghiên cứu đều chứng tỏ màng OTS ứng với mức độ oxy hóa cao hơn có khả năng ngăn nước tốt hơn. Trong quá trình oxy hóa tinh bột, khi tăng nồng độ tác nhân oxy hóa H₂O₂ làm gia tăng sự chuyển đổi nhóm hydroxyl thành nhóm carbonyl trong phân tử OTS dẫn đến làm giảm ái lực giữa các phân tử OTS với các phân tử nước nên màng ăn được có độ thấm hơi nước cũng như khả năng hòa tan trong nước giảm. Ngoài ra, độ thấm hơi nước còn phụ thuộc vào khả năng hòa tan trong nước của màng, tốc độ khuếch tán của nước và áp suất riêng phần của hơi nước [11].

4. KẾT LUẬN

Tinh bột khoai môn được tách và thu hồi có độ tinh sạch cao, đáp ứng các tiêu chuẩn kỹ thuật của tinh bột sử dụng trong công nghiệp thực phẩm khi so sánh với các nguồn tinh bột truyền thống như ngô, gạo và sắn. Quá trình oxy hóa TS ở nồng độ tác nhân H₂O₂ tăng từ 1 đến 4% cho giá trị mức độ oxy hóa DO tăng từ 1,22 đến 1,59%. Phổ FTIR của OTS xuất hiện peak hấp thụ ở 1730cm⁻¹ đặc trưng cho dao động của nhóm C=O, chứng tỏ phản ứng oxy hóa đã xảy ra. Khi nồng độ H₂O₂ tăng (tương ứng với giá trị DO lớn hơn), cường độ peak carbonyl cũng tăng rõ rệt. Vi ảnh SEM bề mặt và mặt cắt của màng OTS cho thấy cấu trúc tương đối mịn, phẳng và đồng nhất, với các thành phần phân bố khá đồng đều; độ đồng nhất của màng tăng dần theo sự gia tăng nồng độ H₂O₂. Các giá trị độ bền kéo đứt, độ giãn đứt và độ thấm hơi nước đều giảm theo chiều tăng mức độ oxy hóa. Tùy thuộc vào ứng dụng công nghiệp mong muốn, màng ăn được có yêu cầu các đặc tính cơ lý và khả năng hòa tan trong nước khác nhau. Kết quả chỉ ra rằng tinh bột khoai môn oxy hóa có tiềm năng tốt để tạo màng ứng dụng làm màng phủ hoặc bao bì trong thực phẩm. Tuy nhiên, vẫn cần có thêm các nghiên cứu để làm rõ khả năng cản oxy và đánh giá hiệu quả ứng dụng của vật liệu này trong các hệ thống bao gói cũng như các loại thực phẩm khác nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] T. D. Moshood, G. Nawanir, F. Mahmud, F. Mohamad, M. H. Ahmad, and A. AbdulGhani, "Sustainability of biodegradable plastics: New problem or solution to solve the global plastic pollution?", *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, vol. 5, 2022, Art. no. 100273. DOI: 10.1016/j.crgsc.2022.100273.
- [2] D. Sondari, E. Triwulandari, M. Ghozali, Y. Sampora, I. Iltizam, and N. Masruchin, "The effect of oxidation on sago starch and its application as edible film", *Jurnal Sains Materi Indonesia*, vol. 20, no. 1, 2018, p. 1. DOI: 10.17146/jsmi.2018.20.1.5388.

- [3] M. G. Lomelí-Ramírez, S. G. Kestur, R. Manríquez-González, S. Iwakiri, G. B. de Muniz, and T. S. Flores-Sahagun, “Bio-composites of cassava starch-green coconut fiber: Part II—Structure and properties”, *Carbohydrate Polymers*, vol. 102, pp. 576–583, 2014. DOI: 10.1016/j.carbpol.2013.11.020.
- [4] L. M. Fonseca, J. R. Gonçalves, S. L. M. El Halal, V. Z. Pinto, A. R. G. Dias, A. C. Jacques, and E. da R. Zavareze, “Oxidation of potato starch with different sodium hypochlorite concentrations and its effect on biodegradable films”, *LWT - Food Science and Technology*, vol. 60, no. 2, pp. 714–720, 2015. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.10.052.
- [5] Y. V. García-Tejeda, C. López-González, J. P. Pérez-Orozco, R. Rendón-Villalobos, A. Jiménez-Pérez, E. Flores-Huicochea, J. Solorza-Feria, and C. A. Bastida, “Physicochemical and mechanical properties of extruded laminates from native and oxidized banana starch during storage”, *LWT - Food Science and Technology*, vol. 54, no. 2, pp. 447–455, 2013. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.05.041.
- [6] G. Hu, J. Chen, and J. Gao, “Preparation and characteristics of oxidized potato starch films”, *Carbohydrate Polymers*, vol. 76, no. 2, pp. 291–298, 2009. DOI: 10.1016/j.carbpol.2008.10.032.
- [7] E. da R. Zavareze, V. Z. Pinto, B. Klein, S. L. M. El Halal, M. C. Elias, C. Prentice-Hernández, and A. R. G. Dias, “Development of oxidised and heat-moisture treated potato starch film”, *Food Chemistry*, vol. 132, no. 1, pp. 344–350, 2012. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.10.090.
- [8] S. L. M. El Halal, R. Colussi, V. G. Deon, V. Z. Pinto, F. A. Villanova, N. L. V. Carreño, A. R. G. Dias, and E. D. R. Zavareze, “Films based on oxidized starch and cellulose from barley”, *Carbohydrate Polymers*, vol. 133, pp. 644–653, 2015. DOI: 10.1016/j.carbpol.2015.07.024.
- [9] P. H. Dao, T. T. Nam, M. Van Phuc, N. A. Hiep, T. Van Thanh, N. T. Vuong, and D. D. Xuan, “Oxidized maize starch: characterization and effect of it on the biodegradable films. II. Infrared spectroscopy, solubility of oxidized starch and starch film solubility”, *Vietnam Journal of Science and Technology*, vol. 55, no. 4, p. 395, 2017. DOI: 10.15625/2525-2518/55/4/7919.
- [10] N. T. Tung, L. T. H. Thuy, N. T. Luong, N. Van Khoi, P. T. T. Ha, and N. H. Thang, “The molecular structural transformation of jackfruit seed starch in hydrogen peroxide oxidation condition”, *Journal of the Indian Chemical Society*, vol. 98, no. 11, 2021, Art. no. 100192. DOI: 10.1016/j.jics.2021.100192.
- [11] E. Argüello-García, J. Solorza-Feria, J. R. Rendón-Villalobos, F. Rodríguez-González, A. Jiménez-Pérez, and E. Flores-Huicochea, “Properties of edible films based on oxidized starch and zein”, *International Journal of Polymer Science*, vol. 2014, pp. 1–9, 2014. DOI: 10.1155/2014/292404.
- [12] P. Forssell, “Oxygen permeability of amylose and amylopectin films”, *Carbohydrate Polymers*, vol. 47, no. 2, pp. 125–129, 2002. DOI: 10.1016/S0144-8617(01)00175-8.
- [13] R. Pareta and M. Edirisinghe, “A novel method for the preparation of starch films and coatings”, *Carbohydrate Polymers*, vol. 63, no. 3, pp. 425–431, 2006. DOI: 10.1016/j.carbpol.2005.09.018.
- [14] N. Laohakunjit and A. Noomhorm, “Effect of plasticizers on mechanical and barrier properties of rice starch film”, *Starch - Stärke*, vol. 56, no. 8, pp. 348–356, 2004. DOI: 10.1002/star.200300249.
- [15] M. Temesgen and N. Retta, “Nutritional potential, health and food security benefits of taro *Colocasia esculenta* (L.): A review”, *Food Science and Quality Management*, vol. 36, pp. 23–31, 2015.
- [16] F.-K. Zeng, H. Liu, and G. Liu, “Physicochemical properties of starch extracted from *Colocasia esculenta* (L.) Schott (Bun-long taro) grown in Hunan, China”, *Starch - Stärke*, vol. 66, no. 1–2, pp. 142–148, 2014. DOI: 10.1002/star.201300039.
- [17] S. Kim and J. L. Willett, “Isolation of amylose from starch solutions by phase separation”, *Starch - Stärke*, vol. 56, no. 1, pp. 29–36, 2004. DOI: 10.1002/star.200200161.
- [18] Y.-R. Zhang, X.-L. Wang, G.-M. Zhao, and Y.-Z. Wang, “Preparation and properties of oxidized starch with high degree of oxidation”, *Carbohydrate Polymers*, vol. 87, no. 4, pp. 2554–2562, 2012. DOI: 10.1016/j.carbpol.2011.11.036.
- [19] P. Naknaen, W. Tobkaew, and S. Chaichaleom, “Properties of jackfruit seed starch oxidized with different levels of sodium hypochlorite”, *International Journal of Food Properties*, vol. 20, no. 5, pp. 979–996, 2017. DOI: 10.1080/10942912.2016.1191868.

- [20] L. H. Garrido, E. Schnitzler, M. E. B. Zortéa, T. de Souza Rocha, and I. M. Demiate, “Physicochemical properties of cassava starch oxidized by sodium hypochlorite”, *Journal of Food Science and Technology*, vol. 51, no. 10, pp. 2640–2647, 2014. DOI: 10.1007/s13197-012-0794-9.
- [21] B. Ayalke and D. Woldemichael, “Experimental analyses of eco-friendly plasticizer on taro starch-based bioplastic for injera packing application”, 2022. DOI: 10.21203/rs.3.rs-2188198/v1.
- [22] M. Schirmer, A. Höchstötter, M. Jekle, E. Arendt, and T. Becker, “Physicochemical and morphological characterization of different starches with variable amylose/amylopectin ratio”, *Food Hydrocolloids*, vol. 32, no. 1, pp. 52–63, 2013. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2012.11.032.
- [23] A. Cano, A. Jiménez, M. Cháfer, C. González, and A. Chiralt, “Effect of amylose:amylopectin ratio and rice bran addition on starch films properties”, *Carbohydrate Polymers*, vol. 111, pp. 543–555, 2014. DOI: 10.1016/j.carbpol.2014.04.075.
- [24] A. C. Souza, R. Benze, E. S. Ferrão, C. Ditchfield, A. C. V. Coelho, and C. C. Tadini, “Cassava starch biodegradable films: Influence of glycerol and clay nanoparticles content on tensile and barrier properties and glass transition temperature”, *LWT - Food Science and Technology*, vol. 46, no. 1, pp. 110–117, 2012. DOI: 10.1016/j.lwt.2011.10.018.
- [25] K. Sangseethong, N. Termvejsayanon, and K. Sriroth, “Characterization of physicochemical properties of hypochlorite- and peroxide-oxidized cassava starches”, *Carbohydrate Polymers*, vol. 82, no. 2, pp. 446–453, 2010. DOI: 10.1016/j.carbpol.2010.05.003.
- [26] N. Karic, J. Rusmirovic, M. Djolic, T. Kovacevic, L. Pecic, Z. Radovanovic, and A. Marinkovic, “Preparation and properties of hydrogen peroxide oxidized starch for industrial use”, *Hemijaska Industrija*, vol. 74, no. 1, pp. 25–36, 2020. DOI: 10.2298/HEMIND 190722004K.
- [27] M. M. Sánchez-Rivera, F. J. L. García-Suárez, M. Velázquez del Valle, F. Gutierrez-Meraz, and L. A. Bello-Pérez, “Partial characterization of banana starches oxidized by different levels of sodium hypochlorite”, *Carbohydrate Polymers*, vol. 62, no. 1, pp. 50–56, 2005. DOI: 10.1016/j.carbpol. 2005.07.005.
- [28] G. O. Olatunde, L. K. Arogundade, and O. I. Orija, “Chemical, functional and pasting properties of banana and plantain starches modified by pre-gelatinization, oxidation and acetylation”, *Cogent Food & Agriculture*, vol. 3, no. 1, 2017, Art. no. 1283079. DOI: 10.1080/23311932.2017.1283079.
- [29] R. Sindhu and B. S. Khatkar, “Amaranth starch isolation, oxidation, heat-moisture treatment and application in edible film formation”, *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, vol. 5, no. 3, pp. 136–141, 2018. DOI: 10.22161/ijaers.5.3.17.

ABSTRACT

PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES OF EDIBLE FILM FROM OXIDIZED TARO STARCH AT DIFFERENT CONCENTRATIONS OF HYDROGEN PEROXIDE

Nguyen Thi Luong, Vo Minh Thao, Pham Thi Khanh Ly,
Trinh Thi Hong Lam, Le Thi Hong Thuy*
Ho Chi Minh City University of Industry and Trade
*Email: thuylth@huit.edu.vn

This study presents the results of the physicochemical characterization of edible film from matrix oxidized taro starch (OTS) at different concentrations of hydrogen peroxide. The oxidation degree (DO) value increased from 1.22 to 1.59% when increasing hydrogen peroxide concentration from 1 to 4%. FTIR spectra of OTS appear to peak at 1730 cm⁻¹ matching to the oscillation of the C=O group, indicating that the oxidation reaction occurred, and the area of this absorption peak increased when the DO value of OTS increased. SEM images show that the OTS edible films have a smooth, flat, uniform surface, components are evenly dispersed, and the consistent structure layer increases with increasing hydrogen peroxide concentration. Tensile strength, and longation at break values increased while water vapor permeability values decreased when increasing hydrogen peroxide concentration.

Keywords: Edible film, taro starch, oxidized starch, hydrogen peroxide.