BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NHA TRANG

TRẦN THANH GIANG

NGHIÊN CỨU SẤY KHÔ, CHIẾT TÁCH VÀ ĐÁNH GIÁ HOẠT TÍNH SINH HỌC CỦA 2 CÂY DƯỢC LIỆU ĐAN SÂM (*SALVIA MILTIORRHIZA* BUNGE) VÀ BẢY LÁ MỘT HOA (*PARIS POLYPHYLLA* SMITH) ĐỊNH HƯỚNG ỨNG DỤNG PHÁT TRIỂN THỰC PHẨM CHỨC NĂNG

Ngành đào tao: Công nghệ Thực phẩm

Mã số: 9540101

TÓM TẮT LUẬN ÁN TIẾN SĨ

KHÁNH HÒA – 2026

Công trình được hoàn thành tại Trường Đại học Nha Trang

Người hướng dẫn khoa học: **1. PGS. TS. Nguyễn Văn Tặng**

2. PGS. TS. Nguyễn Văn Hòa

Phản biện 1:

Phản biện 2:

Phản biện 3:

Luận án được bảo vệ tại Hội đồng đánh giá luận án Tiến sĩ cấp trường họp tại Trường Đại học Nha Trang vào hồi ..... giờ ..... ngày ..... tháng ..... năm .....

Có thể tìm hiểu luận án tại: Thư viện Quốc gia và Thư viện Trường Đại Nha Trang

MỞ ĐẦU

Việc nghiên cứu và ứng dụng các dược liệu tự nhiên trong chăm sóc sức khỏe đang ngày càng được quan tâm, đặc biệt là các sản phẩm chiết xuất giàu hoạt chất sinh học.

Đan sâm (*Salvia miltiorrhiza* Bunge) và Bảy lá một hoa (*Paris polyphylla* Smith) là hai dược liệu quý, được biết đến với các hoạt tính sinh học nổi bật như chống oxy hóa, bảo vệ tim mạch, kháng vi sinh vật và ức chế tế bào ung thư. Tuy nhiên, các nghiên cứu về chuẩn hóa quy trình sấy khô và chiết tách nhằm bảo toàn và nâng cao hàm lượng hoạt chất sinh học của hai loài này vẫn còn hạn chế.

Các quá trình sấy và chiết tách đóng vai trò quan trọng trong việc quyết định chất lượng nguyên liệu và hiệu quả thu nhận hoạt chất. Việc nghiên cứu ảnh hưởng của điều kiện sấy và chiết tách đến hàm lượng và hoạt tính sinh học của Đan sâm và Bảy lá một hoa là cần thiết, nhằm tạo cơ sở khoa học cho việc phát triển các sản phẩm thực phẩm chức năng có giá trị sinh học cao và an toàn.

MỤC TIÊU NGHIÊN CỨU

- Xác định được điều kiện sấy phù hợp nhất cho hai cây dược liệu Đan sâm (*Salvia miltiorrhiza* Bunge) và Bảy lá một hoa (*Paris polyphylla* Smith).

- Xác định được điều kiện chiết tối ưu các hợp chất có hoạt tính sinh học từ hai cây dược liệu Đan sâm (*Salvia miltiorrhiza* Bunge) và Bảy lá một hoa (*Paris polyphylla* Smith).

- Thử nghiệm ứng dụng được dịch chiết giàu hoạt chất sinh học từ hai cây dược liệu Đan sâm (*Salvia miltiorrhiza* Bunge) và Bảy lá một hoa (*Paris polyphylla* Smith) để sản xuất bột vi bao định hướng phát triển thực phẩm chức năng.

NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

- Nghiên cứu xác định điều kiện sấy phù hợp nhất cho hai cây dược liệu Đan sâm (*Salvia miltiorrhiza* Bunge) và Bảy lá một hoa (*Paris polyphylla* Smith).

- Nghiên cứu xác định điều kiện chiết tối ưu các hợp chất có hoạt tính sinh học từ hai cây dược liệu Đan sâm (*Salvia miltiorrhiza* Bunge) và Bảy lá một hoa (*Paris polyphylla* Smith).

- Thử nghiệm ứng dụng dịch chiết giàu hoạt chất sinh học từ hai cây dược liệu Đan sâm (*Salvia miltiorrhiza* Bunge) và Bảy lá một hoa (*Paris polyphylla* Smith) để sản xuất bột vi bao định hướng phát triển thực phẩm chức năng.

CHƯƠNG 1. TỔNG QUAN

1.1. Đan sâm

Đan sâm (ĐS - *Salvia miltiorrhiza* Bunge) là dược liệu được sử dụng rộng rãi trong y học cổ truyền Trung Hoa và Việt Nam, nổi bật với hoạt tính chống oxy hóa, bảo vệ tim mạch và chống viêm. Theo báo cáo của Mei và cộng sự, đến năm 2019 đã xác định được 201 hợp chất hóa học trong ĐS, trong đó có 81 hợp chất thuộc nhóm kỵ nước (chủ yếu là các diterpenoid và dẫn xuất quinone có liên quan), 43 hợp chất thuộc nhóm ưa nước (chủ yếu là các acid phenolic) và 77 hợp chất thuộc nhiều nhóm cấu trúc khác nhau.

1.2. Bảy lá một hoa

Bảy lá một hoa (BLMH - *Paris polyphylla* Smith) là dược liệu quý hiếm có tác dụng kháng vi sinh vật, ức chế tế bào ung thư và tăng cường miễn dịch. Theo Ding và cộng sự, đến năm 2020, đã phân lập và xác định được hơn 320 hợp chất từ loài *Paris*, trong đó chủ yếu là saponin steroid, saponin cholestanol, C-21 steroid, phytosterol, triterpenes, polysaccharide và các chất trao đổi thứ cấp khác…

1.3. Sấy

Sấy là phương pháp bảo quản phổ nguyên liệu biến, dựa trên nguyên tắc loại bỏ nước thông qua quá trình truyền nhiệt và truyền khối. Kết quả là độ ẩm và hoạt độ nước giảm, ức chế enzyme và vi sinh vật gây hư hỏng, kéo dài thời gian bảo quản, giảm khối lượng, thể tích, thuận tiện cho đóng gói, vận chuyển. Một số phương pháp sấy được nghiên cứu trong luận án để xác định phương pháp và điều kiện sấy phù hợp cho rễ ĐS và thân rễ BLMH bao gồm: Sấy tự nhiên và Sấy nhân tạo (sấy không khí nóng, sấy vi sóng, sấy hồng ngoại, sấy bằng không khí khô có độ ẩm tương đối thấp và nhiệt độ thấp - thường gọi là sấy lạnh và sấy đông khô).

1.4. Chiết tách

Chiết tách là bước quan trọng thu nhận các hợp chất có hoạt tính sinh học từ nguyên liệu. Về bản chất, đây là quá trình sử dụng dung môi có khả năng hòa tan chọn lọc để tách và thu hồi các cấu tử mục tiêu. Một số yếu tố ảnh hưởng được nghiên cứu trong luận án để xác định điều kiện chiết tối ưu cho hai loại nguyên liệu rễ ĐS và thân rễ BLMH gồm: Dung môi chiết và phương pháp chiết; Tỉ lệ nguyên liêu/dung môi; Thời gian chiết, nhiệt độ chiết; Thời gian bức xạ, công suất vi sóng.

1.5. Vi bao chiết xuất từ thực vật

Vi bao là công nghệ bao bọc các hợp chất sinh học (polyphenol, flavonoid, tinh dầu…) trong lớp màng bảo vệ có kích thước siêu nhỏ (thường dưới 1.000 nm), nhằm tăng tính ổn định, kiểm soát phóng thích, giảm tổn thất do oxy hóa, ánh sáng, nhiệt độ, độ ẩm, cải thiện khả năng hòa tan/sinh khả dụng. Trong nghiên cứu sử dụng hỗn hợp chất bao màng bao gồm maltodextrin (MD), gum arabic (GA), tinh bột ngô biến tính (MCS) và pectin (PEC) để tạo hạt vi bao từ dịch chiết cô đặc rễ ĐS và thân rễ BLMH.

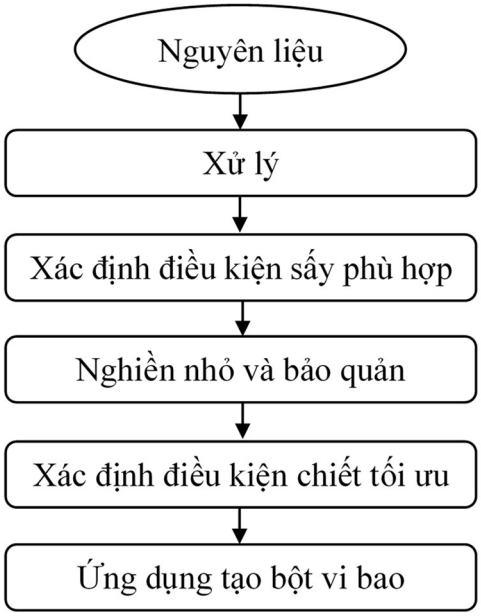
CHƯƠNG 2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu và hóa chất

Rễ ĐS (*S. miltiorrhiza* Bunge) được thu hái tại huyện Sìn Hồ, tỉnh Lai Châu (vĩ độ 22,359586°B, kinh độ 103,250646°Đ) vào ngày 18/2/2022. Thân rễ BLMH (*P. polyphylla* Smith*)* được thu hái tại huyện Mù Cang Chải, tỉnh Yên Bái (vĩ độ 21.838733°B, kinh độ 104.108827°Đ) vào ngày 20/2/2022.

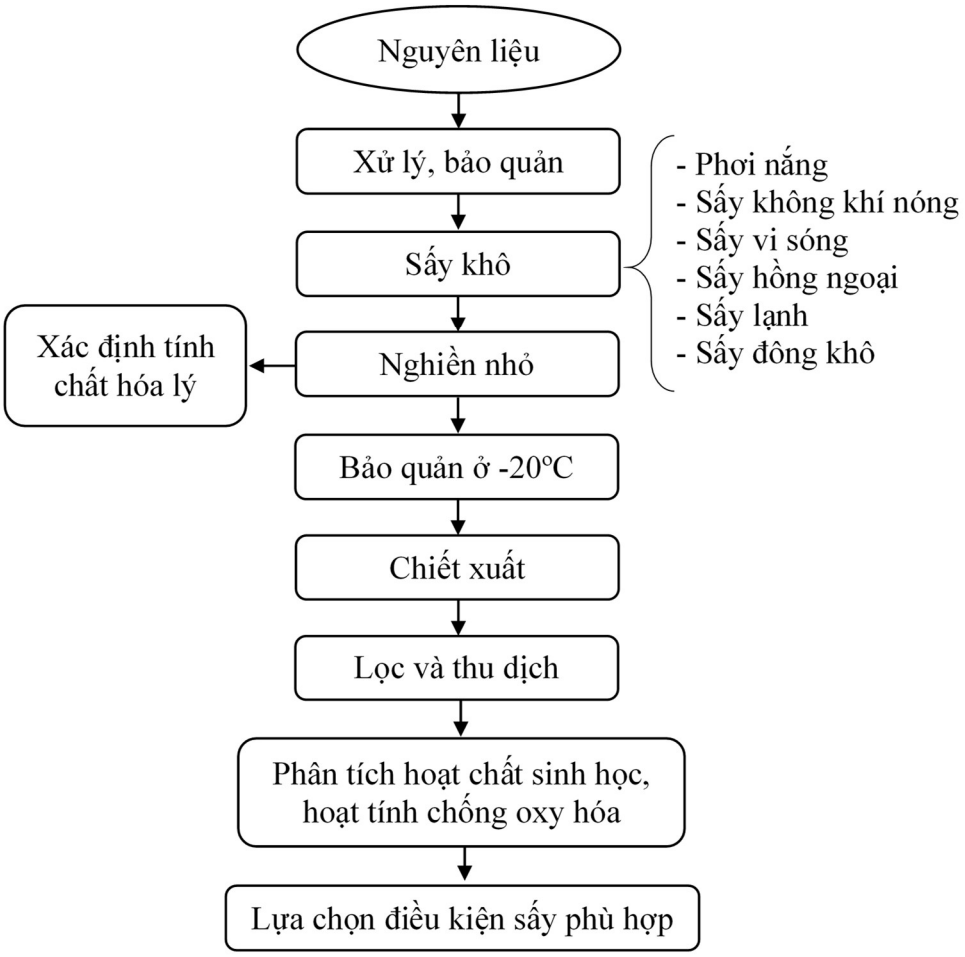
2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Sơ đồ nghiên cứu tổng quát (hình 2.3)



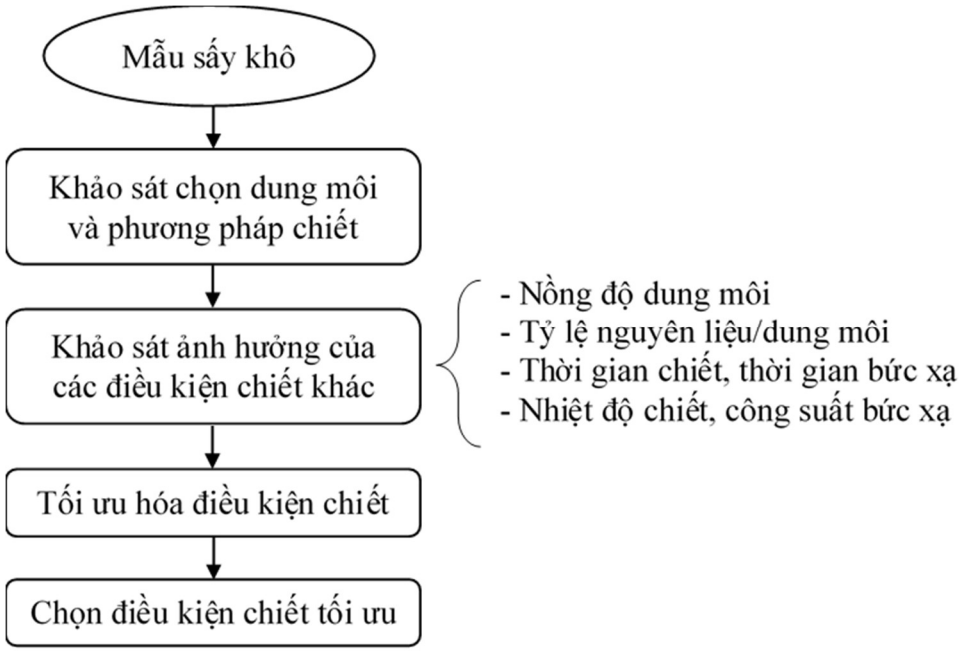
Hình 2.3. Sơ đồ bố trí thí nghiệm tổng quát

2.2.2. Nghiên cứu xác định điều kiện sấy phù hợp (Hình 2.4)



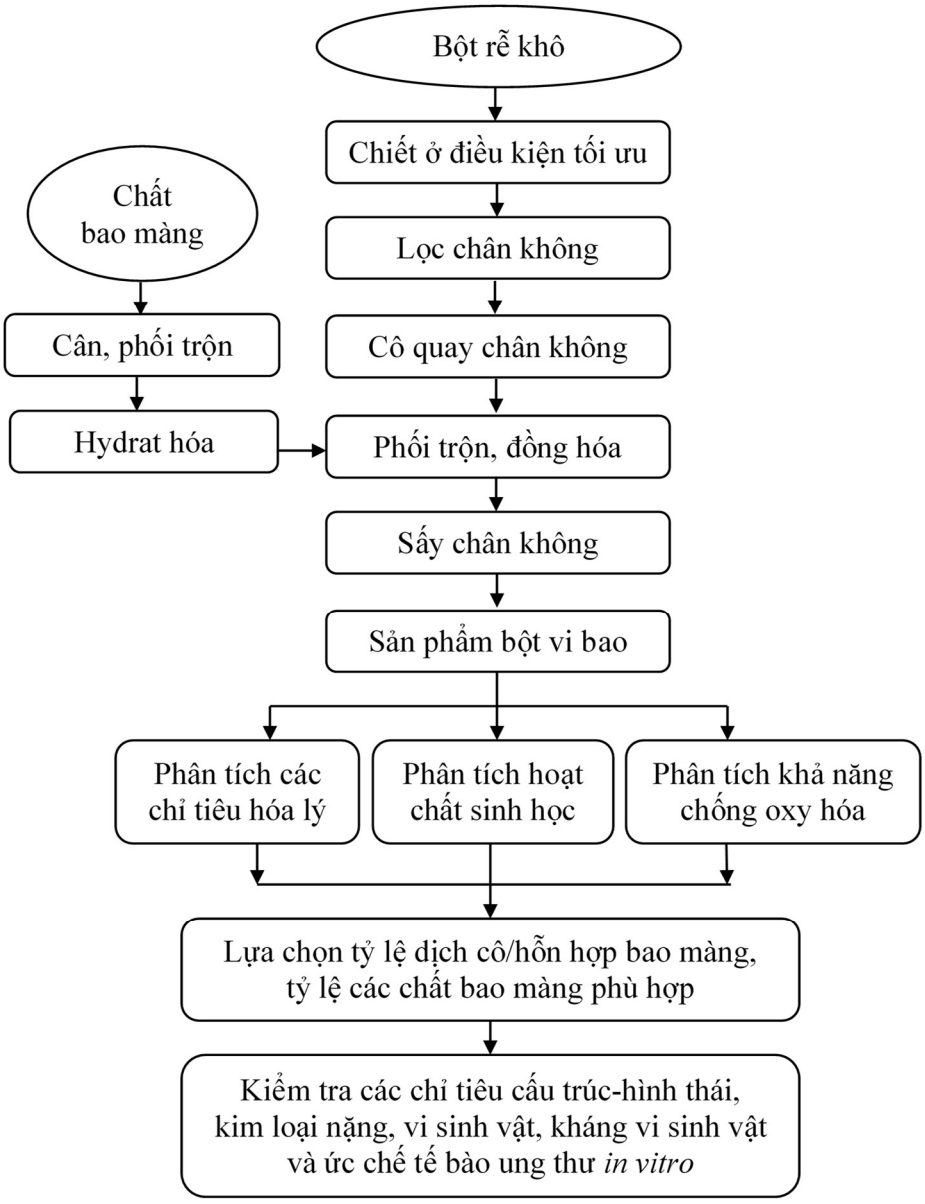
Hình 2.4. Sơ đồ bố trí thí nghiệm xác định điều kiện sấy

2.2.3. Nghiên cứu điều kiện chiết (Hình 2.5)



Hình 2.5. Sơ đồ bố trí thí nghiệm xác định điều kiện chiết

2.2.4. Nghiên cứu thử nghiệm tạo bột vi bao từ rễ ĐS và thân rễ BLMH (Hình 2.6)



Hình 2.6. Sơ đồ bố trí thí nghiệm sản xuất bột vi bao

2.3. Phương pháp phân tích

Phương pháp xác định tính chất hóa lý: thời gian sấy, tiêu thụ năng lượng, năng suất sấy, năng suất chiết, màu sắc, độ ẩm, hoạt độ nước, hiệu suất chiết, độ hòa tan, kích thước hạt, thế zeta, cấu trúc bề mặt, phân tích nhiệt vi sai, nhiễu xạ tia X, nhiệt trọng lượng.

Phương pháp xác định hàm lượng hoạt chất sinh học: hàm lượng saponins tổng số, phenolic tổng số, flavonoid tổng số, alkaloid tổng số;

Phương pháp xác định hoạt tính chống oxy hóa *in vitro*: khả năng quét gốc tự do ABTS, DPPH, khả năng chống oxy hóa bằng cách khử sắt.

Phương pháp phân tích kim loại nặng Pb, Hg, Cd, As.

Phương pháp phân tích vi sinh vật: tổng số vi sinh vật hiếu khí, *Coliform*, *Escherichia Coli, Staphylococus aureus,* Tổng số bào tử nấm men – nấm mốc, *Clostridium perfringens.* Phương pháp đánh giá hoạt tính kháng vi sinh vật bằng phương pháp khuếch tán qua giếng thạch và phương pháp pha loãng trong môi trường lỏng.

Phương pháp đánh giá hoạt tính ức chế tăng trưởng tế bào ung thư *in vitro* bằng phép thử MTT.

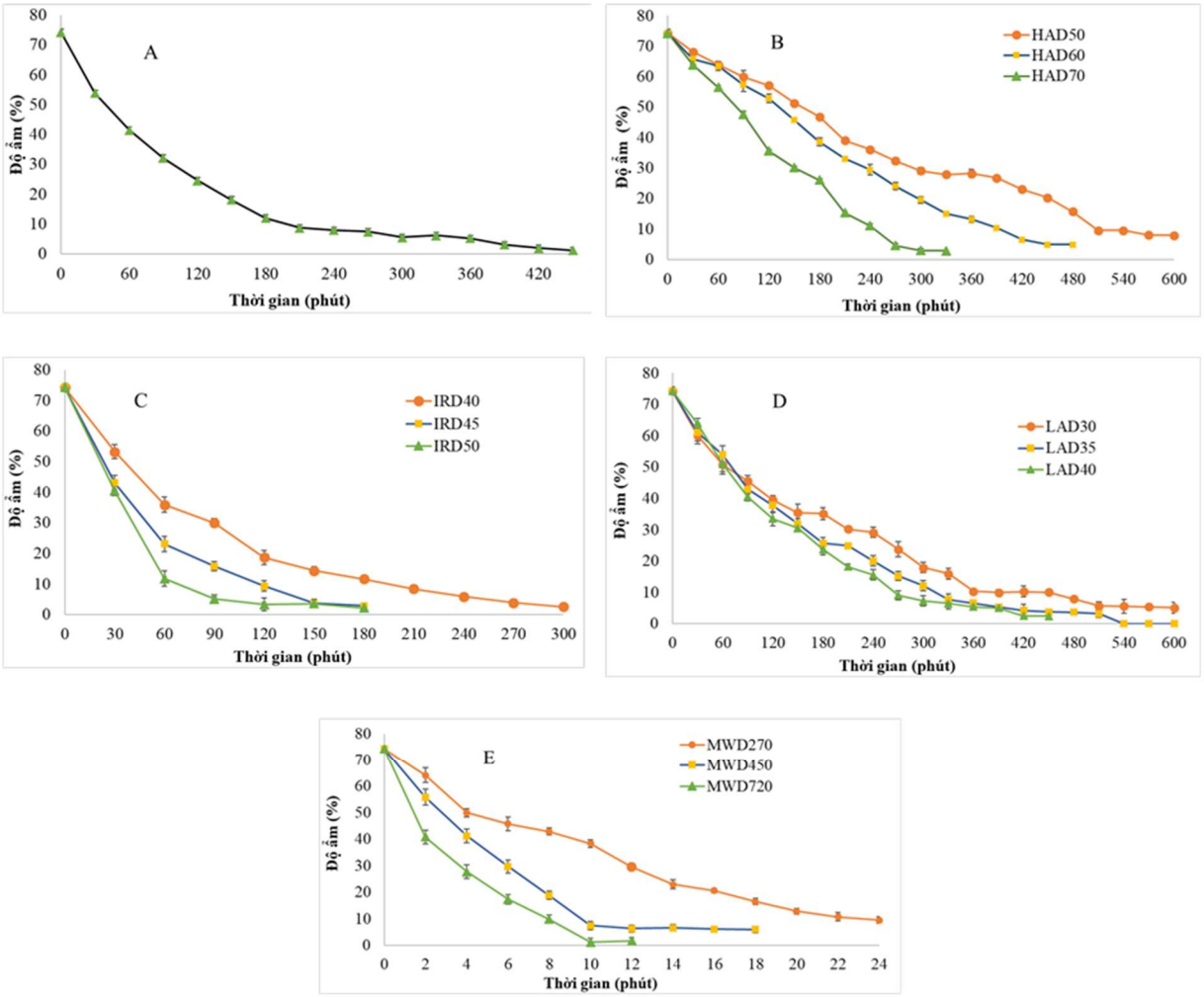
Phân tích thống kê: Sử dụng phần mềm IBM SPSS Statistics 22 để xử lý số liệu số liệu với mức ý nghĩa nhỏ hơn 0,05 ($p < 0,05$).

CHƯƠNG 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Nghiên cứu điều kiện sấy

3.1.1. Nghiên cứu điều kiện sấy rễ ĐS

3.1.1.1. Đường cong sấy rễ ĐS bằng các phương pháp và điều kiện sấy khác nhau



Hình 3. 1. Đường cong sấy rễ ĐS bằng các điều kiện sấy khác nhau

A: Phơi, B: Sấy không khí nóng, C: Sấy hồng ngoại, D: Sấy lạnh, E: Sấy vi sóng

Sấy vi sóng (đặc biệt ở công suất 720 W) rút ngắn thời gian sấy đáng kể, đạt độ ẩm thấp hơn, giảm nguy cơ oxy hóa các hoạt chất sinh học.

3.1.1.2. Ảnh hưởng của phương pháp và điều kiện sấy đến tính chất hóa lý rễ ĐS

a. Ảnh hưởng của phương pháp và điều kiện sấy đến màu sắc của rễ ĐS

Nhìn chung, các mẫu sau sấy có xu hướng sáng màu hơn so với mẫu tươi. Mẫu FRD có độ sáng cao nhất. Các mẫu MWD có độ sáng thấp hơn FRD, nhưng vẫn sáng hơn so với đa số phương pháp sấy đối lưu.

b. Ảnh hưởng của các phương pháp và điều kiện sấy đến tính chất hóa lý rễ ĐS

Kết quả mẫu MWD720 có nhiều ưu điểm nổi bật nhất trong số các mẫu sấy.

Bảng 3.2. Ảnh hưởng của điều kiện sấy đến tính chất hóa lý của rễ ĐS

Phương pháp sấy	Thời gian sấy (h)	Độ ẩm (%)	Hoạt độ nước (a_w)	Tiêu thụ năng lượng (KWh)
SD	8,3	$7,53 \pm 0,11^{c}$	$0,63 \pm 0,03^{b}$	**0,00**
HAD50	9,0	$11,35 \pm 0,74^{b}$	$0,64 \pm 0,02^{b}$	12,60
HAD60	7,5	$7,30 \pm 0,18^{c}$	$0,56 \pm 0,01^{d}$	10,50
HAD70	5,0	$6,33 \pm 0,35^{c}$	$0,51 \pm 0,03^{fg}$	7,00
IRD40	5,0	$7,63 \pm 0,47^{c}$	$0,53 \pm 0,00^{ef}$	9,00
IRD45	3,0	$7,33 \pm 1,96^{c}$	$0,52 \pm 0,00^{efg}$	5,40
IRD50	2,3	$6,73 \pm 0,58^{c}$	$0,51 \pm 0,01^{fg}$	4,14
MWD270	0,95	$10,07 \pm 0,50^{b}$	$0,59 \pm 0,02^{cd}$	0,26
MWD450	0,43	$6,04 \pm 1,96^{c}$	$0,51 \pm 0,02^{fg}$	0,19
MWD720	**0,3**	**$3,77 \pm 1,55^{d}$**	**$0,48 \pm 0,04^{g}$**	**0,22**
LAD30	10,0	$9,64 \pm 0,29^{b}$	$0,59 \pm 0,01^{cd}$	19,00
LAD35	9,0	$10,33 \pm 0,40^{b}$	$0,61 \pm 0,02^{bc}$	17,10
LAD40	8,3	$10,34 \pm 1,12^{b}$	$0,55 \pm 0,01^{de}$	15,77
FRD	**48**	**$4,38 \pm 0,00^{d}$**	**$0,42 \pm 0,00^{h}$**	**105,60**
FS	0	$74,25 \pm 1,25^{a}$	$0,93 \pm 0,00^{a}$	ND

Phơi nắng: SD; sấy không khí ở 50°C, 60°C, 70°C: HAD50/60/70; sấy hồng ngoại ở 40°C, 45°C, 50°C: IRD40/45/50; sấy vi sóng ở 270W, 450W, 720W: MWD270/450/720; sấy lạnh ở 30°C, 35°C, 40°C: LAD30/35/40; sấy đông khô: FRD; không xác định: ND

c. Ảnh hưởng của phương pháp và điều kiện sấy đến hàm lượng các hoạt chất sinh học của rễ ĐS

Bảng 3.3. Ảnh hưởng điều kiện sấy đến hàm lượng hoạt chất sinh học rễ ĐS

Điều kiện sấy	TSC (mg EE/g DM)	TPC (mg GAE/g DM)	TFC (mg CE/g DM)	TAC (mg AE/g DM)
SD	20,68 ± 0,86^{d}	2,98 ± 0,13^{k}	0,75 ± 0,12^{d}	3,95 ± 0,72^{hi}
HAD50	21,27 ± 1,16^{d}	4,28 ± 0,02^{ghi}	0,58 ± 0,04^{def}	3,39 ± 0,11^{i}
HAD60	24,85 ± 0,74^{c}	5,73 ± 0,30^{f}	0,68 ± 0,03^{de}	3,62 ± 0,58^{hi}
HAD70	27,00 ± 2,43^{c}	8,16 ± 0,41^{e}	0,52 ± 0,03^{efg}	4,22 ± 0,60^{ghi}
IRD40	19,17 ± 1,32^{de}	2,87 ± 0,28^{k}	0,37 ± 0,01^{g}	4,33 ± 0,53^{fghi}
IRD45	19,60 ± 1,00^{de}	3,52 ± 0,10^{hik}	0,58 ± 0,03^{def}	5,21 ± 0,70^{fg}
IRD50	27,22 ± 3,34^{c}	4,67 ± 0,06^{fgh}	1,93 ± 0,16^{b}	5,37 ± 0,48^{f}
MWD270	12,89 ± 1,17^{f}	4,98 ± 0,40^{fg}	0,68 ± 0,07^{de}	11,63 ± 0,71^{d}
MWD450	18,01 ± 1,68^{de}	13,05 ± 1,68^{c}	1,99 ± 0,23^{b}	12,21 ± 0,55^{cd}
MWD720	**32,00 ± 3,05^{b}**	**9,33 ± 0,14^{d}**	**1,26 ± 0,02^{c}**	**13,16 ± 0,31^{c}**
LAD30	16,68 ± 0,48^{e}	3,09 ± 0,53^{ik}	0,40 ± 0,04^{fg}	4,52 ± 0,83^{fgh}
LAD35	21,34 ± 1,56^{d}	3,78 ± 0,27^{ghik}	0,44 ± 0,03^{fg}	5,22 ± 0,71^{fg}
LAD40	19,28 ± 1,91^{de}	3,88 ± 0,08^{ghik}	0,57 ± 0,02^{def}	6,58 ± 0,54^{e}
FRD	**33,66 ± 3,49^{b}**	**16,68 ± 0,27^{b}**	**2,32 ± 0,12^{a}**	**16,52 ± 0,23^{b}**
FS	**48,76 ± 1,16^{a}**	**21,24 ± 0,86^{a}**	**2,35 ± 0,24^{a}**	**26,10 ± 0,74^{a}**

d. Ảnh hưởng phương pháp và điều kiện sấy đến hoạt tính chống oxy hóa rễ ĐS

Bảng 3.5. Ảnh hưởng điều kiện sấy đến hoạt tính chống oxy hóa của rễ ĐS

Phương pháp sấy	DRSC (mg TE/g DM)	ARSC (mg TE/g DM)	FRAP (mg TE/g DM)
SD	3,97 ± 0,69^{hi}	10,56 ± 1,10^{gh}	7,29 ± 0,60^{f}
HAD50	9,64 ± 0,59^{ef}	13,51 ± 1,04^{ef}	12,14 ± 0,99^{d}
HAD60	12,87 ± 0,28^{d}	**18,14 ± 0,79^{bc}**	12,58 ± 0,84^{cd}
HAD70	8,54 ± 0,25^{fg}	14,10 ± 1,74^{e}	9,24 ± 0,26^{e}
IRD40	3,63 ± 0,31^{i}	12,22 ± 1,30^{efg}	5,29 ±0,33^{h}
IRD45	5,07 ± 0,58^{hi}	13,92 ± 1,28^{e}	7,29 ± 0,60^{f}
IRD50	9,04 ± 0,56^{f}	15,95 ± 1,35^{d}	13,46 ± 1,71^{cd}
MWD270	9,32 ± 0,49^{f}	13,53 ± 0,58^{ef}	8,96 ± 0,31^{e}
MWD450	11,15 ± 1,75^{e}	**19,61 ± 0,55^{b}**	20,91 ± 1,76^{b}
MWD720	**17,72 ± 1,32^{c}**	**17,89 ± 1,17^{bc}**	**22,76 ± 0,41^{a}**

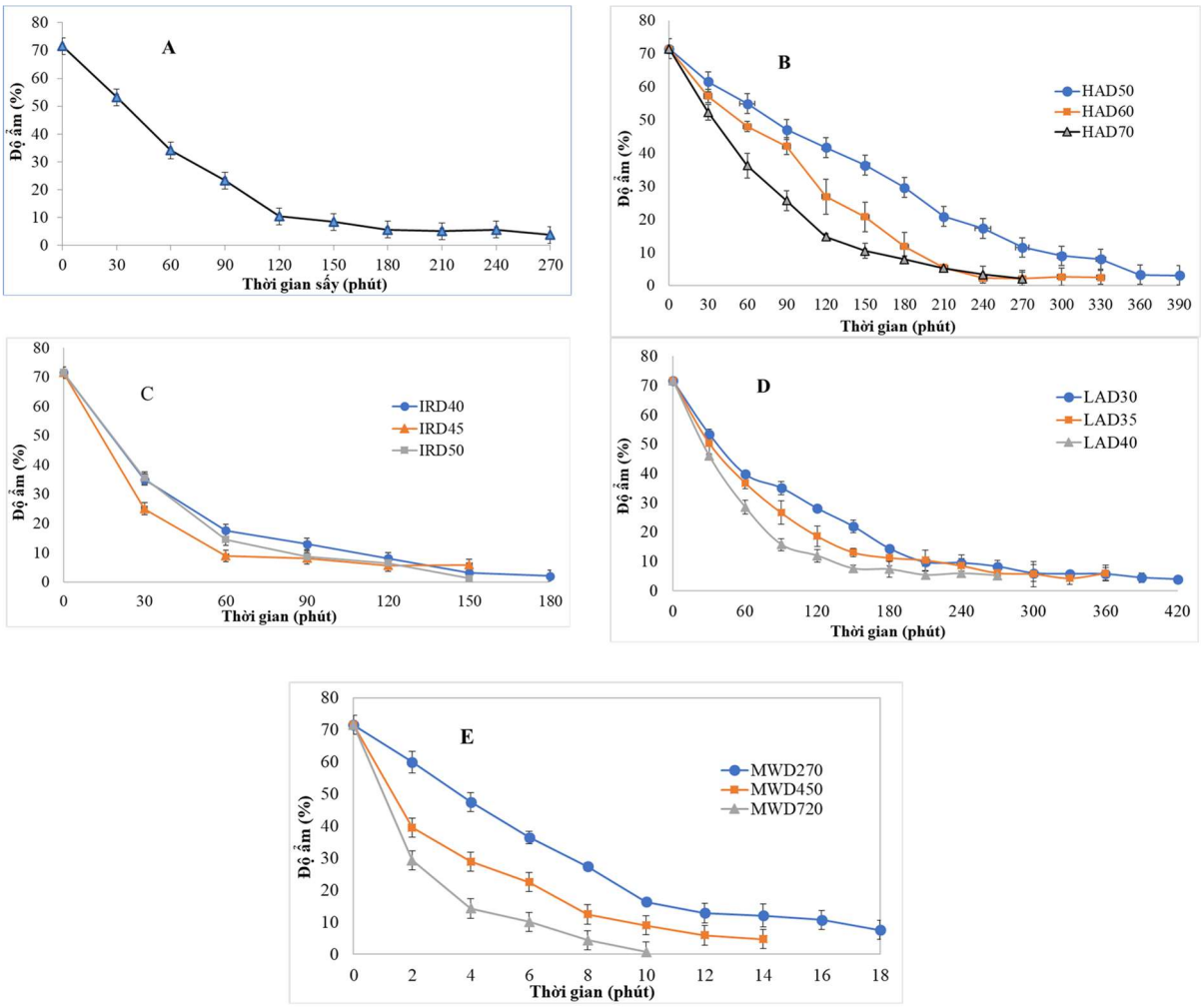
LAD30	5,34 ± 0,76^{h}	6,44 ± 0,25^{i}	5,44 ± 0,32^{gh}
LAD35	9,52 ± 0,41^{f}	9,64 ± 1,27^{h}	6,35 ± 0,60^{fgh}
LAD40	7,33 ± 0,52^{g}	11,85 ± 0,11^{fg}	7,01 ±0,85^{fg}
FRD	**22,58 ± 0,16^{b}**	**21,70 ± 0,79^{a}**	**21,83 ± 0,90^{ab}**
FS	**26,15 ± 1,10^{a}**	17,54 ± 1,05^{cd}	14,13 ± 1,30^{c}

Kết quả cho thấy MWD720 mang lại hiệu quả chống oxy hóa chỉ thấp hơn FRD nhưng có ưu thế rõ rệt về mặt kinh tế, tiêu thụ năng lượng và khả thi công nghệ, nhờ thời gian xử lý ngắn và cấu tạo thiết bị đơn giản. Vì vậy, MWD720 là lựa chọn phù hợp hơn cho ứng dụng thực tế và định hướng thương mại hóa sản phẩm ĐS sấy khô.

3.1.2. Nghiên cứu điều kiện sấy thân rễ BLMH

3.1.2.1. Đường cong sấy thân rễ BLMH bằng phương pháp và điều kiện sấy khác nhau

Kết quả cho thấy xu hướng biến đổi tương tự như ở rễ ĐS. So với rễ ĐS, thời gian sấy của thân rễ BLMH ngắn hơn đáng kể.



Hình 3.4. Đường cong sấy thân rễ BLMH bằng các điều kiện sấy khác nhau

A: Phơi, B: Sấy không khí nóng, C: Sấy hồng ngoại, D: Sấy lạnh, E: Sấy vi sóng

3.1.2.2. Ảnh hưởng phương pháp và điều kiện sấy đến tính chất hóa lý của thân rễ BLMH

a. Ảnh hưởng của phương pháp và điều kiện sấy đến màu sắc của thân rễ BLMH

Nhìn chung, sấy đông khô giữ màu sắc ổn định. Ngược lại, các phương pháp sấy đối lưu hoặc bức xạ thường diễn ra trong thời gian dài hoặc ở công suất nhiệt cao, dẫn tới tốc độ phản ứng hóa nâu tăng và màu sắc thay đổi nhiều hơn.

b. Ảnh hưởng phương pháp và điều kiện sấy đến tính chất hóa lý của thân rễ BLMH

Bảng 3.7. Ảnh hưởng của điều kiện sấy đến tính chất hóa lý của thân rễ BLMH

Điều kiện sấy	Thời gian sấy (h)	Tiêu thụ năng lượng (kWh)	Độ ẩm (%)	Hoạt độ nước (a_w)
SD	4,5	0	$10,04 \pm 0,22^{b}$	$0,58 \pm 0,01^{b}$
HAD50	6,5	9,1	$8,17 \pm 0,24^{def}$	$0,47 \pm 0,02^{d}$
HAD60	5,5	7,7	$5,28 \pm 0,55^{cdef}$	$0,45 \pm 0,07^{de}$
HAD70	4,5	6,3	$6,49 \pm 1,01^{gh}$	$0,40 \pm 0,02^{fg}$
IRD40	3,5	6,3	$7,99 \pm 0,35^{fg}$	$0,43 \pm 0,01^{def}$
IRD45	3,0	5,4	$6,66 \pm 1,06^{efg}$	$0,41 \pm 0,02^{efg}$
IRD50	2,5	4,5	$6,43 \pm 1,31^{hi}$	$0,38 \pm 0,02^{gh}$
MWD270	0,73	0,19	$9,90 \pm 0,77^{cd}$	$0,54 \pm 0,01^{c}$
MWD450	0,47	0,21	$5,19 \pm 0,65^{fgh}$	$0,45 \pm 0,04^{de}$
MWD720	0,17	0,12	$4,62 \pm 0,69^{k}$	$0,34 \pm 0,00^{gh}$
LAD30	7,0	13,3	$8,79 \pm 0,86^{bc}$	$0,56 \pm 0,00^{bc}$
LAD35	6,0	11,4	$8,92 \pm 0,40^{cde}$	$0,52 \pm 0,00^{bcd}$
LAD40	5,0	9,5	$6,74 \pm 1,23^{cdef}$	$0,47 \pm 0,01^{cde}$
FRD	**48,0**	**105,6**	**$5,37 \pm 0,50^{ik}$**	**$0,32 \pm 0,12^{h}$**
FS	ND	ND	$71,54 \pm 0,99^{a}$	$0,93 \pm 0^{a}$

c. Ảnh hưởng của phương pháp và điều kiện sấy đến hàm lượng các hoạt chất sinh học của thân rễ BLMH

Bảng 3.8 Ảnh hưởng điều kiện sấy đến hàm lượng hoạt chất sinh học thân rễ BLMH

Điều kiện sấy	TSC (mg EE/g DM)	TPC (mg GAE/g DM)	TAC (mg AE/g DM)
SD	$25,52 \pm 0,55^{cd}$	$0,58 \pm 0,06^{de}$	$0,12 \pm 0,03^{fgh}$
HAD50	$17,83 \pm 2,02^{f}$	$0,54 \pm 0,10^{e}$	$0,13 \pm 0,02^{fg}$
HAD60	**$27,11 \pm 0,89^{c}$**	**$0,78 \pm 0,07^{bc}$**	$0,21 \pm 0,03^{e}$
HAD70	$20,60 \pm 1,75^{ef}$	$0,59 \pm 0,03^{de}$	$0,34 \pm 0,03^{b}$
IRD40	$13,83 \pm 1,66^{g}$	$0,40 \pm 0,02^{f}$	$0,08 \pm 0,01^{hi}$
IRD45	$23,27 \pm 2,58^{de}$	$0,65 \pm 0,04^{de}$	$0,11 \pm 0,01^{ghi}$
IRD50	$27,67 \pm 1,41^{c}$	$0,69 \pm 0,11^{cd}$	$0,21 \pm 0,01^{e}$

MWD270	$24,77 \pm 0,96^{cd}$	$0,44 \pm 0,04^{f}$	$0,14 \pm 0,01^{fg}$
MWD450	$19,26 \pm 2,00^{f}$	$0,62 \pm 0,01^{de}$	$0,30 \pm 0,03^{c}$
MWD720	$14,61 \pm 2,11^{g}$	$0,45 \pm 0,04^{f}$	$0,12 \pm 0,01^{fgh}$
LAD30	$14,67 \pm 1,91^{g}$	$0,39 \pm 0,06^{f}$	$0,15 \pm 0,01^{f}$
LAD35	$19,29 \pm 1,34^{f}$	$0,65 \pm 0,02^{de}$	$0,10 \pm 0,01^{ghi}$
LAD40	$13,35 \pm 0,76^{g}$	$0,39 \pm 0,08^{f}$	$0,07 \pm 0,01^{i}$
FRD	**$42,29 \pm 2,72^{b}$**	**$0,88 \pm 0,04^{b}$**	**$0,25 \pm 0,01^{d}$**
FS	$60,61 \pm 2,26^{a}$	$1,95 \pm 0,10^{a}$	$0,38 \pm 0,05^{a}$

d. Ảnh hưởng của phương pháp và điều kiện sấy đến hoạt tính chống oxy hóa của thân rễ BLMH

Sấy không khí nóng 60°C (HAD60) cân bằng giữa chất lượng và hiệu quả: cấu trúc tế bào được bảo toàn, thoát ẩm hiệu quả, hàm lượng hoạt chất và giá trị chống oxy hóa duy trì ở mức cao. Do đó, HAD60 là điều kiện sấy thích hợp để sấy thân rễ BLMH.

Bảng 3.10. Ảnh hưởng điều kiện sấy đến hoạt tính chống oxy hóa thân rễ BLMH

Điều kiện sấy	ARSC (mg TE/g DM)	DRSC (mg TE/g DM)	FRAP (mg TE/g DM)
SD	$1,53 \pm 0,13^{h}$	$1,19 \pm 0,07^{e}$	$0,58 \pm 0,05^{i}$
HAD50	$1,71 \pm 0,09^{fgh}$	$0,28 \pm 0,07^{h}$	$0,94 \pm 0,05^{ef}$
HAD60	**$2,23 \pm 0,08^{c}$**	**$1,47 \pm 0,01^{c}$**	**$1,27 \pm 0,05^{c}$**
HAD70	$1,89 \pm 0,06^{def}$	$1,31 \pm 0,02^{de}$	$0,67 \pm 0,03^{hi}$
IRD40	$1,76 \pm 0,16^{efg}$	$0,42 \pm 0,03^{g}$	$0,74 \pm 0,08^{gh}$
IRD45	$2,03 \pm 0,19^{d}$	$1,23 \pm 0,05^{de}$	$0,87 \pm 0,15^{fg}$
IRD50	$2,28 \pm 0,19^{c}$	$1,26 \pm 0,08^{de}$	$0,96 \pm 0,16^{ef}$
MWD270	$1,78 \pm 0,03^{efg}$	$0,40 \pm 0,02^{g}$	$0,88 \pm 0,04^{fg}$
MWD450	$1,95 \pm 0,17^{de}$	$1,32 \pm 0,13^{d}$	$1,08 \pm 0,12^{de}$
MWD720	$1,23 \pm 0,04^{i}$	$0,76 \pm 0,05^{f}$	$1,18 \pm 0,09^{cd}$
LAD30	$1,58 \pm 0,08^{gh}$	$0,42 \pm 0,05^{g}$	$0,60 \pm 0,02^{hi}$
LAD35	$1,65 \pm 0,01^{gh}$	$0,49 \pm 0,04^{g}$	$0,61 \pm 0,09^{hi}$
LAD40	$1,65 \pm 0,09^{gh}$	$0,25 \pm 0,02^{h}$	$0,76 \pm 0,04^{gh}$
FRD	**$2,66 \pm 0,11^{b}$**	**$2,01 \pm 0,01^{b}$**	**$1,49 \pm 0,06^{b}$**
FS	$2,94 \pm 0,04^{a}$	$3,61 \pm 0,14^{a}$	$1,72 \pm 0,13^{a}$

3.2. Kết quả nghiên cứu điều kiện chiết

3.2.1. Kết quả nghiên cứu điều kiện chiết rễ ĐS

3.2.1.1. Kết quả lựa chọn loại dung môi và phương pháp chiết rễ ĐS

Dung môi ethanol 50% và phương pháp chiết UAE cho hiệu quả thu nhận hoạt chất cao hơn và hoạt tính chống oxy hóa cao nhất.

3.2.1.2. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của các điều kiện chiết rễ ĐS

Các khoảng biên phù hợp để đưa vào thí nghiệm tối ưu hóa được lựa chọn như sau: sử dụng phương pháp chiết UAE; nồng độ ethanol 60-80%; nhiệt độ chiết 40-60°C; thời gian chiết 10-30 phút; và tỷ lệ nguyên liệu/dung môi 1/60-1/100 (g/mL).

3.2.1.3. Kết quả tối ưu hóa điều kiện chiết rễ cây ĐS

Kết quả phân tích ANOVA cho thấy phương trình hồi quy bậc hai phù hợp tốt với dữ liệu thực nghiệm (R^2 cao), giá trị *p of lack of fit* đều lớn hơn mức ý nghĩa thống kê.

Điều kiện tối ưu thu được từ mô hình bề mặt đáp ứng là nồng độ ethanol 80%, nhiệt độ trích ly 40°C, thời gian trích ly 27 phút, tỷ lệ dung môi/nguyên liệu 88 (mL/g).

Bảng 3.13. Các hệ số của phương trình hồi quy và kết quả phân tích phương sai

Hệ số hồi quy	TSC (Y_1)		SEE (Y_2)		TPC (Y_3)		ARSC (Y_4)		FRAP (Y_5)	
	Dự đoán	*p - values*	Dự đoán	*p - values*	Dự đoán	*p - values*	Dự đoán	*p - values*	Dự đoán	*p - values*
β_0	**50,05**	**<0,0001**	**68,33**	**<0,0001**	**48,03**	**<0,0001**	**93,66**	**<0,0001**	**85,26**	**<0,0001**
β_1	**7,66**	**<0,0001**	**10,47**	**<0,0001**	**-5,06**	**0,0014**	**-9,54**	**0,0010**	-3,53	0,2489
β_2	**-4,47**	**0,0032**	**-6,10**	**0,0032**	-2,22	0,947	**-6,28**	**0,0148**	0,48	0,8719
β_3	**4,82**	**0,0019**	**6,58**	**0,0019**	**6,96**	**0,0001**	**14,28**	**0,0001**	**9,98**	**0,0051**
β_4	**4,81**	**0,0020**	**6,56**	**0,0019**	**7,26**	**0,0001**	**13,26**	**0,0001**	**12,94**	**0,0008**
β_{12}	0,69	0,7497	0,945	0,7489	1,95	0,3745	2,81	0,4761	-0,92	0,8579
β_{13}	2,03	0,3551	2,77	0,3551	-0,40	0,8518	-1,79	0,6470	-1,61	0,7545
β_{23}	-3,06	0,1723	-4,18	0,1723	0,91	0,6740	2,36	0,5490	-2,74	0,5967
β_{14}	0,83	0,7005	1,14	0,6997	-0,83	0,7009	-0,06	0,9877	-2,11	0,6834
β_{24}	0,43	0,8395	0,6	0,8387	-0,53	0,8061	-3,92	0,3250	-4,55	0,3852
β_{34}	0,54	0,8000	0,74	0,8000	**-4,93**	**0,0386**	-7,75	0,0655	-7,97	0,1408
β_{11}	-3,46	0,0824	-4,73	0,0823	**-6,49**	**0,0041**	**-9,89**	**0,0114**	-	**0,0113**
β_{22}	2,33	0,2255	3,19	0,2249	2,03	0,2908	5,70	0,1109	7,26	0,1227
β_{33}	**-6,22**	**0,0053**	**-8,49**	**0,0053**	-3,39	0,0892	-6,46	0,0748	-3,59	0,4276
β_{44}	**-7,04**	**0,0023**	**-9,62**	**0,0023**	-1,74	0,3623	-4,56	0,1934	-3,91	0,3886
R^2	0,91		0,91		0,91		0,92		0,82	
R^2 adjust	0,80		0,80		0,80		0,82		0,61	

p - values	0,0003	0,0003	0,0004	0,0002	0,0120
p - values	0,5644	0,5638	0,3931	0,5547	0,4413

3.2.2. Kết quả nghiên cứu điều kiện chiết thân rễ BLMH

3.2.2.1. Kết quả lựa chọn loại dung môi và phương pháp chiết thân rễ BLMH

Dung môi ethanol 50% và phương pháp MAE cho hiệu quả chiết cao nhất, cả về hàm lượng hoạt chất và khả năng chống oxy hóa.

3.2.2.2. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng các điều kiện chiết thân rễ BLMH

Các khoảng biên được lựa chọn cho thiết kế thí nghiệm tối ưu hóa gồm: phương pháp chiết MAE, công suất vi sóng 600 W, tỷ lệ nguyên liệu/dung môi 1/30 g/mL, nồng độ ethanol 60-80%, thời gian chiết 10-30 phút và thời gian bức xạ 6-8 giây/phút.

3.2.2.3. Kết quả tối ưu hóa điều kiện chiết thân rễ BLMH

Kết quả phân tích ANOVA cho thấy phương trình hồi quy bậc hai phù hợp tốt với dữ liệu thực nghiệm (R^2 cao, giá trị *p of lack of fit* đều lớn hơn mức ý nghĩa thống kê).

Điều kiện tối ưu thu được từ mô hình bề mặt đáp ứng là nồng độ dung môi ethanol 80%; thời gian trích ly 27 phút, thời gian bức xạ 8 giây/phút.

Bảng 3.17. Các hệ số của phương trình hồi quy và kết quả phân tích phương sai

Hệ số hồi quy	**TSC (Y_1)**		**SEE (Y_2)**		**TPC (Y_3)**		**ARSC (Y_4)**		**FRAP (Y_5)**	
	Dự đoán	*p - values*	Dự đoán	*p - values*	Dự đoán	*p - values*	Dự đoán	*p - values*	Dự đoán	*p - values*
β_0	**50,23**	**<,0001**	**62,98**	**<,0001**	**0,84**	**<,0001**	**5,10**	**<,0001**	**1,23**	**<,0001**
β_1	**8,55**	**<,0001**	**10,71**	**<,0001**	-	0,4896	**-0,37**	**<,0001**	**0,06**	**0,0051**
β_2	**3,39**	**0,0007**	**4,25**	**0,0007**	**0,04**	**0,0019**	**0,09**	**0,0056**	**0,04**	**0,0250**
β_3	0,41	0,4061	0,52	0,4045	**0,035**	**0,0034**	**0,13**	**0,0013**	0,01	0,3532
β_{12}	-0,26	0,7047	-0,32	0,7049	**0,03**	**0,0250**	0,06	0,0891	0,01	0,7094
β_{13}	**3,33**	**0,0035**	**4,18**	**0,0035**	**0,025**	**0,0462**	0,06	0,0798	-0,05	0,0641
β_{23}	0,45	0,5187	0,56	0,5172	-0,01	0,3401	**0,08**	**0,0340**	0,02	0,2897
β_{11}	**3,10**	**0,0056**	**3,88**	**0,0056**	**-0,03**	**0,0217**	**-0,65**	**<,0001**	**-0,06**	**0,0389**
β_{22}	**-3,17**	**0,0051**	**-3,98**	**0,0051**	-0,02	0,0717	-0,07	0,0694	-0,04	0,1165
β_{33}	**2,07**	**0,0268**	**2,60**	**0,0268**	0,01	0,2613	0,05	0,1583	-0,03	0,1898
R^2	0,990		0,990		0,952		0,995		0,913	
R^2adjust	0,972		0,972		0,866		0,985		0,757	
p - values	0,0002		0,0002		0,0083		< 0,0001		0,0330	
P - values Lack of fit	0,0677		0,0670		0,8952		0,5474		0,1219	

3.3. Kết quả đánh giá các tính chất của bột vi bao rễ ĐS và thân rễ BLMH

3.3.1. Kết quả phân tích bột vi bao rễ ĐS

3.3.1.1. Kết quả tính chất hóa lý, hoạt chất và chống oxy hóa của bột vi bao ĐS

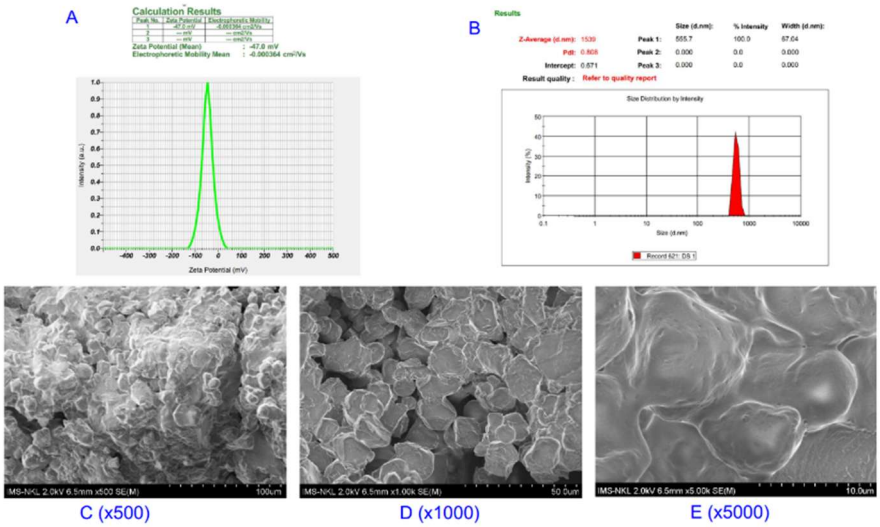
Bảng 3.19. Kết quả phân tích các tính chất của bột vi bao ĐS

STT	Tỷ lệ dịch/ chất BM	Tỷ lệ MD/GA/ MCS/PEC	Độ ẩm (%)	Hoạt độ nước (a_w)	TSC (mg EE/g DM)	FRAP (mg TE/g DM)
1	**60/40**	**4/1/4/1**	6,64 ± 0,25^{abc}	0,516 ± 0,003^{ab}	140,10 ± 4,69^{f}	4,45±0,65^{c}
2		**3/1/5/1**	6,82 ± 0,24^{ab}	0,515± 0,003^{abc}	150,30 ± 1,26^{e}	6,98±0,93^{a}
3		**5/1/3/1**	6,51 ± 0,24^{bc}	0,512 ± 0,003^{abcd}	127,20 ± 2,28^{g}	**7,61±0,86^{b}**
4	**50/50**	**4/1/4/1**	6,51 ± 0,28^{bc}	0,514 ± 0,003^{abc}	241,00 ± 1,72^{b}	4,56±0,47^{c}
5		**3/1/5/1**	6,54 ± 0,34^{bc}	0,508 ± 0,003^{bcde}	237,40 ± 1,14^{b}	4,65±0,10^{c}
6		**5/1/3/1**	6,23 ± 0,29^{cd}	0,502 ± 0,003^{de}	216,60 ± 2,21^{d}	4,81±0,76^{c}
7	**40/60**	**4/1/4/1**	6,36 ± 0,25^{bc}	0,505 ± 0,004^{cde}	237,40 ± 1,97^{b}	4,58±0,17^{c}
8		**3/1/5/1**	6,25 ± 0,15^{cd}	0,502 ± 0,003^{de}	262,80 ± 3,58^{a}	4,24±0,50^{c}
9		**5/1/3/1**	**5,79 ± 0,3^{d}**	**0,499 ± 0,004^{e}**	**264,70 ± 2,9^{a}**	**7,30±0,96^{c}**
0*	**Không BM**	**0**	7,11 ± 0,5^{a}	0,521 ± 0,005^{a}	267,40 ± 0,28^{a}	8,05±0,06^{a}

Mẫu có tỷ lệ 40/60 và tỷ lệ MD/GA/MCS/PEC 5/1/3/1 có kết quả hóa lý khá nổi trội, TSC và FRAP cao nhất, cho thấy khả năng bảo vệ hoạt chất gần như toàn diện.

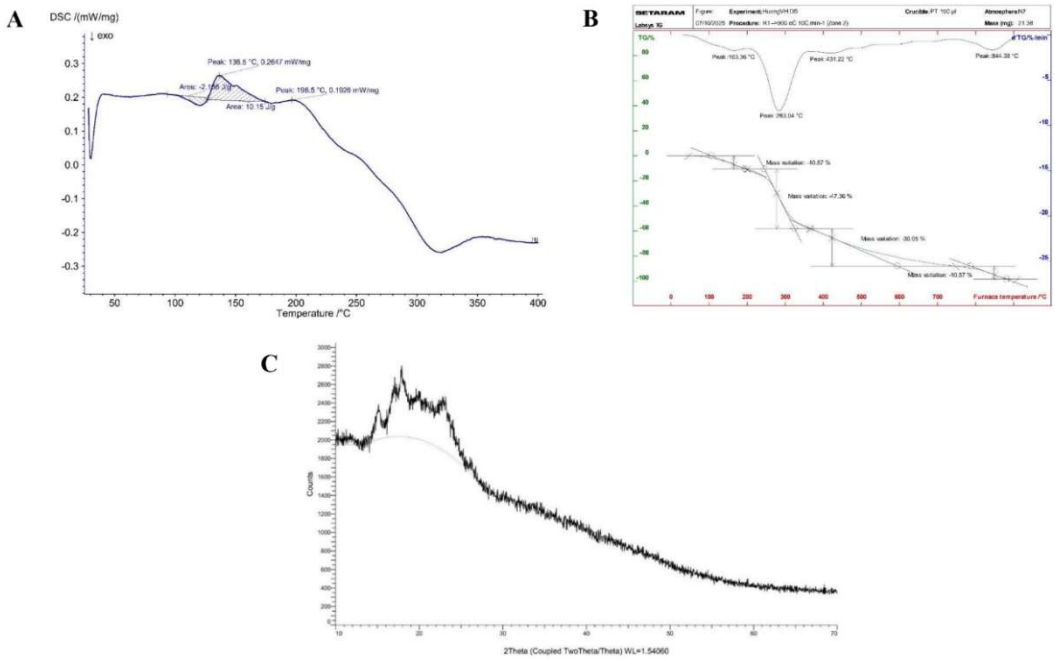
3.3.1.2. Kết quả đo cấu trúc - hình thái

a. Thế zeta, kích thước hạt và cấu trúc bề mặt SEM



Hình 3.11. Phổ thế zeta (A), phân bố kích thước hạt (B), ảnh SEM (C, D, E) của bột vi bao ĐS

b. Phổ DSC, TGA và XRD của bột vi bao ĐS



Hình 3.12. Phổ DSC (A), TGA (B)và XRD (C) của bột vi bao ĐS

3.3.1.3. Kết quả phân tích một số hoạt chất, kiểm nghiệm vi sinh vật, kim loại nặng và đánh giá khả năng kháng vi sinh vật và ung thư của bột vi bao ĐS

a. Kết quả kiểm tra hàm lượng hoạt chất

Hoạt chất Cryptotanshinone và Tanshinone I được bảo toàn sau quá trình vi bao.

b. Kết quả kiểm tra vi sinh vật

Kết quả phân tích vi sinh của bột vi bao ĐS (Bảng 3.21) cho thấy chất lượng vi sinh đạt yêu cầu an toàn.

Bảng 3.21. Kết quả phân tích vi sinh bột vi bao ĐS

STT	Chỉ tiêu phân tích	Kết quả phân tích	PP phân tích
1	Tổng số vi sinh vật hiếu khí	4,98 x 10^1 CFU/g	TCVN 4884 –
2	*Coliforms*	KPH	TCVN 6848:2007
3	*Escherichia Coli*	KPH	TCVN 7924-2:2008
4	*Staphylococus aureus*	KPH	TCVN 4830:2005
5	Tổng số bào tử nấm men –mốc	0,21 x 10^1 CFU/g	TCVN 8275:2010
6	*Clostridium perfringens*	KPH	TCVN 4991:2005

c. Kết quả kiểm tra kim loại nặng

Kết quả kiểm tra kim loại nặng của bột vi bao ĐS (Bảng 3.22) cho thấy các chỉ tiêu chính đều "KPH" (không phát hiện) với giới hạn phát hiện thấp.

Bảng 3.22. Kết quả phân tích kim loại nặng của bột vi bao ĐS

STT	Chỉ tiêu phân tích	Kết quả phân tích	PP phân tích
1	Hàm lượng chì (Pb)	KPH	TCVN 8126 – 1:2009
2	Hàm lượng thủy ngân (Hg)	KPH	TCVN 7604:2007
3	Hàm lượng Cadimi (Cd)	KPH	TCVN 7603:2007
4	Hàm lượng Asen (As)	KPH	TCVN 9521:2012

d. Kết quả đánh giá khả năng kháng vi sinh vật

Bột vi bao ĐS có tác dụng ức chế vi sinh vật rõ rệt trên vi khuẩn Gram dương, Gram âm và nấm men gây bệnh. Đặc biệt, giá trị MIC cho thấy phổ tác dụng kháng khuẩn tương đối rộng, kém nhạy hơn với nấm men.

Bảng 3.23. Kết quả đánh giá hoạt tính kháng vi sinh vật của bột vi bao ĐS

Nồng độ (mg/mL)	Đường kính vòng ức chế (mm)				
	E coli	***S. aureus***	***Salmonella***	***B. anthracis***	***C. albicans***
70	-	-	-	24;24;24	23;23;23
50	21;21;21	22;22;22,5	23;23,5;23,5	18;18;19	17,5;17,5;18
30	19;18,5;19	18;18;18	17;16,5;17	15;14;14,5	12,5;13;13
10	11;11;11	12;11;12	14;14;14	-	-
Chứng dương	29;29;29	29;30;29,5	29;28;29	30;30;30	29;28,5;28,5

Bảng 3.24. Kết quả xác định MIC của bột vi bao ĐS

Vi sinh vật	MIC (mg/mL)
Staphylococcus aureus	12,5
Escherichia coli	12,5
Salmonella	10
Bacillus anthracis	25
Candida albicans	27,5

e. Kiểm tra đánh giá hoạt tính ức chế tế bào ung thư *in vitro*

Bảng 3.251. Kết quả hoạt tính ức chế tế bào ung thư *in vitro* của bột vi bao ĐS

Dòng tế bào ung thư (loại tế bào)	% ức chế tăng trưởng tế bào ở nồng độ 100 µg/mL	GI_{50} (µg/mL)
MCF-7 (Vú, ER dương tính)	>100	17,2 ± 2,6
MDAMB231 (Vú, TNBC)	>100	44 ± 6,8
T47D (Vú, ER dương tính)	>100	16,5 ± 1,8
ZR-75-1 (Vú, ER dương tính)	>100	23 ± 6,6
SKBR3 (Vú, HER2 dương tính)	>100	14,7 ± 2,0
BT474 (Vú, HER2 dương tính)	>100	36 ± 0,3
BT20 (Vú, ER âm tính)	>100	25 ± 6,1
MDAMB468 (Vú, TNBC)	>100	44 ± 3,2
MCF10A (Vú bình thường)	97 ± 1	36 ± 2,1
BxPC3 (Tuyến tụy)	68 ± 2	74 ± 2,2

3.3.2. Kết quả phân tích bột vi bao thân rễ BLMH

3.3.2.1. Kết quả tính chất hóa lý, hoạt chất và chống oxy hóa của bột vi bao BL1H

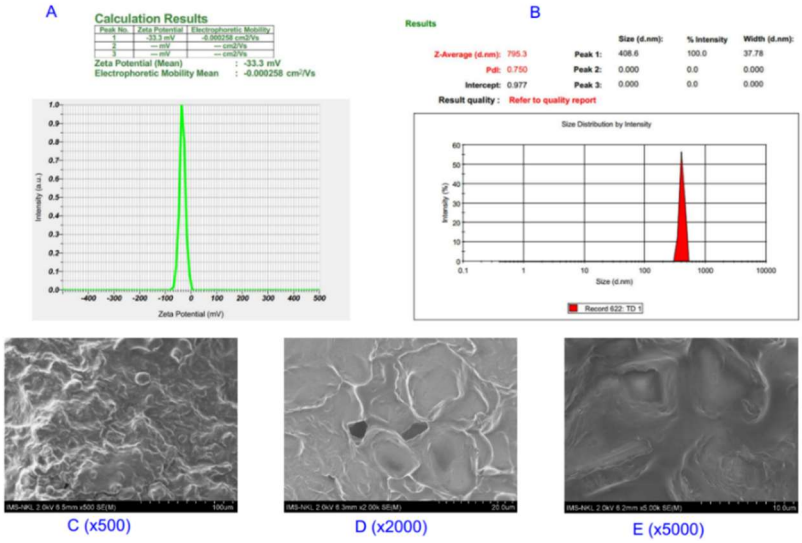
Tỷ lệ dịch cô/hỗn hợp chất bao màng 40/60, tỷ lệ các chất bao màng MD/GA/MCS/PEC 3/1/5/1 có kết quả hóa lý khá nổi trội, đạt TSC và TPC cao nhất.

Bảng 3.26. Kết quả phân tích các tính chất của bột vi bao BLMH

TT	Tỷ lệ dịch/ chất BM	MD/GA/ MCS/PEC	Độ ẩm (%)	Hoạt độ nước (a_w)	TSC (mg EE/ g DM)	FRAP (mg TE/ g DM)
1	60/40	4/1/4/1	6,11±1,23^{ab}	0,446±0,004^{f}	149,23±3,83^{bcd}	4,45±0,65^{c}
2		5/1/3/1	6,78±2,08^{ab}	0,498±0,004^{d}	138,18±18,01^{cde}	6,98±0,93^{a}
3		3/1/5/1	**7,45±0,09^{a}**	0,493±0,003^{d}	147,01±2,55^{bcd}	**7,61±0,86^{b}**
4	50/50	4/1/4/1	6,60±0,54^{ab}	0,500±0,003^{c}	143,21±15,6^{c}	4,56±0,47^{c}
5		5/1/3/1	4,53±0,36^{c}	0,509±0,003^{c}	140,72±2,48^{bcde}	4,65±0,10^{c}
6		3/1/5/1	6,64±2,18^{ab}	0,504±0,003^{c}	123,11±20,91^{e}	4,81±0,76^{c}
7	40/60	4/1/4/1	5,70±1,02^{bc}	0,56±0,011^{a}	153,73±7,72^{bc}	4,58±0,17^{c}
8		5/1/3/1	6,97±0,02^{ab}	0,464±0,002^{e}	132,45±9,51^{de}	4,24±0,50^{c}
9		**3/1/5/1**	**7,51±0,35^{a}**	**0,517±0,001^{b}**	**158,90±8,08^{bc}**	**7,30±0,96^{c}**
10	Không BM	0	6,52±0,07^{ab}	0,491±0,004^{d}	207,69±1,14^{a}	8,05±0,06^{a}

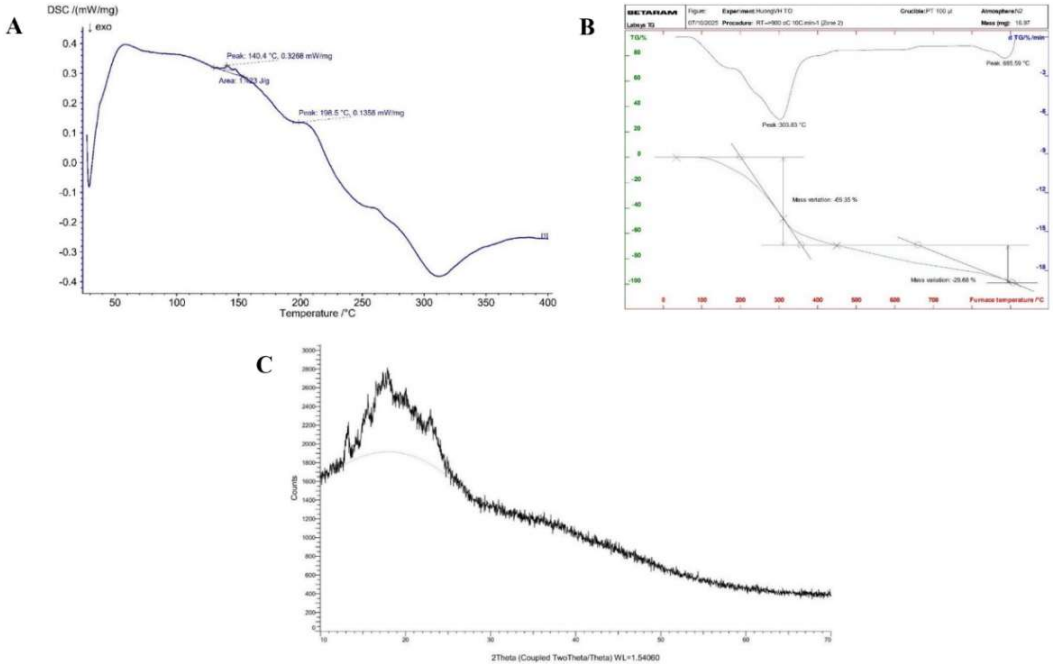
3.3.2.2. Kết quả đo cấu trúc - hình thái

a. Thế zeta, kích thước hạt và hình ảnh SEM



Hình 3.13. Phổ thế zeta (A), phân bố kích thước hạt (B) và ảnh SEM (C, D, E) của bột vi bao BLMH

b. Phổ DSC, TGA và XRD của bột vi bao BLMH



Hình 3.14. Phổ DSC (A), TGA (B)và XRD (C) của bột vi bao BLMH

3.3.2.3. Kết quả kiểm tra vi sinh vật, kim loại nặng và khả năng kháng vi sinh vật và ung thư của bột vi bao BLMH

a. Kết quả kiểm tra vi sinh vật

Bảng 3.27 cho thấy tổng số vi sinh vật hiếu khí đạt mức rất thấp, cho thấy nguyên liệu và quá trình sản xuất được kiểm soát vệ sinh tốt.

Bảng 3.27. Kết quả phân tích vi sinh bột vi bao BLMH

STT	Chỉ tiêu phân tích	Kết quả phân tích	PP phân tích
1	Tổng số vi sinh vật hiếu khí	3,85 x 10^1 CFU/g	TCVN 4884-1:2015
2	*Coliform*	KPH	TCVN 6848:2007
3	*Escherichia Coli*	KPH	TCVN 7924-2:2008
4	*Staphylococus aureus*	KPH	TCVN 4830-2005
5	Tổng số bào tử nấm men – nấm mốc	0,12 x 10^1 CFU/g	TCVN 8275-2010
6	*Clostridium perfringens*	KPH	TCVN 4991-2005

b. Kết quả kiểm tra kim loại nặng

Kết quả kiểm tra kim loại nặng của bột vi bao BLMH (Bảng 3.28) cho thấy các chỉ tiêu chính đều "KPH" (không phát hiện) với giới hạn phát hiện thấp.

Bảng 3.28. Kết quả kiểm tra kim loại nặng của bột vi bao BLMH

STT	Chỉ tiêu phân tích	Kết quả phân tích	Phương pháp phân tích
1	Hàm lượng chì (Pb)	KPH	TCVN 8126-1:2009
2	Hàm lượng thủy ngân (Hg)	KPH	TCVN 7604:2007
3	Hàm lượng Cadimi (Cd)	KPH	TCVN 7603:2007
4	Hàm lượng Asen (As)	KPH	TCVN 9521:2012

c. Kết quả đánh giá khả năng kháng vi sinh vật

Bảng 3.29. Kết quả đánh giá hoạt tính kháng vi sinh vật của bột vi bao BLMH

Nồng độ (mg/mL)	Đường kính vòng ức chế (mm)				
	E. coli	***S. aureus***	***Salmonella***	***B. anthracis***	***C. albicans***
70	-	-	-	24;24;24	25;25;25
50	24;24;24,5	25;25;25	26;26;26	22;22;22	22,5;22,5;22,5
30	22;21,5;21,5	23;23;23	21;21;21	13,5;14;14	16;16;16
10	18;18;18	18;17,5;18	15;15;15	-	-
Chứng dương	30;30;30	31;31;30,5	31;31;31	28;28;28	30;30;30

Bảng 3.30. Kết quả xác định MIC của bột vi bao BLMH

Vi sinh vật	MIC (mg/mL)
Staphylococcus aureus	10
Escherichia coli	10
Salmonella	10
Bacillus anthracis	25
Candida albicans	22,5

Bột vi bao BLMH có thể ức chế vi sinh vật tương đối mạnh và phổ tác dụng rộng. Giá trị MIC cho thấy bột vi bao BLMH có dải tác dụng rộng hơn và nhạy cảm hơn ĐS đối với vi khuẩn Gram âm so với nấm men.

d. Kết quả đánh giá hoạt tính ức chế tế bào ung thư *in vitro*

Bảng 3.31. Kết quả đánh giá hoạt tính ức chế tế bào ung thư *in vitro* của bột vi bao BLMH

Dòng tế bào ung thư (loại tế bào)	% ức chế tăng trưởng tế bào ở nồng độ 100 µg/mL	GI_{50} (µg/mL)
MCF-7 (Vú, ER dương tính)	**>100**	7,32 ± 1,93
MDAMB231 (Vú, TNBC)	>100	12,7 ± 0,4

T47D (Vú, ER dương tính)	**>100**	7,67 ± 0,44
ZR-75-1 (Vú, ER dương tính)	>100	12,0 ± 2,0
SKBR3 (Vú, HER2 dương tính)	>100	12,5 ± 1,0
BT474 (Vú, HER2 dương tính)	>100	12,0 ± 0,5
BT20 (Vú, ER âm tính)	>100	10,7 ± 2,7
MDAMB468 (Vú, TNBC)	>100	6,33 ± 0,93
MCF10A (Vú bình thường)	>100	12,3 ± 1,1
BxPC3 (Tuyến tụy)	117 ± 3	11,7 ± 0,3

Bột vi bao BLMH thể hiện hoạt tính ức chế tăng trưởng tế bào ung thư *in vitro* rõ rệt trên tất cả các dòng tế bào khảo sát. Tuy nhiên, mẫu chưa thể hiện tính chọn lọc cao giữa tế bào ung thư và tế bào bình thường. Đáng chú ý, mẫu cho thấy hiệu lực ức chế mạnh trên các dòng tế bào ung thư vú MCF-7 và T47D với GI_{50} lần lượt là 7,32 và 7,67 µg/mL.

CHƯƠNG 4. KẾT LUẬN VÀ KHUYẾN NGHỊ

4.1. Kết luận

4.1.1. Điều kiện sấy rễ ĐS và thân rễ BLMH

Chế độ sấy được đề xuất đối với rễ ĐS là sấy vi sóng ở 720 W.

Chế độ sấy được đề xuất đối với thân rễ BLMH là chế độ sấy không khí nóng ở 60ºC.

4.1.2. Điều kiện chiết rễ ĐS và thân rễ BLMH

Điều kiện chiết rễ ĐS tối ưu là: Chiết hỗ trợ siêu âm bằng dung môi ethanol 80% v/v, nhiệt độ chiết 40°C, thời gian chiết 27 phút và tỷ lệ nguyên liệu/dung môi 1/88 (g/mL). Tại điều kiện tối ưu này, TSC, SEE, TPC, ARSC và FRAP đạt tương ứng là 68,64 mg EE/g DM, 86,07%, 42,19 mg GAE/g DM, 91,24 và 85,67 mg TE/g DM.

Điều kiện chiết thân rễ BLMH tối ưu là: Chiết hỗ trợ vi sóng (MAE) với dung môi ethanol 80% v/v, thời gian chiết 27 phút và thời gian bức xạ 8 giây/phút. Tại điều kiện tối ưu này, TSC, SEE, TPC, ARSC và FRAP đạt tương ứng là 65,74 mg EE/g DM, 82,44%, 0,91 mg GAE/g DM, 4,45 và 1,21 mg TE/g DM.

4.1.3. Điều kiện sản xuất bột vi bao rễ ĐS và thân rễ BLMH

Hệ vi bao rễ ĐS sử dụng tỷ lệ dịch cô/chất bao màng là 40/60 và tỷ lệ các chất bao màng MD/GA/MCS/PEC là 5/1/3/1.

Hệ vi bao thân rê BLMH sử dụng tỷ lệ dịch cô/chất bao màng là 40/60 và tỷ lệ các chất bao màng MD/GA/MCS/PEC là 3/1/5/1.

Bột vi bao thu được có độ ổn định tốt về cấu trúc và tính chất lý hóa, thể hiện qua các kết quả phân tích SEM, DLS, DSC, TGA và XRD; đồng thời đáp ứng yêu cầu về an toàn vi sinh và kim loại nặng. Ngoài ra, sản phẩm thể hiện hoạt tính sinh học đáng kể, bao gồm khả năng chống oxy hóa, kháng vi sinh vật và ức chế tế bào ung thư *in vitro*.

4.2. Khuyến nghị

Đánh giá hiệu quả kinh tế – kỹ thuật của quy trình, bao gồm chi phí năng lượng các công đoạn (sấy, chiết, vi bao), kết hợp xây dựng mô hình cân bằng vật chất và năng lượng ở quy mô pilot nhằm ước tính giá thành và đánh giá khả năng thương mại hóa.

Mở rộng nghiên cứu về độ ổn định và sinh khả dụng của sản phẩm trong các hệ thực phẩm cụ thể, thông qua việc đánh giá độ ổn định của hoạt chất trong quá trình bảo quản, khả năng giải phóng và tính khả dụng sinh học, từ đó hoàn thiện cơ sở khoa học cho việc phát triển sản phẩm thực phẩm chức năng.

Tiếp tục làm rõ mối liên hệ giữa thành phần hoạt chất và cơ chế biểu hiện hoạt tính sinh học, đặc biệt là cơ chế ức chế tăng sinh tế bào ung thư, nhằm nâng cao độ tin cậy khoa học trong việc đánh giá tiềm năng ứng dụng của sản phẩm.

TÓM TẮT NHỮNG ĐÓNG GÓP MỚI CỦA LUẬN ÁN

Đề tài luận án:	**Nghiên cứu sấy khô, chiết tách và đánh giá hoạt tính sinh học của 2 cây dược liệu Đan sâm (*Salvia miltiorrhiza* Bunge) và Bảy lá một hoa (*Paris polyphylla* Smith) định hướng ứng dụng phát triển thực phẩm chức năng.**
Ngành:	Công nghệ Thực phẩm
Mã số:	9540101
Khóa:	2021
Người hướng dẫn:	PGS. TS. Nguyễn Văn Tặng PGS. TS. Nguyễn Văn Hòa
Cơ sở đào tạo:	Trường Đại học Nha Trang

Những đóng góp mới của luận án:

1. Luận án đã xác định phương pháp sấy tối ưu cho rễ Đan sâm là sấy vi sóng 720 W và cho thân rễ Bảy lá một hoa là sấy không khí nóng 60°C. Bột khô có độ ẩm < 6,0%, hoạt độ nước < 0,5, với hàm lượng saponin tổng và DPPH lần lượt đạt 32,00 - 27,11 mg escin/g chất khô và 17,72 - 1,47 mg trolox/g chất khô.

2. Luận án đã xác định điều kiện chiết tối ưu cho rễ Đan sâm bằng chiết hỗ trợ siêu âm với ethanol 80% (v/v), 40°C, 27 phút và tỷ lệ nguyên liệu/dung môi 1/88 (g/mL); và cho thân rễ Bảy lá một hoa bằng chiết hỗ trợ vi sóng với ethanol 80% (v/v), 27 phút và thời gian bức xạ 8 giây/phút. Ở các điều kiện này, hàm lượng saponin tổng và hiệu suất chiết đạt 68,64 và 65,74 mg escin/g chất khô, tương ứng 86,07 và 82,44%.

3. Luận án đã xác định được điều kiện vi bao tối ưu cho dịch chiết cô đặc rễ Đan sâm với hệ chất bao maltodextrin/gum arabic/tinh bột ngô biến tính/pectin ở tỷ lệ 5/1/3/1 và cho thân rễ Bảy lá một hoa ở tỷ lệ 3/1/5/1, cùng tỷ lệ dịch chiết cô/chất bao màng 40/60 (theo chất khô). Bột vi bao thu được có độ ổn định nhiệt – hóa học cao, cấu trúc đồng nhất, khả năng bảo vệ hoạt chất tốt, thể hiện hoạt tính kháng vi sinh vật mạnh (MIC 10-27,5 mg/mL với Đan sâm; 10-25 mg/mL với Bảy lá một hoa) và ức chế mạnh tế bào ung thư, đặc biệt trên dòng SKBR3 với Đan sâm (GI_{50} là 14,7 µg/mL) và MDAMB468 với Bảy lá một hoa (GI_{50} là 6,33 µg/mL).

Tập thể hướng dẫn **Nghiên cứu sinh**

PGS. TS. Nguyễn Văn Tặng

Trần Thanh Giang

PGS. TS. Nguyễn Văn Hòa

DANH MỤC CÔNG TRÌNH ĐÃ CÔNG BỐ

1. Tran T.G., Nguyen V.H. & Nguyen V.T. (2024), "Physicochemical, phytochemical and antioxidant properties of medicinal plant roots Dan sam (*Salvia miltiorrhiza* Bunge) prepared under different drying conditions", *Cogent Food & Agriculture*, 10(1), 2420843, DOI: 10.1080/23311932.2024.2420843

2. Tran T.G., Nguyen V.H., Nguyen T.V. & Nguyen V.T. (2025), "Preparation of medicinal plant rhizome Bay la mot hoa (*Paris polyphylla* Smith) under various drying conditions", *Cogent Food & Agriculture*, 11(1), 2518217, DOI: 10.1080/23311932.2025.2518217

3. Trần T. G., Nguyễn V.H. & Nguyễn V. T. (2026), "Tối ưu hóa điều kiện trích ly hoạt chất sinh học và khả năng chống oxy hóa từ rễ cây đan sâm (*Salvia miltiorrhiza* Bunge)", *Tạp chí KH và CN Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội*, 62(3), 244-252.