

# Phân tích sự khác biệt về thành phần đồng vị bền $\delta^2\text{H}$ và $\delta^{18}\text{O}$ trong mẫu nước chiết từ quả dâu tây ở Đà Lạt và Mộc Châu

Hà Lan Anh<sup>1\*</sup>, Đặng Đức Nhận<sup>1</sup>, Trần Minh Quỳnh<sup>2</sup>, Vũ Thị Hiền<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Viện Khoa học và Kỹ thuật Hạt nhân, Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam, 179 Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

<sup>2</sup>Trung tâm Chiếu xạ Hà Nội, Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam, Km 12, đường 32, xã Minh Khai, quận Bắc Từ Liêm, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 20/5/2022; ngày chuyển phản biện 24/5/2022; ngày nhận phản biện 22/6/2022; ngày chấp nhận đăng 27/6/2022

## Tóm tắt:

Các mẫu dâu tây thu thập tại Mộc Châu (Sơn La) và Đà Lạt (Lâm Đồng) được chiết nước bằng phương pháp chân không - đông lạnh và phân tích thành phần đồng vị bền trong nước trên hệ phân tích đồng vị trong nước LWIA-24D. Kết quả cho thấy, ở mức ý nghĩa thống kê  $\alpha=0,05$ , có sự khác biệt rõ ràng giữa thành phần đồng vị bền  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  trong các mẫu tại Mộc Châu và Đà Lạt với các giá trị  $p<0,001$ . Cụ thể, giá trị  $\delta^2\text{H}$  trung bình trong nước chiết từ dâu tây trồng ở Mộc Châu (-42,83‰) cao hơn so với giá trị thu được trong mẫu trồng ở Đà Lạt (-53,99‰). Ngược lại, giá trị  $\delta^{18}\text{O}$  trung bình trong nước dâu tây thu ở Mộc Châu (-9,25‰) lại thấp hơn so với giá trị ghi nhận được với mẫu thu ở Đà Lạt (-5,67‰). Ngoài ra, các giá trị  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  của mẫu dâu tây thu tại mỗi vùng có mối tương quan chặt chẽ và có thể phân biệt được dựa vào vị trí của đường tương quan so với đường nước khí tượng toàn cầu (GMWL).

**Từ khóa:** dâu tây, Đà Lạt, Mộc Châu, thành phần đồng vị bền.

**Chỉ số phân loại:** 1.4

## 1. Mở đầu

Dâu tây là cây lâu năm, thân thảo thuộc chi *Fragaria* trong họ Hoa hồng (*Rosaceae*). Quả dâu tây thường có màu đỏ khi chín, nhưng cũng có thể là màu xanh lá cây, trắng hoặc hơi vàng ở các loài hoặc giống khác nhau. Có hơn 20 loài được đặt tên và nhiều giống lai khác nhau. Dâu tây phổ biến nhất được trồng thương mại là giống dâu tây vườn (*Fragaria x ananassa*). Hiện nay, dâu tây được trồng rộng rãi trên khắp thế giới chủ yếu ở các vùng ôn đới [1].

Dâu tây chứa ít calo, thơm ngon và tốt cho sức khỏe. Chúng là nguồn cung cấp nhiều vitamin, khoáng chất và các hợp chất chống oxy hóa như polyphenol, anthocyanin, quercetin, catechin. Các nghiên cứu khoa học đã chứng minh dâu tây là loại hoa quả có lợi cho sức khỏe như giảm cholesterol, huyết áp, kháng viêm, tốt cho sức khỏe tim mạch. Hơn nữa, quả dâu tây có thể giúp ngăn ngừa sự đột biến lớn về lượng đường trong máu và lượng insulin. Tác dụng bảo vệ sức khỏe của dâu tây có thể được thúc đẩy bởi axit ellagic và ellagitannin đã được chứng minh là có khả năng ngăn chặn sự phát triển của tế bào ung thư. Vì vậy, dâu tây là một bổ sung tuyệt vời cho chế độ ăn uống lành mạnh [2-5].

Tại Việt Nam, dâu tây được biết đến là một loại quả đặc sản của Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng. Người Pháp đã mang giống dâu tây đến trồng ở Đà Lạt từ những năm 1940. Thành phố cao nguyên này có điều kiện thổ nhưỡng và khí hậu thích hợp nhất để trồng dâu tây. Có thể nói rằng, dâu tây Đà Lạt

nổi tiếng nhất trong các loại dâu tây trồng ở Việt Nam. Trong khoảng 10 năm gần đây, dâu tây được trồng, phát triển và là loại cây mang lại hiệu quả kinh tế cao ở huyện Mộc Châu, tỉnh Sơn La. Với thời tiết mát mẻ quanh năm, dâu tây trồng tại Mộc Châu có sản lượng lớn và chất lượng cao, có vị thơm ngon và ngọt đậm đà. Ngoài Mộc Châu, các tỉnh Lào Cai, Hòa Bình cũng đang áp dụng mô hình trồng dâu tây. Mô hình này có thể giúp cải thiện cuộc sống người nông dân, cung cấp cho thị trường những sản phẩm nông sản chất lượng, đồng thời đáp ứng nhu cầu sử dụng trái cây sạch của người tiêu dùng Việt Nam [6].

Trong những năm gần đây, người tiêu dùng hướng đến có một chế độ ăn lành mạnh. Đặc biệt, người tiêu dùng ngày càng có nhu cầu tìm hiểu, theo dõi nhãn thực phẩm. Theo nghiên cứu về đánh giá sở thích của người tiêu dùng cho thấy, trong một số trường hợp họ sẵn sàng trả tiền cho các nhãn bảo vệ theo nguồn gốc (Protected designation of origin - PDO) và nhãn bảo vệ theo chỉ dẫn địa lý (Protected geographical indications - PGI). Người tiêu dùng luôn muốn biết thực phẩm của họ đến từ đâu và bao gồm những gì [7].

Trên thế giới đã có nhiều nghiên cứu công bố về chất lượng, lợi ích về sức khỏe cũng như xác thực nguồn gốc của quả dâu tây bằng các kỹ thuật phân tích hóa và đồng vị bền [5, 8-11]. Tuy nhiên tại Việt Nam, các nghiên cứu khoa học về quả dâu tây chưa có nhiều, các công bố chủ yếu về chọn tạo giống [12, 13]. Bên cạnh đó, dâu tây chỉ trồng được ở khu vực khí hậu mát. Gần đây, do nhu cầu tiêu thụ dâu tây trong nước cao nên đã xảy ra một số vụ việc giả mạo nguồn

\*Tác giả liên hệ: Email: meetanh@yahoo.com

# Differences in stable isotope compositions $\delta^2\text{H}$ and $\delta^{18}\text{O}$ in water samples extracted from strawberries in Da Lat and Moc Chau

Lan Anh Ha<sup>1\*</sup>, Duc Nhan Dang<sup>1</sup>,  
Minh Quynh Tran<sup>2</sup>, Thi Hien Vu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institute for Nuclear Science and Technology, Vietnam Atomic Energy Institute, 179 Hoang Quoc Viet Street, Nghia Do Ward, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam

<sup>2</sup>Hanoi Irradiation Center, Vietnam Atomic Energy Institute, Km 12, Road 32, Minh Khai Commune, Bac Tu Liem District, Hanoi, Vietnam

Received 20 May 2022; revised 22 June 2022; accepted 27 June 2022

## Abstract:

Strawberry samples were collected from Dalat and Mocchau regions and extracted by a cryogenic vacuum method. Stable isotope compositions  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  in the extracted water were then analysed by a Liquid Water Isotope Analyzer (LWIA-24D). The evaluated results showed that, at the statistical significance level  $\alpha=0.05$ , the  $\delta^2\text{H}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values obtained at Mocchau and Dalat samples are clearly different ( $p<0.001$ ). In detail, the mean value of  $\delta^2\text{H}$  for strawberries grown in Mocchau ( $-42.83\%$ ) was more enriched than that in Dalat ( $-53.99\%$ ). In contrast, the value of  $\delta^{18}\text{O}$  for strawberries grown in Mocchau ( $-9.25\%$ ) is more depleted than in Dalat ( $-5.67\%$ ). In addition, the  $\delta^2\text{H}$  and  $\delta^{18}\text{O}$  values in each region are strongly correlated and can be distinguished based on the position of the correlation line relative to the global meteoric water line.

**Keywords:** Dalat, Mocchau, stable isotope composition, strawberry.

**Classification number:** 1.4

gốc để nâng giá bán sản phẩm [14, 15]. Các đồng vị bền  $^2\text{H}$ ,  $^{18}\text{O}$  và tỷ lệ của chúng so với đồng vị nhẹ tương ứng  $^1\text{H}$  và  $^{16}\text{O}$  đã được chứng minh là có căn cứ khoa học đáng tin cậy để đánh giá xuất xứ của sản phẩm. Đây có thể sẽ là một công cụ khoa học đầy hứa hẹn trong việc truy xuất nguồn gốc thực phẩm [9-11, 16-19].

Trong nghiên cứu này, chúng tôi bước đầu phân tích thành phần đồng vị bền  $^2\text{H}$  và  $^{18}\text{O}$  trong nước chiết từ quả dâu tây ở 2 vùng trồng nổi tiếng của Việt Nam là Đà Lạt và Mộc Châu. Việc đánh giá sự khác biệt về dấu hiệu đồng vị bền trong mẫu dâu tây của 2 vùng này sẽ tạo cơ sở hướng đến xác thực nguồn gốc địa lý của sản phẩm dâu tây, đồng thời góp phần phát triển một công cụ khoa học có độ tin cậy trong việc bảo vệ quyền lợi của người tiêu dùng.

## 2. Đối tượng và phương pháp thực nghiệm

Tổng số 90 mẫu dâu tây, bao gồm 50 mẫu được thu tại Mộc Châu (tọa độ 20.8340, 104.6259) và 40 mẫu thu thập ở Đà Lạt (tọa độ 11.7893, 108.4242). Các mẫu được lấy tại 3 thời điểm khác nhau từ tháng 12/2021 đến tháng 2/2022. Mẫu thu thập theo mỗi đợt được đưa về phòng thí nghiệm, thực hiện chiết tách nước và phân tích ngay. Mẫu được chiết nước để phân tích thành phần đồng vị bền  $^2\text{H}$  và  $^{18}\text{O}$  bằng phương pháp chân không - đông lạnh. Quy trình chuẩn bị mẫu được thực hiện theo quy trình chiết hoa quả tươi tại Phòng Thí nghiệm thủy văn đồng vị của Viện Khoa học và Kỹ thuật Hạt nhân và theo hướng dẫn Techdoc 1783 của Cơ quan Năng lượng Nguyên tử Quốc tế (IAEA) [20, 21]. Mẫu nước sau khi chiết được cho vào các lọ 2 ml và phân tích trên hệ thiết bị phổ kế phân tích đồng vị trong nước LWIA-24D của Hãng LosGatos, Mỹ.

Thành phần đồng vị của các đồng vị bền  $^2\text{H}$  và  $^{18}\text{O}$  có trong mẫu được xác định dựa trên tỷ số giữa đồng vị nặng và nhẹ trong mẫu ( $^2\text{H}/^1\text{H}$  và  $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ ) so với tỷ số tương ứng trong mẫu chuẩn VSMOW (Vienna standard of mean ocean water), được ký hiệu tương ứng bằng  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  (‰) [20]. Các mẫu được đo lặp lại 3 lần và độ lệch chuẩn (SD) đạt được cho các giá trị  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  lần lượt là 0,01-0,5‰ và 0,01-0,2‰. Các mẫu chuẩn được sử dụng để tính toán hiệu chỉnh kết quả phân tích, bao gồm các mẫu chuẩn thực nghiệm của Hãng LosGatos LGR 1C, LGR 2C, LGR 3C, LGR 4C và mẫu chuẩn VSMOW2 do IAEA cung cấp. Thông tin cụ thể của các mẫu chuẩn được trình bày ở bảng 1.

**Bảng 1. Thông tin các mẫu chuẩn.**

TT	Tên mẫu	Vật liệu	$\delta^2\text{H}_{\text{VSMOW}}$ (‰)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{VSMOW}}$ (‰)
1	LGR 1C	Nước	-154±0,5	-19,49±0,15
2	LGR 2C	Nước	-123,3±0,5	-16,24±0,15
3	LGR 3C	Nước	-97,3±0,5	-13,39±0,15
4	STD 4C	Nước	-51,6±0,5	-7,94±0,15
5	VSMOW2	Nước	0±0,3	0±0,02

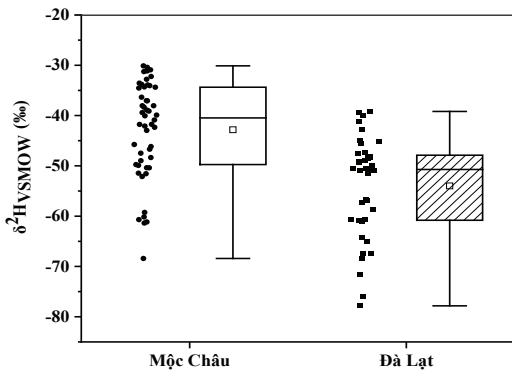
## 3. Kết quả và bàn luận

### 3.1. Giá trị thành phần đồng vị bền của hydro $\delta^2\text{H}$

Kết quả phân tích thành phần đồng vị bền  $\delta^2\text{H}$  của 270 phép đo từ 90 mẫu dâu tây thu ở Mộc Châu và Đà Lạt được đánh giá thống kê, sử dụng kiểm định  $t$  và trình bày ở bảng 2 và hình 1.

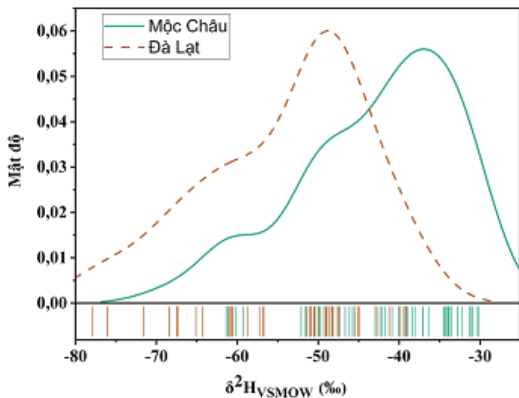
**Bảng 2. Kết quả thống kê thành phần đồng vị  $\delta^2\text{H}$ .**

$\delta^2\text{H}_{\text{VSMOW}}$ (‰)	Mộc Châu	Đà Lạt
Giá trị trung bình	-42,83	-53,99
Giá trị nhỏ nhất	-68,40	-77,83
Giá trị lớn nhất	-30,12	-39,19
Kiểm định $t$		
$p$ ( $\alpha=0,05$ )	$7,70 \times 10^{-7}$	
$n$ (số mẫu)	50	40



Hình 1. Biểu đồ hộp mô tả giá trị δ²H trong mẫu nước dâu tây thu ở Mộc Châu và Đà Lạt.

Kết quả so sánh thống kê cho thấy, có sự khác biệt giữa giá trị δ²H của các mẫu thuộc 2 vùng khác nhau ( $p < 0,05$ ). Cụ thể, mẫu dâu tây thu ở Mộc Châu có giá trị δ²H trung bình giàu hơn mẫu thu ở Đà Lạt. Trong quá trình quang hợp của thực vật, nước là nguồn duy nhất cung cấp hydro để quang hợp. Do đó, độ phân tán giá trị δ²H trong nước chiết từ dâu tây là không lớn. Dạng phân bố các giá trị của mẫu từ cả 2 vùng khá tương đồng nhau (hình 2), nhưng khác nhau về độ lệch mật độ phân bố. Điều này cho thấy các yếu tố ảnh hưởng đến giá trị δ²H như khí hậu, lượng mưa tại cả 2 vùng là tương đồng, nhưng mức độ ảnh hưởng đến khả năng phân tách đồng vị là khác nhau do sự khác nhau về độ cao so với mực nước biển cũng như đặc tính giống cây trồng.



Hình 2. Phân bố mật độ của giá trị δ²H trong mẫu nước dâu tây thu ở Mộc Châu và Đà Lạt.

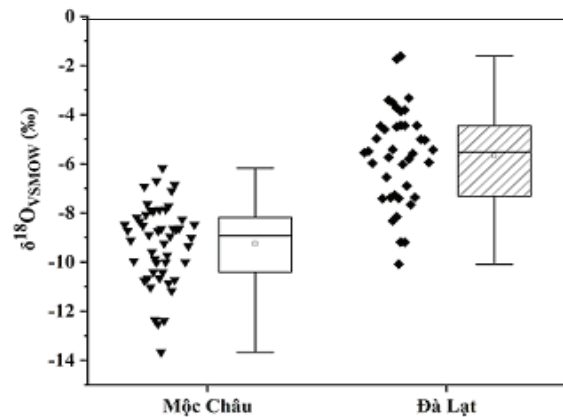
### 3.2. Giá trị thành phần đồng vị bền của oxy

Bảng 3 và hình 3 mô tả giá trị thống kê kết quả phân tích δ¹⁸O trong mẫu nước chiết của quả dâu tây. Kết quả cho thấy, ở mức ý nghĩa thống kê  $\alpha = 0,05$ , có sự khác biệt rõ ràng trong giá trị thành phần đồng vị δ¹⁸O giữa 2 vùng Mộc Châu và Đà Lạt với giá trị  $p = 2,48 \times 10^{-14}$ . Ôxy được thực vật lấy từ nhiều nguồn khác nhau, bao gồm trong khí quyển, carbon dioxide và nước trong đất, vì vậy độ phân tán giá trị thành phần đồng vị của oxy lớn hơn so với đồng vị hydro. Hơn nữa, các đồng vị ¹⁶O và ¹⁸O nặng hơn so với ¹H và ²H, do vậy

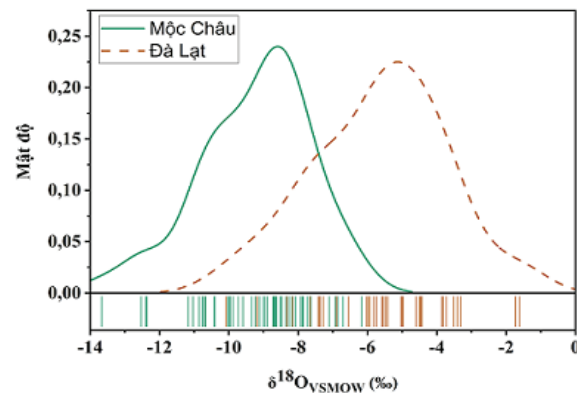
trong các quá trình bay hơi, khả năng phân tách đồng vị oxy sẽ thấp hơn so với các đồng vị hydro, dẫn tới phân bố của các giá trị δ¹⁸O (hình 4) trong mẫu nước phân tích đạt dạng phân bố chuẩn hơn các giá trị δ²H (hình 2).

Bảng 3. Kết quả thống kê thành phần đồng vị δ¹⁸O.

δ¹⁸O <sub>VSMOW</sub> (‰)	Mộc Châu	Đà Lạt
Giá trị trung bình	-9,25	-5,67
Giá trị nhỏ nhất	-13,67	-10,08
Giá trị lớn nhất	-6,18	-1,61
Kiểm định <i>t</i> <i>p</i> ( $\alpha = 0,05$ )	2,48x10 <sup>-14</sup>	
<i>n</i> (số mẫu)	50	40



Hình 3. Biểu đồ mô tả giá trị δ¹⁸O trong các mẫu nước dâu tây tại Mộc Châu và Đà Lạt.



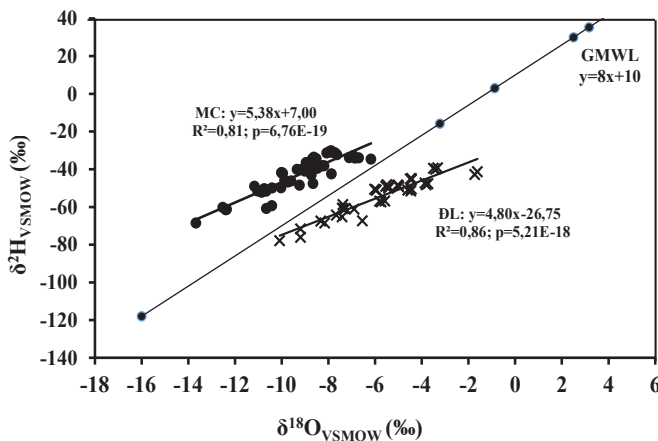
Hình 4. Phân bố mật độ của giá trị δ¹⁸O trong các mẫu nước dâu tây thu ở Mộc Châu và Đà Lạt.

Tỷ số đồng vị bị ảnh hưởng bởi các quá trình biến đổi vật lý, hóa học hay sinh học trong môi trường do hiệu ứng phân tách đồng vị. Hiệu ứng này là một quy luật phân bố trong tự nhiên. Ví dụ như đối với đồng vị bền của hơi ẩm gây mưa trong khí quyển, tỷ số đồng vị ²H/¹H, ¹⁸O/¹⁶O phân bố theo quy luật giảm dần theo độ cao (hiệu ứng độ cao), từ biển vào lục địa (hiệu ứng lục địa), từ xích đạo về hai cực

(hiệu ứng vĩ độ) và theo mức tăng của lượng mưa (hiệu ứng lượng mưa). Thành phần đồng vị trong nước khí quyển còn thay đổi theo mùa. Ở vùng nhiệt đới, nước mưa vào mùa hè thường chứa ít đồng vị nặng hơn so với nước mưa vào mùa đông [22, 23]. Do đặc tính phụ thuộc của mức độ phân tách đồng vị vào nhiệt độ, vĩ độ, điều kiện tự nhiên như trên mà IAEA đã tư vấn cho các nước thành viên phương pháp sử dụng các giá trị thành phần đồng vị của hydro và oxy là  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  cho việc mô tả đặc điểm nguồn gốc địa lý của các sản phẩm thực phẩm.

### 3.3. Phân biệt nguồn gốc địa lý của sản phẩm dựa vào giá trị $\delta^2\text{H}$ và $\delta^{18}\text{O}$

Như đã nêu ở trên, do đặc điểm của sự phân tách các đồng vị hydro và oxy xảy ra trong quá trình bốc hơi và ngưng tụ của chu trình nước mà mức độ phân tách đồng vị phụ thuộc rất nhiều vào nhiệt độ, vĩ độ, điều kiện tự nhiên, do đó kết quả tỷ số đồng vị của nước trong sản phẩm sẽ bị ảnh hưởng bởi khí hậu địa phương. Giá trị  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  của mẫu nước chiết từ quả dâu tây của cả Mộc Châu và Đà Lạt có mối tương quan chặt chẽ ( $R^2 > 0,80$ ) và ở mức ý nghĩa thống kê  $\alpha = 0,05$  ( $p < 0,005$ ). Hình 5 mô tả mối tương quan và sự phân biệt giá trị đồng vị bên trong mẫu nước chiết quả dâu tây từ 2 vùng địa lý là Mộc Châu và Đà Lạt.



Hình 5. Mối tương quan giữa các giá trị  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  thu được trong các mẫu nước dâu tây tại Mộc Châu (MC) và Đà Lạt (ĐL) so với GMWL.

Do đặc điểm địa lý đặc trưng, Mộc Châu thuộc vùng miền núi Tây Bắc. Cao nguyên Mộc Châu với địa hình tương đối bằng phẳng nằm trên hệ thống núi đá vôi, độ cao trung bình so với mực nước biển là 1.050 m. Mộc Châu có 4 mùa rõ rệt, với đặc điểm nổi bật là vùng khí hậu cao nguyên ôn hòa, mát mẻ quanh năm. Nhiệt độ trung bình/năm khoảng 18-20°C, lượng mưa trung bình/năm khoảng 1.500-1.600 mm và độ ẩm không khí trung bình là 85% [24]. Với ảnh hưởng của hệ thống núi đá vôi, nước ở Mộc Châu có sự trao đổi oxy với cacbonat. Điều này đã được phản ánh thông qua vị

trí nằm bên trái của đường nước tương quan trong các mẫu dâu tây Mộc Châu so với GMWL (hình 5) [25]. Ngược lại, Đà Lạt không bị ảnh hưởng bởi các núi đá vôi như ở Mộc Châu. Bình sơn nguyên Đà Lạt có tuổi cổ nhất ở vùng cao nguyên Tây Nguyên, được thành tạo từ cuối kỷ Paleogen đến kỷ Miocen với các bề mặt bazan được tích tụ trong các thung lũng, hồ cổ hoặc pediment. Bình sơn nguyên Đà Lạt có độ cao trung bình 1.500 m. Dọc theo ranh giới giữa Đà Lạt và huyện Lâm Hà, kéo dài từ khu vực Măng Lìn phía bắc đến tận hồ Tuyền Lâm ở phía nam là các dãy núi có độ cao trên 1.600 m kéo dài liên tục theo hình cánh cung án ngữ phía tây thành phố. Các khối núi cấu tạo chủ yếu là các loại đá granit, chạy theo hướng đông bắc - tây nam, giữa các dãy núi là các thung lũng sâu. Đây là vùng núi cao thuộc phần rìa chuyển tiếp xuống cao nguyên Đức Trọng - Lâm Hà nên dốc nhiều về phía sườn tây nam. Do ảnh hưởng của độ cao và quần thể thực vật rừng thông bao quanh, thời tiết ở Đà Lạt mang đặc tính của miền ôn đới với 2 mùa rõ rệt là mùa mưa và mùa khô. Lượng mưa trung bình năm là 1.562 mm, độ ẩm 82% [26]. Chính vì sự khác biệt rõ rệt về vị trí địa lý và khí tượng, đường nước tương quan của mẫu dâu tây ở Đà Lạt nằm bên phải GMWL.

### 4. Kết luận

Trong nghiên cứu này, việc đánh giá thành phần đồng vị bên  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  trong các mẫu nước dâu tây lấy ở 2 vùng Đà Lạt và Mộc Châu đã được thực hiện. Các kết quả phân tích và đánh giá thống kê cho thấy có sự khác biệt rõ ràng về dấu hiệu đồng vị bên của hydro và oxy trong các mẫu nước chiết từ mẫu dâu tây tại 2 vùng khảo sát. Ngoài ra, mối tương quan chặt chẽ giữa giá trị  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  trong các mẫu nước chiết từ quả dâu tây ở mỗi vùng nghiên cứu cũng đã được chỉ ra. Các giá trị này tạo thành một đường nước bay hơi đặc trưng cho mẫu ở mỗi vùng địa lý khác nhau. Do ảnh hưởng của đặc điểm địa lý cũng như khí hậu địa phương mà vị trí của các đường đặc trưng của mẫu ở 2 vùng Mộc Châu và Đà Lạt được phân biệt rõ ràng so với GMWL. Các kết quả nghiên cứu đã chứng minh rõ ràng đặc điểm đặc trưng của giá trị  $\delta^2\text{H}$  và  $\delta^{18}\text{O}$  trong các mẫu nước chiết từ quả dâu tây tại các vùng khác nhau có thể được sử dụng làm căn cứ khoa học tin cậy trong việc truy xuất hay xác thực nguồn gốc địa lý sản phẩm dâu tây nói riêng và nông sản nói chung.

### LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu được tài trợ bởi Tập đoàn Vingroup và hỗ trợ bởi Chương trình học bổng đào tạo thạc sỹ, tiến sỹ trong nước của Quỹ Đổi mới Sáng tạo Vingroup (VINIF), Viện Nghiên cứu Dữ liệu lớn (VinBigdata). Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Britannica (2022), “Strawberry”, <https://www.britannica.com/plant/strawberry>, accessed 10 March 2022.
- [2] A.B. Markovinić, P. Putnik, B. Duralija, et al. (2022), “Chemometric valorization of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) for the production of functional juice: The impact of physicochemical, toxicological, sensory, and bioactive value”, *Foods*, **11(5)**, DOI: 10.3390/foods11050640.
- [3] S. Afrin, M. Gasparrini, T.Y. Forbes-Hernandez, et al. (2016), “Promising health benefits of the strawberry: A focus on clinical studies”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **64(22)**, pp.4435-4449, DOI: 10.1021/acs.jafc.6b00857.
- [4] A. Basu, A. Nguyen, N.M. Betts, et al. (2014), “Strawberry as a functional food: An evidence-based review”, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, **54(6)**, pp.790-806, DOI: 10.1080/10408398.2011.608174.
- [5] F. Giampieri, S. Tulipani, J.M. Alvarez-Suarez, et al. (2012), “The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health”, *Nutrition*, **28(1)**, pp.9-19, DOI: 10.1016/j.nut.2011.08.009.
- [6] H. Quynh (2021), “The journey of strawberries from the world to Vietnam”, *Leafsie*, <https://leafsie.vn/hanh-trinh-cua-trai-dau-tay-tu-the-gioi-den-viet-nam/>, accessed 10 March 2022 (in Vietnamese).
- [7] M.C. Aprile, V. Caputo, R.M. Nayga Jr (2012), “Consumers’ valuation of food quality labels: The case of the European geographic indication and organic farming labels”, *International Journal of Consumer Studies*, **36(2)**, pp.158-165, DOI: 10.1111/j.1470-6431.2011.01092.x.
- [8] F.D. Covaciu, Z. Moldovan, A.A. Dehelean, et al. (2016), “Determination of pesticides, elements, and stable isotopes in strawberries”, *Analytical Letters*, **49(16)**, pp.2560-2572, DOI: 10.1080/00032719.2016.1140175.
- [9] L. Strojnik, D. Potočnik, M.J. Hudobivnik, et al. (2022), “Geographical identification of strawberries based on stable isotope ratio and multi-elemental analysis coupled with multivariate statistical analysis: A slovenian case study”, *Food Chemistry*, **381**, pp.132-204, DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.132204.
- [10] L. Striegel, S. Chebib, M.E. Netzel, et al. (2018), “Improved stable isotope dilution assay for dietary folates using LC-MS/MS and its application to strawberries”, *Frontiers in Chemistry*, **6**, pp.2-9, DOI: 10.3389/fchem.2018.00011.
- [11] M. Perini, L. Giongo, M. Grisenti, et al. (2018), “Stable isotope ratio analysis of different European raspberries, blackberries, blueberries, currants and strawberries”, *Food Chemistry*, **239**, pp.48-55, DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.06.023.
- [12] N.T.D. Phuong, B.T.T. Hang (2017), “Initially propagating New Zealand strawberry *Fragaria ananassa* L. from seeds”, *HCMC Open University Journal of Science*, **12(1)**, pp.32-37 (in Vietnamese).
- [13] N.T. Hue, N.T.T. Linh, N.T.L. Hai, et al. (2018), “Research on *in vitro* propagation of *Smia* strawberry plants imported from the US”, *Vietnam Journal of Agricultural Science*, **15(12)**, pp.1670-1679 (in Vietnamese).
- [14] A. Nhien (2021), “More than 200 kg of Chinese strawberries suspected of being fake Dalat strawberries”, *Vietnamese Businessman* 24/7, <https://dvn247.com.vn/hon-200kg-dau-tay-trung-quoc-nghi-gia-mao-dau-tay-da-lat-d74282.html>, accessed 10 March 2022 (in Vietnamese).
- [15] M. Vinh (2020), “Detection of 8 tons of Chinese strawberries suspected to be fake Da Lat strawberries”, *Tuoi Tre News*, <https://tuoitre.vn/phat-hien-8-tan-dau-tay-nghi-cua-trung-quoc-gia-mao-dau-tay-da-lat-20200723141106752.ht>, accessed 10 March 2022 (in Vietnamese).
- [16] K. McComb, S. Sarker, J. Hoogewerff, et al. (2019), “A  $\delta^2\text{H}$  isoscape of blackberry as an example application for determining the geographic origins of plant materials in New Zealand”, *PLOS ONE*, **14(12)**, DOI: 10.1371/journal.pone.0226152.
- [17] C.A. Georgiou, G.P. Danezis (2017), *Food Authentication: Management, Analysis and Regulation*, John Wiley & Sons, 576pp.
- [18] R. Fügél, R. Carle, A. Schieber (2004), “A novel approach to quality and authenticity control of fruit products using fractionation and characterisation of cell wall polysaccharides”, *Food Chemistry*, **87(1)**, pp.141-150, DOI: 10.1016/j.foodchem.2003.10.031.
- [19] J. Dunbar, A.T. Wilson (1983), “Oxygen and hydrogen isotopes in fruit and vegetable juices”, *Plant Physiology*, **72(3)**, pp.727-727, DOI: 10.1104/pp.72.3.725.
- [20] H.L. Anh, D.D. Nhan, N.T. Tuoi, et al. (2020), “Research on stable isotope analysis method in apple juice using laser spectrometer analysis system to support authentication of geographical origin of products”, *Vietnam Journal of Science and Technology*, **62(3)**, pp.36-41 (in Vietnamese).
- [21] International Atomic Energy Agency (2016), *Supporting Sampling and Sample Preparation Tools for Isotope and Nuclear Analysis*, <https://www.iaea.org/publications/10991/supporting-sampling-and-sample-preparation-tools-for-isotope-and-nuclear-analysis>, accessed 10 March 2022.
- [22] K.A. Anderson, B.W. Smith (2006), “Effect of season and variety on the differentiation of geographic growing origin of pistachios by stable isotope profiling”, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **54(5)**, pp.1747-1752, DOI: 10.1021/jf052928m.
- [23] H. Craig (1961), “Isotopic variations in meteoric waters”, *Science*, **133(3465)**, pp.1702-1703, DOI: 10.1126/science.133.3465.1702.
- [24] Information Portal of People’s Committee of Moc Chau District, “General introduction to Moc Chau district”, <https://mocchau.sonla.gov.vn/1306/31789/63244/gioi-thieu-chung-huyen-moc-chau>, accessed 10 March 2022 (in Vietnamese).
- [25] M.M. Barbour (2007), “Stable oxygen isotope composition of plant tissue: A review”, *Functional Plant Biology*, **34(2)**, pp.83-94, DOI: 10.1071/FP06228.
- [26] Lam Dong Portal, “Natural and population”, <https://lamdong.gov.vn>, accessed 10 March 2022 (in Vietnamese).