

BÀO CHẾ NHŨ TƯƠNG NANO THẢO MỘC VÀ ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ KHÁNG NẤM *ALTERNARIA SOLANI* VÀ *RHIZOCTONIA SOLANI* GÂY BỆNH HẠI TRÊN CÂY TRỒNG

DEVELOPMENT OF A HERBAL NANOEMULSION AND EVALUATION OF ITS ANTIFUNGAL ACTIVITY AGAINST *ALTERNARIA SOLANI* AND *RHIZOCTONIA SOLANI*

Đỗ Văn Công¹, Vũ Thị Phương Bình², Trần Ngọc Khánh²,
Vũ Ngọc Thu Hà³, Vũ Đình Hoàng³,
Hà Minh Thanh², Lê Đăng Quang^{1,*}

DOI: <http://doi.org/10.57001/huih5804.2025.179>

TÓM TẮT

Nghiên cứu này trình bày quá trình bào chế thành công hệ nano nhũ tương (Nano Bio-F1) từ tinh dầu quế (*Cinnamomum cassia*) và tinh dầu nghệ (*Curcuma longa*), sử dụng các chất hoạt động bề mặt bao gồm Tween 20 và PEG 400. Quy trình điều chế kết hợp kỹ thuật đồng hóa tốc độ cao và siêu âm nhằm tạo ra hệ phân tán ổn định với kích thước hạt 112nm và 1591,5nm, PDI thấp và thế zeta đạt -58,1mV, đảm bảo độ ổn định. Phân tích thành phần hóa học của tinh dầu nghệ bằng GC-MS ghi nhận hàm lượng các chất chính turmerone - đặc biệt ar-turmerone (38,45%). Cinnamaldehyde chiếm 83,11% trong tinh dầu quế được phân tích bằng hệ thống sắc ký khí GC-FID. Đánh giá hoạt tính sinh học *in vitro* cho thấy hệ nhũ tương có hiệu quả ức chế 100% đối với nấm *Alternaria solani* và 80,99% đối với nấm *Rhizoctonia solani*. Kết quả nghiên cứu mở ra hướng ứng dụng tiềm năng trong phát triển chế phẩm sinh học thân thiện với môi trường trong nông nghiệp bền vững.

Từ khóa: *Cinnamomum cassia*; *Curcuma longa*; hoạt tính kháng nấm; *Alternaria*; *Rhizoctonia*; Nano nhũ tương.

ABSTRACT

This study describes the successful preparation of a nanoemulsion system (Nano Bio-F1) using essential oils from *Cinnamomum cassia* (cinnamon) and *Curcuma longa* (turmeric), combined with surfactants Tween 20, PEG 400. The preparation process combined high-speed homogenization and ultrasonication techniques, yielding a stable dispersion system with nano-scale particle sizes 112nm and 1591.5nm, as confirmed by dynamic light scattering (DLS). The formulation exhibited a low polydispersity index (PDI) and a high zeta potential (-58.1mV), indicating excellent colloidal stability. GC-MS analysis of turmeric essential oil revealed a high concentration of turmerones, particularly ar-turmerone (38.45%). Quantitative analysis by gas chromatography with flame ionization detection (GC-FID) identified cinnamaldehyde as the major component, representing 83.11% of the total essential oil composition. In vitro bioactivity assays demonstrated the nanoemulsion's superior antifungal efficacy against phytopathogenic fungus *Alternaria solani* (100% inhibition) and *Rhizoctonia solani* (80.99% inhibition). These findings highlight the potential of this botanical nanoemulsion as an eco-friendly biocontrol agent for sustainable agriculture.

Keywords: *Cinnamomum cassia*; *Curcuma longa*; *Alternaria*; *Rhizoctonia*; botanical nanoemulsion, antifungal.

¹Viện Khoa học vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

²Viện Bảo vệ thực vật, Viện Khoa học Nông nghiệp Việt Nam

³Trường Hóa học và Khoa học sự sống, Đại học Bách khoa Hà Nội

*Email: ledangquang2011@gmail.com

Ngày nhận bài: 19/02/2025

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 21/5/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/5/2025

1. GIỚI THIỆU

Hiện nay, nấm *Alternaria* là nguyên nhân gây ra nhiều bệnh hại nghiêm trọng trên các loại cây trồng, ảnh hưởng trực tiếp đến năng suất và chất lượng nông sản. *Alternaria* spp. là nấm gây bệnh đốm lá đặc trưng bởi các vết bệnh hình tròn, màu nâu đen với các vòng đồng tâm rõ rệt, thường xuất hiện trên lá già trước khi lan sang các bộ phận khác của cây [1]. Trong điều kiện ẩm ướt, bào tử nấm phát tán mạnh, gây thiệt hại nghiêm trọng đến năng suất cây trồng chỉ trong thời gian ngắn. *Rhizoctonia solani* gây bệnh gây bệnh chết cây con hại cải bắp và còn gọi là bệnh lở cổ rễ, trên nhiều loại cây trồng [1, 2]. Nấm bệnh gây hại bằng cách thối rễ, thối gốc và gây chết cây con. Nấm *Alternaria* spp. và *Rhizoctonia* spp. có khả năng kháng lại một số thuốc trừ nấm hóa học thông thường, đòi hỏi các giải pháp thay thế hiệu quả và bền vững hơn [1, 2].

Trong lĩnh vực bảo vệ thực vật, các chế phẩm nano nhũ tương từ tinh dầu thực vật đang được quan tâm nhờ khả năng nâng cao hiệu quả kháng nấm và giảm thiểu tác động môi trường. Đặc biệt, việc kết hợp tinh dầu quế (*Cinnamomum cassia*) và tinh dầu nghệ (*Curcuma longa*) trong hệ nano nhũ tương cho phép tận dụng hoạt tính kháng nấm mạnh của các hợp chất phenolic (ví dụ: cinnamaldehyde) và turmerone, đồng thời cải thiện độ ổn định và khả năng thẩm thấu vào mô bệnh [3-7]. Các nghiên cứu gần đây cũng chứng minh rằng kỹ thuật đồng hóa tốc độ cao kết hợp siêu âm giúp tạo ra hệ nano nhũ tương với kích thước hạt siêu nhỏ (< 200nm), từ đó tăng cường hiệu quả ức chế nấm gây bệnh [8, 9].

Tinh dầu nghệ, với thành phần chính là ar-turmerone, đã được ghi nhận có hoạt tính kháng nấm phổ rộng nhờ cơ chế phá vỡ màng tế bào và ức chế quá trình tổng hợp ergosterol [5, 6, 12]. Nghiên cứu [5, 13] đã chỉ ra rằng tinh dầu nghệ và curcumin có khả năng ức chế nấm có hại cho cây trồng và thực phẩm như *Fusarium* và *Botrytis*. Nhờ đó, các hợp chất từ nghệ có thể được sử dụng như một biện pháp tiềm năng để ngăn chặn sự phát triển của nấm gây bệnh thực vật. Trong khi đó, tinh dầu quế chứa cinnamaldehyde nổi tiếng với khả năng tiêu diệt nấm gây bệnh cây trồng như *Alternaria* và một số nấm mốc khác thông qua ức chế enzyme chính trong quá trình trao đổi chất của chúng [5, 8, 9].

Nghiên cứu này tập trung vào việc chế tạo hệ nano nhũ tương từ tinh dầu quế, tinh dầu nghệ và các chất nhũ hóa tự nhiên (Tween 20, PEG 400), đồng thời đánh giá hoạt tính kháng nấm *in vitro* đối với *Alternaria solani* và *Rhizoctonia solani*. Mục tiêu hướng đến là phát triển một chế phẩm sinh học an toàn, thân thiện môi trường, góp

phần giảm phụ thuộc vào thuốc bảo vệ thực vật hóa học trong nông nghiệp bền vững.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Vật liệu và thiết bị

Tinh dầu quế được mua tại Công ty Cổ phần Techvina ở Khoái Châu, Hưng Yên. Tween 20, PEG 400, DAY CO (cặn đáy tháp chưng cất tinh dầu quế), methanol, ethyl acetate, *n*-hexane là các hóa chất công nghiệp có nguồn gốc Trung Quốc và một số nước EU. Các dung môi được cất lại trước khi sử dụng.

Thiết bị máy zetasizer Micro - S90 được sản xuất tại nước Anh dùng để đo kích thước hạt và thế zeta. Máy cô quay chân không RV 10 Digital V của hãng IKA, Đức. Máy đồng hóa T 18 Ultra-Turrax (IKA, Đức) với tốc độ từ 3000 - 25000 vòng/ phút. Tủ cấy vi sinh Human Lab, Hàn Quốc đạt tiêu chuẩn ISO 9001:2008.

Hệ thống sắc ký khí Headspace HS-20 (Shimadzu, Nhật Bản), hệ thống sắc ký khí GC-MS (GC-2030, Shimadzu, Nhật Bản) và Agilent 122-5532E trang bị đầu dò ion hóa ngọn lửa (FID) [11].

2.2. Tách chiết tinh dầu nghệ từ cao dịch phần còn lại sau kết tinh từ quá trình sản xuất curcuminoid

Quy trình thu tinh dầu nghệ được thực hiện bằng quá trình chiết dung môi phân bố [8, 10]. Lấy 500g cao dịch phần còn lại sau kết tinh từ quá trình sản xuất curcuminoid, hòa tan hoàn toàn trong 200mL H₂O và 500mL methanol, sau đó cho thêm 500mL *n*-hexane. Cho toàn bộ hỗn hợp vào trong phễu chiết 2 lít, lắc đều, sau một thời gian hỗn hợp phân thành 2 lớp. Tách lấy lớp dung môi và phần ít phân cực ở lớp trên. Quá trình chiết lặp lại cho đến khi dịch chiết bên trên nhạt màu (3 lần). Các dịch chiết của pha *n*-hexane được gộp lại, rồi tiến hành cất loại dung môi *n*-hexane bằng cô quay tới kiệt thu turmeric oil (hỗn hợp dầu nghệ và tinh dầu). Khối lượng dầu nghệ thu được có khối lượng 180g.

2.3. Tạo nano nhũ tương chứa tinh dầu quế

Hệ nano nhũ tương chứa tinh dầu quế được điều chế theo quy trình 3 bước tương tự như các nghiên cứu trước đây [8, 9]: Đầu tiên, tinh dầu quế được cân chính xác với tỷ lệ 20,71% so với tổng khối lượng hệ nhũ tương. Tiếp theo, các thành phần nhũ hóa bao gồm Tween 20, DAY CO (cặn đáy tháp chưng cất tinh dầu quế), tinh dầu nghệ và PEG 400 được phối trộn theo tỷ lệ cân bằng 1:1:0,6:1 (1 tương ứng 22,32% mỗi chất), sau đó hỗn hợp được đồng hóa bằng máy khuấy tốc độ cao trong 30 phút để tạo hệ nhũ tương cơ bản. Cuối cùng, tinh dầu quế được bổ sung từ từ vào hệ nhũ tương cơ bản và tiếp tục khuấy trộn đều

trong 20 -30 phút cho đến khi thu được hệ nano nhũ tương đồng nhất, ổn định, không có hiện tượng tách pha. Sản phẩm cuối cùng là hệ nano nhũ tương đồng nhất với các giọt dầu được phân tán mịn trong pha nước.

Hỗn hợp được đồng hóa ở tốc độ 1000rpm trong 15 phút cho đến khi thu được hệ nhũ tương đồng nhất, có màu vàng nhạt hơn so với hệ đậm đặc ban đầu. Các hệ nano nhũ tương sau khi pha chế được bảo quản ở nhiệt độ phòng và theo dõi độ ổn định trong 1 tháng. Các đặc tính lý hóa của hệ nhũ tương Nano Bio-F1 sẽ được phân tích chi tiết, đồng thời đánh giá hoạt tính kháng nấm *in vitro* đối với *Alternaria solani* và nấm *Rhizoctonia solani*.

2.4. Các phương pháp đánh giá đặc điểm của nano nhũ tương

Phương pháp đo kích thước hạt trung bình, chỉ số đa phân tán (PI) và giá trị thế zeta

Kích thước trung bình, chỉ số thể zeta và chỉ số độ phân tán của nano nhũ tương được xác định bằng kỹ thuật tán xạ ánh sáng động bằng máy zetasizer Micro - S90 (Anh).

Đối với phép đo này, cần pha loãng hỗn hợp nhũ tương bằng nước cất với tỉ lệ 1:2500, dùng micropipet hút và khuấy đều cho đến khi dung dịch đồng nhất rồi cho vào cuvet polystyrene. Tiếp theo, ta cài đặt các thông số với tất cả các phép đo tại máy như: nhiệt độ 25°C, độ nhớt là 0,8872cP, chỉ số khúc xạ của nước là 1,330. Mỗi phép đo được lặp lại 3 lần theo như cài đặt mặc định của thiết bị [9].

Phương pháp sắc ký khí - quang phổ khối (GC-MS)

Dầu nghệ được chưng cất lôi cuốn theo hơi nước để thu hỗn hợp các hợp chất dễ bay hơi, sau đó làm khan bằng Na_2SO_4 trước khi phân tích. Quá trình phân tích được thực hiện bằng hệ thống Headspace HS-20 (Shimadzu, Nhật Bản), trong đó mẫu được ủ ở 90°C trong 20 phút với nhiệt độ tiêm và chuyển mẫu đều là 150°C, áp suất khí nén 50 kPa. Tiếp theo, mẫu được phân tích trên hệ GC-MS (GC-2030, Shimadzu) sử dụng cột Rxi-5MS (30m × 0,25mm, film 0,25µm). Chương trình nhiệt bắt đầu ở 50°C (giữ 4 phút), tăng dần lên 80°C (2°C/phút), 150°C (5°C/phút), 200°C (10°C/phút), và 300°C (20°C/phút, giữ 3 phút). Buồng ion duy trì ở 230°C, khí mang He (1,69mL/phút), chế độ chia dòng 1:5 và áp suất đầu cột 100kPa.

Phương pháp sắc ký khí – detector ngọn lửa (GC-FID)

Thành phần hóa học của tinh dầu quế được xác định bằng hệ thống sắc ký khí Agilent 122-5532E trang bị đầu dò ion hóa ngọn lửa (FID). Hệ thống sử dụng cột mao quản DB-5ms (30m × 250µm, độ dày lớp phim 0,25µm) với các điều kiện phân tích tối ưu như sau: nhiệt độ buồng

cột được khởi tạo ở 60°C (giữ 2 phút), sau đó tăng theo chương trình nhiệt với tốc độ 4°C/phút đến 192°C, tiếp tục tăng đến 260°C và giữ ổn định trong 2 phút. Tốc độ dòng khí mang (Heli) được duy trì ở 1 mL/phút trong suốt thời gian phân tích 35 phút. Nhiệt độ đầu dò FID được thiết lập ở 280°C để đảm bảo độ nhạy và độ chính xác tối ưu cho việc định lượng các cấu tử.

2.5. Phương pháp thử nghiệm *in vitro* trên nấm *Alternaria solani* và *Rhizoctonia solani* gây bệnh ở cây trồng

Các hệ nano nhũ tương tạo thành gồm: hệ 1, hệ 2 được thử nghiệm với nấm cấy trong môi trường chứa Potato Dextrose Agar (PDA), theo dõi sự ức chế của nấm và so sánh với đối chứng âm sau 2 - 5 ngày. Môi trường PDA được hấp tiệt trùng và làm nguội đến khoảng 50°C, sau đó cho thêm mẫu thử. PDA thu được đem đổ vào đĩa Petri có đường kính 9 cm. Ba đĩa petri lặp lại được sử dụng cho mỗi hệ nano nhũ tương. Dùng 3 đĩa PDA không chứa chế phẩm để làm đối chứng âm (mẫu kiểm soát). Đối chứng dương được thực nghiệm với Thumb 0,5SL (hoạt chất chitosan) tại nồng độ 0,12%. Theo dõi và đo đường kính nấm bằng thước kẹp điện tử. Hiệu quả ức chế nấm được tính theo công thức [9, 10]:

$$\text{Hiệu quả ức chế (\%)} = 100 \times (D_c - D_t) / (D_c - 5)$$

Trong đó: D_c : Đường kính nấm trên đĩa petri đối chứng, mm; D_t : Đường kính nấm trên đĩa có chứa nano nhũ tương; 5: Đường kính agar cấy nấm (mm).

Nấm *Alternaria solani* (gây bệnh đốm vòng trên cà chua) và *Rhizoctonia solani* (gây bệnh chết cây con hại cải bắp) được cung cấp từ nguồn thuần chủng của Viện Bảo vệ Thực vật, bảo quản ở nhiệt độ 4°C và cấy kín để tránh lây nhiễm chéo. Phân tích phương sai (ANOVA) đã được thực hiện để xác định sự khác biệt giữa các giá trị trung bình. Để đánh giá mức độ biến động của dữ liệu trong từng phân tích, Hệ số biến thiên (Coefficient of Variation -CV, %) đã được tính toán. Trong trường hợp ANOVA cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê, tiêu chuẩn Sai khác có ý nghĩa tối thiểu (Least Significant Difference-LSD) ở mức ý nghĩa 5% đã được áp dụng để xác định các cặp giá trị trung bình cụ thể có sự khác biệt.

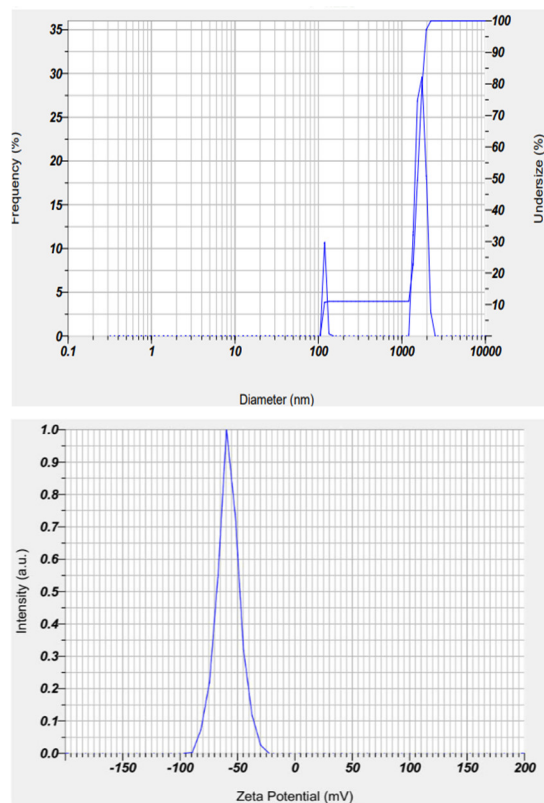
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tính chất hóa lý của hệ nano nhũ tương

Kích thước hạt trung bình, chỉ số đa phân tán và giá trị thế zeta

Kết quả đo phân bố kích thước hạt của mẫu Nano Bio-F1 bằng kỹ thuật DLS ở nhiệt độ 25°C, chỉ số khúc xạ 1,42 và góc đo 90° có 2 loại hạt 112nm và 1591,5nm (micro)

trong hỗn hợp sau điều chế. Đồng thời PI là 1,225 và giá trị zeta = -58,1mV cho thấy hệ bền trong môi trường nước khi pha loãng (hình 1).



Hình 1. Biểu đồ chỉ số kích thước hạt và thế zeta của mẫu Nano Bio-F1

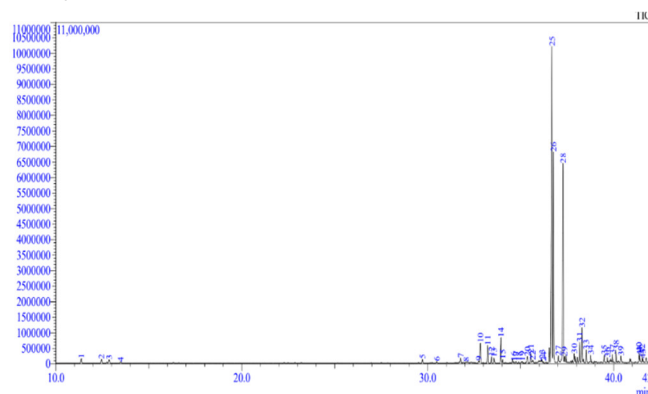
Bên cạnh đó, công thức nano nhũ tương được đánh giá qua chỉ số PDI và thế zeta. Kết quả này cho thấy hệ được tạo thành có độ ổn định cao, hạt phân tán tốt trong dung dịch [8]. Thế zeta có giá trị tuyệt đối > 25 cho thấy khả năng tạo hệ vi nhũ tương bền, tránh được hiện tượng tách lớp, kết tủa xảy ra do hiệu ứng tương tác tĩnh điện.

So sánh kết quả với các nghiên cứu khác, ta thấy rằng kết quả của hệ nano nhũ tương tinh dầu quế có các số đo về kích thước trung bình, chỉ số đa phân tán và thế zeta khá tốt và cũng tương tự với các nghiên cứu đã thực hiện. Qua đó tăng thêm độ tin cậy về phương pháp nghiên cứu được sử dụng [9, 11].

Thành phần các hợp chất dễ bay hơi trong dầu nghệ

Sau khi sử dụng các phương pháp phân tích hiện đại để xác định thành phần các hoạt chất chính trong tinh dầu nghệ [5, 12, 14]. Kết quả cho thấy: thành phần chủ yếu thuộc nhóm sesquiterpenoid, trong đó nổi bật là *ar*-turmerone (38,45%) - hợp chất đặc trưng có hoạt tính kháng nấm mạnh. Các thành phần quan trọng khác bao gồm tumerone (17,67%), *ar*-curcumene (2,12%) và (*E*)-atlantone (2,72%). Nhóm turmerone (*ar*-turmerone + tumerone) chiếm tới 56,12% tổng thành phần (Bảng 1),

đây là các hợp chất then chốt quyết định hoạt tính sinh học của tinh dầu nghệ, đặc biệt trong việc ức chế nấm bệnh thực vật như *Alternaria*. Bên cạnh đó, tinh dầu còn chứa nhiều sesquiterpen khác như β -bisabolene (0,60%) và dihydro-*ar*-turmerone (0,59%) có thể đóng vai trò tăng cường hiệu quả sinh học [12, 14].



Hình 2. Sắc ký đồ GC-MS của tinh dầu nghệ

Bảng 1. Thành phần các hợp chất dễ bay hơi trong tinh dầu nghệ

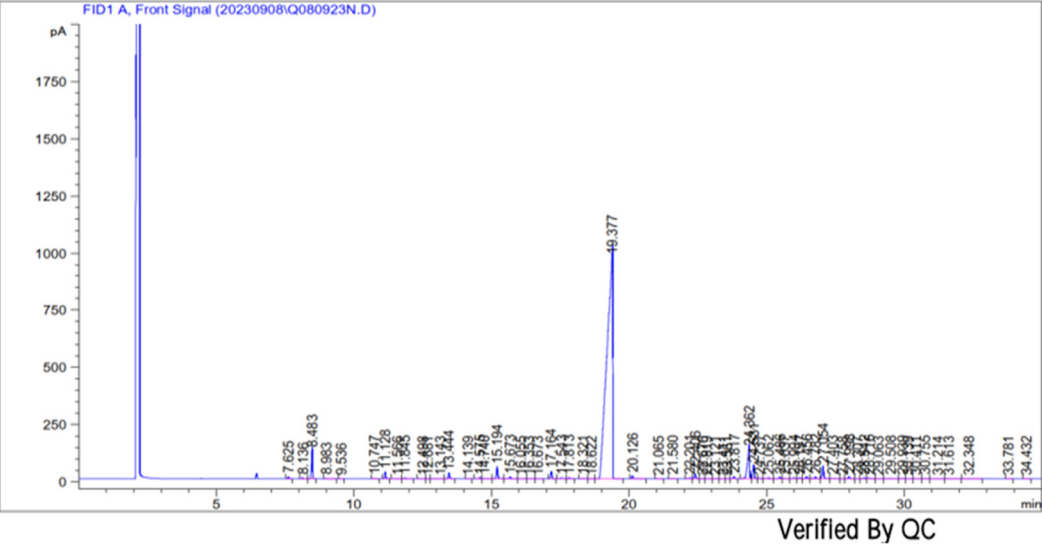
STT	Hợp chất	Thời gian lưu (phút)	RI*	Tỷ lệ (%)
1	α -Phellandrene	11,371	969	0,63
2	Eucalyptol (1,8-cineole)	12,861	1059	0,47
3	<i>m</i> -Camphorene	31,769	1572	0,47
4	<i>Ar</i> -curcumene	32,828	1524	2,12
5	β -Bisabolene	33,560	1500	0,60
6	Caryophyllene oxide	34,748	1592	0,18
7	(+/-)-Dihydro- <i>ar</i> -turmerone	35,362	1568	0,59
8	α -Santalol	35,652	1668	0,27
9	Curlone	36,156	1582	0,26
10	<i>Ar</i> -turmerone	36,684	1660	38,45
11	Tumerone	36,765	1616	17,67
12	(<i>Z</i>)- γ -Atlantone	37,028	1616	0,45
13	(<i>E</i>)-Atlantone	38,300	1367	2,72
14	7-Tetradecenal	41,396	2007	0,46
15	Ethyl oleate	41,574	2241	0,17

(*): RI= Retention Index được tính trên cơ sở Kovats Retention Index.

Thành phần các hợp chất dễ bay hơi trong tinh dầu quế

Tinh dầu quế được phân tích cho thấy thành phần chủ yếu (bảng 2) là *trans*-cinnamaldehyde (83,11%), hợp chất có hoạt tính kháng nấm mạnh. Cơ chế tác động của cinnamaldehyde bao gồm ức chế enzyme thiết yếu trong quá trình trao đổi chất của nấm, phá vỡ cấu trúc màng tế bào, và can thiệp vào quá trình tổng hợp ergosterol [4, 7, 11]. Ngoài ra, các thành phần phụ như cinnamyl acetate

(1,26%) và benzaldehyde (2%) có thể hỗ trợ tăng cường hiệu quả kháng nấm thông qua khả năng thẩm thấu và tác động hiệp đồng [3, 6]. Coumarin (4,61%) cũng được ghi nhận với hoạt tính ức chế hô hấp tế bào nấm, nhưng cần lưu ý về độc tính tiềm tàng ở liều cao [14].



Hình 3. Sắc ký đồ GC-FID của tinh dầu quế

Bảng 2. Thành phần các hợp chất dễ bay hơi trong tinh dầu quế

STT	Hợp chất	Thời gian lưu (phút)	CAS number	Tỷ lệ (%)
1	Benzaldehyde	8,473	100-52-7	2,00
2	Salicylaldehyde	11,124	90-02-8	0,50
3	Cinnamic aldehyde (cis-)	17,161	57194-69-1	0,64
4	Cinnamic aldehyde (trans-)	19,334	14371-10-9	83,11
5	Coumarin	24,311	91-64-5	4,61
6	Cinnamyl acetate	24,536	103-54-8	1,26
7	Ortho Methoxyl Cinnamaldehyde	27,13	1504-74-1	1,28

Với hàm lượng *trans*-cinnamaldehyde chiếm ưu thế (83,11%), tinh dầu quế này đạt tiêu chuẩn chất lượng cao cho ứng dụng trong phát triển chế phẩm bảo vệ thực vật. Khi kết hợp với tinh dầu nghệ (chứa turmerone) trong hệ nano nhũ tương, hiệu quả kháng nấm được tăng cường nhờ cơ chế đa tác động và khả năng phân tán ưu việt của hệ nano [7, 15]. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu trước đây của Feng và cộng sự về tiềm năng ứng dụng của cinnamaldehyde trong kiểm soát nấm bệnh hại cây trồng [14, 15].

3.2. Hoạt tính sinh học của các hệ nano nhũ tương

Nghiên cứu tiến hành các thử nghiệm đánh giá hiệu lực chế phẩm Nano-Bio F1 từ nguyên liệu thảo mộc đối với nấm gây bệnh trên lá hại cà chua (nấm

Alternaria solani gây bệnh đốm vòng) trong điều kiện phòng thí nghiệm. Do đặc điểm sinh học, sinh thái của nấm *Alternaria solani* có tốc độ phát triển sợi nấm chậm hơn các nấm khác nên thời gian theo dõi kéo dài.

Hiệu lực của chế phẩm Nano-Bio F1 đối với nấm *Alternaria solani* gây bệnh đốm vòng trên cây cà chua trong điều kiện phòng thí nghiệm.

Sau khi tiến hành thử nghiệm khả năng ức chế của chế phẩm Nano-Bio F1 đến nấm *Alternaria solani* trong điều kiện phòng thí nghiệm, kết quả từ bảng 1 cho thấy các công thức sử dụng chế phẩm Nano-Bio F1 ở các nồng độ 0,25%; 0,5%; 0,75% sợi nấm bị ức chế hoàn toàn, không phát triển được trên môi trường. Thuốc so sánh (Thumb 0,5SL) sử dụng ở nồng độ 0,12% có tác dụng ức chế sự phát triển tản nấm. Sau 7 ngày nuôi cấy công thức đối chứng đường kính tản nấm *Alternaria solani* mọc kín đĩa môi trường với đường kính đạt 90mm, với công thức thuốc Thumb 0,5 SL xử lý ở nồng độ 0,12% đường kính tản nấm là 39,6mm, ở các công thức thuốc thí nghiệm từ nồng độ nhỏ nhất 0,25% đến 0,75% đã ức chế hoàn toàn sự phát triển của sợi nấm.

Bảng 3. Khả năng ức chế của chế phẩm Nano-Bio F1 đến sự sinh trưởng, phát triển nấm *Alternaria solani* trong điều kiện phòng thí nghiệm (Viện Bảo vệ Thực vật - 2024)

Công thức	Thuốc thí nghiệm	Nồng độ (%)	Đường kính tản nấm sau nuôi cấy (mm)			
			1 ngày	3 ngày	5 ngày	7 ngày
1	Nano-Bio F1	0,25	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c
2	Nano-Bio F1	0,50	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c
3	Nano-Bio F1	0,75	0,00c	0,00c	0,00c	0,00c
4	Thumb 0,5SL	0,12	10,40b	21,60b	33,53b	39,60b
5	Đối chứng	nước lã	13,07a	39,53a	67,60a	90,00a
	CV (%)		4,8	2,1	0,8	0,3
	LSD (5%)		0,41	0,46	0,3	0,16

Ghi chú: Trong cùng một cột, các chữ số có mẫu tự theo sau giống nhau thì không khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%

Bảng 4. Hiệu lực chế phẩm Nano-Bio F1 đối với nấm *Alternaria solani* trong điều kiện phòng thí nghiệm (Viện Bảo vệ Thực vật - 2024)

Công thức	Thuốc thí nghiệm	Nồng độ (%)	Hiệu lực chế phẩm Nano-Bio F1 (%) sau			
			1 ngày	3 ngày	5 ngày	7 ngày
1	Nano-Bio F1	0,25	100,00a	100,00a	100,00a	100,00a
2	Nano-Bio F1	0,50	100,00a	100,00a	100,00a	100,00a
3	Nano-Bio F1	0,75	100,00a	100,00a	100,00a	100,00a
4	Thumb 0,5SL	0,12	20,41b	45,36b	50,39b	56,00b
	CV (%)		1,9	0,7	0,2	0,1
	LSD (5%)		2,84	1,09	0,40	0,21

Ghi chú: Trong cùng một cột, các chữ số có mẫu tự theo sau giống nhau thì không khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%.

Từ kết quả thí nghiệm ở bảng 2 cho thấy chế phẩm Nano-Bio F1 thử nghiệm ở các công thức nồng độ từ 0,25%; 0,5% đến 0,75% đều có hiệu lực ức chế 100% đối với sợi nấm *Alternaria solani* gây bệnh đốm vòng cà chua. Chế phẩm Nano-Bio F1 cho hiệu lực phòng trừ nấm *Alternaria solani* cao hơn nhiều so với thuốc so sánh Thumb 0,5SL chứa hoạt chất chitosan thử nghiệm ở nồng độ 0,12%. Hiệu lực của thuốc Thumb 0,5SL chỉ đạt được 56% sau 7 ngày thí nghiệm khi xử lý ở nồng độ 0,12% như theo khuyến cáo của nhà sản xuất.

Bảng 5. Khả năng ức chế của chế phẩm Nano-Bio F1 đến sự sinh trưởng, phát triển nấm *Rhizoctonia solani* trong điều kiện phòng thí nghiệm (Viện Bảo vệ Thực vật - 2024)

Công thức	Thuốc thí nghiệm	Nồng độ (%)	Đường kính tản nấm sau nuôi cấy (mm)		
			1 ngày	2 ngày	3 ngày
1	Nano-Bio F1	0,25	10,78c	17,56c	20,22c
2	Nano-Bio F1	0,50	10,22c	16,67cd	17,67d
3	Nano-Bio F1	0,75	9,56c	15,33d	17,11d
4	Thumb 0,5SL	0,12	14,44b	27,22b	30,11b
5	Đối chứng	nước lã	30,56a	70,00a	90,00a
	CV (%)		5,4	4,1	4,8
	LSD (5%)		1,47	2,11	2,03

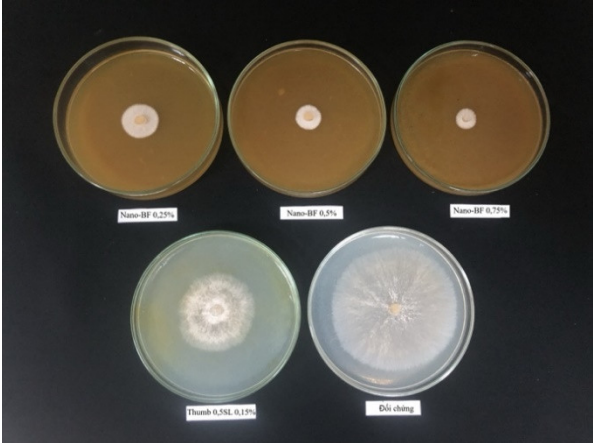
Ghi chú: Trong cùng một cột, các chữ số có mẫu tự theo sau giống nhau thì không khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức 5%

Đối với nấm *Rhizoctonia solani* Nano-Bio F1 gây ức chế từ 77,53 tới 80,99% sau 3 ngày ức chế (bảng 5 và 6 và hình 4). Trong khi Thumb 0,5SL chỉ ức chế 66,54% đối với *Rhizoctonia solani* (bảng 6). Qua kết quả thí nghiệm trong điều kiện *in vitro* cho thấy chế phẩm sinh học Nano-Bio F1

từ nguyên liệu thảo mộc có hiệu lực cao ức chế sự phát triển nấm *Alternaria solani* gây bệnh đốm vòng cà chua và *Rhizoctonia solani* gây bệnh chết cây con hại cải bắp, có thể tiến hành các thử nghiệm nghiên cứu tiếp theo trong điều kiện nhà lưới cũng như đồng ruộng.

Bảng 6. Hiệu lực chế phẩm Nano-Bio F1 đối với nấm *Rhizoctonia solani* trong điều kiện phòng thí nghiệm (Viện Bảo vệ thực vật - 2024)

Công thức	Thuốc thí nghiệm	Nồng độ (%)	Hiệu lực chế phẩm Nano-BF (%) sau		
			1 ngày	2 ngày	3 ngày
1	Nano-BF	0,25	64,68a	74,85b	77,53b
2	Nano-BF	0,50	66,52a	76,13ab	80,37a
3	Nano-BF	0,75	68,77a	78,10a	80,99a
4	Thumb 0,5SL	0,12	52,70b	61,05c	66,54c
	CV (%)		4,4	4,7	2,8
	LSD (5%)		5,22	3,15	2,46



Hình 4. Thử nghiệm hiệu lực của chế phẩm Nano - Bio F1 đến sự sinh trưởng, phát triển nấm *Rhizoctonia solani* gây bệnh chết cây con hại cải bắp trong điều kiện phòng thí nghiệm (sau 2 ngày thí nghiệm)

4. KẾT LUẬN

Hệ nano nhũ tương chứa tinh dầu quế và nghệ được chế tạo thành công bằng phương pháp đồng hóa và siêu âm. Kết quả phân tích cho thấy hệ có kích thước hạt 112nm và 1591,5nm; thế zeta đạt -58,1mV, đảm bảo độ ổn định cao. Thành phần chính trong tinh dầu nghệ và quế lần lượt là ar-turmerone (38,45%) và cinnamaldehyde (83,11%), mang lại hiệu quả kháng nấm *in vitro* 100% đối với nấm *Alternaria solani* và 80,99% đối với nấm *Rhizoctonia solani*. Đây là tiền đề quan trọng cho việc ứng dụng chế phẩm sinh học này trong nông nghiệp bền vững, thay thế một phần thuốc bảo vệ thực vật hóa học.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi đề tài “Nghiên cứu triển khai mô hình thâm canh rau, quả theo tiêu chuẩn

hữu cơ để thay thế thuốc bảo vệ thực vật hoá học bằng các chế phẩm nano-sinh học với nguyên liệu thảo mộc" thuộc chương trình nghiên cứu ứng dụng và phát triển công nghệ cấp tỉnh Vĩnh Phúc năm 2023 được Sở Khoa học và Công nghệ tỉnh Vĩnh Phúc giao Viện Bảo vệ Thực vật thực hiện, mã số: 24/ĐTKHVP/2023-2026.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Ngô Thị Xuyên, Nguyễn Văn Đình, "Nghiên cứu tình hình bệnh hại cà chua trong nhà lưới và ngoài đồng ruộng năm 2003-2005 tại Hà Nội," *Tạp chí Khoa học và Phát triển*, 4, 1-7, 2006.
- [2]. Ameen T, Wright SAI, Wikström M, Koch E, Schmitt A, Stephan D., "Evaluation of non-chemical seed treatment methods for control of *Alternaria brassicicola* on cabbage seeds," *Journal of Plant Diseases and Protection*, 118:214–221, 2011.
- [3]. Toan D. H., Hoàng V. D., Quang L. D., Lam T. D., "Application of Botanical Pesticides in Organic Agriculture Production: Potential and Challenges," *Vietnam Journal of Science and Technology*, 59 (6), 679-701, 2021.
- [4]. Xie Y., Huang Q., Wang Z., Cao H., Zhang D., "Structure-activity relationships of cinnamaldehyde and eugenol derivatives against plant pathogenic fungi," *Industrial Crops and Products*, 97, 388-394, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.12.043>.
- [5]. Ferreira F. D., Kimmmeier C., Arrotesia C. C., da Costa C. L., Mallmann C. A., Janeiro V., Ferreira F. M. D., Mossini S. A. G., Silva E. L., Machinski J. M., "Inhibitory effect of the essential oil of *Curcuma longa* L. and curcumin on aflatoxin production by *Aspergillus flavus*," *Food Chemistry*, 136, 789-793, 2003.
- [6]. Lê Đăng Quang, Thuốc trừ sâu nguồn gốc Thảo mộc. *Thông tin KT và CN Công nghiệp HC*, 3, 2014.
- [7]. Bui V. C., Lê T. T., Nguyễn T. H., Phạm N. T., Vu H. D., Nguyễn X. C., De Tran Q., Hoàng T., Lê Dang Q., Lam T. D., "Curcumin-removed turmeric oleoresin nano-emulsion as a novel botanical fungicide to control anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) in Litchi," *Green Processing and Synthesis*, 10 (1), 729-741, 2021.
- [8]. Lê Dang Quang, Nguyễn Tuan Anh, Trần Quang De, Nguyễn Thị Thu Trang, Vũ Xuân Minh, Nguyễn Cuong Quoc, Võ T. Kiều Anh, Bùi Văn Cuong, Trần Đại Lam, Trần Thanh Men, Đỗ Tân Khang, Nguyễn Trọng Tuan, "Preparation and potential of nanoparticles containing curcuminoids to control fungal diseases in tropical fruits," *Vietnam J. Sci. Technol.*, 61 (2), 2023.
- [9]. Kim M. Y., Han J. W., Dang Q. L., Kim J.C., Kim H., Choi G. J., "Characterization of *Alternaria porri* causing Onion purple blotch and its antifungal compound magnolol identified from *Caryodaphnopsis baviensis*," *PLOS ONE*, 17 (1), e0262836, 2022.
- [10]. Lê Dang Q., Nguyễn C.Q., Võ T.K.A., Nguyễn T.T.T., Phạm Q.D., Nguyễn T.X., Cao T.H., Trần Q.D., Lê T.T., Đỗ T.H., Chu V.T., Nguyễn T.B.H., "A botanical nanoemulsion against phytopathogenic fungi *Colletotrichum* sp. and *Fusarium oxysporum*: Preparation, in vitro and in vivo bioassay," *Journal of Natural Pesticide Research*, 10, 100099, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.napere.2024.100099>
- [11]. Đoàn T. Xuân Liễu, Nguyễn Mạnh Hùng, Lê Văn Hiền, Vũ Ngọc Hoàng, Nguyễn Thị Vân, Lê Đăng Quang, "Tách chiết ar-turmerone và xác định hoạt tính trừ dịch hại của phân đoạn dầu nghệ từ củ nghệ vàng (*Curcuma longa*) Việt Nam," *Tạp chí Công nghiệp Hóa chất*, 8, 25-31, 2014.
- [12]. Kim J.C., Choi J.Y., Choi G.J., Lee S.W., Lee H.K., Jin K.S., Lee C.H., Choi K. Y., "In vivo antifungal activity against various plant pathogenic fungi of curcuminoids isolated from the rhizomes of *Curcuma longa*," *Plant Pathol Journal*, 22(1), 94-96, 2006.
- [13]. Sempere-Ferre F., Asamar J., Castell V., Roselló J., Santamarina M.P., "Evaluating the antifungal potential of botanical compounds to control *Botryotinia fuckeliana* and *Rhizoctonia solani*," *Molecules*, 26, 2472, 2021. <https://doi.org/10.3390/molecules26092472>.
- [14]. Feng J., Sun L., Zhai T., Liang Q., Jiang T., Chen Z., "Preparation of cinnamaldehyde nanoemulsions: Formula optimization, antifungal activity, leaf adhesion, and safety assessment," *Industrial Crops and Products*, 200, 116825, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116825>

AUTHORS INFORMATION

**Do Van Cong¹, Vu Thi Phuong Binh², Tran Ngoc Khanh²,
Vu Ngoc Thu Ha³, Vu Dinh Hoang³, Ha Minh Thanh²,
Le Dang Quang¹**

¹Institute of Materials Science, Vietnam Academy of Science and Technology, Vietnam

²Plant Protection Research Institute, Vietnam Academy of Agricultural Sciences, Vietnam

³School of Chemistry and Life Sciences, Hanoi University of Science and Technology, Vietnam