

NGHIÊN CỨU ĐIỀU CHẾ NHũ TƯƠNG CHỨA DẦU NEEM VÀ TINH DẦU QUẾ Ức CHẾ CÁC CHỦNG *PHYTOPHTHORA* SPP. GÂY BỆNH CÂY TRỒNG

PREPARATION OF AN EMULSION CONTAINING NEEM OIL AND CINNAMON ESSENTIAL OIL TO INHIBIT PLANT PATHOGENIC STRAINS OF *PHYTOPHTHORA* SPP.

Trần Ngọc Khánh¹, Lê Thị Thanh Thảo², Lê Thu Hiền¹, Phạm Thị Ánh¹,
Phạm Quang Dương², Vũ Thị Phương Bình¹, Vũ Huyền Anh³,
Phạm Khánh Linh⁴, Lê Duy Khánh³, Lê Đăng Quang^{2,*}

DOI: <https://doi.org/10.57001/huih5804.2026.177>

TÓM TẮT

Nghiên cứu này tập trung vào điều chế nhũ tương chứa dầu neem và tinh dầu nhằm kiểm soát tác nhân gây bệnh cây trồng. Chế phẩm được tạo ra bằng phương pháp đồng hóa, thu được hệ nhũ tương ổn định với thành phần phân bố gồm các giọt nano/micro tại 695,7nm (67%) và 152,8nm (33%), chỉ số PDI là 0,647 và thế zeta đạt -48,6mV. Ở nồng độ 400 pha loãng, nhũ tương cho góc tiếp xúc 28,1° (so với 94,7° của nước cất), cho thấy khả năng thấm ướt và bám dính tốt trên lá sầu riêng. Kết quả thử hoạt tính kháng nấm cho thấy ở nồng độ pha loãng từ 200 - 800 lần, chế phẩm có hiệu lực ức chế đạt 25,42 - 62,03% đối với chủng nấm *Phytophthora* sp. Thử nghiệm in vitro cho thấy hiệu lực ức chế nấm đạt 77,27% ở nồng độ pha loãng 400 lần và 50,80% ở 800 lần đối với *Phytophthora palmivora* gây bệnh trên cây sầu riêng sau 3 ngày. Kết quả khẳng định hoạt tính kháng nấm mạnh của chế phẩm, đồng thời mở ra tiềm năng ứng dụng nhũ tương của dầu neem và tinh dầu quế như một giải pháp bảo vệ thực vật hiệu quả, an toàn và thân thiện với môi trường.

Keywords: Dầu neem; tinh dầu; nhũ tương; antifungal; material.

ABSTRACT

This study focused on formulating an emulsion containing neem and essential oil to control the phytopathogenic fungi. The emulsion was prepared using a homogenization method, resulting in a stable system with a distribution pattern showing micro/nano droplets of 695.7nm (67%) and 152.8nm (33%), a polydispersity index (PDI) of 0.647, and a zeta potential of -48.6mV. At a 400-fold dilution, the emulsion exhibited a contact angle of 28.1° (compared to 94.7° for distilled water), indicating excellent wettability and adhesion on durian leaves. At dilution levels ranging from 200- to 800-fold, the nano-formulation achieved inhibition efficacies of 25.42 - 62.03% against *Phytophthora* sp. Additionally, in vitro antifungal assays demonstrated inhibition efficiencies of 77.27% at a 400-fold dilution and 50.80% at an 800-fold dilution against phytopathogenic *Phytophthora palmivora* on durian after 3 days of incubation. These findings confirm the strong antifungal activity of the formulation and highlight the potential of neem and cinnamon essential oil emulsions as an effective, safe, and environmentally friendly plant-protection strategy.

Keywords: neem oil; essential oil; emulsion; kháng nấm; vật liệu.

¹Viện Bảo vệ thực vật, Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam

²Viện Khoa học vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

³Đại học Công nghiệp Hà Nội

⁴Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

*Email: ledangquang2011@gmail.com

Ngày nhận bài: 12/3/2026

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 10/6/2026

Ngày chấp nhận đăng: 29/6/2026

1. GIỚI THIỆU

Ngành nông nghiệp giữ vai trò quan trọng trong nền kinh tế quốc dân, không chỉ là một lĩnh vực sản xuất mà còn là một hệ thống sinh học - kỹ thuật khai thác tiềm năng của cây trồng và vật nuôi. Ngành này cung cấp lương thực, thực phẩm thiết yếu, đồng thời góp phần vào công nghiệp, xuất khẩu và bảo vệ môi trường. Trong đó, chức năng đảm bảo nguồn lương thực vẫn là vai trò cốt lõi, ngày càng trở nên quan trọng trước nhu cầu xã hội tăng cao về số lượng, chất lượng và chủng loại.

Việt Nam sở hữu diện tích gieo trồng lớn và nền nông nghiệp có đặc thù với điều kiện khí hậu nhiệt đới nóng ẩm, tạo thuận lợi cho sự phát triển của cây trồng, nhưng đồng thời cũng là môi trường lý tưởng cho sự phát triển của côn trùng gây hại, nấm bệnh và cỏ dại. Trong đó bệnh do nấm gây ra chiếm tới 80%, với các loại nấm đa thực phổ biến như *Fusarium oxysporum*, *Phytophthora infestans*, và *Colletotrichum acutatum* [1, 2]. Hiện nay, cùng với sự phát triển của công nghệ 4.0, công nghệ nano đã được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực và đặc biệt có tiềm năng lớn trong nông nghiệp. Trong thuốc bảo vệ thực vật có nguồn gốc sinh học, thảo mộc và nhũ tương chứa giọt nano/micro mang lại nhiều ưu điểm so với dạng truyền thống như giảm độc tính, tăng hoạt tính sinh học, hạn chế ô nhiễm môi trường và an toàn hơn cho người sử dụng. Nhiều nghiên cứu cho thấy các nhũ tương nano chứa tinh dầu có khả năng kiểm soát hiệu quả côn trùng và vi sinh vật gây hại, mở ra hướng phát triển các chế phẩm bảo vệ thực vật thân thiện với môi trường [1-3]. Neem oil (dầu neem) và tinh dầu quế là hai tác nhân sinh học đầy tiềm năng, được ghi nhận có hoạt tính trừ sâu hiệu quả nhờ chứa các hợp chất có tác dụng sinh học mạnh như azadirachtin và cinnamaldehyde. Neem oil được chiết xuất từ hạt cây neem (*Azadirachta indica*), là nguồn giàu các hợp chất limonoid, đặc biệt là azadirachtin - một hoạt chất đã được chứng minh có khả năng gây rối loạn sinh trưởng, ức chế quá trình lột xác, làm giảm khả năng sinh sản, cũng như hoạt động như một chất xua đuổi đối với nhiều loài côn trùng hại cây trồng [5].

Hệ nhũ tương nano đóng vai trò quan trọng trong việc ức chế vi sinh vật gây hại trái cây. Nhũ tương chứa giọt nano và micro là hệ phân tán không bền nhiệt động gồm pha dầu và pha nước, được ổn định bởi chất hoạt động bề mặt, với kích thước giọt từ 20 - 500nm. Kích thước nhỏ giúp tăng diện tích bề mặt, cải thiện khả năng phân phối và hấp thụ hoạt chất [4]. Trong nông nghiệp, nhũ tương nano được xem là hệ mang hiệu quả cho thuốc bảo vệ

thực vật nguồn gốc thực vật nhờ cải thiện độ tan, giảm bay hơi và tăng hoạt tính sinh học của tinh dầu [5]. Việc đưa tinh dầu quế và dầu neem vào hệ nano giúp tăng độ ổn định, phân tán và sinh khả dụng. Tại Việt Nam, dầu neem được thu nhận từ tỉnh Ninh Thuận vào tháng 7 - 8. Hạt neem được ép lạnh hoặc trích ly bằng dung môi không phân cực như dầu hỏa và cô quay chân không để thu dầu. Dầu neem chứa các thành phần hoạt tính quan trọng như azadirachtin (0,2 - 2,0%), nimbin (khoảng 0,04 - 0,08%), nimbidin (khoảng 0,2 - 0,6%), Salannin (khoảng 0,3 - 0,6%) và triglyceride của các axit béo (khoảng 80 - 90% gồm oleic, palmitic, stearic, linoleic) [5].

Dựa trên những lý do cấp thiết và tiềm năng ứng dụng trong phòng trừ bệnh hại cho cây trồng, nghiên cứu điều chế nhũ tương chứa dầu neem và tinh dầu quế ứng dụng cho kiểm soát tác nhân gây bệnh cây trồng *Phytophthora* sp. và *Phytophthora palmivora* gây bệnh trên cây sầu riêng đã được tiến hành nhằm mục đích ức chế hiệu quả vi nấm gây hại cây sầu riêng.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Dầu neem (*Azadirachta indica*) được mua từ công ty King Elong (Việt Nam) với hàm lượng azadirachtin 1300 ppm. Tinh dầu quế có xuất xứ từ Việt Nam. Các hóa chất khác như Trisiloxane Alkoxylate Silicone Surfactant (NS) xuất xứ Ấn Độ, ethanol 95% xuất xứ Trung Quốc và nước cất được sử dụng trong quá trình bào chế nhũ tương.

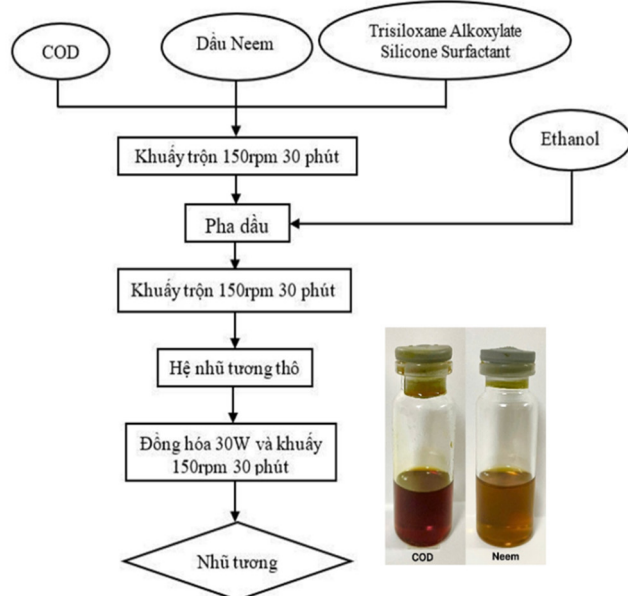
Hóa chất và vật liệu cho thí nghiệm thử hoạt tính kháng nấm: Đường glucose (độ tinh khiết 98% xuất xứ từ Việt Nam), bột agar (Việt Nam), methanol (độ tinh khiết 95% xuất xứ từ Trung Quốc), DMSO (Dimethyl Sulfoxide, độ tinh khiết 99% xuất xứ từ Hàn Quốc), khoai tây được sử dụng để làm môi trường sinh dưỡng Potato Dextrose Broth (PDB) và Potato Dextrose Agar (PDA). *Phytophthora* sp. là tác nhân gây bệnh ở cây trồng và *Phytophthora palmivora* (P-P) là tác nhân gây bệnh cây sầu riêng được Viện Bảo vệ thực vật cung cấp và sử dụng để khảo sát hoạt tính ức chế của nhũ tương nano. Lá sầu riêng được dùng làm mẫu lá để đo góc tiếp xúc của nhũ tương.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp khảo sát thành phần tinh dầu quế

Tinh dầu quế (COD, phân đoạn dầu nặng) có xuất xứ từ Việt Nam được phân tích bằng phương pháp GC-FID trên thiết bị Agilent 122-5532E sử dụng cột DB-5ms (30m × 250μm × 0,25μm); nhiệt độ ban đầu 60°C/2 phút; gradient 4°C/phút đến 192°C và 260°C trong 2 phút; tốc độ dòng 1 mL/phút; đầu dò FID ở 280°C.

2.2.2. Quy trình chế tạo nhũ tương



Sơ đồ 1. Quy trình điều chế nhũ tương có chứa tinh dầu quế và dầu neem

Pha dầu được định lượng và phối trộn gồm dầu neem (45,09% khối lượng hệ nhũ tương), tinh dầu quế (4,9% khối lượng hệ nhũ tương) và trisiloxane alkoxylate silicone surfactant (14,41% khối lượng hệ nhũ tương). Hỗn hợp được khuấy ở tốc độ 150 rpm/phút trong 30 phút nhằm tạo hệ nhũ tương thô ban đầu. Sau đó ethanol (36,04% khối lượng hệ nhũ tương) được bổ sung từ từ vào hỗn hợp dưới khuấy liên tục trong vòng 30 phút để thu được hệ nhũ tương thô màu vàng đục, chưa ổn định [9]. Tiếp theo, hệ được xử lý siêu âm bằng thiết bị Elmasonic EASY 10 với tần số 37kHz và công suất hiệu dụng 30W nhằm tăng cường quá trình đồng nhất hóa. Quá trình siêu âm được thực hiện cho đến khi hệ trở nên đồng nhất và không xảy ra hiện tượng tách lớp, nhằm làm giảm kích thước giọt và tăng độ ổn định hệ. Kết quả thu được là hệ nhũ tương có cấu trúc phân tán đồng nhất và kích thước hạt nhỏ và ổn định.

2.2.3. Phương pháp phân tích đặc điểm nhũ tương

Đo kích thước trung bình, chỉ số đa phân tán Polydispersity Index (PDI), thế zeta sử dụng máy Zetasizer Nano - S90 (Anh). Mẫu nhũ tương được pha loãng với nước cất theo tỷ lệ 1:2500, khuấy đều và cho vào cuvet polystyrene. Các thông số cài đặt bao gồm nhiệt độ 25°C, độ nhớt 0,8872 cP, chỉ số khúc xạ của nước là 1,330; mỗi phép đo lặp lại 3 lần.

Xác định đặc trưng nhóm chức bằng phổ hồng ngoại FTIR: Các mẫu được phân tích trên máy Nicolet iS10 của hãng Thermo Scientific - Mỹ tại Viện Khoa học vật liệu - Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam.

2.2.4. Phương pháp đo góc tiếp xúc

Mẫu lá sầu riêng được thu hái và làm sạch cắt thành phần nhỏ. Mẫu nhũ tương được pha loãng 400 lần với nước cất, sau đó nhỏ một giọt nước hoặc nhũ tương lên bề mặt lá (thường là vài microliter). Sử dụng máy đo góc tiếp xúc hoặc quan sát qua kính hiển vi/camera để xác định góc giữa bề mặt lá và bề mặt giọt nước. Góc tiếp xúc cung cấp thông tin về tính thấm ướt của lá.

2.3. Phương pháp thử hoạt tính sinh học

2.3.1. Phương pháp định tính khả năng kháng nấm

Sử dụng môi trường PDB pha loãng với nhũ tương ở các nồng độ pha loãng 200, 400, 800 lần,... Nấm (P-P) được cắt thành miếng và thêm vào Eppendorf chứa môi trường và nhũ tương. Eppendorf đối chứng âm chỉ chứa môi trường và nấm. Tất cả được ủ ở 28°C trong 48 tiếng [6].

2.3.2. Phương pháp thử nghiệm hoạt tính kháng nấm in vitro

Môi trường sinh dưỡng: Chuẩn bị môi trường lỏng PDB và môi trường rắn PDA từ khoai tây, nước cất, đường glucose, và agar (đối với PDA). Các môi trường được đun nóng, đổ vào ống nghiệm/đĩa petri/bình thủy tinh và hấp tiệt trùng ở 121°C trong 30 phút [7].

Hoạt hóa nấm: Khử trùng tủ cấy bằng cồn và đèn UV. Các dụng cụ (que cấy, đục lỗ, dao cắt) được hơ qua ngọn lửa đèn cồn. Nấm *Phytophthora palmivora* và *Phytophthora sp.*, đã được phân lập và thuần chủng, được đục lỗ (đường kính 7mm) và cấy sang đĩa Petri chứa môi trường PDA và mẫu thử. Đĩa đối chứng âm chỉ có môi trường PDA và nấm [2, 9]. Tất cả được bọc bằng parafilm và theo dõi sự phát triển của nấm sau 3 - 5 ngày, đo đường kính nấm bằng thước kẹp điện tử. Hiệu quả ức chế được tính theo công thức:

$$\text{Hiệu quả ức chế} = \frac{D_c - D_t}{D_c - 7} \cdot 100\%$$

Trong đó:

D_c : Đường kính nấm trên đĩa Petri đối chứng, mm.

D_t : Đường kính nấm trên đĩa có trộn nhũ tương nano, mm.

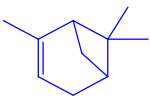
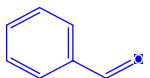
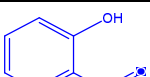
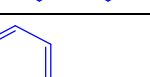
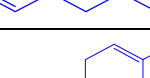
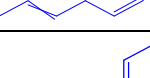
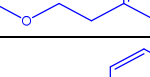
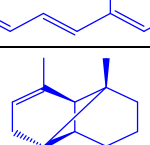
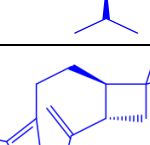
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

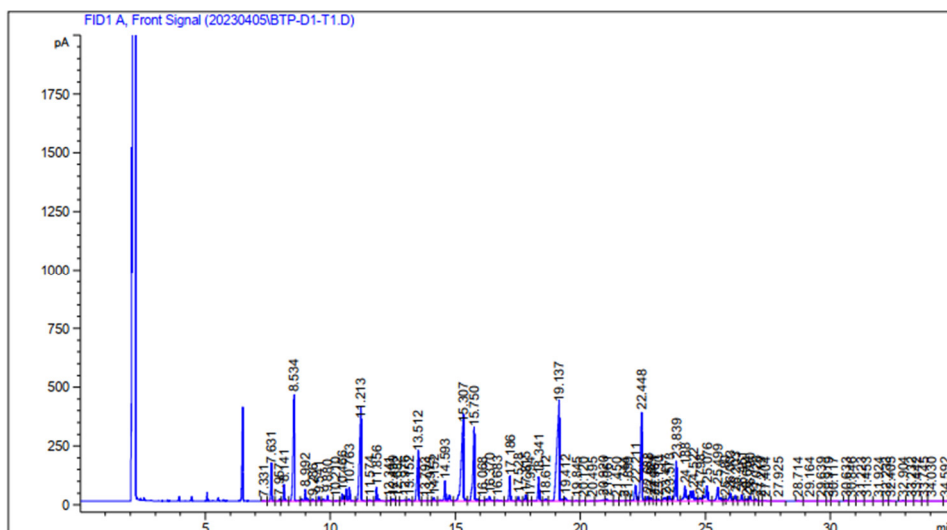
3.1. Kết quả phân tích thành phần hóa học tinh dầu quế bằng GC-FID

Kết quả phân tích GC-FID cho thấy tinh dầu quế chứa nhiều hợp chất thuộc nhóm monoterpen và sesquiterpen. Thành phần chiếm hàm lượng cao nhất là cinnamic aldehyde (13,93%), tiếp theo là dihydrocinnamaldehyde (11,20%) và salicylaldehyde (8,94%). Ngoài ra, một số hợp

chất như benzaldehyde, copaene và α -pinene cũng được ghi nhận với hàm lượng đáng kể từ khoảng 2,161% - 8,338% (bảng 1 và hình 1). Sự hiện diện của các hợp chất thuộc nhóm aldehyde thơm cùng với sesquiterpen được cho là góp phần vào hoạt tính sinh học của tinh dầu, đặc biệt liên quan đến khả năng kháng khuẩn và kháng côn trùng. Nghiên cứu trước đây cho thấy có sự tương đồng, khi tinh dầu quế chứa các hợp chất đặc trưng thuộc nhóm aldehyde thơm và terpene, đặc biệt là sự hiện diện của cinnamaldehyde [8, 9].

Bảng 1. Thành phần hóa học của tinh dầu quế phân tích bằng GC-FID

	Thời gian lưu (min)	Tên hợp chất	Hàm lượng (%)	Công thức cấu tạo
1	7,631	α -pinene	2,161	
2	8,534	Benzaldehyde	8,338	
3	11,213	Salicylaldehyde	8,937	
4	8,93753	Phenyl ethyl alcohol	4,6634	
5	15,307	Dihydro cinnamaldehyde	11,205	
6	18,341	Phenethyl acetate	1,957	
7	19,137	Cinnamic aldehyde	13,931	
8	22,448	Copaene	7,697	
9	23,839	β -Caryophyllene	3,659	

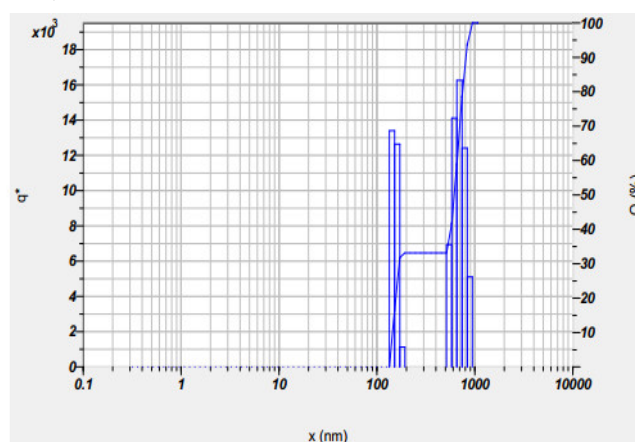


Hình 1. Sắc ký đồ GC-FID mẫu tinh dầu quế

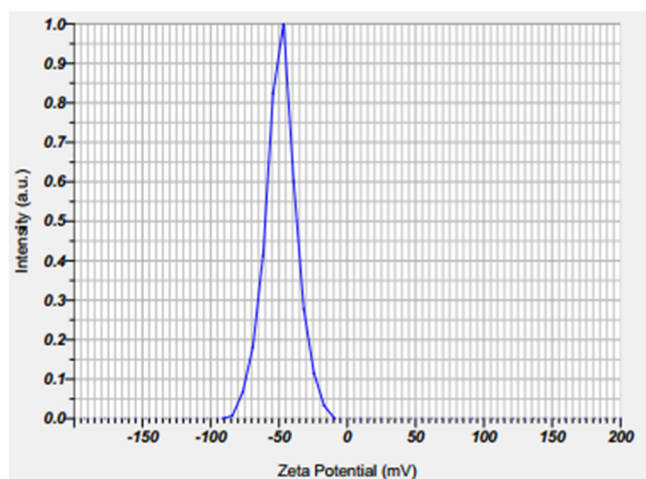
3.2. Đặc điểm hóa lý của hệ nhũ tương chứa tinh dầu và dầu neem

3.2.1. Thế Zeta và phân bố kích thước giọt

Để đánh giá đặc điểm vật lý của hệ nhũ tương, các thông số thường được sử dụng bao gồm: kích thước giọt, PDI và thế zeta. Kích thước tiểu phân đạt nano/micro với thành phần phân bố gồm các giọt nano/micro chủ yếu tại 695,7nm (67%) và 152,8nm (33%), với PDI là 0,647 (hình 2). Kết quả cũng cho thấy độ phân tán của hệ nhũ tương tốt, các hạt phân tán đều, không bị lắng hay nổi lớp dầu trên bề mặt, phù hợp với chỉ số zeta. Hệ nhũ tương nghiên cứu đáp ứng tốt yêu cầu của một hệ ổn định với thế zeta cao (-48,6mV). Giá trị zeta lớn cho thấy các hạt phân tán tốt và hạn chế sự keo tụ (hình 2). Kích thước giọt và PDI phản ánh mức độ đồng nhất của hệ; PDI < 0,2 cho thấy hệ có tính đồng nhất tốt. Thế zeta đo lực đẩy tĩnh điện giữa các giọt; giá trị lớn hơn ± 30 mV thường cho thấy hệ có độ ổn định cao [8, 9].



a)



b)

Hình 2. Kích thước giọt trung bình (2a) và thế zeta của nhũ tương (2b)

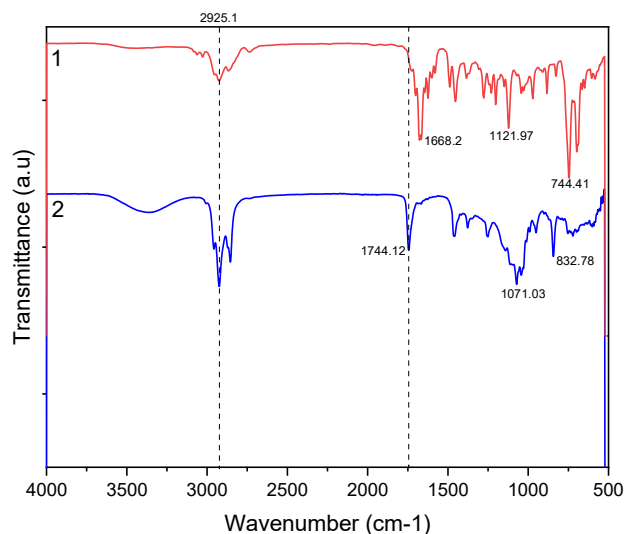
Nghiên cứu trước đây của chúng tôi về hệ nano chứa curcuminoid có kích thước trung bình 203nm với PDI là 0,322, cũng cho thấy sự phân bố kích thước tương đối đồng nhất và ổn định cao của hệ [10]. Với các dữ liệu thu được về giá trị kích thước giọt, zeta và PDI, kết quả nghiên cứu về nhũ tương dầu neem và tinh dầu quế đã cho thấy sự ổn định về độ phân tán và kích thước giọt tiểu phân khi phân tán trong nước.

3.2.2. Đặc điểm phổ hồng ngoại (FTIR)

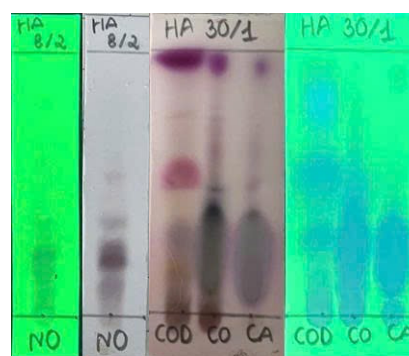
Phổ hồng ngoại được sử dụng để xác định các nhóm chức đặc trưng trong cấu tạo của mẫu nhũ tương.

Phổ FTIR của hệ nhũ tương nano/micro thể hiện sự hiện diện của các nhóm chất đặc trưng số sóng 3400 - 3200 cm^{-1} : Đỉnh tại số sóng 3355,57 cm^{-1} đặc trưng cho dao động kéo giãn của nhóm O-H (hydroxyl), thường gặp trong alcohol hoặc acid béo, đặc trưng cho dầu neem chứa các acid béo. Vùng 3000 - 2800 cm^{-1} : Các đỉnh tại số sóng 2924,44 cm^{-1} , 2851,69 cm^{-1} và 2956,90 cm^{-1} tương ứng với dao động kéo giãn của nhóm C-H trong liên kết CH_2 và CH_3 aliphatic (mạch thẳng). Số sóng 1744,23 cm^{-1} đặc trưng cho dao động kéo giãn của nhóm C=O (carbonyl) của cinnamaldehyde trong tinh dầu quế. Ngoài ra các dải hấp thụ tại 1458,60 cm^{-1} và 1377,44 cm^{-1} tương ứng với dao động biến dạng của CH_2 và CH_3 . Vùng 1251,84 cm^{-1} và 1174,23 cm^{-1} : đặc trưng cho dao động C-O trong ester (RCOOR). Vùng số sóng dưới 1000 cm^{-1} (951,65; 843,71; 721,92 cm^{-1}) phản ánh cấu trúc đặc trưng của các hợp chất hữu cơ phức tạp có trong dầu neem (hình 3). Không quan sát thấy sự xuất hiện của các đỉnh mới đặc trưng cho liên kết hóa học mới, cũng như không có sự biến mất hoàn toàn của các đỉnh đặc trưng ban đầu. Do đó, có thể kết luận rằng các thành phần trong chế

phẩm chủ yếu tương tác với nhau thông qua tương tác vật lý.



a)



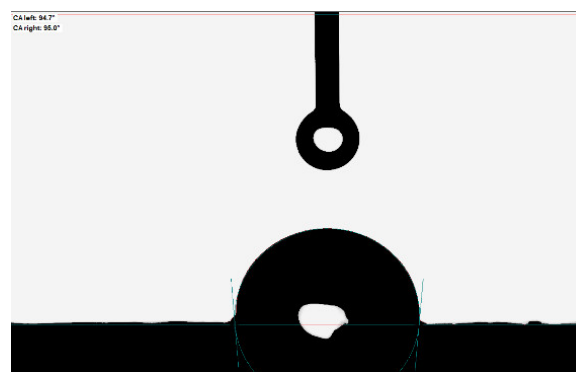
b)

(1). COD; (2). NanoF NO: dầu neem; COD: tinh dầu quế; CA: cinnaldehyde

Hình 3. Kết quả đo FTIR của tinh dầu quế, chế phẩm (3a) và TLC của tinh dầu quế, dầu neem và cinnaldehyde (3b)

3.2.3. Đặc điểm góc tiếp xúc của nhũ tương chứa dầu neem và tinh quế

Góc tiếp xúc của nhũ tương trên bề mặt lá sầu riêng được xác định tại nồng độ 400 pha loãng.



a)

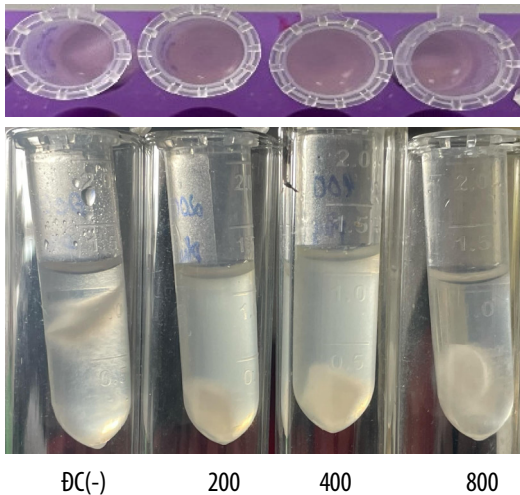


b)

Hình 4. Kết quả đo góc tiếp xúc của nhũ tương trên lá sầu riêng với dung dịch nước (4a) và dung dịch nồng độ 400 pha loãng (4b)

Khi nhỏ nước cất lên bề mặt lá góc tiếp xúc đạt $94,7^\circ$, trong khi đó nhũ tương lên bề mặt lá thể hiện góc tiếp xúc $28,1^\circ$. Giá trị này cho thấy bề mặt lá thấm tốt khi tiếp xúc với nhũ tương, nhũ tương lan rộng tốt trên bề mặt lá, hỗ trợ khả năng bám dính và phủ đều của dung dịch (hình 4).

3.3. Hoạt tính ức chế nấm gây bệnh cây trồng của hệ nhũ tương chứa dầu neem và tinh dầu

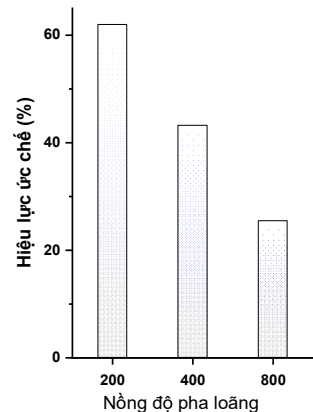
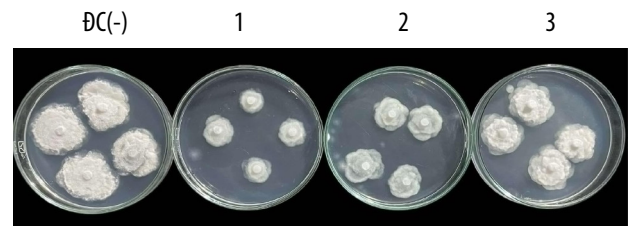


Hình 5. Kết quả ức chế *Phytophthora palmivora* của nhũ tương trong môi trường PDB

Thử nghiệm định tính khả năng kháng nấm được tiến hành trên môi trường PDB với các nồng độ là 200, 400, 800 pha loãng. Ở nồng độ pha loãng 200 - 400 lần, sự phát triển của nấm bị kìm hãm mạnh nhất, sinh khối tạo thành thưa và nhỏ. Tại 800 lần pha loãng, sự hình thành sinh khối cũng bị ức chế, môi trường nuôi gần như không xuất hiện khối nấm rõ rệt (hình 5). Mức độ ức chế trên môi trường PDB (khoảng 80%), cho thấy chế phẩm nano thể hiện tác động mạnh trong điều kiện nuôi cấy lỏng.

Phương pháp poisoned-food technique được sử dụng để định lượng hoạt tính kháng nấm trên môi trường PDA

với chủng nấm *Phytophthora* sp.. Kết quả cho thấy hệ nhũ tương này có khả năng ức chế rõ rệt hơn sự sinh trưởng của nấm B so với chủng nấm A, điều này được thể hiện qua hình 6.

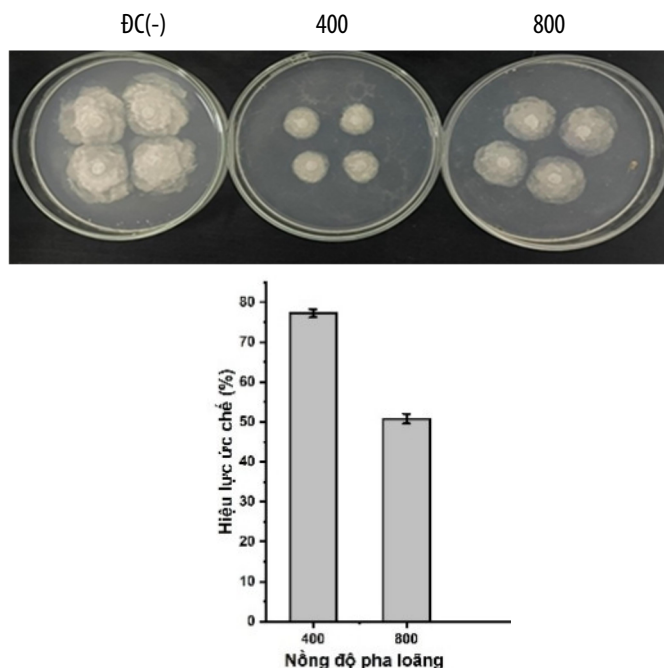


Hình 6. Khả năng ức chế nhũ tương chứa tinh dầu quế và dầu neem đối với *Phytophthora* sp. (sau 3 ngày nuôi cấy). Nồng độ pha loãng tương ứng: hàng 1=200; 2=400; 3=800

Cơ chế kháng nấm của nhũ tương chứa tinh dầu quế và dầu neem bao gồm: làm suy yếu màng tế bào nấm, ức chế hệ enzyme, và ức chế sự nảy mầm của bào tử. Những cơ chế này giúp nhũ tương của tinh dầu trở thành một lựa chọn thay thế thân thiện với môi trường cho thuốc trừ nấm tổng hợp hóa học. Đối với *Phytophthora* sp. (hình 6), mẫu đối chứng âm nấm phát triển mạnh với đường kính tản nấm trung bình đạt 31,48mm. Tại nồng độ 200 lần pha loãng, đường kính tản nấm trung bình 15,06mm, tương ứng hiệu lực ức chế đạt 62,03%. Tại 400 và 800 lần pha loãng, hiệu lực ức chế giảm lần lượt xuống 43,21% và 25,42%. Điều này thể hiện hệ mang nano sẽ có mức độ ức chế phát triển tùy thuộc vào từng chủng nấm.

Nghiên cứu của Miastkowska và cộng sự về hệ nano chứa các tinh dầu và cao chiết thảo mộc cho thấy hiệu quả ức chế với nồng độ hoạt chất thấp có thể ức chế sợi nấm *in vitro* và *in vivo* [3]. Nghiên cứu của Lê Đăng Quang và cộng sự cho thấy hệ nano nhũ tương chứa tinh dầu có khả năng tăng cường hiệu quả kháng nấm nhờ kích thước nhỏ và độ phân tán cao, giúp cải thiện tương tác với tế bào nấm. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu hiện tại, khi nhũ tương chứa dầu neem và tinh dầu thể hiện hiệu quả ức chế mạnh, đặc biệt đối với *Phytophthora* sp. [9].

Trong nghiên cứu này, nano nhũ tương chứa tinh dầu quế và dầu neem cũng được định lượng hoạt tính kháng nấm trên môi trường PDA với chủng *Phytophthora palmivora* gây bệnh xì mủ trên cây sầu riêng (hình 7).



Hình 7. Kết quả ức chế *Phytophthora palmivora* bởi nhũ tương nano sau 3 ngày nuôi cấy

Tại nồng độ 400 lần pha loãng, hiệu lực ức chế là 77,27%, với đường kính nấm giảm từ 18,81mm xuống còn 11,38mm. Tại nồng độ 800 lần pha loãng, hiệu lực ức chế là 50,80% (hình 7). So với nghiên cứu của Lê Đăng Quang và cộng sự chế tạo nano curcuminoid, chế phẩm này phân tán ổn định và có tiềm năng kiểm soát bệnh nấm trên cây trồng [10]. Kết quả này củng cố giả thuyết rằng hệ mang kích thước nano/micro có thể tăng cường sự tương tác giữa hoạt chất sinh học và cấu trúc tế bào nấm, từ đó nâng cao hiệu quả kháng nấm. Nhũ tương chứa giọt nano/micro với kích thước hạt rất nhỏ và khả năng khuếch tán tốt đã dẫn đến hiệu quả ức chế sự phát triển của nấm tốt. Điều này đặc biệt có ý nghĩa trong việc sử dụng tinh dầu và dầu neem làm thuốc bảo vệ thực vật để phòng ngừa và ngăn chặn sự lây lan của các bệnh hại do vi nấm gây ra trên trái cây và cây trồng.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu sử dụng phương pháp đồng hóa để tạo sự ổn định cho hệ nhũ tương nano, đảm bảo hình thái đồng đều của các giọt phân tán và bảo quản các hợp chất dễ bay hơi trong nhũ tương. Hoạt tính kháng nấm đã được kiểm chứng khi hệ nhũ tương ức chế tốt nấm *Phytophthora palmivora* trên môi trường PDA, hiệu lực ức

chế ở nồng độ pha loãng 400 lần đạt 77,27% và ở 800 lần pha loãng đạt 50,8%. Nghiên cứu về nhũ tương nano/micro chứa dầu neem và tinh dầu quế có thể góp phần phát triển sản phẩm theo hướng hóa học xanh, giảm liều sử dụng nhưng vẫn duy trì hiệu lực.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài "Nghiên cứu ứng dụng chế phẩm Nano-sinh học trong phòng trừ bệnh hại do nấm *Phytophthora* trên cây sầu riêng, bơ tại tỉnh Đắk Lắk", Sở Khoa học và công nghệ tỉnh Đắk Lắk, năm 2024-2026.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. P. Q. Duong, J. W. Han, N. T. Dao, J. C. Kim, P. T. Hieu, N. H. Tung, N. T. Ngoc, G. J. Choi, V. D. Hoang, L. D. Quang, "In vitro and in vivo antimicrobial potential against various phytopathogens and chemical constituents of the aerial part of *Rumex chinensis* Campd," *South African Journal of Botany*, 133, 73, 2020.
- [2]. M. Y. Kim, J. W. Han, Q. L. Dang, J.-C. Kim, H. Kim, and G. J. Choi, "Characterization of *Alternaria porri* causing onion purple blotch and its antifungal compound magnolol identified from *Caryodaphnopsis baviensis*," *PLoS One*, 17, 1, p. e0262836, 2022.
- [3]. M. Miastkowska, A. Michalczyk, K. Figacz, E. Sikora, "Nanoformulations as a modern form of biofungicide," *Journal of Environmental Health Science and Engineering*, 18, 1, 119, 2020.
- [4]. L. T. Huong, N. X. Canh, L. T. Thuong, N. T. Hanh, L. D. Quang, L. Ji-Hoon, H. Hor-Gil, N. T. Hoa, H. T. Cuong, "Antibacterial effect of copper nanoparticles produced in a *Shewanella*-supported non-external circuit bioelectrical system on bacterial plant pathogens," *RSC Advances*, 12, 7, 4428, 2022.
- [5]. J. A. Hernández-Becerra, A. L. Sánchez-Cerino, H. S. García-Galindo, C. Torres-Palacios, A. A. Ochoa-Flores, "Antifungal activity In vitro of nanoemulsion prepared from neem oil (*Azadirachta indica*)," *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 10, spe3, 2023.
- [6]. P. Delgadillo-Durán, M. Soto-Suárez, L. Rodríguez-Polanco, M. Carrero-Gutierrez, E. Torres-Rojas, R. Yockteng, "A new method for the inoculation of *Phytophthora palmivora* (Butler) into cacao seedlings under greenhouse conditions," *Plant Methods*, 16, 1, 114, 2020.
- [7]. P. Pitisom, U. Lertsuchatavanich, B. Wiangsamut, N. Mongkontanawat, "Efficacy of mangosteen peel extract and phosphonic acid on durian root rot caused by *Phytophthora palmivora* in vitro," *International Journal of Agricultural Technology*, 21, 1, 163, 2025.
- [8]. A. Eqbal, V. A. Ansari, A. Hafeez, F. Ahsan, M. Imran, S. Tanweer, "Recent applications of nanoemulsion based drug delivery system: A review," *Research Journal of Pharmacy and Technology*, 14, 5, 2852, 2021.

[9]. Q. Le Dang, C. Q. Nguyen, T. K. A. Vo, T. T. T. Nguyen, Q. D. Pham, T. X. Nguyen, T. H. Cao, Q. De Tran, T. T. Le, T. H. Do, "A botanical nanoemulsion against phytopathogenic fungi *Colletotrichum* sp. and *Fusarium oxysporum*: Preparation, in vitro and in vivo bioassay," *Journal of Natural Pesticide Research*, 10, 100, 2024.

[10]. Q. Le Dang, N. T. Anh, T. Q. De, N. T. T. Trang, V. X. Minh, N. C. Quoc, V. T. K. Anh, B. V. Cuong, T. Đ. Lam, T. T. Men, D. T. Khang, N. T. Tuan, "Preparation and potential of nanoparticles containing curcuminoids to control fungal diseases in tropical fruits," *Vietnam Journal of Science and Technology*, 61, 2, 242, 2023.

AUTHORS INFORMATION

**Tran Ngoc Khanh¹, Le Thi Thanh Thao², Le Thu Hien¹,
Pham Thi Anh¹, Pham Quang Duong², Vu Thi Phuong Binh¹,
Vu Huyen Anh³, Pham Khanh Linh⁴,
Le Duy Khanh³, Le Dang Quang²**

¹Plant Protection Research Institute, Vietnam Academy of Agriculture Sciences, Vietnam

²Institute of Materials Science, Vietnam Academy of Science and Technology, Vietnam

³Hanoi University of Industry, Vietnam

⁴University of Science, Vietnam National University, Hanoi, Vietnam