

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM TP. HỒ CHÍ MINH**



**NGUYỄN THỊ NGUYỄN THẢO**

**THU NHẬN DỊCH CHIẾT GIÀU HỢP CHẤT CÓ  
HOẠT TÍNH SINH HỌC TỪ CÂY XÁO TAM PHẦN  
NHẪM ỨNG DỤNG TRONG THỰC PHẨM**

**Chuyên ngành: Công nghệ thực phẩm**

**Mã số: 9.54.01.01**

**TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ NGÀNH CÔNG NGHỆ THỰC PHẨM**

Thành phố Hồ Chí Minh – 2024

Công trình được thực hiện tại:

Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM – Phường Linh Trung, TP. Thủ Đức, TP.HCM.

Người hướng dẫn khoa học: TS. Nguyễn Minh Xuân Hồng

PGS.TS. Phan Phước Hiền

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án được bảo vệ trước Hội đồng chấm luận án cấp Trường Đại học  
Nông Lâm TP.HCM

Vào hồi.....giờ.....ngày.....tháng.....năm 2024

Có thể tìm hiểu luận án tại:

- Thư viện Trường Đại học Nông Lâm TP.HCM
- Thư viện Khoa học Tổng hợp TP.HCM

## **A. PHẦN MỞ ĐẦU**

### **Tính cấp thiết của luận án**

Luận án nghiên cứu khai thác các hoạt chất sinh học trong dịch chiết lá xáo tam phân bằng phương pháp tối ưu hoá quá trình chiết xuất trong nước với sự hỗ trợ của các chế phẩm enzyme và kỹ thuật siêu âm, đồng thời được làm giàu bằng phương pháp cô đặc lạnh. Để bảo quản các hợp chất sinh học trong dịch chiết cô đặc một cách hiệu quả, một kỹ thuật vi bao dịch chiết được nghiên cứu và ứng dụng thử nghiệm trong sản phẩm thực phẩm cụ thể là bánh quy.

### **Mục tiêu nghiên cứu của đề tài**

*Mục tiêu chung:* Đề tài nghiên cứu quy trình trích ly và tạo ra chế phẩm giàu hợp chất có hoạt tính sinh học từ cây xáo tam phân nhân giống trồng tại Phú Yên nhằm cung cấp cơ sở khoa học cho việc sử dụng nguồn dược liệu này trong ngành thực phẩm.

*Mục tiêu cụ thể:* Đề tài khảo sát thành phần hoá học của dịch chiết từ cây XTP nhân giống, nghiên cứu tối ưu hoá các thông số kỹ thuật trong quy trình chiết xuất dịch chiết chứa hợp chất có hoạt tính sinh học từ bộ phận thích hợp của cây XTP, từ đó tạo ra chế phẩm giàu hợp chất phenolic và saponin nhằm ứng dụng trong thực phẩm.

### **Những đóng góp của luận án**

Luận án đã xác định được thành phần hoá học theo độ tuổi và bộ phận cây XTP nhân giống; đề xuất quy trình trích ly tối ưu TPC và TSC từ cây XTP sử dụng các chế phẩm enzyme kết hợp sóng siêu âm; đưa ra các thông số ảnh hưởng đến hiệu quả của kỹ thuật cô đặc lạnh dạng khối đối với dịch chiết lá XTP; đồng thời tìm ra điều kiện vi bao thích hợp để giữ ổn định chất lượng dịch chiết, nhằm nâng cao giá trị dinh dưỡng, cảm quan và hạn sử dụng cho sản phẩm bánh quy. Kết quả đề tài là cơ sở khoa học cho các nghiên cứu tiếp theo hoặc làm tài liệu giảng dạy trong các trường cao đẳng, đại học chuyên ngành.

### **Bố cục luận án**

Luận án có 133 trang, 39 hình, 32 bảng và 227 tài liệu tham khảo, bao gồm chương Mở đầu, chương 1: Tổng quan, chương 2: Phương pháp nghiên cứu, chương 3: Kết quả và bàn luận, và chương Kết luận và kiến nghị.

## **B. PHẦN NỘI DUNG**

### **1. Tổng quan**

Phần tổng quan của luận án trình bày tóm tắt về: tổng quan cây xáo tam phân, phương pháp thu nhận các hợp chất sinh học từ thực vật, làm giàu các hợp chất sinh học của dịch chiết bằng kỹ thuật cô đặc lạnh, công nghệ vi bao các hợp chất có hoạt tính sinh học và ứng dụng trong thực phẩm, và đánh giá một số tính chất sinh học của thực phẩm bằng phương pháp tiêu hóa in vitro. Từ đó rút kết ra hướng nghiên cứu và nội dung nghiên cứu của luận án.

### **2. Phương pháp nghiên cứu**

#### **2.1. Nguyên liệu và hóa chất sử dụng**

##### **Nguyên liệu nghiên cứu**

Cây xáo tam phân nhân giống (*Paramignya trimera* (Oliver) Guillaum) được thu mua tại vườn ươm trồng cây giống ở thành phố Tuy Hoà, tỉnh Phú Yên.

##### **Hóa chất sử dụng**

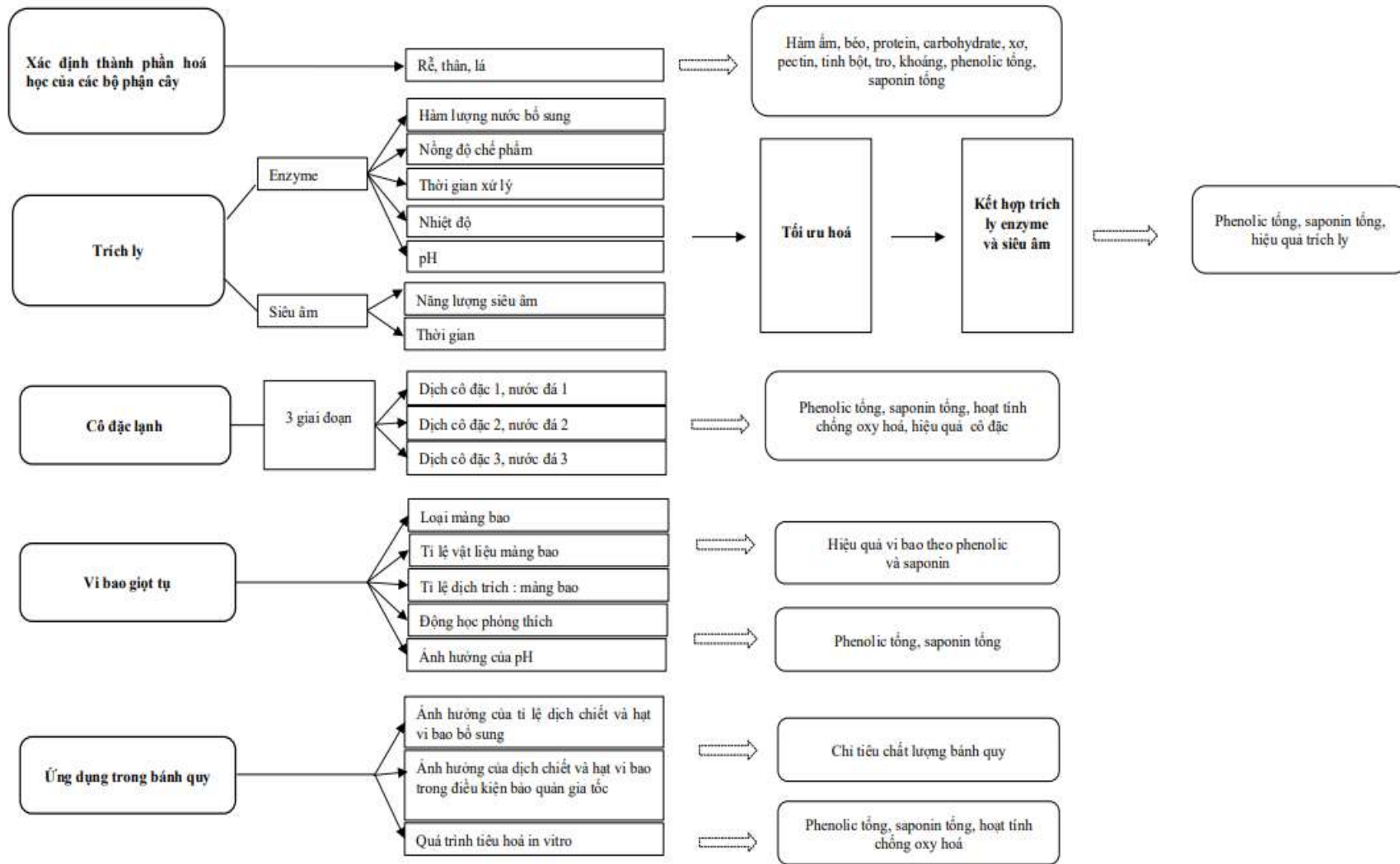
Các hóa chất sử dụng chính cho nghiên cứu bao gồm: Các chế phẩm enzyme được dùng cho nghiên cứu trích ly các hoạt chất gồm có Pectinex Ultra SPL và Celluclast 1,5L được sản xuất bởi công ty Novozyme (Đan Mạch); vật liệu vi bao: Pectin và chitosan (Ấn Độ), HPMC và sodium alginate (Trung Quốc); hoá chất phân tích: Folin cialteau (Merck, Mỹ), vanillin (Ấn), gallic acid và ecsin (Sigma-Aldrich, Mỹ).

#### **2.2. Phương pháp bố trí thí nghiệm**

##### **❖ Phân tích nguyên liệu**

**Khảo sát TPC và TSC ở các bộ phận cây và độ tuổi khác nhau:** Khảo sát hàm lượng TPC, TSC của rễ, thân, lá cây xáo tam phân ở 6 độ tuổi: 2, 3, 4, 5, 6, 7 tuổi.

**Khảo sát thành phần hoá học của các bộ phận cây:** Rễ, thân, lá cây xáo tam phân ở độ tuổi đã chọn từ thí nghiệm trước được khảo sát: độ ẩm, hàm lượng lipid, carbohydrate, xơ trung tính, protein, pectin, tro, khoáng.



**Hình 2.1.** Sơ đồ quy trình thí nghiệm

❖ **Khảo sát các thông số kỹ thuật của quá trình trích ly các hoạt chất sinh học của xáo tam phân với sự hỗ trợ của enzyme**

**Thí nghiệm sơ bộ:** Khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ nước/nguyên liệu (10:1; 20:1; 40:1; 60:1; 80:1 v/w), nồng độ enzyme (0,1; 0,2; 0,3; 0,4; và 0,5% v/w), thời gian (60, 90, 120, 150 và 180 phút), nhiệt độ (30, 40, 50, 60, 70°C), pH (3; 3,5; 4; 4,5; 5) đến TPC và TSC trong dịch trích.

**Thí nghiệm sàng lọc các yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến quá trình xử lý enzyme pectinase và cellulase:** Để xác định được các yếu tố và các mức ảnh hưởng đến trích ly TPC, TSC, 5 yếu tố được chọn để làm thí nghiệm là tỉ lệ nước/nguyên liệu (10:1 đến 80:1), nồng độ hỗn hợp enzyme pectinase-cellulase (0,2 – 1,0% v/w), thời gian xử lý enzyme (60 – 180 phút), nhiệt độ xử lý enzyme (30 – 70 °C), pH hỗn hợp (3,0 – 5,0). Thí nghiệm được thiết kế theo ma trận Plackett-Burman.

**Thí nghiệm tối ưu hóa các thông số trích ly TPC và TSC từ lá cây XTP sử dụng hỗn hợp enzyme pectinase và cellulase:** Dựa trên kết quả thí nghiệm theo ma trận Plackett-Burman và kết quả khảo sát sơ bộ, phương pháp bề mặt đáp ứng (RSM) với phương án quay bậc 2 có tâm được áp dụng để tối ưu hóa điều kiện của quá trình trích ly (nồng độ hỗn hợp enzyme pectinase-cellulase (1:1): 0,6 - 0,8% v/v; thời gian xử lý enzyme: 105 - 135 phút, nhiệt độ ủ enzyme 45 – 55°C). Chỉ tiêu theo dõi: Hàm lượng TSC, TPC.

❖ **Khảo sát các thông số kỹ thuật của quá trình trích ly TPC, TSC từ lá xáo tam phân với sự hỗ trợ của sóng siêu âm**

**Thí nghiệm sơ bộ:** Khảo sát ảnh hưởng của năng lượng siêu âm (150, 190, 210, 230, 250W), thời gian siêu âm (0, 2, 4, 6, 8, và 10 phút) đến TPC và TSC.

**Tối ưu hóa các thông số trích ly TPC và TSC:** Năng lượng siêu âm 200 – 220 W và thời gian siêu âm 4 – 8 phút, chỉ tiêu theo dõi: Hàm lượng TSC, TPC.

❖ **So sánh hiệu quả của các phương pháp xử lý**

Đánh giá hiệu quả các phương pháp xử lý nguyên liệu đến TPC, TSC của dịch chiết thu được: mẫu đối chứng không xử lý (CONTROL), mẫu được xử lý bằng enzyme (EAE), mẫu được xử lý bằng siêu âm (UAE), mẫu được xử lý enzyme trước, siêu âm sau (E-UAE), mẫu được xử lý siêu âm trước, xử lý enzyme sau (U-EAE), mẫu được xử lý đồng thời siêu âm và enzyme (UES-AE).

Dịch trích lá XTP thu được ở trường hợp cho hiệu quả chiết xuất cao nhất tiếp tục phân tích định tính thành phần phenolic và saponin bằng sắc ký khối phổ LC-QTOF.

❖ **Khảo sát các thông số kỹ thuật của quá trình cô đặc lạnh**

Ở mỗi giai đoạn cô đặc, các mẫu cô đặc (C1, C2, C3) và phần nước đá (I1, I2, I3) được phân tích hàm lượng TSC, TPC, hoạt tính chống oxy hoá, tính hiệu quả cô đặc.

❖ **Khảo sát thông số kỹ thuật của vi bao dịch trích bằng phương pháp giọt tụ**

**Khảo sát ảnh hưởng của loại màng bao đến hiệu quả vi bao:** Thí nghiệm nhằm mục đích lựa chọn và xác định loại màng bao phù hợp từ 3 hệ màng bao SA:Chitosan, SA:HPMC và SA:Pectin đạt hiệu quả vi bao tốt nhất (tính theo TPC, TSC).

**Khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ vật liệu hệ màng bao đã chọn** (90:10, 80:20; 70:30; 60:40, và 50:50 w:w) đến hiệu quả vi bao TPC, TSC

**Khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ dịch trích và màng bao đã chọn** (1:1, 1:2, 1:3, 1:4, và 1:5 w:w) đến hiệu quả vi bao TPC, TSC.

**Khảo sát ảnh hưởng của pH (4, 5, 6, 7, và 8)** đến sự ổn định của hạt vi bao. Hàm mục tiêu: Hiệu quả vi bao tính theo TPC, TSC.

**Khảo sát động học phóng thích TPC, TSC trong môi trường nước:** ở nhiệt độ 10°C, 30°C, 45°C, 60°C, 75°C trong thời gian 1h, 12h, 24h, 36h, 48h, nhằm mục đích đánh giá mô hình động học giải phóng hoạt chất của hạt vi bao.

❖ **Ứng dụng dịch trích và hạt vi bao trong sản phẩm bánh quy**

**Khảo sát ảnh hưởng tỉ lệ dịch chiết và hạt vi bao đến chỉ tiêu chất lượng bánh**

Yếu tố thay đổi: Tỷ lệ % dịch chiết (1,0; 3,0; 5,0; 7,0; và 9,0% w/w) và vi hạt (2,0; 4,0; 7,0; 10,0; và 13,0% w/w).

Hàm mục tiêu: độ cứng; màu sắc; hoạt độ nước; TPC, TSC.

**Đánh giá ảnh hưởng của dịch chiết và hạt vi bao đến chất lượng của bánh quy theo thời gian và nhiệt độ bảo quản**

Yếu tố thay đổi:

Nhiệt độ bảo quản với 3 mức: 30°C ± 2; 40°C ± 1, 50°C ± 1

Thời gian bảo quản 0, 10, 20, 30 và 40 ngày

Hàm mục tiêu: độ cứng; màu sắc; hoạt độ nước; chỉ số peroxide; TPC, TSC.

**Khảo sát sự giải phóng TPC, TSC và hoạt tính chống oxy hoá của hạt vi bao, bánh quy bổ sung dịch trích XTP trong quá trình tiêu hoá in vitro**

Thí nghiệm nhằm mục đích đánh giá khả năng tiếp cận sinh học của TPC, TSC trong hệ tiêu hóa giả định thông qua chỉ số BI (Bioaccessability Index).

Hàm mục tiêu: Hàm lượng TPC, TSC và hoạt tính chống oxy hoá giải phóng trong nước cất và môi trường giả định của hạt vi bao, bánh quy bổ sung dịch chiết XTP và bánh quy bổ sung hạt vi bao.

### 2.3. Phương pháp phân tích các chỉ tiêu

**Xác định hàm lượng ẩm:** xác định theo AOAC 930.04 (2016).

**Xác định hàm lượng TPC, TSC:** TPC được xác định bằng phương pháp Folin – Ciocalteu; TSC được xác định dựa trên phản ứng tạo màu giữa vanilin và saponin.

**Phân tích sắc ký khối phổ LC-QTOF:** Các hợp chất phenolic và saponin được phân tích bằng máy LC-QTOF-MS (Agilent Technologies, USA).

**Hàm lượng chất khô tổng:** được xác định theo AOAC, 2005.

**Xác định hoạt tính chống oxy hoá:** theo phương pháp ABTS và DPPH.

**Xác định thành phần hoá học của nguyên liệu**

Thành phần hóa học của nguyên liệu xáo tam phân được xác định theo các phương pháp sau: Độ ẩm của mẫu xáo tam phân khô được xác định theo phương pháp sấy đến khối lượng không đổi AOAC 930.04 (2016); hàm lượng béo thô xác định bằng phương pháp chiết Soxhlet cải tiến với dung môi là ether dầu mỏ (ISO 11085:2015); hàm lượng protein thô được ước tính bằng phương pháp Kjeldahl theo AOAC 2001.11 (2016); tổng hàm lượng carbohydrate được định lượng bằng hàm lượng chất khô trừ đi chất béo thô, protein thô và tro; hàm lượng chất xơ trung tính (chất xơ không hòa tan - IDF) được xác định bằng phương pháp Akom 13 - Kỹ thuật túi lọc (A2000 và A2000I); hàm lượng pectin được đo theo phương pháp IFU số 26 (2005); Tổng hàm lượng tinh bột được định lượng bằng phương pháp đo phân cực (ISO 6493:2000); hàm lượng tro được phân tích theo tiêu chuẩn ISO 5984:2002; hàm lượng canxi, kali, kẽm, sắt, magie và phospho được định lượng bằng ICP-AES (ISO 27085:2009).

**Hiệu quả cô đặc lạnh:** Hệ số nồng độ (CF) ở mỗi giai đoạn cô đặc lạnh được tính theo phương pháp do Aider & Ounis (2012) đề xuất và hiệu quả của quá trình cô đặc lạnh (PE) tính theo da Silva Haas và cộng sự (2022).

**Xác định hiệu quả vi bao:** theo nghiên cứu của Souza và cộng sự (2019).

**Xác định mô hình giải phóng TPC, TSC từ hạt vi bao:** đánh giá qua 5 mô hình:



bậc 0 (phương trình (1)), bậc nhất (phương trình (2)), Hixson-Crowell (phương trình (3)), Higuchi (phương trình (4)) và Korsmeyer -Peppas (phương trình (5)). Các phương trình này được tính toán dựa vào phần mềm Origin.

**Phương pháp xác định màu sắc:** sử dụng máy đo màu dựa theo phương pháp đo của Tuyen và cộng sự (2015)

**Phương pháp đo độ cứng bánh:** được thực hiện bằng máy phân tích kết cấu (ZwickRoell, Ý).

**Phương pháp cảm quan:** Tính chất cảm quan của mẫu bánh quy được đánh giá bởi 20 cảm quan viên về độ ưa thích của sản phẩm.

**Phương pháp xác định hoạt độ nước ( $A_w$ ):** sử dụng máy đo hoạt độ nước điểmsương (Aqua Lab 3, Decagon Devices, USA).

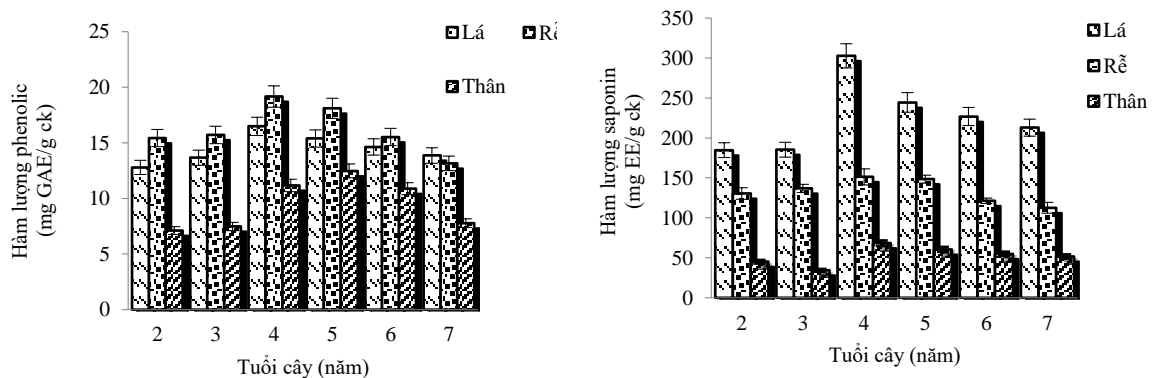
**Chỉ số peroxide (PV):** của các mẫu bánh quy được xác định theo AOCS Cd 8-53 (AOCS, 1998) và Tuyen và cộng sự (2015).

### 3. Kết quả và thảo luận

#### 3.1. Thành phần hoá học của cây xáo tam phân

##### 3.1.1. Hàm TPC và TSC của các bộ phận cây ở những độ tuổi khác nhau

Kết quả phân tích hàm lượng phenolic tổng và saponin trên ba bộ phận cây ở 6 độ tuổi khác nhau cho thấy hàm lượng saponin và phenolic tổng cao nhất ở cây 4 tuổi.



**Hình 3.1.** TPC (trái) và TSC (phải) trong ba bộ phận cây ở các độ tuổi khác nhau

### 3.2. Thành phần hóa học của xáo tam phân

**Bảng 3.1.** Thành phần hóa học trong các bộ phận của xáo tam phân khô

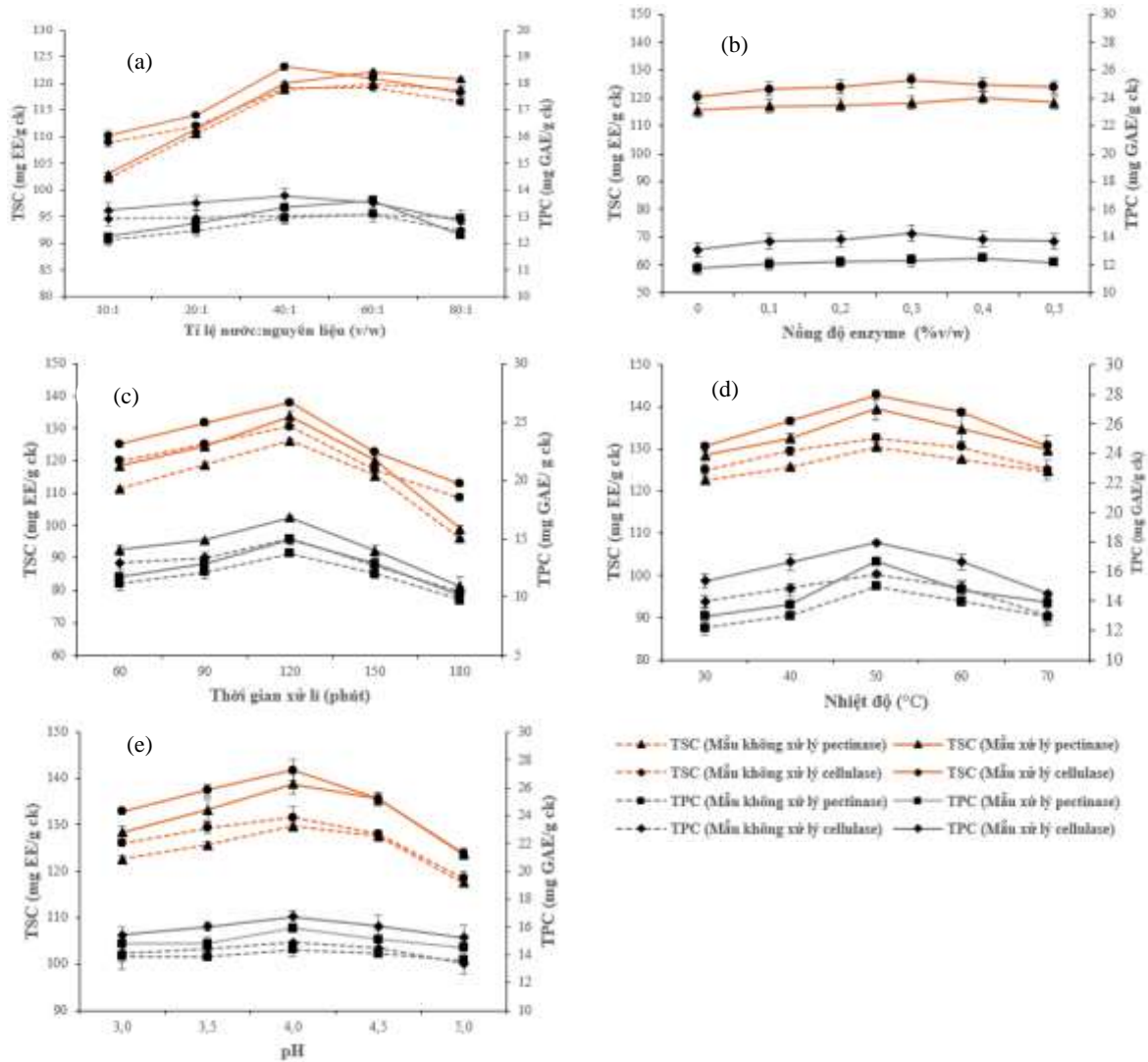
Chỉ tiêu	Đơn vị tính	Rễ	Lá	Thân
Hàm ẩm	%	5,42 <sup>a</sup> ± 0,08	5,37 <sup>a</sup> ± 0,08	5,01 <sup>b</sup> ± 0,08
Béo thô	% ck	3,52 <sup>a</sup> ± 0,16	5,56 <sup>b</sup> ± 0,17	0,74 <sup>c</sup> ± 0,16
Protein thô	% ck	5,14 <sup>a</sup> ± 0,15	11,56 <sup>b</sup> ± 0,38	5,04 <sup>a</sup> ± 0,15
Tinh bột	% ck	8,63 <sup>a</sup> ± 1,05	4,41 <sup>b</sup> ± 0,47	3,03 <sup>b</sup> ± 0,47
Xơ không tan	% ck	66,56 <sup>a</sup> ± 1,42	56,47 <sup>b</sup> ± 1,16	78,93 <sup>c</sup> ± 1,42
Pectin	% ck	0,27 <sup>a</sup> ± 0,02	0,24 <sup>a</sup> ± 0,02	0,31 <sup>b</sup> ± 0,02
Tro	% ck	4,94 <sup>a</sup> ± 0,11	6,39 <sup>b</sup> ± 0,22	3,58 <sup>c</sup> ± 0,37
Kali	% ck	0,94 <sup>a</sup> ± 0,02	1,66 <sup>a</sup> ± 0,02	0,60 <sup>a</sup> ± 0,02
Canxi	% ck	1,52 <sup>a</sup> ± 0,07	2,81 <sup>b</sup> ± 0,17	1,39 <sup>a</sup> ± 0,07
Phot pho	% ck	0,09 <sup>a</sup> ± 0,02	0,39 <sup>b</sup> ± 0,02	0,11 <sup>a</sup> ± 0,02
Magie	% ck	0,78 <sup>a</sup> ± 0,05	0,33 <sup>b</sup> ± 0,08	0,75 <sup>a</sup> ± 0,05
Kẽm	mg/kg ck	6,16 <sup>a</sup> ± 2,82	18,00 <sup>b</sup> ± 2,82	2,64 <sup>a</sup> ± 0,08
Sắt	mg/kg ck	652,36 <sup>a</sup> ± 21,30	97,22 <sup>b</sup> ± 10,50	210,55 <sup>c</sup> ± 11,59
TPC	mgGAE/g ck	19,17 <sup>a</sup> ± 0,63	16,49 <sup>b</sup> ± 0,46	11,17 <sup>c</sup> ± 0,76
TSC	mgEE/g ck	151,19 <sup>a</sup> ± 2,24	302,65 <sup>b</sup> ± 3,24	68,29 <sup>c</sup> ± 1,24

Kết quả khảo sát cho thấy lá cây XTP có mặt trội hơn so với rễ và thân cây về hàm lượng các thành phần dinh dưỡng. Chính vì vậy, lá cây 4 tuổi được chọn làm nguyên liệu để nghiên cứu trích ly các hoạt chất sinh học ứng dụng trong thực phẩm.

### 3.2. Trích ly các hoạt chất sinh học từ lá XTP với sự hỗ trợ của enzyme

#### 3.2.1. Ảnh hưởng của điều kiện trích ly enzyme đến hàm lượng TPC và TSC

Nghiên cứu sơ bộ (Hình 3.2) đã khảo sát được tác động của các chế phẩm pectinase và cellulase lên TPC và TSC trong dịch chiết lá XTP. Kết quả cho thấy điều kiện chiết xuất tối ưu khá tương đồng ở cả hai enzyme này.



**Hình 3.2.** Ảnh hưởng của tỷ lệ nước/nguyên liệu (a); nồng độ enzyme (b); thời gian xử lý (c); nhiệt độ (d); pH (e) lên TSC (các đường màu vàng) và TPC (các đường màu đen) trong dịch chiết lá XTP

### 3.2.2. Tối ưu hóa các thông số trích ly phenolic và saponin từ lá cây xáo tam phân sử dụng hỗn hợp enzyme pectinase và cellulase

#### 3.2.2.1. Sàng lọc các yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến trích ly bằng enzyme

Thí nghiệm được thiết kế theo ma trận Plackett-Burman, xác định được ba yếu tố có tác động mạnh nhất đến TPC và TSC là nồng độ hỗn hợp enzyme pectinase-cellulase (A), thời gian xử lý (B) và nhiệt độ xử lý (°C).

**Bảng 3.2.** Hệ số ảnh hưởng của các yếu tố trong thí nghiệm Plackett-Burman

Ký hiệu	Tên yếu tố	Giá trị các yếu tố		TPC		TSC	
		Thấp (-1)	Cao (+1)	Hệ số ảnh hưởng	Prob>F	Hệ số ảnh hưởng	Prob>F
A	Nồng độ hỗn hợp enzyme (% v/v)	0,2	1,0	7,05*	0,0004	4,79*	0,0030
B	Thời gian xử lý enzyme (phút)	60	180	3,03*	0,0231	3,87*	0,0082
C	Nhiệt độ xử lý enzyme (°C)	30	70	-4,67*	0,0034	-7,86*	0,0002
D	Tỉ lệ nước/nguyên liệu (v/w)	10:1	80:1	1,14	0,2970	-0,96	0,3747
E	pH của hỗn hợp	3,0	5,0	1,63	0,1544	-2,32	0,0593

\* Có ý nghĩa ở độ tin cậy  $\alpha = 0,05$

### 3.2.2.2. Tối ưu hóa điều kiện trích ly TPC và TSC từ lá XTP sử dụng hỗn hợp enzyme

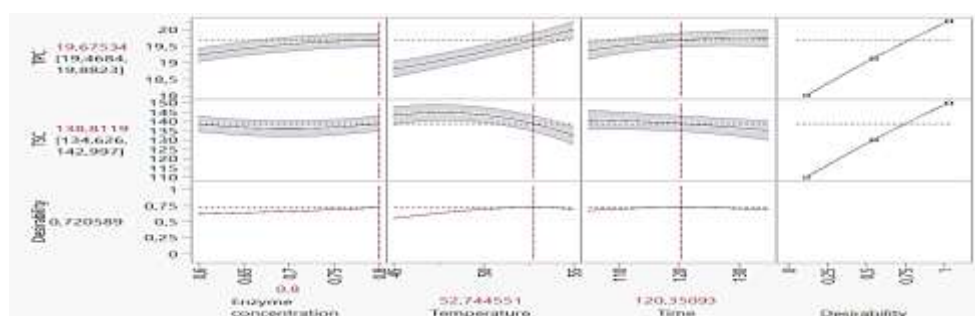
Phương trình đa thức bậc hai dự đoán hàm lượng TPC ( $Y_1$ ) và TSC ( $Y_2$ ) có dạng:

$$Y_1 = 55,732 - 25,765X_1 - 0,812X_2 - 0,144X_3 - 9,929X_1^2 - 0,001X_3^2 + 0,398X_1X_2 + 0,174X_1X_3 + 0,003X_2X_3 \quad (3.1)$$

$$Y_2 = -1282,469 + 359,670X_1 + 5,840X_3 + 263,567X_1^2 - 0,227X_2^2 - 9,320X_1X_2 - 1,963X_1X_3 - 0,066X_2X_3 \quad (3.2)$$

Trong đó  $Y_1$ : TPC (mg GAE/g ck);  $Y_2$ : TSC (mg EE/g ck);  $X_1$ : tỉ lệ hỗn hợp enzyme pectinase-cellulase (%v/v);  $X_2$ : nhiệt độ xử lý (°C);  $X_3$ : thời gian xử lý (phút).

Xử lý thống kê bằng phương pháp bề mặt đáp ứng đã xác định được thông số tối ưu của các yếu tố được mô tả trong Hình 3.3. TPC và TSC thu được lần lượt là  $19,67 \pm 0,21$  mgGAE/g ck và  $138,81 \pm 4,19$  mgEE/g ck khi nồng độ enzyme, nhiệt độ và thời gian trích ly tối ưu là 0,80% v/w, 53°C và 120 phút.



**Hình 3.3.** Tối ưu hóa các yếu tố ảnh hưởng tới quá trình trích ly TPC và TSC

Để xác định tính chính xác của mô hình, ba lần lặp lại độc lập đã được thực hiện để đo TPC và TSC trong điều kiện tối ưu (Bảng 3.3). Giá trị thử nghiệm thực tế tương tự như giá trị dự đoán của phương trình.

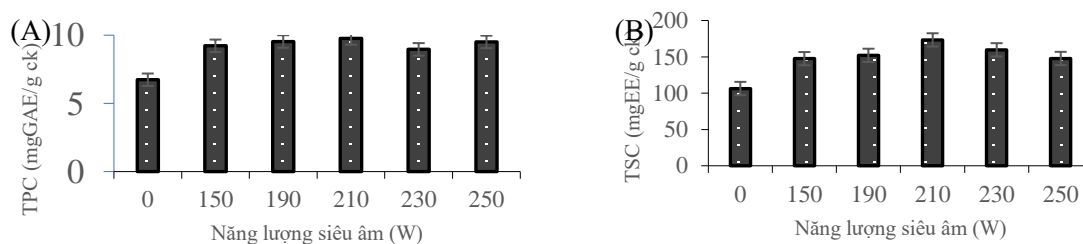
**Bảng 3.3.** TPC và TSC theo dự đoán của mô hình tối ưu và thực tế trích ly

	Yếu tố khảo sát			TPC (mgGAE/g ck)	TSC (mgEE/g ck)
	Nồng độ hỗn hợp enzyme (%v/w)	Nhiệt độ xử lý (°C)	Thời gian xử lý (phút)		
Mẫu không xử lý enzyme	0,0	53,0	120,0	12,02 <sup>b</sup> ± 0,37	123,29 <sup>B</sup> ± 2,40
Giá trị dự đoán	0,8	53,0	120,4	19,67 <sup>a</sup> ± 0,21	138,81 <sup>A</sup> ± 4,19
Giá trị thực tế	0,8	53,0	120,0	19,81 <sup>a</sup> ± 0,12	139,87 <sup>A</sup> ± 2,15

### 3.3. Trích ly các hoạt chất sinh học từ lá XTP với sự hỗ trợ của sóng siêu âm

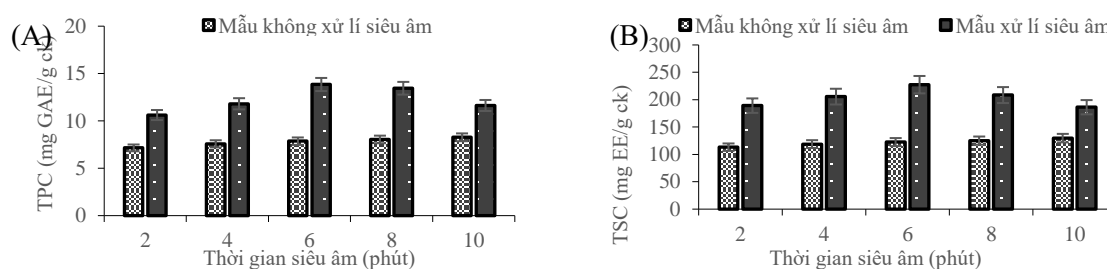
#### 3.3.1. Ảnh hưởng của năng lượng siêu âm đến TPC và TSC

Kết quả thu được (Hình 3.4) ở năng lượng 210 W, lượng hoạt chất sinh học trong các mẫu lá đã được xử lý siêu âm đạt đến mức tối đa.



**Hình 3.4.** (A) TPC và (B) TSC của dịch chiết xử lý với các mức năng lượng siêu âm

#### 3.3.2. Ảnh hưởng của thời gian xử lý siêu âm đến hiệu quả trích ly TPC, TSC



**Hình 3.5.** (A) TPC và (B) TSC của dịch chiết xử lý với thời gian siêu âm khác nhau

Hình 3.5 cho thấy sau khi chiết xuất trong 6 phút, TPC và TSC trong dịch trích thu được lần lượt là  $13,844 \pm 0,131$  mg GAE/g ck và  $227,393 \pm 4,246$  mg EE/g ck. Sau 6 phút, hàm lượng hoạt chất bắt đầu giảm mạnh theo thời gian.

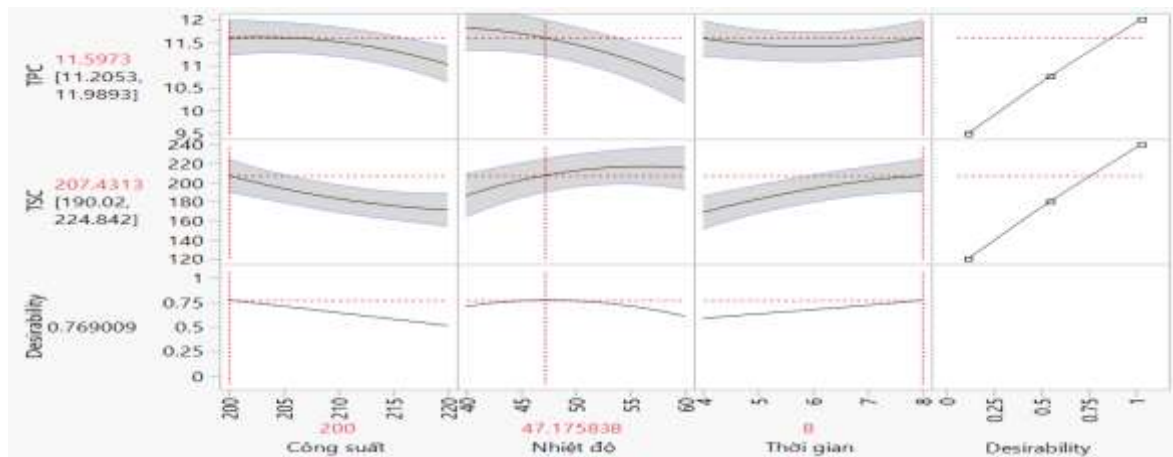
### 3.3.3. Tối ưu hoá các thông số trích ly phenolic và saponin từ cây xáo tam phân với sự hỗ trợ của siêu âm

Phương trình hồi quy bậc hai với ba yếu tố theo mô hình tối ưu đã chọn có dạng:

$$Y_1 = 11,1494 - 0,4228X_1 - 0,2007X_1^2 - 0,2042X_2^2 + 0,1909X_3^2 - 0,4138X_2X_3 \quad (3.3)$$

$$Y_2 = 181,8103 - 13,2608X_1 + 22,2895X_2 + 11,2528X_3 - 11,6608X_2^2 - 9,9213X_{23} \quad (3.4)$$

Trong đó:  $Y_1$  là hàm lượng phenolic tổng,  $Y_2$  là hàm lượng saponin tổng, với  $X_1$  năng lượng siêu âm (W),  $X_2$  nhiệt độ ( $^{\circ}\text{C}$ ), và  $X_3$  thời gian (phút).



**Hình 3.6.** Tối ưu hóa các yếu tố ảnh hưởng tới quá trình trích ly TPC và TSC

Biểu đồ Hình 3.6 biểu thị các điều kiện tối ưu của ba yếu tố thu được từ phương trình hồi quy lần lượt có năng lượng siêu âm 200W, nhiệt độ  $47^{\circ}\text{C}$ , và thời gian xử lý 8 phút.

Để kiểm tra độ tin cậy của mô hình, thí nghiệm xác minh đã được tiến hành ở điều kiện tối ưu dự đoán được (200W,  $47^{\circ}\text{C}$ , 8 phút) (Bảng 3.4). Giá trị thử nghiệm thực tế tương đồng với giá trị dự đoán của phương trình.

**Bảng 3.4.** TPC và TSC theo dự đoán của mô hình tối ưu và thực tế trích ly

	Yếu tố khảo sát			TPC (mgGAE/g chất khô)	TSC (mgEE/g chất khô)
	Năng lượng siêu âm (W)	Nhiệt độ xử lý ( $^{\circ}\text{C}$ )	Thời gian xử lý (phút)		
Mẫu không xử lý	0,0	47,0	8	$7,43^b \pm 0,07$	$97,17^B \pm 0,23$
Giá trị dự đoán	200	47,0	8	$11,60^a \pm 0,89$	$207,43^A \pm 4,19$
Giá trị thực tế	200	47,0	8	$14,59^a \pm 0,10$	$209,67^A \pm 5,17$

### 3.4. So sánh hiệu quả của các phương pháp chiết xuất khác nhau

**Bảng 3.5.** TPC and TSC trong dịch chiết xử lý với các phương pháp khác nhau

PHƯƠNG PHÁP XỬ LÝ		TPC (mg GAE/g ck)	TSC (mg EE/g ck)
Xử lý enzyme	Mẫu đối chứng	12,02 <sup>a</sup> ± 0,37	123,29 <sup>A</sup> ± 2,40
	EAE	19,81 <sup>b</sup> ± 0,12	139,87 <sup>C</sup> ± 0,95
Xử lý siêu âm	Mẫu đối chứng	7,43 <sup>c</sup> ± 0,07	97,17 <sup>D</sup> ± 0,23
	UAE	14,59 <sup>d</sup> ± 0,50	267,67 <sup>B</sup> ± 5,17
Xử lý kết hợp	Mẫu đối chứng	11,86 <sup>a</sup> ± 0,21	126,87 <sup>A</sup> ± 2,07
	U-EAE	23,11 <sup>e</sup> ± 0,34	291,08 <sup>E</sup> ± 6,99
	UES-AE	18,76 <sup>f</sup> ± 0,44	241,43 <sup>F</sup> ± 7,11
	E-UAE	20,61 <sup>g</sup> ± 0,47	273,65 <sup>B</sup> ± 4,73

Bảng 3.5 cho thấy hiệu quả trích ly TPC, TSC giữa các phương pháp được xếp theo thứ tự như sau: U-EAE > E-UAE > UES-AE > UAE > EAE > CONTROL.

### 3.5. Phân tích thành phần phenolic và saponin trong dịch chiết lá XTP bằng sắc ký khối phổ LC-QTOF

Dịch chiết thu được dưới điều kiện tối ưu của U-EAE tiếp tục phân tích bằng LC-QTOF-MS. Kết quả cho thấy tổng cộng có 18 saponin và 43 hợp chất phenolic.

### 3.6. Khảo sát các thông số kỹ thuật của quá trình cô đặc lạnh

#### 3.6.1. Tổng hàm lượng chất khô và hệ số nồng độ

Hàm lượng chất khô tổng và hệ số nồng độ (CF) tăng lên đáng kể ( $P < 0,05$ ) trong dịch cô đặc ở tất cả các giai đoạn cô đặc lạnh. Chất khô trong dịch chiết cô đặc lạnh ở giai đoạn 1 (C1) tăng lên tới 165,31% so với dịch chiết đầu vào.

**Bảng 3.6.** Hàm lượng chất khô trong dịch cô đặc, nước đá và hệ số nồng độ

Các giai đoạn cô đặc lạnh	Hàm lượng chất khô tổng (%)	CF
C0	11,55 ± 0,44 <sup>a</sup>	
C1	30,59 ± 0,56 <sup>b</sup>	2,74 ± 0,18 <sup>a</sup>
I1	5,48 ± 0,15 <sup>A</sup>	
C2	44,36 ± 0,56 <sup>c</sup>	3,82 ± 0,25 <sup>b</sup>
I2	9,15 ± 0,15 <sup>B</sup>	
C3	52,90 ± 0,44 <sup>d</sup>	4,60 ± 0,16 <sup>c</sup>
I3	19,51 ± 0,38 <sup>C</sup>	

Hệ số nồng độ được tính dựa trên hàm lượng chất khô tổng ở từng giai đoạn cô đặc đông lạnh (C1, C2 và C3). Đối với mỗi thông số, các chữ cái khác nhau trong một cột biểu thị sự khác biệt thống kê ( $p < 0,05$ ) giữa các chất cô đặc lạnh. C0, dịch chiết XTP đưa vào ban đầu; C1, dịch chiết cô đặc giai đoạn 1; C2, dịch chiết cô đặc giai đoạn 2; C3, dịch chiết cô đặc giai đoạn 3; I1, nước đá giai đoạn 1; I2, nước đá giai đoạn 2; I3, nước đá giai đoạn 3; CF, hệ số nồng độ.

### 3.6.2. Thành phần hoạt chất sinh học trong dịch chiết cô đặc và các phần nước đá

**Bảng 3.7.** Thành phần các hoạt chất sinh học trong dịch chiết ban đầu, dịch cô đặc và nước đá ở mỗi giai đoạn cô đặc lạnh và hiệu quả quy trình (PE)

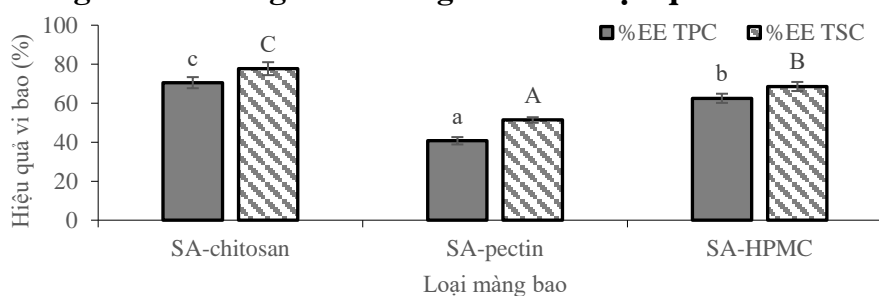
Các giai đoạn cô đặc lạnh	TPC	TSC	PE (%)		ABTS	DPPH
	(mgGAE/g ck)	(mgEE/g ck)			(mg TE/g ck)	(mg TE/g ck)
			TPC	TSC		
C0	23,77 ± 0,30 <sup>a</sup>	293,37 ± 4,89 <sup>a</sup>			34,82 ± 0,23 <sup>a</sup>	21,44 ± 0,55 <sup>a</sup>
C1	62,84 ± 0,67 <sup>b</sup>	546,58 ± 5,83 <sup>b</sup>	81,76 ± 1,21 <sup>c</sup>	78,85 ± 0,71 <sup>c</sup>	69,57 ± 0,41 <sup>b</sup>	44,23 ± 0,71 <sup>b</sup>
I1	11,44 ± 0,54 <sup>A</sup>	115,50 ± 3,18 <sup>A</sup>			16,41 ± 0,41 <sup>A</sup>	11,27 ± 0,31 <sup>A</sup>
C2	108,85 ± 2,57 <sup>c</sup>	703,63 ± 7,84 <sup>c</sup>	77,41 ± 0,51 <sup>b</sup>	69,73 ± 0,43 <sup>b</sup>	118,27 ± 2,10 <sup>c</sup>	60,62 ± 0,61 <sup>c</sup>
I2	24,55 ± 0,51 <sup>B</sup>	216,62 ± 4,05 <sup>B</sup>			32,55 ± 0,44 <sup>B</sup>	18,40 ± 0,54 <sup>B</sup>
C3	129,65 ± 2,01 <sup>d</sup>	997,45 ± 7,00 <sup>d</sup>	67,50 ± 0,64 <sup>a</sup>	65,30 ± 0,79 <sup>a</sup>	166,33 ± 3,27 <sup>d</sup>	87,34 ± 0,58 <sup>d</sup>
I3	42,31 ± 0,45 <sup>C</sup>	347,63 ± 3,05 <sup>C</sup>			49,29 ± 0,43 <sup>C</sup>	32,17 ± 0,34 <sup>C</sup>

Hệ số nồng độ được tính dựa trên hàm lượng chất khô tổng ở từng giai đoạn cô đặc đông lạnh (C1, C2 và C3). Đối với mỗi thông số, các chữ cái khác nhau trong một cột biểu thị sự khác biệt thống kê ( $p < 0,05$ ) giữa các chất cô đặc lạnh. C0, dịch chiết XTP đưa vào ban đầu; C1, dịch chiết cô đặc giai đoạn 1; C2, dịch chiết cô đặc giai đoạn 2; C3, dịch chiết cô đặc giai đoạn 3; I1, nước đá giai đoạn 1; I2, nước đá giai đoạn 2; I3, nước đá giai đoạn 3; PE, hiệu quả của quá trình cô đặc lạnh.

TPC trong dịch cô đặc C3 tăng hơn 5 lần so với TPC trong dịch chiết ban đầu, trong khi đó TSC chỉ tăng xấp xỉ 3,5 lần trong cùng một mẫu. Các thông số quy trình cho thấy hiệu quả cô đặc đạt từ 65 – 67%. Dịch cô đặc lạnh C3 đã được phân tích bằng LC-QTOF-MS xác định được 33 hợp chất phenolic và 15 hợp chất saponin.

### 3.7. Các thông số kỹ thuật ảnh hưởng đến hiệu quả vi bao dịch trích

#### 3.7.1. Ảnh hưởng của các công thức màng bao đến hiệu quả vi bao



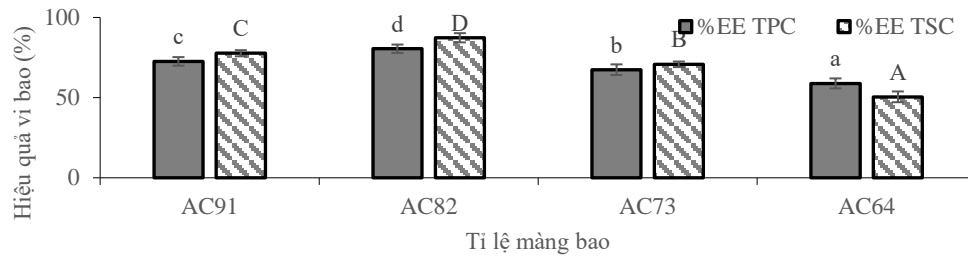
**Hình 3.7.** Ảnh hưởng của 3 hệ màng bao đến hiệu quả vi bao

Kết quả cho thấy sự kết hợp giữa SA và chitosan cho hiệu quả vi bao cao nhất đạt hiệu quả lên đến 70,52% đối với TPC và 77,71% khi vi bao TSC.

#### 3.7.2. Ảnh hưởng của tỷ lệ SA-chitosan đến hiệu quả vi bao

Kết quả thí nghiệm cho thấy, Alginate-chitosan ở tỷ lệ 80:20 cho hiệu quả bao gói phenolic và saponin cao nhất.

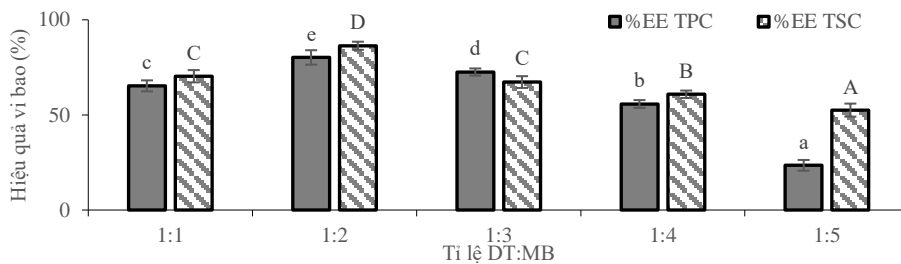




**Hình 3.8.** Ảnh hưởng của tỷ lệ màng bao đến hiệu quả vi bao

### 3.7.3. Ảnh hưởng của tỷ lệ dịch trích-màng bao đến hiệu quả vi bao

Khi tỷ lệ dịch trích:màng bao tăng từ 1:1 lên 1:2 thì hiệu quả vi bao tăng lên và đạt mức cao nhất 80% (TPC) và 86,35% (TSC).



**Hình 3.9.** Ảnh hưởng của tỷ lệ dịch trích: màng bao đến hiệu quả vi bao

### 3.7.4. Ảnh hưởng của pH đến độ ổn định của hạt vi bao

#### 3.7.4.1. Ảnh hưởng của pH đến độ ổn định hạt vi bao ở điều kiện gia nhiệt

Bảng 3.8 cho thấy không có sự thay đổi đáng kể TPC và TSC trong hạt vi bao khi thay đổi pH từ 5 đến 8. Khi các hạt được ủ ở 90°C trong 10 phút, TPC và TSC còn lại trong hạt dao động từ 72-77% (TPC) và 74-79% (TSC).

**Bảng 3.8.** TPC, TSC còn lại trong hạt vi bao ở các dung dịch pH khác nhau trong điều kiện gia nhiệt 90°C trong 10 phút

pH	Hiệu quả vi bao (%)			
	TPC		TSC	
	Mẫu không xử lý nhiệt	Mẫu xử lý nhiệt	Mẫu không xử lý nhiệt	Mẫu xử lý nhiệt
4	80,08 ± 3,00 <sup>a</sup>	67,74 ± 2,32 <sup>a</sup>	85,45 ± 2,11 <sup>A</sup>	69,51 ± 3,04 <sup>B</sup>
5	80,15 ± 2,04 <sup>a</sup>	72,83 ± 3,95 <sup>b</sup>	85,50 ± 3,16 <sup>A</sup>	74,47 ± 1,78 <sup>AB</sup>
6	80,37 ± 3,94 <sup>a</sup>	74,41 ± 1,67 <sup>b</sup>	85,71 ± 4,05 <sup>A</sup>	77,33 ± 2,73 <sup>A</sup>
7	80,53 ± 2,98 <sup>a</sup>	77,40 ± 2,27 <sup>b</sup>	85,53 ± 3,11 <sup>A</sup>	79,89 ± 4,22 <sup>A</sup>
8	80,14 ± 3,58 <sup>a</sup>	75,31 ± 2,22 <sup>b</sup>	85,58 ± 1,85 <sup>A</sup>	77,67 ± 2,17 <sup>A</sup>

Mẫu không xử lý là mẫu hạt ngâm trong nước với tỉ lệ 1:2 ở các pH khác nhau

### 3.7.4.2. Ảnh hưởng của pH đến độ ổn định của vi hạt ở điều kiện không gia nhiệt

**Bảng 3.9.** TPC, TSC còn lại trong hạt vi bao ở các dung dịch pH khác nhau

pH	Hiệu quả vi bao (%)					
	TPC			TSC		
	Mẫu hạt ban đầu	Mẫu bảo quản tủ lạnh	Mẫu bảo quản nhiệt độ phòng	Mẫu hạt ban đầu	Mẫu bảo quản tủ lạnh	Mẫu bảo quản nhiệt độ phòng
4	80,02 ± 2,23	68,47 ± 3,05 <sup>a</sup>	59,32 ± 1,72 <sup>a</sup>	85,16 ± 2,44	70,90 ± 1,94 <sup>A</sup>	66,44 ± 3,37 <sup>A</sup>
5	80,02 ± 2,23	70,35 ± 2,27 <sup>ab</sup>	63,20 ± 3,11 <sup>b</sup>	85,16 ± 2,44	72,48 ± 3,27 <sup>A</sup>	69,27 ± 1,78 <sup>AB</sup>
6	80,02 ± 2,23	72,26 ± 3,16 <sup>ab</sup>	65,49 ± 2,82 <sup>bc</sup>	85,16 ± 2,44	75,46 ± 3,32 <sup>AB</sup>	72,65 ± 2,88 <sup>BC</sup>
7	80,02 ± 2,23	75,35 ± 3,27 <sup>ab</sup>	68,42 ± 1,62 <sup>c</sup>	85,16 ± 2,44	80,87 ± 2,66 <sup>C</sup>	75,84 ± 2,89 <sup>C</sup>
8	80,02 ± 2,23	71,23 ± 3,05 <sup>ab</sup>	66,38 ± 1,11 <sup>bc</sup>	85,16 ± 2,44	78,44 ± 1,72 <sup>BC</sup>	72,48 ± 2,43 <sup>BC</sup>

Tương tự như trường hợp đun nóng, hàm lượng phenolic và saponin trong hạt vi bao sau 7 ngày bảo quản ở nhiệt độ tủ lạnh (10°C) và ở nhiệt độ phòng (30°C) với các điều kiện môi trường pH khác nhau, nhìn chung không có sự khác biệt đáng kể.

### 3.7.5. Động học giải phóng TPC, TSC trong môi trường nước

**Bảng 3.10.** Hệ số hồi quy của các mô hình dự đoán về tốc độ giải phóng TPC, TSC

Hợp chất	Mô hình động học	Thông số	Nhiệt độ môi trường (°C)					
			10	30	45	60	75	
Phenolic	Bậc 0	K	0,299	0,422	0,575	0,906	1,073	
		R <sup>2</sup>	0,695	0,783	0,888	0,916	0,935	
	Bậc 1	K	0,025	0,018	0,017	0,018	0,017	
		R <sup>2</sup>	0,417	0,656	0,771	0,806	0,853	
	Hixson-Crosswell	Higuchi	K	0,100	0,141	0,192	0,302	0,358
			R <sup>2</sup>	0,695	0,783	0,888	0,916	0,935
		Korsmeyer-Peppas	K	2,322	3,362	4,337	6,777	8,106
			n	0,769	0,924	0,910	0,918	0,962
		R <sup>2</sup>	K	7,404	15,611	24,533	33,482	45,559
			n	0,289	0,211	0,171	0,186	0,169
	Saponin	Bậc 0	R <sup>2</sup>	0,658	0,945	0,851	0,857	0,922
			K	0,287	0,410	0,553	0,760	0,946
Bậc 1		R <sup>2</sup>	0,685	0,847	0,892	0,866	0,908	
		K	0,027	0,022	0,018	0,019	0,018	
Hixson-Crosswell		Higuchi	R <sup>2</sup>	0,397	0,706	0,756	0,733	0,803
			K	0,096	0,137	0,184	0,253	0,315
		Korsmeyer-Peppas	R <sup>2</sup>	0,685	0,847	0,892	0,866	0,908
			K	2,227	3,220	4,169	5,877	7,254
		R <sup>2</sup>	K	0,758	0,958	0,912	0,948	0,970
			n	6,322	11,894	20,718	27,004	35,517
R <sup>2</sup>		n	0,314	0,243	0,189	0,205	0,192	
		R <sup>2</sup>	0,638	0,955	0,851	0,923	0,945	

Kết quả ở Bảng 3.10 cho thấy, cơ chế giải phóng TPC và TSC phù hợp nhất với mô hình Higuchi và có thể được sử dụng để dự đoán tốc độ giải phóng TPC và TSC, nhờ hệ số  $R^2$  cao.

### 3.8. Ứng dụng dịch trích và vi hạt xáo tam phân trong bánh quy

#### 3.8.1. Ảnh hưởng của tỉ lệ dịch chiết và hạt vi bao đến chất lượng của bánh quy

##### 3.8.1.1. Hàm lượng TPC và TSC sau 24 giờ bảo quản

Trường hợp bổ sung vi hạt có mức độ thất thoát TPC và TSC trong quá trình nướng thấp hơn so với trường hợp bổ sung dịch trích khoảng 10% (TPC) và 6% (TSC).

**Bảng 3.11.** Tổng hàm lượng phenolic trong bánh quy với các công thức bổ sung XTP

Mẫu bổ sung dịch chiết				Mẫu bổ sung hạt vi bao			
Tỉ lệ bổ sung (%)	Bột nhào	Bánh quy	$\Delta$ (%)	Tỉ lệ bổ sung (%)	Bột nhào	Bánh quy	$\Delta$ (%)
	TPC (mgGAE/g mẫu)				TPC (mgGAE/g mẫu)		
0	1,12 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,96 ± 0,02 <sup>A</sup>	14,28 ± 0,32 <sup>A</sup>	0	1,12 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,96 ± 0,02 <sup>A</sup>	14,28 ± 0,33 <sup>C</sup>
1	2,72 ± 0,04 <sup>b</sup>	2,13 ± 0,04 <sup>B</sup>	21,69 ± 0,40 <sup>B</sup>	2	2,86 ± 0,04 <sup>b</sup>	2,49 ± 0,04 <sup>B</sup>	12,94 ± 0,64 <sup>B</sup>
3	3,94 ± 0,02 <sup>c</sup>	3,11 ± 0,03 <sup>C</sup>	21,07 ± 0,57 <sup>B</sup>	4	4,00 ± 0,05 <sup>c</sup>	3,52 ± 0,06 <sup>C</sup>	12,00 ± 0,57 <sup>B</sup>
5	4,77 ± 0,03 <sup>d</sup>	3,76 ± 0,02 <sup>D</sup>	21,17 ± 0,62 <sup>B</sup>	7	4,88 ± 0,04 <sup>d</sup>	4,30 ± 0,02 <sup>D</sup>	11,89 ± 0,25 <sup>AB</sup>
7	5,93 ± 0,04 <sup>e</sup>	4,68 ± 0,04 <sup>E</sup>	21,07 ± 0,45 <sup>B</sup>	10	6,03 ± 0,03 <sup>e</sup>	5,31 ± 0,04 <sup>E</sup>	11,94 ± 0,72 <sup>AB</sup>
9	7,42 ± 0,04 <sup>f</sup>	5,86 ± 0,03 <sup>F</sup>	21,02 ± 0,38 <sup>B</sup>	13	7,85 ± 0,03 <sup>f</sup>	6,96 ± 0,03 <sup>F</sup>	11,33 ± 0,82 <sup>A</sup>

Các giá trị có chung kí tự (a,b,c...) thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở độ tin cậy 95%.

$\Delta$  (%): tỉ lệ % thay đổi từ bột nhào sang bánh.

**Bảng 3.12.** Tổng hàm lượng saponin trong bánh quy với các công thức bổ sung XTP

Mẫu bổ sung dịch chiết				Mẫu bổ sung hạt vi bao			
Tỉ lệ bổ sung (%)	Bột nhào	Bánh quy	$\Delta$ (%)	Tỉ lệ bổ sung (%)	Bột nhào	Bánh quy	$\Delta$ (%)
	TSC (mgEE/g mẫu)				TSC (mgEE/g mẫu)		
0	12,28 ± 0,13 <sup>a</sup>	11,03 ± 0,42 <sup>a</sup>	10,18 ± 0,22 <sup>A</sup>	0	12,28 ± 0,13 <sup>a</sup>	11,03 ± 0,42 <sup>a</sup>	10,18 ± 0,22 <sup>B</sup>
1	39,97 ± 0,46 <sup>b</sup>	33,97 ± 0,45 <sup>b</sup>	15,01 ± 0,37 <sup>B</sup>	2	40,28 ± 0,33 <sup>b</sup>	36,15 ± 0,56 <sup>b</sup>	10,25 ± 0,44 <sup>B</sup>
3	47,72 ± 0,55 <sup>c</sup>	40,46 ± 0,36 <sup>c</sup>	15,21 ± 0,62 <sup>B</sup>	4	52,94 ± 0,42 <sup>c</sup>	47,56 ± 0,47 <sup>c</sup>	10,16 ± 0,37 <sup>B</sup>
5	58,77 ± 0,37 <sup>d</sup>	49,85 ± 0,64 <sup>d</sup>	15,18 ± 0,36 <sup>B</sup>	7	63,88 ± 0,64 <sup>d</sup>	57,58 ± 0,63 <sup>d</sup>	9,86 ± 0,34 <sup>AB</sup>
7	73,28 ± 0,54 <sup>e</sup>	62,18 ± 0,74 <sup>e</sup>	15,15 ± 0,55 <sup>B</sup>	10	79,52 ± 0,71 <sup>e</sup>	72,18 ± 0,55 <sup>e</sup>	9,23 ± 0,41 <sup>A</sup>
9	96,72 ± 0,73 <sup>f</sup>	82,11 ± 0,76 <sup>f</sup>	15,11 ± 0,68 <sup>B</sup>	13	95,77 ± 0,53 <sup>f</sup>	87,15 ± 0,72 <sup>f</sup>	9,00 ± 0,62 <sup>A</sup>

Các giá trị có chung kí tự (a,b,c...) thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở độ tin cậy 95%.

$\Delta$  (%): tỉ lệ % thay đổi từ bột nhào sang bánh.

##### 3.8.1.2. Độ cứng sản phẩm sau 24 giờ bảo quản

Sự thay đổi tỷ lệ bổ sung dịch trích và vi hạt XTP có ảnh hưởng đáng kể ( $p < 0,05$ ) đến độ cứng của bánh quy, như trong Bảng 3.13.

**Bảng 3.13.** Độ cứng của bánh quy được đánh giá khi bổ sung dịch trích và vi hạt XTP

Mẫu bổ sung dịch chiết		Mẫu bổ sung vi hạt	
Tỉ lệ bổ sung (%)	Độ cứng (N)	Tỉ lệ bổ sung (%)	Độ cứng (N)
0	17,50 ± 0,55 <sup>a</sup>	0	17,50 ± 0,55 <sup>A</sup>
1	21,06 ± 0,18 <sup>b</sup>	2	25,71 ± 0,5 <sup>B</sup>
3	22,78 ± 0,41 <sup>c</sup>	4	26,91 ± 0,13 <sup>C</sup>
5	24,90 ± 0,16 <sup>e</sup>	7	28,53 ± 0,48 <sup>D</sup>
7	24,73 ± 0,28 <sup>e</sup>	10	28,99 ± 0,12 <sup>D</sup>
9	23,06 ± 0,38 <sup>d</sup>	13	26,85 ± 0,17 <sup>C</sup>

Các giá trị có chung kí tự (a,b,c...) thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở độ tin cậy 95%.

### 3.8.1.3. Màu sắc của sản phẩm sau 24 giờ bảo quản

Bảng 3.14 và Bảng 3.15 cho thấy rằng sự thay đổi tỷ lệ bổ sung dịch trích và hạt vi bao XTP trong công thức bánh đều khác biệt thống kê đối với các thông số màu sắc.

**Bảng 3.14.** Màu sắc của bánh quy bổ sung dịch trích ở các tỷ lệ khác nhau

Mẫu bổ sung dịch chiết	L*	a*	b*	ΔE
Đối chứng	60,92 ± 0,03 <sup>f</sup>	6,57 ± 0,01 <sup>a</sup>	26,46 ± 0,02 <sup>a</sup>	-
1%	60,65 ± 0,05 <sup>e</sup>	6,62 ± 0,03 <sup>ab</sup>	26,58 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,300 ± 0,0005 <sup>a</sup>
3%	60,42 ± 0,02 <sup>d</sup>	6,67 ± 0,05 <sup>c</sup>	26,73 ± 0,03 <sup>c</sup>	0,416 ± 0,001 <sup>b</sup>
5%	60,29 ± 0,01 <sup>c</sup>	6,74 ± 0,03 <sup>d</sup>	26,79 ± 0,03 <sup>d</sup>	0,731 ± 0,001 <sup>c</sup>
7%	59,97 ± 0,03 <sup>b</sup>	6,88 ± 0,04 <sup>e</sup>	26,82 ± 0,05 <sup>de</sup>	1,062 ± 0,0005 <sup>d</sup>
9%	59,86 ± 0,05 <sup>a</sup>	6,95 ± 0,04 <sup>f</sup>	26,86 ± 0,02 <sup>e</sup>	1,195 ± 0,001 <sup>e</sup>

Các giá trị theo sau bởi các kí tự (a,b,c...) trong cùng một cột thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở độ tin cậy 95%.

**Bảng 3.15.** Màu sắc của bánh quy kết hợp với hạt vi bao XTP ở các tỷ lệ khác nhau

Mẫu bổ sung vi hạt	L*	a*	b*	ΔE
Đối chứng	60,99 ± 0,03 <sup>e</sup>	6,52 ± 0,01 <sup>a</sup>	26,43 ± 0,05 <sup>a</sup>	-
2%	60,76 ± 0,05 <sup>d</sup>	6,58 ± 0,03 <sup>b</sup>	26,48 ± 0,02 <sup>ab</sup>	0,251 ± 0,0005 <sup>a</sup>
4%	60,68 ± 0,04 <sup>c</sup>	6,60 ± 0,02 <sup>b</sup>	26,49 ± 0,02 <sup>b</sup>	0,244 ± 0,005 <sup>b</sup>
7%	60,48 ± 0,02 <sup>b</sup>	6,66 ± 0,01 <sup>c</sup>	26,56 ± 0,03 <sup>c</sup>	0,460 ± 0,002 <sup>c</sup>
10%	60,42 ± 0,04 <sup>ab</sup>	6,75 ± 0,05 <sup>d</sup>	26,56 ± 0,04 <sup>c</sup>	0,541 ± 0,001 <sup>d</sup>
13%	60,35 ± 0,05 <sup>a</sup>	6,86 ± 0,05 <sup>e</sup>	26,57 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,649 ± 0,001 <sup>e</sup>

Các giá trị theo sau bởi các kí tự (a,b,c...) trong cùng một cột thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở độ tin cậy 95%.

### 3.8.1.4. Hoạt độ nước của bánh sau 24 giờ bảo quản

Kết quả cho thấy mẫu bánh quy đối chứng sau khi nướng có hoạt độ nước cao hơn đáng kể so với các mẫu bánh được bổ sung dịch trích và hạt vi bao.

**Bảng 3.15.** Hoạt độ nước của bánh quy bổ sung dịch trích và hạt vi bao XTP

Mẫu bổ sung dịch chiết		Mẫu bổ sung hạt vi bao	
Tỉ lệ bổ sung (%)	Hoạt độ nước ( $a_w$ )	Tỉ lệ bổ sung (%)	Hoạt độ nước ( $a_w$ )
0	$0,353 \pm 0,001^e$	0	$0,353 \pm 0,001^D$
1	$0,171 \pm 0,002^a$	2	$0,151 \pm 0,001^A$
3	$0,172 \pm 0,001^{ab}$	4	$0,151 \pm 0,002^A$
5	$0,174 \pm 0,001^b$	7	$0,153 \pm 0,002^{AB}$
7	$0,177 \pm 0,002^c$	10	$0,155 \pm 0,001^B$
9	$0,180 \pm 0,001^d$	13	$0,158 \pm 0,001^C$

Các giá trị có chung kí tự (a,b,c...) thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở độ tin cậy 95%

### 3.8.1.5. Đánh giá cảm quan của bánh sau 24 giờ bảo quản

Các thuộc tính về màu sắc và kết cấu thể hiện rõ mẫu bánh bổ sung 5% dịch chiết và 10% hạt vi bao có điểm số chấp nhận cao nhất. TPC và TSC tại mẫu bổ sung 10% hạt vi bao cao hơn đáng kể so với mẫu bổ sung 5% dịch chiết. Mẫu bánh bổ sung 10% vi hạt và 5% dịch chiết được lựa chọn để đánh giá trong nghiên cứu tiếp theo.

### 3.8.2. Đánh giá ảnh hưởng của dịch chiết và hạt vi bao xáo tam phân đến chất lượng của bánh quy trong quá trình bảo quản ở điều kiện gia tốc lão hóa

#### 3.8.2.1 Hàm lượng TPC và TSC sau 40 ngày bảo quản ở 30°C, 40°C và 50°C

Mẫu bánh bổ sung 5% dịch chiết và 10% hạt vi bao được chọn để tiếp tục khảo sát sự biến đổi TPC và TSC sau 40 ngày bảo quản ở 30°C, 40°C và 50°C. Kết quả động học suy thoái cũng cho thấy, tốc độ phân hủy phenolic trong các mẫu bổ sung dịch trích ở 30°C ( $k=0,0120 \text{ ngày}^{-1}$ ) cao hơn gấp 3,4 lần so với mẫu bổ sung hạt vi bao ( $k=0,0035 \text{ ngày}^{-1}$ ) trong cùng nhiệt độ (Bảng 3.16). Khuynh hướng biến đổi tương tự cũng được ghi nhận ở thành phần saponin trong bánh (Bảng 3.17).

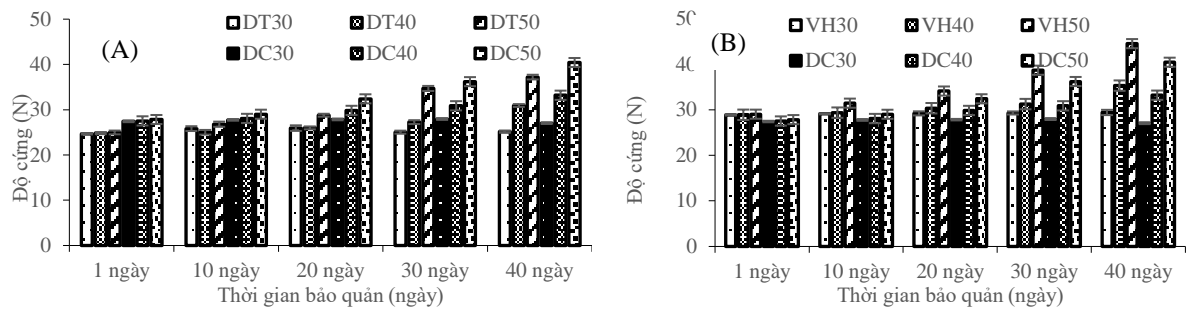
**Bảng 3.16.** Động học suy thoái của TPC trong mẫu bánh sau 40 ngày bảo quản ở các điều kiện nhiệt độ khác nhau

Mẫu bổ sung dịch trích				Mẫu bổ sung hạt vi bao			
Nhiệt độ bảo quản (°C)	Hằng số tốc độ suy thoái k ( $\text{ngày}^{-1}$ )	Một nửa thời gian bảo quản (ngày)	Năng lượng hoạt hoá ( $E_a$ ) (kcal.mol <sup>-1</sup> )	Nhiệt độ bảo quản (°C)	Hằng số tốc độ suy thoái k ( $\text{ngày}^{-1}$ )	Một nửa thời gian bảo quản (ngày)	Năng lượng hoạt hoá ( $E_a$ ) (kcal.mol <sup>-1</sup> )
30	0,0120	58		30	0,0035	196	
40	0,0153	45	5,27	40	0,0059	117	8,90
50	0,0203	34		50	0,0092	75	

**Bảng 3.17.** Động học suy thoái của TSC trong mẫu bánh sau 40 ngày bảo quản

Mẫu bổ sung dịch trích				Mẫu bổ sung hạt vi bao			
Nhiệt độ bảo quản (°C)	Hằng số tốc độ suy thoái k ( $\text{ngày}^{-1}$ )	Một nửa thời gian bảo quản (ngày)	Năng lượng hoạt hoá ( $E_a$ ) (kcal.mol <sup>-1</sup> )	Nhiệt độ bảo quản (°C)	Hằng số tốc độ suy thoái k ( $\text{ngày}^{-1}$ )	Một nửa thời gian bảo quản (ngày)	Năng lượng hoạt hoá ( $E_a$ ) (kcal.mol <sup>-1</sup> )
30	0,0113	62		30	0,0035	200	
40	0,0140	49	4,47	40	0,0057	122	8,84
50	0,0178	39		50	0,0086	81	

### 3.8.2.2. Độ cứng của bánh quy sau 40 ngày bảo quản ở 30°C, 40°C và 50°C



**Hình 3.10.** Độ cứng bánh quy bổ sung dịch trích (A) và bánh bổ sung vi hạt (B)

Sự thay đổi nhiệt độ và thời gian bảo quản đã tác động đến độ cứng của bánh quy được thể hiện ở Hình 3.10. Ở nhiệt độ càng cao, quá trình thoái hóa tinh bột diễn càng ra mạnh hơn.

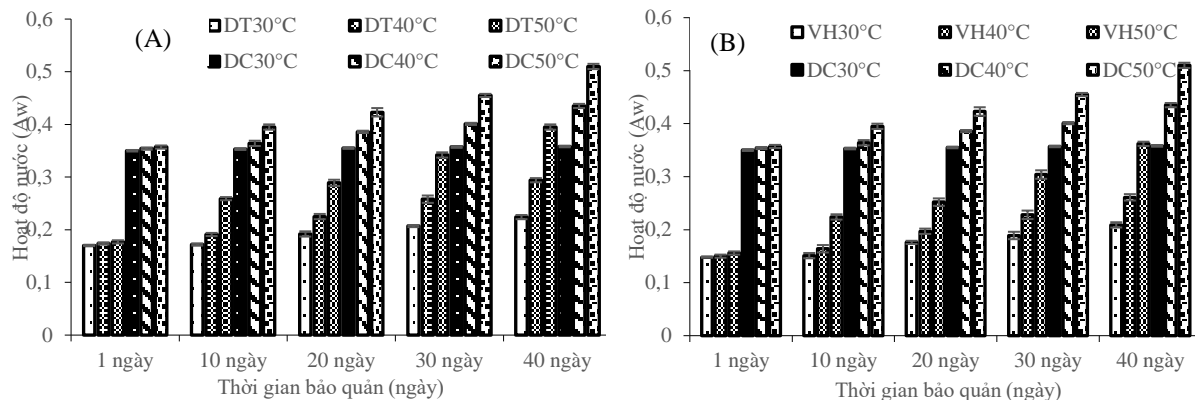
### 3.8.2.3. Màu sắc bánh quy sau 40 ngày bảo quản ở 30°C, 40°C và 50°C

Khi bảo quản bánh ở 30°C, sau 40 ngày các mẫu bổ sung dịch trích có  $\Delta E$  lớn nhất, điều này làm cho bánh quy bổ sung dịch trích có màu đậm hơn so với 2 mẫu còn lại ở cùng nhiệt độ (Bảng 3.18). Như vậy, việc bổ sung hạt vi bao vào sản phẩm thay vì dịch trích đã cải thiện màu sắc của sản phẩm rất nhiều.

Khi càng nâng nhiệt độ bảo quản lên cao, thì  $\Delta E$  của mẫu bổ sung dịch trích càng cho thấy rõ sự khác biệt so với mẫu đối chứng. Ở 50°C, sau 40 ngày bảo quản,  $\Delta E$  của mẫu bổ sung dịch trích lên đến  $10,70 \pm 0,08$ ; trong khi mẫu đối chứng chỉ  $8,74 \pm 0,09$  (Bảng 3.19).

### 3.8.2.4. Hoạt độ nước của bánh quy sau 40 ngày bảo quản ở 30°C, 40°C và 50°C

Đánh giá hoạt độ nước của các mẫu bánh bổ sung dịch trích và vi hạt ở các điều kiện nhiệt độ khác nhau được thể hiện ở Hình 3.11. Nhìn chung, các mẫu bánh quy đều gia tăng hoạt độ nước sau 40 ngày bảo quản ở các điều kiện nhiệt độ bảo quản, ngoại trừ mẫu đối chứng.



**Hình 3.11.** Hoạt độ nước của bánh bổ sung dịch trích (A) và bánh bổ sung vi hạt (B)

**Bảng 3.18.** Màu sắc của bánh quy sau 40 ngày bảo quản của các mẫu bổ sung dịch trích và vi hạt ở 30°C

Thời gian (ngày)	30°C											
	DỊCH TRÍCH				VI HẠT				ĐỐI CHỨNG			
	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
1	60,29 ± 0,07 <sup>b</sup>	6,74 ± 0,05 <sup>a</sup>	26,79 ± 0,09 <sup>a</sup>	-	60,42 ± 0,04 <sup>b</sup>	6,75 ± 0,02 <sup>a</sup>	26,56 ± 0,04 <sup>a</sup>	-	60,92 ± 0,03 <sup>b</sup>	6,57 ± 0,03 <sup>a</sup>	26,46 ± 0,02 <sup>a</sup>	-
10	60,18 ± 0,09 <sup>ab</sup>	6,75 ± 0,02 <sup>a</sup>	26,80 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,111 ± 0,05 <sup>a</sup>	60,33 ± 0,01 <sup>ab</sup>	6,76 ± 0,03 <sup>a</sup>	26,57 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,091 ± 0,01 <sup>a</sup>	60,84 ± 0,02 <sup>a</sup>	6,57 ± 0,01 <sup>a</sup>	26,48 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,082 ± 0,01 <sup>a</sup>
20	60,17 ± 0,03 <sup>a</sup>	6,77 ± 0,04 <sup>a</sup>	26,81 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,125 ± 0,02 <sup>ab</sup>	60,31 ± 0,05 <sup>a</sup>	6,76 ± 0,01 <sup>a</sup>	26,59 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,114 ± 0,04 <sup>a</sup>	60,82 ± 0,07 <sup>a</sup>	6,58 ± 0,03 <sup>a</sup>	26,49 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,105 ± 0,02 <sup>a</sup>
30	60,15 ± 0,04 <sup>a</sup>	6,79 ± 0,08 <sup>a</sup>	26,82 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,152 ± 0,01 <sup>ab</sup>	60,29 ± 0,03 <sup>a</sup>	6,77 ± 0,06 <sup>a</sup>	26,61 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,141 ± 0,05 <sup>ab</sup>	60,81 ± 0,01 <sup>a</sup>	6,58 ± 0,10 <sup>a</sup>	26,50 ± 0,06 <sup>a</sup>	0,117 ± 0,01 <sup>a</sup>
40	60,13 ± 0,06 <sup>a</sup>	6,80 ± 0,03 <sup>a</sup>	26,85 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,181 ± 0,03 <sup>b</sup>	60,26 ± 0,06 <sup>a</sup>	6,78 ± 0,01 <sup>a</sup>	26,63 ± 0,08 <sup>a</sup>	0,157 ± 0,01 <sup>b</sup>	60,80 ± 0,06 <sup>a</sup>	6,59 ± 0,09 <sup>a</sup>	26,51 ± 0,04 <sup>a</sup>	0,132 ± 0,05 <sup>a</sup>

Các giá trị theo sau bởi các kí tự (a,b,c...) trong cùng một hàng thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở độ tin cậy 95%.

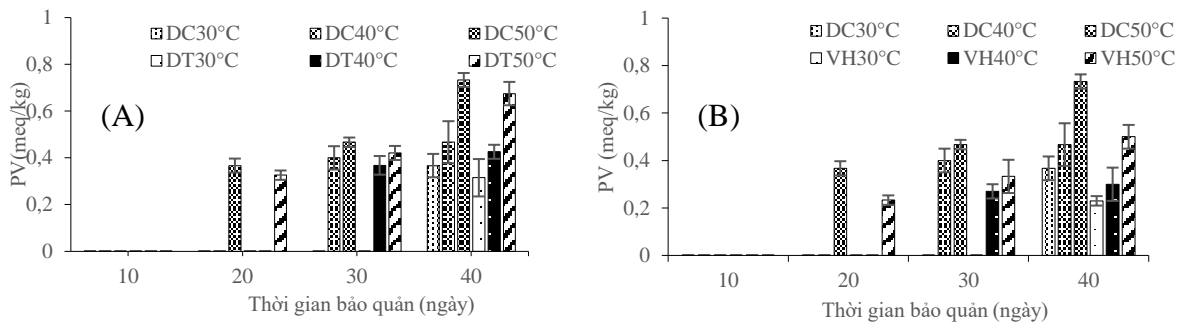
**Bảng 3.19.** Màu sắc của bánh quy sau 40 ngày bảo quản của các mẫu bổ sung dịch trích và vi hạt ở 50°C

Thời gian (ngày)	50°C											
	DỊCH TRÍCH				VI HẠT				ĐỐI CHỨNG			
	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE	L*	a*	b*	ΔE
1	60,29 ± 0,01 <sup>a</sup>	6,74 ± 0,03 <sup>a</sup>	26,79 ± 0,03 <sup>a</sup>	-	60,42 ± 0,04 <sup>a</sup>	6,75 ± 0,05 <sup>a</sup>	26,56 ± 0,04 <sup>a</sup>	-	60,92 ± 0,03 <sup>a</sup>	6,57 ± 0,01 <sup>a</sup>	26,46 ± 0,02 <sup>a</sup>	-
10	58,08 ± 0,07 <sup>b</sup>	7,20 ± 0,05 <sup>b</sup>	27,98 ± 0,05 <sup>b</sup>	2,55 ± 0,05 <sup>a</sup>	59,05 ± 0,07 <sup>b</sup>	7,01 ± 0,09 <sup>b</sup>	27,45 ± 0,10 <sup>b</sup>	1,654 ± 0,06 <sup>a</sup>	59,15 ± 0,04 <sup>b</sup>	6,78 ± 0,01 <sup>b</sup>	26,89 ± 0,09 <sup>b</sup>	1,83 ± 0,03 <sup>a</sup>
20	56,68 ± 0,02 <sup>c</sup>	7,95 ± 0,10 <sup>c</sup>	28,50 ± 0,11 <sup>c</sup>	4,17 ± 0,03 <sup>b</sup>	57,45 ± 0,12 <sup>c</sup>	7,56 ± 0,10 <sup>c</sup>	28,01 ± 0,06 <sup>c</sup>	3,403 ± 0,03 <sup>b</sup>	58,01 ± 0,08 <sup>c</sup>	7,45 ± 0,09 <sup>c</sup>	27,56 ± 0,07 <sup>c</sup>	3,23 ± 0,11 <sup>b</sup>
30	53,56 ± 0,08 <sup>d</sup>	8,68 ± 0,04 <sup>d</sup>	29,18 ± 0,07 <sup>d</sup>	7,40 ± 0,04 <sup>c</sup>	55,37 ± 0,05 <sup>d</sup>	8,20 ± 0,07 <sup>d</sup>	28,60 ± 0,12 <sup>d</sup>	5,636 ± 0,06 <sup>c</sup>	55,91 ± 0,08 <sup>d</sup>	8,15 ± 0,06 <sup>d</sup>	28,42 ± 0,02 <sup>d</sup>	5,61 ± 0,03 <sup>c</sup>
40	50,38 ± 0,05 <sup>e</sup>	9,20 ± 0,05 <sup>e</sup>	29,98 ± 0,09 <sup>e</sup>	10,70 ± 0,08 <sup>d</sup>	52,87 ± 0,07 <sup>e</sup>	8,9 ± 0,01 <sup>e</sup>	29,15 ± 0,08 <sup>e</sup>	8,686 ± 0,01 <sup>d</sup>	52,95 ± 0,03 <sup>e</sup>	8,85 ± 0,05 <sup>e</sup>	29,01 ± 0,10 <sup>e</sup>	8,74 ± 0,09 <sup>d</sup>

Các giá trị theo sau bởi các kí tự (a,b,c...) trong cùng một hàng thì khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở độ tin cậy 95%.

### 3.8.2.5. Chỉ số peroxide của bánh quy sau 40 ngày bảo quản ở 30°C, 40°C, 50°C

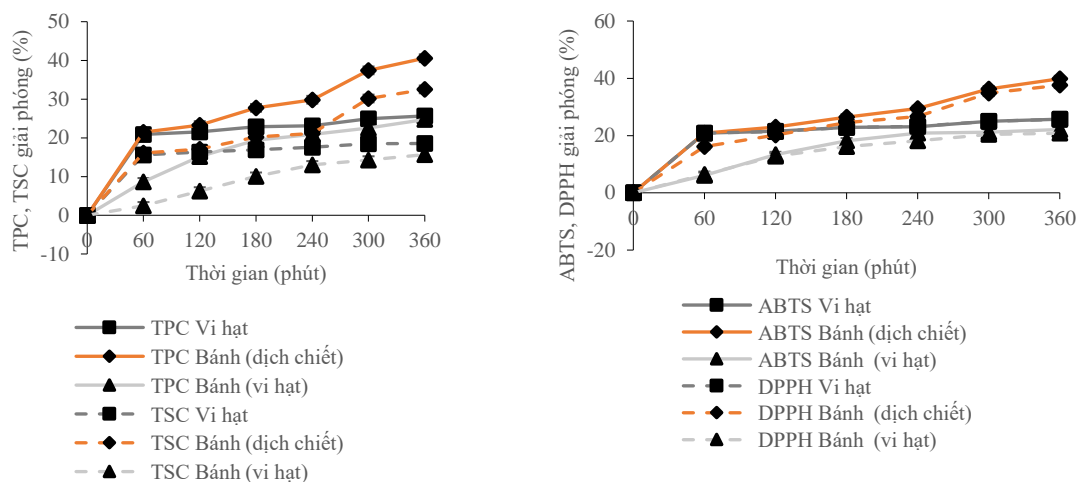
Hình 3.12 cho thấy rằng 30 ngày bảo quản ở 30°C, không có giá trị peroxide nào được tạo ra bởi bất kì mẫu nào. Tại ngày bảo quản thứ 40 ở 30°C, ngày bảo quản thứ 30 ở 40°C, và tại ngày bảo quản thứ 20 ở 50°C, giá trị peroxide đã xuất hiện.



**Hình 3.12.** Giá trị peroxide của bánh bổ sung dịch trích (A) và bánh bổ sung vi hạt (B)

### 3.8.3. Sự giải phóng TPC, TSC và hoạt tính chống oxy hoá của bánh quy bổ sung XTP trong quá trình tiêu hoá in vitro

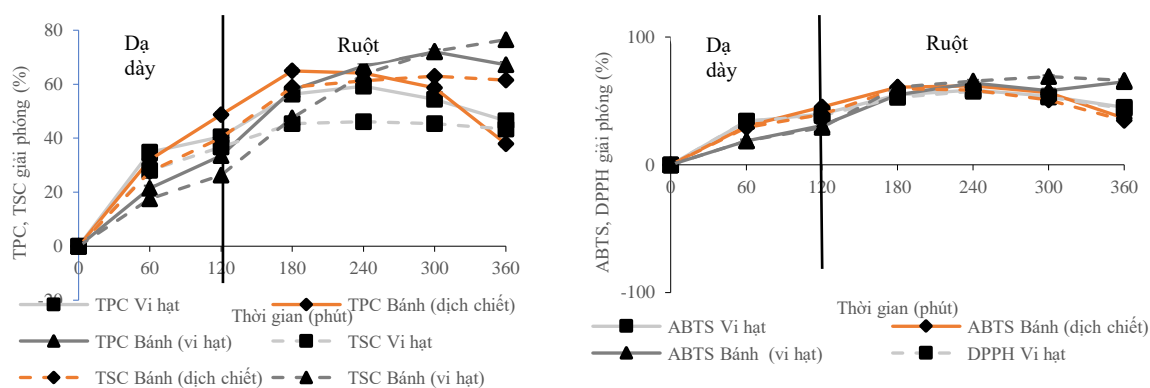
#### 3.8.3.1. Sự giải phóng TPC, TSC và hoạt tính chống oxy hoá của bánh quy bổ sung XTP trong môi trường nước cất và môi trường giả định



**Hình 3.13.** Sự giải phóng TPC, TSC (trái) và hoạt tính chống oxy hoá (phải) trong môi trường nước cất

Trong môi trường nước cất, sự giải phóng TPC và TSC diễn ra chậm, có thể môi trường và các điều kiện bất lợi chưa tác động nhiều đến cấu trúc màng vi bao và liên kết giữa các hoạt chất với màng bao



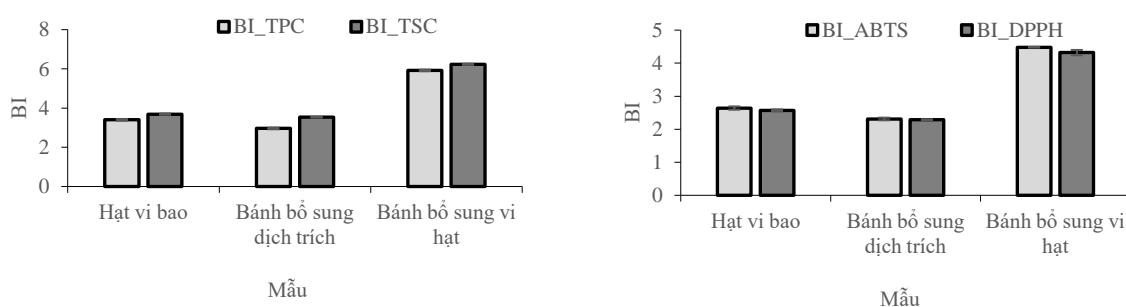


**Hình 3.14.** Sự giải phóng TPC, TSC (trái) và hoạt tính chống oxy hoá (phải) trong môi trường HGF

Hình 3.14 cho thấy trong HGF, hạt vi bao SA-chitosan đã giải phóng 40,48% TPC và 36,76% TSC trong 120 phút tiêu hoá, và tăng cao nhất tại giai đoạn chuyển tiếp giữa SGF và SIF ở thời gian 180-240 phút. Tương tự, mẫu bánh bổ sung dịch chiết cũng giải phóng các hoạt chất đạt mức cao nhất từ 59-65% ở giai đoạn chuyển tiếp giữa dạ dày và ruột, sau đó giảm nhẹ.

### 3.8.3.2. Khả năng tiếp cận sinh học của TPC, TSC và hoạt tính chống oxy hóa sau khi tiêu hóa hạt vi bao và bánh quy trong ống nghiệm

Chỉ số BI của ba mẫu nghiên cứu cho kết quả  $BI_{\text{bánh bổ sung hạt vi bao}} > BI_{\text{bánh bổ sung dịch chiết}} > BI_{\text{hạt vi bao}}$ . BI cao nhất được quan sát thấy đối với bánh quy bổ sung hạt vi bao, cao hơn 50% (TPC) và 43% (TSC) so với mức BI được xác định cho bánh quy bổ sung dịch chiết và 43% (TPC) và 41% (TSC) so với hạt vi bao.



**Hình 3.15.** Chỉ số tiếp cận sinh học (BI) theo TPC, TSC (trái) và ABTS, DPPH (phải) của các mẫu trong môi trường HGF

#### 4. Kết luận

Nghiên cứu đã xác định cây xáo tam phân nhân giống (*Paramignya trimera* (Oliv.) Guillaum) 4 tuổi có hàm lượng TPC và TSC cao nhất, đặc biệt lá cây có hàm lượng protein và khoáng chất cũng vượt trội so với rễ và thân nên phù hợp để trích ly và ứng dụng trong thực phẩm.

Quá trình trích ly TPC và TSC từ lá cây xáo tam phân 4 tuổi đạt hiệu quả cao nhất trong các điều kiện sau: Xử lý siêu âm với năng lượng siêu âm 200W (tương ứng với công suất 5W/g), nhiệt độ 47°C trong 8 phút, sau đó xử lý enzyme với nồng độ enzyme pectinase-cellulase (1:1) là 0,8% (v/w), nhiệt độ xử lý 53°C trong thời gian 120 phút. Dịch chiết thu được chứa 43 hợp chất phenolic và 18 saponin.

Nghiên cứu đã chứng minh hiệu quả của kỹ thuật cô đặc lạnh đông khối trong việc làm giàu dịch chiết, với khả năng bảo tồn các hợp chất phenolic và saponin chính yếu. Kết quả cô đặc cho thấy hiệu quả từ 65 – 67% về hàm lượng TPC và TSC, cùng với sự gia tăng đáng kể về hoạt tính chống oxy hóa.

Hệ màng bao SA-chitosan với tỷ lệ 80:20 và tỷ lệ dịch trích:màng bao 1:2 cho hiệu quả bao gói tối ưu các hoạt chất, đạt 80-86%. Trong điều kiện xử lý thực phẩm (pH 4-8, 90°C, 10 phút) thì hiệu quả vi bao đạt 68-80%, cho thấy tính ổn định cao của hệ màng bao trong các điều kiện khắc nghiệt. Động học giải phóng TPC và TSC từ vi nang trong môi trường nước tuân theo mô hình Higuchi.

Khi ứng dụng vào bánh quy, tỉ lệ 10% hạt vi bao và 5% dịch trích cho sản phẩm bánh có các đặc tính mong muốn nhất. Trong đó phiên bản vi bao giữ được giá trị dinh dưỡng cao hơn về hàm lượng TPC, TSC và tăng thời hạn sử dụng sản phẩm. Ở điều kiện nhiệt độ 30°C, thời gian bảo quản đối với mẫu bánh quy bổ sung hạt vi bao là khoảng 196 ngày, gấp 3 lần so với mẫu bổ sung dịch chiết (khoảng 58 ngày) (dựa theo tốc độ suy thoái TPC và TSC). Đánh giá về khả năng tiêu hoá in vitro, bánh quy bổ sung hạt vi bao có khả năng giải phóng các hoạt chất ở ruột non tốt hơn và chỉ số tiếp cận sinh học (BI) cũng cao hơn so với bánh quy bổ sung dịch chiết. Kết quả chứng tỏ chế phẩm trích ly từ lá cây xáo tam phân giàu TPC, TSC có thể được ứng dụng trong các sản phẩm thực phẩm.

## DANH MỤC CÁC CÔNG BỐ KHOA HỌC

1. T N T Nguyen, A Q Do, T T Trinh, H N Le, P H Phan, V T Phung, T T T Nguyen and M X H Nguyen. (2023). Ultrasound probe assisted extraction of *Paramignya trimera* (Oliver) Guillaum root, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1155.
2. Thao T.N.N., Tan T.T., Nghia H.L., Tuyen C.K., Hien P.P., and Hong M.X.N. (2024). Aqueous Ultrasound-Assisted Extraction of Phenolics and Saponins from Xao Tam Phan Plant Parts: Optimization and Comparison of Extraction Efficiency. *Journal Of Technical Education Science*, 19(03), 77-88.