

DIỆT MEN TRÀ XANH BẰNG KỸ THUẬT VI SÓNG

ĐỖ VIỆT PHƯƠNG*, NGUYỄN ĐỨC VƯỢNG, HỒ THIÊN HOÀNG, NGUYỄN TRƯỜNG XUÂN,
TRẦN HỒ ANH DUY

Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh

**Tác giả liên hệ: dovietphuong@iuh.edu.vn*

DOIs: <https://www.doi.org/10.46242/jstiuh.v77i45.5235>

Tóm tắt. Polyphenol oxidase là một nhóm enzyme oxy hóa xúc tác cho các hợp chất phenolic. Để sản xuất trà xanh (sản phẩm) chất lượng cao, cần thiết phải tiêu diệt một cách triệt để enzyme này trong công đoạn diệt men. Nghiên cứu này tập trung vào việc nâng cao hiệu quả tiêu diệt enzyme polyphenol oxidase bằng kỹ thuật vi sóng. Nghiên cứu so sánh hiệu quả tiêu diệt enzyme polyphenol oxidase bởi 8 phương pháp diệt men khác nhau bao gồm: chần, hấp, sao, vi sóng, chần+vi sóng, hấp+vi sóng, vi sóng+hấp và vi sóng+chần trên các bộ phận khác nhau của nguyên liệu như: tôm, lá, cọng và búp. Kết quả nghiên cứu cho thấy, đối với bộ phận lá trà, các phương pháp diệt men đều cho kết quả tương đương nhau với hiệu quả tiêu diệt enzyme trên 72,42%. Đối với các bộ phận khác như tôm, cọng và búp trà, các phương pháp diệt men có sự hỗ trợ của vi sóng cho hiệu quả tiêu diệt enzyme tốt hơn so với các phương pháp thông thường như: chần, hấp và sao. Trong đó, diệt men bằng hấp+vi sóng cho hiệu quả cao nhất với 70,7%. Bên cạnh đó, khi sử dụng công suất vi sóng 600 W và thời gian vi sóng 3 phút, hiệu quả tiêu diệt enzyme tăng lên 78,8%. Kết quả nghiên cứu này có thể được ứng dụng vào thực tế sản xuất, đặc biệt khi các lò vi sóng công nghiệp đã được sử dụng rộng rãi.

Từ khóa: Diệt men, enzyme oxy hóa khử, hiệu quả, trà xanh, vi sóng.

1. GIỚI THIỆU

Việt Nam là nước sản xuất trà lớn thứ 7 trên thế giới và là nước xuất khẩu trà đứng thứ 5 toàn cầu. Hàng năm, Việt Nam có thể sản xuất trên 200.000 tấn trà khô và xuất khẩu khoảng 150.000 tấn. Trong đó, trà xanh chiếm khoảng 44%, trà đen 55% còn lại là các trà khác [1]. Tuy nhiên từ trước cho đến nay, Việt Nam vẫn chưa cải thiện đáng kể về giá bán. Giá trà xuất khẩu của Việt Nam chỉ bằng 2/3 so với thế giới, thậm chí bằng 1/2 so với mức giá cao nhất [1]. Điều này đã được các chuyên gia phân tích, lý giải và cho rằng thị trường nhập khẩu ngày càng đòi hỏi khắt khe các chỉ tiêu chất lượng sản phẩm như dư lượng thuốc trừ sâu, thuốc bảo vệ thực vật hay điểm thử nếm cảm quan sản phẩm. Bên cạnh đó là các nguyên nhân khác như giống cây trồng, trang thiết bị, công nghệ cũng được đề cập đến. Do đó, muốn giải quyết vấn đề này cần phải tháo gỡ từng nguyên nhân. Một trong những nguyên nhân cần được quan tâm và cần tháo gỡ một cách nhanh chóng đó là chất lượng sản phẩm.

Chất lượng sản phẩm trà xanh được thể hiện thông qua các chỉ tiêu chất lượng bao gồm: các chỉ tiêu hóa lý: độ ẩm, tổng chất khô hòa tan, tổng polyphenol và các chỉ tiêu cảm quan: màu sắc nước pha, màu sản phẩm, mùi, vị và trạng thái của sản phẩm. Trong đó, chỉ tiêu về tổng polyphenol và các chỉ tiêu về cảm quan được xem là những tiêu chí quyết định đến chất lượng của sản phẩm. Các chỉ tiêu chất lượng này lại phụ thuộc rất nhiều vào quy trình chế biến đặc biệt là 2 công đoạn diệt men và sấy khô. Trong 2 công đoạn trên, công đoạn diệt men lại là công đoạn quyết định.

Diệt men trà xanh có rất nhiều phương pháp như: hấp, chần, sao hay sấy. Tất cả các phương pháp đều có nguyên lý chung là dùng nhiệt độ cao để tiêu diệt enzyme polyphenol oxidase (PPO), một loại enzyme oxy hóa cơ chất là polyphenol có trong lá trà. Tuy nhiên phương pháp nào cũng có ưu nhược điểm riêng của nó. Với phương pháp sao, ưu điểm là cho hương thơm mạnh nhưng nhược điểm của phương pháp là diệt men thường không triệt để dẫn đến màu sắc nước pha thì kém và vị hơi đắng. Với phương pháp chần thì ưu điểm là màu nước pha đẹp nhưng nhược điểm mùi thơm không mạnh và bị tồn thất 1 phần polyphenol do bị trích ly vào nước chần. Còn đối với phương pháp hấp và sấy thì có chung ưu điểm là hương thơm tốt, vị ngon nhưng nhược điểm lớn màu nước pha vẫn chưa đạt tiêu chuẩn khi ngã về màu vàng sáng [2].

Nước pha trà xuất hiện màu vàng nhạt cho đến vàng đậm là do quá trình diệt men (diệt enzyme) không triệt để. Từ đó dẫn đến phản ứng oxy hóa polyphenol bởi enzyme polyphenol oxidase vẫn còn tiến triển nhưng

ở mức độ nhẹ cho nên tạo ra các sắc tố không mong muốn có trong nước pha trà xanh. Ngoài ra, khi phản ứng oxy hóa này xảy ra nó còn làm giảm bớt 1 lượng polyphenol ban đầu có trong nguyên liệu từ đó làm giảm chỉ số tổng polyphenol có trong sản phẩm.

Polyphenol oxidase (PPO) là một nhóm enzyme có trung tâm hoạt động chứa đồng, được tìm thấy ở vi khuẩn, thực vật đến động vật có vú, có khả năng xúc tác quá trình oxy hóa các hợp chất phenolic thành quinone, tạo ra sắc tố từ vàng đến nâu [3]. PPO đóng vai trò quan trọng trong việc hình thành sắc tố và cơ chế phòng vệ chống lại mầm bệnh ở thực vật cũng như chống lại các loại côn trùng ăn thực vật [4-6]. Các hợp chất phenolic đóng vai trò hạn chế sự di chuyển của mầm bệnh. Các quinone do PPO tạo ra có thể liên kết với protein thực vật, làm giảm khả năng tiêu hóa protein và giá trị dinh dưỡng đối với động vật ăn cỏ [7]. Mặt khác, quá trình oxy hóa các hợp chất phenolic bởi PPO được cho là nguyên nhân chính gây ra sự đổi màu nâu của nhiều loại trái cây và rau quả trong quá trình chín, xử lý, bảo quản và chế biến [8]. Tuy nhiên, vai trò của PPO rất quan trọng ở một số loại thực vật, chẳng hạn như trà. Cây trà rất giàu polyphenol. Catechin là hợp chất hoạt tính sinh học quan trọng nhất trong trà và giúp tăng cường khả năng chống oxy hóa ở người. Sự kết tủa đồng thời của catechin và protein là nguyên nhân gây ra vị đắng và chất của trà. PPO oxy hóa catechin để tạo ra theaflavin và thearubigin, làm giảm đáng kể vị chát và góp phần tạo màu cho trà đen. Do đó, PPO ảnh hưởng đáng kể đến hương vị, màu sắc và mùi của trà [9, 10]. Ngược lại với việc chế biến trà đen, việc giữ màu xanh cho trà xanh là việc làm cần thiết. Trong quy trình sản xuất trà xanh, mục tiêu chính là bảo toàn hương vị tự nhiên, màu sắc và các hợp chất sinh học có lợi. Để đạt được điều này, quá trình diệt men rất quan trọng nhằm ngăn chặn sự oxy hóa của polyphenol, đặc biệt là catechin, một thành phần chính tạo nên hương vị và giá trị dinh dưỡng của trà xanh [11].

Vi sóng (microwave) vẫn dựa trên nguyên lý sinh nhiệt do tương tác lưỡng cực và tương tác ion, chính 2 tương tác này sẽ gây ra sự quay/va chạm giữa các phân tử lưỡng cực và các ion có trong nguyên liệu. Từ đó sinh ra nhiệt và thậm chí là phá vỡ cấu trúc siêu phân tử của nguyên liệu một cách đồng đều từ bên trong cũng như bên ngoài bề mặt [12, 13]. Như vậy, nếu áp dụng nguyên lý này vào quá trình diệt men trà xanh thì rất phù hợp bởi vì búp trà tươi có chứa hơn 75% nước còn lại đa số là các chất hòa tan. Trong đó, nước có tính lưỡng cực và một chất hòa tan lại có tính ion hóa do đó khi thực hiện quá trình vi sóng sẽ gây ra cả 2 tương tác nói trên. Chính điều này sẽ góp phần diệt men một cách triệt để giúp nâng cao chất lượng sản phẩm trà xanh. Đây cũng chính là nội dung, là lý do mà nghiên cứu này cần được tiến hành.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Nguyên liệu

Búp trà tươi được thu hái tại nông trường thuộc xã Lộc Tân, huyện Bảo Lộc, tỉnh Lâm Đồng (tọa độ: 11°32'03.5"N 107°43'20.9"E). Thời gian lấy mẫu 7-8 giờ sáng, thời điểm thu hái búp từ tháng 5 dương lịch. Búp trà sau khi hái, rửa sạch qua nước sau đó cho vào thùng xốp có ướp đá lạnh rồi vận chuyển ngay về phòng thí nghiệm.

Các búp trà được phân thành 4 loại nguyên liệu cho các thí nghiệm (Hình 1) bao gồm: Tôm trà, lá trà, cọng trà và búp trà tiêu chuẩn (Hình 2).

2.2 Hóa chất, thiết bị

Thuốc thử Folin-Ciocalteu's phenol (Merck, Germany)

Catechol (Sigma Aldrich, USA)

Polyvinylpyrrolidone (Sigma Aldrich, USA)

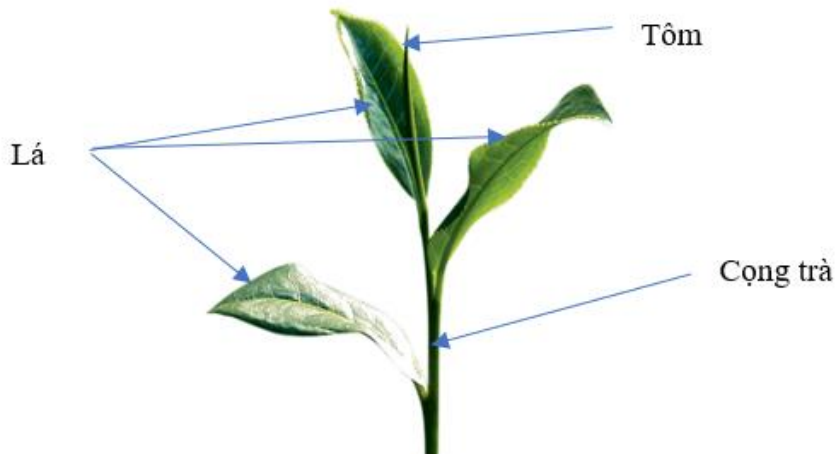
Tannic acid (Sigma Aldrich, USA)

Lò vi sóng Panasonic NN-ST65JBYUE: Công suất vi sóng từ 100 đến 1000 W.

DIỆT MEN TRÀ XANH BẰNG KỸ THUẬT VI SÓNG



Hình 1. Nguyên liệu nghiên cứu. A-Tôm trà, B-Lá trà, C-Cọng trà, D-Búp trà tươi



Hình 2. Búp trà tiêu chuẩn để chế biến trà xanh

2.3 Chuẩn bị dịch chiết xác định hoạt tính enzyme PPO

Enzyme được trích ly theo phương pháp cải tiến của Kobkiat và cộng sự (2014). Tất cả các mẫu nguyên liệu (tươi) được cắt nhỏ 1-2 mm, sau đó nghiền trong cối sứ đến khi mịn. Cân lấy 2 g mẫu và đồng nhất với 20 mL dung dịch đệm potassium phosphate 0,05 M (pH 6,2), cho thêm 2% polyvinylpolypyrrolidone rồi ngâm chiết trong 5 phút. Hỗn hợp dịch chiết đem đi ly tâm 16000 vòng/phút trong 5 phút. Sau cùng, loại bỏ phần cặn, thu phần dịch nổi có chứa enzyme thô dùng cho các thử nghiệm xác định hoạt tính enzyme PPO [14].

2.4 Chuẩn bị dịch chiết xác định hàm lượng polyphenol tổng

Dịch chiết có chứa polyphenol được thực hiện dựa trên phương pháp cải tiến và có sửa đổi của Kobkiat và cộng sự (2014). Nguyên liệu tươi cắt nhỏ 1-2 mm, sau đó nghiền trong cối sứ đến mịn. Cân lấy 2 g mẫu và đồng nhất với 20 mL ethanol 80% trong 5 phút. Sau đó ly tâm ở tốc độ 16000 vòng/phút trong 20 phút.

Loại bỏ phần cặn, thu dịch nổi có chứa polyphenol dùng cho các phân tích hàm lượng polyphenol tổng số [14].

2.5 Phương pháp xác định hoạt tính enzyme PPO

Hoạt tính PPO được xác định dựa theo phương pháp của Jiang và Fu (1998) và có sửa đổi. Chuẩn bị 2,5 mL hỗn hợp phản ứng bao gồm 1,5 mL dung dịch đệm potassium phosphate 0,05 M (pH 7,5), 0,5 mL catechol và 0,5 mL dịch enzyme thô. Hỗn hợp được ủ trong 5 phút ở 30°C. Đo độ hấp thụ ở bước sóng 420 nm [15].

Mẫu blank bao gồm 0,5 mL catechol và 2 mL dung dịch đệm.

Một đơn vị hoạt độ enzyme PPO được định nghĩa là lượng enzyme gây ra sự thay đổi 0,01 độ hấp thụ trong mỗi phút.

Vậy hoạt tính của enzyme PPO được tính theo công thức sau:

$$U = \frac{Abs}{0,01 \cdot V \cdot t} (Abs/mL \cdot \text{phút})$$

Trong đó: Abs là giá trị độ hấp thụ; V là thể tích enzyme đem phản ứng; t là thời gian phản ứng.

2.6 Phương pháp xác định hàm lượng polyphenol tổng số (TPC)

Nguyên tắc cơ bản dựa trên phản ứng oxy hóa khử các nhóm polyhydroxy trong phenolic bởi thuốc thử Folin-Ciocalteu (như chất oxy hóa) sẽ tạo thành dung dịch có màu xanh lam với độ hấp thụ cực đại ở bước sóng 738-765 nm. Đó là do sự hình thành các ion superoxide, các ion này sẽ lần lượt phản ứng với molybdate để hình thành dạng molybdenum oxide. Hàm lượng polyphenol tổng (TPC–Total phenolic contents) được xác định nhờ phương pháp so màu.

Hàm lượng polyphenol tổng được xác định dựa trên phương pháp của Ayesha và cộng sự (2010) và có sửa đổi. Hút 0,2 mL dịch mẫu trộn với 1 mL dung dịch phenol Folin-Ciocalteu 10%, để yên ở nhiệt độ phòng trong 8 phút. Sau đó, thêm 4 mL natri cacbonat 7,5%. Dùng nước cất định mức thành 10 mL. Hỗn hợp được đặt trong tối ở nhiệt độ phòng trong 2 giờ. Tiến hành đo độ hấp thụ ở 765 nm. Mẫu trắng bao gồm nước cất, thuốc thử và natri cacbonat [16].

Đường chuẩn được xây dựng như sau: Đầu tiên pha dung dịch acid tannic chuẩn 1 ppm (1 mg/L). Sau đó, pha thành các nồng độ từ 2-10 µg/mL, cho thêm 1 mL dung dịch phenol Folin-Ciocalteu 10% và 4 mL natri cacbonat 7,5%. Dùng nước cất định mức thành 10 mL.

Tổng hàm lượng polyphenol được biểu thị bằng số mg acid tannic/100 g trọng lượng tươi (mg TAE/100 g FW).

$$TPC \text{ (mg TAE/100 g FW)} = C_x \cdot \frac{V_{đo}}{1000} \cdot \frac{V_{đm}}{V_h} \cdot \frac{100}{m(100 - w)}$$

Trong đó: C_x là hàm lượng polyphenol suy ra từ đường chuẩn (µg/mL); $V_{đo}$ là thể tích dịch mẫu đem đi đo quang (10 mL); $V_{đm}$ là thể tích định mức mẫu (100 mL); V_h là thể tích dịch mẫu đem phản ứng (0,2 mL); m là khối lượng mẫu đem trích ly (2 g) và w là độ ẩm của mẫu (%).

2.7 Phương pháp diệt men trà xanh

Nguyên lý của phương pháp là sử dụng nhiệt độ cao để làm bất hoạt enzyme PPO có trong búp trà. Khối lượng nguyên liệu cho mỗi thí nghiệm là 50-80 g.

Diệt men bằng phương pháp chân được thực hiện như sau: Cho nước vào nồi inox đảm bảo lượng nước ngập hết toàn bộ nguyên liệu, sau đó đun sôi nước rồi cho nguyên liệu vào diệt men trong 3 phút. Thời gian diệt men được tính từ khi cho nguyên liệu vào cho đến khi vớt ra.

Diệt men bằng phương pháp hấp: Sử dụng nồi hấp 2 tầng. Cho nước vào tầng dưới của nồi và đun đến khi sôi thì cho nguyên liệu vào tầng trên của nồi hấp. Đậy nắp và thường xuyên đảo đều nguyên liệu trong 3 phút. Thời gian diệt men tính từ lúc cho nguyên liệu vào đến khi lấy nguyên liệu ra.

Diệt men bằng phương pháp sao: Sử dụng thiết bị sao rang thùng quay. Đầu tiên điều chỉnh nhiệt độ thiết bị sao cho nhiệt độ bề mặt tiếp xúc của trống sao khoảng 160-180°C thì cho nguyên liệu vào diệt men trong 3 phút. Thời gian diệt men tính từ lúc cho nguyên liệu vào và lấy nguyên liệu ra.

Diệt men bằng phương pháp vi sóng: Sử dụng lò vi sóng điều chỉnh được công suất vi sóng. Cho nguyên liệu lên đĩa thủy tinh của lò vi sóng và diệt men trong 3 phút. Thời gian diệt men được tính từ khi bấm nút khởi động cho đến khi dừng vi sóng.

Diệt men bằng phương pháp hấp+vi sóng: Thực hiện giống như phương pháp hấp và vi sóng nhưng theo thứ tự như sau: đầu tiên nguyên liệu hấp trong 1 phút sau đó chuyển sang vi sóng trong 2 phút.

DIỆT MEN TRÀ XANH BẰNG KỸ THUẬT VI SÓNG

Diệt men bằng phương pháp chần+vi sóng: Thực hiện giống như phương pháp chần và vi sóng nhưng theo thứ tự như sau: đầu tiên nguyên liệu chần trong 1 phút sau đó chuyển sang vi sóng trong 2 phút.

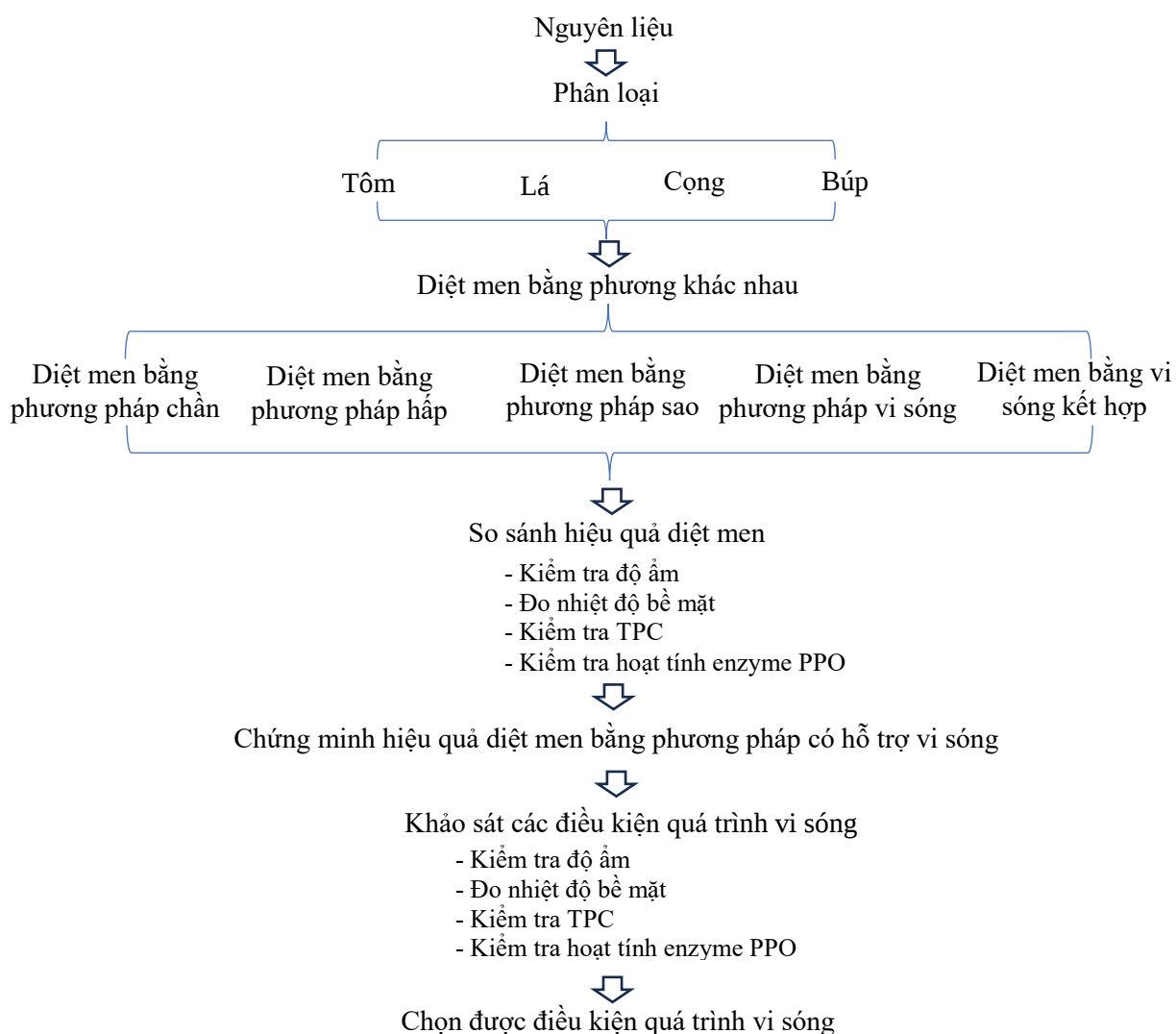
Diệt men bằng phương pháp vi sóng+hấp: Thực hiện giống như phương pháp hấp và vi sóng nhưng theo thứ tự như sau: đầu tiên nguyên liệu vi sóng trong 2 phút sau đó chuyển sang hấp trong 1 phút.

Diệt men bằng phương pháp vi sóng+chần: Thực hiện giống như phương pháp hấp và vi sóng nhưng theo thứ tự như sau: đầu tiên nguyên liệu vi sóng trong 2 phút sau đó chuyển sang chần trong 1 phút.

2.8 Phương pháp thu thập và phân tích số liệu

Các thí nghiệm được bố trí ngẫu nhiên, lặp lại ba lần, với một hay hai nhân tố thay đổi. Sử dụng phương pháp phân tích phương sai (ANOVA) theo kiểm định LSD để kết luận sự sai khác giữa trung bình các nghiệm thức. Số liệu được thu thập và xử lý thống kê bằng phần mềm Statgraphics Centurion 19.5 và phần mềm Excel dùng để tính toán trung bình và độ lệch chuẩn của các phép đo. Kết quả của thí nghiệm trước được chọn làm thông số cố định cho các thí nghiệm sau.

2.9 Sơ đồ nghiên cứu tổng quát



Hình 3. Sơ đồ nghiên cứu chung

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Ảnh hưởng của phương pháp diệt men và bộ phận búp trà đến hoạt tính enzyme PPO

Polyphenol oxidase (PPO) là enzyme (men) thuộc nhóm oxy hóa khử. Khi nguyên liệu trà bị oxy hóa (lên men), PPO sẽ tách nguyên tử hydro từ polyphenol chuyển cho oxy không khí là chất nhận điện tử. Bên cạnh đó, PPO có bản chất là protein trọng lượng phân tử khoảng 16000 dalton [17] và vị trí của PPO trong nguyên liệu cũng đã được xác định. PPO có thể tìm thấy trong các lục lạp, ty thể và biểu bì của tế bào [18]. Từ đó cho thấy sự phân bố các PPO trong các bộ phận của búp trà là khác nhau. Bảng 1 cho thấy, sự có mặt của PPO trong tôm là cao nhất, tiếp đến là trong búp, lá và thấp nhất là trong cọng trà.

Bảng 1. Hoạt tính enzyme PPO theo vị trí bộ phận búp trà và phương pháp diệt men

Phương pháp diệt men	Tôm	Lá trà	Cọng trà	Búp trà
Nguyên liệu	17,88 ^{eC} ±0,54	14,16 ^{eB} ±0,74	9,66 ^{cA} ±0,47	17,28 ^{dC} ±0,52
Chần	6,99 ^{dB} ±0,28	3,45 ^{bcdA} ±0,3	7,26 ^{bB} ±0,22	9,76 ^{bC} ±0,39
Hấp	7,14 ^{dB} ±0,32	3,76 ^{cdA} ±0,28	7,31 ^{bB} ±0,19	10,67 ^{bcC} ±0,63
Sao	7,59 ^{dB} ±0,32	3,92 ^{dA} ±0,59	7,85 ^{bB} ±0,29	11,05 ^{cC} ±0,55
Vi sóng	3,98 ^{aBC} ±0,28	2,54 ^{aA} ±0,3	3,58 ^{aB} ±0,14	4,42 ^{aC} ±0,27
Chần + Vi sóng	4,22 ^{aB} ±0,15	2,82 ^{abA} ±0,11	3,92 ^{aB} ±0,33	4,60 ^{aB} ±0,41
Hấp + Vi sóng	4,94 ^{bC} ±0,25	2,93 ^{abcA} ±0,15	4,17 ^{aB} ±0,21	5,06 ^{aC} ±0,25
Vi sóng + Hấp	5,02 ^{cC} ±0,28	2,84 ^{abA} ±0,22	4,11 ^{aB} ±0,29	4,63 ^{aBC} ±0,35
Vi sóng + Chần	4,28 ^{abB} ±0,29	2,89 ^{abcA} ±0,42	4,02 ^{aB} ±0,2	4,45 ^{aB} ±0,32

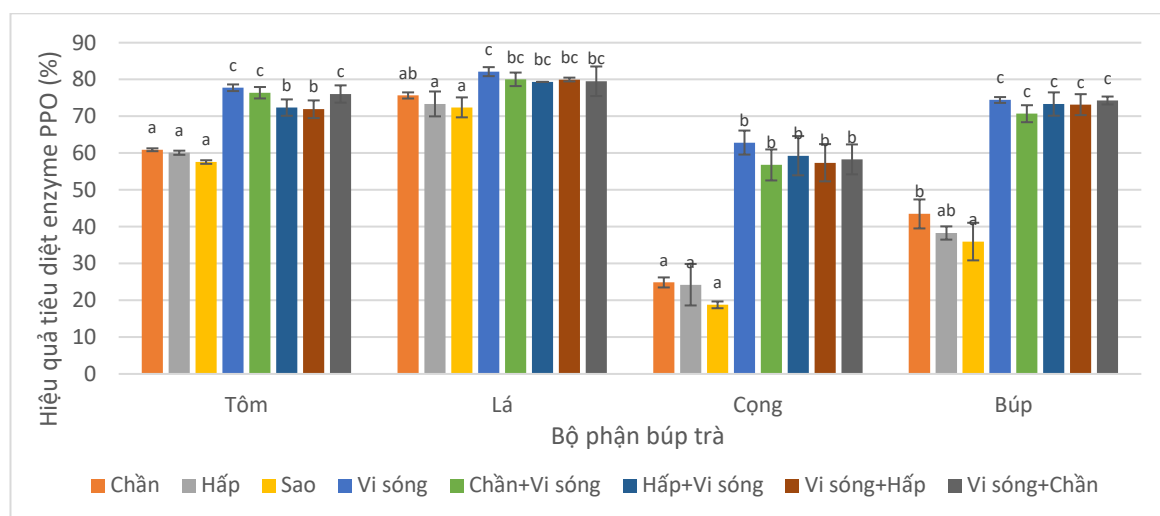
Các giá trị cùng một cột có ký tự in thường khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở $p < 0,05$

Các giá trị cùng một hàng có ký tự in hoa khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở $p < 0,05$

Nguyên liệu (búp trà) đưa vào quy trình chế biến trà xanh phải bao gồm đầy đủ các bộ phận tôm, lá, cọng. Tuy nhiên, khi tiến hành phân tích hoạt tính enzyme PPO có trong từng bộ phận riêng lẻ các phương pháp diệt men lại cho hiệu quả khác nhau tương ứng với từng bộ phận của búp trà. Theo Bảng 1, nhìn chung các phương pháp diệt men cho kết quả tương đồng nhau đối với bộ phận lá trà. Điều này có thể được lý giải như sau: Theo những nghiên cứu mới nhất khi sử dụng kỹ thuật kháng thể huỳnh quang, Wickremasinghe cùng cộng sự khẳng định rằng, PPO nằm ở lớp biểu bì của tế bào, bao gồm cả biểu bì trên và biểu bì dưới đối với lá non trong khi ở lá già chỉ có thể được phát hiện ở lớp biểu bì dưới [19]. Cho nên chỉ cần một khoảng thời gian gia nhiệt ngắn hoàn toàn có thể gây biến tính PPO trong các lớp biểu bì này. Các phương pháp diệt men chần, hấp, sao, vi sóng hay vi sóng kết hợp đều có chung nguyên lý là dùng nhiệt độ cao để bất hoạt enzyme. Do đó, kết quả phân tích hoàn toàn trùng khớp với các nghiên cứu lý thuyết trước đó.

Tuy nhiên, kết quả phân tích hoạt tính enzyme PPO trên các bộ phận còn lại như tôm, cọng và búp thì không có sự tương đồng như trên lá bởi vì sự phân bố enzyme PPO trong các bộ phận tôm, cọng và búp có khác so với trong lá. Cụ thể, PPO sẽ phân bố chủ yếu trong các lục lạp và ty thể của tế bào. Bên cạnh đó, thành tế bào và các cấu trúc khác cấu tạo nên các cơ quan của tôm, cọng và búp hoàn toàn khác so với lá trà. Do đó, cần phải có một khoảng thời gian đủ lớn để quá trình truyền nhiệt từ môi trường đến enzyme PPO.

DIỆT MEN TRÀ XANH BẰNG KỸ THUẬT VI SÓNG



Hình 4. So sánh hiệu quả tiêu diệt enzyme PPO giữa các phương pháp diệt men

Các phương pháp diệt men chần, hấp và sao đều có chung nguyên lý truyền nhiệt đó là truyền nhiệt biến nhiệt. Có nghĩa là quá trình truyền nhiệt xảy ra theo cơ chế: đối lưu sau đó là dẫn nhiệt. Đầu tiên, nước hoặc không khí được đốt nóng sẽ truyền nhiệt đối lưu đến bề mặt nguyên liệu (tâm, cọng hoặc búp trà) làm cho bề mặt nguyên liệu nóng lên, tiếp đến nhiệt sẽ dẫn từ bề mặt ngoài của nguyên liệu vào bên trong các cơ quan, bộ phận cấu thành tế bào làm cho chúng nóng lên. Như vậy, các bộ phận tế bào nguyên liệu nóng lên nhanh hay chậm, nhiệt độ cao hay thấp phụ thuộc rất nhiều vào chiều dày của các lớp nguyên liệu.

Trong khi đó, vi sóng lại có cơ chế gia nhiệt khác hoàn toàn so với chần, hấp hay sao. Nguyên lý của vi sóng (microwave) làm nóng nguyên liệu không dùng tác nhân mang nhiệt mà là dùng năng lượng điện từ trường (bao gồm điện trường và từ trường) và tần số dao động khoảng 2450 MHz. Trường điện từ này sẽ sinh ra tương tác lưỡng cực và tương tác ion. Đối với tương tác lưỡng cực sẽ tác động lên các phân tử phân cực có trong nguyên liệu và làm cho cực của chúng quay qua lại với tần số dao động $2,45 \times 10^9$ dao động/giây, chính sự định hướng lại theo sự thay đổi hướng của điện trường sẽ sinh ra nhiệt. Còn đối với tương tác ion, nếu trong nguyên liệu có nhiều hợp chất ion dạng hòa tan thì sẽ gây ra sự chuyển động hỗn loạn và va chạm với các phân tử khác với tốc độ rất cao và sinh ra nhiệt [20]. Chính vì nguyên lý này làm cho vi sóng có tính xuyên thấu rất cao.

Kết quả phân tích hiệu quả tiêu diệt enzyme PPO trong Hình 4 cho thấy có sự khác biệt đáng kể giữa hai nhóm cơ chế diệt men bao gồm: Nhóm cơ chế diệt men thông thường: chần/hấp/sao và nhóm cơ chế diệt men bằng vi sóng: vi sóng/vi sóng kết hợp. Kết quả phân tích chỉ ra rằng, đối với nhóm có cơ chế diệt men thông thường cho hiệu quả thấp hơn so với nhóm cơ chế dùng vi sóng trên cả 3 bộ phận tâm, cọng và búp. Trong đó, hiệu quả tiêu diệt enzyme PPO cao nhất thuộc về phương pháp diệt men bằng vi sóng khi hiệu quả đạt 77,75% trong nguyên liệu tâm, 62,86% trong cọng và 74,43% trong búp trà.

3.2 So sánh hiệu quả tiêu diệt enzyme PPO của một số phương pháp diệt men

Yêu cầu của quá trình diệt men trà xanh là phải diệt men triệt để có nghĩa là hoạt tính enzyme PPO giảm đến mức thấp nhất có thể so với trước khi diệt men (nguyên liệu ban đầu). Để thực hiện được yêu cầu này, phải tạo ra được một tác nhân mang nhiệt với yêu cầu nhanh và mạnh. Thông thường thì chất mang nhiệt này là không khí khô hoặc không khí ẩm hoặc là nước. Nếu chất mang nhiệt là nước thì ta có diệt men bằng phương pháp chần. Nếu là không khí khô thì ta có diệt men bằng phương pháp sao/sấy, còn không khí ẩm là phương pháp hấp diệt men.

Bảng 2. Ảnh hưởng của phương pháp diệt men đến một số chỉ tiêu chất lượng trà xanh

Phương pháp diệt men	Độ ẩm (%)	Nhiệt độ bề mặt (°C)	Polyphenol tổng (mg/g)	Hoạt tính PPO (U)
Búp trà tươi	79,63 ^c ±1,44	28,30 ^a ±0,85	232,12 ^f ±7,07	17,28 ^d ±0,52

Chần	83,90 ^d ±1,28	88,30 ^b ±1,84	183,44 ^{bc} ±4,94	9,76 ^b ±0,39
Hấp	80,93 ^c ±0,81	86,25 ^b ±1,05	202,44 ^e ±5,65	10,67 ^{bc} ±0,63
Sao	60,67 ^b ±0,49	85,90 ^b ±1,13	172,94 ^{ab} ±4,24	11,05 ^c ±0,55
Vi sóng	52,41 ^a ±0,62	108,15 ^e ±2,05	171,29 ^a ±2,82	4,42 ^a ±0,27
Chần + Vi sóng	62,71 ^b ±1,01	92,25 ^c ±1,06	176,97 ^{abc} ±4,95	4,60 ^a ±0,41
Hấp + Vi sóng	61,56 ^b ±1,22	101,55 ^d ±2,9	193,47 ^{de} ±4,25	5,06 ^a ±0,25
Vi sóng + Hấp	60,95 ^b ±1,32	87,75 ^b ±1,48	187,56 ^{cd} ±3,53	4,63 ^a ±0,35
Vi sóng + Chần	61,42 ^b ±0,86	86,25 ^b ±1,77	171,14 ^a ±4,24	4,45 ^a ±0,32

Các giá trị cùng một cột có ký tự in thường khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở $p < 0,05$

Thông qua kết quả phân tích ở Bảng 1 và Hình 4, đã có cơ sở để lựa chọn phương pháp diệt men trà xanh là có sự tham gia của vi sóng. Tuy nhiên, chỉ dựa vào hoạt tính enzyme PPO để lựa chọn phương pháp diệt men nào thì lại chưa đủ cơ sở bởi vì chất lượng trà xanh sản phẩm không chỉ phụ thuộc vào hiệu quả diệt men mà còn phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác như: màu sắc nước pha, mùi vị sản phẩm và cả độ xoắn cuộn cũng như tỷ lệ vụn tạo thành sau quá trình chế biến. Do đó, để có thêm cơ sở lựa chọn phương pháp diệt men tốt nhất cho trà xanh nghiên cứu tiếp theo sẽ tiến hành phân tích thêm một số chỉ tiêu liên quan đến chất lượng sản phẩm đó là: độ ẩm của bán thành phẩm (nguyên liệu sau diệt men) và thêm hàm lượng polyphenol tổng số.

Độ ẩm của khối nguyên liệu sau quá trình diệt men là một trong những chỉ tiêu quan trọng để xác định điểm dừng của công đoạn diệt men trà xanh bởi vì tiếp sau công đoạn diệt men là công đoạn vò trà. Vò trà với mục đích là làm cho nguyên liệu xoắn cuộn lại từ đó nâng cao giá trị thẩm mỹ và cảm quan cho sản phẩm. Để đạt được mục đích này, điều quan trọng là phải kiểm soát được độ ẩm của khối nguyên liệu trước khi tiến hành vò. Theo kinh nghiệm từ sản xuất, độ ẩm tốt nhất dao động 59-63% thì độ xoắn cuộn của búp trà đạt cao nhất đồng thời tỷ lệ vụn là thấp nhất. Dựa trên cơ sở đó, các phương pháp được cho là phù hợp với độ ẩm đó là: sao (60,67%), chần+vi sóng (62,71%), hấp+vi sóng (61,56%), vi sóng+hấp (60,95%) và vi sóng+chần (61,42%).

Tuy nhiên, theo kết quả phân tích hiệu quả tiêu diệt enzyme PPO ở Hình 4 thì phương pháp sao sẽ bị loại trừ vì hiệu quả thấp. Còn đối với phương pháp vi sóng, mặc dù hiệu quả diệt men là cao nhất trong tất cả các phương pháp (74,43%, Hình 4) nhưng vẫn không được lựa chọn vì lý do độ ẩm khối nguyên liệu thấp hơn so với yêu cầu sẽ dẫn đến độ xoắn cuộn và tỷ lệ vụn không đạt yêu cầu.

Theo kết quả phân tích số liệu ở Bảng 2, hoạt tính enzyme PPO trong các mẫu có xử lý vi sóng kết hợp là tương đồng nhau, có nghĩa là hiệu quả tiêu diệt enzyme là giống nhau đối với 4 phương pháp diệt men bằng vi sóng kết hợp. Do đó, để có căn cứ lựa chọn phương pháp diệt men tốt nhất, tiếp tục dựa vào chỉ tiêu polyphenol tổng số. Diệt men bằng phương pháp hấp kết hợp vi sóng cho kết quả tốt nhất khi giữ lại 193,47 mg/g TPC, thấp nhất là phương pháp vi sóng kết hợp chần (171,14 mg/g TPC). Điều này có thể được lý giải như sau: polyphenol là hợp chất kém bền với nhiệt bởi vì trong công thức cấu tạo có nhiều nhóm hydroxyl (-OH) linh động và chúng dễ dàng tách ra khi gặp tác nhân nhiệt độ cao. Cho nên, cả 2 phương pháp diệt men thông thường và vi sóng đều làm suy giảm TPC.

Khi xét ở một khía cạnh nhỏ hơn đó là so sánh mức độ suy giảm (tổn thất) TPC giữa 2 phương pháp diệt men: chần+vi sóng và hấp+vi sóng thì chần+vi sóng lại suy giảm TPC nhiều hơn mặc dù các chế độ nhiệt độ, thời gian, công suất vi sóng là như nhau. Nguyên nhân là vì polyphenol tan tốt trong nước, đặc biệt là nước nóng. Rõ ràng phương pháp chần dùng nước đã đun sôi sau đó cho nguyên liệu vào diệt men thì trong một khoảng thời gian đủ ngắn cũng làm cho một phần polyphenol hòa tan ra nước chần. Còn đối với phương pháp hấp thì dùng hơi nước nóng để gia nhiệt nên sự hòa tan này là không đáng kể.

Như vậy, khi kết hợp lại đồng thời các chỉ tiêu: độ ẩm, TPC và hiệu quả diệt men thì phương pháp diệt men trà xanh được cho là tốt nhất đó là hấp kết hợp vi sóng. Cho nên các nghiên cứu tiếp theo tập trung vào xác định các điều kiện tối ưu cho quá trình vi sóng bao gồm: thời gian và công suất vi sóng.

3.3 Ảnh hưởng của công suất và thời gian vi sóng đến hiệu quả diệt men trà xanh

Công suất phát sóng của lò vi sóng được định nghĩa là lượng nhiệt đã truyền cho nguyên liệu trong một đơn vị thời gian để làm nóng nguyên liệu. Cho nên công suất vi sóng là đại lượng liên quan trực tiếp đến tốc độ

DIỆT MEN TRÀ XANH BẰNG KỸ THUẬT VI SÓNG

gia nhiệt và nhiệt độ mà nguyên liệu đạt được. Đối với lò vi sóng Panasonic NN-ST65JBYUE dùng công nghệ inverter nên nguyên lý của việc điều chỉnh công suất vi sóng là điều chỉnh hiệu điện thế và cường độ dòng điện để kiểm soát mức năng lượng mà magnetron phát ra. Mặc dù thay đổi công suất vi sóng nhưng tần số và bước sóng của lò vi sóng vẫn luôn ở mức cố định là 2.45 GHz và 12,24 cm.

Với lò vi sóng Panasonic NN-ST65JBYUE có thể điều chỉnh được các mức công suất từ 100 W đến 1000 W. Dựa vào mức công suất phát sóng ta hoàn toàn tính được nhiệt lượng mà nguyên liệu đã nhận được trong một khoảng thời gian cố định là 120 giây (Bảng 3). Nhiệt lượng này càng cao sẽ cho ta thấy được tốc độ gia nhiệt và nhiệt độ nguyên liệu đạt được càng nhanh và lớn.

Bảng 3. Ảnh hưởng công suất vi sóng đến một số chỉ tiêu chất lượng của trà xanh

Công suất vi sóng (W)	Nhiệt lượng (KJ)	Độ ẩm (%)	Nhiệt độ bề mặt (°C)	Polyphenol tổng (mg/g)	Hoạt tính PPO (U)
Búp trà tươi		80,50 ^e ±1,34	27,15 ^a ±0,78	238,37 ^f ±7,57	18,07 ^g ±0,42
100	12	78,13 ^e ±1,32	60,21 ^b ±1,42	216,86 ^e ±4,02	14,82 ^f ±0,62
300	36	69,30 ^d ±2,52	72,44 ^c ±1,61	201,92 ^d ±2,8	12,43 ^e ±0,65
440	52,8	64,38 ^c ±1,87	81,82 ^d ±1,1	193,32 ^{cd} ±5,64	9,93 ^d ±0,56
600	72	61,21 ^c ±0,91	105,85 ^e ±0,92	189,39 ^c ±2,74	5,47 ^c ±0,35
800	96	49,69 ^b ±0,95	112,82 ^f ±1,72	151,62 ^b ±3,85	3,83 ^b ±0,3
1000	120	41,50 ^a ±1,14	121,35 ^g ±1,48	119,01 ^a ±4,24	2,46 ^a ±0,18

Các giá trị cùng một cột có ký tự in thường khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở $p < 0,05$

Theo kết quả phân tích ở Bảng 3, khi tăng mức công suất vi sóng đồng nghĩa với tăng nhiệt lượng truyền cho nguyên liệu sẽ dẫn đến gia tăng nhiệt độ nguyên liệu theo một quy luật gần như là tuyến tính. Kết quả làm cho độ ẩm nguyên liệu giảm dần, điều này được lý giải như sau: Khi nhiệt độ nguyên liệu tăng, trước tiên là nước tự do bề mặt dễ dàng tách ra bằng cách bay hơi khi có sự chênh lệch nhiệt độ giữa môi trường và nguyên liệu, tiếp đến là nước mao quản bắt đầu dịch chuyển từ trong nguyên liệu ra bề mặt dưới dạng lỏng do ảnh hưởng của gradient nồng độ. Khi nhiệt độ bắt đầu hơn 60°C nước thẩm thấu dịch chuyển ra ngoài do sự chênh lệch áp suất thẩm thấu, khi nhiệt độ nguyên liệu tăng hơn 70°C bắt đầu nước liên kết cấu trúc thoát ra dưới dạng bay hơi. Đây là nước liên kết yếu, chúng liên kết với mixen nguyên liệu thông qua liên kết hydro nên dễ dàng dùng nhiệt để phá vỡ liên kết này. Tiếp tục tăng nhiệt độ lên khoảng > 100°C, nước liên kết hấp phụ bắt đầu thoát ra dưới dạng bay hơi. Nước liên kết hấp phụ cũng giống như liên kết cấu trúc nhưng chúng liên kết chặt với mixen của nguyên liệu hơn, ngoài ra chúng cũng liên kết với các nhóm lưỡng cực tạo thành dạng keo (mixen) [21]. Do đó, ở mức công suất 1000 W độ ẩm nguyên liệu giảm tối đa còn lại là 32,5%, nếu có tăng thêm thời gian vi sóng thì độ ẩm giảm nhưng không đáng kể bởi vì còn nước liên kết hóa học chúng ta không thể dùng nhiệt để tách ra bởi vì chúng liên kết chặt với các thành phần của nguyên liệu như protein, lipid, cellulose, glucid ở dạng nước hydrat (liên kết ion) rất bền nhiệt. Nếu muốn phá vỡ liên kết này phải dùng nhiệt rất cao trên 300°C mới có thể tách các nước liên kết hóa học này ra khỏi nguyên liệu.

Bên cạnh đó, khi tăng công suất vi sóng thì TPC và hoạt tính enzyme PPO cũng giảm theo điều này hoàn toàn phù hợp với lý thuyết về truyền nhiệt cũng như cơ chế về sự biến tính không thuận nghịch protein bởi nhiệt độ cao. Tuy nhiên, ở đây cũng cần phải nhấn mạnh lại một lần nữa đó là hiệu quả tiêu diệt enzyme PPO và sự suy giảm TPC khi có vi sóng là lớn hơn so với các phương pháp diệt men không có sự hỗ trợ của vi sóng.

Thông qua kết quả Bảng 3, mức công suất vi sóng được lựa chọn là 600 W. Nếu hàm mục tiêu của nghiên cứu này chỉ đặt ra là hiệu quả tiêu diệt enzyme PPO thì mức công suất 1000 W sẽ được lựa chọn vì hiệu quả đạt tới 86,4% so với 69,7% ở mức công suất 600 W. Tuy nhiên, đối với chất lượng trà xanh không chỉ căn cứ vào hiệu quả công đoạn diệt men mà còn xét đến các khía cạnh khác của chất lượng. Cụ thể, đó là độ ẩm và TPC của bán thành phẩm tại công đoạn diệt men. Cho nên ở các mức công suất từ 100 đến 440 W là không phù hợp vì độ ẩm lại quá cao dẫn đến khi vò trà sẽ bị vón cục mặc dù TPC còn giữ lại khá cao.

Ngược lại, ở các mức công suất từ 800 đến 1000 W thì độ ẩm lại quá thấp khi vò sẽ vụn gãy và độ xoắn cuộn sẽ không đạt, đồng thời ở các mức công suất này TPC giảm quá mức mặc dù hiệu quả tiêu diệt enzyme lại cao nhưng vẫn không được lựa chọn.

Cuối cùng, để hoàn thiện các thông số kỹ thuật cho công đoạn diệt men trà xanh bằng kỹ thuật vi sóng, cần nghiên cứu và lựa chọn thời gian vi sóng thích hợp

Bảng 4. Ảnh hưởng thời gian vi sóng đến một số chỉ tiêu chất lượng

Thời gian vi sóng (Phút)	Nhiệt lượng (KJ)	Độ ẩm (%)	Nhiệt độ bề mặt (°C)	Polyphenol tổng (mg/g)	Hoạt tính PPO (U)
Nguyên liệu		79,79 ^h ±1,22	29,75 ^a ±0,49	230,96 ^h ±5,3	16,58 ^g ±0,54
1	36	77,55 ^h ±2,21	67,80 ^b ±1,55	226,86 ^h ±4,5	13,12 ^f ±0,41
1,5	54	70,34 ^g ±1,36	97,07 ^c ±1,63	211,59 ^g ±3,95	9,05 ^e ±0,41
2	72	63,30 ^f ±2,55	101,30 ^{cd} ±2,97	197,18 ^f ±3,5	5,34 ^d ±0,55
2,5	90	61,52 ^{ef} ±0,7	105,20 ^d ±0,42	190,41 ^{ef} ±3,38	4,46 ^c ±0,53
3	108	59,19 ^e ±1,49	115,41 ^e ±3,2	184,65 ^e ±3,47	3,52 ^b ±0,27
3,5	126	54,67 ^d ±1,32	122,78 ^f ±3,76	171,49 ^d ±3,91	3,08 ^b ±0,17
4	144	47,82 ^c ±1,35	130,07 ^g ±4,36	158,26 ^c ±3,53	2,12 ^a ±0,14
4,5	162	41,46 ^b ±1,56	137,90 ^h ±3,11	133,94 ^b ±1,34	2,08 ^a ±0,16
5	180	32,30 ^a ±1,09	139,21 ^h ±3,97	111,83 ^a ±2,29	1,94 ^a ±0,15

Các giá trị cùng một cột có ký tự in thường khác nhau thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở $p < 0,05$

Quá trình làm nóng nguyên liệu của vi sóng cũng là quá trình truyền nhiệt nhưng nó không phải là truyền nhiệt thông thường theo kiểu đối lưu rồi dẫn nhiệt mà là truyền nhiệt theo phương thức bức xạ nhiệt nhờ sóng điện từ phát ra từ lò vi sóng. Chính sóng điện từ này mang năng lượng và truyền đến các phân tử lưỡng cực và các ion có trong nguyên liệu như là nước, lipid, đường, muối, các chất hòa tan và làm cho chúng dao động, chuyển động hỗn loạn từ đó sinh ra ma sát nhiệt. Cho nên, dưới tác dụng của vi sóng chủ yếu là nước trong các tế bào thực vật bị nóng lên nhanh chóng, áp suất bên trong tăng đột ngột làm cho các mô bị vỡ và làm cắt đứt các liên kết trong nguyên liệu [22]. Qua đó, ta thấy rằng truyền nhiệt vi sóng làm nóng nguyên liệu nhanh và đồng đều trong toàn bộ cấu trúc nguyên liệu, chính vì vậy mà thời gian vi sóng để diệt men trà xanh không cần quá nhiều thời gian như các phương pháp diệt men thông thường.

Theo kết quả ở Bảng 4, trong khoảng thời gian 2 đến 3 phút vi sóng thì nhiệt độ bề mặt khối nguyên liệu đã nóng lên 101 đến 115°C. Đây cũng là khoảng nhiệt độ đủ lớn để biến tính không thuận nghịch enzyme PPO có trong nguyên liệu. Bên cạnh đó, trong khoảng thời gian này độ ẩm nguyên liệu giảm đến mức hoàn hảo cho công đoạn tiếp theo đó là vò trà. Tuy nhiên để quyết định lựa chọn thời gian nào trong khoảng 2 đến 3 phút vi sóng thì cần có căn cứ thêm về tiêu chí khác đó là hiệu quả tiêu diệt enzyme PPO và TPC còn lại. Cụ thể, ở 2-2,5-3 phút thì TPC còn lại tương ứng là 85,4%-82,4%-80%. Trong khi đó hiệu quả tiêu diệt enzyme PPO tương ứng ở khoảng thời gian trên lần lượt là 67,8%-73,1%-78,8%.

Nếu xét theo thứ tự ưu tiên các tiêu chí để chọn thời gian vi sóng thích hợp thì hiệu quả tiêu diệt enzyme PPO được xem là hàng đầu, tiếp đến là độ ẩm nguyên liệu và sau cùng là TPC. Do đó, thời gian vi sóng thích hợp là 3 phút ở mức công suất 600 W.

4. KẾT LUẬN

Các phương pháp diệt men trà xanh có sự hỗ trợ của vi sóng bao gồm: vi sóng, chần+vi sóng, hấp+vi sóng, vi sóng+hấp và vi sóng+chần đều cho hiệu quả tiêu diệt enzyme PPO cao hơn so với các phương pháp diệt men thông thường như: chần, hấp và sao.

Trong các phương pháp diệt men trà xanh có hỗ trợ vi sóng thì phương pháp hấp+vi sóng cho kết quả tốt nhất khi loại bỏ được 70,7% hoạt tính enzyme PPO mà vẫn giữ lại được 83,35% lượng polyphenol so với ban đầu.

DIỆT MEN TRÀ XANH BẰNG KỸ THUẬT VI SÓNG

Công suất và thời gian vi sóng đã được tối ưu ở điều kiện: Mức công suất phát sóng 600 W và thời gian vi sóng là 3 phút. Ở điều kiện tối ưu này, hiệu quả diệt men đạt 78,8%, TPC còn lại 80% so với ban đầu. Đồng thời, độ ẩm nguyên liệu đạt 59,19% rất tốt cho quá trình vò trà tiếp theo.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm tác giả xin cảm ơn sự hỗ trợ liên quan đến dụng cụ, thiết bị, cơ sở vật chất đến từ Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh (Kết quả nghiên cứu là sản phẩm của đề tài nghiên cứu khoa học cấp trường mã số 23.1SHTP01).

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] K. Chang, World tea production and trade Current and future development. FAO Intergovernmental Group on Tea: A Subsidiary Body of the FAO Committee on Commodity Problems (CCP), 2023.
- [2] Đ.V. Phương, Đ.S. Mai, and T.Đ. Thắng, Giáo trình công nghệ chế biến trà, cà phê và ca cao. NXB Đại học Công nghiệp: Thành phố Hồ Chí Minh, 2025.
- [3] A.F.S. Maldonado, A. Schieber, and M.G. Gänzle, Plant defence mechanisms and enzymatic transformation products and their potential applications in food preservation: Advantages and limitations, *Trends in Food Science & Technology*, vol. 46, no. 1, pp. 49-59, 2015.
- [4] A. Trebst and B. Depka, Polyphenol oxidase and photosynthesis research, *Photosynthesis Research*, vol. 46, pp. 41-44, 1995.
- [5] M. Mohammadi and H. Kazemi, Changes in peroxidase and polyphenol oxidase activities in susceptible and resistant wheat heads inoculated with *Fusarium graminearum* and induced resistance, *Plant Science*, vol. 162, no. 4, pp. 491-498, 2002.
- [6] C.P. Constabel, L. Yip, J.J. Patton, and M.E. Christopher, Polyphenol oxidase from hybrid poplar. Cloning and expression in response to wounding and herbivory, *Plant physiology*, vol. 124, no. 1, pp. 285-296, 2000.
- [7] E. Núñez-Delicado, M. Serrano-Megías, A.J. Pérez-López, and J.M. López-Nicolás, Polyphenol oxidase from Dominga table grape, *Journal of agricultural and food chemistry*, vol. 53, no. 15, pp. 6087-6093, 2005.
- [8] B. Singh, K. Suri, K. Shevkani, A. Kaur, A. Kaur, and N. Singh, Enzymatic browning of fruit and vegetables: A review, *Enzymes in food technology: Improvements and innovations*, pp. 63-78, 2018.
- [9] V. Sharma and L.J.M. Rao, A thought on the biological activities of black tea, *Critical reviews in food science and nutrition*, vol. 49, no. 5, pp. 379-404, 2009.
- [10] C.T. Chen, C.-Y. Yang, and J.T. Tzen, Molecular characterization of polyphenol oxidase between small and large leaf tea cultivars, *Scientific reports*, vol. 12, no. 1, pp. 12870, 2022.
- [11] B. Ozturk, F. Seyhan, I.S. Ozdemir, B. Karadeniz, B. Bahar, E. Ertas, and S. Ilgaz, Change of enzyme activity and quality during the processing of Turkish green tea, *LWT-Food Science and Technology*, vol. 65, pp. 318-324, 2016.
- [12] G. Gong, D. Liu, and Y. Huang, Microwave-assisted organic acid pretreatment for enzymatic hydrolysis of rice straw, *Biosystems engineering*, vol. 107, no. 2, pp. 67-73, 2010.
- [13] S. Zhu, Y. Wu, Z. Yu, Q. Chen, G. Wu, F. Yu, C. Wang, and S. Jin, Microwave-assisted alkali pretreatment of wheat straw and its enzymatic hydrolysis, *Biosystems Engineering*, vol. 94, no. 3, pp. 437-442, 2006.
- [14] K. Saengnil, A. Chumyarn, B. Faiyue, and J. Uthabutra, Use of chlorine dioxide fumigation to alleviate enzymatic browning of harvested 'Daw' longan pericarp during storage under ambient conditions, *Postharvest Biology and Technology*, vol. 91, pp. 49-56, 2014.
- [15] Y. Jiang and J. Fu, Inhibition of polyphenol oxidase and the browning control of litchi fruit by glutathione and citric acid, *food chemistry*, vol. 62, no. 1, pp. 49-52, 1998.
- [16] A.S. Ayesha Siddiqua, K. Premakumari, R.S. Roukiya Sultana, V. Vithya, and S. Savitha, Antioxidant activity and estimation of total phenolic content of *Muntingia calabura* by colorimetry, 2010.

- [17] R. Gregory and D. Bendall, The purification and some properties of the polyphenol oxidase from tea (*Camellia sinensis* L.), *Biochemical Journal*, vol. 101, no. 3, pp. 569-581, 1966.
- [18] M. Bokuřava, T. Salamberidze, and G. Soboleva, The localization of the polyphenoloxidase of the tea leaf, 1970.
- [19] R. Wickremasinghe, G. Roberts, and B. Perera, The localization of the polyphenol oxidase of tea leaf, 1967.
- [20] F. Motasemi and M.T. Afzal, A review on the microwave-assisted pyrolysis technique, *Renewable and sustainable energy reviews*, vol. 28, pp. 317-330, 2013.
- [21] Đ.V. Ngọc and T.V. Loan, Các biến đổi hóa sinh trong quá trình chế biến và bảo quản chè. NXB Nông nghiệp: Hà Nội, 2008.
- [22] C.O. Kappe, A. Stadler, and D. Dallinger, *Microwaves in organic and medicinal chemistry*. Vol. 52. John Wiley & Sons, 2012.

INACTIVATION OF GREEN TEA POLYPHENOL OXIDASE BY MICROWAVE

DO VIET PHUONG^{*}, NGUYEN DUC VUONG, HO THIEN HOANG, NGUYEN TRUONG XUAN,
TRAN HO ANH DUY

Institute of Biotechnology and Food technology, Industrial University of Ho Chi Minh City

**Corresponding author: dovietphuong@iuh.edu.vn*

Abstract. Polyphenol oxidases are a group of oxidative enzymes that catalyze phenolic compounds. For high-quality green tea production, complete inactivation of these enzymes during the killing stage is essential. This research aims to improve the efficiency of polyphenol oxidase inactivation using microwave technology. The study evaluates the effectiveness of polyphenol oxidase inactivation using eight different techniques: blanching, steaming, pan-firing, microwaving, blanching with microwaving, steaming with microwaving, microwaving with steaming, and microwaving with blanching, applied to various components of raw materials, including buds, leaves, stems, and tea buds. The results showed that, for tea leaves, all enzyme inactivation methods have similar efficiency, with enzyme inactivation efficiency over 72.42%. For other components, such as buds, stems, and tea buds, the microwave-assisted methods provide better enzyme inactivation efficiency than traditional techniques like blanching, steaming, and pan-firing. Among these, the steaming combined with microwaving method was the most effective, reaching an inactivation efficiency of 70.7%. Additionally, when using microwave power at 600 W for 3 minutes, enzyme inactivation efficiency increases to 78.8%. This research outcome can be applied to real-world production, especially as industrial microwaves are now widely used.

Keywords: Green tea, efficiency, enzyme inactivation, microwave, polyphenol oxidase.

Ngày gửi bài: 05/11/2024

Ngày chấp nhận đăng: 21/04/2025