Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ
Số chuyên đề: Nông nghiệp bền vững vì an ninh lương thực và an toàn thực phẩm
ISSN 1859-2333 | e-ISSN 2815-5599

DOI:10.22144/ctujos.2025.216

# NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỨC ĐỘ TRƯỞNG THÀNH, THỜI GIAN LÊN MEN VÀ NHIỆT ĐỘ SẤY ĐẾN HÀM LƯỢNG CÁC HỢP CHẤT SINH HỌC VÀ GIÁ TRỊ CẢM QUAN CỦA TRÀ LÁ TÍA TÔ (*Perilla frutescens* (L.) Britt.)

Nguyễn Tuấn Anh, Võ Trường Thịnh và Trần Chí Nhân*
*Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Đại học Cần Thơ, Việt Nam*
**Tác giả liên hệ (Corresponding author): tcnhan@ctu.edu.vn*

***Thông tin chung (Article Information)***

*Nhận bài (Received): 15/06/2025*
*Sửa bài (Revised): 09/07/2025*
*Duyệt đăng (Accepted): 15/10/2025*

***Title:*** *Study on the impact of maturity stage, fermentation time, and drying temperature on the bioactive compounds and sensory attributes of perilla leaf tea (Perilla frutescens (L.) Britt.)*

***Author:*** *Nguyen Tuan Anh, Vo Truong Thinh and Tran Chi Nhan**

***Affiliation(s):*** *Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University, Viet Nam*

## TÓM TẮT

*Tía tô (Perilla frutescens (L.) Britt.) là loại thảo dược giàu hợp chất sinh học với khả năng kháng oxy hóa và hỗ trợ tích cực đến sức khỏe con người. Mục tiêu của nghiên cứu nhằm đánh giá mức độ trưởng thành của lá, đồng thời khảo sát thời gian lên men (0 - 4 giờ) và nhiệt độ sấy (60 - 80°C) đến hàm lượng các hợp chất sinh học và giá trị cảm quan của trà lá tía tô. Hàm lượng anthocyanin (TAC), polyphenol (TPC), flavonoid (TFC) tổng số và các thuộc tính cảm quan (màu sắc, mùi và vị) của sản phẩm đã được phân tích và đánh giá. Kết quả cho thấy, lá tía tô giàu hợp chất anthocyanin, polyphenol và flavonoid với TAC, TPC, TFC lần lượt là 207,58±8,65 µg/g, 250,47±20,08 mg GAE/g và 30,08±2,73 mg QE/g. Đồng thời, việc lên men trong 3 giờ và sấy đối lưu ở 70°C duy trì tốt TAC, TPC, TFC của trà lá tía tô (4,31±0,29 µg/g, 11,18±0,32 mg GAE/g và 3,31±0,19 mg QE/g, tương ứng). Bên cạnh đó, trà lá tía tô cũng đạt giá trị cảm quan cao về màu sắc (4,20±0,79 điểm), mùi (4,10±0,32 điểm) và vị (4,10±0,32 điểm).*

***Từ khoá:*** *Cảm quan, hợp chất sinh học, lên men, mức độ trưởng thành, sấy, trà lá tía tô*

## ABSTRACT

*Perilla (Perilla frutescens (L.) Britt.) is a medicinal herb rich in bioactive compounds with antioxidant properties and potential health benefits. The study aimed to evaluate the leaf maturity stages, as well as investigate the effects of fermentation time (0-4 hours) and drying temperature (60-80°C) on the bioactive compounds content and the sensory attributes of perilla leaf tea. The total anthocyanin content (TAC), total polyphenol content (TPC), total flavonoid content (TFC), and sensory properties (color, aroma, and taste) of the product were analyzed and evaluated. The findings showed that perilla leaves are rich in anthocyanins, polyphenols, and flavonoids, with TAC, TPC, and TFC of 207.58±8.65 µg/g, 250.47±20.08 mg GAE/g, and 30.08±2.73 mg QE/g, respectively. Furthermore, fermentation for 3 hours and convective drying at 70°C effectively preserved the bioactive compounds in perilla leaf tea, with TAC, TPC, and TFC of 4.31±0.29 µg/g, 11.18±0.32 mg GAE/g, and 3.31±0.19 mg QE/g, respectively. In addition, the tea also achieved high sensory scores for color (4.20±0.79), aroma (4.10±0.32), and taste (4.10±0.32).*

***Keywords:*** *Bioactive compound, drying, fermentation, maturity stage, perilla leaf tea, sensory attribute*

## 1. GIỚI THIỆU

Tía tô (*Perilla frutescens* (L.) Britt.) là một loài cây thân thảo thuộc họ Hoa môi (*Lamiaceae*), được trồng phổ biến ở nhiều nước châu Á như Việt Nam, Trung Quốc, Nhật Bản, Hàn Quốc, Thái Lan và Ấn Độ (Dossou et al., 2025). Tía tô có ba loài phổ biến bao gồm tía tô lá xanh, lá đỏ/tím và lá tím, khác nhau không chỉ về màu sắc mà còn về thành phần hóa học và cả thành phần hợp chất sinh học (Ahmed, 2018). Lá tía tô từ lâu đã được sử dụng trong y học cổ truyền làm thuốc điều trị cảm lạnh, ho, hen suyễn, dị ứng, rối loạn tiêu hóa và chống viêm (Tipsuwan & Chaiwangyen, 2018). Các nghiên cứu gần đây đã chứng minh rằng tía tô chứa nhiều hợp chất sinh học có hoạt tính cao như acid rosmarinic, acid caffeic, luteolin, apigenin và anthocyanin (đặc biệt có nhiều trong lá đỏ), góp phần mang lại các tác dụng chống oxy hóa, chống dị ứng và kháng khuẩn. Hiện nay, lá tía tô thường được sử dụng dưới dạng tươi, nấu sôi lấy nước, đồng thời lá tía tô cũng đang được ứng dụng để sản xuất các sản phẩm như tinh dầu hay thực phẩm chức năng (Tipsuwan & Chaiwangyen 2018; Jiang et al., 2020).

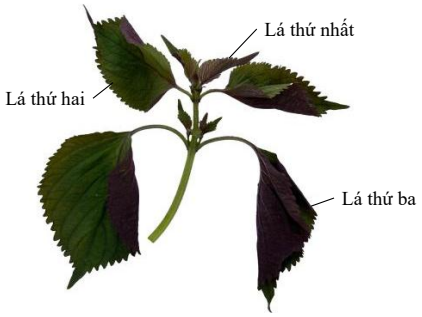
Bên cạnh đó, trà là một loại đồ uống thu được bằng cách hãm nước nóng với nguyên liệu thực vật, phổ biến nhất là từ lá chè (*Camellia sinensis*). Ngày nay, xu hướng sử dụng các loại rau và thảo dược có hoạt tính sinh học cao để sản xuất trà ngày càng được quan tâm nghiên cứu. Hu et al. (2021) và Ji-u and Apisittiwong (2022) đã nghiên cứu phát triển sản phẩm trà từ lá dâu tằm và râu ngô. Quy trình sản xuất trà bao gồm nhiều công đoạn như thu hái, làm héo, vò, lên men, sấy khô sau đó có hoặc không phối trộn với các thành phần nguyên liệu khác (Ntezimana et al., 2021). Trong đó, thông số trong quá trình lên men và sấy khô là các yếu tố quan trọng có ảnh hưởng đáng kể đến màu sắc, hương vị và hàm lượng hợp chất sinh học trong sản phẩm cuối cùng. Lên men là giai đoạn các enzyme như polyphenol oxidase xúc tác quá trình chuyển hóa catechin thành các hợp chất màu như theaflavin và thearubigin, ảnh hưởng trực tiếp đến màu sắc, mùi vị và hoạt tính sinh học (Salman et al., 2022; Chen et al., 2023). Trong khi đó, nhiệt độ sấy ảnh hưởng đến tốc độ bay hơi ẩm, đồng thời cũng là yếu tố gây phân hủy các hợp chất dễ bay hơi hoặc hợp chất sinh học nhạy cảm với nhiệt ở nhiệt độ quá cao (Su et al., 2025). Nghiên cứu trước đây khi được thực hiện trên trà từ lá dâu tằm, hoa bụp giấm, hoặc trà gừng đã cho thấy rằng nhiệt độ sấy từ 60 đến 80°C và thời gian lên men thích hợp có thể tối ưu hóa hàm lượng anthocyanin (TAC), polyphenol (TPC) và flavonoid (TFC) tổng số (Antony & Farid, 2022). Bên cạnh đó, một yếu tố quan trọng cũng ảnh hưởng đến giá trị sinh học của lá tía tô hay các nguyên liệu thực vật là mức độ trưởng thành của lá. Ở nhiều nghiên cứu, TAC, TPC và TFC trong lá đã được ghi nhận là có thể thay đổi đáng kể theo giai đoạn phát triển của cây (Angmo et al., 2019; Zhang et al., 2023). Do đó, việc xác định giai đoạn thu hoạch có vai trò quan trọng nhằm tận dụng hiệu quả sinh học của nguyên liệu này trong quá trình sản xuất trà lá tía tô.

Trên cơ sở đó, nghiên cứu được thực hiện nhằm khảo sát ảnh hưởng của mức độ trưởng thành hàm lượng hợp chất sinh học (anthocyanin, polyphenol và flavonoid) của lá tía tô, đồng thời đánh giá ảnh hưởng của thời gian lên men và nhiệt độ sấy đến hợp chất sinh học và giá trị cảm quan (màu sắc, mùi và vị) của trà lá tía tô. Kết quả nghiên cứu không chỉ góp phần đa dạng hóa sản phẩm hỗ trợ sức khỏe từ thảo dược mà còn giúp tận dụng nguồn nguyên liệu địa phương, giảm thiểu lãng phí nông sản và thúc đẩy nền kinh tế tuần hoàn ở nước ta.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Nguyên liệu

Lá tía tô được thu mua cố định tại chợ An Khánh, quận Ninh Kiều, thành phố Cần Thơ và vận chuyển ngay về phòng thí nghiệm trong thời gian không quá 1 giờ. Nguyên liệu sử dụng trong thí nghiệm là loại lá có mặt trên màu xanh, mặt dưới màu tím, phải sạch tạp chất, còn nguyên vẹn, không dập nát và sâu, bệnh (Hình 1).




**Hình 1. Lá tía tô**

### 2.2. Phương pháp nghiên cứu

#### *2.2.1. Khảo sát ảnh hưởng của mức độ trưởng thành đến hợp chất sinh học của lá tía tô*

Lá tía tô được loại bỏ những phần hư hỏng, dập úng và rửa với nước sạch, sau đó để ráo tự nhiên ở nhiệt độ phòng. Lá tía tô được phân loại theo mức độ trưởng thành bao gồm lá thứ nhất, lá thứ hai, lá thứ ba và hỗn hợp (tỷ lệ phối trộn hoàn toàn ngẫu nhiên) được mô tả như Hình 1. Sau đó, tiến hành phân tích các chỉ tiêu bao gồm TAC, TPC và TFC.

*2.2.2. Khảo sát ảnh hưởng của thời gian lên men đến hợp chất sinh học và giá trị cảm quan của trà lá tía tô*

Quy trình sản xuất trà lá tía tô được thực hiện theo mô tả của Ntezimana et al. (2021). Lá tía tô được làm héo bằng cách thổi không khí ở nhiệt độ 30°C trong thiết bị sấy bơm nhiệt (PF MAX VC-20AN, Asahi, Nhật Bản). Trong quá trình làm héo, không khí được ngừng thổi mỗi hai giờ một lần và kéo dài trong vòng 30 phút, lúc này các lá được đảo trộn để phân bố lại độ ẩm một cách đồng đều. Sau khi độ ẩm của lá đạt 60±2%, lá tía tô được vò thủ công trong thời gian 30 phút với mức độ tương đồng giữa các lần lặp lại. Sau đó, việc lên men lá tía tô ở các mức thời gian khác nhau (0, 1, 2, 3 và 4 giờ) ở nhiệt độ phòng (30±2°C) được tiến hành nhằm hình thành màu, mùi và vị đặc trưng cho sản phẩm. Sau công đoạn này, lá tía tô được phân tích các chỉ tiêu về hàm lượng hợp chất sinh học như TAC, TPC và TFC. Sau đó, lá tía tô được sấy cố định ở 70°C bằng thiết bị sấy đối lưu (UNB-200, Memmert, Đức) đến khi độ ẩm đạt 5% (TCVN 7974:2008) và tiến hành đánh giá các thuộc tính cảm quan bao gồm màu sắc, mùi và vị của sản phẩm.

*2.2.3. Khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hợp chất sinh học và giá trị cảm quan của trà lá tía tô*

Trà lá tía tô được thực hiện tương tự như mô tả ở mục 2.2.2 với thời gian lên men đã được xác định. Sau đó, lá tía tô được trải đều thành một lớp mỏng với độ dày khoảng 2 mm trên khay sấy và được sấy ở các nhiệt độ khác nhau (60, 70 và 80°C) bằng thiết bị sấy đối lưu (UNB-200, Memmert, Đức). Sau quá trình sấy, việc phân tích các chỉ tiêu được thực hiện, bao gồm TAC, TPC, TFC và đánh giá cảm quan (màu sắc, mùi và vị) của sản phẩm nhằm xác định nhiệt độ sấy thích hợp cho sản phẩm trà lá tía tô.

**Bảng 1. Bảng điểm và mô tả thuộc tính cảm quan của từng chỉ tiêu**

| Chỉ tiêu | Điểm | Mô tả |
|---|---|---|
| Màu sắc | 5 | Sản phẩm màu vàng sáng, viền vàng sáng rõ rệt, hoàn toàn đặc trưng của sản phẩm |
| | 4 | Sản phẩm màu vàng, kém sáng hơn, tương đối đặc trưng cho sản phẩm |
| | 3 | Sản phẩm màu vàng nâu, ít đặc trưng cho sản phẩm |
| | 2 | Sản phẩm màu sẫm, rất ít đặc trưng cho sản phẩm |
| | 1 | Sản phẩm màu nhạt hoặc tối, không đặc trưng cho sản phẩm |
| | 0 | Sản phẩm quá nhạt hoặc đen nâu |
| Mùi | 5 | Sản phẩm có mùi thơm đặc trưng của tía tô, hài hòa, độ lưu mùi lâu |
| | 4 | Sản phẩm có mùi thơm đặc trưng, hài hòa, độ lưu mùi không lâu |
| | 3 | Sản phẩm thơm nhẹ đặc trưng, kém hài hòa |
| | 2 | Sản phẩm có mùi hăng mạnh, kém hài hòa, độ lưu mùi kém |
| | 1 | Sản phẩm không có mùi đặc trưng rõ ràng, có xuất hiện mùi lạ |
| | 0 | Sản phẩm có mùi khét hoặc mùi không mong muốn rõ rệt |
| Vị | 5 | Sản phẩm có vị hài hòa, hoàn toàn đặc trưng của sản phẩm |
| | 4 | Sản phẩm có vị đậm, hậu vị dễ chịu, tương đối đặc trưng cho sản phẩm |
| | 3 | Sản phẩm có vị chát nhẹ, ít đặc trưng cho sản phẩm |
| | 2 | Sản phẩm có vị chát nhiều, rất ít đặc trưng cho sản phẩm |
| | 1 | Sản phẩm không có vị hoặc vị rất nhạt, không đặc trưng cho sản phẩm. |
| | 0 | Sản phẩm có vị lạ |

### 2.3. Phương pháp phân tích

Hàm lượng anthocyanin tổng số (µg/g) được xác định theo phương pháp pH vi sai và tính toán dựa trên khối lượng phân tử của cyanidin-3-glucoside (Lee et al., 2005). Hàm lượng polyphenol tổng số (mg GAE/g) được phân tích theo phương pháp xác định độ hấp thụ quang phổ ở bước sóng 760 nm và tính toán dựa vào phương trình đường chuẩn của acid gallic (Nguyen et al., 2019). Tương tự, hàm lượng flavonoid tổng số (mg QE/g) được phân tích theo phương pháp xác định độ hấp thụ quang phổ ở bước sóng 415 nm và được tính toán dựa vào phương trình đường chuẩn của quercetin (Pham et al., 2020). Sau khi sấy, trà lá tía tô được pha với tỷ lệ 2 g trà trong 100 mL nước sôi trước khi đánh giá cảm quan (TCVN 5086:1990). Mười cảm quan viên được đào tạo về đánh giá cảm quan được mời đánh giá các thuộc tính cảm quan của trà lá tía tô bằng phương pháp cho điểm (TCVN 3215-79) với một số điều chỉnh được mô tả ở Bảng 1.

### 2.4. Phương pháp xử lý số liệu

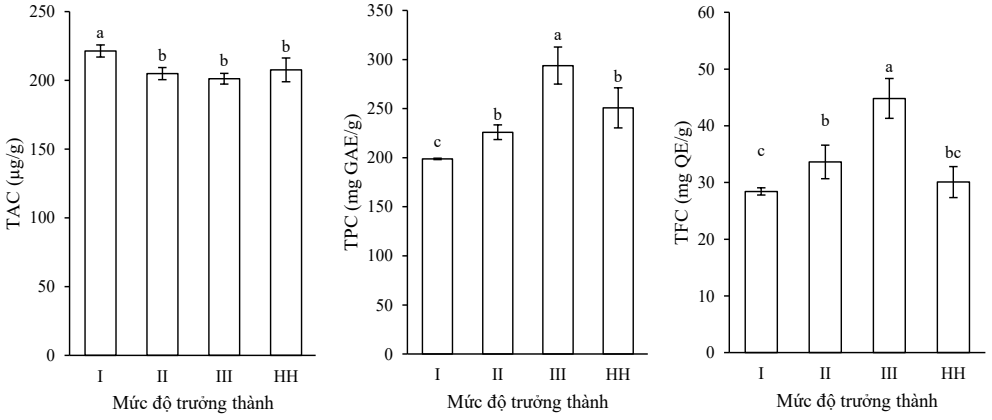
Dữ liệu được phân tích thống kê bằng phần mềm Statgraphics Centurion (phiên bản 19.1, Statgraphics Technologies, Inc., Virginia). Tất cả

các bộ số liệu đều được kiểm tra phân bố chuẩn (Shapiro-Wilk Test, Histogram, Q-Q plot) và tính đồng nhất phương sai giữa các nhóm. Đối với những bộ số liệu thỏa mãn giả định phân bố chuẩn và đồng nhất phương sai, sự khác biệt giữa các giá trị trung bình được đánh giá bằng phương pháp phân tích phương sai (ANOVA) và kiểm định sự khác biệt có ý nghĩa nhỏ nhất (LSD) ở mức ý nghĩa $p < 0,05$. Ngược lại, Kruskal-Wallis Test được sử dụng để đánh giá sự khác biệt giữa các nhóm đối với các bộ số liệu không đáp ứng giả định phân bố chuẩn hoặc phương sai không đồng nhất. Khi kiểm định sự khác biệt có ý nghĩa thống kê, việc so sánh nhiều cặp được thực hiện thông qua Bonferroni Multiple Comparisons dựa trên thứ hạng trung vị với mức ý nghĩa $p < 0,05$. Dữ liệu được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn của 3 lần lặp lại.

## 3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

### 3.1. Ảnh hưởng của mức độ trưởng thành đến hợp chất sinh học của lá tía tô

Mức độ trưởng thành là một yếu tố sinh lý quan trọng có ảnh hưởng đáng kể đến thành phần của nguyên liệu thực vật, đặc biệt là hàm lượng các hợp chất sinh học. Sự thay đổi TAC, TPC và TFC của lá tía tô ở các mức độ trưởng thành được trình bày ở Hình 2.




**Hình 2. TAC, TPC và TFC của lá tía tô ở các mức độ trưởng thành**

*Ghi chú: I, II, III là lá thứ nhất, thứ hai và thứ ba; HH là hỗn hợp lá ở ba mức độ trưởng thành. Các chữ cái khác nhau của từng chỉ tiêu trong đồ thị thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).*

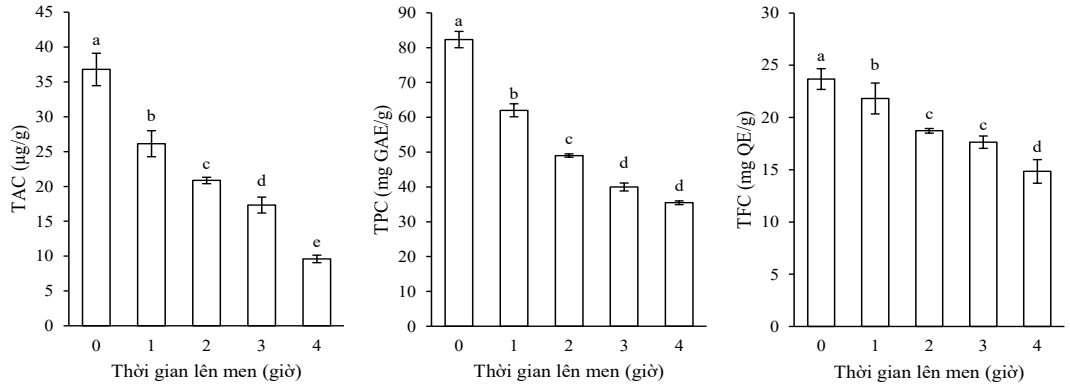
Kết quả từ Hình 2 cho thấy hàm lượng hợp chất sinh học của lá tía tô khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các mức độ trưởng thành ($p < 0,05$). TAC của lá tía tô có xu hướng giảm tương quan nghịch với mức độ trưởng thành. Kết quả cho thấy TAC đạt giá trị cao nhất ở lá thứ nhất (221,31±4,44 µg/g) và đạt giá trị thấp nhất ở lá thứ hai, thứ ba và lá hỗn hợp (204,85±4,37; 201,15±3,94; 207,58±8,65 µg/g, tương ứng). Kết quả nghiên cứu của Zhang et al. (2023) cho thấy xu hướng tương tự với TAC của lá dương lai (*Populus euramericana*) giảm từ 240 xuống 90 µg/g tương ứng ở giai đoạn lá non và giai đoạn trưởng thành. Sự suy giảm TAC trong quá trình sinh trưởng được giải thích rằng mô tế bào lá tiếp tục mở rộng khi lá trưởng thành, dẫn đến sự pha loãng nồng độ anthocyanin trong mô tế bào. Bên cạnh đó, sự suy giảm TAC trong nguyên liệu thực vật có thể là do sự thoái hóa của anthocyanin và sự ngừng tổng hợp anthocyanin. Dưới sự điều hòa của các gen nội tại, quá trình tổng hợp anthocyanin bị ngừng lại và các anthocyanin nội tại dần bị thoái hóa (Yao et al., 2022).

Khác với TAC, TPC và TFC đều cho thấy sự gia tăng tỷ lệ thuận với mức độ trưởng thành của lá tía tô. Cụ thể, Hình 2 cho thấy TPC của lá tía tô tăng từ 198,68±0,70 mg GAE/g ở lá thứ nhất đến 293,80±18,87 mg GAE/g ở lá thứ ba. Trong khi đó, lá hỗn hợp (250,74±20,47 mg GAE/g) cho thấy sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê so với lá thứ hai (225,92±7,53 mg GAE/g). Bên cạnh đó, TFC cũng cho thấy khuynh hướng gia tăng theo mức độ trưởng thành của lá. TFC đạt giá trị thấp nhất ở lá thứ nhất (28,43±0,65 mg QE/g) và đạt giá trị cao nhất ở lá thứ ba (44,83±3,51 mg QE/g), đồng thời không ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa lá hỗn hợp (30,08±2,73 mg QE/g) và lá thứ nhất hoặc thứ hai (Hình 2). Kết quả tương tự cũng được tìm thấy ở lá củ cải đường, TPC (91,90 - 104.7 mg GAE/100 g) và TFC (73,30 - 93,30 mg QE/100 g) đều cho thấy xu hướng tăng khi lá chuyển từ giai đoạn non sang giai đoạn trưởng thành (Angmo et al., 2019). Bên cạnh đó, Hu et al. (2021) cũng báo cáo rằng số lượng dẫn xuất flavonoid tăng từ 152 đến

172 hợp chất trong giai đoạn trưởng thành của lá dâu tằm (*Morus alba* L.). Điều này có thể được giải thích là do tốc độ tổng hợp các hợp chất polyphenol và flavonoid cao nhất trong quá trình lá chuyển từ non sang lá trưởng thành (Angmo et al., 2019). Hơn nữa, kết quả nghiên cứu cho thấy sự tương đồng với nghiên cứu của Tipsuwan and Chaiwangyen (2018) trên TPC của lá tía tô với giá trị là 255,50 mg GAE/g. Đồng thời, Jiang et al. (2020) cũng báo cáo rằng TFC của lá tía tô trong nghiên cứu này được ghi nhận là 30,20 mg QE/g. Nhìn chung, lá hỗn hợp thể hiện sự cân bằng hài hòa về hàm lượng giữa hợp chất anthocyanin, polyphenol và flavonoid (Hình 2). Do đó, việc sử dụng toàn bộ lá tía tô bao gồm lá thứ nhất, lá thứ hai và lá thứ ba trong quá trình phát triển sản phẩm trà là giải pháp hợp lý, vừa tận dụng tốt thành phần hợp chất sinh học, vừa góp phần giảm lãng phí nguyên liệu đồng thời tiết kiệm thời gian cũng như công lao động cho việc phân loại mức độ trưởng thành của lá.

### 3.2. Ảnh hưởng của thời gian lên men đến hợp chất sinh học và giá trị cảm quan của trà lá tía tô

Lá tía tô được làm héo, vò thủ công và lên men ở các mức thời gian khác nhau ở nhiệt độ phòng (30±2°C). Sự thay đổi TAC, TPC và TFC theo thời gian lên men được thể hiện ở Hình 3.




**Hình 3. TAC, TPC và TFC của trà lá tía tô ở các thời gian lên men khác nhau**

*Ghi chú: Các chữ cái khác nhau của từng chỉ tiêu trong đồ thị thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05).*

Kết quả ở Hình 3 cho thấy thời gian lên men có ảnh hưởng đáng kể đến cả TAC, TPC và TFC của trà lá tía tô. Khi thời gian lên men tăng dần từ 0 đến 4 giờ, TAC, TPC và TFC đều cho thấy xu hướng giảm rõ rệt, khác biệt có ý nghĩa thống kê. Cụ thể, TAC giảm từ 36,80±2,33 xuống 9,59±0,54 µg/g, TPC giảm từ 82,32±4,48 xuống 35,46±2,59 mg GAE/g và TFC giảm từ 23,68±1,00 xuống còn 14,84±1,13 mg QE/g sau 4 giờ lên men. Chen et al. (2023) phát hiện rằng TPC và TFC giảm hơn 50% và 68%, tương ứng sau 5 giờ lên men trà đen. Trong công nghiệp sản xuất trà truyền thống, việc lên men được hiểu là quá trình oxy hóa các hợp chất polyphenol bởi các enzyme hóa nâu (polyphenoloxidase và peroxidase) nhằm tạo ra hợp chất o-quinone, theaflavin và thearubigin tạo màu sắc và mùi vị đặc trưng cho sản phẩm trà (Chen et al., 2021). Tương tự, kết quả nghiên cứu khảo sát thời gian lên men lá trà của Salman et al. (2022) cũng cho thấy TPC có xu hướng giảm từ 130,10 mg GAE/g xuống 74,60 mg GAE/g sau 90 phút lên men ở 28°C. Do đó, trong quá trình lên men trà, muốn duy trì được hàm lượng các hợp chất sinh học thì quá trình này nên được thực hiện trong thời gian ngắn. Tuy nhiên, thời gian lên men ngắn có thể không đảm bảo cho quá trình hình thành các sắc tố tạo màu cho sản phẩm. Vì vậy, các đặc tính cảm quan của lá tía tô cũng được đánh giá nhằm xác định thời gian thích hợp cho sản phẩm.

Kết quả đánh giá cảm quan ở các thời gian lên men khác nhau cho thấy quá trình lên men có ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng cảm quan của sản phẩm trà lá tía tô (Bảng 2). Ở thời điểm ban đầu, khi quá trình oxy hóa enzyme chưa xảy ra, các hợp chất tạo mùi vị đặc trưng như theaflavin và thearubigin chưa được hình thành, sản phẩm có màu nhạt, ít thơm, vị không đặc trưng của trà mà còn hăng mùi của lá tía tô. Do đó, các thuộc tính cảm quan đều ở mức thấp với màu sắc, mùi và vị lần lượt đạt 1,30±0,48; 1,50±0,53 và 1,40±0,52 điểm. Khi kéo dài thời gian lên men, chất lượng cảm quan của trà lá tía tô được cải thiện rõ rệt. Sau 1 đến 2 giờ lên men, điểm cảm quan về màu sắc tăng lên 2,50±0,53 điểm và 2,80±0,42 điểm, khác biệt không có ý nghĩa thống kê (p > 0,05). Bên cạnh đó, mùi và vị của sản phẩm cũng có xu hướng tăng tương ứng, đạt 3,20±0,42 và 3,10±0,57 điểm sau 2 giờ lên men.

Đây là giai đoạn bắt đầu hình thành các phản ứng oxy hóa polyphenol dưới tác động của enzyme hóa nâu, trong đó các catechin bị oxy hóa thành o-quinone, sau đó tiếp tục ngưng tụ thành các hợp chất màu như theaflavin (vàng cam) và thearubigin (nâu đỏ), đồng thời các hợp chất chuyển hóa dễ bay hơi cũng góp phần tạo nên hương thơm đặc trưng của trà sau lên men (Chen et al., 2023). Bảng 2 cho thấy tại thời điểm 3 giờ lên men, giá trị cảm quan đạt cao nhất ở cả ba chỉ tiêu bao gồm màu sắc (4,30±0,48 điểm), mùi (4,50±0,53 điểm) và vị (4,50±0,53 điểm). Như vậy, đây được xem là thời điểm thích hợp cho chất lượng cảm quan, khi quá trình oxy hóa các hợp chất sinh học đã diễn ra ở mức phù hợp, tạo nên sự cân bằng hài hòa giữa màu sắc vàng sáng, hương thơm và vị chát dịu hài hòa, đặc trưng của sản phẩm. Mặt khác, khi tiếp tục kéo dài thời gian lên men đến 4 giờ, các thuộc tính cảm quan lại có xu hướng giảm nhẹ, đặc biệt là màu sắc và mùi giảm xuống tương ứng còn 3,50±0,53 và 4,00±0,67 điểm. Tuy nhiên, không ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về điểm cảm quan giữa các mẫu trà lá tía tô sau 3 và 4 giờ lên men ($p > 0,05$). Sự suy giảm này có thể do quá trình oxy hóa diễn ra quá mức ở thời gian dài, điều này dẫn đến sự hình thành theabrownin, làm cho sản phẩm trở nên sẫm màu, mùi hăng và vị không mong muốn (Salman et al., 2022). Kết quả từ một nghiên cứu khảo sát sự thay đổi theaflavin trong quá trình lên men cho thấy hàm lượng hợp chất này tăng từ 5,0 mg/g ở mẫu đối chứng đến 6,8 mg/g ở thời gian 60 phút và sau đó giảm xuống còn 5,9 mg/g ở 90 phút (Salman et al., 2022). Nhìn chung, các kết quả cho thấy thời gian lên men 3 giờ là phù hợp để đạt được chất lượng cảm quan cao cho sản phẩm trà lá tía tô.

**Bảng 2. Ảnh hưởng của thời gian lên men đến các giá trị cảm quan của sản phẩm**

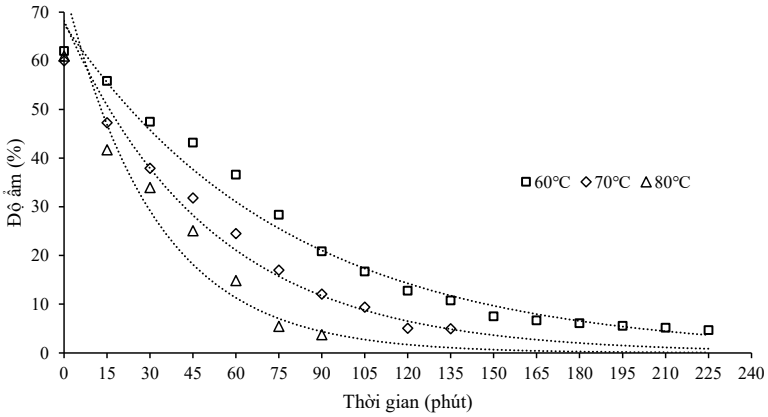
| Thời gian lên men (giờ) | Chỉ tiêu | | |
|---|---|---|---|
| | Màu sắc | Mùi | Vị |
| 0 | 1,30±0,48$^{b}$ | 1,50±0,53$^{b}$ | 1,40±0,52$^{b}$ |
| 1 | 2,50±0,53$^{b}$ | 2,00±0,47$^{b}$ | 2,10±0,32$^{b}$ |
| 2 | 2,80±0,42$^{b}$ | 3,20±0,42$^{ab}$ | 3,10±0,57$^{ab}$ |
| 3 | 4,30±0,48$^{a}$ | 4,50±0,53$^{a}$ | 4,50±0,53$^{a}$ |
| 4 | 3,50±0,53$^{ab}$ | 4,00±0,67$^{a}$ | 4,40±0,52$^{a}$ |

*Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).*

### 3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến hợp chất sinh học và giá trị cảm quan của trà lá tía tô

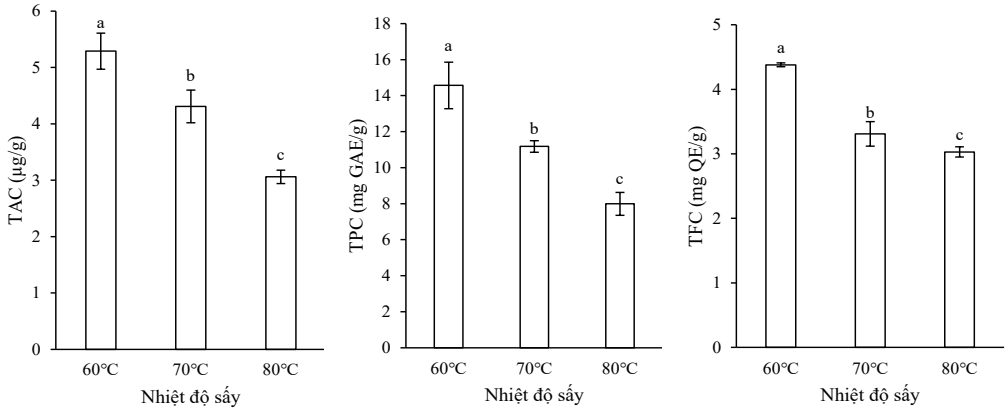
Trong quá trình sấy, các phản ứng hóa sinh diễn ra trong nguyên liệu có thể ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng cuối cùng của sản phẩm. Những biến đổi này bao gồm phản ứng tạo melanoidin (phản ứng Maillard), quá trình oxy hóa các hợp chất dễ bay hơi, cũng như hiện tượng biến tính protein, đặc biệt khi nhiệt độ sấy quá cao (Guy & Chou, 2010). Do đó, nhiệt độ sấy có ảnh hưởng đáng kể đến thời gian sấy và chất lượng sản phẩm sau sấy. Hình 4 biểu diễn sự thay đổi độ ẩm của lá tía tô trong quá trình sấy ở các mức nhiệt độ khác nhau.

Hình 4 cho thấy độ dốc của đường cong sấy ở các nhiệt độ đều giảm dần theo thời gian. Ở giai đoạn đầu của quá trình sấy, nước tự do và lớp nước hấp phụ trên bề mặt nguyên liệu bốc hơi nhanh chóng. Khi quá trình sấy kéo dài, hàm lượng ẩm trong nguyên liệu có xu hướng giảm dần, làm cho tốc độ thoát ẩm cũng giảm theo thời gian. Bên cạnh đó, kết quả ở Hình 4 cũng cho thấy mối tương quan nghịch rõ rệt giữa nhiệt độ sấy và thời gian sấy. Khi nhiệt độ sấy tăng, tốc độ bay hơi ẩm được thúc đẩy, từ đó rút ngắn đáng kể thời gian cần thiết để đạt độ ẩm yêu cầu (4 - 5%) trong quá trình sấy. Cụ thể, lá tía tô sấy ở 60°C cần đến 225 phút để giảm độ ẩm từ 60% đến độ ẩm 4,63%. Trong khi đó, khi nhiệt độ sấy tăng đến 70°C và 80°C, thời gian sấy lá tía tô giảm lần lượt còn 135 phút (4,94%) và 90 phút (3,75%). Kết quả phù hợp với cơ chế sấy đối lưu: ở nhiệt độ cao hơn, chênh lệch áp suất hơi riêng phần giữa bề mặt nguyên liệu và môi trường xung quanh tăng lên, thúc đẩy sự khuếch tán của các phân tử nước từ bên trong ra ngoài, dẫn đến tốc độ bay hơi cao hơn. Đồng thời, khả năng truyền nhiệt từ tác nhân sấy vào nguyên liệu ở nhiệt độ cao hơn cũng góp phần thúc đẩy quá trình bay hơi ẩm ra khỏi nguyên liệu (Guy & Chou, 2010). Kết quả nghiên cứu của Ji-u and Apisittiwong (2022) cũng cho thấy kết quả tương tự, nhiệt độ sấy càng cao thời gian sấy cần thiết để giảm độ ẩm của trà thảo mộc đến dưới 5% càng ngắn. Cụ thể, thời gian sấy tương ứng ở 60, 70 và 80°C là 5, 2 và 1 giờ.




**Hình 4. Độ ẩm của trà lá tía tô theo thời gian sấy ở các nhiệt độ khác nhau**

Quá trình sấy ở nhiệt độ cao có thể gây ra những tác động bất lợi đến hàm lượng các hợp chất sinh học trong lá tía tô. Sự thay đổi TAC, TPC và TFC trong quá trình sấy ở các nhiệt độ khác nhau được trình bày ở Hình 5.




**Hình 5. TAC, TPC và TFC của trà lá tía tô ở các nhiệt độ sấy khác nhau**

*Ghi chú: Các chữ cái khác nhau của từng chỉ tiêu trong đồ thị thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05).*

Kết quả cho thấy, nhiệt độ sấy là yếu tố ảnh hưởng đáng kể đến TAC trong sản phẩm trà tía tô. Khi nhiệt độ sấy tăng từ 60 đến 80°C, TAC giảm dần với sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Cụ thể, TAC của lá tía tô sấy ở 60°C là 5,29±0,32 µg/g, sau đó giảm xuống còn 4,31±0,29 µg/g và 3,06±0,12 µg/g khi sấy tương ứng ở 70 và 80°C. Như vậy, nhiệt độ sấy càng cao thì sự suy giảm anthocyanin trong lá tía tô càng lớn do sự nhạy cảm nhiệt của hợp chất này (Ji-u & Apisittiwong, 2022). Sự biến đổi TPC trong trà tía tô ở các nhiệt độ sấy khác nhau cũng được trình bày trong Hình 5. Kết quả cho thấy TPC cũng có xu hướng giảm dần khi tăng nhiệt độ sấy, khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Ở 60°C, TPC của lá tía tô đạt 14,57±1,29 mg GAE/g, khi tăng nhiệt độ sấy lên 70°C, TPC giảm còn 11,18±0,32 mg GAE/g và 7,99±0,64 mg GAE/g khi sấy ở 80°C. Nguyên nhân là do các hợp chất polyphenol rất dễ bị oxy hóa dưới tác động của nhiệt độ và sự hiện diện của các enzyme hóa nâu hoạt động mạnh ở 60 - 80°C. Trong trường hợp tăng nhiệt độ sấy lớn hơn 80°C, các enzyme này có thể bị vô hoạt hoàn toàn nhưng các phản ứng không enzyme vẫn tiếp tục phân hủy polyphenol và làm giảm chất lượng cảm quan của sản phẩm. Polyphenol là hợp chất có hoạt tính chống oxy hóa mạnh, do đó mức độ tổn thất hợp chất polyphenol là một chỉ tiêu quan trọng trong đánh giá chất lượng sản phẩm (Antony & Farid, 2022). Tương tự, TFC trong lá tía tô cũng có xu hướng giảm dần theo sự gia tăng của nhiệt độ sấy với sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) (Hình 5). Kết quả cho thấy khi sấy ở 60°C, TFC được ghi nhận là 4,38±0,03 mg QE/g, sau đó giảm còn 3,31±0,19 mg QE/g ở 70°C và giảm thấp nhất còn 3,03±0,08 mg QE/g ở 80°C. Sự tổn thất này có thể được giải thích là do nhiệt độ cao đã phá hủy

hoặc biến đổi cấu trúc của các hợp chất flavonoid, đồng thời các phản ứng phân hủy hợp chất này cũng xảy ra dưới tác động của oxy không khí và nhiệt độ cao (Antony & Farid, 2022). Trong nghiên cứu của Ji-u and Apisittiwong (2022) về quá trình sấy trà thảo mộc, xu hướng suy giảm thành phần hợp chất sinh học của sản phẩm theo sự gia tăng nhiệt độ cũng đã được ghi nhận. Cụ thể, TAC và TPC giảm từ 0,43 xuống 0,36 mg/g và từ 9,90 xuống 9,70 mg GAE/g, tương ứng khi tăng nhiệt độ sấy từ 70 lên 80°C.

**Bảng 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đến các giá trị cảm quan của sản phẩm**

| Nhiệt độ sấy | Chỉ tiêu | | |
|---|---|---|---|
| (°C) | Màu sắc | Mùi | Vị |
| 60 | 2,90±0,88$^{b}$ | 3,70±0,48$^{ns}$ | 3,40±0,52$^{b}$ |
| 70 | 4,20±0,79$^{a}$ | 4,10±0,32 | 4,10±0,32$^{a}$ |
| 80 | 3,40±0,70$^{ab}$ | 3,50±0,53 | 3,00±0,47$^{b}$ |

*Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$); ns thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$).*

Kết quả đánh giá cảm quan trà lá tía tô sấy ở các nhiệt độ khác nhau được trình bày ở Bảng 3. Kết quả cho thấy nhiệt độ sấy có ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng cảm quan về màu sắc và vị của sản phẩm ($p < 0,05$) trong khi nhiệt độ sấy ảnh hưởng không đáng kể đến mùi của trà lá tía tô ($p > 0,05$). Về màu sắc, nước trà lá tía tô sấy ở 70°C đạt điểm cao nhất (4,20±0,79 điểm) với màu vàng sáng hấp dẫn và đồng đều. Trong khi đó, mẫu được sấy ở 60°C có màu vàng nâu nhạt với điểm số về màu sắc thấp hơn đáng kể (2,90±0,88 điểm) do quá trình phản ứng Maillard chưa diễn ra hoàn toàn. Bên cạnh đó, mẫu được sấy ở 80°C đạt điểm cảm quan về màu sắc là 3,40±0,70 điểm, thấp hơn so với mẫu sấy ở 70°C, khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$). Ở nhiệt độ này, nước trà ngả sang màu vàng nâu sậm kém hấp dẫn, có thể do sự hình thành các sản phẩm màu không mong muốn ở nhiệt độ cao. Điều này có thể được giải thích rằng nhiệt độ xử lý cao dẫn đến sự suy thoái các sắc tố trong sản phẩm (Zhang et al., 2015). Đồng thời, nhiệt độ cao cũng dẫn đến sự suy giảm theaflavin do phản ứng Maillard diễn ra trong quá trình sấy khô sản phẩm trà (Su et al., 2025). Về chỉ tiêu mùi, mẫu được sấy ở 70°C đạt 4,10±0,32 điểm với mùi thơm dịu nhẹ, dễ chịu, phản ánh khả năng giữ lại các hợp chất dễ bay hơi như tinh dầu và flavonoid trong điều kiện nhiệt độ thích hợp. Mẫu được sấy ở 60°C có điểm cảm quan về mùi là 3,70±0,48 điểm, nước trà có mùi thơm nhẹ nhưng không quá đặc trưng do quá trình biến đổi hương diễn ra chậm ở nhiệt độ thấp. Ngược lại, nước trà lá tía tô được sấy ở 80°C (3,50±0,53 điểm) xuất hiện mùi khét, đây là dấu hiệu của sự phân hủy các hợp chất dễ bay hơi và oxy hóa lipid ở nhiệt độ cao, ảnh hưởng tiêu cực đến cảm quan. Tuy nhiên, kết quả ở Bảng 3 cho thấy nhiệt độ khác nhau trong quá trình sấy không tạo ra sự khác biệt có ý nghĩa đối với sự cảm nhận của cảm quan viên về mùi của sản phẩm. Đối với chỉ tiêu cảm quan về vị, sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các mẫu sấy ở các nhiệt độ khác nhau cũng được ghi nhận. Kết quả cho thấy mẫu được sấy ở 70°C đạt điểm cảm quan về vị cao nhất (4,10±0,32 điểm), thể hiện sự cân bằng giữa vị đắng nhẹ và hậu vị dễ chịu, đây là nhiệt độ thích hợp để giữ lại các hợp chất tạo vị mà không hình thành các hợp chất có vị gắt hay vị không mong muốn. Mẫu được sấy ở 60°C có điểm cảm quan về vị là 3,40±0,52 điểm, nước trà có vị đắng nhẹ và dễ uống, nhưng lại không quá đặc trưng. Trong khi đó, mẫu được sấy ở 80°C cũng có điểm cảm quan về vị tương đối thấp (3,00±0,47 điểm) với vị đắng rõ rệt, kèm hậu vị kéo dài và không dễ chịu. Nhiệt độ sấy càng cao càng làm giảm chất lượng về mùi và vị đặc trưng của sản phẩm trà đồng thời tạo ra vị đắng chát và mùi hương không mong muốn, nguyên nhân là do các phản ứng hóa nâu không do enzyme cũng như sự phân hủy những thành phần tạo vị ngọt ở nhiệt độ cao. Nhiệt độ sấy quá cao cũng làm tăng sự mất mát và bay hơi của nhiều hợp chất hương thơm, đặc biệt là những hợp chất có điểm sôi thấp và giá trị hoạt động mùi cao (Su et al., 2025).

Nhìn chung, trà lá tía tô được sấy ở 70°C đạt giá trị cảm quan cao nhất về cả thuộc tính màu sắc, mùi và vị với trạng thái nước trà tương đối trong, màu vàng sáng, mùi dễ chịu và vị đắng nhẹ, đặc trưng cho sản phẩm trà lá tía tô. Như vậy, nhiệt độ 70°C là thích hợp để thúc đẩy các phản ứng sinh hóa cần thiết trong giai đoạn sấy khô giúp cải thiện màu sắc và hương vị đồng thời vẫn duy trì tốt các hợp chất sinh học trong sản phẩm này.

## 4. KẾT LUẬN

Trong nghiên cứu, việc đánh giá ảnh hưởng của mức độ trưởng thành của lá, thời gian lên men và nhiệt độ sấy đến hàm lượng các hợp chất sinh học và giá trị cảm quan của trà tía tô đã được thực hiện. Kết quả cho thấy hỗn hợp lá ở cả ba vị trí khác nhau cho TAC, TPC, TFC tương đối cao. Đồng thời, thời gian lên men trong 3 giờ và sấy ở nhiệt độ 70°C được xác định là phù hợp với sản phẩm trà lá tía tô. Nước trà có màu vàng sáng, mùi thơm dễ chịu và vị đắng đặc trưng. Kết quả nghiên cứu khẳng định tiềm năng của lá tía tô trong phát triển sản phẩm trà thảo dược giàu hợp chất sinh học và có giá trị cảm quan tốt. Các nghiên cứu tiếp theo khi được tiến hành có

thể tập trung vào việc xác định tỷ lệ phối trộn giữa trà lá tía tô và các loại thảo dược khác nhằm nâng cao sự đa dạng và giá trị cảm quan của sản phẩm. Đồng thời, việc nghiên cứu về các điều kiện bảo quản thích hợp cũng đóng vai trò quan trọng trong việc duy trì chất lượng và kéo dài thời gian sử dụng của trà lá tía tô.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO (REFERENCES)


Ahmed, H. M. (2018). Ethnomedicinal, phytochemical and pharmacological investigations of *Perilla frutescens* (L.) Britt. *Molecules*, *24*(1), 1-23. https://doi.org/10.3390/molecules24010102

Angmo, P., Chorol, S., Namgail, D., Chaurasia, O. P., & Stobdan, T. (2019). Effect of maturation on phenolics and flavonoids content of greenhouse-grown beet leaf. *Pharmacognosy Journal*, *11*(5), 1010-1013. https://doi.org/10.5530/pj.2019.11.159

Antony, A., & Farid, M. (2022). Effect of temperatures on polyphenols during extraction. *Applied Sciences*, *12*(4), 1-14. https://doi.org/10.3390/app12042107

Chen, L., Liu, F., Yang, Y. F., Tu, Z., Lin, J. Z., Y, Y., & Xu, P. (2021). Oxygen-enriched fermentation improves the taste of black tea by reducing the bitter and astringent metabolites. *Food Research International, 148*, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110613

Chen, L., Wang, H., Ye, Y., Wang, Y., & Xu, P. (2023). Structural insight into polyphenol oxidation during black tea fermentation. *Food Chemistry: X*, *17*, 1-10. https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100615

Dossou, S. S. K., Deng, Q., Li, F., Wang, L., Jiang, N., Kefale, H., & Wang, L. (2025). Metabolic profiling of Perilla leaves of different colors: insights into metabolite variation and bioactive compound distribution. *BMC Plant Biology*, *25*(38), 1-11. https://doi.org/10.1186/s12870-024-05984-8

Guy, R. C. E., & Chou, S. K. (2010). *Quality changes in food materials as influenced by drying*. In A. S. Mujumdar (Ed.), Handbook of industrial drying (4th ed., pp. 215–232). CRC Press.

Hu, L., Wang, C., Guo, X., Chen, D., Zhou, W., Chen, X., & Zhang, Q. (2021). Flavonoid levels and antioxidant capacity of mulberry leaves: Effects of growth period and drying methods. *Frontiers in Plant Science*, *12*, 1-11. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.684974

Jiang, T., Guo, K., Liu, L., Tian, W., Xie, X., Wen, S., & Wen, C. (2020). Integrated transcriptomic and metabolomic data reveal the flavonoid biosynthesis metabolic pathway in *Perilla frutescens* (L.) leaves. *Scientific Reports*, *10*(1), 1-11. https://doi.org/10.1038/s41598-020-73274-y

Ji-u, P., & Apisittiwong, T. (2022). Effect of drying conditions on the phytochemicals and qualities of herbal tea made from the silk and cobs of red sweet corn. *Journal of Current Science and Technology*, *12*(2), 286-296. https://doi.org/10.14456/jcst.2022.21

Lee, J., Durst, R. W., Wrolstad, R. E., & Collaborators. (2005). Determination of total monomeric anthocyanin pigment content of fruit juices, beverages, natural colorants, and wines by the pH differential method: collaborative study. *Journal of AOAC International*, *88*(5), 1269-1278. https://doi.org/10.1093/jaoac/88.5.1269

Nguyen, N. M. P., Le T. T., Vissenaekens, H., Gonzales, G. B., Van Camp, J., Smagghe, G., & Raes, K. (2019). *In vitro* antioxidant activity and phenolic profiles of tropical fruit by-products. *International Journal of Food Science & Technology*, *54*(4), 1169-1178. https://doi.org/10.1111/ijfs.14093

Ntezimana, B., Li, Y., He, C., Yu, X., Zhou, J., Chen, Y., & Ni, D. (2021). Different withering times affect sensory qualities, chemical components, and nutritional characteristics of black tea. *Foods*, *10*(11), 1-16. https://doi.org/10.3390/foods10112627

Pham, D. C., Nguyen, H. C., Nguyen, T. H. L., Ho, H. L., Trinh, T. K., Riyaphan, J., & Weng, C. F. (2020). Optimization of ultrasound-assisted extraction of flavonoids from *Celastrus hindsii* leaves using response surface methodology and evaluation of their antioxidant and antitumor activities. *BioMed Research International*, *2020*(1), 1-9. https://doi.org/10.1155/2020/3497107

Salman, S., Öz, G., Felek, R., Haznedar, A., Turna, T., & Özdemir, F. (2022). Effects of fermentation time on phenolic composition, antioxidant and antimicrobial activities of green, oolong, and black teas. *Food Bioscience*, *49*, 1-9. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101884

Su, D., Zhu, J., Li, Y., Qin, M., Lei, Z., Zhou, J., & Ni, D. (2025). Effect of drying temperature on sensory quality, flavor components, and bioactivity of Lichuan black tea processed by Echa No. 10. *Molecules*, *30*(2), 1-16. https://doi.org/10.3390/molecules3002036

Tipsuwan, W., & Chaiwangyen, W. (2018). Preventive effects of polyphenol-rich perilla leaves on oxidative stress and haemolysis. *Science Asia*, *44*, 162-169.

https://doi.org/10.2306/scienceasia1513-1874.2018.44.162

Yao, X., Yao, Y., An, L., Li, X., Bai, Y., Cui, Y., & Wu, K. (2022). Accumulation and regulation of anthocyanins in white and purple Tibetan Hulless Barley (*Hordeum vulgare* L. var. *nudum* Hook. f.) revealed by combined de novo transcriptomics and metabolomics. *BMC Plant Biology*, *22*(1), 1-18. https://doi.org/10.1186/s12870-022-03699-2

Zhang, C., Lu, J., Wang, Y., Ma, Y., & Zhao, X. (2015). Effect of drying temperature on sensory and flavor of perilla. In *5th International Conference on Information Engineering for Mechanics and Materials* (pp. 1307-1310). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/icimm-15.2015.237

Zhang, S., Yu, X., Chen, M., Chang, C., Zhu, J., & Zhao, H. (2023). Comparative transcriptome and metabolome profiling reveal mechanisms of red leaf color fading in *Populus* × *euramericana* cv.'Zhonghuahongye'. *Plants*, *12*(19), 1-19. https://doi.org/10.3390/plants12193511