

ẢNH HƯỞNG CỦA TINH BỘT NGÔ BIẾN TÍNH VÀ PECTIN ĐẾN TÍNH CHẤT HÓA LÝ, HOẠT CHẤT SINH HỌC, HOẠT TÍNH CHỐNG ÔXY HÓA VÀ ỨC CHẾ ENZYME α -GLUCOSIDASE CỦA BỘT VI BAO GIÀU HOẠT CHẤT SINH HỌC TỪ VỎ QUẢ CA CAO (*THEOBROMA CACAO* L.)

EFFECT OF MODIFIED CORN STARCH AND PECTIN ON PHYSICOCHEMICAL, BIOACTIVE, ANTIOXIDANT AND α -GLUCOSIDASE INHIBITION PROPERTIES OF MICROENCAPSULATED POWDER RICH IN BIOACTIVES FROM COCOA POD HUSK (*THEOBROMA CACAO* L.)

Nguyễn Văn Tăng^{1,2,*}, Huỳnh Thị Việt Ngân¹, Đoàn Thị Hiệp¹

DOI: <http://doi.org/10.57001/huiv5804.2024.386>

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của các chất bao màng (tinh bột ngô biến tính: MCS và pectin: PEC) đến các chỉ tiêu hóa lý, hoạt chất sinh học, khả năng chống oxy hóa và ức chế enzyme α -glucosidase của bột vi bao giàu hoạt chất sinh học từ vỏ quả ca cao (CPH). Tỷ lệ MCS và PEC là 9:1 và 8:2 (w/w), tỷ lệ dịch chiết và chất bao màng là 5:5 và 4:6 (w/w): 5:5-9:1 (1); 5:5-8:2 (2); 4:6-9:1 (3); 4:6-8:2 (4) và không bao màng (0). Kết quả cho thấy mẫu (2) có độ ẩm, hoạt độ nước, độ hòa tan, pH, tỷ trọng và năng suất bao màng là 6,52%; 0,49; 47,80%; 4,74; 0,39g/mL và 68,32%. Kích thước hạt và thế zeta của mẫu (2) đạt 922,5nm và -10,5mV. Hàm lượng saponins tổng số (TSC), phenolics tổng số (TPC), alkaloids tổng số (TAC), khả năng khử gốc tự do DPPH (DRSC) và khử sắt (FRAP) của mẫu (2) là 233,37mg escin; 8,77mg axit gallic; 4,69mg atropine; 15,51 và 16,82mg trolox/g chất khô. Khả năng ức chế enzyme α -glucosidase của mẫu (2) với giá trị IC_{50} là 781,54 μ g/mL.

Từ khóa: Alkaloids, bao màng, pectin, tinh bột ngô biến tính, vỏ quả ca cao.

ABSTRACT

This study evaluated the effects of coating agents (modified corn starch: MCS and pectin: PEC) on physicochemical, bioactive, antioxidant, and α -glucosidase inhibition properties of microencapsulated powder rich in bioactive compounds from cocoa pod husk (CPH). MCS and PEC were used at two ratios of 9:1 and 8:2 (w/w), while CPH extract and coating agent were used at two ratios of 5:5 and 4:6 (w/w) numbered as follows: 5:5- 9:1 (1); 5:5-8:2 (2); 4:6-9:1 (3); 4:6-8:2 (4) and uncoated (0). The results show that sample (2) was the best one among the tested samples. Moisture, water activity, water solubility index, pH, bulk density and microencapsulation yield of sample (2) were 6.52%; 0.49; 47.80%; 4.74; 0.39g/mL; and 68.32%, respectively. The particle size and zeta potential of sample (2) was about 922.5nm and -10.5mV. Total saponins content (TSC), total phenolics content (TPC), total alkaloids content (TAC), DPPH free radical scavenging capacity (DRSC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) of sample (2) were 233.37mg escin; 8.77mg gallic acid; 4.69mg atropine; 15.51 and 16.82mg trolox/g dry matter, respectively. The sample (2) inhibited α -glucosidase with an IC_{50} value of 781.54 μ g/mL.

Keywords: Alkaloids, microencapsulation, pectin, modified corn starch, cocoa pod husk.

¹Nhóm nghiên cứu và phát triển Thực phẩm chức năng, Trường Đại học Nha Trang

²Khoa Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Nha Trang

*Email: tangnv@ntu.edu.vn

Ngày nhận bài: 20/6/2024

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 01/10/2024

Ngày chấp nhận đăng: 28/11/2024

1. MỞ ĐẦU

Theo Tổ chức Ca cao Quốc tế (ICO), sản lượng hạt ca cao toàn cầu đạt khoảng 4,45 triệu tấn vào niên vụ 2023/24 [1]. Trong đó, sản lượng hạt ca cao Việt Nam đạt khoảng 5,7 ngàn tấn vào năm 2018, năng suất bình quân đạt 12 tạ hạt khô/ha, tạo ra nguồn lợi lớn cho ngành sản xuất ca cao phục vụ cho quá trình sản xuất chocolate. Tuy nhiên, song song với việc sản lượng tăng cao thì lượng vỏ ca cao thải bỏ ra môi trường cũng ngày càng tăng. Trong khi hạt ca cao được sử dụng trong sản xuất bột ca cao, bơ ca cao, chocolate,... mang lại giá trị kinh tế cao thì vỏ quả ca cao chiếm từ 67 - 76% khối lượng quả, trong quá trình chế biến ca cao cứ 500 tấn hạt/năm sẽ tạo ra 2,5 ngàn tấn vỏ quả tươi, 50 tấn vỏ hạt khô. Như thế, mỗi năm Việt Nam có đến 25 ngàn tấn vỏ quả tươi bị thải bỏ gây ra những lo ngại đáng kể về chất thải và nguy cơ gây ô nhiễm môi trường. Những năm gần đây đã có một số nghiên cứu giúp tận thu nguồn phế liệu này như làm bột và thức ăn hỗn hợp dạng đóng bánh cho bò ăn, làm thức ăn cho gà nuôi lấy thịt, sản xuất phân hữu cơ và sản xuất than hoạt tính [2-5]. Đáng chú ý, trong vỏ quả ca cao chứa nhiều hợp chất có giá trị sinh học cao như alkaloids, phenolics và saponins, chúng có khả năng kháng khuẩn, chống viêm và chống ung thư, đặc biệt là saponins giúp hỗ trợ điều trị bệnh tiểu đường.

Ngày nay việc nghiên cứu thu nhận các hoạt chất sinh học từ thực vật, đặc biệt từ các nguồn phụ phẩm nhằm sử dụng cho mục đích y học hoặc bổ sung vào thực phẩm chức năng đang ngày càng phổ biến bởi chúng vừa đáp ứng nhu cầu thiếu hụt vừa giải quyết được lượng lớn phế liệu. Theo Bộ Y tế, tỷ lệ người mắc bệnh tiểu đường ở Việt Nam đang tăng nhanh. Hiện nay, có khoảng 7 triệu người mắc bệnh tiểu đường, trong đó bệnh tiểu đường tuýp 2 chiếm đến 90% [6]. Theo dự báo đến năm 2030, trong các bệnh gây tử vong trên thế giới thì bệnh tiểu đường sẽ là bệnh có khả năng gây tử vong cao nhất [7].

Vi vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm mục đích sử dụng vỏ ca cao để sản xuất và đánh giá hoạt tính chống oxy hóa và ức chế enzyme α -glucosidase của bột vi bao giàu hợp chất có hoạt tính sinh học, nhằm nâng cao giá trị kinh tế cho ca cao, giảm nguy cơ gây ô nhiễm môi trường, hướng tới phát triển nông nghiệp bền vững và đa dạng hóa các sản phẩm hỗ trợ điều trị bệnh tiểu đường.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Vật liệu, hóa chất và thiết bị

Quả ca cao (*Theobroma cacao* L.) được mua từ xã Thành Triệu, huyện Châu Thành, tỉnh Bến Tre vào tháng 4

năm 2023. Vỏ quả ca cao được thu ngay sau khi tách hạt khỏi quả, được thái thành lát mỏng dày 3 - 5mm, đựng trong túi zip PA và được bảo quản đông ở -20°C đến khi sử dụng.

Các hóa chất sử dụng trong nghiên cứu đạt chuẩn phân tích gồm: Folin-Ciocalteu, DPPH, TPTZ, và vanillin (Sigma-Aldrich); methanol, AlCl_3 , Na_2CO_3 , NaOH , Na_2HPO_4 , H_2SO_4 và HCl (Shanghai Lanji Technology Development Co., Ltd.); gallic acid, catechin, escin và trolox (Tokyo Chemical Industry Co., Ltd.); MCS (VMC group, Mỹ); PEC (CPKelco, Đức).

Cân phân tích độ chính xác 0,0001g, máy nghiền khô kích thước bột $\leq 1,0\text{mm}$, tủ sấy Memmert, máy đo hoạt độ nước HYGROLAB, pH kế, bể ổn nhiệt VS-1205SW1 VISION, lò vi sóng Elextrolux EMS 3067X (900W), bộ lọc với bơm chân không ROCKER 300, thiết bị cô quay chân không EE16, máy sấy chân không thăng hoa Telstar LyoBeta 35, máy quang phổ kế (UV- VIS) Libra S50.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Chuẩn bị mẫu khô

Trước khi sử dụng, vỏ ca cao được rửa đông ở nhiệt độ phòng, sau đó được sấy bằng lò vi sóng ở 720W (80% công suất là điều kiện sấy vi sóng phù hợp nhất) đến khối lượng không đổi. Mẫu sau khi sấy khô sẽ được xay nhỏ bằng máy nghiền khô tới kích thước $\leq 1,0\text{mm}$. Mẫu sau khi xay được đựng trong túi zip PA và bảo quản trong tủ đông ở -20°C đến khi sử dụng [8].

2.2.2. Chuẩn bị dịch chiết từ vỏ quả ca cao

Cân 30g mẫu bột CPH khô cho vào bình cầu, sau đó đong 1 lít methanol 85% vào bình, đậy kín nắp và ngâm ở điều kiện phòng ($28 - 30^{\circ}\text{C}$) trong 30 phút. Sau đó, hỗn hợp được chiết bằng hệ thống trích ly hỗ trợ vi sóng (MAE) ở công suất 600 W, thời gian bức xạ 6 giây/phút trong 40 phút. Tiếp theo, lấy bình cầu ra và ngâm vào thau nước đá để làm lạnh nhanh đến nhiệt độ phòng nhằm ngưng quá trình trích ly. Sau đó, hỗn hợp được lọc qua giấy lọc định lượng Newstar kích thước lỗ $0,45\mu\text{m}$ ở điều kiện áp suất giảm để thu dịch chiết. Cuối cùng, dịch chiết CPH được bảo quản ở -20°C để ổn định hoạt chất sinh học cho công đoạn tiếp theo [9].

2.2.3. Chuẩn bị bột vi bao từ dịch chiết vỏ quả ca cao

Dịch chiết CPH được cô quay chân không ở nhiệt độ 60°C , tốc độ quay là 1,5 và áp suất 373mbar đến nồng độ đạt 96,00% chất khô. Tiếp theo, chuẩn bị chất bao màng và dịch chiết CPH theo tỷ lệ như ở bảng 1.

Chất bao màng được trộn đều và hòa tan với nước cất theo tỷ lệ 1:1 (w/v). Sau đó, hỗn hợp được hydrat hóa

trong tủ lạnh ở nhiệt độ 4°C qua đêm. Tiếp theo, hỗn hợp được đông hóa với dịch chiết CPH cô đặc bằng máy đông hóa theo tỷ lệ ở bảng 1. Sau đó, hỗn hợp được đổ vào hộp sấy với độ dày 4 - 5mm rồi sấy bằng máy sấy đông khô ở nhiệt độ -40°C, áp suất 0,014mbar trong 96 giờ [10]. Cuối cùng, bánh khô được xay bằng máy xay khô để thu được bột vi bao. Mẫu không bao màng không được tiến hành các bước bao màng như các mẫu bao màng (chỉ trộn dịch chiết CPH với chất bao màng theo một tỷ lệ xác định như mẫu 2).

Bảng 1. Bố trí thí nghiệm bao màng dịch chiết vỏ quả ca cao (CPH)

Mẫu	Tỷ lệ dịch chiết và chất bao màng (% chất khô)		
	Dịch chiết CPH	Tinh bột ngô biến tính	Pectin
1	50	45	5
2	50	40	10
3	40	54	6
4	40	48	12
0*	50	40	10

(* Mẫu không bao màng)

2.2.4. Phân tích các chỉ tiêu hóa lý của bột vi bao

Xác định độ ẩm và hoạt độ nước

Sấy cốc trong tủ sấy ở nhiệt độ 105°C đến khối lượng không đổi, dùng cân phân tích xác định khối lượng cốc không đổi, đem đi cân trên cân phân tích, ghi nhận khối lượng, khi đó tổng khối lượng cốc và mẫu là m₁ (g). Tiếp theo, đặt cốc sấy vào tủ sấy ở nhiệt độ 105°C đến khối lượng không đổi (trong 5 giờ). Sau đó, lấy cốc sấy cho vào bình hút ẩm khoảng 30 phút, cân cốc mẫu đã sấy. Khi đó, khối lượng cốc và mẫu sấy là m₂ (g) [11].

Tính độ ẩm (W) như sau:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100 (\%)$$

Trong đó:

m₀: Khối lượng cốc sau khi sấy đến khối lượng không đổi (g);

m₁: Khối lượng cốc và mẫu trước khi sấy (g);

m₂: Khối lượng cốc và mẫu sau khi sấy đến khối lượng không đổi (g).

Cân 0,2g mẫu bột vi bao vào hộp đựng mẫu chuyên dụng sạch và khô, đưa hộp đựng mẫu vào trong hộp đo. Bấm enter để bắt đầu đo hoạt độ nước ở nhiệt độ phòng, đợi đến khi nghe tiếng kêu thì đọc kết quả.

Xác định năng suất bao màng của bột vi bao

Năng suất bao màng được tính dựa trên khối lượng mẫu khô sau bao màng và tổng khối lượng mẫu trước khi bao màng (gồm chất khô trong dịch chiết CPH và chất bao màng) [12].

Tính năng suất bao màng (MY) theo công thức (1):

$$MY = \frac{X}{m} \times 100 (\%) \tag{1}$$

Trong đó:

m: Tổng khối lượng mẫu trước khi bao màng (g);

X: Khối lượng mẫu khô sau bao màng (g).

Xác định độ hòa tan của bột vi bao

Cân 0,5g mẫu bột vi bao (m) cho vào ống ly tâm 15mL, thêm 10mL nước cất vào hòa tan. Sau đó, dùng máy Vortex để khuấy mẫu rồi đem ủ mẫu ở 37°C trong 15 phút. Tiếp theo, tách phần không tan bằng giấy lọc định lượng Newstar kích thước lỗ 0,45µm (đã xác định khối lượng), sau đó đem sấy giấy lọc đến khối lượng không đổi, cân khối lượng giấy lọc và phần không tan (X₂) [13].

Tính độ hòa tan (X) theo công thức (2):

$$X = \frac{(m - (X_2 - X_1))}{m} \times 100 (\%) \tag{2}$$

Trong đó:

m: Khối lượng mẫu khô ban đầu (g);

X₁: Khối lượng giấy lọc sau sấy (g);

X₂: Khối lượng giấy lọc và phần không tan sau sấy (g).

Xác định tỷ trọng và pH của bột vi bao

Cân 0,5g bột vi bao cho vào ống đong 10mL. Sau đó, dùng máy vortex để nén mẫu trong 10 giây. Đọc và ghi thể tích mẫu trên ống đong [13].

Tỷ trọng (RD) được tính theo công thức (3):

$$RD = \frac{\rho_{\text{substance}}}{\rho_{\text{reference}}} \tag{3}$$

Trong đó:

ρ_{substance} là khối lượng riêng của chất cần đo;

ρ_{reference} là khối lượng riêng của chất chuẩn (chất đối chứng, lấy xấp xỉ là 1g/L).

Đo PH của dịch sau khi xác định độ hòa tan của bột vi bao ở điều kiện phòng bằng pH kế [10].

Xác định cấu trúc bề mặt, kích thước hạt và thế zeta của bột vi bao

Cấu trúc bề mặt của mẫu bột vi bao được chụp bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) [10]. Mẫu được gắn vào giá đỡ mẫu bằng băng dẫn hai lớp dính và được phủ các hạt vàng trong buồng chân không. Quan sát hình thái học được thực hiện ở các độ phóng đại khác nhau ở điện áp gia tốc 5kV.

Đường kính hạt trung bình (d.nm) và thế zeta (mV) của bột vi bao được đánh giá bằng máy phân tích kích thước hạt và điện thế zeta (Malvern, Vương quốc Anh) [14].

Xác định màu sắc của bột vi bao

Màu sắc của mẫu trong quá trình bảo quản được xác định bằng máy đo màu trong hệ thống màu của phòng thí nghiệm CIELAB [15]. Các thông số đo màu gồm L^* (độ sáng/đậm nhạt); a^* (cường độ màu xanh lá cây/màu đỏ); b^* (cường độ màu xanh dương/màu vàng)

Sự khác biệt về màu sắc của mẫu được tính theo công thức (4):

$$\Delta E = \sqrt{(a^* - a_o)^2 + (b^* - b_o)^2 + (L^* - L_o)^2} \quad (4)$$

L_o, a_o, b_o : Các thông số màu của mẫu tươi.

Góc thay đổi của màu được tính theo công thức (5):

$$h^* = \tan^{-1} \left[\frac{b^*}{a^*} \right] \quad (5)$$

Cường độ màu được tính theo công thức (6):

$$C^* = \sqrt{(a^2 + b^2)} \quad (6)$$

Tiến hành: Khởi động thiết bị đo màu CHROMA METER CR - 400. Tiếp theo, cân 0,2 - 0,5g mẫu cho vào hộp nhựa đựng mẫu chuyên dụng sạch và khô. Sau đó, đưa phần đầu dò của máy vào hộp đựng mẫu, bấm nút và đọc kết quả.

2.2.5. Phân tích hàm lượng các hoạt chất sinh học của bột vi bao

Phân tích hàm lượng saponins tổng số (TSC)

Hút 0,25mL dịch chiết trộn với 0,25mL dung dịch vanillin 8% (w/v) trong methanol 100%. Sau đó, thêm 2,5mL dung dịch H_2SO_4 72% (v/v) vào hỗn hợp. Hỗn hợp được ủ ở 70°C trong 10 phút và làm lạnh nhanh trong chậu nước đá đến nhiệt độ phòng. Độ hấp thụ của hỗn hợp được đo ở bước sóng 560nm sử dụng máy quang phổ UV-Vis. Escin được sử dụng làm chất chuẩn. Hàm lượng saponin tổng số được biểu diễn tương đương với mg escin/g chất khô (mg EE/g chất khô) [16].

Phân tích hàm lượng phenolics tổng số (TPC)

Hút 0,5mL dịch chiết trộn với 2,5mL thuốc thử Folin-Ciocalteu 10% (v/v) trong nước cất, để ổn định trong 6 phút. Sau đó, thêm vào 2mL dung dịch Na_2CO_3 7,5% (w/v) trong nước cất và ủ trong bóng tối ở nhiệt độ phòng trong 1 giờ. Độ hấp thụ của hỗn hợp được đo ở 765nm sử dụng máy quang phổ UV-Vis. Gallic acid được sử dụng làm chất chuẩn. Hàm lượng phenolics tổng số được biểu diễn tương đương với mg acid gallic/g chất khô (mg GAE/g chất khô) [17].

Phân tích hàm lượng alkaloids tổng số (TAC)

Dung dịch Bromocresol green được chuẩn bị bằng cách gia nhiệt 69,8mg bromocresol green với 3 mL dung dịch NaOH 2N và 5mL nước cất đến khi hòa tan hoàn toàn, sau đó dung dịch được pha loãng tới 1 lít bằng nước cất. Dung dịch đệm photphat (pH = 7,4) được chuẩn bị bằng cách hiệu chỉnh pH của natri photphat 2M (71,6g Na_2HPO_4 trong 1 lít nước cất) tới pH = 4,7 bằng acid citric 0,2M (42,02g acid citric trong 1 lít nước cất). Dung dịch chuẩn Atropine được chuẩn bị bằng cách hòa tan 1 mg atropine tinh khiết trong 10mL nước cất. Tiếp theo, dịch chiết khô được hòa tan vào HCl 2N và lọc, sau đó chuyển 1 mL dung dịch này vào phễu chiết và rửa bằng 10mL chloroform (3 lần). Điều chỉnh pH của dung dịch này tới trung tính bằng NaOH 0,1N. Sau đó, thêm vào dung dịch này 5mL dung dịch Bromocresol green và 5mL đệm photphat đã chuẩn bị ở trên. Hỗn hợp được lắc và trích ly hoàn toàn với 1, 2, 3 và 4mL chloroform, dịch chiết được gom vào bình định mức 10mL và pha loãng bằng chloroform. Độ hấp thụ của hỗn hợp trong chloroform được đo ở bước sóng 470nm bằng máy quang phổ UV-VIS. Hàm lượng alkaloids tổng số được biểu diễn tương đương với mg atropine/g chất khô (mg AE/g chất khô) [18].

2.2.6. Phân tích khả năng chống oxy hóa của bột vi bao

Khả năng khử gốc tự do DPPH (DRSC)

Chuẩn bị dung dịch gốc 0,024% (w/v) DPPH (2,2-diphenyl-1-picryl-hydrazil) bằng cách pha trong methanol 100% và bảo quản ở -20°C. Trước khi phản ứng, chuẩn bị dung dịch phản ứng bằng cách pha loãng 1mL dung dịch gốc 0,024% DPPH với 4,5mL methanol 100% để đạt được độ hấp thụ là $1,1 \pm 0,02$ ở 515nm. Sau đó, 0,15mL dịch chiết trộn với 2,85mL dung dịch phản ứng vừa pha xong và ủ trong bóng tối ở nhiệt độ phòng trong 3 giờ. Độ hấp thụ của hỗn hợp được đo ở bước sóng 515nm bằng máy quang phổ UV-Vis. Trolox được sử dụng làm chất chuẩn. Kết quả được biểu diễn tương đương mg trolox/gram chất khô (mg TE/g chất khô) [16].

Khả năng khử sắt (FRAP)

Chuẩn bị 03 chất thử phản ứng gồm Chất thử A: 300mM dung dịch đệm acetate trong nước cất, pH 3,6. Chất thử B: 10mM TPTZ (2,4,6- dung dịch tripyridyl-s-triazine) trong HCl 40mM. Chất thử C: 20mM dung dịch $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ trong nước cất. Chất thử phản ứng FRAP được chuẩn bị ngay trước mỗi thí nghiệm bằng cách trộn 03 chất thử A, B và C theo tỷ lệ 10: 1: 1. Tiếp đó, trộn 0,15mL dịch chiết với 2,85mL dung dịch chất thử FRAP và ủ trong bóng tối ở

hiệt độ phòng trong 30 phút. Độ hấp thụ của hỗn hợp được đo ở bước sóng 593nm sử dụng máy quang phổ UV-Vis. Kết quả được biểu diễn tương đương mg trolox (TE)/g chất khô [16].

2.2.7. Phân tích khả năng kháng enzyme α -glucosidase của bột vi bao

Hoạt tính ức chế enzyme α -glucosidase của bột vi bao được thực hiện theo phương pháp được báo cáo có hiệu chỉnh. Lần lượt hút 1,5mL dung dịch đệm phosphate (100mM, pH = 6,8), 0,3mL enzyme α -glucosidase (1 U) từ nấm men, và 0,6mL cao chiết vào ống ly tâm 15 mL. Sau đó đem hỗn hợp phản ứng ủ trong bể ổn nhiệt ở 37°C trong 15 phút. Tiến hành hút 0,6 mL p-nitro-phenyl- α -D-glucopyranoside (5mM) vào và ủ thêm 20 phút ở 37°C. Phản ứng được dừng lại bằng cách thêm 1,5mL Na_2CO_3 (0,1M). Độ hấp thụ của p-nitrophenol giải phóng được đo tại bước sóng 405nm. Acarbose ở nồng độ khác nhau (100 - 1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$) được sử dụng như chất chuẩn. Zero bằng đệm [19].

2.3. Xử lý số liệu thực nghiệm

Tất cả thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Kết quả được phân tích bằng phần mềm SPSS phiên bản 22.0 và được thể hiện là trung bình \pm độ lệch chuẩn. So sánh thống kê được thực hiện bằng phân tích phương sai một chiều (One-way ANOVA) và kiểm định Duncan. Giá trị $p < 0,05$ chỉ ra có sự khác nhau có ý nghĩa thống kê giữa các thí nghiệm.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của tinh bột ngô biến tính và pectin đến các chỉ tiêu hóa lý của bột vi bao giàu hoạt chất sinh học từ vỏ quả ca cao (CPH)

Tính chất hóa lý của bột vi bao giàu hoạt chất sinh học từ vỏ quả ca cao (CPH) ở các tỷ lệ chất bao màng khác nhau được trình bày trên bảng 2. Năng suất bao màng phản ánh hiệu quả bao màng của sản phẩm, nó còn liên quan trực tiếp đến quá trình sản xuất và đóng gói. Kết quả cho thấy mẫu bao màng (4) có năng suất bao màng cao nhất, mẫu bao màng (2) có năng suất bao màng thấp nhất. Tuy nhiên, trong 4 mẫu được bao màng thì mẫu (2) có tỷ trọng cao hơn so với các mẫu còn lại, chứng tỏ vật liệu bao màng của mẫu (2) có sự liên kết vững chắc với nhất với các thành phần dịch chiết trong sản phẩm. Mẫu bao màng (4) có độ ẩm thấp nhất (3,59%), ngược lại mẫu bao màng (1) có độ ẩm cao nhất (6,93%) nhưng không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê đối với độ ẩm của các mẫu bao màng ($p < 0,05$). Độ ẩm là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến thời gian bảo quản và tính ổn định của sản

phẩm vì chúng quyết định đến khả năng sinh trưởng, phát triển của vi sinh vật. Trong tế bào của vi sinh vật, nước chiếm 80 - 96%, nước là thành phần cần thiết cho quá trình trao đổi chất của tế bào với môi trường xung quanh. Nếu sản phẩm có độ ẩm thấp thì các chất trong sản phẩm sẽ không thẩm thấu vào tế bào được, vì vậy quá trình phát triển của vi sinh vật sẽ bị đình trệ. Tuy nhiên, sau quá trình sấy thì cấu trúc của sản phẩm sẽ trở nên rỗng xốp và khiến chúng rất dễ bị hút ẩm trở lại. Chính vì vậy, nếu mẫu được bao màng tốt thì khả năng hút ẩm sẽ diễn ra chậm hơn, thời gian bảo quản được lâu hơn, đồng thời tính ổn định của mẫu cũng cao hơn. Nguyên nhân là do sự hình thành các liên kết chéo và lớp bảo vệ phía ngoài đã tạo nên một rào chắn giúp ngăn cản sự tiếp xúc giữa các thành phần dễ hút ẩm có trong mẫu với hơi nước có trong môi trường không khí bên ngoài. Bên cạnh đó, nguồn gốc, cấu tạo và tính chất hóa học của các chất bao màng cũng khác nhau nên khi sử dụng các chất bao màng khác nhau với các tỷ lệ khác nhau thì độ ẩm của bột vi bao sau sấy cũng khác nhau.

Hoạt độ nước được xem là một thông số quan trọng quyết định đến sự ổn định của sản phẩm và là nhân tố quyết định đến thời gian bảo quản của sản phẩm. Hoạt độ nước giảm dần trong quá trình sấy, giá trị tới hạn của hoạt độ nước là 0,6, nghĩa là khi hoạt độ nước dưới 0,6 thì hoạt động của vi sinh vật sẽ chậm lại, đồng thời tốc độ phản ứng do enzyme xúc tác hay phản ứng hóa học cũng sẽ chậm lại, vi sinh vật ngừng phát triển làm cho kéo dài thời hạn sử dụng của sản phẩm [20]. Kiểm soát tốt hoạt độ nước trong một sản phẩm bột dưới mức tới hạn giúp duy trì cấu trúc sản phẩm ở mức thích hợp, kết cấu, khả năng chảy, mật độ và bù nước đối với các liên kết thích hợp. Hoạt độ nước như một hàm của độ ẩm và nhiệt độ cần thiết trong quá trình chế biến, xử lý, đóng gói và bảo quản để ngăn ngừa các chất độc hại, hiện tượng vón cục, xẹp, dính [21]. Bảng 2 cho thấy hoạt độ nước của các mẫu sau bao màng đều ở mức thấp hơn 0,49 và không có sự khác biệt giữa các mẫu ($p < 0,05$) nên chế độ bao màng không ảnh hưởng đáng kể đến hoạt độ nước của sản phẩm.

Kết quả cho thấy, trong 4 mẫu được bao màng thì mẫu (2) có độ hòa tan trong nước tốt hơn so với các mẫu còn lại. Điều này được giải thích dựa vào tính chất của vật liệu bao màng đó là cả tinh bột ngô biến tính và pectin đều tan tốt trong nước. Tuy nhiên, xét về tỷ lệ phối trộn giữa dịch chiết và chất bao màng thì có thể dễ dàng thấy rằng mẫu (1), (2) với tỷ lệ 5:5 và mẫu (3), (4) với tỷ lệ 4:6 thì ở tỷ lệ 5:5 cho thấy khả năng hòa tan trong nước tốt hơn. Mặt

khác, ở hai tỷ lệ bao màng giữa MCS: PEC là 9:1 và 8:2 thì tỷ lệ 8:2 cho khả năng hòa tan trong nước tốt hơn. Vì vậy, tỷ lệ bao màng của mẫu (2) là phù hợp nhất để sản phẩm có thể hòa tan tốt trong nước. pH được xem là một trong những yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến sự ổn định và hiệu quả của sản phẩm chức năng. Hoạt tính của enzyme bị tác động bởi pH, pH làm giảm hoặc tăng cường hiệu suất các phản ứng của enzyme. Đối với các sản phẩm chức năng thì việc điều chỉnh pH đúng cách được xem là yếu tố quan trọng nhằm đảm bảo hiệu quả và tính an toàn của sản phẩm. Kết quả chỉ ra ở các tỷ lệ bao màng khác nhau thì pH không có sự khác biệt đáng kể ($p < 0,05$).

Bảng 2. Tính chất hóa lý của bột vi bao giàu hoạt chất sinh học từ CPH

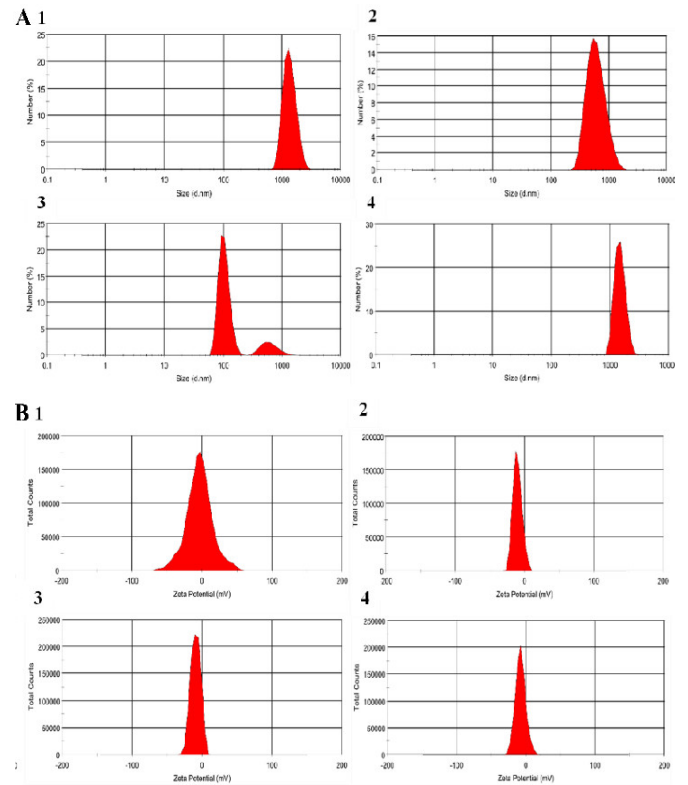
Mẫu	Năng suất bao màng (%)	Tỷ trọng (g/mL)	Độ ẩm (%)	Hoạt độ nước (a_w)
1	77,00	$0,27 \pm 0,02^b$	$6,93 \pm 1,34^a$	$0,45 \pm 0,02^a$
2	68,32	$0,39 \pm 0,05^a$	$6,52 \pm 2,05^a$	$0,49 \pm 0,02^a$
3	80,43	$0,25 \pm 0,03^b$	$4,69 \pm 2,83^a$	$0,45 \pm 0,02^a$
4	84,14	$0,25 \pm 0,02^b$	$3,59 \pm 0,09^a$	$0,47 \pm 0,02^a$
Mẫu	Độ hòa tan trong nước (%)	pH	Kích thước hạt (nm)	Thế zeta (mV)
1	$42,32 \pm 2,16^b$	$4,73 \pm 0,19^a$	1360	-4,0
2	$47,80 \pm 0,33^a$	$4,74 \pm 0,04^a$	922,5	-10,5
3	$35,65 \pm 1,29^c$	$4,77 \pm 0,01^a$	806,6	-9,4
4	$40,57 \pm 0,77^b$	$4,65 \pm 0,02^a$	1440	-7,94

Ghi chú: Kết quả thể hiện giá trị trung bình \pm độ lệch chuẩn, các chữ cái khác nhau (a-c) sau giá trị trung bình biểu thị sự khác biệt đáng kể ($p < 0,05$).

Bảng 2 và hình 1 cho thấy, kích thước hạt và thế zeta cũng có sự khác nhau đáng kể giữa các mẫu bột vi bao. Trong đó, mẫu (3) có kích thước hạt nhỏ nhất (806,6nm), sau đó đến mẫu (2), (1) và (4) tương ứng là 922,5; 1360 và 1440nm.

Kích thước này thuộc loại vi hạt nên khi đưa vào cơ thể có thể hấp thụ tốt. Đặc biệt, thế zeta của mẫu (2) là lớn nhất (-10,5mV), sau đó đến mẫu (3), (4) và (1) tương ứng là -9,4; -7,94 và -4,0 mV. Điều này cho thấy tỷ lệ chất bao màng có ảnh hưởng đáng kể đến kích thước hạt và thế zeta của bột vi bao giàu hoạt chất sinh học từ CPH. Việc xác định thế zeta cho phép đánh giá độ ổn định của huyền phù keo. Hệ keo ổn định, trong đó các lực đóng vai trò chủ đạo gây ra lực đẩy giữa các hạt. Giá trị tuyệt đối của thế zeta càng lớn thì khả năng huyền phù sẽ càng ổn định. Giá trị nhỏ của điện thế zeta (từ +5 đến -5mV) cho thấy xu hướng mất ổn định của huyền phù keo. Huyền phù keo thể hiện độ ổn định kém nhất ở điểm đẳng điện,

tại đó tổng điện tích của lớp khuếch tán xung quanh các hạt bằng 0 [14].



Hình 1. Biểu đồ phân bố kích thước hạt (A) và thế zeta (B) của bột vi bao giàu hoạt chất sinh học từ CPH

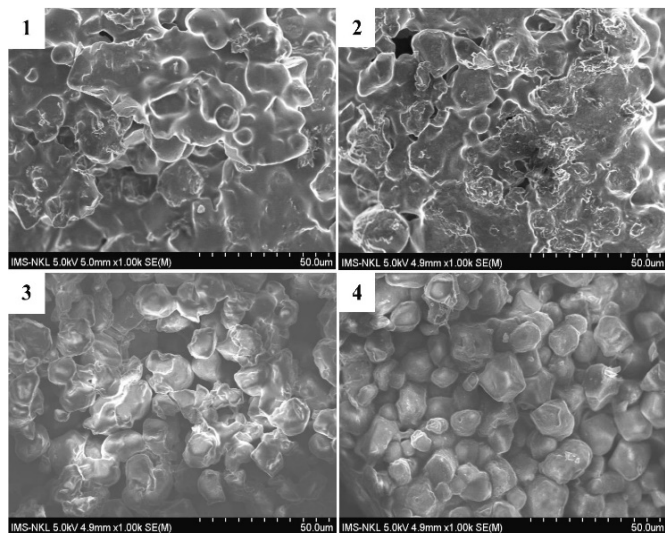
Các thông số màu sắc của bột vi bao từ CPH ở các tỷ lệ bao màng khác nhau được trình bày trên bảng 3. Kết quả cho thấy độ trắng/sáng (L^*) của mẫu bao màng (3) là cao nhất, đạt giá trị là 63,78. Mẫu bao màng (3) cho giá trị a^* thấp nhất tương đương với màu đỏ nhạt nhất. Mẫu bao màng (1) có giá trị b^* cao nhất, trong khi mẫu bao màng (2) có giá trị b^* thấp nhất, nghĩa là mẫu (1) và (2) có màu vàng đậm và nhạt nhất. Mẫu bao màng (1) có cường độ màu (C^*) cao nhất, còn mẫu bao màng (2) có cường độ màu thấp nhất. Phân tích ANOVA cho thấy có sự khác biệt đáng kể về màu sắc (ΔE) giữa các mẫu ($p < 0,05$). Đặc biệt, mẫu bao màng (1) có góc thay đổi màu (h^*) lớn nhất so với các mẫu còn lại.

Bảng 3. Các thông số màu của bột vi bao giàu hoạt chất sinh học từ CPH

Mẫu	L^*	a^*	b^*	C^*	ΔE	h^*
1	$57,17 \pm 0,38^c$	$12,32 \pm 0,01^b$	$38,5 \pm 0,01^a$	$40,47 \pm 0,02^a$	$25,57 \pm 0,54^b$	$-81,33 \pm 15,86^b$
2	$46,64 \pm 0,76^d$	$10,88 \pm 1,69^{bc}$	$26,85 \pm 1,44^c$	$28,98 \pm 1,97^c$	$14,48 \pm 0,76^c$	$-1,43 \pm 0,74^a$
3	$63,78 \pm 0,44^a$	$9,31 \pm 0,02^c$	$33,86 \pm 0,58^b$	$35,12 \pm 0,55^b$	$32,41 \pm 1,29^a$	$1,86 \pm 0,31^a$

4	60,15 ± 1,55 ^b	9,78 ± 0,83 ^c	34,06 ± 0,64 ^b	35,43 ± 0,85 ^b	28,97 ± 2,42 ^b	3,54 ± 2,5 ^a
---	---------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	-------------------------

Ghi chú: Kết quả thể hiện giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn, các chữ cái khác nhau (a-e) sau giá trị trung bình biểu thị sự khác biệt đáng kể ($p < 0,05$). L*: độ đậm nhạt, a*: cường độ màu xanh lá cây/màu đỏ, b*: cường độ màu vàng/màu xanh dương, C*: cường độ màu, ΔE: sự khác biệt về màu sắc, h*: góc thay đổi màu.



Hình 2. Ảnh chụp cấu trúc bề mặt của bột vi bao giàu hoạt chất sinh học từ CPH bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM)

Cấu trúc bề mặt của 4 mẫu bột vi bao được chụp bằng kính hiển vi điện tử quét (hình 2) cho thấy bột vi bao có cấu trúc dạng xốp, bề mặt hạt khá thô, kích thước lỗ trên bề mặt tương đối nhỏ vì số lượng tinh thể băng hình thành ít hơn bởi các vị trí của nước trong sản phẩm bị thay thế bởi chất bao màng. Cấu trúc bề mặt của bột vi bao có lẽ bị ảnh hưởng bởi độ ẩm của chúng, mẫu (3) và (4) có độ ẩm thấp hơn mẫu (1) và (2) nên hạt khô và rời hơn. So sánh cấu trúc bề mặt của bột vi bao từ CPH với mẫu bột vi bao từ lá cây Xáo tam phân cho thấy, cấu trúc bề mặt của bột vi bao từ lá cây Xáo tam phân có dạng xốp, tuy nhiên độ xốp thấp, kích thước tương đối không đồng đều và có nhiều khe hở lớn [22].

3.2. Ảnh hưởng của tinh bột ngô biến tính và pectin đến các hoạt chất sinh học của bột vi bao giàu hoạt chất sinh học từ vỏ quả ca cao (CPH)

Ảnh hưởng của tỷ lệ chất bao màng đến hàm lượng các hoạt chất sinh học (saponins, phenolics và alkaloids) của mẫu bao màng (1-4) và mẫu không bao màng (0) được trình bày ở Bảng 4. Kết quả cho thấy mẫu không bao màng (0) có hàm lượng saponins tổng (TSC) cao nhất trong tất cả các mẫu. Mẫu bao màng (2) có hàm lượng TSC cao nhất, mẫu bao màng (3) có hàm lượng TSC thấp nhất. Mẫu không bao màng (0) có TSC không khác biệt đáng kể

so với các mẫu bao màng (1), (2), (4) ($p < 0,05$), mẫu bao màng (3) có TSC khác biệt đáng kể so với mẫu không bao màng (0) và với các mẫu còn lại ($p < 0,05$). Vì vậy, quá trình bao màng không làm thay đổi đáng kể TSC của bột vi bao. Điều này, có thể được giải thích bởi vì chất bao màng không làm ảnh hưởng đến khả năng khuếch tán và hòa tan của hợp chất saponins có trong mẫu vào nước, tuy nhiên khả năng liên kết của saponins với các chất bao màng tăng nhằm hạn chế khả năng oxy hóa trong quá trình bảo quản. TSC của mẫu bao màng (2) từ CPH là 233,37mg EE/g chất khô, thấp hơn TSC trong mẫu bột được chiết từ rễ Xáo tam phân là 7731,05mg EE/g chất khô [23] và từ cây Diệp hạ châu đắng là 1657,86mg EE/g chất khô [24], nhưng lại cao hơn rất nhiều so với mẫu bột từ quả mướp đắng là 40,2mg EE/g chất khô [25].

Bảng 4. Hoạt chất sinh học của bột vi bao giàu hoạt chất sinh học từ CPH

Mẫu	TSC (mg EE/g chất khô)	TPC (mg GAE/g chất khô)	TAC (mg AE/g chất khô)
0	237,27 ± 34,37 ^a	8,92 ± 0,24 ^a	16,21 ± 6,16 ^a
1	199,91 ± 36,38 ^{ab}	8,39 ± 0,36 ^a	12,55 ± 11,32 ^{ab}
2	233,37 ± 37,04 ^a	8,77 ± 0,86 ^a	16,05 ± 6,78 ^a
3	187,79 ± 3,11 ^b	7,33 ± 0,41 ^b	4,69 ± 0,94 ^b
4	211,08 ± 11,16 ^{ab}	7,65 ± 0,1 ^b	9,13 ± 2,69 ^{ab}

Ghi chú: Kết quả thể hiện giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn các chữ cái khác nhau (a-c) sau giá trị trung bình biểu thị sự khác biệt đáng kể ($p < 0,05$); TSC: hàm lượng saponins tổng số; TPC: hàm lượng phenolics tổng số; TAC: hàm lượng alkaloids tổng số; EE: tương đương với escin; GAE: tương đương với gallic acid; AE: tương đương với atropine.

Mẫu không bao màng (0) có hàm lượng phenolics tổng (TPC) cao nhất, mẫu bao màng (3) có TPC thấp nhất. Mẫu không bao màng (0) có TPC không khác biệt đáng kể so với các mẫu bao màng (1), (2) ($p < 0,05$), mẫu bao màng (3), (4) có TPC khác biệt đáng kể so với mẫu không bao màng (0) và với các mẫu còn lại ($p < 0,05$). Vì vậy, tỷ lệ bao màng có ảnh hưởng đến TPC của bột vi bao. Mẫu bao màng (3), (4), tỷ lệ chất bao màng chiếm 60% làm tăng nồng độ chất khô dẫn đến giảm TPC trong mẫu và cản trở khả năng hòa tan trong nước của hợp chất phenolics, làm cho TPC của mẫu (3), (4) thấp hơn so với các mẫu còn lại. TPC của mẫu bao màng (2) từ CPH là 8,77mg GAE/g chất khô cao hơn so với rong nho là 2,04mg GAE/g chất khô [26], nhưng lại thấp hơn so với mẫu bột từ quả mướp đắng là 10,0mg GAE/g chất khô [25], đặc biệt thấp hơn đáng kể so với mẫu bột được chiết từ rễ Xáo tam phân là 238,13mg GAE/g chất khô [27] và từ cây Diệp hạ châu đắng được chiết bằng nước

và methanol tương ứng là 86,89 và 250,45mg GAE/g chất khô [24].

Hàm lượng alkaloids tổng (TAC) của mẫu (0) không có sự khác biệt đáng kể ($p < 0,05$) so với các mẫu (1), (2) và (4). Mẫu bao màng (2) có hàm lượng TAC cao nhất (16,05 mg AE/g chất khô), mẫu bao màng (3) có hàm lượng TAC thấp nhất. Như vậy, tỷ lệ chất bao màng có ảnh hưởng đáng kể đến TAC của bột vi bao. Do đó, tỷ lệ chất bao màng giữa tinh bột ngô biến tính và pectin = 8:2 (w/w) và tỷ lệ chất bao màng với dịch chiết = 5:5 (w/w) là phù hợp nhất để lưu giữ được hàm lượng cao nhất các hoạt chất sinh học trong bột vi bao từ CPH, đặc biệt bảo tồn saponins từ nguyên liệu này.

3.3. Ảnh hưởng của tinh bột ngô biến tính và pectin đến hoạt tính chống oxy hóa của bột vi bao giàu hoạt chất sinh học từ vỏ quả ca cao (CPH)

Ảnh hưởng của tỷ lệ chất bao màng đến hoạt tính chống oxy hóa của bột vi bao từ CPH được thể hiện ở bảng 5. Kết quả cho thấy khả năng chống oxy hóa bằng phương pháp khử sắt (FRAP) của mẫu không bao màng (0) là cao nhất trong tất cả các mẫu. Mẫu bao màng (2) có FRAP cao nhất, mẫu bao màng (4) có FRAP thấp nhất. Mẫu không bao màng (0) có FRAP không khác biệt đáng kể so với các mẫu bao màng (1), (2) và (3) ($p < 0,05$), mẫu bao màng (4) có FRAP khác biệt đáng kể so với mẫu không bao màng (0) và với các mẫu còn lại ($p < 0,05$). Vì vậy, quá trình bao màng không làm thay đổi đáng kể đến FRAP của bột vi bao. FRAP của mẫu bao màng (2) từ CPH là 16,82mg TE/g chất khô, thấp hơn nhiều so với bột được chiết từ rễ Xáo tam phân là 294,99mg TE/g chất khô [27] và từ cây Diệp hạ châu đắng là 380,22mg TE/g chất khô [24].

Bảng 5. Hoạt tính chống oxy hóa của bột vi bao giàu hoạt chất sinh học từ CPH

Mẫu	FRAP (mg TE/g chất khô)	DRSC (mg TE/g chất khô)
0	17,10 ± 0,92 ^a	15,52 ± 1,21 ^a
1	16,10 ± 1,55 ^{ab}	13,47 ± 3,22 ^a
2	16,82 ± 2,18 ^{ab}	15,51 ± 1,18 ^a
3	14,52 ± 0,8 ^{ab}	13,13 ± 1,52 ^a
4	14,07 ± 2,17 ^b	14,42 ± 0,37 ^a

Ghi chú: Kết quả thể hiện giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn các chữ cái khác nhau (a-b) sau giá trị trung bình biểu thị sự khác biệt đáng kể ($p < 0,05$); FRAP: khả năng chống oxy hóa khử sắt; DRSC: khả năng khử gốc tự do DPPH; TE: tương đương với trolox.

Khả năng khử gốc tự do DPPH (DRSC) của mẫu không bao màng (0) là cao nhất, mẫu bao màng (3) có DRSC thấp nhất. DRSC của các mẫu không bao màng và mẫu bao

màng không có sự khác biệt đáng kể ($p < 0,05$). Vì vậy, tỷ lệ bao màng không ảnh hưởng đến DRSC của bột vi bao. DRSC của mẫu bao màng (2) từ CPH là 15,51mg TE/g chất khô, thấp hơn nhiều so với mẫu bột được chiết từ rễ Xáo tam phân là 164,31mg TE/g chất khô [27] và từ cây Diệp hạ châu đắng là 440,13mg TE/g chất khô [24]. Như vậy, tỷ lệ chất bao màng giữa tinh bột ngô biến tính và pectin = 8:2 (w/w) và tỷ lệ chất bao màng với dịch chiết = 5:5 (w/w) là phù hợp nhất để duy trì hoạt tính chống oxy hóa tốt nhất của bột vi bao từ CPH

3.4. Ảnh hưởng của tinh bột ngô biến tính và pectin đến khả năng ức chế enzyme α-glucosidase của bột vi bao giàu hoạt chất sinh học từ vỏ quả ca cao (CPH)

Ảnh hưởng của tỷ lệ chất bao màng đến khả năng ức chế enzyme α-glucosidase của bột vi bao giàu hoạt chất sinh học từ CPH được thể hiện ở bảng 6. Kết quả cho thấy cả 4 mẫu bao màng đều có khả năng ức chế enzyme α-glucosidase, mẫu không bao màng (0) cho khả năng ức chế enzyme α-glucosidase tốt nhất. Trong các mẫu bao màng, mẫu (2) có khả năng ức chế enzyme α-glucosidase mạnh nhất, ngược lại mẫu (3) có khả năng ức chế enzyme α-glucosidase yếu nhất. Khả năng ức chế enzyme α-glucosidase có liên quan đến hàm lượng saponins, có nghĩa là hàm lượng saponins càng cao thì khả năng ức chế enzyme α-glucosidase càng mạnh. Mẫu không bao màng (0) cho khả năng ức chế enzyme α-glucosidase mạnh gấp đôi so với mẫu bao màng (2). Điều này chứng tỏ rằng chất bao màng có ảnh hưởng đáng kể đến khả năng ức chế enzyme α-glucosidase. Khả năng ức chế enzyme α-glucosidase của mẫu bao màng (2) từ CPH là 781,54µg/mL, yếu hơn so với dịch chiết từ 7 loài rong nâu dao động từ 154,27 đến 426,27µg/mL [7] và cao chiết từ lá cây Núc nác là 91,35µg/mL [19].

Bảng 6. Hoạt tính ức chế enzyme α-glucosidase của bột vi bao hoạt chất sinh học từ CPH

Mẫu	Khả năng ức chế enzyme α-glucosidase IC ₅₀ (µg/mL)
0	396,06 ± 2,21 ^f
1	863,44 ± 1,33 ^b
2	781,54 ± 1,13 ^d
3	945,66 ± 1,79 ^a
4	858,25 ± 2,57 ^c
Đối chứng	536,91 ± 0,96 ^e
Acarbose	0,004 ± 0,001 ^g

Ghi chú: Kết quả thể hiện giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn các chữ cái khác nhau (a-g) sau giá trị trung bình biểu thị sự khác biệt đáng kể ($p < 0,05$). IC₅₀: nồng độ ức chế một nửa. Mẫu đối chứng là chiết xuất dạng bột từ rễ cây Xáo tam phân.

4. KẾT LUẬN

Chất bao màng có ảnh hưởng đáng kể đến tính chất hóa lý, hoạt chất sinh học, khả năng chống oxy hóa và ức chế enzyme α -glucosidase của bột vi bao giàu hoạt chất sinh học từ CPH. Sự kết hợp giữa tinh bột ngô biến tính và pectin (8:2 w/w) cùng với tỷ lệ dịch chiết CPH và chất bao màng (5:5 w/w) thu được tính chất hóa lý (độ ẩm, hoạt độ nước, độ hòa tan trong nước, pH, tỷ trọng và năng suất bao màng) tốt nhất, kích thước hạt phù hợp nhất, hoạt chất sinh học (TSC, TPC, TAC) và khả năng chống oxy hóa (DRSC, FRAP) cao, khả năng ức chế α -glucosidase mạnh nhất. Vì vậy, bột vi bao giàu hoạt chất sinh học từ CPH có thể được ứng dụng trong phát triển thực phẩm hỗ trợ phòng ngừa bệnh tiểu đường. Tuy nhiên, cần nghiên cứu sâu hơn về độc tính và khả năng hạ đường huyết trên mô hình chuột gây bệnh tiểu đường.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo thông qua đề tài khoa học và công nghệ cấp Bộ thực hiện từ năm 2023 "Nghiên cứu phát triển thực phẩm bảo vệ sức khỏe giàu hoạt chất sinh học từ phụ phẩm quả ca cao", mã số B2023-TSN-12.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. ICO, "Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics-Cocoa year 2023/24", *International Cocoa Organization*, 1, 2024.
- [2]. Newman D. J., Cragg G. M., Snader K. M., "Natural products as sources of new drugs over the period 1981- 2002," *Journal of Natural Products*, 66, 1022-1037, 2003.
- [3]. Donkoh A., Atuahene C., Wilson B., Adomako D. J. A. F. S., "Chemical composition of cocoa pod husk and its effect on growth and food efficiency in broiler chicks," *Animal Feed Science and Technology*, 35, 161-169, 1991.
- [4]. Huang S. T., Yang R. C., Yanga L. J., Lee P. N., Pang J. H. S., "Phyllanthus urinaria triggers the apoptosis and Bcl-2 down-regulation in Lewis lung carcinoma cells," *Life Sciences*, 72, 1705-1716, 2003.
- [5]. Rachmat D., Mawarani L. J., Risanti D. D., "Utilization of cacao pod husk (*Theobroma cacao L.*) as activated carbon and catalyst in biodiesel production process from waste cooking oil," *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 299, 012093, 2018.
- [6]. The American Diabetes Association, "2. Classification and diagnosis of diabetes: standards of care in diabetes-2023," *Diabetes Care*, 46, S19-S40, 2023.
- [7]. Ngo T. H. D., Nguyen T. P. Y., "Alpha-glucosidase inhibitory activity of some brown seaweeds collected in Nha Trangbay, Khanh Hoa province," *The Journal of Agriculture and Development*, 19, 90-98, 2020. (in Vietnamese)
- [8]. Nguyen V. T., Tran T. G., Tran N. L. "Phytochemical compound yield and antioxidant activity of cocoa pod husk (*Theobroma cacao L.*) as influenced by different dehydration conditions," *Drying Technology*, 40, 1-13, 2022.
- [9]. Nguyen V. T., Le M. D., Nguyen T. T. T., Khong T. T., Nguyen V. H., Nguyen H. N., Huynh B. N. D., Tran T. M. H., Trang S. T., "Microwave-assisted extraction for optimizing saponin yield and antioxidant capacity from cacao pod husk (*Theobroma cacao L.*)," *Journal of Food Processing and Preservation*, e15134, 2020.
- [10]. Nguyen V. T., Tran A. X., Le T. V. A., "Microencapsulation of phenolic-enriched extract from cocoa pod husk (*Theobroma cacao L.*)," *Powder Technology*, 386, 136-143, 2021.
- [11]. AOAC, *Official methods of analysis*, 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, 1998.
- [12]. Thu T. T. M., Krasaekoopt W., "Encapsulation of protease from *Aspergillus oryzae* and lipase from *Thermomyces lanuginosus* using alginate and different copolymer types," *Agriculture and Natural Resources*, 50, 155-161, 2016.
- [13]. Nguyen V. T., Tran P. T. T. T., "Characterization of microencapsulated powders rich in saponins from cocoa pod husk (*Theobroma cacao L.*) and medicinal plant an Xoa (*Helicteres hirsuta Lour.*)," *Heliyon*, 10, E32703, 2024.
- [14]. Chan S. H. Y., Sheikh K., Zariwala M. G., Somavarapu S., "Dry powder formulation of azithromycin for COVID-19 therapeutics," *Journal of Microencapsulation*, 40, 217-232, 2023.
- [15]. Dev S. R. S., Geetha P., Orsat V., Gariépy Y., Raghavan G. S. V., "Effects of microwave-assisted hot air drying and conventional hot air drying on the drying kinetics, color, rehydration, and volatiles of *Moringa oleifera*," *Drying Technology*, 29, 1452-1458, 2011.
- [16]. Vuong Q. V., Hirun S., Roach P. D., Bowyer M. C., Phillips P. A., Scarlett C. J., "Effect of extraction conditions on total phenolic compounds and antioxidant activities of *Carica papaya* leaf aqueous extracts," *Journal of Herbal Medicine*, 3, 104-111, 2013.
- [17]. Singleton V. L., Orthofer R., Lamuela-Raventós R. M., "Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent". Packer, L. (Ed.). *Oxidants and Antioxidants Part A. Methods in Enzymology*, Elsevier, 299, 152-178, 1999.
- [18]. Ajanal M., Gundkalle M. B., Nayak S. U., "Estimation of total alkaloid in Chitrakadivati by UV-Spectrophotometer," *Ancient Science of Life*, 31, 198-201, 2012.
- [19]. Trang D. T. X., Oanh N. T. T., Linh T. C., Men T. T., Tuan N. T., "Antioxidant activity and α -amylase, α -glucosidase inhibiting activities of the extracts from *Oroxylum indicum* (L.) leaves," *CTU Journal of Science*, 55, 29-36, 2019. (in Vietnamese)
- [20]. Chirife J., Fontana A. J., "Introduction: Historical highlights of water activity research," Barbosa-Cánovas, G. V., Fontana, A. J., Schmidt, S. J., Labuza, T. P. (Eds.), *Water Activity in Foods: Fundamentals and Applications*, Wiley-Blackwell, 3-13, 2008.

[21]. Bell L. N., Hageman M. J., "Differentiating between the effects of water activity and glass transition dependent mobility on a solid state chemical reaction: aspartame degradation," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 42, 2398-2401, 1994.

[22]. Ly T. T. T., Trung S. T., Tang N. V., *Research on film coating conditions of extract from Xiao tam chan leaves*. Graduation project - Nha Trang University, 2018. (in Vietnamese)

[23]. Nguyen V. T., Sakoff J. A., Scarlett C. J., "Physicochemical, antioxidant, and cytotoxic properties of Xiao Tam Phan (*Paramignya trimera*) root extract and its fractions," *Chemistry & Biodiversity*, 14, e1600396, 2017.

[24]. Nguyen V. T., Sakoff J. A., Scarlett C. J., "Physicochemical properties, antioxidant and cytotoxic activities of crude extracts and fractions from *Phyllanthus amarus*," *Medicines*, 4, 42, 2017.

[25]. Tan S. P., Vuong Q. V., Stathopoulos C. E., Parks S. E., Roach P. D., "Optimized aqueous extraction of saponins from bitter melon for production of a saponin-enriched bitter melon powder," *Journal of Food Science*, 79, E1372-E1381, 2014.

[26]. Nguyen V. T., Ueng J. P., Tsai G. J., "Proximate composition, total phenolic content, and antioxidant activity of seagrape (*Caulerpa lentillifera*)," *Journal of Food Science*, 76, C950-C958, 2011.

[27]. Nguyen V. T., Vuong Q. V., Bowyer M. C., Van Altena I. A., Scarlett C. J., "Microwave-assisted extraction for saponins and antioxidant capacity from Xiao tam phan (*Paramignya trimera*) root," *Journal of Food Processing and Preservation*, 41, e12851, 2017.

AUTHORS INFORMATION

Nguyen Van Tang^{1,2}, Huynh Thi Viet Ngan¹, Doan Thi Hiep¹

¹Research and Development Group on Functional Foods, Nha Trang University, Vietnam

²Faculty of Food Technology, Nha Trang University, Vietnam