



Original Article

The Isolation of Zizanoic Acid Isolated from *Vetiveria Zizanioides* Cultivated in Vietnam and its Transformation to the Ester Derivatives

Tran Thi Thao Nguyen, Bui Thai Thanh Thu, Mac Dinh Hung*

VNU University of Science, 19 Le Thanh Tong, Hoan Kiem, Hanoi, Vietnam

Received 20th November 2024

Revised 06th January 2025; Accepted 26th April 2025

Abstract: Vetiver, known as *Vetiveria zizanioides* or *Chrysopogon zizanioides*, is cultivated in various parts of the world, with major cultivation areas in Nghe An and Thai Binh provinces of Vietnam. It is highly valued for its pharmacological and economic properties, particularly in the fragrance industry. This study aimed to isolate zizanoic acid through an acid-base extraction from Vetiver roots grown and harvested in Quang Nam, Vietnam, and subsequently convert it into ester derivatives using the Fischer esterification process. The results showed moderate to excellent yields, giving methyl zizanoate, ethyl zizanoate, and butyl zizanoate.

Keywords: *Vetiveria zizanioides*, zizanoic acid, methyl zizanoate, ethyl zizanoate, butyl zizanoate.

* Corresponding author.

E-mail address: macdinhhung@hus.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.5587>

Phân lập Zizanoic Acid từ cỏ Hương Bài (*Vetiveria Zizanioides*) trồng tại Việt Nam và chuyển hóa thành các dẫn xuất ester

Trần Thị Thảo Nguyên, Bùi Thái Thanh Thư, Mạc Đình Hùng*

Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội, 19 Lê Thánh Tông, Hà Nội, Việt Nam

Nhận ngày 20 tháng 11 năm 2024

Chỉnh sửa ngày 06 tháng 01 năm 2025; Chấp nhận đăng ngày 26 tháng 4 năm 2025

Tóm tắt: Cỏ Hương Bài, tên khoa học là *Vetiveria Zizanioides* hay *Chrysopogon zizanioides* được trồng ở nhiều nơi trên thế giới, tại Việt Nam chủ yếu được trồng ở Nghệ An, Thái Bình. Loài cỏ này được biết đến qua rất nhiều thập kỷ bởi mang tính giá trị cao về mặt dược lý, kinh tế và đặc biệt trong ngành hương liệu. Mục tiêu của nghiên cứu này là phân lập zizanoic acid bằng phương pháp chiết acid-base từ rễ Vetiver được trồng và thu hái tại Quảng Nam, Việt Nam, sau đó thực hiện ester hóa zizanoic acid bằng quá trình ester hóa Fischer. Các phản ứng ester hóa có hiệu suất từ trung bình đến rất tốt, thu được methyl zizanoate, ethyl zizanoate và butyl zizanoate.

Từ khóa: Cỏ hương bài, zizanoic acid, methyl zizanoate, ethyl zizanoate, butyl zizanoate.

1. Mở đầu

Cỏ Hương Bài (cỏ Vetiver), tên khoa học là *Vetiveria Zizanioides* hay *Chrysopogon zizanioides*, một loài cỏ lâu năm họ Poaceae, có nguồn gốc từ Ấn Độ, thuộc loài cỏ thảo được và thường được biết đến như “Hương thơm của đất”. Rễ của loài cỏ này được dùng trong y học cổ truyền để điều trị các bệnh về cảm sốt, ho ra máu, các bệnh về da, nhiễm trùng đường tiết niệu hay phù nề [1]. Trong lĩnh vực thực phẩm chức năng, chiết xuất từ rễ cỏ Vetiver được sử dụng như một chất chống oxy hóa để ngăn sự mất cân bằng oxy hóa - một nguyên nhân gây nên nhiều bệnh lý nguy hiểm ở con người [2]. Rễ cỏ Vetiver cũng được sử dụng cho mục đích thương mại, đặc biệt trong ngành công nghiệp dệt may và trong lĩnh vực nông nghiệp được dùng với mục đích chính là chống sạt lở, sỏi mòn đất (ở Việt Nam chủ yếu được trồng tại Nghệ An, Thái Bình).

Đặc biệt, tinh dầu Vetiver chiết xuất từ rễ khô của loài thực vật này đem lại giá trị kinh tế

cao khi được sử dụng phổ biến trong ngành công nghiệp mỹ phẩm, ngành công nghiệp nước hoa và liệu pháp mùi hương [3]. Dầu Vetiver có màu từ vàng nhạt đến nâu đậm, thường thu được từ rễ khô bằng phương pháp chưng cất lôi cuốn hơi nước. Loại dầu này có hương chủ đạo là tông gỗ đặc trưng và kèm theo các tông mùi khác nhau (tông đất, tông bưởi, hương hoa, mùi khói, hồ phách), và nổi bật với sự lưu hương dài lâu. Các tông mùi sẽ thay đổi theo nguồn gốc địa lý của cỏ Vetiver (Bourbon, Haiti, Java, hay Brazil). Tuy nhiên, tùy thuộc vào quá trình canh tác và khai thác sẽ thu được khoảng 0.3%-2% lượng tinh dầu tính theo khối lượng của rễ tươi [4, 5]. Trong những năm gần đây, dầu Vetiver được sử dụng rộng rãi trong các sản phẩm mỹ phẩm như xà phòng, lăn khử mùi, các sản phẩm chăm sóc da hay dầu gội. Việc sử dụng dầu Vetiver trong mỹ phẩm dự kiến sẽ còn tăng trong tương lai do càng ngày càng có nhiều người tiêu dùng yêu cầu các loại mỹ phẩm có tính bền vững hơn kết hợp với các thành phần thiên nhiên [6].

Dầu Vetiver chứa các hợp chất đa dạng như: sesquiterpenoids, bicyclic, tricyclic, hydrocarbons, alcohol và carboxylic acid. Đây

* Tác giả liên hệ.

Địa chỉ email: macdinhhung@hus.edu.vn

<https://doi.org/10.25073/2588-1140/vnunst.5587>

chủ yếu là các hợp chất có cấu trúc đa vòng nên loại dầu này có độ nhớt cao, khả năng lưu hương tốt, do đó dầu Vetiver được sử dụng rộng rãi và có nhiều giá trị trong ngành công nghiệp hương liệu [7, 8]. Một số hợp chất chính được biết đến trong dầu Vetiver là α -vetivone, β -vetivone, khusimol hay zizanoic acid. Ngoài những hợp chất trên, dầu Vetiver còn có những hợp chất có hàm lượng thấp như khusimone, zizanal hay methyl zizanoate cũng góp phần tạo nên các tông mùi đặc biệt cho tinh dầu này [9].

Theo Julian Martinez và cộng sự (2004). [10] một trong những hợp chất chính được xác định trong tinh dầu Vetiver có nguồn gốc từ Brazil là zizanoic acid. Chất này không có tính chất gây mùi. Tuy nhiên, acid này có thể được biến đổi hóa học thông qua quá trình ester hóa và khử hóa để tạo ra khusimol, một chất có hương gỗ có giá trị cao. Ngoài ra, zizanoic acid được ester hóa bằng diazomethane tạo ra methyl zizanoate với hiệu suất và độ tinh khiết cao [11].

Hiện nay chưa có nhiều nghiên cứu về quá trình ester hóa zizanoic acid thành các dẫn xuất ester khác nhau và cũng chưa có nhiều nghiên cứu về hoạt tính sinh học của các dẫn xuất ester đó. Bài nghiên cứu này sẽ tập trung vào phân lập zizanoic acid từ rễ cỏ Vetiver (dòng Monto của Úc) được trồng và thu hái tại Quảng Nam, Việt Nam theo phương pháp chiết acid-base, sau đó acid được tinh chế bằng phương pháp sắc ký cột rồi thực hiện ester hóa Fischer để thu được các dẫn xuất ester tương ứng.

2. Thực nghiệm

2.1. Nguyên liệu, hóa chất, thiết bị nghiên cứu

Nguyên liệu: rễ cỏ Vetiver là dòng Monto của Úc được trồng, canh tác và thu mua dưới dạng thân rễ khô tại Quảng Nam, Việt Nam.

Hóa chất: sử dụng H_2SO_4 đặc và các dung môi lần lượt như methanol khan, ethanol tuyệt đối, butan-1-ol để tiến hành ester hóa acid zizanoic. Sử dụng NaOH 2M, HCl 1M và các dung môi như dichloromethan và ethyl acetat để tiến hành chiết thu acid zizanoic từ cao rễ Vetiver.

Thiết bị nghiên cứu: phổ cộng hưởng từ hạt nhân ^1H -NMR, ^{13}C -NMR đo trên máy Bruker Avance-500 tại Khoa Hóa, Trường Đại học Khoa học Tự Nhiên - Đại học Quốc Gia Hà Nội, chất nội chuẩn là TMS cho ^1H -NMR và tín hiệu dung môi cho ^{13}C -NMR.

Các chất tổng hợp được trình bày ở Sơ đồ 1.

2.2. Quy trình chiết zizanoic acid và chuyển xóa zizanoic acid thành các dẫn xuất ester từ cao Vetiver

Quy trình xử lý rễ Vetiver trước khi chiết: rễ cây Hương bài khô *Vetiveria zizanioides* (1kg) thu thập tại Quảng Nam được tiến hành cắt nhỏ (khoảng 2 cm), sau đó ngâm trong dung môi Methanol trong vòng một tuần rồi tiến hành cô quay cất loại dung môi thu được cao Vetiver (63,10 g).

Quy trình chiết zizanoic acid: cao Vetiver thu được sẽ được hòa tan với một lượng dichloromethan vừa đủ sau đó thêm NaOH 2M vào và khuấy đều trong khoảng 20 phút trước khi tiến hành chiết. Hỗn hợp được chiết 3 lần với NaOH 2M, sau đó thu hồi pha nước và trung hòa pha nước bằng HCl 1M. Nhỏ từ từ HCl 1M vào pha nước đến pH=3 thì dừng lại. Chiết tiếp dung dịch thu được bằng ethyl acetate (3 lần) thu lấy pha hữu cơ. Làm khô pha hữu cơ bằng Na_2SO_4 sau đó cất loại dung môi thu được sản phẩm thô. Chạy cột silica gel với hệ dung môi *n*-hexan/ethyl acetat = 9/1 thu được zizanoic acid ở dạng dầu, có màu vàng (1).

Dữ liệu phổ:

^1H NMR (500 MHz, CDCl_3): δ_{H} (ppm) δ 4.75 (s, 1H, H-15a), 4.62 (s, 1H, H-15b), 2.73 – 2.69 (m, 1H, H-2), 2.67 (dd, J = 8.6, 4.0 Hz, 1H, H-5), 2.03 (dt, J = 8.9, 4.4 Hz, 1H, H-9a), 1.92 – 1.90 (m, 1H, H-4a), 1.88 (s, 1H, H-10a), 1.81 – 1.79 (m, 1H, H-8), 1.66 (d, J = 4.9 Hz, 1H, H-10b), 1.64 (d, J = 4.6 Hz, 1H, H-4b), 1.56 – 1.51 (m, 2H, H-11), 1.43 – 1.40 (m, 1H, H-9b), 1.26 (s, 2H, H-3), 1.07 (s, 3H, H-14), 1.05 (s, 3H, H-13).

^{13}C NMR (126 MHz, CDCl_3): δ_{C} (ppm) δ 181.74 (C-12), 155.95 (C-6), 105.95 (C-15), 55.06 (C-1), 51.14 (C-5), 49.14 (C-8), 48.66 (C-2), 40.32 (C-7), 37.15 (C-10), 33.12 (C-11),

29.84 (C-3), 28.57 (C-14), 26.24 (C-9), 26.01 (C-13), 25.67 (C-4).

Quy trình ester hóa tạo thành chất 2 (Methyl Zizanoate): 100mg (0,4267 mmol) zizanoic acid (**1**) hòa tan trong 3 ml methanol khan, thêm vào 1 giọt H_2SO_4 đặc làm xúc tác, hỗn hợp phản ứng được khuấy ở 80 °C trong 3 giờ. Ethyl acetate được thêm vào hỗn hợp sau phản ứng, sau đó được đem đi chiết với nước cất. Pha hữu cơ được đem đi rửa lại với nước (3 lần), tiếp đến với NaHCO_3 bão hòa (2 lần), sau đó được làm khan bằng Na_2SO_4 rồi cất loại dung môi, thu được chất **2** có mùi cỏ thơm (94 mg, hiệu suất 94%).

Dữ liệu phổ:

^1H NMR (500 MHz, CDCl_3): $\delta_{\text{H}}(\text{ppm})$ δ 4.74 (s, 1H, H-15a), 4.60 (s, 1H, H-15b), 3.68 (s, 3H, H-16), 2.70 – 2.65 (m, 1H, H-2), 2.64 (dd, $J = 8.7, 4.4$ Hz, 1H, H-5), 2.00 (dt, $J = 9.0, 4.5$ Hz, 1H, H-9a), 1.86 – 1.83 (m, 1H, H-4a), 1.77 (d, $J = 5.2$ Hz, 1H, H-10a), 1.71 (s, 1H, H-8), 1.59 – 1.56 (m, 1H, H-10b), 1.55 – 1.53 (m, 1H, H-4b), 1.50 – 1.46 (m, 2H, H-11), 1.40 (dt, $J = 10.3, 2.6$ Hz, 1H, H-9b), 1.25 (s, 2H, H-3), 1.05 (s, 3H, H-14), 1.03 (s, 3H, H-13).

^{13}C -NMR (126 MHz, CDCl_3): $\delta_{\text{C}}(\text{ppm})$ δ 177.07 (C-12), 156.03 (C-6), 105.84 (C-15), 55.20 (C-1), 51.41 (C-16), 51.18 (C-5), 49.15 (C-8), 48.64 (C-2), 40.29 (C-7), 37.11 (C-10), 33.03 (C-11), 29.84 (C-3), 28.53 (C-14), 26.19 (C-9), 26.01 (C-13), 25.71 (C-4).

Quy trình ester hóa tạo thành chất 3 (Ethyl Zizanoate): 186 mg (0,7937 mmol) zizanoic acid (**1**) được hòa tan trong 3 ml ethanol tuyệt đối, thêm vào 1 giọt H_2SO_4 đặc làm xúc tác, hỗn hợp phản ứng được khuấy ở 80 °C qua đêm. Ethyl acetate được thêm vào hỗn hợp sau phản ứng, sau đó được đem đi chiết với nước cất. Pha hữu cơ được đem đi rửa lại với nước (3 lần), tiếp đến với NaHCO_3 bão hòa (2 lần), sau đó được làm khan bằng Na_2SO_4 rồi cất loại dung môi, thu được chất **3** có mùi cỏ thơm (152 mg, hiệu suất 82%).

Dữ liệu phổ:

^1H -NMR (500 MHz, CDCl_3): $\delta_{\text{H}}(\text{ppm})$ δ 4.74 (s, 1H, H-15a), 4.61 (s, 1H, H-15b), 4.17 – 4.11 (m, 2H, H-16), 2.68 (ddd, $J = 11.3, 5.3, 1.9$ Hz, 1H, H-2), 2.62 (dd, $J = 8.8, 4.1$ Hz, 1H,

H-5), 2.01 (dt, $J = 8.9, 4.3$ Hz, 1H, H-9a), 1.86 – 1.83 (m, 1H, H-4a), 1.78 (d, $J = 5.1$ Hz, 1H, H-10a), 1.75 (d, $J = 5.3$ Hz, 1H, H-8), 1.59 (d, $J = 6.0$ Hz, 1H, H-10b), 1.57 – 1.55 (m, 1H, H-4b), 1.50 – 1.44 (m, 2H, H-11), 1.41 – 1.38 (m, 1H, H-9b), 1.25 (s, 2H, H-3), 1.28 (t, $J = 7.4$ Hz, 3H, H-17), 1.05 (s, 3H, H-14), 1.04 (s, 3H, H-13).

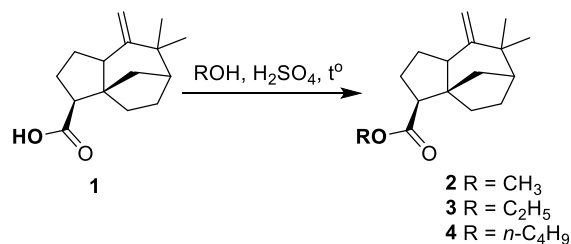
^{13}C NMR (126 MHz, CDCl_3): $\delta_{\text{C}}(\text{ppm})$ δ 176.60 (C-12), 156.13 (C-6), 105.80 (C-15), 60.21 (C-16), 55.20 (C-1), 51.33 (C-5), 49.16 (C-8), 48.63 (C-2), 40.31 (C-7), 37.06 (C-10), 33.02 (C-11), 29.84 (C-3), 28.54 (C-14), 26.17 (C-9), 26.03 (C-13), 25.68 (C-4), 14.61 (C-17).

Quy trình ester hóa tạo thành chất 4 (Butyl Zizanoate): 100 mg (0,4267 mmol) zizanoic acid (**1**) được hòa tan trong 3 ml butan-1-ol, thêm vào 1 giọt H_2SO_4 đặc làm xúc tác, hỗn hợp phản ứng được khuấy ở 80°C trong 5 giờ. Ethyl acetate được thêm vào hỗn hợp sau phản ứng, sau đó được đem đi chiết với nước cất. Pha hữu cơ được đem đi rửa lại với nước (3 lần), tiếp đến với NaHCO_3 bão hòa (2 lần), sau đó được làm khan bằng Na_2SO_4 rồi cất loại dung môi. Tiếp đến, sản phẩm được tinh chế trên cột silica gel với hệ dung môi *n*-hexan/ethyl acetat = 95/5 thu được chất **4** (60 mg, hiệu suất 60%).

Dữ liệu phổ:

^1H NMR (500 MHz, CDCl_3): $\delta_{\text{H}}(\text{ppm})$ δ 4.73 (s, 1H, H-15a), 4.60 (s, 1H, H-15b), 4.06 (td, $J = 6.7, 2.4$ Hz, 2H, H-16), 2.70 – 2.64 (m, 1H, H-2), 2.61 (dd, $J = 8.7, 4.1$ Hz, 1H, H-5), 2.00 (ddd, $J = 9.1, 4.6$ Hz, 1H, H-9a), 1.84 – 1.81 (m, 1H, H-4a), 1.76 (d, $J = 5.9$ Hz, 1H, H-10a), 1.74 (d, $J = 8.4$ Hz, 1H, H-8), 1.63 (t, $J = 7.0$ Hz, 2H, H-17), 1.59 (d, $J = 7.9$ Hz, 1H, H-10b), 1.55 (d, $J = 4.8$ Hz, 1H, H-4b), 1.54 – 1.51 (m, 2H, H-11), 1.48 – 1.44 (m, 1H, H-9b), 1.37 – 1.34 (m, 2H, H-18), 1.24 (s, 2H, H-3), 1.04 (s, 3H, H-14), 1.03 (s, 3H, H-13), 0.95 – 0.92 (m, 3H, H-19).

^{13}C NMR (126 MHz, CDCl_3): $\delta_{\text{C}}(\text{ppm})$ δ 176.48 (C-12), 155.94 (C-6), 105.63 (C-15), 64.02 (C-16), 55.03 (C-1), 51.27 (C-5), 48.99 (C-8), 48.42 (C-2), 40.13 (C-7), 36.91 (C-10), 32.83 (C-11), 30.80 (C-17), 29.68 (C-3), 28.35 (C-14), 26.03 (C-9), 25.87 (C-13), 25.51 (C-4), 19.26 (C-18), 13.70 (C-19).



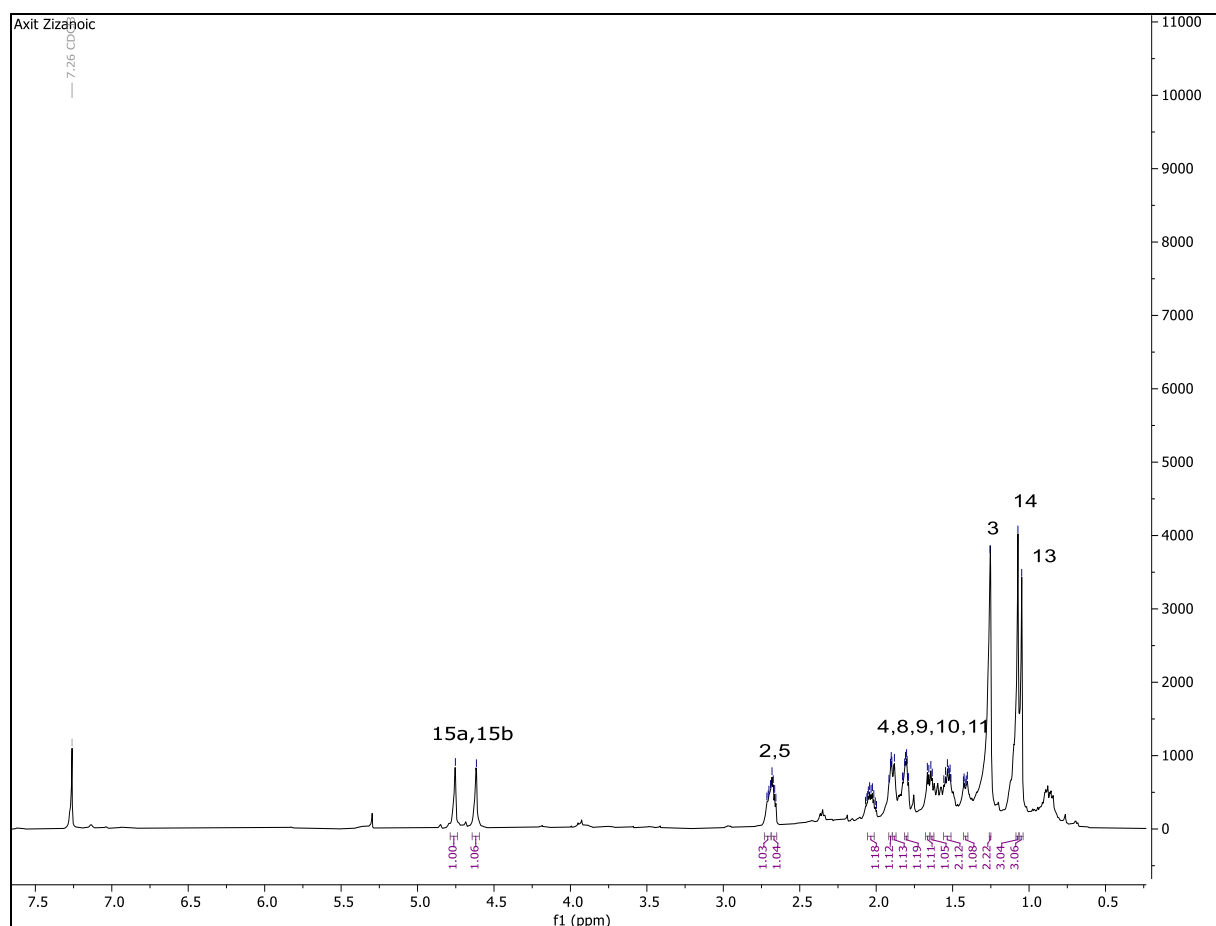
Sơ đồ 1. Một số dẫn suất ester thu được từ phản ứng ester hóa của zizanoic acid.

3. Kết quả và thảo luận

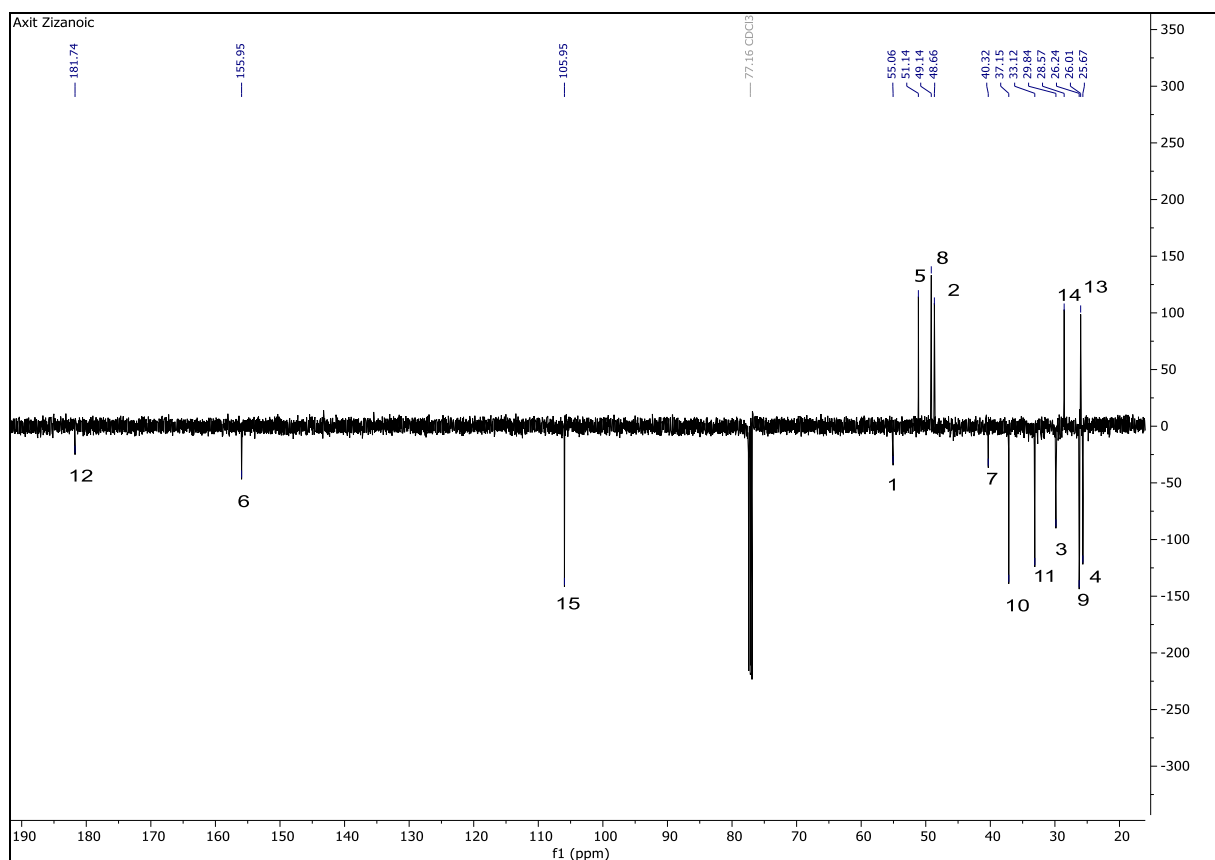
Chất 1: dữ liệu phổ ¹H-NMR cho thấy sự có mặt của 2 nhóm methyl bậc ba ở 1,05 ppm (s, 3H, H-13) và 1,07 ppm (s, 3H, H-14), và nhóm methylene alkene ở 4,62 ppm (s, 1H, H-15a) và 4,75 ppm (s, 1H, H-15b). Trong phổ

¹³C-NMR cho thấy sự xuất hiện các tín hiệu cộng hưởng của 15 nguyên tử carbon, trong đó có 4 nguyên tử carbon bậc 4, 3 nguyên tử carbon nhóm methine và tín hiệu đặc trưng của nhóm carboxylic acid tại 181,74 ppm (C-12). Dữ liệu phổ chất phân lập đã được đối chiếu dữ liệu với phổ từ tài liệu [5] cho thấy chất phân lập đúng là zizanoic acid.

Chất 2: dữ liệu phổ ¹H-NMR cho thấy sự có mặt của 2 nhóm methyl bậc ba ở 1,05 ppm (s, 3H) và 1,07 ppm (s, 3H) và nhóm methyl của ester tại 3,68 ppm (H-16). Kết hợp với phổ ¹³C-NMR và phổ HSQC cho thấy có mối tương quan giữa proton và carbon tại 51,41 ppm (C-16) chứng minh rằng đã chuyển hóa thành công zizanoic acid thành methyl zizanoate.



Hình 1. Phổ ¹H-NMR của Zizanoic acid.

Hình 2. Phổ ^{13}C -NMR của Zizanoic acid.

Chất 3: dữ liệu phổ ^1H -NMR của hợp chất xuất hiện thêm cụm tín hiệu tại độ chuyển dịch 4,17- 4,11 ppm (m, 2H, $-\text{OCH}_2$) và tại độ chuyển dịch 1,28 ppm (t, 3H, $-\text{OCH}_2\text{CH}_3$). Phổ ^{13}C -NMR xuất hiện đủ 15 tín hiệu của 15 nguyên tử carbon của zizanoic acid, và xuất hiện thêm nhóm $-\text{OCH}_2$ và nhóm methyl tại vùng trường cao có độ chuyển dịch lần lượt tại 60,21 ppm và 14,61 ppm, cho thấy zizanoic acid đã được chuyển hóa thành công thành ethyl zizanoate.

Chất 4: dữ liệu phổ ^1H -NMR cho thấy xuất hiện thêm một nhóm methyl tại vùng trường cao tại độ chuyển dịch 0,95 – 0,92 ppm (m, 3H) và độ chuyển dịch của nhóm $-\text{OCH}_2$ (H-16) trong trường hợp này so với phổ ^1H -NMR của hợp chất ethyl zizanoate không có sự thay đổi đáng kể. Phổ ^{13}C -NMR xuất hiện đủ các tín hiệu nguyên tử carbon của zizanoic acid và xuất hiện thêm tín hiệu của 4 nguyên tử carbon có độ

dịch chuyển là: 64,02 ppm, 30,80 ppm, 19,26 ppm và 13,70 ppm cho thấy đã ester hóa thành công zizanoic acid thành butyl zizanoate.

Các eser sau khi được tiến hành thử khả năng chống oxi hóa với DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) với chất so sánh là ascorbic acid. Nồng độ ức chế tối thiểu IC_{50} của zizanoic acid và các ester được thể hiện trên Bảng 1.

Bảng 1. Hoạt tính chống oxi hóa

STT	Mẫu	IC_{50} (mg/mL)
1	Zizanoic acid	4,54
2	Methyl zizanoate	10,72
3	Ethyl zizanoate	9,68
4	Butyl zizanoate	6,97
5	Ascorbic acid	1,38

Kết quả cho thấy, acid zizanoic và các ester thể hiện hoạt tính kháng oxy hóa khá tốt, trong đó acid zizanoic với IC₅₀ là 4,54 so với chất đối chứng là acid ascorbic 1,38.

4. Kết luận

Đây là nghiên cứu đầu tiên về phân lập zizanoic acid từ rễ cỏ Hương Bài được trồng và thu hái tại Việt Nam và chuyển hóa acid phân lập được thành các dẫn xuất ester khác nhau. Kết quả, nghiên cứu đã phân lập được zizanoic acid có độ tinh khiết cao và thực hiện chuyển hóa acid này thành các dẫn xuất ester có hiệu suất từ trung bình đến cao, thu được methyl zizanoate, ethyl zizanoate và butyl zizanoate (hiệu suất lần lượt là 94%, 82%, 60%).

Tài liệu tham khảo

- [1] H. Rathnayake, M. H. N. D. Zoysa, R. P. Hewawasam, W. M. D. G. B. Wijyaratne, Comparison of in Vitro Antibacterial Activity of *Epilates Divaricata* and *Vetiveria Zizanioides* against Methicillin-Resistant *Staphylococcus Aureus*, *Scientifica*, Vol. 2020, 2020, pp. 1-8, <https://doi.org/10.1155/2020/8239053>.
- [2] A. Shabbir, M. Masroor A. Khan, B. Ahmad, Y. Sadiq, H. Jaleel, M. Uddin, *Vetiveria Zizanioides* (L.) Nash: A magic Bullet to Attenuate the Prevailing Health Hazards, *Plant and Human Health*, Vol. 2, 2019, pp. 99-120.
- [3] S. Sinha, M. Jothiramajayam, M. Ghosh, A. Mukherjee, Evaluation of Toxicity of Essential Oils *Palmarosa*, *Citronella*, *Lemongrass* and *Vetiver* in Human Lymphocytes, *Food and Chemical Toxicology*, Vol. 68, 2014, pp. 71-77, <https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.02.36>.
- [4] K. K. Chahal, U. Bhardwaj, S. Kaushal, A. K. Sandhu, Chemical Composition and Biological Properties of *Chrysopogon Zizanioides* (L.) Roberty Syn, *Vetiveria Zizanioides* (L.) Nash-A Review, *Indian Journal of Natural Products and Resources*, Vol. 6, No. 4, 2015, pp. 251-260.
- [5] E. Belhassen, N. Baldovini, H. Brevard, U. J. Meierhenrich, J. J. Filippi, Unravelling the Scent of Vetiver: Identification of Character-Impact Compounds, *Biodiversity*, Vol. 11, No. 11, 2014, pp. 1821-1842, <https://doi.org/10.1002/cbdv.201400079>.
- [6] E. Gnansounou, C. M. Alves, J. K. Raman, Multiple Applications of Vetiver Grass - A Review, *International Journal of Environmental Science*, Vol. 2, 2014, pp. 125-141.
- [7] E. Belhassen, J. J. Filippi, H. Brévard, D. Joulain, N. Baldovini, Volatile Constituents of Vetiver: A Review, *Flavour and Fragrance Journal*, Vol. 30, No. 1, 2014, pp. 26-82, <https://doi.org/10.1002/ffj.3227>.
- [8] J. Wongwatanapaiboon, K. Kangvansaichol, V. Burapatana, R. Inochanon, P. Winayanuwattikun, T. Yongvanich, W. Chulalaksananukul, The Potential of Cellulosic Ethanol Production from Grasses in Thailand, *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, Vol. 2012, 2012, pp. 1-10, <https://doi.org/10.1155/2012/303748>.
- [9] R. N. Cavalcanti, T. F. Carneiro, M. T. Gomes, M. A. Rostagno, J. M. Prado, M. A. Meireles, Chapter 1, Uses and Applications of Extracts from Natural Sources, *Green Chemistry Series*, 2013, pp. 1-57.
- [10] J. Martinez, P. T. V. Rosa, C. Menut, A. Leydet, P. Brat, D. Pallet, M. Angela A. Meireles, Valorization of Brazilian Vetiver (*Vetiveria Zizanioides* (L.) Nash ex Small) Oil, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, Vol. 52, No. 21, 2004, pp. 6578-6584, <https://doi.org/10.1021/jf049182x>.
- [11] R. R. Bhargava, B. Mohanty, Simulation of Supercritical Fluid Extraction of Essential Oil from Natural Products, *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, Vol. 5, 2017, pp. 1-9, <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2016.09.005>.