

## **ĐÁNH GIÁ HÀM LƯỢNG TINH DẦU TRONG HẠT TIÊU TẠI BÀ RỊA - VŨNG TÀU**

*Đến tòa soạn 14-07-2024*

**Lê Xuân Tiến<sup>1,2</sup>, Phạm Vũ Minh Châu<sup>1,2</sup>, Dương Nguyễn Hồng Nhung<sup>1,2\*</sup>**

<sup>1</sup>*Khoa Kỹ thuật Hóa học, Trường Đại Học Bách Khoa TP.HCM*

<sup>2</sup>*Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh*

*\*E-mail: nhungduong@hcmut.edu.vn*

### **SUMMARY**

### **EVALUATION OF ESSENTIAL OIL CONTENT IN PEPPERCORNS FROM BA RIA - VUNG TAU**

*This study evaluated the quality of black pepper planted in Ba Ria-Vung Tau, Vietnam, focusing on determining the essential oil content based on pepper species, ripeness, and density. Vinh Linh pepper was chosen for its extensive cultivation and suitability to local soil conditions. The research found that the essential oil content of Vinh Linh pepper is  $1.31 \pm 0.03\%$ . The highest essential oil content was observed at the mature stage ( $1.93 \pm 0.03\%$ ) and peppercorns with a density below 300 g/L ( $1.84 \pm 0.03\%$ ) and 300 – 400 g/L ( $2.05 \pm 0.09\%$ ). This paper aims to provide a preliminary evaluation of pepper quality, facilitating appropriate selection for essential oil production purposes and enhancing economic efficiency.*

**Keywords:** *Essential oil, vapor distillation, black pepper, Piper nigrum, Vinh Linh*

### **1. MỞ ĐẦU**

Tinh dầu hồ tiêu (*Piper nigrum* L.) chứa nhiều hợp chất dễ bay hơi, mang đặc trưng mùi cay nồng của nguyên liệu. Các cấu tử chiếm tỷ lệ lớn trong tinh dầu tiêu đen bao gồm: monoterpene hydrocarbon, sesquiterpene hydrocarbon [1]. Tinh dầu trong hạt tiêu đen chiếm khoảng 1-3% khối lượng của hạt khô. Tỷ lệ các hợp chất trong tinh dầu phụ thuộc điều kiện thổ nhưỡng, loại cây, giai đoạn thu hoạch cũng như điều kiện bảo quản. Tinh dầu tiêu đen được ứng dụng rộng rãi trong nhiều lĩnh vực y học, mỹ phẩm và thực phẩm. Tinh dầu tiêu không chỉ được sử dụng làm hương liệu trong ngành thực phẩm, mà còn nổi bật với khả năng kháng

khuẩn và bảo quản thịt heo [2]. Bên cạnh đó, tinh dầu này cũng đã chứng minh được ứng dụng hiệu quả trong ngành công nghiệp nước hoa và dầu xoa bóp làm ẩm cơ thể [3].

Trong bài báo này, hàm lượng tinh dầu tiêu đen được khảo sát sử dụng phương pháp chưng cất lôi cuốn hơi nước theo giống tiêu, độ chín và dung trọng hạt. Đồng thời, phân tích hình thái vi phẫu và định danh loài của các giống tiêu cũng được thực hiện. Các thí nghiệm này nhằm đánh giá chất lượng hạt tiêu dựa trên tinh dầu, tạo nên sự lựa chọn phong phú và phù hợp với các mục đích sử dụng khác nhau.

## 2. THỰC NGHIỆM

### 2.1. Xử lý nguyên liệu

Nguyên liệu là hạt tiêu đen xô được thu hái, loại bỏ tạp chất và phơi khô, dựa theo nghiên cứu của Lê Xuân Tiến và cộng sự (2024) [4]. Cả ba giống tiêu đều được trồng tại khu vực Bà Rịa - Vũng Tàu. (Bảng 1) thể hiện kết quả thí nghiệm chưng cất tinh dầu tiêu đen như sau:

*Bảng 1. Khảo sát tinh dầu theo phân loại tiêu*

| Thông số                  | Phân loại          |                    |           |
|---------------------------|--------------------|--------------------|-----------|
| Giống                     | Vĩnh Linh          | Sẻ                 | Sri Lanka |
| Độ chín                   | Trưởng thành       | Già                | Chín      |
| Dung trọng tiêu đen (g/L) | < 300<br>500 – 600 | 300 – 400<br>> 600 | 400 – 500 |

### 2.2. Chưng cất và định lượng tinh dầu tiêu đen

Phương pháp chưng cất lôi cuốn hơi nước với thiết bị Clevenger và ống sinh hàn được sử dụng. Nguyên liệu xay nhuyễn được cân 50 g rồi cho nước vào bình cầu theo tỉ lệ rắn: lỏng là 1:3 (g/mL). Tất cả hệ thống được đặt trên giá đỡ và được giữ nhiệt bằng giấy bạc, bên trong nồi chứa chất tải nhiệt glycerin ở nhiệt độ ổn định 145 – 165 °C. Thí nghiệm được tiến hành tại điều kiện khảo sát trong 2 giờ khi giọt tinh dầu đầu tiên xuất hiện và nhỏ vào ống chia vạch của thiết bị Clevenger (TCVN 9992:2013). Sau khi chưng cất, tinh dầu được tách và làm khan bằng  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Mỗi thí nghiệm được lặp lại 3 lần để lấy kết quả trung bình và độ lệch chuẩn. Hàm lượng tinh dầu (g tinh dầu/100 g nguyên liệu) được tính theo công thức:

$$\frac{d \times V}{m_{nl} \times (1 - W\%)} \times 100$$

với d: tỷ trọng tuyệt đối của tinh dầu (g/mL); V: thể tích tinh dầu (mL); m: khối lượng hạt tiêu (g); W%: độ ẩm hạt tiêu (%)

Phương pháp sắc ký khí khối phổ GC-MS được sử dụng để xác định tỷ lệ thành phần các hợp chất trong tinh dầu tiêu đen. Thiết

bị Agilent G1530A (Agilent Technologies, Hoa Kỳ) với cột HP-5MS (30 x 0,25 mm x 0,25  $\mu\text{m}$ ). Khí mang helium ở tốc độ dòng 1 mL/phút, áp suất đầu cột 9,3 psi. Sắc ký được kết hợp với máy dò khối phổ MS (Agilent 5973N, Technologies, Hoa Kỳ) để định danh hợp chất. Nhiệt độ đầu phun là 250 °C, tỷ lệ phân chia 1:30. Chương trình nhiệt độ: (i) 60 °C trong 1 phút; (ii) từ 60 °C đến 185 °C với tốc độ 3 °C/phút; (iii) từ 185 °C lên 275 °C với tốc độ 9 °C/phút, giữ trong 3 phút. Các hợp chất được xác định bằng phổ khối thông qua cơ sở dữ liệu thư viện NIST 2.2.

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Phân tích hình thái vi phẫu và định danh loài các giống tiêu nghiên cứu

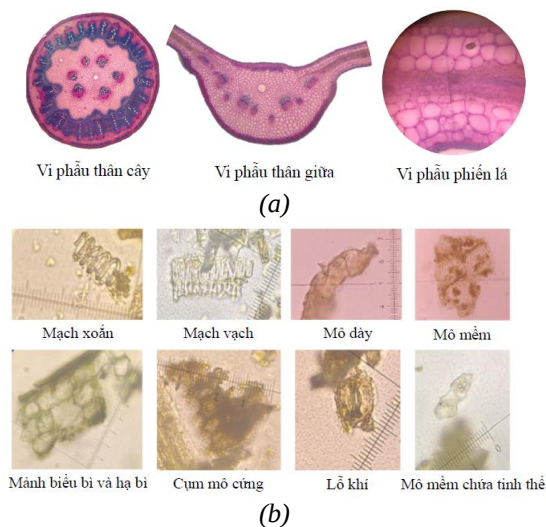
Phương pháp định danh loài của 3 giống tiêu Sẻ, Vĩnh Linh và Sri Lanka (Hình 1) do Tiến sĩ Võ Thị Ngọc Mỹ - Khoa Dược - Bộ môn Thực vật dược (Trường Đại học Nguyễn Tất Thành) thực hiện.



*Hình 1. Các giống tiêu tại huyện Châu Đức, Bà Rịa – Vũng Tàu*

Dược liệu là cây leo thân gỗ lâu năm, leo nhờ rễ bám, thân chia nhiều lông, có mấu phù to, tại các mấu có rễ bám mọc. Thân cây có hình dạng tròn và màu xanh lục khi còn non. Khi già thân chuyển sang màu xám, xuất hiện các nốt sần trên thân cây. Cả cây có mùi thơm đặc trưng. Lá là loại lá đơn, mọc xen kẽ nhau. Phiến lá có hình xoan, đôi khi hơi lệch và không đối xứng. Hoa tiêu mọc thành bông thông, đối diện với lá và mang nhiều hoa xếp theo hình xoắn ốc. Quả tiêu có dạng hình cầu, đường kính từ 0,4 đến 0,5 cm. Hình thái quả có sự

khác biệt giữa các giống: tiêu Vĩnh Linh: cụm quả dài 4,2 - 6,7 cm; tiêu Sẻ: cụm quả dài 3,5 - 6 cm; cụm quả của tiêu Sri Lanka có chiều dài lớn nhất 8,2 - 12 cm.



Hình 2. Hình thái giải phẫu (a) và vi phẫu (b) của các cơ quan tiêu Vĩnh Linh

Hình 2a mô tả cấu tạo giải phẫu của thân, gân chính và phiến lá của tiêu Vĩnh Linh. Thân tiêu có tiết diện tròn và hệ thống dẫn bao gồm hai vòng: vòng ngoài thuộc về thân và vòng trong thuộc về vết lá, với các bó dẫn của thân có kích thước không đồng đều. Mô dày góc có 5-6 lớp tế bào không đồng đều, trong khi mô cứng chứa số ít các lớp tế bào nhỏ, và biểu bì có lớp cutin dày với nhiều lỗ khí. Phân tích vi phẫu trên các mẫu bột được liệu tiêu Vĩnh Linh (Hình 2b) cho thấy cấu trúc chính của bột thân, lá và cụm quả đều có mảnh mạch vạch và ống trao đổi. Vi phẫu bột lá còn xác định được sự hiện diện của mảnh hạ bì và biểu bì có tế bào lỗ khí.

Kết quả phân tích hình thái của tiêu Sẻ và tiêu Sri Lanka tương đồng với tiêu Vĩnh Linh, cho thấy cả ba giống tiêu đều được xác định là *Piper nigrum* L.

### 3.2. Xác định hàm lượng tinh dầu theo giống tiêu

Nhìn chung, hàm lượng tinh dầu tiêu đen ở các nghiên cứu khác nằm trong khoảng

từ 1 - 3% [5]. Nghiên cứu này xác định hàm lượng tinh dầu của 3 giống tiêu xô: Sri Lanka, Sẻ và Vĩnh Linh. Tiêu xô được thu hoạch khi quả đã già, bắt đầu chuyển từ màu xanh sang vàng nhạt nhưng chưa chín hoàn toàn. Do chưa qua phân loại nên kích thước hạt của tiêu xô thường không đồng đều. Dung trọng trung bình của 3 giống tiêu xô nằm trong khoảng 550-600 g/L.

Hình 3a cho thấy hàm lượng tinh dầu dao động từ 1,14 - 1,93%. Trong đó, tiêu Sri Lanka có hàm lượng tinh dầu cao nhất ( $1,75 \pm 0,06\%$ ), và thấp nhất là tiêu Sẻ ( $1,14 \pm 0,08\%$ ). Nghiên cứu của Bekele và cộng sự cũng cho thấy hàm lượng tinh dầu ở 13 giống tiêu tại Ethiopia dao động từ 1,7 - 3,6%, sự khác biệt này do kiểu gen của từng giống [5]. Tiêu Vĩnh Linh có hàm lượng tinh dầu đứng sau tiêu Sri Lanka. Tuy nhiên, đây là loại tiêu thích hợp với thổ nhưỡng tại Bà Rịa - Vũng Tàu nên được trồng phần lớn ở đây (khoảng hơn 80% so với các giống tiêu khác). Cây ít sâu bệnh, phát triển và cho sản lượng tốt. Do đó, nghiên cứu tiếp tục đánh giá hàm lượng tinh dầu theo độ chín và dung trọng dựa trên giống tiêu Vĩnh Linh.

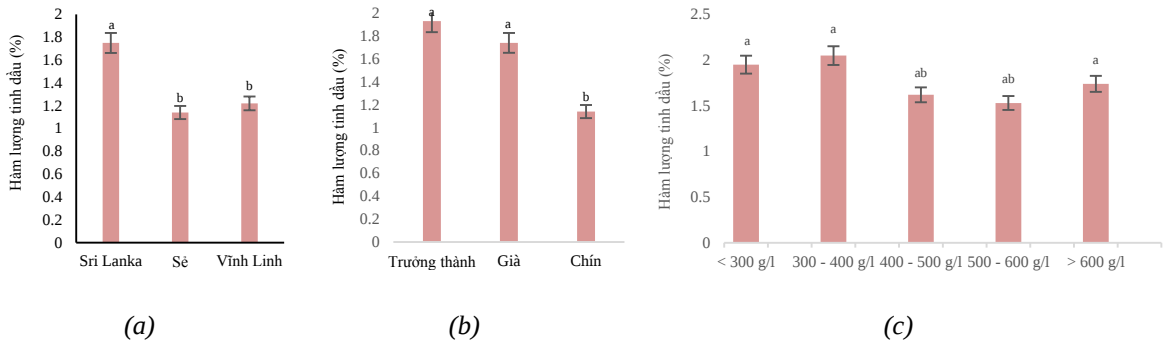
Kết quả phân tích một số chỉ tiêu hóa lý của tinh dầu tiêu Vĩnh Linh cho thấy hàm lượng độ ẩm, tỉ trọng, chỉ số chiết xuất tại 30 °C và chỉ số iod lần lượt là  $2,29\% \pm 0,23$ ;  $0,871 \pm 0,18$ ;  $1,456 \pm 0,25$  và  $14,92 \pm 0,35$ . Những giá trị này thể hiện sự tương đồng đáng chú ý với nghiên cứu của Morshed và cộng sự (2017), khi chiết xuất tinh dầu tiêu đen bằng phương pháp lôi cuốn hơi nước trong 3 giờ [1], cũng như nghiên cứu của Hossain và cộng sự (2014), khi sử dụng n-hexan làm dung môi chiết xuất với hệ thống Soxhlet [6].

### 3.3. Xác định hàm lượng tinh dầu theo độ chín

Trong quá trình sinh trưởng và phát triển của cây tiêu, quả hồ tiêu trải qua nhiều thay

đổi về hình dáng bên ngoài cũng như các phản ứng hóa học tổng hợp bên trong. Người nông dân thu hoạch tiêu tùy theo mục đích sử dụng, thường vào ba giai đoạn: (1) giai đoạn trưởng thành, khi quả vẫn còn

xanh nhưng đã phát triển đủ kích thước; (2) tiêu già, khi quả chuyển vàng nhạt nhưng chưa chín để phơi khô; (3) tiêu chín: quả tiêu chuyển từ màu vàng cam sang đỏ, thường được thu hái để sản xuất tiêu sọ.



Hình 3. Hàm lượng tinh dầu theo (a) giống tiêu, (b) độ chín và (c) dung trọng

Hàm lượng tinh dầu tiêu có xu hướng giảm dần từ giai đoạn trưởng thành ( $1,93 \pm 0,09\%$ ) cho đến khi chín ( $1,14 \pm 0,07\%$ ) (Hình 3b). Theo báo cáo của Parthasarathy và cộng sự, thời điểm thu hoạch tiêu đen thích hợp để đạt được hàm lượng tinh dầu cao là trong khoảng 15 – 20 ngày trước giai đoạn trưởng thành [7]. Điều này cho thấy rằng càng về giai đoạn sau, hàm lượng tinh dầu càng giảm. Nghiên cứu của C.K. Mathai cho biết hàm lượng tinh dầu nằm trong khoảng 1,5 – 3,5%, hiệu suất giảm đáng kể vào giai đoạn chín [8]. Vì vậy, việc lựa chọn đúng thời điểm thu hoạch để tối ưu hóa thành phần hoạt chất mong muốn là yếu tố quan trọng, góp phần nâng cao giá trị thương mại của hạt tiêu trên thị trường.

### 3.4. Xác định hàm lượng tinh dầu theo dung trọng

Dung trọng (g/L) là khối lượng hạt tiêu trong một đơn vị thể tích. Phương pháp đo dung trọng được thực hiện dựa theo TCVN 4996-1:2011. Phép đo được tiến hành 3 lần, dung trọng trung bình giữa hai lần đo không được chênh lệch quá 5 g/L, đảm bảo tuân thủ theo tiêu chuẩn TCVN 4045:1993.

Hàm lượng tinh dầu tiêu Vĩnh Linh theo dung trọng không theo một xu hướng nhất định (Hình 3c). Tinh dầu chủ yếu tập trung ở những hạt tiêu có dung trọng nhỏ, cụ thể là hạt tiêu lép với dung trọng < 300 g/L ( $1,95 \pm 0,06\%$ ) và hạt tiêu có dung trọng từ 300 – 400 g/L ( $2,05 \pm 0,09\%$ ). Kết quả này tương tự với nghiên cứu của Đỗ Đình Nhật và cộng sự (2020) về hàm lượng tinh dầu hai loại tiêu theo dung trọng: hạt tiêu lép đạt hiệu suất tối ưu 2,38% và hạt nguyên với hiệu suất 1,65% [9]. Tiêu lép là hạt tiêu chất lượng thấp và giá thành rẻ, với hạt nhẹ chỉ chứa phần vỏ do nhân chưa phát triển, tinh dầu tập trung chủ yếu ở phần vỏ. Kết quả của nghiên cứu cho thấy các nhóm tiêu có dung trọng nhỏ được đánh giá là có tiềm năng lớn trong sản xuất tinh dầu, góp phần gia tăng giá trị kinh tế cho ngành hồ tiêu.

### 3.5. Thành phần hóa học của tinh dầu theo phân loại tiêu

Phương pháp GC-MS đã xác định được 24 hợp chất chiếm hơn 90% tổng số hợp chất có trong tinh dầu tiêu đen (Bảng 2). Trong đó,  $\beta$ -Phellandrene (10,879 – 20,531%), D-Limonene (8,879 – 16,388%), 3-Carene (11,533 – 17,681%)

và  $\beta$ -Caryophyllene (13,219 – 28,033%) là những thành phần chính. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu của Bạch Long Giang và cộng sự, trong đó 3-Carene (29,21%), D-Limonene (20,94%) và Caryophyllene (15,05%) là các hợp

chất chủ yếu [10]. Sự thay đổi nhỏ thành phần tinh dầu giữa các giống tiêu phụ thuộc vào giai đoạn sinh trưởng, đặc thù canh tác, thành phần đất hay sự khác biệt khí hậu ở các vị trí địa lý khác nhau, trong đó có kiểu gen.

Bảng 2. Tỷ lệ các thành phần hợp chất trong tinh dầu tiêu đen theo phân loại

| Thành phần             | Chỉ số lưu giữ | Thành phần tương đối (%) |       |              |                                |       |       |                                         |           |           |           |       |
|------------------------|----------------|--------------------------|-------|--------------|--------------------------------|-------|-------|-----------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------|
|                        |                | Giống                    |       |              | Độ chín của hạt tiêu Vĩnh Linh |       |       | Dung trọng của hạt tiêu Vĩnh Linh (g/L) |           |           |           |       |
|                        |                | Sri Lanka xô             | Sê xô | Vĩnh Linh xô | Trưởng thành                   | Già   | Chín  | < 300                                   | 300 - 400 | 400 - 500 | 500 - 600 | > 600 |
| $\alpha$ -Thujene      | 921            | 0,20                     | 0,15  | 0,15         | 0,15                           | 0,30  | 0,25  | 0,36                                    | 0,10      | 0,119     | 0,23      | 0,13  |
| $\alpha$ -Pinene       | 932            | 5,47                     | 3,51  | 5,20         | 1,49                           | 1,29  | 0,88  | 1,24                                    | 1,15      | 1,237     | 2,63      | 2,57  |
| $\beta$ -Myrcene       | 990            | 0,74                     | 1,16  | 0,80         | 2,15                           | 1,65  | 1,35  | 2,30                                    | 1,92      | 1,644     | 0,28      | 0,21  |
| $\beta$ -Pinene        | 980            | 5,56                     | 9,72  | 5,60         | 2,54                           | 2,22  | 4,21  | 2,77                                    | 2,82      | 2,957     | 4,08      | 4,19  |
| 2-Carene               | 1012           | 0,11                     | 0,16  | 0,06         | 0,15                           | 0,12  | 0,15  | 0,07                                    | 0,14      | 0,13      | 0,07      | 0,06  |
| 3-Carene               | 1015           | 13,05                    | 14,53 | 11,57        | 15,70                          | 11,53 | 13,63 | 16,89                                   | 17,68     | 13,92     | 15,68     | 16,68 |
| $\beta$ -Phellandrene  | 1020           | 14,88                    | 15,70 | 14,16        | 18,67                          | 15,67 | 14,22 | 14,27                                   | 10,88     | 12,90     | 11,96     | 11,33 |
| <i>o</i> -Cymene       | 1025           | 1,77                     | 0,49  | 0,39         | 0,24                           | 0,10  | 0,23  | 0,90                                    | 0,03      | 0,02      | 0,94      | 0,83  |
| D-Limonene             | 1031           | 13,52                    | 14,67 | 13,36        | 16,5                           | 13,63 | 14,76 | 16,39                                   | 14,45     | 9,35      | 8,88      | 7,90  |
| $\zeta$ -Terpinene     | 1061           | 9,24                     | 9,89  | 2,84         | 4,64                           | 3,77  | 4,44  | 2,02                                    | 4,19      | 3,82      | 2,20      | 3,10  |
| $\alpha$ -Terpinolene  | 1088           | 16,52                    | 6,21  | 7,46         | 7,96                           | 6,56  | 7,62  | 4,10                                    | 7,10      | 6,65      | 4,20      | 5,00  |
| Linalool               | 1100           | 1,27                     | 0,64  | 0,72         | 0,56                           | 0,62  | 0,54  | 0,77                                    | 0,52      | 0,57      | 0,37      | 0,28  |
| Camphor                | 1146           | -                        | -     | 0,07         | 0,07                           | -     | 0,02  | 0,04                                    | 0,04      | 0,05      | 0,05      | 0,15  |
| Pulegone               | 1220           | 0,38                     | 0,21  | 0,23         | 0,18                           | 0,21  | 0,19  | 0,29                                    | 0,28      | 0,27      | 0,24      | 0,13  |
| $\alpha$ -Salinene     | 1335           | 0,09                     | -     | -            | 0,05                           | -     | -     | -                                       | -         | -         | -         | -     |
| $\alpha$ -Cubebene     | 1347           | 0,08                     | 0,05  | 0,09         | 0,26                           | 0,25  | 0,03  | 0,07                                    | 0,157     | 0,34      | 0,15      | 0,11  |
| $\alpha$ -Copaene      | 1376           | -                        | 0,05  | 0,03         | 0,05                           | 0,08  | 0,18  | 0,17                                    | 0,053     | 0,16      | 0,11      | 0,10  |
| $\delta$ -Elemene      | 1400           | 0,22                     | -     | 0,51         | 0,3                            | 2,24  | 5,12  | 2,12                                    | -         | 3,05      | 1,98      | 1,85  |
| Tyranton               | 1410           | 0,64                     | 0,15  | 0,33         | 0,52                           | 0,43  | 0,19  | 0,19                                    | 0,35      | 0,79      | 0,09      | 0,07  |
| $\beta$ -Caryophyllene | 1418           | 13,22                    | 16,51 | 24,36        | 28,03                          | 21,83 | 20,13 | 26,54                                   | 25,68     | 20,51     | 17,99     | 16,99 |
| $\beta$ -Salinene      | 1494           | -                        | 0,20  | 0,24         | 0,14                           | 0,18  | 0,12  | 0,29                                    | 0,22      | 0,27      | 0,32      | 0,22  |
| $\delta$ -Cadinene     | 1536           | 0,01                     | -     | 0,54         | 0,31                           | 2,29  | 3,35  | 3,37                                    | 3,03      | 3,62      | 1,60      | 1,40  |
| Spathulenol            | 1576           | 0,13                     | -     | -            | 2,32                           | 7,04  | -     | -                                       | -         | -         | -         | -     |
| Caryophyllene oxide    | 1590           | 2,14                     | 2,70  | 8,52         | 4,75                           | 8,73  | 2,34  | -                                       | 5,142     | 9,42      | 10,74     | 10,85 |

Hàm lượng  $\beta$ -Phellandrene trong tinh dầu tiêu Vĩnh Linh giảm từ 18,67% ở giai đoạn trưởng thành xuống 14,21% khi chín, cho thấy các hợp chất chính trong tinh dầu thay đổi theo giai đoạn phát triển của cây. Sự khác biệt về hàm lượng tinh dầu tiêu Vĩnh Linh theo dung trọng là không đáng kể.

#### 4. KẾT LUẬN

Bên cạnh hàm lượng piperine, hàm

lượng tinh dầu là một trong các yếu tố quyết định giá trị thương mại của hạt tiêu, giúp đánh giá toàn diện chất lượng sản phẩm. Tiêu đen Vĩnh Linh là đối tượng nghiên cứu chính do phổ biến tại khu vực tỉnh Bà Rịa-Vũng Tàu. Tinh dầu tiêu chiếm khoảng 1-3% khối lượng hạt khô, với thành phần và tỷ lệ hợp chất thay đổi tùy theo giống, độ chín và dung trọng. Kết quả nghiên cứu này cung cấp cơ sở khoa học, tạo nên sự lựa

chọn phong phú và phù hợp với các mục đích sử dụng khác nhau.

**Lời cảm ơn:** Chúng tôi xin chân thành cảm ơn sự tài trợ của tỉnh Bà Rịa - Vũng Tàu cho dự án 11/HĐ-SKHCN năm 2022, và sự hỗ trợ cơ sở vật chất từ Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh để hoàn thành nghiên cứu này.

**Cam kết:** Tôi cam đoan rằng đây là công trình của Tiến sĩ Dương Nguyễn Hồng Nhung và các đồng tác giả, và nội dung này chưa được công bố trên bất kỳ tạp chí nào.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Morshed, S., Hossain, M. D., Ahmad, M., & Junayed, M. (2017). Physicochemical characteristics of essential oil of black pepper (*Piper nigrum*) cultivated in Chittagong, Bangladesh. *Journal of food quality and hazards control*, **4**(3), 66-69.
- [2] Zhang, J., Wang, Y., Pan, D. D., Cao, J. X., Shao, X. F., Chen, Y. J., ... & Ou, C. R. (2016). Effect of black pepper essential oil on the quality of fresh pork during storage. *Meat Science*, **117**, 130-136.
- [3] Kumoro, A. C., Hasan, M., & Singh, H. (2010). Extraction of Sarawak black pepper essential oil using supercritical carbon dioxide. *Arab. J. Sci. Eng*, **35**, 7-16.
- [4] Lê Xuân Tiến, Nguyễn Ngọc Thanh, Dương Nguyễn Hồng Nhung .... Phạm Vũ Minh Châu (2024, April). Optimization of Piperine Extraction Process from Vietnamese White Pepper. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1340, No. 1, p. 012020). IOP Publishing.
- [5] Bekele, D., & Gedebo, A. (2020). Biochemical characterization and genetic variability among thirteen black pepper genotypes. *African Journal of Agricultural Research*, **16**(11), 1587-1590.
- [6] Hossain, M. D., Paul, B. K., umar Roy, S., Saha, G. C., Begum, F., & Huq, D. (2014). Studies on fatty acids composition and some valuable nutrients of *Piper nigrum* Linn.(Gol Morich). *Dhaka University Journal of Science*, **62**(2), 65-68.
- [7] Parthasarathy, V. A., Sasikumar, B., Nair, R. R., & George, K. J. (2007). Black pepper: botany and horticulture. *HORTICULTURAL REVIEWS-WESTPORT THEN NEW YORK*, **33**, 173.
- [8] Mathai, C. K. (1981). Accumulation pattern of oleoresin and related chemical constituents in black pepper (*Piper nigrum*) berries during growth and development. *Plant Foods for Human Nutrition*, **31**, 3-10.
- [9] Đỗ Đình Nhật, Trần Minh Thông, Nguyễn Huỳnh Thanh Thư, Nguyễn Thị Ngọc Trâm, Phạm Ngọc Tú (2020). Nghiên cứu chiết xuất tinh dầu từ hạt tiêu lép bằng phương pháp chưng cất ở quy mô pilot. *Journal of Science and Technology*, **3**(4) 6-6.
- [10] Tran Thien Hien, Le Ke Ha, Nguyen Duy Chinh, Dao Tan Phat, Le Thi Hong Nhan,... Bach Long Giang (2019). The study on extraction process and analysis of components in essential oils of black pepper (*Piper nigrum* L.) seeds harvested in Gia Lai Province, Vietnam. *Processes*, **7**(2), 56.