

Sự biến động của các hợp chất phenolic trong lá trà trong quy trình chế biến trà Oolong

- Nguyễn Ngọc Trâm

- Huỳnh Ngọc Oanh

Trường Đại học Bách Khoa, ĐHQG-HCM

- Phan Phước Hiền

Trường Đại học Nông Lâm Tp.HCM

(Bài nhận ngày 16 tháng 4 năm 2014, hoàn chỉnh sửa chữa ngày 3 tháng 9 năm 2014)

TÓM TẮT:

Nghiên cứu cung cấp đồ thị biến động hàm lượng polyphenol tổng số (TPP), tannin, theaflavin (TF), thearubigin (TR) và màu tổng. Lá trà xanh được trải qua các giai đoạn: trà tươi → làm héo → ủ 1 → quay thơm 1 → ủ 2 → quay thơm 2 → xào bất hoạt enzyme. Mẫu trà tại các giai đoạn trên được cung cấp bởi nhà máy trà Cầu Tre. Các mẫu trà được chia làm hai nhóm: nhóm chưa bất hoạt và đã bất hoạt enzyme - vi sóng đã được áp

dụng để xử lý mẫu trà chưa bất hoạt enzyme. Mẫu trà sau khi bất hoạt enzyme được tiến hành phân tích. Kết quả cho thấy hàm lượng TPP và tannin nhìn chung có xu hướng giảm. Sự biến động hàm lượng theaflavin ngược với sự biến động hàm lượng tannin. Mặt khác, theaflavin và thearubigin là hai thành phần chính quyết định chất lượng trà Oolong.

Từ khóa: hợp chất phenolic, polyphenol, sự biến động, tannin, thearubigin, theaflavin, trà Oolong, vi sóng.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trà là loại nước uống bổ dưỡng, chứa nhiều hợp chất polyphenol có lợi cho sức khỏe. Trong đó, hai nhóm polyphenol quan trọng phải kể đến, đó là theaflavin và thearubigin. Theo Francis Muigai Ngure và cộng sự (2009), chất lượng trà đen phụ thuộc vào hàm lượng theaflavin tổng [1] và theaflavin digallate [2]. Theaflavin quyết định độ nén (độ chặt), độ sáng, màu, sự tạo bọt và thearubigin liên quan đến độ đậm và màu của trà đen [3-5]. Theaflavin là sản phẩm của quá trình oxi hóa hợp chất catechin dưới xúc tác của enzyme polyphenol oxidase (PPO). Trong quá

trình xúc tác phản ứng, H_2O_2 được sinh ra [6]. Lúc này, peroxidase (POD) sẽ tham gia phản ứng chuyển hóa theaflavin thành thearubigin [6, 7].

Ở Việt Nam, những nghiên cứu về trà ngày càng phổ biến. Trích li có hỗ trợ vi sóng các polyphenol từ búp trà tươi của Phạm Thành Quân và cộng sự [8]. Ảnh hưởng của nguồn nguyên liệu đến thành phần hóa học cơ bản của giống chè trung du (*Camellia sinensis* var. *sinensis*) của Giang Trung Khoa và cộng sự [9]. Ảnh hưởng của quá trình héo nhẹ đến chất lượng nguyên liệu và sản phẩm chè xanh của Hà

Duyên Tư và cộng sự [10]. Ảnh hưởng của phân bón và đốn đến năng suất, chất lượng nguyên liệu chế biến chè Oolong tại Phú Thọ của Đỗ Văn Ngọc và cộng sự [11]...

Tuy nhiên, ngoài trà đen và trà xanh [12, 13], những nghiên cứu về trà Oolong hiện nay chưa nhiều. Các nghiên cứu đa phần tập trung vào giống trà và sự trích ly, thu nhận hợp chất polyphenol. Việc nghiên cứu sự biến động của các hợp chất polyphenol suốt quá trình sản xuất, đặc biệt là quá trình lên men trà Oolong mang lại ý nghĩa lớn về khoa học và thực tiễn. Các yếu tố polyphenol tổng số, hàm lượng tannin, theaflavin và thearubigin được tiến hành khảo sát.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Nguyên liệu

Lá trà (1 tôm, 2 lá) – Kim Tuyên được trồng tại Nhà máy trà Cầu Tre, Bảo Lâm, Lâm Đồng. Quy trình chế biến trà Oolong được thực hiện tại Nhà máy Trà Cầu Tre. Lá trà tươi trải qua lần lượt các giai đoạn: Trà tươi, làm héo nắng, lên men và xào bất hoạt enzyme (trên 200°C). Trong đó, quá trình lên men được chia làm các công đoạn nhỏ: ủ lần 1 (18°C), quay thơm lần 1 (25°C), ủ lần 2 (18°C) và quay thơm lần 2 (25°C). Quá trình lên men được kết thúc sau khi lá trà được xào bất hoạt enzyme.

Các mẫu trà sau từng giai đoạn: tươi, làm héo, ủ lần 1, quay thơm lần 1, ủ lần 2, quay thơm lần 2, xào bất hoạt enzyme được trữ trong túi dán mép, bảo quản lạnh trong thùng xốp và chuyển về phòng thí nghiệm ngay trong ngày. Mẫu được trữ ở nhiệt độ 4°C cho đến khi phân tích.

2.2. Các phương pháp phân tích

2.2.1. Chuẩn bị mẫu trà

Mẫu trà tại các giai đoạn: tươi, sau làm héo, sau ủ 1, sau quay thơm 1, sau ủ 2, sau quay thơm 2, sau xào bất hoạt enzyme được đánh số thứ tự lần lượt từ 1 – 7.

2.2.2. Xác định hàm lượng chất khô (HLCK)

1g trà nguyên liệu được cho sấy ở 105°C đến khối lượng không đổi. Hàm lượng chất khô được xác định theo công thức sau:

$$HLCK(\%) = \frac{\text{khối lượng mẫu sau sấy} \times 100}{\text{khối lượng mẫu ban đầu}}$$

2.2.3. Xác định hàm lượng polyphenol tổng số (TPP)

Như đã đề cập ở trên, catechin (một trong những hợp chất polyphenol) dễ bị chuyển hóa thành theaflavin và thearubin dưới tác dụng của nhóm enzyme oxy hóa khử. Để loại trừ sự ảnh hưởng này, xử lý vi sóng đã được áp dụng để bất hoạt enzyme.

20g mẫu trà 1 – 6 được xử lý vi sóng trong 25 giây và làm nguội đến nhiệt độ phòng. Sau đó, mẫu trà được nghiền mịn. Cân 2,5g bột trà cho vào lọ thủy tinh 100ml, cho thêm 25ml nước cất và tiến hành đun cách thủy ở 100°C trong 60 phút. Cuối cùng, mẫu trà được lọc bằng bông cotton và định mức lên 50ml (dung dịch 1).

5ml dung dịch 1 được định mức lên 50ml bằng nước cất. Sau đó, mẫu được tiến hành xác định hàm lượng polyphenol tổng số theo phương pháp của L.H. Yao (2006) [14, 15].

2.2.4. Xác định hàm lượng tannin

Định lượng tannin thu được trong dịch chiết (dung dịch 1) bằng phương pháp Lowenthal: oxi hoá bằng $KMnO_4$ với chất chỉ thị indigocarmin [16].

Cân 1.5 gam bột trà và 30ml nước cất cho vào một chai thủy tinh, đun cách thủy 100°C, 30 phút, vừa đun vừa khuấy đều. Sau đó, hỗn hợp

được để lắng và lọc. Dung dịch được làm lạnh và được định mức lên 250ml bằng nước cất. Lấy 5ml dung dịch thu được cho vào bình tam giác 250ml, thêm 150ml H₂O, 5ml dung dịch indigocarmin rồi định lượng bằng dung dịch KMnO₄ 1N, vừa nhỏ vừa lắc đều cho đến khi xuất hiện màu vàng kim thì dừng chuẩn độ.

Song song cùng tiến hành định lượng một mẫu trắng đối chứng với 5ml dung dịch indigocarmin hòa tan trong 150 ml nước.

Hàm lượng polyphenol theo tính chất khô trong mẫu phân tích được tính theo công thức:

$$X = \frac{(a - b) \times V_2 \times 0,00582 \times 100}{V_1 \times G} (\%)$$

Trong đó:

X: hàm lượng tannin theo % chất khô.

a: thể tích dung dịch KMnO₄ đem chuẩn mẫu phân tích (ml)

b: thể tích dung dịch KMnO₄ đem chuẩn mẫu trắng (ml)

V₁: thể tích dung dịch mẫu đem phân tích (10ml)

V₂: thể tích bình định mức (250 ml)

0.00582: khối lượng tannin ứng với 1ml dung dịch KMnO₄

G: khối lượng chất khô nguyên liệu (1 gam)

2.2.5. Xác định hàm lượng theaflavin (TF), thearubigin (TR) và màu tổng

Theaflavin và thearubigin là các sản phẩm của quá trình chuyển hóa catechin dưới tác dụng của polyphenol oxidase. Nhằm đánh giá khả năng hoạt động của PPO, các mẫu trà đối chứng – không xử lý vi sóng đã được khảo sát.

20g mẫu trà 1 – 6 được nghiền mịn. Cân 2,5g bột trà cho vào lọ thủy tinh 100ml, cho thêm 25ml nước cất và tiến hành đun cách thủy

ở 100°C trong 60 phút. Cuối cùng, mẫu trà được lọc bằng bông cotton và định mức lên 50ml (dung dịch 2).

25ml dung dịch 2 được tiến hành phân tích theaflavin, thearubigin, màu tổng theo phương pháp của Takeo and Oosawa (1976) [5, 14, 17].

2.2.6. Khảo sát hoạt tính polyphenol oxidase

10g bột trà được cho vào cốc 100ml (đã bọc giấy bạc), thêm 50ml đệm phosphate pH 7,5 có bổ sung polyethylene glycol 1% (w/v). Hỗn hợp được khuấy trong 30 phút ở 4°C. Sau khi được lọc qua vải lọc thu dịch, dịch sau lọc được ly tâm 3000 vòng trong 10 phút. Dịch sau ly tâm được bảo quản lạnh ở 4°C.

Polyphenol oxidase xúc tác quá trình oxi hóa cơ chất pyrocatechol không màu thành sản phẩm benzoquinone có màu hấp thụ ánh sáng cực đại ở bước sóng 420 nm. 0.1ml dịch enzyme, 0,9ml dung dịch đệm phosphate (pH 8) và 2ml dung dịch pyrocatechol 0,05M được cho vào cuvette và đo độ hấp thụ quang tại bước sóng 420nm. Phản ứng bắt đầu xảy ra khi cho pyrocatechol vào hỗn hợp phản ứng. Hoạt độ PPO được xác định bằng công thức Lambert-Beer. Biết ϵ_{420} của benzoquinone là 24300M⁻¹cm⁻¹ [18]. Hoạt tính của enzyme là lượng enzyme cần để chuyển hóa pyrocatechol thành một μ mol benzoquinone trong một phút.

Theo định luật Beers ta có: $A = \epsilon Cl$

$$IU = \frac{C \cdot 0,1ml}{3ml} : 1 \cdot 10^{-6}$$

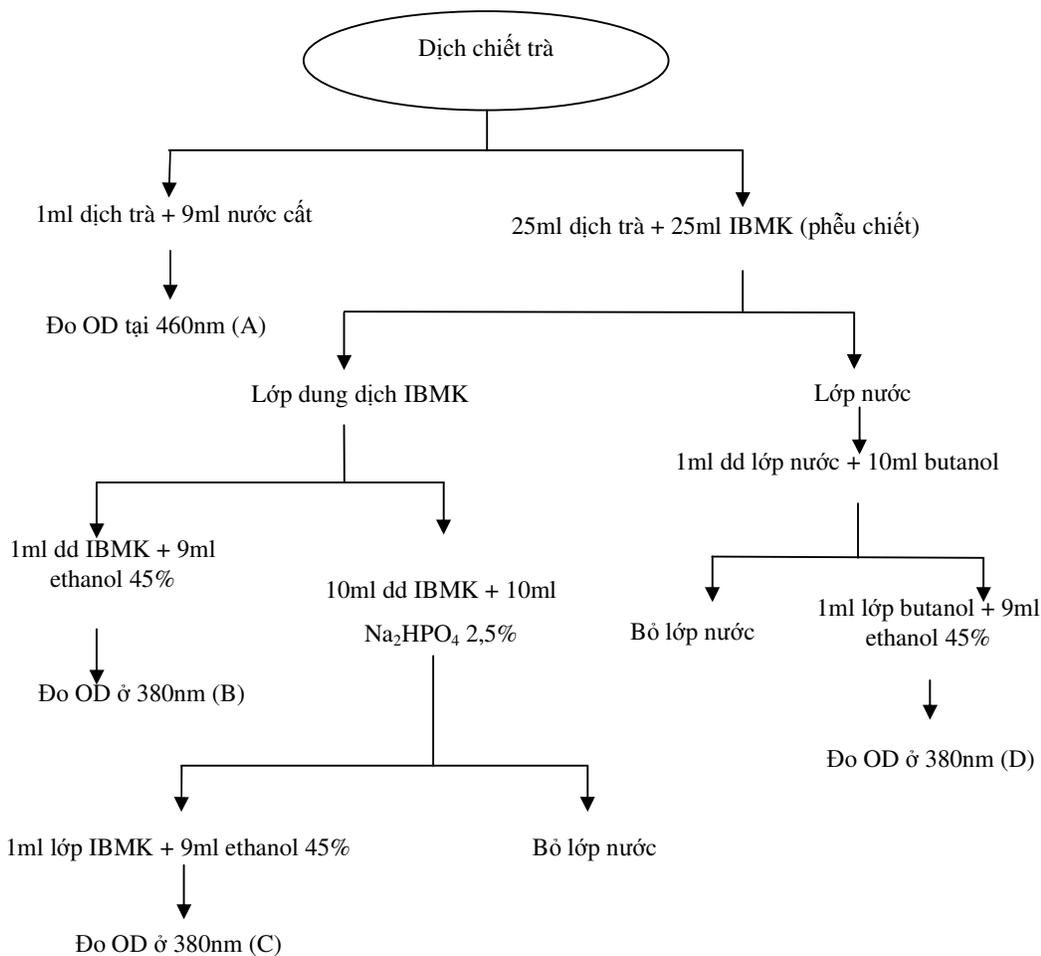
Trong đó, A là độ hấp thụ quang, ϵ là hệ số hấp thụ quang mol (M⁻¹cm⁻¹). Biết hệ số hấp thụ quang mol benzoquinone 24300 M⁻¹cm⁻¹ [18], l: là quang lộ (1 cm).

Hàm lượng protein được xác định bằng phương pháp Bradford.

2.2.7. Xử lý thống kê

Các thí nghiệm được tiến hành 3 lần. So sánh sự khác biệt về giá trị trung bình bằng phân

tích phương sai (ANOVA) theo mô hình đơn yếu tố. Số liệu được xử lý bằng phần mềm Statgraphic Centurion XV.



Hình 1. Quy trình phân tích các chỉ tiêu TF, TR và màu tổng

Trong đó, $TF\% = 4,313 \times C$; $TR\% = 13,643 \times (B + D - C)$; $Màu\ tổng = 10 \times A$

3. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

3.1. Khảo sát phương pháp bất hoạt enzyme polyphenol oxidase (PPO) và peroxidase (POD)

Theaflavin (TF) và thearubigin (TR) là hai sản phẩm của quá trình chuyển hóa những hợp chất catechin dưới sự xúc tác của polyphenol

oxidase (PPO) và peroxidase (POD). Hai enzyme này thuộc nhóm enzyme oxi hóa khử, rất nhạy với oxy. Mặt khác, trong quá trình chuẩn bị mẫu sơ chế, nguyên liệu được nghiền nhuyễn. Để bảo tồn hàm lượng catechin, tannin và polyphenol tổng khối tác động của enzyme,

các phương pháp bất hoạt enzyme đã được khảo sát.

Theo Qing-Han Gao và Ashugulati, các phương pháp xử lý nguyên liệu như: sấy ngoài trời, sấy bằng thùng quay, vi sóng, lạnh đông...[19, 20] đã được khảo sát. Trong đó, phương pháp vi sóng có hiệu quả hơn cả. Ngoài ra, tia cực tím cũng đang được sử dụng khá phổ biến trong xử lý mẫu vi sinh, thực phẩm. Vì vậy,

hai phương pháp chiếu tia cực tím và vi sóng đã được sử dụng để khảo sát bất hoạt enzyme. Mẫu trà tươi (lá già) được tiến hành xử lý bất hoạt enzyme PPO và POD bằng vi sóng và chiếu tia cực tím (UV) với thời gian xử lý lần lượt là 25 giây và 15 phút. Mẫu đối chứng là mẫu trà tươi (lá già) không bất hoạt enzyme. Các mẫu sau xử lý được nghiền và đun cách thủy ở 100°C trong 20 phút. Dịch trích sau lọc thu được như hình 1.



Hình 1. Xử lý bất hoạt enzyme PPO và POD

Bảng 1. Hàm lượng TF, TR, TPP và màu của mẫu bất hoạt enzyme PPO và POD

Mẫu	TF (%)	TR (%)	TPP (%)	Màu tổng
Đối chứng	0,25 \pm 0,01 ^a	7,58 \pm 0,42 ^a	5,45 \pm 0,08 ^a	1,30 \pm 0,05 ^a
Xử lý bằng tia cực tím	0,27 \pm 0,1 ^a	8,10 \pm 0,73 ^a	4,53 \pm 0,04 ^b	1,40 \pm 0,08 ^a
Xử lý bằng vi sóng	0,06 \pm 0,01 ^b	8,42 \pm 0,32 ^a	5,95 \pm 0,10 ^c	0,49 \pm 0,03 ^b

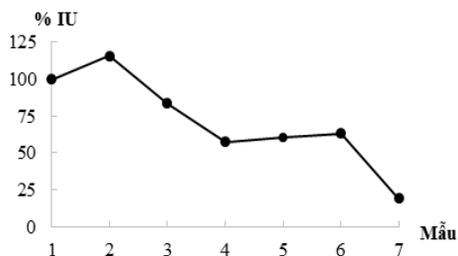
Hình 1 và bảng 1 cho thấy có sự giống nhau về hàm lượng TR của cả 3 mẫu. Tuy nhiên, các yếu tố khác lại cho sự khác biệt. Hàm lượng TF và màu tổng của cả hai mẫu đối chứng và xử lý bất hoạt enzyme bằng tia cực tím có sự giống nhau và khác với mẫu xử lý bất hoạt enzyme bằng vi sóng. Qua đây, ta có thể kết luận tia cực tím không có tác dụng trong việc bất hoạt enzyme PPO và POD. Trong khi đó, vi sóng lại có tác dụng tích cực trong việc bất hoạt hai enzyme này. Nó được biểu hiện thông qua sự khác nhau về hàm lượng TPP, TF và màu tổng. Không còn tác động của hai enzyme PPO và POD, hàm lượng TPP tăng lên đáng kể trong khi hàm lượng TF giảm và dịch trích có màu vàng sáng giống với màu của trà xanh. Mặt khác, hàm

lượng TR như nhau, hàm lượng TF khác nhau sẽ cho dịch trích có màu khác nhau hay nói cách khác, hàm lượng TF ảnh hưởng mạnh mẽ đến màu sắc của dịch trích trà. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Qing-Han Gao và Ashugulati. Vì vậy, phương pháp xử lý bất hoạt enzyme bằng vi sóng đã được sử dụng để tiến hành các khảo sát tiếp theo.

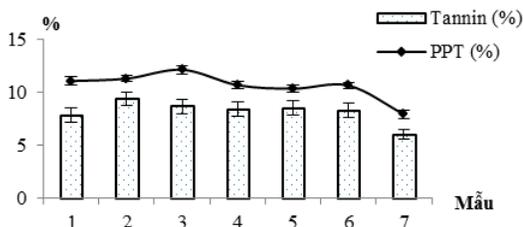
3.2. Sự biến động của polyphenol oxidase

Theo Hình 2, nhìn chung hoạt tính enzyme có xu hướng giảm dần sau các giai đoạn chế biến trà Oolong. Mẫu trà tươi đầu vào có hoạt tính cao (100%) và đạt hoạt tính cao nhất ở giai đoạn sau làm héo (115,85%), đến giai đoạn ủ lần 2 và quay thơm 2, hoạt tính enzyme giảm dần, sau đó

hoạt tính enzyme lần lượt tăng nhẹ ở giai đoạn ủ lần 2 và quay thơm lần 2. Tuy vậy khi đến giai đoạn quay thơm lần 2, hoạt tính enzyme PPO đã giảm gần một nửa, đến giai đoạn sau diệt men (trên 200°C), hoạt tính enzyme giảm rõ rệt (19,1%).



Hình 2. Biến động enzyme polyphenol oxidase



Hình 3. Đồ thị biến động hàm lượng TPP và tannin của dịch trà Kim Tuyên Oolong

- | | |
|-------------------------|---------------------------------|
| 1 – Trà tươi | 5 – Trà sau ủ 2 |
| 2 – Trà sau làm héo | 6 – Trà sau quay thơm 2 |
| 3 – Trà sau ủ 1 | 7 – Trà sau xào bất hoạt enzyme |
| 4 – Trà sau quay thơm 1 | |

3.3. Sự biến động của hàm lượng TPP và tannin

Cùng với hoạt động của PPO, hàm lượng polyphenol tổng và tannin cũng biến động tương tự. Cụ thể, hàm lượng polyphenol tổng và tannin cũng đạt cực đại tại giai đoạn làm héo, sau đó giảm dần đến giai đoạn ủ 2 và hơi tăng nhẹ sau giai đoạn quay thơm 2. Cuối cùng, hàm lượng polyphenol tổng cũng giảm sau giai đoạn diệt

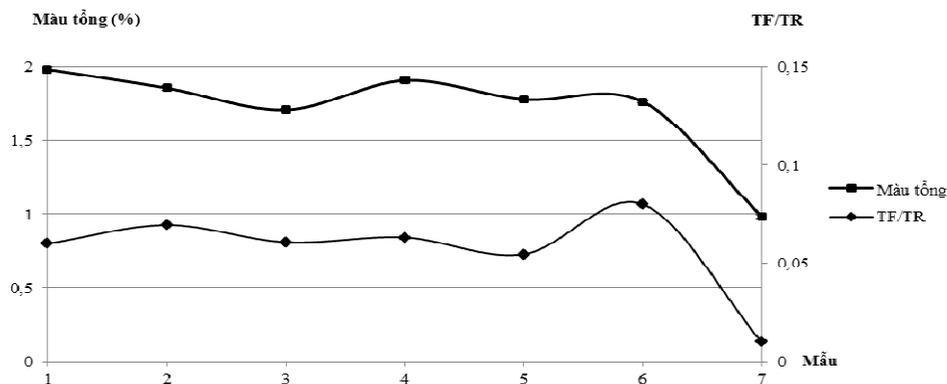
enzyme như hình 3. Hàm lượng polyphenol tổng và tannin sau giai đoạn diệt enzyme giảm tương ứng là 30,48% và 55,57% so với giai đoạn làm héo.

Dưới tác dụng của vi sóng, các hợp chất polyphenol (cụ thể là catechin) đã được bảo vệ trước sự ảnh hưởng của enzyme nội bào. So sánh hàm lượng polyphenol tổng, tannin tổng và hoạt tính của PPO tại hình 2 và 3, giai đoạn enzyme hoạt động mạnh nhất thì hàm lượng polyphenol thu được là cao nhất (giai đoạn làm héo). Kết quả này đúng với nhận định của PoPop [21], ông cho rằng hoạt tính enzyme PPO được tăng cường trong quá trình làm héo. Trong các giai đoạn tiếp theo, hoạt tính enzyme có xu hướng giảm dần.

3.4. Mối tương quan giữa tỉ lệ TF/TR và màu tổng

TF, TR và bis flavanol là ba thành phần quyết định màu sắc (màu tổng) của dịch trà. Trong đó, TF có màu vàng sáng, TR có màu nâu đỏ và bis flavanol không màu. Nhìn chung, giữa tỉ lệ TF/TR và màu tổng có mối tương quan mật thiết với nhau. Có thể nói, tỉ lệ TF/TR khác nhau sẽ quyết định màu sắc của dịch trà trích ly. Ngoài ra, TF và TR là sản phẩm do quá trình chuyển hóa catechin dưới sự tác động của PPO và peroxidase [6]. Khi so sánh giữa Hình 2 và 4, mối tương quan diễn ra tương tự như Hình 2 và 3. Nói cách khác, đồ thị tỉ lệ TR/TR và hoạt tính PPO đồng biến với nhau. Kết quả này trùng khớp với Francis Muigai Ngure và cộng sự (2009), N. Subramanian và cộng sự (1999). Nếu chênh lệch hoạt tính PPO giữa mẫu có hoạt tính cao nhất (giai đoạn làm héo 115,65%) và thấp nhất (sau giai đoạn diệt enzyme 19,1%) khoảng 6 lần thì kết quả đó cũng tương tự đối với tỉ lệ TF/TR. Vì vậy, có thể đánh giá biến động hoạt tính PPO thông qua 2 con đường. Một là xác định trực tiếp sự biến động hoạt tính PPO. Hai là xác định theo

con đường gián tiếp giữa sự biến đổi tannin (cơ chất) và tỉ lệ TF/TR (sản phẩm).



Hình 4. Biến động màu tổng và tỉ lệ TF/TR

- | | | |
|---------------------|-------------------------|---------------------------------|
| 1 – Trà tươi | 4 – Trà sau quay thơm 1 | 7 – Trà sau xào bắt hoạt enzyme |
| 2 – Trà sau làm héo | 5 – Trà sau ủ 2 | |
| 3 – Trà sau ủ 1 | 6 – Trà sau quay thơm 2 | |

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu cung cấp đồ thị biến động hàm lượng TPP, tannin, TF, TR và màu tổng. Hàm lượng TPP dao động trong khoảng 7 – 12% HLCK, có sự tăng nhẹ ở giai đoạn sau ủ 1 và sau quay thơm 2 và sau đó giảm mạnh ở các giai đoạn sau đó. Hàm lượng tannin tăng nhẹ ở giai đoạn làm héo, sau đó giảm nhẹ và gần như không đổi từ giai đoạn ủ 1 – quay thơm 2. Sau 2 lần quay thơm, lá trà chịu sự cọ xát cơ học tạo điều kiện cho PPO tiếp xúc với cơ chất dẫn đến sự giảm đột ngột hàm lượng tannin ở mẫu trà sau xào bắt hoạt enzyme. Sau khi xào bắt hoạt

enzyme, sự giảm hàm lượng tannin ở giai đoạn xào bắt hoạt enzyme và thành phẩm gây ra do tác động của quá trình sấy tách ẩm. Kết quả cho thấy sự biến động tỉ lệ TF/TR biểu thị mối quan hệ tương quan với màu sắc (màu tổng) của dịch trà Oolong.

LỜI CẢM ƠN: Xin gửi lời cảm ơn chân thành đến Công ty Cổ phần chế biến hàng xuất khẩu Cầu Tre đã tài trợ cho dự án. Xin cảm ơn các anh chị trong Nhà máy Trà Cầu Tre đã nhiệt tình giúp đỡ, hỗ trợ trong việc lấy mẫu, tham quan Nhà máy. Cảm ơn các Thầy Cô ở hai Trường Đại học Bách Khoa và Trường Đại học Nông Lâm đã tạo điều kiện cho chúng tôi hoàn thành dự án này.

Changes of phenolic compounds of tea leaves during Oolong tea process

- **Nguyen Ngoc Tram**

- **Huynh Ngoc Oanh**

University of Technology, VNU- HCM

- **Phan Phuoc Hien**

Nong Lam University, HCMC

ABSTRACT:

It was believed that provided photographs of changes of total polyphenols (TPP), tannin, theaflavins (TF), thearubigins (TR) contents and total colour liquids. Green tea leaves were going through the stages: fresh tea → withering → incubated 1 → aromatic spin 1 → incubated 2 → aromatic spin 2 →fried inactivated enzymes. Tea samples in the stages were provided by Cau Tre tea factory. Tea samples were divided into two groups: the activated and inactivated

enzyme groups – microwave was applied to treated the activated enzyme one. Tea samples after the inactivation were conducted. The results showed that TPP and tannin contents generally decreased. Changes of theaflavin contents were contrast to tannin contents. On the other hand, theaflavin and thearubigin are the major polyphenols that determine on the quality of Oolong tea.

Key words: phenolic compounds, polyphenol, microwave-treated, Oolong tea, tannin, theaflavin, thearubigin.

REFERENCE

- [1]. L. P. Wright, Mphangwe, N. K., Nyirenda, H., & Apostolides, Z., " Analysis of the theaflavin composition in black tea (*Camellia sinensis*) predicting the quality of black tea produced in Central and Southern Africa," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 82, pp. 517–525, 2002.
- [2]. P. O. Owuor, & Obanda, M., "The effects of some agronomic and processing practices and clones on the relative composition of the individual theaflavins in the black tea," *Food Science and Technology International (Tokyo)*, vol. 3, pp. 344–347, 1997.
- [3]. A. K. Biswas, Biswas, A. K., & Sarkar, A., "Biological and chemical factors affecting the valuations of North-East Indian plain teas," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 24, pp. 1457–1477, 1973.
- [4]. M. Obanda, Owuor, P. O., & Mang’oka, R., " Changes in the chemical and sensory quality parameters of black tea due to variations of fermentation time and temperature," *Food Chemistry*, vol. 75, pp. 395–404, 2001.
- [5]. S. N. Stephen Thanaraj, "Influence of Polyphenol Oxidase Activity and Polyphenol Content of Tea Shoot on Quality of Black Tea," *Journal of the*

- Science of Food and Agriculture*, vol. 51, pp. 57-69, 1990.
- [6]. Francis Muigai Ngure et al, "Catechins depletion patterns in relation to theaflavin and thearubigins formation," *Food Chemistry*, vol. 115, pp. 8-14, 2009.
- [7]. N. Subramanian et al, "Role of Polyphenol Oxidase and Peroxidase in the Generation of Black Tea Theaflavins," *Journal of Agriculture Food Chemistry*, vol. 47, p. 2571-2578, 1999.
- [8]. Pham Thanh Quan et al., "Microwave-assisted extraction of polyphenols from fresh tea shoot," *Tạp chí phát triển Khoa học và Công nghệ*, vol. 9, pp. 69-75, 2006.
- [9]. Giang Trung Khoa và cộng sự, "Ảnh hưởng của nguồn nguyên liệu đến thành phần hóa học cơ bản của giống chè trung du (*Camellia sinensis* var. *sinensis*)," *Tạp chí Khoa học và Phát triển*, vol. 11, pp. 373-379, 2013.
- [10]. Ngô Xuân Cường và cộng sự, "Ảnh hưởng của quá trình làm héo nhẹ đến chất lượng nguyên liệu và sản phẩm chè xanh," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ các Trường ĐH Kỹ Thuật*, vol. 70, pp. 90-95, 2009.
- [11]. Hoàng Thị Lê Thu và cộng sự, "Ảnh hưởng của phân bón và đốn đến năng suất, chất lượng nguyên liệu chế biến chè oolong tại Phú Thọ," *Tạp chí Khoa học và Phát triển*, vol. 11, pp. 492-500, 2013.
- [12]. Pradip K. Mahanta et al., "Changes of Polyphenol Oxidase and Peroxidase Activities and Pigment Composition of Some Manufactured Black Teas (*Camellia sinensis* L.)," *Journal of Agriculture Food Chemistry*, vol. 41, pp. 272-276, 1993.
- [13]. Ramaswamy Ravichandran and Ramaswamy Parthiban, "Changes in enzyme activities (polyphenol oxidase and phenylalanine ammonia lyase) with type of tea leaf and during black tea manufacture and the effect of enzyme supplementation of dhoool on black tea quality," *Food Chemistry*, vol. 62, pp. 277-281, 1998.
- [14]. L.H. Yao et al., "Phenolic compounds in tea from Australian supermarkets," *Food Chemistry*, vol. 96, pp. 614-620, 2006.
- [15]. P.P. Srivastav Ch. Someswararao, "A novel technology for production of instant tea powder from the existing black tea manufacturing process," *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, vol. 16, 2012.
- [16]. Vũ Thị Thu và cộng sự, *Các hợp chất hóa học có trong chè và một số phương pháp phân tích thông dụng trong sản xuất chè ở Việt Nam*: NXB Nông Nghiệp, 2001.
- [17]. Oosawa K Takeo T, "Photometric analysis and statistical evaluation of black tea infusion," *Bull National Res Inst Tea (Japan)*, vol. 12, pp. 125-181, 1976.
- [18]. E. A. Braude, "Studies in light absorption. Part I. p-Benzoquinones," *Chemistry Society*, vol. 45, pp. 490-497, 1945.
- [19]. Ashugulati et al., "Application of Enhanced-Quality Green Tea," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 51, p. 4764-4768, 2003.
- [20]. Qing-Han Gao et al., "Effect of Drying of Jujubes (*Ziziphus jujuba* Mill.) on the Contents of Sugars, Organic Acids, α -Tocopherol, β -Carotene, and Phenolic Compounds," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 60, p. 9642-9648, 2012.
- [21]. Tập thể giáo viên bộ môn Cây Nhiệt Đới, *Hóa sinh chè*. Trường Đại học Bách khoa Hà Nội: Nhà xuất bản Đại học Bách khoa Hà Nội., 1984.