KHẢO SÁT HOẠT TÍNH KHÁNG *Campylobacter jejuni* VÀ *Campylobacter coli* CỦA MỘT SỐ LOẠI TINH DẦU

Lâm Hoàng Quân[1], Đoàn Thị Kim Duyên[1],
Tống Thị Ánh Ngọc[2], Lê Nguyễn Đoan Duy[1,*]

[1] *Khoa Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh*

[2] *Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Đại học Cần Thơ*

[*] *Email: duylnd@huit.edu.vn*

TÓM TẮT

Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá hoạt tính kháng khuẩn của bốn loại tinh dầu thiên nhiên gồm: Tràm trà (*Melaleuca alternifolia*), hương nhu (*Ocimum gratissimum*), hương thảo (*Rosmarinus officinalis*) và gừng (*Zingiber officinale*) đối với *Campylobacter jejuni* và *Campylobacter coli*, đồng thời đánh giá hiệu quả phối hợp giữa các tinh dầu nhằm xác định tiềm năng ứng dụng như tác nhân kháng khuẩn tự nhiên. Hoạt tính kháng khuẩn được xác định bằng phương pháp khuếch tán trên thạch và xác định nồng độ ức chế tối thiểu (MIC), đồng thời đánh giá hiệu quả phối hợp tinh dầu thông qua chỉ số nồng độ ức chế phân đoạn (FICI). Kết quả cho thấy, tất cả các tinh dầu đều có khả năng ức chế *C. jejuni* và *C. coli*, trong đó tinh dầu tràm trà thể hiện hoạt tính mạnh nhất với đường kính vòng kháng khuẩn đạt 19,00 ± 1,83 mm và 22,90 ± 1,10 mm tương ứng. Giá trị MIC của tinh dầu tràm trà và hương nhu đều đạt 0,625%, thấp hơn so với tinh dầu hương thảo và gừng. Khi phối hợp tinh dầu tràm trà và hương nhu theo tỉ lệ 2: 1, đường kính vòng kháng khuẩn tăng lên 23,67 ± 1,27 mm đối với *C. jejuni* và 24,33 ± 1,56 mm đối với *C. coli*. MIC của hỗn hợp giảm xuống còn 0,3125% và chỉ số FICI đạt 0,50, cho thấy sự tương tác hiệp đồng hoặc cộng hợp giữa hai loại tinh dầu. Kết quả nghiên cứu cho thấy, hỗn hợp tinh dầu tràm trà và hương nhu có tiềm năng ứng dụng trong việc kiểm soát *Campylobacter* spp. trong thực phẩm và chuỗi chế biến gia cầm.

Từ khóa: *Tinh dầu, Campylobacter jejuni, Campylobacter coli, kháng khuẩn, MIC.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

C. jejuni và *C. coli* là hai tác nhân gây bệnh đường tiêu hóa phổ biến trên toàn cầu, được xem là nguyên nhân hàng đầu gây bệnh campylobacteriosis (bệnh do vi khuẩn *Campylobacter* gây ra) ở người [1]. Vi khuẩn thường hiện diện trong đường ruột của gia cầm và có thể xâm nhập vào thực phẩm trong quá trình giết mổ, chế biến hoặc bảo quản [2]. Người tiêu dùng có thể bị nhiễm bệnh thông qua việc sử dụng thịt gia cầm chưa được nấu chín kỹ, sữa chưa tiệt trùng hoặc thực phẩm bị nhiễm chéo [3]. Các triệu chứng thường gặp bao gồm: Tiêu chảy, đau bụng, sốt và trong một số trường hợp có thể dẫn đến các biến chứng nghiêm trọng như hội chứng Guillain-Barré hoặc viêm khớp [4].

Trong những năm gần đây, tình trạng kháng kháng sinh của *Campylobacter* spp. ngày càng gia tăng và trở thành mối quan tâm lớn đối với sức khỏe cộng đồng [5]. Nhiều nghiên cứu đã ghi nhận tỉ lệ kháng cao đối với các nhóm kháng sinh thường được sử dụng trong chăn nuôi, thú y và y tế như fluoroquinolone, tetracycline và macrolide [6]. Việc sử dụng kháng sinh kéo dài trong chăn nuôi đã tạo nên áp lực chọn lọc làm gia tăng các chủng vi khuẩn kháng thuốc và đa kháng thuốc, từ đó làm giảm hiệu quả điều trị cũng như gia tăng nguy cơ lây lan các chủng kháng kháng sinh trong chuỗi thực phẩm [7]. Trước thực trạng đó, việc tìm kiếm các hợp chất kháng vi sinh vật có nguồn gốc tự nhiên nhằm thay thế hoặc hỗ trợ kháng sinh đang nhận được nhiều sự quan tâm.

Tinh dầu thực vật là hỗn hợp các hợp chất dễ bay hơi được chiết xuất từ lá, thân, hoa hoặc rễ cây. Trong đó, nhiều hợp chất đã được chứng minh có hoạt tính kháng khuẩn như terpinen-4-ol, eugenol, thymol và carvacrol [8]. Các hợp chất này có khả năng làm tổn thương màng tế bào, gây rò rỉ các thành phần nội bào và ức chế các quá trình chuyển hóa của vi sinh vật [8]. Bốn loại tinh dầu được lựa chọn trong nghiên cứu này dựa trên hai tiêu chí chính gồm hoạt tính kháng khuẩn đã

được ghi nhận trong các nghiên cứu trước đây và tính sẵn có trên thị trường Việt Nam. Trong đó, tinh dầu tràm trà có chứa terpinen-4-ol [9] và tinh dầu hương nhu có chứa eugenol [10], được chứng minh là có hoạt tính kháng khuẩn đối với nhiều vi sinh vật gây bệnh. Bên cạnh đó, tinh dầu hương thảo và tinh dầu gừng được lựa chọn như các đại diện chứa các hợp chất monoterpene [11] và sesquiterpene [12], cũng đã được báo cáo có khả năng ức chế nhiều vi sinh vật gây bệnh trong thực phẩm [13].

Mặc dù hoạt tính kháng khuẩn của các loại tinh dầu nêu trên đã được nghiên cứu rộng rãi đối với các vi khuẩn gây bệnh như *Escherichia coli, Salmonella* spp., *Listeria monocytogenes* và *Staphylococcus aureus*, nhưng các dữ liệu liên quan đến *Campylobacter* spp. vẫn còn tương đối hạn chế, đặc biệt là *C. jejuni* và *C. coli*. Bên cạnh đó, hiện tại có rất ít nghiên cứu đánh giá hoạt tính của tinh dầu tràm trà, hương nhu, hương thảo và gừng trên cả *C. jejuni* và *C. coli*. Do đó, nghiên cứu này không chỉ cung cấp dữ liệu so sánh hoạt tính kháng khuẩn của bốn loại tinh dầu mà còn đánh giá tiềm năng tương tác giữa terpinen-4-ol và eugenol thông qua chỉ số FICI (Fractional inhibitory concentration index), góp phần bổ sung dữ liệu còn thiếu về các tác nhân kháng khuẩn tự nhiên đối với *C. jejuni* và *C. coli*.

2. ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Địa điểm nghiên cứu

Nghiên cứu được thực hiện tại Phòng thí nghiệm Vi sinh thực phẩm, Khoa Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Công Thương Thành phố Hồ Chí Minh từ tháng 12 năm 2024 đến tháng 8 năm 2025.

2.2. Nguyên vật liệu thí nghiệm

2.2.1. Chủng vi khuẩn

Hai chủng vi khuẩn được sử dụng trong nghiên cứu gồm: *C. jejuni* (ATCC 33291) và *C. coli* (ATCC 43478) được cung cấp bởi Phòng kiểm nghiệm Vi sinh thực phẩm, Công ty SGS Việt Nam. Các chủng được bảo quản trong điều kiện lạnh đông và được hoạt hóa trước khi tiến hành thí nghiệm. Vi khuẩn được nuôi cấy trên môi trường mCCDA có thêm chất bổ sung chọn lọc (selective supplements) trong điều kiện vi hiếu khí (5% O_2, 10% CO_2 và 85% N_2) bằng gói ủ vi hiếu khí (CampyGen, Oxoid, Anh) ở 41,5°C trong 48 giờ.

2.2.2. Tinh dầu

Bốn loại tinh dầu thiên nhiên được sử dụng bao gồm: Tinh dầu tràm trà (*Melaleuca alternifolia*) chứa 47,8% terpinel-4-ol và tinh dầu hương thảo (*Rosmarinus officinalis*) chứa 38,2% α-pinene được mua từ Công ty L.G (tỉnh Phú Thọ). Tinh dầu hương nhu (*Ocimum gratissimum*) chứa 80,32% eugenol và tinh dầu gừng (*Zingiber officinale*) chứa 30,45% zingiberene được mua từ Công ty V.S (Thành phố Hà Nội). Thành phần hóa học chính của các loại tinh dầu được cung cấp dựa trên giấy chứng nhận phân tích của nhà sản xuất bằng phương pháp GC-MS. Tất cả các mẫu tinh dầu đều đáp ứng các tiêu chuẩn kỹ thuật và được bảo quản trong chai thủy tinh màu tối ở nhiệt độ < 4°C cho đến khi sử dụng.

2.2.3. Hóa chất và môi trường nuôi cấy

Các môi trường kiểm nghiệm vi sinh bao gồm: Môi trường Muller-Hinton Agar (MHA), môi trường mCCDA, môi trường Buffered Peptone Water (BPW) và môi trường Columbia Blood Agar có bổ sung 5% máu cừu (Oxoid, Anh). Điều kiện vi hiếu khí được thiết lập bằng cách sử dụng các gói ủ vi hiếu khí. Chất pha loãng và nhũ hóa tinh dầu sử dụng là Dimethyl sulfoxide (DMSO) và Tween 80 (Xilong, Trung Quốc). Kháng sinh đĩa giấy chloramphenicol 30 µg (Alphachem, Việt Nam) được sử dụng làm đối chứng dương.

2.3. Phương pháp thí nghiệm

2.3.1. Khảo sát hoạt tính kháng khuẩn của các tinh dầu

Hoạt tính kháng khuẩn của các tinh dầu được xác định bằng phương pháp khuếch tán trên thạch [14]. Các chủng *Campylobacter* sau khi hoạt hóa được pha loãng trong dung dịch BPW vô trùng để đạt độ đục tiêu chuẩn tương đương thang 0,5 McFarland (mật độ tế bào khoảng 10^8 CFU/mL). Trải đều 100 µL dịch huyền phù vi khuẩn lên bề mặt đĩa thạch MHA. Tiến hành đục các giếng thạch vô trùng có đường kính 6 mm trên đĩa. Nhỏ 50 µL tinh dầu đã trợ tan bằng 1% DMSO và 5% chất nhũ hóa Tween 80 (v/v) vào các giếng thạch [15]. Dung dịch Tween 80 vô trùng và đĩa giấy kháng sinh chloramphenicol 30 µg

lần lượt được bố trí để làm đối chứng âm và đối chứng dương. Các đĩa petri sau khi thực hiện xong được đặt vào các bình kín có chứa gói ủ vi hiếu khí, ủ ổn định ở nhiệt độ 41,5°C trong vòng 48 giờ theo ISO 10272-1:2023 [16]. Hoạt tính kháng khuẩn định tính được xác định bởi đường kính vòng kháng khuẩn (mm) xuất hiện xung quanh giếng thạch bằng thước cặp điện tử có độ phân giải 0,01 mm [17].

2.3.2. Khảo sát nồng độ ức chế tối thiểu (MIC)

Nồng độ ức chế tối thiểu (MIC) được xác định bằng phương pháp pha loãng trong thạch (agar dilution). Các tinh dầu được pha loãng bằng 1% DMSO có bổ sung 5% chất nhũ hóa Tween 80 (v/v) [15] để tạo các nồng độ khảo sát bao gồm: 5,00%; 2,50%; 1,25%; 0,625%; 0,3125%; 0,156% (v/v). Dịch huyền phù vi khuẩn sau khi hoạt hóa được điều chỉnh đến mật độ tương đương 0,5 McFarland và trải đều 100 µL lên bề mặt môi trường MHA [17]. Các nồng độ tinh dầu khác nhau được chuẩn bị theo dãy pha loãng thích hợp và phối trộn trực tiếp vào môi trường thạch đã được làm nguội đến nhiệt độ phù hợp trước khi đổ đĩa [17]. Sau khi thạch đông, huyền phù *C. jejuni* hoặc *C. coli* đã chuẩn hóa được chấm lên bề mặt môi trường có chứa tinh dầu ở từng nồng độ. Các đĩa được ủ trong điều kiện vi hiếu khí ở nhiệt độ 41,5°C trong vòng 48 giờ theo ISO 10272-1:2023 [16]. Sau thời gian ủ, sự phát triển của vi khuẩn được ghi nhận dựa trên sự xuất hiện hoặc không xuất hiện khuẩn lạc trên bề mặt thạch. Kết quả MIC được xác định là nồng độ thấp nhất của tinh dầu trong môi trường thạch có khả năng ức chế hoàn toàn sự phát triển quan sát được của *C. jejuni* hoặc *C. coli*. Các nghiệm thức không có sự phát triển của vi khuẩn được ký hiệu là "+", trong khi các nghiệm thức có sự phát triển của vi khuẩn được ký hiệu là "–". Kết quả được biểu thị dưới dạng phần trăm nồng độ tinh dầu (%) [17].

2.3.3. Đánh giá hoạt tính kháng khuẩn của hỗn hợp tinh dầu

Dựa trên kết quả khảo sát hoạt tính kháng khuẩn ban đầu, các tinh dầu có hiệu quả cao nhất được lựa chọn để phối hợp theo các tỉ lệ thể tích khác nhau. Cụ thể, hỗn hợp tinh dầu được thiết lập ở 3 tỉ lệ thể tích khác nhau bao gồm: 1: 1, 1: 2, 2: 1. Đường kính vòng kháng khuẩn của các tổ hợp phối trộn được đánh giá tương tự theo mục 2.3.1. Tiếp theo, giá trị nồng độ ức chế tối thiểu theo phương pháp khuếch tán trên thạch của tổ hợp tối ưu nhất được xác định theo dãy nồng độ giảm dần (từ 5,00 - 0,078%) nhằm xác định giá trị nồng độ ức chế tối thiểu của tổ hợp.

2.3.4. Xác định chỉ số nồng độ ức chế phân đoạn (FICI)

Hiệu quả tương tác giữa các tinh dầu được đánh giá thông qua chỉ số nồng độ ức chế phân đoạn FICI theo công thức: $FICI = FIC_A + FIC_B$ [18].

Trong đó: $FIC_A = MIC_{\text{tinh dầu A}}$ trong hỗn hợp/$MIC_{\text{tinh dầu A}}$ khi sử dụng riêng lẻ; $FIC_B = MIC_{\text{tinh dầu B}}$ trong hỗn hợp/$MIC_{\text{tinh dầu B}}$ khi sử dụng riêng lẻ.

Kết quả được diễn giải như sau: $FICI \leq 0,50$: Hiệp đồng (synergistic); $0,50$ FICI $\leq 1,00$: Cộng hợp (additive); $1,00 < FICI \leq 4,00$: Không tương tác (indifferent); $FICI > 4,00$: Đối kháng (antagonistic).

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Toàn bộ các thí nghiệm thực nghiệm định tính và định lượng vi sinh đều được thực hiện lặp lại độc lập ba lần (n = 3). Các số liệu thô được xử lý thống kê để biểu diễn dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (mean ± SD). Sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nhóm mẫu tinh dầu và giữa hai chủng khuẩn chỉ thị được phân tích bằng công cụ phân tích ANOVA kết hợp với kiểm định Tukey HSD thông qua phần mềm thống kê SPSS phiên bản 27.0.1.0 (IBM Corp., Armonk, Hoa Kỳ) với mức ý nghĩa tin cậy được thiết lập ở ngưỡng $p < 0,05$.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Hoạt tính kháng khuẩn của các loại tinh dầu thiên nhiên đơn lẻ

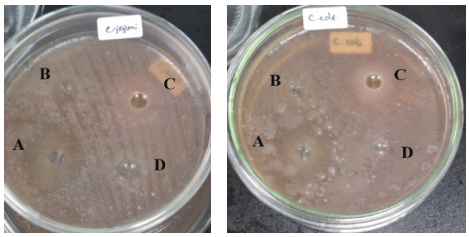
Bảng 1 trình bày hoạt tính kháng khuẩn định tính của bốn loại tinh dầu đơn lẻ bao gồm: Tràm trà, gừng, hương nhu và hương thảo đối với hai chủng *C. jejuni* và *C. coli*. Kết quả ở bảng 1 cho thấy, tất cả các tinh dầu khảo sát đều thể hiện hoạt tính ức chế đối với *C. jejuni* và *C. coli*, với đường kính vòng kháng khuẩn dao động từ 11,17 - 19,00 mm đối với *C. jejuni* và 14,80 - 22,90 mm đối với *C. coli*. Trong cả hai loài vi khuẩn, tinh dầu tràm trà cho kết quả đo đường kính vòng kháng khuẩn cao nhất, lần lượt đạt 19,00 ± 1,83 mm đối với *C. jejuni* và 22,90 ± 1,10 mm đối với *C. coli*.

Bảng 1. Đường kính vòng kháng khuẩn của các loại tinh dầu đơn lẻ đối với *Campylobacter*

Loại tinh dầu	Đường kính vòng kháng khuẩn đối với *C. jejuni* (mm)	Đường kính vòng kháng khuẩn đối với *C. coli* (mm)
Tràm trà (*M. alternifolia*)	19,00 ± 1,83[a]	22,90 ± 1,10[a]
Hương nhu (*O. gratissimum*)	16,33 ± 1,67[a]	20,30 ± 1,20[a]
Hương thảo (*R. officinalis*)	14,50 ± 1,55[b]	15,20 ± 1,70[b]
Gừng (*Z. officinale*)	11,17 ± 1,95[b]	14,80 ± 1,10[b]

Ghi chú: Các giá trị được biểu thị dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn (n=3). Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nồng độ theo Tukey HSD sau One-way ANOVA, $p < 0,05$.

Sự khác biệt về hoạt tính này liên quan trực tiếp đến cấu trúc hóa học đặc trưng của các cấu tử chính có trong tinh dầu. Tinh dầu tràm trà có chứa các hợp chất monoterpene (như terpinen-4-ol và α-terpineol) [19], trong khi tinh dầu hương nhu chứa hàm lượng các dẫn xuất phenolic (như eugenol) [20]. Đối với vi khuẩn Gram âm như *Campylobacter* spp., màng ngoài đóng vai trò là hàng rào bảo vệ quan trọng giúp hạn chế sự xâm nhập của nhiều tác nhân kháng khuẩn [21]. Tuy nhiên, các monoterpene và hợp chất phenolic có tính kỵ nước như terpinen-4-ol, thymol và eugenol có khả năng tương tác với lớp phospholipid của màng tế bào, làm thay đổi cấu trúc và tính toàn vẹn của màng, dẫn đến tăng tính thấm, rò rỉ các thành phần nội bào như ion K^+, ATP và axit nucleic, cuối cùng gây chết tế bào [22]. Ngược lại, tinh dầu hương thảo (có chứa α-pinene) và tinh dầu gừng (có chứa zingiberene và các sesquiterpene khác) thường thể hiện hoạt tính kháng khuẩn thấp hơn [23]. Điều này có thể liên quan đến sự khác biệt về thành phần hóa học, độ kỵ nước và khả năng tương tác với màng tế bào vi khuẩn. Một số nghiên cứu cho rằng, các sesquiterpene có khối lượng phân tử lớn hơn [24] và khả năng khuếch tán chậm hơn so với monoterpene [25], từ đó làm giảm hiệu quả tiếp cận và phá hủy cấu trúc màng tế bào vi khuẩn [24].



Hình 1. Đường kính vòng kháng khuẩn (mm) của tinh dầu đối với *C. jejuni* (1a) và *C. coli* (1b)

Ghi chú: A. Tinh dầu tràm trà; B. Tinh dầu hương thảo; C. Tinh dầu hương nhu; D. Tinh dầu gừng

3.2. Khảo sát nồng độ ức chế tối thiểu (MIC)

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nồng độ tinh dầu đến đường kính vòng kháng khuẩn đối với *C. jejuni* và *C. coli* và nồng độ ức chế tối thiểu được trình bày trong bảng 2a và 2b. Đối với tinh dầu tràm trà, đường kính vòng kháng khuẩn đã xuất hiện ở nồng độ 0,625% đối với cả *C. jejuni* và *C. coli*, với đường kính lần lượt đạt 9,82 ± 1,64 mm và 10,46 ± 1,71 mm. Khi tăng nồng độ tinh dầu lên 5,00%, đường kính vòng kháng khuẩn tăng lên 13,74 ± 0,92 mm đối với *C. jejuni* và 14,33 ± 1,58 mm đối với *C. coli*. Tinh dầu hương nhu cũng thể hiện khả năng ức chế vi khuẩn từ nồng độ 0,625%, với vòng kháng khuẩn đạt 8,91 ± 1,04 mm đối với *C. jejuni* và 9,37 ± 1,21 mm đối với *C. coli*. Tinh dầu hương thảo chỉ bắt đầu tạo vòng kháng khuẩn ở nồng độ 1,25% đối với *C. jejuni*, trong khi đối với *C. coli* hoạt tính kháng khuẩn chỉ được ghi nhận từ nồng độ 2,50%. Vòng kháng khuẩn của tinh dầu gừng chỉ xuất hiện từ nồng độ 2,50% đối với cả hai loài vi khuẩn, với đường kính đạt 7,58 ± 1,42 mm đối với *C. jejuni* và 8,74 ± 1,83 mm đối với *C. coli*.

Bảng 2a. Ảnh hưởng của nồng độ tinh dầu đến đường kính vòng kháng khuẩn

Nồng độ (%)	Tràm trà		Hương nhu		Hương thảo		Gừng	
	C. jejuni	*C. coli*	*C. jejuni*	*C. coli*	*C. jejuni*	*C. coli*	*C. jejuni*	*C. coli*
5,00	13,74 ± 0,92[a]	14,33 ± 1,58[a]	12,24 ± 1,31[a]	11,02 ± 1,55[a]	9,14 ± 1,26[a]	11,54 ± 1,42[a]	9,14 ± 1,26[a]	10,16 ± 1,24[a]
2,50	12,18 ± 0,97[a]	10,86 ± 1,05[b]	10,12 ± 1,18[a]	11,54 ± 1,42[a]	7,58 ± 1,42[a]	10,16 ± 1,24[a]	7,58 ± 1,42[a]	8,74 ± 1,83[a]

1,25	8,91 ± 1,88^{b}	10,42 ± 0,94^{b}	10,78 ± 1,63^{a}	10,86 ± 1,07^{a}	8,91 ± 1,04^{a}	–	–	–
0,625	9,82 ± 1,64^{b}	10,46 ± 1,71^{b}	8,91 ± 1,04^{b}	9,37 ± 1,21^{b}	–	–	–	–
0,3125	–	–	–	–	–	–	–	–
0,156	–	–	–	–	–	–	–	–

Ghi chú: "–": Không phát hiện vòng kháng khuẩn. Các giá trị được biểu thị dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn, n = 3. Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê theo Tukey HSD sau One-way ANOVA, p < 0,05.

Bảng 2b. Nồng độ ức chế tối thiểu (MIC) của các loại tinh dầu

Nồng độ (%)	Tràm trà		Hương nhu		Hương thảo		Gừng	
	C. jejuni	*C. coli*	*C. jejuni*	*C. coli*	*C. jejuni*	*C. coli*	*C. jejuni*	*C. coli*
5,00	+	+	+	+	+	+	+	+
2,50	+	+	+	+	+	+	+	+
1,25	+	+	+	+	+	–	–	–
0,625	+	+	+	+	–	–	–	–
0,3125	–	–	–	–	–	–	–	–
0,156	–	–	–	–	–	–	–	–

Ghi chú: "–": Có mọc khuẩn lạc hay được hiểu là không có ức chế khuẩn lạc phát triển; "+": Không mọc khuẩn lạc hay được hiểu là có ức chế khuẩn lạc phát triển.

Thứ tự hoạt tính kháng khuẩn dựa trên phần trăm nồng độ của các loại tinh dầu có thể được sắp xếp như sau: Tràm trà ≈ hương nhu > hương thảo > gừng. Kết quả này phù hợp với thành phần hóa học đặc trưng của từng loại tinh dầu. Sự khác biệt về hoạt tính kháng khuẩn giữa các loại tinh dầu có thể được giải thích bởi bản chất hóa học của các cấu tử chính hiện diện trong từng loại tinh dầu.

Hoạt tính kháng khuẩn của tinh dầu tràm trà có thể liên quan đến sự hiện diện của terpinen-4-ol. Các nghiên cứu trước đây cho thấy, terpinen-4-ol có khả năng phá hủy tính toàn vẹn của màng tế bào, gây stress oxy hóa và làm rối loạn quá trình chuyển hóa năng lượng của vi khuẩn [26]. Khả năng khuếch tán tương đối tốt của terpinen-4-ol trong môi trường agar cũng góp phần giải thích đường kính vòng kháng khuẩn lớn và giá trị MIC thấp quan sát được đối với tinh dầu tràm trà [26]. Đối với tinh dầu hương nhu, hoạt tính kháng khuẩn có thể liên quan đến sự hiện diện của eugenol, một hợp chất phenolic có khả năng tác động lên tế bào vi khuẩn [27]. Ngoài việc gây rối loạn cấu trúc màng tế bào, eugenol còn có thể làm biến tính protein màng, ức chế hoạt động của các enzyme hô hấp và làm suy giảm quá trình sinh tổng hợp năng lượng của vi khuẩn [27]. Ngược lại, tinh dầu hương thảo cho hoạt tính kháng khuẩn thấp hơn. Thành phần của tinh dầu hương thảo thường là α-pinene, là các monoterpene có hoạt tính kháng khuẩn nhưng khả năng tương tác với màng tế bào và protein nội bào thấp hơn so với các hợp chất phenolic như eugenol [28]. Tinh dầu gừng thể hiện hoạt tính thấp nhất trong nghiên cứu này. Điều này có thể liên quan đến việc thành phần chính của tinh dầu gừng thường là zingiberene và các sesquiterpene khác [23]. Các hợp chất này có tiềm năng tương tác với các phân tử sinh học và đóng góp vào hoạt tính chống oxy hóa cũng như kháng vi sinh vật của tinh dầu gừng [29]. Tuy nhiên, cơ chế kháng khuẩn cụ thể của zingiberene vẫn chưa được xác định rõ.

Kết quả nghiên cứu cho thấy, cả *C. jejuni* và *C. coli* đều nhạy cảm với các loại tinh dầu khảo sát, đặc biệt là tinh dầu tràm trà và hương nhu. Điều này có ý nghĩa đáng chú ý vì *Campylobacter* spp. là nhóm vi khuẩn Gram âm có cấu trúc màng ngoài chứa lipopolysaccharide [30] cũng như khả năng tạo biofilm [31], thường làm giảm khả năng thâm nhập của nhiều hợp chất kháng khuẩn tự nhiên [31]. Một điểm đáng chú ý là *C. coli* có xu hướng nhạy cảm hơn *C. jejuni* đối với hầu hết các loại tinh dầu khảo sát, thể hiện qua đường kính vòng kháng khuẩn lớn hơn. Sự khác biệt này có thể liên quan đến những đặc trưng giữa hai loài như về cấu trúc màng tế bào [32], hoạt động của các hệ thống đáp ứng stress [32] và mức độ biểu hiện của hệ thống bơm tống đa thuốc CmeABC được chứng minh có vai trò

trong khả năng đề kháng nội tại của *Campylobacter* đối với nhiều tác nhân kháng khuẩn [33]. Một số nghiên cứu trước đây cũng ghi nhận sự khác biệt về mức độ nhạy cảm của *C. jejuni* và *C. coli* đối với các hợp chất kháng khuẩn tự nhiên mặc dù cơ chế chính xác đến nay vẫn chưa được xác định rõ ràng [7], [34]. Qua đó cho thấy, việc lựa chọn chất kháng khuẩn tự nhiên để kiểm soát *Campylobacter* trong thực phẩm cũng cần xem xét đến sự đa dạng sinh học giữa các loài vi khuẩn mục tiêu.

3.3. Khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ phối trộn tinh dầu đến đường kính vòng kháng khuẩn

Kết quả đánh giá hoạt tính kháng khuẩn của hỗn hợp tinh dầu tràm trà và hương nhu ở các tỉ lệ phối trộn khác nhau được trình bày trong bảng 3. Kết quả cho thấy, tỉ lệ phối trộn có ảnh hưởng đến khả năng ức chế sự phát triển của cả *C. jejuni* và *C. coli* ($p < 0,05$). Đối với *C. jejuni*, hỗn hợp tràm trà: hương nhu ở tỉ lệ 2: 1 cho đường kính vòng kháng khuẩn lớn nhất, đạt 23,67 ± 1,27 mm, cao hơn có ý nghĩa thống kê so với các tỉ lệ 1: 1 (20,33 ± 1,53 mm) và 1: 2 (18,45 ± 1,16 mm) ($p < 0,05$). Hai tỉ lệ còn lại không có sự khác biệt thống kê với nhau ($p > 0,05$). Xu hướng tương tự cũng được ghi nhận đối với *C. coli*, trong đó hỗn hợp tràm trà: hương nhu ở tỉ lệ 2: 1 tạo vòng kháng khuẩn lớn nhất (24,33 ± 1,56 mm), cao hơn so với hỗn hợp ở tỉ lệ 1: 1 (19,68 ± 0,84 mm) và 1: 2 (17,27 ± 1,16 mm). Khi so sánh giữa hai loài vi khuẩn trong cùng một tỉ lệ phối trộn, không ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$).

Bảng 3. Ảnh hưởng của tỉ lệ phối trộn tinh dầu đến đường kính vòng kháng khuẩn

Tỉ lệ tinh dầu tràm trà: Hương nhu	Đường kính vòng kháng khuẩn (mm)	
	C. jejuni	*C. coli*
1: 1	$20,33 \pm 1,53^{b}$	$19,68 \pm 0,84^{b}$
2: 1	$23,67 \pm 1,27^{a}$	$24,33 \pm 1,56^{a}$
1: 2	$18,45 \pm 1,16^{b}$	$17,27 \pm 1,16^{b}$

Ghi chú: Các giá trị được biểu thị dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn, n = 3. Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê theo Tukey HSD sau One-way ANOVA, $p < 0,05$.

Kết quả thu được phù hợp với kết quả khảo sát tinh dầu đơn lẻ trước đó, trong đó tinh dầu tràm trà thể hiện hoạt tính kháng khuẩn cao hơn hương nhu. Do đó, việc tăng tỉ lệ tràm trà trong hỗn hợp đã làm gia tăng hiệu quả kháng khuẩn. Sự kết hợp của hai nhóm hoạt chất này có thể tạo nên tác động đa mục tiêu lên tế bào của vi khuẩn, từ đó làm tăng hiệu quả kháng khuẩn của hỗn hợp.

Bảng 4. Đường kính vòng kháng khuẩn của hỗn hợp tinh dầu tràm trà: hương nhu (2: 1) ở các nồng độ khác nhau

Nồng độ (%)	Đường kính vòng kháng khuẩn (mm)	
	C. jejuni	*C. coli*
5,00	$17,43 \pm 1,87^{a}$	$17,76 \pm 1,63^{a}$
2,50	$15,67 \pm 1,58^{a}$	$16,28 \pm 1,75^{a}$
1,25	$10,48 \pm 1,95^{b}$	$10,42 \pm 1,84^{b}$
0,625	$9,64 \pm 1,64^{b}$	$11,85 \pm 1,57^{b}$
0,3125	$9,27 \pm 1,60^{b}$	$9,42 \pm 1,94^{b}$
0,156	–	–
0,078	–	–

Ghi chú: "–": Không phát hiện vòng kháng khuẩn. Các giá trị được biểu thị dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn, n = 3. Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê theo Tukey HSD sau One-way ANOVA, $p < 0,05$.

Sau khi xác định tỉ lệ phối trộn tràm trà: hương nhu tối ưu là 2: 1, hỗn hợp này được khảo sát ở các nồng độ khác nhau nhằm xác định sự ảnh hưởng của nồng độ hỗn hợp tinh dầu có khả năng ức chế sự phát triển của *Campylobacter*. Kết quả được trình bày trong bảng 4. Kết quả cho thấy, hoạt tính kháng khuẩn của hỗn hợp tăng theo nồng độ tinh dầu. Đối với *C. jejuni*, đường kính vòng kháng khuẩn tăng từ 9,27 ± 1,60 mm ở nồng độ 0,3125% lên 17,43 ± 1,87 mm ở nồng độ 5,00%. Tương tự, đối với *C. coli*, đường kính vòng kháng khuẩn tăng từ 9,42 ± 1,94 mm lên 17,76 ± 1,63 mm khi nồng độ hỗn hợp tăng từ 0,3125% lên 5,00 %. Không ghi nhận vòng kháng khuẩn tại các nồng độ 0,156% và 0,078% đối với cả hai loài vi khuẩn. Trong khi đó, vòng kháng khuẩn đã xuất hiện ở nồng độ 0,3125%, cho thấy MIC của hỗn hợp tinh dầu tràm trà:hương nhu (2:1) được xác định là 0,3125%, thấp hơn MIC

của từng tinh dầu đơn lẻ đã xác định trước đó (0,625%), cho thấy việc phối hợp hai loại tinh dầu đã giúp giảm lượng tinh dầu cần thiết để đạt được hiệu quả ức chế vi khuẩn. Kết quả này là dấu hiệu ban đầu cho thấy sự tương tác tích cực giữa hai loại tinh dầu trong hỗn hợp.

Các mức nồng độ 5,00% và 2,50% không có sự khác biệt thống kê về hiệu quả kháng khuẩn giữa hai nồng độ này ($p > 0,05$). Kết quả tương tự cũng xảy ra với các nồng độ 1,25%, 0,625% và 0,3125%. Điều này cho thấy, sau khi đạt đến một ngưỡng nhất định, việc tiếp tục tăng nồng độ tinh dầu không làm gia tăng đường kính vòng kháng khuẩn. Hiện tượng này thường được ghi nhận trong các thử nghiệm khuếch tán trên thạch và được giải thích là do khả năng khuếch tán của các hợp chất kỵ nước trong môi trường agar bị giới hạn, dẫn đến hiệu ứng bão hòa vòng kháng khuẩn ở nồng độ cao [17].

3.4. Xác định chỉ số nồng độ ức chế phân đoạn (FICI) của hỗn hợp tinh dầu

Để đánh giá bản chất tương tác giữa tinh dầu tràm trà và hương nhu trong hỗn hợp có tỉ lệ phối trộn 2:1, chỉ số nồng độ ức chế phân đoạn FICI được xác định và trình bày trong bảng 5. Kết quả ở bảng 2b cho thấy, MIC của tinh dầu tràm trà và hương nhu khi sử dụng đơn lẻ đối với cả *C. jejuni* và *C. coli* đều là 0,625%. Khi phối hợp tràm trà: Hương nhu theo tỉ lệ 2: 1, MIC của hỗn hợp giảm xuống còn 0,3125% (Bảng 4), tương ứng giảm 50% so với MIC của từng tinh dầu riêng lẻ. Tại nồng độ MIC của hỗn hợp, nồng độ thực tế của tinh dầu tràm trà và hương nhu lần lượt là 0,2083% và 0,1042%. Giá trị FIC của tinh dầu tràm trà (FIC_{TT}) được xác định là 0,333 trong khi FIC của tinh dầu hương nhu (FIC_{HN}) là 0,167. Tổng giá trị FICI của hỗn hợp đạt 0,50 đối với cả *C. jejuni* và *C. coli*.

Bảng 5. Chỉ số FICI của hỗn hợp tinh dầu tràm trà: hương nhu (2: 1) đối với *Campylobacter* spp.

Vi khuẩn	MIC_{TT} (%)	MIC_{HN} (%)	MIC_{TT+HN} (%)	FIC_{TT}	FIC_{HN}	FICI	Kiểu tương tác
C. jejuni	0,625	0,625	0,3125	0,333	0,167	0,500	Hiệp đồng hoặc cộng hợp
C. coli	0,625	0,625	0,3125	0,333	0,167	0,500	Hiệp đồng hoặc cộng hợp

Theo Fratini và cs (2017), giá trị FICI ≤ 0,5 được xem là biểu hiện của tương tác hiệp đồng (synergy) [18]. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng giá trị 0,50 nằm đúng tại ngưỡng phân loại giữa vùng hiệp đồng và vùng cộng hợp. Do MIC được xác định bằng phương pháp pha loãng nên luôn tồn tại mức độ không chắc chắn nhất định liên quan đến bước pha loãng kế tiếp. Vì vậy, kết quả hiện tại cho thấy, sự phối hợp giữa tinh dầu tràm trà và hương nhu có xu hướng tạo tương tác hiệp đồng hoặc cộng hợp hơn là khẳng định chắc chắn sự hiệp đồng tuyệt đối. Các nghiên cứu trước đây cho rằng, sự kết hợp giữa các hợp chất có cơ chế tác động khác nhau có thể làm tăng khả năng phá hủy màng tế bào [34], gây rối loạn quá trình trao đổi chất [35] và giảm khả năng thích nghi của vi khuẩn đối với các tác nhân kháng khuẩn từ các loại tinh dầu [36], [37].

Từ góc độ ứng dụng, hiệu ứng hiệp đồng hoặc cộng hợp giữa tinh dầu tràm trà và hương nhu cho phép giảm lượng tinh dầu cần sử dụng trong khi vẫn duy trì hiệu quả kháng khuẩn mong muốn. Điều này có ý nghĩa quan trọng trong phát triển các chế phẩm bảo quản thực phẩm có nguồn gốc tự nhiên, góp phần hạn chế ảnh hưởng bất lợi của tinh dầu đến mùi vị sản phẩm và giảm chi phí sử dụng nguyên liệu. Từ góc độ ứng dụng công nghiệp, hỗn hợp tinh dầu tràm trà và hương nhu có tiềm năng được phát triển như một tác nhân kháng khuẩn tự nhiên trong các hệ thống bảo quản thực phẩm. Việc sử dụng các hợp chất có nguồn gốc tự nhiên không chỉ góp phần giảm phụ thuộc vào kháng sinh mà còn phù hợp với xu hướng phát triển thực phẩm sạch (clean-label food) đang được người tiêu dùng quan tâm trên toàn cầu.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã chứng minh tiềm năng của các nguồn tinh dầu trong việc ức chế hai chủng vi khuẩn gây bệnh đường ruột là *C. jejuni* và *C. coli*. Trong số các mẫu khảo sát đơn lẻ, tinh dầu tràm trà và hương nhu thể hiện hoạt tính kháng khuẩn

cao hơn các tinh dầu còn lại với nồng độ ức chế tối thiểu (MIC) đều đạt 0,625%. Đặc biệt, việc phối hợp tinh dầu tràm trà và hương nhu theo tỉ lệ thể tích 2: 1 đã tạo ra hiệu ứng tương tác hiệp đồng hoặc cộng hợp (chỉ số FICI = 0,50), giúp tăng đường kính vòng kháng khuẩn và giảm nồng độ MIC của hỗn hợp (0,3125%) so với khi sử dụng đơn lẻ (0,625%). Kết quả này không chỉ cung cấp cơ sở khoa học mà còn mở ra triển vọng ứng dụng hỗn hợp tinh dầu tràm trà - hương nhu như một giải pháp thay thế chất kháng sinh trong kiểm soát nhiễm *Campylobacter* spp. Mặc dù vậy, cần lưu ý rằng hoạt tính kháng khuẩn được đánh giá trong nghiên cứu này được thực hiện trong điều kiện *in vitro*. Hiệu quả của tinh dầu trong các hệ thực phẩm thực tế có thể bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như hàm lượng protein, chất béo, độ pH và cấu trúc nền thực phẩm. Do đó, các nghiên cứu tiếp theo cần đánh giá hiệu quả của hỗn hợp tinh dầu trên sản phẩm thực nghiệm hoặc các mô hình thực phẩm thực tế, đồng thời khảo sát khả năng kiểm soát sự hình thành biofilm của *Campylobacter* spp. cũng như tính ổn định của hoạt chất trong quá trình bảo quản. Những dữ liệu này sẽ là cơ sở quan trọng để chuyển giao kết quả nghiên cứu vào sản xuất và ứng dụng thương mại.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm nghiên cứu gửi lời cảm ơn đến Bộ phận Chứng nhận và Bộ phận Sức khỏe và Dinh dưỡng cùng các Kỹ thuật viên Phòng thí nghiệm Vi sinh Thực phẩm của Công ty SGS Việt Nam TNHH đã tạo điều kiện, hỗ trợ về các chủng vi khuẩn C. jejuni (ATCC 33291) và C. coli (ATCC 43478) cũng như hướng dẫn quy trình kiểm nghiệm vi sinh vật.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. T. Møretrø, C. N. The, P. Didier, I. Maître, T. Izsó, G. Kasza, S. E. Skuland, M. J. Cardoso, V. B. Ferreira, P. Teixeira, D. Borda, L. Dumitrascu, C. Neagu, A. I. Nicolau, E. A. Estrada, M. Foden, P. Voysey, S. Langsrud (2021). Consumer practices and prevalence of *Campylobacter*, *Salmonella* and norovirus in kitchens from six European countries. *International Journal of Food Microbiology*, 347, 109172. DOI: https://doi.org/ 10.1016/j.ijfoodmicro. 2021.109172.

[2]. D. Cai, J. He, R. Zhang, X. Liao, J. Ahn, J. Feng, T. Ding (2025). Quantitative data and models for bacterial cross-contamination in domestic kitchen during food handling and preparation. *Microbial Risk Analysis*, 30, 100356. DOI: https://doi.org/10.1016/j.mran.2025.100356.

[3]. M. F. Iulietto and E. G. Evers (2024). Cross-contamination in the kitchen: A model for quantitative microbiological risk assessment. *Risk Analysis*, 44(5): 1156 - 1175. DOI: https:// doi.org/10.1111/risa.14232.

[4]. WHO (2024). WHO foodborne disease burden epidemiology reference group for 2021 - 2024: Second meeting report. ISBN: 978-92-4-010051-0. [Online]. Available: https://www. who.int/publications/i/item/9789240100510.

[5]. A. E. Baaboua, M. E. Maadoudi, A. Bouyahya, O. Belmehdi, A. Kounnoun, S. Cheyadmi, S. Ouzakar, N. S. Senhaji, J. Abrini (2022). Evaluation of the combined effect of antibiotics and essential oils against *Campylobacter* multidrug resistant strains and their biofilm formation. *South African Journal of Botany*, 150, 451 - 465. DOI: https://doi.org/ 10.1016/j.sajb.2022.08.027.

[6]. L. Q. Huong, T. Chisnall, J. D. Rodgers, S. A. Cawthraw, R. M. Card (2024). Prevalence, antibiotic resistance and genomic characterisation of *Campylobacter* spp. in retail chicken in Hanoi, *Vietnam*. *Microbial Genomics*, 10(1). DOI: https://doi.org/10.1099/mgen.0.001190.

[7]. K. H. Chong, N. A. Mahyudin, H. Hasan, C. Y. New, N. S. M. Sabri, J. Shan, K. Padmanabhan, N. A. A. Jabar, W. Pan, E. Lee, Y. Haryani, S. Radu, M. A. R. Nor-Khaizura (2025). Multidrug-resistant, hyperaerotolerant, and aerobic growth of *Campylobacter jejuni* and *C. coli* in retail broiler chicken meat in Selangor, Malaysia. *International Journal of Food Microbiology*, 436, 111187. DOI: https://doi.org/ 10.1016/j.ijfoodmicro.2025.111187.

[8]. S. Bhavaniramya, S. Vishnupriya, M. S. Al-Aboody, R. Vijayakumar, D. Baskaran (2019). Role of essential oils in food safety: Antimicrobial and antioxidant applications. Grain & Oil Science and Technology, 2(2): 49 - 55. DOI: https://doi.org/10.1016/j.gaost.2019.03.001.

[9]. A. Elmi, A. Prosperi, A. Zannoni, M. Bertocchi, D. G. Scorpio, M. Forni, E. Foni, M. L. Bacci, D. Ventrella (2019). Antimicrobial capabilities of non-spermicidal concentrations of tea tree (Melaleuca alternifolia) and rosemary (Rosmarinus officinalis) essential oils on the liquid phase of refrigerated swine seminal doses. Research in Veterinary Science, 127, 76 - 81. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2019.10.014.

[10]. L. P. Lieu, T. T. T. Le, H. N. Vu, D. Q. Nguyen and T. L. H. Nguyen (2026). O-methylation of eugenol extracted from clove essential oil enhances the quality and extends the shelf-life of cherry tomato fruit. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 73, 104015. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bcab.2026.104015.

[11]. A. B. Polo, T. V. Gomes, M. S. Oliveira, M. M. Cardoso, B. V. Tomé, A. S. O. Lemos, G. D. Tavares, V. B. Clemente, A. C. M. Apolônio, R. L. Fabri (2025). Rosemary resin-oil incorporation into chitosan films: development of natural antimicrobial bioactive dressings. *Natural Product Research*, 39, 1 - 14. DOI: https://doi.org/10.1080/14786419.2025.2579135.

[12]. A. H. Gadallah, R. S. Hafez, K. M. Fahim, L. I. Ahmed (2024). Application of rosemary oil nano-emulsion as antimicrobial and antioxidant natural alternative in pasteurized cream and Karish cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 422, 110823. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2024.110823.

[13]. T. L. Ersedo, T. A. Teka, S. F. Forsido, E. Dessalegn (2025). Effect of packaging materials and storage durations on nutritional composition and antimicrobial potential of ginger (*Zingiber officinale*) genotypes from Ethiopia. Food Nutrition, 1(1), 100004. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fnutr.2025.100004.

[14]. A. Kumar, B. R. Singh, J. P. SN, S. Kumar, Bhagirathi, D. Ahuja, Abhishek, P. Singh (2024). Study of antimicrobial efficacy of garlic oil loaded ethosome against clinical microbial isolates of diverse origin. *Journal of Herbal Medicine*, 43, 100824. DOI: https://doi.org/10.1016/j.hermed.2023.100824.

[15]. A. B. Cutillas, A. Carrasco, R. Martinez-Gutierrez, V. Tomas, J. Tudela (2018). Thyme essential oils from Spain: Aromatic profile ascertained by GC–MS, and their antioxidant, anti-lipoxygenase and antimicrobial activities. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(2): 529 - 544. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfda.2017.05.004.

[16]. ISO 10272-1:2023. Microbiology of the food chain - Horizontal method for detection and enumeration of *Campylobacter* spp. - part 1: Detection method - Amendment 1: Inclusion of methods for molecular confirmation and identification of thermotolerant *Campylobacter* spp., the use of growth supplement in Preston broth and changes in the performance testing of culture media. [Online]. Available: https://www.iso.org/iso/foreword.html.

[17]. R. Hulankova (2024). Methods for determination of antimicrobial activity of essential oils *in vitro*-a review. *Plants*, 13(19), 2784. DOI: https://doi.org/10.3390/plants13192784.

[18]. F. Fratini, S. Mancini, B. Turchi, E. Friscia, L. Pistelli, G. Giusti, D. Cerri (2017). A novel interpretation of the fractional inhibitory concentration index: The case *Origanum vulgare* L. and *Leptospermum scoparium* J. R. et G. Forst essential oils against *Staphylococcus* aureus strains. *Microbiological Research*, 195, 11 - 17. DOI: https://doi.org/10.1016/j.micres.2016.11.005.

[19]. A. Bugarcic, E. J. Bowles, K. Summer, T. Agnew, B. Barkla, R. Lauche (2025). Australian tea tree (*Melaleuca alternifolia*) oil: An updated review of antimicrobial and other medicinal properties. Phytomedicine Plus, 5(3), 100846. DOI: https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2025.100846.

[20]. C. A. Leite dos Santos, R. L. da Silva Pereira, L. Pereira-de-Morais, G. J. G. Santos, H. D. M. Coutinho, F. A. Bezerra da Cunha, F. F. G. Rodrigues, D. Luiz de Sousa Júnior, J. C. Silva, (2025). Antibacterial activity of ethanolic extract of *Ocimum gratissimum* L. (basil) and its toxicity against *Drosophila melanogaster*. *Pharmacological Research - Natural Products*, 7, 100212. DOI: https://doi.org/ 10.1016/j.prenap.2025.100212.

[21]. P. Wangroongsarb, N. Cheunban, C. Jittaprasatsin, T. Kamthalang, N. Saipradit, P. Chaichana, C. Pulsrikarn, S. Parnmen, O. Sripichai (2021). Prevalence and antimicrobial susceptibility of *Campylobacter* isolated from retail chickens in Thailand. *International Journal of Food*

Microbiology, 339, 109017. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.109017.

[22]. L. Shao, S. Chen, H. Wang, J. Zhang, X. Xu and H. Wang (2021). Advances in understanding the predominance, phenotypes, and mechanisms of bacteria related to meat spoilage. *Trends in Food Science &Technology*, 118, 822 - 832. DOI: https://doi.org/10.1016/J.TIFS. 2021.11.007.

[23]. J. O. Akullo, B. Kiage, D. Nakimbugwe and J. Kinyuru, (2022). Effect of aqueous and organic solvent extraction on in-vitro antimicrobial activity of two varieties of fresh ginger (*Zingiber officinale*) and garlic (*Allium sativum*). *Heliyon*, 8(9), e10457. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.E10457.

[24]. F. Obermeier, M. Mutschlechner, S. Haller, H. Schöbel, O. I. Strube (2025). Sustainable antimicrobial and antibiofilm strategies: Monoterpene-based compounds as potential substitute for low-molecular-weight biocides in the coating industry. *European Polymer Journal*, 225, 113734. DOI: https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2025.113734.

[25]. M. E. I. Badawy, G. I. Kh. Marei, E. I. Rabea and N. E. M. Taktak (2019). Antimicrobial and antioxidant activities of hydrocarbon and oxygenated monoterpenes against some foodborne pathogens through in vitro and in silico studies. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 158, 185 - 200. DOI: https://10.1016/j.pestbp.2019.05.008.

[26]. X. Liu, C. Tu, K. Kang, D. Chen, Y. Lei, Y. Zhang, K. I. Sahibzada, S. Wei, Y. Lv, Y. Hu, L. Huang (2026). Elucidating the antibacterial effect of terpinen-4-ol against *Listeria monocytogenes* and evaluating its efficacy in lettuce preservation via fumigation. *International Journal of Food Microbiology*, 446, 111544. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2025.111544.

[27]. M. Khedr, A. E. M. Abdelaziz, F. Albadwi, F. S. Youssef, E. M. Abd El-maksoud, A. E. Mekky, E. Saied, Mohamed A. M. El-Tabakh, E. S. Abdelmouty, J. G. Eldiasty, M. Y. Alfaifih, A. A. Shatii, S. E. I. Elbehairii, M. Aufy (2026). Astragalus membranaceus polysaccharide (APs) and Eugenol: Multi-target anti-inflammatory, antioxidant, antimicrobial, and anticancer effects validated by in Silico studies. *Journal of Genetic Engineering and Biotechnology*, 24(1), 100646. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jgeb.2025.100646.

[28]. M. Kačániová, S. Garzoli, M. Qiao, Z. Ban, L. Li, J. Lou, J. H. Elizondo-Luevano, W. Mnif, R. B. Saad, A. B. Hsouna, A. Bianchi (2026). Deciphering chemical composition of *Eucalyptus globulus* essential oil and its bioactivities compared with 1,8-cineole and α-pinene: *in vitro* and in situ antimicrobial, antibiofilm, and insecticidal perspectives. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 75, 104138. DOI: https://doi.org/ 10.1016/j.bcab.2026.104138.

[29]. S. O. Olunusi, N. H. Ramli, F. Adam and S. N. Rahmadhia (2025). Stability, antioxidant and antimicrobial activities of ginger essential oil nanoemulsion: Impact of droplet size and concentration with molecular dynamics insights into zingiberene bioactivity. *Food Bioscience*, 71, 107174. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.107174.

[30]. I. Balta, M. Linton, L. Pinkerton, C. Kelly, L. Stef, I. Pet, D. Stef, A. Criste, O. Gundogdu, N. Corcionivoschi (2021). The effect of natural antimicrobials against *Campylobacter* spp. and its similarities to *Salmonella* spp, *Listeria* spp., *Escherichia coli*, *Vibrio* spp., *Clostridium* spp. and *Staphylococcus* spp.. *Food Control*, 121, 107745. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107745.

[31]. P. M. Araújo, E. Batista, M. H. Fernandes, M. J. Fernandes, L. T. Gama and M. J. Fraqueza, (2022). Assessment of biofilm formation by *Campylobacter* spp. isolates mimicking poultry slaughterhouse conditions. *Poultry Science*, 101(2), 101586. DOI: https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101586.

[32]. M. Gharbi, C. Aouadhi, C. Hamdi, S. Hamrouni, A. Maaroufi (2026). Natural essential oils as promising antimicrobial agents to improve food safety: Mechanistic insights against multidrug-resistant *Campylobacter* jejuni and *Campylobacter coli* isolated from Tunisia. *Foods*, 15(2), 308. DOI: https://doi.org/110.3390/foods15020308.

[33]. B. T. Ortiz, D. Rodríguez, S. Restrepo (2024). Prevalence and risk factors of Campylobacter jejuni and *Campylobacter coli* in fresh chicken carcasses from retail sites in Bogotá, Colombia. *Heliyon*, 10(4), e26356. DOI: https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26356.

[34]. F. Mourabiti, R. Derdak, A. E. Amrani, G. Momen, M. Timinouni, A. Soukri, B. E. Khalfi, Y. Zouheir (2024). The antimicrobial effectiveness of *Rosmarinus officinalis*, *Lavandula angustifolia*, and *Salvia officinalis* essential oils against *Klebsiella pneumoniae* and *Pseudomonas aeruginosa in vitro* and in silico. *South African Journal of Botany*, 168, 112 - 123. DOI: https://doi.org/10.1016/j.sajb.2024.03.015.

[35]. A. A. Mosabbeb, N. Majdi, S. Eskandari and S. Shojaee-Aliabadi (2026). Spice essential oils as natural preservatives in processed sausages: A systematic review of their physicochemical, antimicrobial, antioxidant, and sensory effects. *Food Chemistry*, X, 35, 103673. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fochx.2026.103673.

[36]. B. Soulaimani, I. Abbad, B. E. Drissi, E. Dumas, M. Amri, M. Sobeh and A. Gharsallaoui, (2026). Development, characterization, and enhanced antimicrobial potential of microencapsulated essential oils from *Lavandula pedunculata* subsp. atlantica and *Thymus satureioides* for cherry tomato preservation. *Applied Food Research*, 6(1), 101973. DOI: https://doi.org/10.1016/j.afres.2026.101973.

[37]. R. Nimitr, P. Eamsiriluck, D. T. Purba, W. Sakdasri, W. Krusong, R. Waeonukul, P. Somboon (2026). Antimicrobial film from jackfruit waste powder incorporating clove and ginger essential oils and its application in food packaging. *Applied Food Research*, 6(1), 101617. DOI: https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.101617.

ANTIMICROBIAL ACTIVITY AGAINST *Campylobacter jejuni* AND *Campylobacter coli* OF CERTAIN ESSENTIAL OILS

Lam Hoang Quan[1], Doan Thi Kim Duyen[1],
Tong Thi Anh Ngoc[2], Le Nguyen Doan Duy[1]

[1]*Faculty of Food Science and Technology, Ho Chi Minh City University of Industry and Trade*
[2]*Institute of Biotechnology and Food Technology, Can Tho University*

Abstract

This study was conducted to evaluate the antibacterial activity of four essential oils including tea tree (*Melaleuca alternifolia*), clove basil (*Ocimum gratissimum*), rosemary (*Rosmarinus officinalis*) and ginger (*Zingiber officinale*) against *Campylobacter jejuni* ATCC 33291 and *Campylobacter coli* ATCC 43478. Antibacterial activity was determined using the agar diffusion method and by measuring the minimum inhibitory concentration (MIC), while the combined effects of essential oils were assessed through the fractional inhibitory concentration index (FICI). The results showed that all essential oils were capable of inhibiting *C. jejuni* and *C. coli*, with tea tree oil exhibiting the strongest activity, producing inhibition zones of 19.00 ± 1.83 mm and 22.90 ± 1.10 mm, respectively. The MIC values of tea tree oil and clove basil oil were both 0.625%, lower than those of rosemary and ginger oils. When tea tree oil and clove basil oil were combined at a 2: 1 ratio, the inhibition zones increased to 23.67 ± 1.27 mm for *C. jejuni* and 24.33 ± 1.56 mm for *C. coli*. The MIC of the mixture decreased to 0.3125%, and the FICI value reached 0.50 indicating a synergistic or additive interaction between the two essential oils. The findings suggest that the combination of tea tree oil and clove basil oil has promising potential for application in controlling *Campylobacter* spp. in food and poultry processing chains.

Keywords: *Essential oils, Campylobacter jejuni, Campylobacter coli, antibacterial, MIC.*
Ngày nhận bài: 01/4/2026
Ngày chuyển phản biện: 10/4/2026
Ngày thông qua phản biện: 12/5/2026
Ngày duyệt đăng: 8/6/2026