

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỞ HÀ NỘI



ĐỒ ÁN THẠC SĨ

CHUYÊN NGÀNH: CÔNG NGHỆ SINH HỌC

**NGHIÊN CỨU QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ CHẾ BIẾN
CHÈ PHỔ NHĨ TỪ GIỐNG CHÈ TRUNG DU BÚP TÍM,
QUY MÔ 200KG NGUYÊN LIỆU TƯƠI/MẺ**

PHẠM MINH TUẤN

HÀ NỘI - 2026

**BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC MỞ HÀ NỘI**



ĐỒ ÁN THẠC SĨ

**NGHIÊN CỨU QUY TRÌNH CÔNG NGHỆ CHẾ BIẾN
CHÈ PHỔ NHĨ TỪ GIỐNG CHÈ TRUNG DU BÚP TÍM,
QUY MÔ 200KG NGUYÊN LIỆU TƯƠI/MẺ**

PHẠM MINH TUẤN

**CHUYÊN NGÀNH : CÔNG NGHỆ SINH HỌC
MÃ NGÀNH: 8420201**

**GIÁO VIÊN HƯỚNG DẪN 1: TS. Nguyễn Tất Thắng
GIÁO VIÊN HƯỚNG DẪN 2: TS. Nguyễn Thị Hương**

HÀ NỘI - 2026

MỤC LỤC

1. ĐẶT VẤN ĐỀ	1
1.1. Tính cấp thiết của đề tài	1
1.2. Mục tiêu của đề tài	3
1.3. Nội dung nghiên cứu	3
2. TỔNG QUAN TÀI LIỆU	3
2.1. Tổng quan về cây chè Trung Du	3
2.1.1. Tổng quan chung	3
2.1.2. Thành phần sinh hóa của chè Trung du búp tím	5
2.1.3. Lợi ích dược lý có lợi của cây chè	7
2.2. Tổng quan về chè Phổ nhĩ	9
2.2.1. Định nghĩa, tình hình sản xuất chè Phổ nhĩ tại Việt Nam	9
2.2.2. Các công nghệ sản xuất chè Phổ nhĩ	12
2.2.3. Thành phần hoá học và những biến đổi chủ yếu trong quá trình lên men chè Phổ nhĩ	16
2.2.4. Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng chè phổ nhĩ trong quá trình chế biến	19
3. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	24
3.1. Vật liệu nghiên cứu:	24
3.1.1. Đối tượng nghiên cứu	24
3.1.2. Hóa chất, dụng cụ và thiết bị	24
3.2. Thời gian nghiên cứu:	25
3.3. Địa điểm nghiên cứu:	25

3.4. Phương pháp nghiên cứu:	25
3.4.1. Nội dung 1: Xây dựng tiêu chuẩn nguyên liệu cho chế biến chè Phở nhĩ 25	
3.4.2. Nội dung 2: Nghiên cứu công nghệ chế biến chè Phở nhĩ	26
3.4.3. Nội dung 3: Tối ưu hóa quy trình lên men chè Phở nhĩ	28
3.4.4. Nội dung 4: Xây dựng quy trình công nghệ chế biến chè Phở nhĩ, quy mô 200kg nguyên liệu tươi/mẻ	28
3.5. Các phương pháp phân tích	28
4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU	31
4.1. Nghiên cứu đặc tính, thành phần hoá học của của nguyên liệu và xây dựng tiêu chuẩn nguyên liệu cho chế biến chè Phở nhĩ	31
4.2. Nghiên cứu công nghệ chế biến chè Phở nhĩ	35
4.2.1. Nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình diệt men (nhiệt độ, thời gian) đến chất lượng của búp chè Trung du nguyên liệu	35
4.2.2. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình làm khô đến chất lượng của chè Phở nhĩ	38
4.2.3. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình lên men (ủ đông): độ ẩm nguyên liệu, nhiệt độ lên men, thời gian lên men đến chất lượng của chè Phở nhĩ	40
4.2.4. Ảnh hưởng của quá trình sấy đến chất lượng chè Phở nhĩ	48
4.3. Tối ưu hóa quy trình sản xuất chè Phở nhĩ	49
4.3.1. Thiết kế mô hình thí nghiệm	49
4.3.2. Đánh giá mô hình dự đoán	50
4.3.3. Khảo sát mối quan hệ giữa biến độc lập và biến phụ thuộc	53

4.3.4. Xác định giá trị tối ưu và biến đầu vào	54
4.3.5. Thực nghiệm kiểm chứng.....	55
4.4. Xây dựng quy trình công nghệ chế biến chè Phở nhĩ, quy mô 200 kg nguyên liệu/mẻ	56
4.4.1. Quy trình công nghệ chế biến chè Phở nhĩ, quy mô 200 kg nguyên liệu/mẻ.....	56
4.4.2. Đánh giá chất lượng chè phở nhĩ sản xuất ở quy mô 200 kg nguyên liệu tươi/mẻ	58
KẾT LUẬN	60
KIẾN NGHỊ	60
TÀI LIỆU THAM KHẢO.....	61

DANH MỤC BẢNG

Bảng 1. Phẩm cấp nguyên liệu của giống chè Trung du búp tím	6
Bảng 2. Thành phần sinh hóa của búp chè 1 tôm 3 lá giống Trung du búp tím	6
Bảng 1. Ảnh hưởng của vùng trồng và mùa vụ thu hoạch đến chất lượng.....	32
của búp chè Trung du búp tím.....	32
Bảng 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình diệt men	36
Bảng 3. Ảnh hưởng của thời gian diệt men	37
Bảng 4. Đánh giá chỉ tiêu cảm quan chè trong thời gian làm khô	38
Bảng 5. Lượng nước cần bổ sung để chè có độ ẩm đã định	41
Bảng 6. Ảnh hưởng của độ ẩm đến chất lượng chè phổ nhĩ.....	42
Bảng 7. Ảnh hưởng của độ ẩm đến chất lượng cảm quan chè phổ nhĩ.....	42
Bảng 8. Ảnh hưởng của nhiệt độ lên men đến chất lượng chè Phổ nhĩ.....	44
Bảng 9. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến chất lượng cảm quan chè Phổ nhĩ	44
Bảng 10. Ảnh hưởng của thời gian lên men đến hàm lượng các hoạt chất sinh học của chè Phổ nhĩ	45
Bảng 11. Ảnh hưởng của thời gian lên men đến chất lượng cảm quan	47
của chè Phổ nhĩ	47
Bảng 12. Ảnh hưởng của quá trình sấy đến chất lượng chè Phổ nhĩ.....	48
Bảng 13. Mã hoá thiết kế các biến độc lập và biến phụ thuộc.....	49
Bảng 16. Mô hình thiết kế thí nghiệm Box-Behnken và kết quả thực nghiệm.....	50
Bảng 17. Phân tích hệ số tương quan của các yếu tố đến hàm lượng tanin.....	51
và hàm lượng chất hoà tan	51
Bảng 18. Kết quả đánh giá khả năng dự đoán của mô hình.....	52
Bảng 19. Khoảng giới hạn và mức kỳ vọng của các biến phụ thuộc	54
Bảng 20. Kết quả kiểm chứng thực nghiệm mô hình tối ưu hóa	55
Bảng 21. Đánh giá chất lượng chè Phổ nhĩ, quy mô 200kg nguyên liệu/mẻ.....	58

DANH MỤC HÌNH

Hình 2.1. Chè Trung du búp tím được trồng tại Phú Thọ	4
Hình 2.2. Chè Trung Du búp tím	7
Hình 2.3. Chè Phở nhĩ	11
Hình 2.4. Chè Phở nhĩ của Vân Nam - Trung Quốc	13
Hình 4.1. Quá trình diệt men.....	35
Hình 4.2. Ảnh hưởng của quá trình làm khô đến chất lượng của chè Phở nhĩ	38
Hình 4.3. Sự biến đổi độ ẩm của chè Trung du búp tím trong quá trình lên men	40
Hình 4.4. Đồ thị biểu diễn sự biến đổi nhiệt độ của chè Phở nhĩ.....	43
theo thời gian lên men.....	43
Hình 4.5. Ảnh hưởng của thời gian lên men đến hàm lượng tanin của chè Phở nhĩ.....	45
Hình 4.6. Ảnh hưởng của thời gian lên men đến hàm lượng chất hoà tan	46
của chè Phở nhĩ	46
Hình 4.7. Số liệu thực nghiệm so với dự đoán của hàm lượng tanin.....	52
và hàm lượng chất hoà tan	52
Hình 4.8. Ảnh hưởng của các yếu tố khảo sát lên hàm lượng tanin tổng số	53
Hình 4.9. Ảnh hưởng của các yếu tố khảo sát lên hàm lượng chất hoà tan.....	53
Hình 4.10. Hàm kỳ vọng và điều kiện tối ưu hàm lượng tanin,.....	55
hàm lượng chất hoà tan	55
Hình 4.11. Sơ đồ quy trình công nghệ chế biến chè Phở nhĩ,.....	57
quy mô 200kg nguyên liệu/ mẻ.....	57

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

1.1. Tính cấp thiết của đề tài

Theo thống kê của tổ chức Nông Lương Liên hợp Quốc (FAO), chè là thức uống được tiêu thụ rộng rãi trên thế giới và có vai trò kinh tế quan trọng, với giá trị sản xuất chè toàn cầu hàng năm lên tới hơn 17 tỷ USD, trong khi thương mại chè thế giới đạt trị giá khoảng 9,5 tỷ USD, chiếm một nguồn thu nhập xuất khẩu quan trọng. Theo FAO dự báo, sản lượng chè xanh toàn cầu dự báo sẽ còn tăng nhanh hơn, khoảng 7,5% mỗi năm, đạt 6,3 triệu tấn vào 2030.

Hiện nay, Việt Nam là nước đứng thứ 5 trên thế giới về xuất khẩu chè, đứng thứ 7 về sản xuất chè toàn cầu. Sản phẩm chè của Việt Nam được xuất sang 74 quốc gia và vùng lãnh thổ với khối lượng xuất khẩu năm 2019 gần 140.000 tấn, kim ngạch 245 triệu USD, giá bình quân 1.756 USD/tấn. Năm 2021, xuất khẩu chè cả nước giảm xuống 126.800 tấn, kim ngạch đạt 213,9 triệu USD, giá trung bình 1.686 USD/tấn.

Tuy nhiên, theo thống kê của Hiệp hội chè Việt Nam, khoảng 90% sản lượng chè của nước ta xuất khẩu ở dạng thô, nguyên liệu và chủ yếu được tiêu thụ dưới thương hiệu của các nhà nhập khẩu, giá chè xuất khẩu của Việt Nam chỉ bằng 60% - 70% giá bình quân trên thế giới. Điều này chứng tỏ sản lượng xuất khẩu chè của nước ta lớn nhưng mang lại giá trị gia tăng thấp. Trong những năm gần đây, Chính phủ nước ta đã ban hành nhiều chủ trương và biện pháp thúc đẩy phát triển ngành chè theo chuỗi giá trị, nhiều vùng chè cao sản, chè hữu cơ đã được hình thành và mở rộng trên địa bàn các tỉnh Trung du và miền núi phía Bắc như Thái Nguyên, Phú Thọ, Yên Bái, Hà Giang,... và đạt tiêu chuẩn VietGap. Tuy nhiên, những mô hình này tham gia vào chuỗi giá trị chủ yếu ở khâu trồng trọt và canh tác, còn ở khâu sơ chế, chế biến sâu và đa dạng hóa sản phẩm vẫn còn nhiều hạn chế bất cập. Đây cũng chính là một trong những yếu tố làm cản trở tốc độ tăng trưởng của ngành chè nước ta trong thời gian qua.

Chè có nhiều tác dụng tốt cho sức khỏe như hỗ trợ phòng chống ung thư (ung thư gan, dạ dày, phổi, tiền liệt, ung thư vú,...); ngăn ngừa bệnh thoái hóa thần kinh (Alzheimer, parkinson); chống lão hóa và bảo vệ tim mạch. Nhờ những phương pháp

nghiên cứu hiện đại, các nhà khoa học đã chứng minh được những tác dụng về mặt dược lý và sinh lý của chè chủ yếu dựa vào khả năng kháng oxy hóa, kháng khuẩn, kháng nấm và kháng virus của nhóm hợp chất catechin có trong chè, điển hình là epigallocatechin gallate (EGCG).

Theo các báo cáo phân tích về xu hướng tiêu dùng hiện nay, nhu cầu tiêu thụ chè của người trung niên và lớn tuổi luôn cao và ở mức ổn định. Bên cạnh đó, nhu cầu tiêu thụ chè của giới trẻ cũng đang có xu hướng tăng cùng với sự thay đổi mạnh mẽ về thị hiếu. Người tiêu dùng đang hướng tới việc lựa chọn những sản phẩm tốt cho sức khỏe, an toàn, tự nhiên, có nguồn gốc xuất xứ rõ ràng, tiện lợi, nhanh chóng và có tính thẩm mỹ. Chính vì vậy, bên cạnh việc nâng cao năng suất, chất lượng chè thì việc đổi mới quy trình công nghệ sản xuất, chế biến tinh sâu các sản phẩm từ chè đồng bộ theo chuỗi giá trị là việc làm cần thiết để nâng cao giá trị gia tăng và phát triển bền vững ngành chè của Việt Nam.

Chè phổ nhĩ là một loại chè đen được lên men theo phương pháp truyền thống. Trong vòng hơn 2 thập kỷ gần đây, chè phổ nhĩ là một trong những sản phẩm chè có doanh thu không ngừng tăng theo thời gian. Giá chè phổ nhĩ rất đắt và được nâng tầm giá trị theo thời gian. Người tiêu dùng tại một số quốc gia trên thế giới rất ưa chuộng loại chè này do hương vị riêng biệt và độc đáo cũng như những lợi ích sức khỏe mà chúng mang lại. Chè phổ nhĩ Trung Quốc thường được sản xuất từ chè đen có phẩm chất tốt. Hàm lượng các hoạt chất (tanin, chất hòa tan,...) của chè đen ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng chè phổ nhĩ. Do vậy, các kỹ thuật sản xuất chè đen rất quan trọng, từ công nghệ làm héo, diệt men đến công nghệ ủ, phơi đều cần được nghiên cứu khi sử dụng chè Trung du làm nguyên liệu để sản xuất chè phổ nhĩ.

Xuất phát từ những lý do trên, với mong muốn tạo ra các sản phẩm thực phẩm có ý nghĩa khoa học và thực tiễn cao từ chè Trung du, chúng tôi tiến hành thực hiện đề tài: *“Nghiên cứu quy trình công nghệ chế biến chè phổ nhĩ từ giống chè Trung Du búp tím, quy mô 200kg nguyên liệu tươi/mẻ”*.

1.2. Mục tiêu của đề tài

Xây dựng được quy trình công nghệ chế biến chè Phổ nhĩ từ giống chè Trung du búp tím, quy mô 200kg nguyên liệu tươi/mẻ

1.3. Nội dung nghiên cứu

Nội dung 1: Nghiên cứu đặc tính, thành phần hoá học của của nguyên liệu và xây dựng tiêu chuẩn nguyên liệu cho chế biến chè Phổ nhĩ

Nội dung 2: Nghiên cứu công nghệ chế biến chè Phổ nhĩ

Nội dung 3: Tối ưu hóa quy trình sản xuất chè Phổ nhĩ

Nội dung 4: Xây dựng quy trình công nghệ chế biến chè Phổ nhĩ, quy mô 200 kg nguyên liệu tươi/mẻ.

2. TỔNG QUAN TÀI LIỆU

2.1. Tổng quan về cây chè Trung Du

2.1.1. Tổng quan chung

Chè trung du (*Camellia sinensis* var. *macrophylla*), hay còn gọi là chè ta, là một trong những giống chè cổ truyền lâu đời nhất của Việt Nam, gắn liền với lịch sử phát triển ngành chè nước ta. Được trồng chủ yếu ở vùng trung du miền Bắc, giống chè này không chỉ mang giá trị kinh tế mà còn là biểu tượng văn hóa của các vùng đất như Thái Nguyên, Phú Thọ, Yên Bái.... Với khả năng thích nghi cao với điều kiện khí hậu, thổ nhưỡng địa phương, chè trung du đã góp phần quan trọng vào việc đưa Việt Nam trở thành một trong những quốc gia xuất khẩu chè hàng đầu thế giới.

Hiện nay, Việt Nam có 3 khu vực trọng điểm trồng chè, bao gồm: khu vực Trung du và miền núi phía Bắc, khu vực duyên hải Nam Trung bộ và khu vực Tây Nguyên. Nước ta có 6 vùng chè lớn: vùng chè Tây Bắc, vùng chè Việt Bắc - Hoàng Liên Sơn, vùng chè trung du Bắc bộ, vùng chè Bắc Trung bộ, vùng chè Tây Nguyên, vùng chè duyên hải miền Trung. Theo Hiệp hội Chè Việt Nam, tính đến năm 2024, chè được trồng tại 34 tỉnh thành với tổng diện tích khoảng 120-130 nghìn ha, sản lượng đạt khoảng 1 triệu tấn búp tươi, tương đương 190-230 nghìn tấn chè khô. Điều này cho thấy vai trò quan trọng của chè trung du trong bức tranh tổng thể ngành chè, dù ngày nay các giống lai đang chiếm ưu thế về năng suất.

Khu vực Trung du và các tỉnh miền núi phía Bắc, có vùng chè lớn nhất Việt Nam, chiếm khoảng 70% diện tích trồng chè cả nước; kể đến là vùng Tây Nguyên với khoảng 19%; vùng Bắc Trung bộ và Duyên hải miền Trung có diện tích chè chiếm 7,0% và khu vực đồng bằng Bắc bộ 4,0%. Một số địa phương có diện tích chè lớn như Thái Nguyên (22,3 nghìn ha), Hà Giang (21,5 nghìn ha), Phú Thọ (16,1 nghìn ha), Lâm Đồng (10,8 nghìn ha),...



Hình 2.1 Chè Trung du búp tím được trồng tại Phú Thọ

Nước ta, hiện nay có trên 173 giống chè các loại đảm bảo chất lượng và cho năng suất cao, với các hương vị đặc biệt được thế giới ưa chuộng như: Chè shan, PH1, LDP1, LDP2, PT14 và các giống chè nhập nội như PT95, Kim Tuyên, Bát Tiên, Tứ Quý Xuân,... Tuy nhiên, phổ biến nhất vẫn là các giống chè Trung Quốc lá to (*Camellia sinensis* var. *Macrophylla*), chiếm khoảng 45% diện tích trồng chè cả nước. Tiếp đến là giống chè Shan (*Camellia sinensis* var. *Shan*) chiếm diện tích 24%. Cả hai giống này đều có năng suất cao và phẩm chất tốt. Đặc biệt, giống chè Trung du búp tím được xem là một nguồn gen tự nhiên vô cùng quý hiếm, có giá trị kinh tế và giá trị y dược rất cao. Hiện chúng là nguồn nguyên liệu để sản xuất chè sạch, chè chất lượng cao mang lại giá trị gia tăng cao.

- Giống chè Trung Quốc lá to được trồng nhiều nhất ở vùng Trung du với các tên gọi của địa phương (tùy theo màu sắc của lá) như: Trung du lá xanh, Trung du lá tím, Trung du lá vàng,... Tỷ lệ trồng các giống chè Trung du ở miền Bắc đạt tới 70%. Năng suất búp trong sản xuất đại trà khi chè 5 - 19 tuổi thường đạt 8 - 9,5 tấn/ha.

- *Đặc điểm thực vật:*

Thân và cành: Cây chè Trung du thuộc loại hình thân gỗ nhỏ, cao tới 5m, thân thẳng và tròn, phân nhánh liên tục thành một hệ thống cành và chồi, chiều cao phân cành thấp.

- Hoa chè: bắt đầu nở khi cây chè đạt 2 - 3 tuổi, hoa mọc từ chồi sinh thực ở nách lá. Cây chè có hoa lưỡng tính, tràng hoa có 5 - 9 cánh màu trắng hay phớt hồng. Bộ nhị đực của hoa có 100 - 400 cái, trung bình có 200 - 300 cái.

- Quả chè: Quả chè là loại quả có 1 - 4 hạt, có hình tròn, tam giác hoặc hình vuông, quả chè thường mọc thành từng chùm ba, ban đầu có màu xanh của chồi.

- Lá chè: mọc cách nhau trên cành, mỗi đốt có một lá. Lá to trung bình, chiều dài lá từ 12 - 14cm, chiều rộng lá từ 5 - 7cm, có màu xanh nhạt và bóng hoặc là màu tím.

- Búp chè: là đoạn non của cành chè, gồm có tôm và 1 - 3 lá non, trọng lượng bình quân của búp từ 0,7 - 0,78 g/búp. Búp chè là nguyên liệu chính để sản xuất các sản phẩm chè.

2.1.2. Thành phần sinh hóa của chè Trung du búp tím

Chè Trung du búp tím (*Camellia sinensis* var.) là một biến chủng của giống chè Trung du, có đặc điểm lá chè nhỏ, mỏng, thuôn dài, lá và búp màu tím, mặt trên của lá tím nhạt sau chuyển thành xanh, mặt dưới tím đậm. Hiện nay, chè trung du búp tím được trồng chủ yếu tại tỉnh Phú Thọ và Thái Nguyên.

Chè trung du búp tím có khoảng 43 biến thể khác nhau, chẳng hạn như tím lá, tím búp, cuống tím lá xanh, cả cuống và lá đều tím, tím phớt hồng, tím tía hay tím đen. Những biến thể này làm phong phú thêm nguồn gen quý của Việt Nam, nhưng cũng đặt ra thách thức trong việc bảo tồn. Vì được trồng chủ yếu bằng hạt, quần thể chè không đồng đều, dẫn đến năng suất thấp hơn so với giống lai – chỉ khoảng một nửa hoặc thấp hơn. Tuy nhiên, giá trị kinh tế của nó cao hơn nhờ chất lượng vượt trội. Ở Phú Thọ, chè búp tím đã tồn tại từ lâu đời trên vùng đất Thanh Ba, là dòng chè chứa nguồn gen quý, mang bản sắc văn hóa địa phương. Mỗi búp chè là kết tinh của thổ nhưỡng, khí hậu, tạo nên hương vị rất đặc trưng.

Kết quả đánh giá phẩm cấp nguyên liệu chè Trung du búp tím (bảng 1) cho thấy tỷ lệ chè loại A + B đạt trên 70%.

Bảng 1. Phẩm cấp nguyên liệu của giống chè Trung du búp tím

TT	Thời vụ	Phẩm cấp nguyên liệu chè (%)			
		A	B	C	A + B
1	Vụ Xuân	12,0	60,35	22,18	72,35
2	Vụ Hè	10,21	61,23	28,56	71,44
3	Vụ Thu	11,02	59,45	36,53	70,47
4	Trung bình	11,08	60,34	29,09	71,42

Kết quả phân tích thành phần sinh hoá búp chè 1 tôm 3 lá của giống Trung du búp tím (bảng 2) cho thấy hàm lượng tanin trung bình của giống chè này đều nhỏ hơn 30% ở cả 3 thời vụ. Tuy nhiên, hàm lượng các chất hoà tan, catechin, anthocyanin và chlorophyll đều cao, đạt giá trị cao nhất là ở vụ hè.

Bảng 2. Thành phần sinh hóa của búp chè 1 tôm 3 lá giống Trung du búp tím

TT	Thời vụ	Tanin (%)	Chất hoà tan (%)	Axit amin (%)	Catechin (mg/gck)	Hàm lượng đường khử (%)	Anthocyanin (%)	Chlorophyll (%)
1	Vụ Xuân	27,18	41,47	1,92	131,42	2,84	0,137	7,83
2	Vụ Hè	29,82	43,16	2,29	144,25	2,72	0,105	8,14
3	Vụ Thu	28,60	42,18	2,07	138,56	2,8	0,116	7,56
4	Trung bình	28,63	42,26	2,09	138,08	2,79	0,119	7,84

Một số kết quả nghiên cứu cho thấy hàm lượng các hoạt chất catechin và anthocyanin trong chè búp tím khá cao và do đó sản phẩm chè xanh chế biến từ giống chè Trung du búp tím có giá trị bảo vệ sức khỏe tốt (chống tia phóng xạ, chống oxy hóa,...).



Hình 2.2. Chè Trung Du búp tím

2.1.3. Lợi ích dược lý có lợi của cây chè

2.1.3.1. Tác dụng chống oxy hóa

Catechin, tiêu biểu là EGCG có trong chè, là chất chống oxy hóa mạnh mẽ, có khả năng khử trực tiếp các gốc tự do (ROS) và kích hoạt hệ thống enzyme chống oxy hóa nội sinh như superoxide dismutase (SOD), catalase và glutathione peroxidase. EGCG có hoạt tính chống oxy hóa vượt trội hơn vitamin C khoảng 100 lần và vitamin E khoảng 25 lần. Bằng cách trung hòa ROS, catechin bảo vệ DNA, protein và lipid khỏi tổn thương oxy hóa, giảm stress nguyên nhân gốc rễ của lão hóa và nhiều bệnh mạn tính.

Tác dụng chống oxy hoá của các hợp chất polyphenol, flavonoid, catechin trong chè đã được nghiên cứu, thử nghiệm và đánh giá hiệu quả trong một số bệnh liên quan đến các loại oxygen phản ứng (ROS-reactive oxygen species), như bệnh lão hóa, ung thư, tim mạch và thoái hóa thần kinh.

Senthil Kumaran *et al.* (2008) đã chứng minh EGCG có tác dụng làm giảm sự gia tăng căng thẳng oxy hoá liên quan đến tuổi tác. Khi điều trị cho chuột 24 tháng tuổi ở mức EGCG 100 mg/kg thể trọng mỗi ngày, EGCG đã làm giảm mức độ peroxid hoá lipid và carbonyl hoá protein trong gan. Tác dụng tương tự cũng được quan sát thấy ở cơ xương [47].

2.1.3.2. Tác dụng phòng chống khối u và ung thư

Hiện nay, có nhiều công trình nghiên cứu trên thế giới đã chứng minh tác dụng kìm hãm của các hợp chất Polyphenol chè (điển hình là EGCG) lên sự hình thành,

phát triển và di căn của khối u, chủ yếu bao gồm: ung thư gan, ung thư dạ dày, ung thư phổi, ung thư tuyến tiền liệt, ung thư vú,... Các tác dụng thu được này chủ yếu là do hiệu quả chống oxy hóa cao và chống tăng sinh khối u của các hợp chất Polyphenol chè.

Trong các nghiên cứu lâm sàng, các nghiên cứu cho thấy tác dụng ức chế của EGCG trên các đường truyền tín hiệu EGFR [10]. Kết quả đã công bố cho thấy EGCG có thể ức chế hoạt động tyrosine kinase của EGFR ($IC_{50} = 1-2 \mu M$), ức chế quá trình phosphoryl hóa EGFR, có thể bằng cách thay đổi tổ chức lipid trong màng sinh chất (các bề lipid) và ức chế EGF gắn với EGFR, gây ra sự nội hóa của EGFR thành endosome và do đó tác động trực tiếp đến ức chế tăng trưởng ở tế bào Kyse 150 ung thư thực quản và tế bào A431 ung thư ruột kết, ung thư biểu mô dạng biểu bì ở người.

Masuda M và CS (2002) cho thấy việc ức chế tín hiệu EGFR của EGCG là làm giảm sản xuất VEGFA trong tế bào ung thư biểu mô ở đầu, cổ và vú [39].

Bigelow RL và CS (2006) đã chứng minh EGCG và ECG có tác dụng gây ức chế tín hiệu HGF/Met trong các tế bào biểu mô vú MDA-MB-231. Quá trình phosphoryl hóa do HGF gây ra của HGFR và AKT1 đã bị chặn hoàn toàn bởi $0,6 \mu M$ EGCG và sự xâm lấn tế bào đó đã giảm đáng kể bởi $5 \mu M$ EGCG [19].

Trong số các bệnh lý liên quan đến tuổi và các bệnh thoái hóa thần kinh, EGCG chè xanh cũng cho thấy là có đủ khả năng bảo vệ cơ thể chống lại bệnh Parkinson, Bệnh Alzheimer và tai biến do thiếu máu cục bộ [59].

2.1.3.3. Tác dụng hạ đường huyết

Các polyphenol trong chè có khả năng làm ức chế enzyme alpha-amylase và alpha-glucosidase ở ruột, làm chậm hấp thu glucose, từ đó giảm đỉnh đường huyết sau ăn. Chúng tăng độ nhạy insulin bằng cách kích hoạt đường truyền tín hiệu AMPK và PI3K/Akt, đồng thời bảo vệ tế bào beta tụy khỏi stress oxy hóa.

Wu L.Y. (2004), đã tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của Polyphenol chè xanh đến khả năng dung nạp glucose và độ nhạy insulin ở chuột. Kết quả cho thấy sau 12 tuần bổ sung polyphenol chè xanh (0,075%) hoặc 0,5g bột chè xanh đông khô trong

chế độ ăn đã làm giảm đáng kể nồng độ glucose, isulin, triglyceride và axit béo tự do trong huyết thanh [63].

Trong một nghiên cứu khác, tác giả đã thiết kế thí nghiệm trên 3 nhóm mô hình động vật, trong đó có một nhóm mô hình chuột đái tháo đường type 2 để đánh giá thêm tác động của Polyphenol chè xanh đối với tình trạng kháng isulin, tăng huyết áp và các chất vận chuyển glucose I và IV trong mô mỡ chuột. Kết quả so với nhóm đối chứng, nhóm sử dụng fructose bị tăng đường huyết lúc đói, tăng insulin máu và tăng huyết áp, nhóm sử dụng fructose/chè xanh đã cải thiện đáng kể các khiếm khuyết chuyển hoá cũng như tình trạng kháng insulin và huyết áp [63].

2.1.3.4. Tác dụng kháng khuẩn và chống độc lực

Bên cạnh hoạt tính chống oxy hóa, nhiều nghiên cứu trên thế giới cũng đã chứng minh các hợp chất Polyphenol chè có khả năng kháng được nhiều chủng vi khuẩn gây ngộ độc và kháng độc lực.

Wu L.Y. (2004), đã tiến hành nghiên cứu ảnh hưởng của Polyphenol chè xanh đến khả năng dung nạp glucose và độ nhạy insulin ở chuột. Kết quả cho thấy sau 12 tuần bổ sung polyphenol chè xanh (0,075%) hoặc 0,5g bột chè xanh đông khô trong chế độ ăn đã làm giảm đáng kể nồng độ glucose, isulin, triglyceride và axit béo tự do trong huyết thanh [63].

Pinto M.D (2016) đã công bố các Polyphenol trong chè GTP, chè OTP và chè BTP có thể làm tăng đáng kể Bifidobacterium và Lactobacillus - Enterococcus spp. và sản xuất SCFA, đồng thời hạn chế sự phát triển của Bacteroides - Prevotella và Clostridium histolyticum các nhóm. Việc sử dụng chè giàu Polyphenol sẽ có lợi cho hệ vi sinh vật đường ruột và cải thiện sức khỏe vật chủ. Tính khả dụng sinh học và tác dụng của Polyphenol có thể là do các chất chuyển hóa có hoạt tính sinh học của chúng và tác dụng điều hòa của hệ vi sinh vật đường ruột của con người [42].

2.2. Tổng quan về chè Phổ nhĩ

2.2.1. Định nghĩa, tình hình sản xuất chè Phổ nhĩ tại Việt Nam

- Chè phổ nhĩ là một loại chè đen được lên men theo phương pháp truyền thống. Chè phổ nhĩ có nguồn gốc từ thành phố Phổ nhĩ thuộc tỉnh Vân Nam, Trung Quốc.

Tại Việt Nam, loại trà này đã xuất hiện từ nhiều thế kỷ trước và trở thành thức uống quen thuộc của các dân tộc miền núi như Tày, Dao, Nùng, Thái. Một cách ủ trà độc đáo của người dân địa phương là nhồi trà vào ống tre nửa, rồi ủ kín trên gác bếp, gọi là “trà ống lam”. Khác với các loại trà thông thường như trà xanh, trà ô long hay trà đen, trà Phổ Nhĩ trải qua quá trình biến đổi sinh hóa phức tạp dưới tác động của vi sinh vật sau khi đã được chế biến sơ bộ. Chính quá trình này tạo nên những đặc tính cảm quan và giá trị độc đáo của trà Phổ Nhĩ. Thời gian lên men trà phổ nhĩ có thể kéo dài từ hàng chục đến nhiều trăm năm. Đến thế kỷ 20, nhằm đáp ứng nhu cầu thị trường, các nhà sản xuất đã phát triển phương pháp lên men nhanh (wo dui) để rút ngắn thời gian lão hóa từ hàng chục năm xuống chỉ còn vài tháng. Điều này đánh dấu sự ra đời của trà Phổ Nhĩ chín (ripe Pu-erh). Trong vòng hơn 2 thập kỷ gần đây, chè Phổ Nhĩ là một trong những sản phẩm chè có doanh thu không ngừng tăng theo thời gian. Giá chè phổ nhĩ rất đắt và được nâng tầm giá trị theo thời gian. Người tiêu dùng tại một số quốc gia trên thế giới rất ưa chuộng loại chè này do hương vị riêng biệt và độc đáo cũng như những lợi ích sức khỏe mà chúng mang lại.

Trà Phổ Nhĩ có thể được chia thành hai loại bao gồm trà Phổ Nhĩ sống (sheng Pu-erh) và trà Phổ Nhĩ chín (shou Pu-erh). Trà Phổ Nhĩ sống là dạng truyền thống, không qua quá trình lên men nhân tạo mà để lên men tự nhiên trong quá trình bảo quản. Bánh trà chủ yếu có màu xanh lục và xanh đậm, một số bánh chuyển sang màu đỏ vàng, đầu búp trà màu trắng. Khi mới sản xuất, loại trà này thường có vị chát và hương cỏ xanh rõ rệt, nhưng theo thời gian, dưới tác động của vi sinh vật và môi trường, nó dần trở nên dịu hơn, phát triển hương thơm phức hợp với các nốt hương gỗ, trái cây khô và mật ong. Ngược lại, trà Phổ Nhĩ chín được phát triển vào thế kỷ 20 thông qua kỹ thuật “wo dui” một phương pháp lên men nhân tạo trong điều kiện kiểm soát độ ẩm và nhiệt độ, giúp rút ngắn quá trình lão hóa từ hàng chục năm xuống chỉ còn vài tháng. Bánh có màu đen hoặc nâu đỏ, một số búp trà có màu vàng, vàng sẫm. Loại trà này có màu nước sẫm, vị êm dịu, ít chát và hương thơm đặc trưng của đất ẩm hoặc gỗ mục, phù hợp với thị hiếu của nhiều người tiêu dùng hiện đại.



Chè Phổ nhĩ sống



Chè Phổ nhĩ chín

Hình 2.3. Chè Phổ nhĩ

Chè Phổ nhĩ chứa nhiều hợp chất sinh học quan trọng như polyphenol, catechin, caffeine, axit amin và các hợp chất bay hơi. Trong quá trình lên men, các catechin bị oxy hóa và chuyển hóa thành các hợp chất như theaflavin và thearubigin, góp phần tạo nên màu sắc và vị của trà. Đồng thời, các hợp chất thơm như methoxybenzene, linalool oxide và nhiều dẫn xuất terpene khác được hình thành hoặc gia tăng, tạo nên hương thơm đặc trưng của chè Phổ nhĩ. Hệ vi sinh vật tham gia vào quá trình lên men bao gồm nhiều loài nấm mốc như *Aspergillus*, *Penicillium*, cùng với các vi khuẩn và nấm men khác. Các vi sinh vật này không chỉ phân giải các hợp chất hữu cơ mà còn tổng hợp các chất mới, góp phần định hình đặc tính của trà.

Chè Phổ nhĩ Trung Quốc thường được sản xuất từ chè đen có phẩm chất tốt. Hàm lượng các hoạt chất (tanin, chất hòa tan,...) của chè đen ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng chè phổ nhĩ. Do vậy, các kỹ thuật sản xuất chè đen rất quan trọng, từ công nghệ làm khô, diệt men đến công nghệ ủ, phơi đều cần được nghiên cứu khi sử dụng chè Trung du làm nguyên liệu để sản xuất chè Phổ nhĩ.

Những nghiên cứu đã chỉ ra rằng quá trình lên men là khâu quan trọng nhất để hình thành chất lượng chè Phổ nhĩ. Những chuyển hóa về vật chất do vi sinh vật và enzyme trong thời gian lên men đã tạo nên hương vị riêng biệt và phẩm chất độc đáo cho sản phẩm này, điển hình là sự tạo thành lovastatin từ nấm *Asperillus terreus* - một loại chất được sử dụng để điều trị bệnh mỡ máu, tim mạch, bệnh Alzheimer và

các bệnh về xương,... Chính vì vậy, mục tiêu nghiên cứu của đề tài là tạo ra được sản phẩm chè phổ nhĩ có hương vị và chất lượng tương đương chè phổ nhĩ Trung Quốc. Đặc biệt hơn là tạo ra được chè phổ nhĩ Trung du búp tím có hương vị thơm, giàu hoạt chất anthocyanin và lovastatin trong điều kiện lên men tự nhiên. Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình lên men (độ ẩm, nhiệt độ, nồng độ oxy,...) được nghiên cứu hướng tới việc tạo điều kiện thuận lợi cho hệ vi sinh vật có ích trong chè phát triển ở từng giai đoạn lên men.

2.2.2. Các công nghệ sản xuất chè Phổ nhĩ

2.2.2.1. Quy trình sản xuất

Trên thế giới hiện nay, Trung Quốc là nước có công nghệ chế biến chè Phổ nhĩ bằng phương pháp lên men bởi vi sinh vật phổ biến nhất. Chè Phổ nhĩ có nguồn gốc từ tỉnh Vân Nam, Trung Quốc, chủ yếu được sản xuất ở Xishuangbanna, Kunming, Lincang. Chè Phổ nhĩ Vân Nam được coi là chè chính thống và là sản phẩm có chất lượng tốt. Việc sản xuất chè phổ nhĩ trải qua 2 giai đoạn:

- *Giai đoạn 1:* Từ chè Shan tuyết, sản xuất ra chè vàng. Nguyên liệu được hái trên các cây chè Shan Vân Nam lá to, có mức độ trưởng thành nhất định, nguyên liệu được đưa hong héo đến độ ẩm thích hợp thì đem diệt men, vò nhẹ và ủ. Sau khi ủ, chè được sấy khô và thu được chè vàng. Chè vàng sản phẩm được bán ra thị trường tiêu dùng trực tiếp hoặc được dùng làm nguyên liệu để sản xuất chè lên men.

- *Giai đoạn 2:* Từ chè vàng sản xuất chè lên men do vi sinh vật. Chè vàng được làm ẩm và đưa ủ trong thời gian khá dài (có thể từ 2 đến 3 tháng). Trong quá trình ủ, chè được giữ ở nhiệt độ, độ ẩm khá ổn định, được đảo trộn theo chu kỳ và kiểm tra tính chất của sản phẩm cho đến khi đạt được những tính chất đặc trưng của chè lên men. Trong quá trình ủ (thực chất là quá trình lên men do vi sinh vật) vi sinh vật phát triển làm thay đổi mạnh mẽ những tính chất của chè vàng ban đầu và hình thành những tính chất đặc trưng của chè lên men. Kết thúc quá trình lên men, chè được làm khô. Sản phẩm cuối cùng có thể được ép bánh hoặc ở dạng rời [39]. Chè lên men bảo quản càng lâu giá trị càng cao.

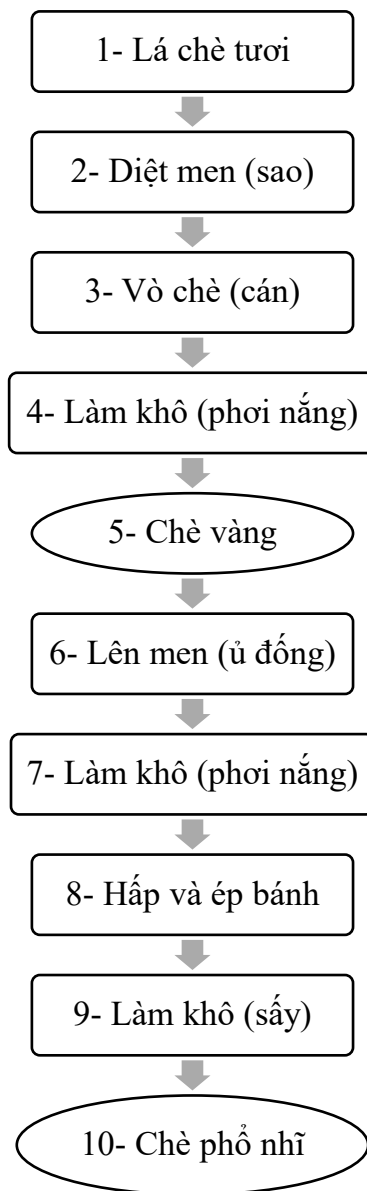


Hình 2.4. Chè Phổ nhĩ của Vân Nam - Trung Quốc

Ở Việt Nam, vấn đề nghiên cứu và sản xuất chè lên men dạng sản phẩm như chè phổ nhĩ của Trung Quốc gần như mới chỉ bắt đầu. Tại các tỉnh miền núi phía Bắc như Hà Giang, Nghĩa Lộ, Lào Cai, đồng bào H'Mông và đồng bào người dao thường lên núi hái búp chè Shan để chế biến thủ công thành chè vàng (hay còn gọi là chè mạn). Búp chè được hái về, làm héo cho bớt nước, sao chín bằng chảo và vò chè bằng tay, sau đó đem ủ và phơi nắng cho đến khô, chè mạn được bảo quản trong các ống tre, nứa hoặc gói bằng lá khô đặt trên gác bếp. Sau một thời gian bảo quản dài, chè cũng bị biến đổi tính chất và hình thành mùi, vị, màu sắc đặc trưng gần giống chè lên men của Trung Quốc.

Hiện nay, hai công ty chè của Việt Nam là công ty chè Hùng Cường tỉnh Hà Giang và công ty chè Lâm Châu tỉnh Lâm Đồng dựa trên kinh nghiệm của Trung Quốc đã tiến hành sản xuất dạng chè tương tự như chè phổ nhĩ của Vân Nam và đặt tên là chè phổ nhĩ Việt Nam. Tuy nhiên do chất lượng thấp, mùi vị và màu sắc thua xa chè bản địa nên giá bán được rất thấp so với giá của chè phổ nhĩ Trung Quốc.

Nhìn chung có thể nói quy trình công nghệ chế biến chè phổ nhĩ hiện nay là sự kết hợp giữa quy trình sản xuất cổ đại và quy trình sản xuất hiện đại (phương pháp lên men đồng). Từ đây hình thành hương vị đặc biệt cho chè phổ nhĩ (Hình 5).



Hình 2.5. Quy trình sản xuất chè phổ nhĩ lên men từ chè vàng

2.2.2.2. Công nghệ sản xuất chè Phổ nhĩ sống (Sheng Pu-erh)

Công nghệ sản xuất Phổ nhĩ sống (Sheng Pu-erh) được xem là phương pháp truyền thống và cổ điển nhất, giữ nguyên những đặc trưng tự nhiên của lá chè. Quy trình của Sheng Pu-erh chủ yếu dựa vào các biến đổi sinh hóa tự nhiên và sự tham gia của vi sinh vật trong quá trình bảo quản lâu dài, do đó mỗi giai đoạn đều phải được kiểm soát cẩn thận để không làm ảnh hưởng đến chất lượng và khả năng lão hóa của trà.

- Quy trình công nghệ sản xuất Phở nhĩ sống cơ bản: Đọt chè → Héo nhẹ → Diệt men → Vò → Phơi/ sấy sơ → Ép bánh → Lão hóa tự nhiên (nhiều năm)

- Đặc điểm công nghệ:

+ Sản phẩm sau khi ép bánh tiếp tục lên men tự nhiên trong quá trình bảo quản dài hạn (từ 1-20 năm hoặc hơn).

+ Dựa vào vi sinh vật tự nhiên trong môi trường và trong lá chè.

+ Quá trình chuyển hóa diễn ra chậm, phụ thuộc mạnh vào điều kiện khí hậu, độ ẩm và lưu trữ.

- Ưu điểm:

+ Hương vị phát triển tự nhiên: tươi mát ban đầu, sau vài năm trở nên trầm ấm, ngọt hậu rất sâu.

+ Lão hóa vô hạn: càng để lâu càng ngon, giá trị cao (trà cổ thụ hàng chục năm).

+ Ít can thiệp công nghiệp → giữ tính truyền thống.

+ Hạn chế nguy cơ nhiễm vi sinh bất lợi vì không trải qua ủ đông.

- Nhược điểm:

+ Thời gian lão hóa dài, đôi khi 5-20 năm mới đạt độ chín.

+ Chất lượng không ổn định, phụ thuộc khí hậu và không gian bảo quản.

+ Sản phẩm mới ép thường đắng, chát mạnh, khó uống với người mới.

2.2.2.3. Công nghệ sản xuất chè Phở nhĩ chín (Shu Pu-erh)

Công nghệ sản xuất Phở nhĩ chín (Shu Pu-erh) là phương pháp lên men nhân tạo có kiểm soát, được phát triển vào thập niên 1970 nhằm rút ngắn thời gian lão hóa tự nhiên của Phở nhĩ sống. Cốt lõi của kỹ thuật này là phương pháp ủ đông - Wo Dui, dựa trên việc điều chỉnh nhiệt độ, độ ẩm và hoạt động vi sinh vật để tái tạo quá trình oxy hóa tự nhiên vốn kéo dài hàng chục năm chỉ trong vài tuần đến vài tháng. Quy trình này cho phép tạo ra sản phẩm có hương vị êm dịu, màu nước đỏ nâu và vị ngọt hậu rõ ngay khi mới sản xuất, phù hợp cho thị trường tiêu thụ nhanh.

- Quy trình công nghệ sản xuất Phở nhĩ chín cơ bản: Đọt chè → Héo nhẹ → Diệt men → Vò → Lên men nhân tạo (ủ đông) → Phơi khô → Ép bánh → Sấy

- Đặc điểm công nghệ:

- + Dùng phương pháp ủ đông (Wo Dui) để đẩy nhanh quá trình lên men.
- + Bổ sung nhiệt và độ ẩm thích hợp, đảo trộn định kỳ để phát triển hệ vi sinh vật tự nhiên.
- + Thời gian lên men được rút ngắn từ vài năm xuống 30-60 ngày.
- Ưu điểm:
 - + Thời gian sản xuất ngắn, chỉ 1-2 tháng.
 - + Có thể sản xuất quanh năm mà không phụ thuộc khí hậu.
 - + Hương vị êm, ngọt, ít chát, dễ uống ngay khi mới sản xuất.
 - + Chi phí thấp hơn Phổ nhĩ sống lâu năm.
- Nhược điểm:
 - + Nguy cơ nhiễm mốc hoặc lên men quá mức nếu kiểm soát ẩm - nhiệt không tốt.
 - + Hương vị đôi khi bị “mùi ủ đông” nếu kỹ thuật kém.
 - + Không đạt độ tinh tế, biến hóa phong phú như Phổ nhĩ sống lâu hóa tự nhiên.
 - + Giá trị sưu tầm thấp hơn.

2.2.3. Thành phần hoá học và những biến đổi chủ yếu trong quá trình lên men chè Phổ nhĩ

Thành phần hoá học của chè Phổ nhĩ phụ thuộc và tính chất ban đầu của nguyên liệu và quy trình công nghệ chế biến. Cho đến nay, các kết quả nghiên cứu về thành phần hoá học của chè phổ nhĩ trong và ngoài nước còn rất ít, chủ yếu phân thành bốn nhóm chất sau:

2.2.3.1. Hợp chất catechin đơn giản và Flavonoids

Qua nghiên cứu của Zhang WenJie (2000); Lin Zhi (2006) và Shao WanFang (1995), hàm lượng catechin và tổng lượng tanin trong chè phổ nhĩ thấp hơn rất nhiều so với chè xanh và chè Ôlong. Trong chè Phổ nhĩ không có hợp chất catechin bị methyl hoá nhưng có sự hiện diện của myricetin ngang bằng với flavonoids. Hàm lượng catechin tổng số trong 7 mẫu nước chè trích ly trung bình khoảng 8,41 mg/g, chủ yếu là epicatechin và các catechin khác, EGCG hàm lượng rất thấp hoặc có thể không định lượng được bằng HPLC, bên cạnh đó là sự gia tăng về hàm lượng của axit gallic [64, 65, 66].

2.2.3.2. Nguyên tố vi lượng

Carmen C (2003) đã tiến hành nghiên cứu các nguyên tố vi lượng (Cr, Mn, Se, Zn) trong chè phổ nhĩ, kết quả phân tích cho thấy hàm lượng Cr trong chè phổ nhĩ cao hơn so với các loại chè khác, còn hàm lượng Mn, Se, Zn không có sự khác biệt nhiều [80].

Kết quả nghiên cứu của J. Cao (2012) cho thấy hàm lượng Flo trong chè phổ nhĩ là 77 mg/kg, hàm lượng Flo sẽ giảm khi chè phổ nhĩ được bảo quản trên 25 năm [50].

2.2.3.3. Lovastatin

Hwang L.S là người đầu tiên phát hiện sự tồn tại của lovastatin trong chè phổ nhĩ, nó là chất trích ly trong nước chè, cùng tồn tại cả 2 hình thức: cấu trúc vòng lacton và cấu trúc của hydroxy acid. Khi dùng dung môi trích ly là ethyl acetate thì chỉ có cấu trúc lacton tồn tại, chất này có khả năng ức chế với men HMG-CoA khử, từ đó làm giảm tốc độ hợp thành enol trong gan và làm giảm chất béo trong máu [54, 56, 58].

2.2.3.4. Các thành phần bay hơi

Zhou Zhi Hong qua nghiên cứu đã chỉ ra rằng thành phần hương thơm chủ yếu của chè xanh là linalool, α -terpineol, geraniol và các dẫn xuất của nó. Thành phần hương thơm đặc biệt quan trọng hình thành trong khối chè lên men là linalool như 1,2,3-trimethoxybenzaldehyde. Rất nhiều khối chè có mùi hương mốc điển hình như 1,2-dimethoxy-4-methyl-benzene,... khả năng là do sự hình thành hợp chất tương ứng thông qua tác dụng của nấm mốc và cả hai cùng xảy ra phản ứng metyl hoá [53].

* Những nghiên cứu về sự biến đổi hoá học trong quá trình lên men chè phổ nhĩ

Lên men là khâu mấu chốt quan trọng trong việc hình thành chất lượng chè phổ nhĩ. Trong quá trình lên men đã xảy ra hàng loạt các biến đổi hoá học như: vị chát giảm, tính hoà tan của đường và các chất hoà tan trong nguyên liệu tăng, mùi vị nồng của nguyên liệu chuyển hoá thành hương vị đậm đà của sản phẩm.

Trong quá trình lên men chè phổ nhĩ, sự biến đổi hàm lượng polyphenol, catechins, thearubigins, oligosaccharides và polysaccharides xảy ra rất rõ rệt. Sau 40

ngày lên men, hàm lượng polyphenol giảm 60%, catechin giảm 80%, flavonoids giảm 55%, thearubigins giảm 90%, oligosaccharides giảm 65%, chất hoà tan giảm 25%. Nhưng sự biến đổi theaflavins, đường tổng số và hàm lượng chất tro không nhiều, ngược lại hàm lượng TB tăng gấp 4,5 lần, polysaccharide hoà tan cũng tăng 5,7 lần [48].

Liang MingZhi và CS (2006) đã nghiên cứu sự biến đổi các tính chất lý hoá trong quá trình lên men chè phổ nhĩ. Kết quả cho thấy hàm lượng nước của chè bán thành phẩm giảm và tỷ lệ nghịch với số lần đảo đồng khối chè, hàm lượng catechin, đường tan, axit amin, polyphenol, protopectin và các chất hòa tan giảm. Tốc độ chuyển hoá trên bề mặt khối chè xảy ra nhanh hơn so với tốc độ chuyển hoá bên dưới khối chè.[34]

Zhe GaiMei đã tiến hành phân tích hàm lượng axit gallic và axit amin trong quá trình lên men chè phổ nhĩ. Kết quả chỉ ra hàm lượng axit gallic tăng cao rõ rệt, nhưng hàm lượng theanine lại giảm, đặc biệt quan hệ giữa sự biến đổi sắc tố chè với axit gallic thể hiện rất rõ, việc xác định chế độ lên men có ý nghĩa quan trọng trong việc hình thành chất lượng chè phổ nhĩ [47].

Trong quá trình lên men, dưới sự tham gia của các enzyme do vi sinh vật tiết ra cùng với tác dụng của nhiệt độ và ẩm độ, polyphenol chè bị oxy hoá tạo sản phẩm là orthoquinone, chất này không ổn định nên dễ trở về dạng flavonoid rồi tiếp tục bị oxy hoá lần hai để tạo thành sản phẩm theaflavins (TF). Tùy theo mức độ lên men, các chất này có thể tiến hành oxy hoá - ngưng tụ để tạo thành thearubigins (TR). Như vậy theaflavin và theaflaingalat (chất màu vàng) là sản phẩm oxy hoá trực tiếp của hỗn hợp các chất L-Epigallocatechin và L-Epigallocatechingalat dưới tác dụng của men polyphenoloxidaza. Thearubigin (chất màu đỏ) không phải là sản phẩm trực tiếp của sự oxi hoá bởi men với 2 catechin nói trên mà là sản phẩm oxi hoá thứ sinh (oxi hoá bước 2) của theaflavin và nhóm chất bisflavanol (không màu). Các catechin còn lại chưa bị oxi hoá chỉ làm nhiệm vụ của chất chuyển hidro trong quá trình hình thành chất thearubidin [18, 20, 28, 32, 60].

2.2.4. Các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng chè phổ nhĩ trong quá trình chế biến

2.2.4.1. Quá trình diệt men và vò chè

Diệt men là quá trình sử dụng nhiệt độ cao để phá huỷ hệ enzyme có trong lá chè nhằm tránh các biến đổi tiếp theo và duy trì chất lượng. Enzyme polyphenol oxidase (PPO) và enzyme peroxidase (POD) là một metalloenzyme có lõi đồng loại III, thuộc nhóm oxidoreductase - một trong những enzyme thiết yếu nhất trong cây chè (*Camellia sinensis*), nó xúc tác quá trình oxy hóa các hợp chất phenolic thành quinon, tạo ra sắc tố nâu (nâu hoá) trong các mô bị thương. Trong quá trình chế biến chè matcha, diệt men công đoạn quan trọng nhằm mục đích ức chế hoạt động của enzyme PPO và enzyme POD, cố định màu sắc, hương vị và giúp lá trà trở nên mềm mại hơn. Sau khi thu hoạch, công đoạn diệt men được tiến hành càng nhanh càng tốt. Thông thường, tùy vào cách thức diệt men của nhà sản xuất sẽ cho ra đời những hương vị chè khác nhau.

- Các biến đổi nguyên liệu trong quá trình diệt men

- **Biến đổi vật lý:** Độ ẩm trong lá chè bị thay đổi, lá chè trở nên mềm, dai và có độ bền cơ học cao hơn.

- **Biến đổi hóa lý:** Dưới tác động của nhiệt độ, một phần ẩm trong chè và các tinh dầu dễ bay hơi. Quá trình này giúp giảm mùi hăng của lá chè tươi.

- **Biến đổi hóa học:** Trong quá trình diệt men, có thể xảy ra phản ứng Maillard, một phản ứng hóa học giữa amino axit và đường, tạo ra các hợp chất mang màu và mùi thơm.

- **Biến đổi hóa sinh:** Sự vô hoạt hóa của enzyme PPO và POD là biến đổi quan trọng nhất trong quá trình diệt men. Trong đó, POD là enzyme bền nhiệt nhất nên nếu enzyme này bị vô hoạt thì tất cả các enzyme khác trong chè cũng bị vô hoạt. Nhiệt độ cao làm ức chế hoàn toàn các enzyme và do đó quá trình trao đổi chất bên trong các tế bào của lá chè đình chỉ.

- Các phương pháp diệt men

a) Phương pháp hấp: Sử dụng hơi nước ở áp suất cao để khử hoạt tính enzyme có trong búp trà tươi. Đây là phương pháp diệt men của người Nhật Bản, sử dụng thiết

bị hấp bằng tải bao gồm khu vực hấp và làm nguội. Các thông số quá trình hấp diệt men được xác định:

- Nhiệt độ hơi nước: 115 - 120°C, để men nấu chín nhanh chóng và diệt khuẩn.
- Áp suất hơi nước: 4 - 6 atm, để tăng áp suất hấp và tạo điều kiện để hơi nước thẩm thấu vào men, tăng hiệu quả diệt khuẩn.
- Chiều cao lớp chè: 15cm, đảm bảo chè nấu chín đều và đồng thời tăng diện tích tiếp xúc giữa men và hơi nước.
- Thời gian hấp: 2 phút, đủ để diệt khuẩn và đảm bảo chất lượng men.

Ưu điểm nổi bật của phương pháp này là enzyme bị vô hoạt trong thời gian ngắn, sản phẩm giữ được màu xanh diệp lục đặc trưng, các thành phần dinh dưỡng được giữ nguyên và tạo ra sản phẩm matcha có hương vị và kết cấu mềm mại.

Nhược điểm của phương pháp này là không giảm được hết mùi hăng của lá chè tươi và độ ẩm vẫn còn khá cao, không loại bỏ hoàn toàn bụi bẩn trên lá chè nên có thể ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm.

b) Phương pháp sao: Sao diệt men là lợi dụng sức nóng của chảo sao hay máy sao kiểu thùng quay đã được đốt nóng để khử các enzyme có trong lá chè và làm cho chè trở nên mềm dẻo chuẩn bị cho giai đoạn vò. Đây là phương pháp diệt men của người Trung Quốc.

Dùng thiết bị bức xạ để diệt men, người ta đốt nóng thành thiết bị nhiệt độ sao $\geq 200^{\circ}\text{C}$. Sao thủ công có tốc độ 40 vòng/phút, nhiệt độ 130 - 150°C, thời gian 2 - 3 phút, thêm 2 - 6 phút để làm giảm độ ẩm [1].

Ưu điểm nổi bật của phương pháp này là khi lá chè tiếp xúc trực tiếp với nhiệt độ cao xảy ra hiện tượng caramen hóa một phần chè làm giảm mùi hăng tươi của chè, do đó tạo ra sản phẩm có mùi vị đa dạng và hương thơm đặc trưng. Độ ẩm lá chè giảm nên có thể định hình ngay sau khi sao diệt men.

Nhược điểm của phương pháp này là khó kiểm soát được nhiệt độ và thời gian diệt men, do đó khó kiểm soát được hiệu quả diệt men, màu sắc cũng như chất lượng sản phẩm.

c) Phương pháp vi sóng:

Vi sóng (sóng siêu cao tần - microwave) là một dạng bức xạ điện từ không ion hóa, có tần số trong khoảng từ 300 MHz tới 300 GHz (bước sóng λ trong khoảng từ 1m tới 1mm), nằm giữa vùng sóng radio (RF) và vùng hồng ngoại + ánh sáng khả kiến. Trong dải vi sóng, các tần số 915 MHz và 2,45 GHz thường sử dụng cho lò vi sóng. Lò vi sóng dân dụng thường sử dụng tần số 2,45 GHz, bước sóng 12,2 cm (4.80 inch), khả năng đâm xuyên vào môi trường vật chất từ 3 - 8 cm. Lò vi sóng công nghiệp lớn thường sử dụng tần số 915 MHz, bước sóng 32,8 cm (12,9 inch), khả năng đâm xuyên cao hơn từ 8 - 22 cm.

Bằng phương thức truyền nhiệt từ trong ra ngoài bề mặt, nhiệt độ bên trong và bên ngoài tăng lên rất nhanh do vậy mức độ diệt men rất nhanh chóng và triệt để. Màu sắc, hương vị, và hình dạng chè sau khi diệt men hầu như không thay đổi. Tuy nhiên, quá trình gia nhiệt bằng vi sóng nếu không được thực hiện ở điều kiện tối ưu sẽ không đảm bảo chất lượng tốt hơn cho thực phẩm sau khi xử lý, quá trình diệt men không đồng nhất. Đặc biệt khi gia nhiệt trên 80°C, các tia bức xạ vi sóng sẽ gây phá hủy cấu trúc và biến dạng phân tử thực phẩm, hình thành hợp chất có hại mới (hợp chất radiolytic).

2.2.4.2. *Quá trình ủ lên men*

Quá trình lên men tự nhiên của chè Phổ Nhĩ diễn ra dưới tác động của quần xã vi sinh vật bản địa tồn tại trên nguyên liệu, thiết bị và môi trường chế biến. Hệ vi sinh vật này thay đổi liên tục theo thời gian ủ và điều kiện công nghệ.

Các biến đổi xảy ra trong quá trình ủ gồm:

- **Biến đổi vật lý:** Trong giai đoạn đầu, do hoạt động hô hấp và trao đổi chất của vi sinh vật, nhiệt độ khối chè tăng dần và có thể hình thành vùng tích tụ nhiệt bên trong khối ủ. Độ ẩm giữa các lớp nguyên liệu phân bố lại, lá chè mềm hơn và cấu trúc mô dần trở nên xốp hơn.
- **Biến đổi hóa học:** Dưới tác động của enzyme vi sinh vật, các hợp chất polyphenol xảy ra quá trình oxy hóa, ngưng tụ và polymer hóa tạo thành các sắc tố và hợp chất có khối lượng phân tử lớn hơn. Catechin giảm dần trong quá trình ủ trong khi hàm lượng các sản phẩm chuyển hóa như theaflavin,

thearubigin hoặc các sắc tố nâu tăng lên. Đồng thời, chlorophyll tiếp tục bị phân hủy làm giảm màu xanh ban đầu và hình thành màu vàng nâu đặc trưng.

- **Biến đổi hóa sinh:** Hoạt động của hệ enzyme vi sinh vật làm phân giải một phần polysaccharide, protein và các hợp chất phức tạp thành đường hòa tan, peptide và amino acid tự do. Các sản phẩm trung gian này tiếp tục tham gia vào phản ứng Maillard và phản ứng tạo hương, góp phần hình thành các hợp chất thơm đặc trưng của chè sau ủ.
- **Biến đổi vi sinh:** Thành phần quần thể vi sinh vật thay đổi liên tục trong quá trình ủ. Giai đoạn đầu thường ưu thế các vi sinh vật thích nghi tốt với môi trường giàu oxy và độ ẩm cao; ở các giai đoạn tiếp theo, khi nhiệt độ và điều kiện môi trường thay đổi, cấu trúc quần xã vi sinh vật cũng biến đổi theo. Sự kế tiếp vi sinh vật này đóng vai trò quan trọng đối với chất lượng cuối cùng của sản phẩm.
- **Biến đổi cảm quan:** Quá trình ủ giúp làm giảm mùi hăng xanh và vị chát mạnh của nguyên liệu ban đầu, đồng thời hình thành hương thơm dịu, mùi lên men đặc trưng, vị mềm và hậu vị ngọt hơn. Nước trà chuyển từ màu vàng xanh sang vàng sẫm hoặc vàng nâu tùy theo mức độ lên men.

Các thông số công nghệ như nhiệt độ, độ ẩm, thời gian ủ, độ dày lớp chè và tần suất đảo trộn ảnh hưởng mạnh đến hoạt động của hệ vi sinh vật và chất lượng sản phẩm. Nếu điều kiện ủ không phù hợp, hệ vi sinh vật có thể phát triển mất cân bằng, gây tích tụ các sản phẩm chuyển hóa không mong muốn hoặc tạo điều kiện cho vi sinh vật tạp phát triển, từ đó làm giảm giá trị cảm quan và độ an toàn của sản phẩm. Vì vậy, việc kiểm soát chặt chẽ điều kiện ủ có ý nghĩa quan trọng trong việc đảm bảo chất lượng và tính ổn định của chè thành phẩm.

2.2.4.3. *Quá trình sấy*

Sấy là một công đoạn quan trọng trong quá trình chế biến matcha, đóng vai trò then chốt trong việc thúc đẩy hình thành hương vị trong bước chế biến chè, đồng thời kéo dài thời hạn sử dụng của trà bằng cách giảm hàm lượng nước [15] và ức chế hoạt động của enzym.[64]

Hiện nay, bên cạnh các phương pháp sấy thông thường như sấy bằng khí nóng, sấy chân không, ... nhiều quy trình sấy chè đã được cải tiến nhờ ứng dụng nhiều kỹ thuật sấy khác nhau: sấy vi sóng, sấy thăng hoa hoặc tích hợp các công nghệ sấy chân không-đông lạnh, chân không-vi sóng. đối với thành phần hoá học, màu chè, loại hương thơm, vi sinh vật và các chất chuyển hóa dễ bay hơi. Tác động của quá trình sấy đến thành phần hóa học, đặc điểm cảm quan và các hợp chất dễ bay hơi trong các loại trà khác nhau đã được báo cáo.

2.2.4.4. *Vai trò của hệ vi sinh vật trong quá trình lên men chè phổ nhĩ*

Nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng nấm mốc là nhóm vi sinh vật chiếm ưu thế trong quá trình lên men, trong đó các chi *Aspergillus* (đặc biệt *Aspergillus niger*), *Penicillium*, *Blastobotrys*, *Rhizomucor* và một số nấm men được phát hiện phổ biến. Ngoài ra, các nhóm vi khuẩn như *Bacillus*, *Lactobacillus*, *Klebsiella* và *Pseudomonas* cũng xuất hiện ở các giai đoạn khác nhau của quá trình lên men và tham gia vào chuyển hóa các hợp chất hữu cơ trong chè.

Vai trò chính của vi sinh vật có thể khái quát như sau:

- Phân giải các hợp chất hữu cơ: Vi sinh vật tiết ra các enzyme như cellulase, pectinase, amylase, protease và một số enzyme oxy hóa, từ đó phân giải một phần carbohydrate, protein và các cấu tử của thành tế bào.

- Biến đổi polyphenol: Các hợp chất catechin và polyphenol bị oxy hóa, polymer hóa hoặc chuyển hóa thành các hợp chất có cấu trúc phức tạp hơn. Đây là một trong những nguyên nhân quan trọng làm chè Phổ Nhĩ chín chuyển từ màu xanh/vàng sang nâu đỏ hoặc nâu sẫm.

- Chuyển hóa carbohydrate: Một phần đường và polysaccharide được vi sinh vật sử dụng làm nguồn carbon, đồng thời tạo ra các sản phẩm chuyển hóa thứ cấp góp phần hình thành hương vị đặc trưng.

- Chuyển hóa protein và amino acid: Quá trình phân giải protein tạo ra peptide và amino acid, sau đó tiếp tục tham gia các phản ứng hóa học và chuyển hóa vi sinh vật, góp phần hình thành vị umami và độ dịu của chè.

- Hình thành các hợp chất tạo hương: Các sản phẩm chuyển hóa như alcohol, acid hữu cơ, ester và các hợp chất dễ bay hơi khác góp phần tạo nên mùi thơm đặc trưng của chè Phổ Nhĩ chín.

- Làm thay đổi cấu trúc và tính chất cảm quan: Hoạt động của hệ enzyme vi sinh vật làm chè trở nên mềm hơn, giảm vị chát và đắng, đồng thời tạo cảm giác uống êm, dịu và hậu vị rõ hơn.

Bên cạnh hệ vi sinh vật, các loại nấm men nấm mốc cũng có vai trò nhất định trong quá trình lên men chè phổ nhĩ. Chúng tiết ra nhiều enzyme phân giải và oxy hóa giúp thúc đẩy quá trình lên men. Ngoài ra còn giúp chuyển hóa đường tạo alcohol và các hợp chất thơm hình thành hương đặc trưng của chè phổ nhĩ.

3. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

3.1. Vật liệu nghiên cứu:

3.1.1. Đối tượng nghiên cứu

Búp chè (1 tôm 3 lá) của giống chè Trung du búp tím được thu hái vào bốn thời vụ trong năm: Xuân, Hạ, Thu, Đông tại các vùng trồng chè ở tỉnh Phú Thọ, Thái Nguyên.

Sau khi thu hái tiến hành sơ chế, lựa chọn ngay (loại bỏ những búp và lá chè bị sâu bệnh, dập nát, thối hỏng), phân loại theo TCVN 1053:1986.

Chè tươi được bảo quản ở nhiệt độ lạnh 5°C.

Chè khô: chè được làm khô đến độ ẩm <5%. Được bảo quản trong túi PS (polystyrene), hút chân không và bảo quản ở nhiệt độ mát 25°C nơi khô ráo thoáng mát.

3.1.2. Hóa chất, dụng cụ và thiết bị

Hóa chất: Thuốc thử Folin - Denis, dung dịch natri cacbonat 7,5%, n-hexan, ethyl acetate, acetone, maltodextrin (DE-20), ethanol, ethyl acetat, Na₂CO₃, thuốc thử Folin-Denis,... Các loại chất chuẩn: EC, (-)epicatechin; ECG, (-)epicatechin-3-gallate; EGCG, (-)epigallocatechin-3-gallate,...

Dụng cụ, thiết bị: Máy sấy đôi lưu memmert (Đức), thiết bị xác định ẩm nhanh (PMB 53 - Adam, Anh), cân phân tích, máy voltex, cân phân tích, máy quang phổ UV - VIS, Bộ chiết hồi lưu, Hệ thống cô quay chân không (Rotovapor R300), Bể siêu âm, Máy ly tâm Mikro 220R (Hettich zentrifugen, Đức), Hệ thống sắc kí HPLC Shimadzu (Nhật Bản) và một số dụng cụ khác như bình cầu 500ml, 1000ml; bình tam giác thể tích; ống nghiệm, cốc đong; ống đong,...

3.2. Thời gian nghiên cứu:

Tháng 11/2025 đến tháng 03/2026

3.3. Địa điểm nghiên cứu:

Trung tâm Nghiên cứu và Kiểm tra chất lượng nông sản thực phẩm - Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch

3.4. Phương pháp nghiên cứu:

3.4.1. Nội dung 1: Xây dựng tiêu chuẩn nguyên liệu cho chế biến chè Phổ Nhĩ

3.4.1.1. Nghiên cứu ảnh hưởng của vùng trồng, mùa vụ thu hoạch đến chất lượng nguyên liệu

- Mục đích: Phân tích hàm lượng một số hợp chất hóa học có trong búp chè Trung du búp tím tại các vùng trồng và mùa vụ thu hoạch làm cơ sở định hướng lựa chọn vùng cung cấp nguyên liệu và mùa vụ thu hoạch cho chế biến Phổ Nhĩ.

- Phương pháp thí nghiệm: Dự kiến chọn 2 vùng trồng chè trên địa bàn tỉnh Phú Thọ và Thái Nguyên với giống chè Trung du búp tím.

+ *Thiết kế thí nghiệm*: các thông số công nghệ được xác định bằng phương pháp đơn yếu tố. Các thí nghiệm lặp lại 3 lần, lấy kết quả trung bình và xử lý số liệu thống kê. Các thông số công nghệ được khảo sát bao gồm:

- + Ảnh hưởng của vùng trồng chè: Phú Thọ (TN1.1a), Thái Nguyên (TN1.2a).
- + Ảnh hưởng của mùa vụ thu hoạch: vụ xuân (TN1.1b), vụ hè (TN1.2b), vụ thu (TN1.3b), vụ đông (TN1.4b)

- Kết quả dự kiến: Xác định được vùng trồng và mùa vụ thu hoạch cho chất lượng chè nguyên liệu tốt nhất. Xây dựng dự thảo tiêu chuẩn nguyên liệu chè Trung du búp tím.

3.4.1.2. Xây dựng tiêu chuẩn lựa chọn nguyên liệu chè Trung du búp tím

- Mục đích: Xây dựng được tiêu chuẩn về vùng trồng, mùa vụ và hàm lượng hoạt chất sinh học cho chè Trung du búp tím.
- Xây dựng các chỉ tiêu về vùng trồng và mùa vụ thu hoạch: hàm lượng polyphenol tổng số, catechin tổng số.
- Xây dựng các chỉ tiêu cảm quan: màu sắc, mùi và vị.
- Hàm lượng kim loại nặng: chì, đồng, thủy ngân, cadimi.

Kết quả dự kiến: Xây dựng dự thảo tiêu chuẩn lựa chọn nguyên liệu chè Trung du búp tím.

3.4.2. Nội dung 2: Nghiên cứu công nghệ chế biến chè Phổ nhĩ

3.4.2.1. Nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình diệt men (nhiệt độ, thời gian) đến chất lượng của búp chè Trung du nguyên liệu

- Mục đích: Xác định được điều kiện diệt men thích hợp để chế biến chè Phổ nhĩ
- Thiết kế thí nghiệm: các thông số công nghệ được xác định bằng phương pháp đơn yếu tố. Các thí nghiệm lặp lại 3 lần, lấy kết quả trung bình và xử lý số liệu thống kê. Các thông số công nghệ được khảo sát bao gồm:

- + Ảnh hưởng của nhiệt độ: 60°C (TN2.1a); 70°C (2.2a); 80°C (TN2.3a); 90°C (TN2.4a). Thời gian diệt men: 4 phút
- + Ảnh hưởng của thời gian: 4 phút (TN2.1b); 6 phút (TN2.2b); 8 phút (TN2.3b); 10 phút (TN2.4b).

- Phương pháp thực hiện: Gia nhiệt có đảo trộn trong thiết bị đảo trộn gia nhiệt.
- Các chỉ tiêu đánh giá: Hoạt tính men peroxydaza, màu sắc, mùi, vị.

3.4.2.2. Nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình làm khô (nhiệt độ, thời gian) đến chất lượng của chè Phổ nhĩ

- Mục đích: Xác định được độ ẩm thích hợp để làm khô chè Phổ nhĩ.

- *Thiết kế thí nghiệm:* Chè nguyên liệu sau khi thu hái sẽ được phơi hong tự nhiên. Các thông số công nghệ được xác định bằng phương pháp đơn yếu tố. Các thí nghiệm lặp lại 3 lần, lấy kết quả trung bình và xử lý số liệu thống kê. Các thông số công nghệ được khảo sát bao gồm:

+ Ảnh hưởng của thời gian phơi: 4 giờ (TN3.1); 6 giờ (TN3.2); 8 giờ (TN3.3); 12h (TN3.4); 16 giờ (TN3.5); 20 giờ (TN3.6); 24 giờ (TN3.7).

- *Phương pháp thực hiện:* Thí nghiệm được tiến hành vào những ngày trời nắng, khô ráo, nhiệt độ môi trường trong khoảng 30 - 35°C, độ ẩm tương đối của không khí 75 - 80%. Tiến hành làm khô tự nhiên bằng cách rải búp chè tươi trên nong, đường kính nong 100cm (diện tích 1m²). Lớp chè được rải thành một lớp mỏng đều với chiều dày 5 - 7cm (tương ứng 2,5kg chè/nong hay 2,5 kg/cm²). Khi chè có độ ẩm 12% thì kết thúc quá trình phơi nắng.

- *Các chỉ tiêu đánh giá:* độ ẩm, màu sắc, mùi, vị chè Phổ nhĩ.

3.4.2.3. *Nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình lên men (ủ đông): độ ẩm nguyên liệu, nhiệt độ lên men, thời gian lên men, số lần đảo trộn đến chất lượng của chè Phổ nhĩ.*

- *Mục đích:* Xác định được chế độ lên men thích hợp để sản xuất chè Phổ nhĩ.

- *Thiết kế thí nghiệm:* các thông số công nghệ được xác định bằng phương pháp đơn yếu tố. Các thí nghiệm lặp lại 3 lần, lấy kết quả trung bình và xử lý số liệu thống kê. Các thông số công nghệ được khảo sát bao gồm:

+ Ảnh hưởng của độ ẩm nguyên liệu: 30% (TN4.1a); 35% (TN4.2a); 40% (TN4.3a).

+ Ảnh hưởng của nhiệt độ lên men: 20°C (TN4.1b); 25°C (TN4.2b); 30°C (TN4.3b).

+ Ảnh hưởng của thời gian lên men: 7 ngày (TN4.1d); 14 ngày (TN4.2d); 21 ngày (TN4.3d); 28 ngày (TN4.4d); 35 ngày (TN4.5d); 42 ngày (TN4.6d); 49 ngày (TN4.7d); 56 ngày (TN4.8d).

- *Phương pháp thực hiện:* Ủ lên men tự nhiên có kiểm soát nhiệt độ, độ ẩm. Chi kỳ đảo trộn 7 ngày/lần.

- *Chỉ tiêu đánh giá:* Hàm lượng tanin, hàm lượng theaflavin, hàm lượng chất hoà tan, hàm lượng thearubigin.

3.4.2.4. *Nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình sấy (nhiệt độ, thời gian sấy) đến chất lượng chè Phổ nhĩ.*

- Mục đích: Xác định được điều kiện sấy thích hợp để sấy chè Phổ nhĩ.

- Thiết kế thí nghiệm: các thông số công nghệ được xác định bằng phương pháp đơn yếu tố. Các thí nghiệm lặp lại 3 lần, lấy kết quả trung bình và xử lý số liệu thống kê. Các thông số công nghệ được khảo sát bao gồm:

+ Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy: 40°C (TN5.1a); 50°C (TN5.2a); 60°C (TN5.3a); 70°C (TN5.4a).

+ Ảnh hưởng của thời gian sấy: 60 phút (TN5.1b); 90 phút (TN5.2b); 120 phút (TN5.3b); 150 phút (TN5.4b); 180 phút (TN5.5b).

- *Chỉ tiêu đánh giá:* Độ ẩm, màu sắc, mùi vị, hàm lượng polyphenol.

3.4.3. *Nội dung 3: Tối ưu hóa quy trình lên men chè Phổ nhĩ*

Sau khi đã thực hiện các nghiệm thức mà mô hình thí nghiệm đưa ra, Tiến hành tối ưu hóa quy trình lên men chè Phổ nhĩ với phần mềm Design expert 13.0. Thu được các quy trình thực nghiệm và được tiến hành kiểm nghiệm về hàm lượng tanin và hàm lượng chất hoà tan. Kết quả kiểm nghiệm là dữ liệu đầu vào cho quá trình phân tích liên quan nhân quả và tối ưu hóa bởi phần mềm Design expert 13.0.

3.4.4. *Nội dung 4: Xây dựng quy trình công nghệ chế biến chè Phổ nhĩ, quy mô 200kg nguyên liệu tươi/mẻ*

+ Mục đích: Xây dựng được quy trình chế biến chè Phổ nhĩ quy mô 200kg nguyên liệu/mẻ

Quy trình công nghệ chế biến chè phổ nhĩ quy mô 200 kg nguyên liệu tươi/mẻ được xây dựng dựa trên quy trình phòng thí nghiệm và các kết quả nghiên cứu thực nghiệm, kết quả tối ưu hoá công nghệ lên men chè.

3.5. *Các phương pháp phân tích*

- ***Phương pháp xác định hàm lượng polyphenol tổng số***

Phương pháp đo màu dùng thuốc thử FOLIN-CIOCALTEU theo (TCVN 9745-1. ISO 14502-1).

Nguyên tắc: Thuốc thử Folin-Ciocalteu chứa chất oxi hóa là axit phospho-vonframic, trong quá trình khử, các nhóm hydroxy phenol dễ bị oxi hóa, chất oxi hóa này sinh ra màu xanh có độ hấp thụ cực đại ở bước sóng 765 nm. Hàm lượng Polyphenol tổng số được xác định dựa vào đường chuẩn của axit gallic.

- Phương pháp xác định hoạt lực enzyme POD

Phương pháp trích ly và xác định hoạt độ enzyme POD được thực hiện tương tự PPO. Tiến hành thu nhận enzyme thô. Sử dụng guaiacol làm chất nền. Chuẩn bị hỗn hợp phản ứng 2,5 ml gồm: 2,3 ml đệm natri axetat pH=6,0, 0,05 ml guaiacol 0,1%, 0,05 ml H₂O 0,1% và 0,1 ml enzyme thô. Ống chứa hỗn hợp phản ứng được ủ trong 5 phút ở trong bể ổn nhiệt 30°C và độ hấp thụ được đo ở 470 nm. Mẫu kiểm chứng gồm có 2,3 ml đệm natri axetat pH=6,0, 0,05 ml guaiacol 0,1%, 0,05 ml H₂O 0,1%

Một đơn vị hoạt độ enzyme POD (U=Abs/ml*phút) được xác định bằng lượng enzyme gây ra sự thay đổi 0,01 độ hấp thụ trong một đơn vị thời gian, hoạt độ enzyme POD được tính theo công thức

$$A = \frac{\Delta \text{Abs}}{0,01 * V_2 * \Delta t} (\text{Abs/ml*phút})$$

Trong đó ΔAbs là kết quả đo độ hấp thụ OD; Δt là thời gian phản ứng (5 phút); V₂ là thể tích enzyme đem phản ứng (0,1 ml).[9]

- Phương pháp xác định hàm lượng **theaflavin (TF)** và **thearubigin (TR)** trong trà
Phương pháp chiết dung môi kết hợp đo quang phổ UV-Vis (dựa theo quy trình của Roberts và cải tiến bởi Popov hoặc Hilton)[37]

- Phương pháp xác định hàm lượng catechin tổng số

Theo TCVN 9745-2:2013. ISO 14502.

- Phương pháp phân tích các chỉ tiêu hoá lý

- Phương pháp lấy mẫu theo TCVN 5609 (ISO 1839).
- Phân tích cảm quan theo TCVN 3218-2011.

- Xác định độ ẩm theo TCVN 5613:2007 (ISO 1573:1980)
- Xác định hàm lượng tanin theo phương pháp chuẩn độ, AOAC 955.35
- Xác định hàm lượng chất hoà tan theo TCVN 5610:2007 (ISO 9768:1994)
- Xác định tỷ lệ héo đúng theo phương pháp cảm quan TCVN 3218:2012
- Xác định hàm lượng polyphenol theo TCVN 9745-1 (ISO 14502-1)
- Xác định hoạt độ enzyme peroxidase: Phương pháp trích ly [8]
- **Phương pháp phân tích hàm lượng kim loại nặng**
 - Hàm lượng asen: theo TCVN 11403:2016
 - Hàm lượng chì: theo TCVN 9290:2018
 - Hàm lượng thủy ngân: theo TCVN 10676:2015
 - Hàm lượng cadimi: theo TCVN 9291:2018
- **Tiêu chuẩn đánh giá chất lượng:** Theo GB/T 22111-2008 Product of geographical indication - Puer tea
- **Phương pháp xử lý số liệu**

Dữ liệu về phân tích các chỉ tiêu chất lượng được phân tích thống kê bằng phần mềm SPSS 29.0. Statistics for Windows (IBM Corp 2021, Armonk, NY, Hoa Kỳ). Phân tích giả thiết thống kê theo ANOVA, các giá trị được thể hiện dưới dạng giá trị trung bình (mean) $\pm$ độ lệch chuẩn (SD) của các phép đọc ba lần. Sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các giá trị trung bình được kiểm định bằng kiểm tra phạm vi của Tukey hoặc Duncan và được so sánh bằng LSD ở mức độ ý nghĩa $p < 0,05$.

Sử dụng phương pháp bề mặt đáp ứng (*Response Surface Methodology* - RSM) để thiết kế các thí nghiệm thống kê. Mô hình Box-Behnken để xác định các điều kiện chiết xuất tối ưu. Phần mềm Design - Expert phiên bản 13.0 (State-Ease Inc., Minneapolis, MN, Hoa Kỳ) được sử dụng để phân tích phương sai (ANOVA) cho các thí nghiệm RSM để xử lý số liệu thực nghiệm đa yếu tố và tối ưu hóa mô hình thực nghiệm theo thuật toán hàm mong đợi.

4. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU

4.1. Nghiên cứu đặc tính, thành phần hoá học của của nguyên liệu và xây dựng tiêu chuẩn nguyên liệu cho chế biến chè Phổ Nhĩ

Để làm rõ cơ sở khoa học cho quá trình chế biến chè Phổ Nhĩ, việc xác định tiêu chuẩn nguyên liệu đầu vào là rất cần thiết và đóng vai trò quan trọng quyết định chất lượng của sản phẩm sau chế biến. Nguyên liệu búp chè Trung du búp tím (1 tôm + 3 lá) được lấy từ 2 vùng trồng chè là Phong Châu (Phú Thọ) và Tân Cương (Thái Nguyên) ở 4 mùa vụ khác nhau nhằm xác định sự khác biệt ở các vùng trồng và mùa vụ. Các chỉ tiêu đặc trưng của nguyên liệu đã được khảo sát một cách hệ thống, bao gồm các thành phần hóa học cơ bản như hàm lượng polyphenol tổng số, catechin và các chỉ tiêu về an toàn thực phẩm (kim loại nặng và dư lượng thuốc bảo vệ thực vật). Kết quả lấy mẫu phân tích được thể hiện ở bảng 1. Kết quả thí nghiệm cho thấy hàm lượng polyphenol và catechin ở các mẫu thí nghiệm khá tương đồng nhau. Lớn nhất là mẫu chè thu hoạch ở vùng chè Tân Cương - Thái Nguyên vào vụ Hè (polyphenol: 23,84%; catechin: 142,18mg/g) và thấp nhất cũng là chè trồng ở vùng Tân Cương – Thái Nguyên nhưng vào vụ đông (polyphenol: 20,94%; catechin: 120,60mg/g). Ở các mùa vụ thu hoạch cũng có sự khác biệt khi cao nhất là vụ hè và thấp nhất vào vụ đông.

Như vậy, hàm lượng các hoạt chất sinh học trong chè Trung du búp tím có sự chênh lệch giữa các vùng trồng khác nhau. Búp chè Trung du tím được trồng ở Tân Cương - Thái Nguyên có hàm lượng hoạt chất cao hơn so với ở Phong Châu – Phú Thọ, tuy nhiên sự chênh lệch này là không đáng kể.

Do vậy, trong quá trình sản xuất, chế biến, chúng ta có thể sử dụng nguyên liệu được trồng ở tất cả các vùng trồng chè Trung du. Tuy nhiên, để thuận tiện cho việc thu hái, vận chuyển và đảm bảo đủ lượng nguyên liệu phục vụ cho các nghiên cứu, đề tài sử dụng nguyên liệu chè Trung du búp tím được trồng ở phường Phong Châu - Phú Thọ cho các nghiên cứu tiếp theo.

Bảng 1. Ảnh hưởng của vùng trồng và mùa vụ thu hoạch đến chất lượng của búp chè Trung du búp tím

TT	Vùng trồng	Mùa vụ thu hoạch	Hàm lượng polyphenol tổng số (%)	Hàm lượng catechin tổng số (mg/g)	Hàm lượng kim loại nặng			Dư lượng thuốc bảo vệ thực vật	
					As	Pb	Hg	Chlorpyrifos-methyl	Delta methrin
1	Phong Châu - Phú Thọ	Xuân (T4)	21,73 ^c	131,42 ^c	KPH	KPH	KPH	KPH	KPH
2	Tân Cương - Thái Nguyên		21,91 ^{bc}	132,45 ^c	KPH	KPH	KPH	KPH	KPH
3	Phong Châu - Phú Thọ	Hè (T6)	23,47 ^a	141,94 ^a	KPH	KPH	KPH	KPH	KPH
4	Tân Cương - Thái Nguyên		23,84 ^a	142,18 ^a	KPH	KPH	KPH	KPH	KPH
5	Phong Châu - Phú Thọ	Thu (T9)	22,12 ^b	133,78 ^b	KPH	KPH	KPH	KPH	KPH
6	Tân Cương - Thái Nguyên		22,36 ^b	135,23 ^b	KPH	KPH	KPH	KPH	KPH
7	Phong Châu - Phú Thọ	Đông (T11)	23,72 ^a	139,87 ^a	KPH	KPH	KPH	KPH	KPH
8	Tân Cương - Thái Nguyên		20,94 ^d	120,60 ^d	KPH	KPH	KPH	KPH	KPH

Dựa vào kết quả khảo sát, đánh giá chất lượng của nguyên liệu, đề tài đã tiến hành xây dựng được tiêu chuẩn lựa chọn nguyên liệu búp chè Trung du búp tím sử dụng để sản xuất chè Phổ Nhĩ như sau:

Tiêu chuẩn nguyên liệu: “BÚP CHÈ TRUNG DU BÚP TÍM”

1. Mô tả:

Búp chè Trung du búp tím gồm có 1 tôm + 3 lá non, trọng lượng bình quân 0,5 - 0,6g/búp. Lá hình bầu dục, chóp nhọn, mép khía răng cưa, dài 8 - 12 cm, rộng 4 -5 cm, phiến lá cứng và dày, màu tím, mặt trên có màu đậm hơn mặt dưới. Gân lá hình lông chim, gân chính nổi rõ, 6 - 8 cặp gân phụ nổi với nhau gần bìa lá.

2. Thu hoạch, sơ chế, bảo quản:

a) *Vùng trồng*: Lựa chọn búp chè Trung du búp tím được trồng tại Phong Châu - Phú Thọ, đạt tiêu chuẩn sản xuất chè an toàn theo quy trình VietGAP.

- *Đất trồng*: Hàm lượng các kim loại nặng trong đất không vượt quá giá trị quy định tại Phụ lục 1 của QCVN 01-132:2013/BNNPTNT.

- *Nước tưới*: Hàm lượng các kim loại nặng, vi sinh vật gây hại trong nước tưới không vượt quá giá trị quy định tại Phụ lục 2 của QCVN 01-132:2013/BNNPTNT.

b) *Mùa vụ, độ tuổi thu hoạch*:

Búp chè được hái theo tiêu chuẩn 1 tôm + 3 lá non (đạt chất lượng tương đương nguyên liệu loại A và B theo TCVN 2843-1979), hái bằng tay khi trên tán chè có 75% số búp đủ tiêu chuẩn hái, tốt nhất là hái vào vụ thu (tháng 9-10). Thời gian hai lứa hái từ 10-15 ngày đối với vụ xuân - hè và 15-20 ngày đối với vụ thu - đông. Thu hái vào ngày nắng ráo, sau 7h sáng để tránh sương ướt bề mặt lá.

c) *Sơ chế, bảo quản*:

Búp chè sau khi thu hoạch được vận chuyển bằng sọt tre về khu vực sơ chế. Lựa chọn, loại bỏ những búp bị thối hỏng, dập nát, sâu bệnh. Sau đó rải thành từng lớp mỏng 15 - 20cm trên các máng chè. Bảo quản búp chè ở nhiệt độ 15-20°C trong thời gian xử lý chậm không quá 10 giờ. Bố trí quạt thổi gió ($v < 70\text{m/s}$) để giảm nhiệt độ do khối chè sinh ra trong quá trình hô hấp. Nhưng tốt nhất là đưa búp chè vào chế biến luôn ngay sau quá trình phân loại. Nếu búp chè bám nhiều bụi bẩn, có thể xử lý làm sạch bằng sục rửa

ozon nồng độ 0,2-0,4ppm (theo tiêu chuẩn của Hiệp hội ozone quốc tế IOA) trong thời gian không quá 5 phút để tránh tổn thất chất hoà tan do bị dập tế bào.

3. Phương pháp kiểm nghiệm:

▪ Độ sạch:

- Khi được kiểm tra bằng mắt thường, búp chè Trung du búp tím phải sạch và không được chứa các tạp chất.

- Khi phân tích cảm quan, búp chè Trung du búp tím không được có mùi lạ và phải có các đặc tính, ngoại hình, màu sắc và hương vị đặc trưng của chè Trung du búp tím.

▪ Các chỉ tiêu chất lượng

TT	Chỉ tiêu chất lượng	Đơn vị	Hàm lượng quy định	Phương pháp thử
1	Polyphenol tổng số	% (KL)	≥ 15	TCVN 9745-1 (ISO 14502-1)
2	Catechin tổng số	% (KL)	≥ 10	TCVN 9745-2 (ISO 14502-2)
3	Tỷ lệ của catechin tổng số và polyphenol tổng số	% (KL)	$\geq 0,5$	
4	Chất chiết trong nước	% (KL)	≥ 32	TCVN 5610 (ISO 9768)
5	Tro tổng số (tối đa/tối thiểu)	% (KL)	8,4	TCVN 5611 (ISO 1575)
6	Tro tan trong nước	% (KL)	≥ 45	TCVN 5084 (ISO 1576)
7	Độ kiềm của tro tan trong nước (tối đa/tối thiểu)	% (KL)	1/3	TCVN 5085 (ISO 1578)
8	Tro không tan trong axit	% (KL)	≤ 1	TCVN 5612 (ISO 1577)

9	Hàm lượng xơ thô	% (KL)	$\leq 16,5$	TCVN 5103 (ISO 5498)
---	------------------	--------	-------------	-------------------------

▪ **Hàm lượng Kim loại nặng và dư lượng thuốc bảo vệ thực vật**

Yêu cầu Hàm lượng Kim loại nặng và dư lượng thuốc bảo vệ thực vật của búp chè Trung du búp tím phải đáp ứng các yêu cầu quy định trong Quyết định số 106/2007/QĐ-BNN ngày 28/12/2007 của Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn (nay là Bộ Nông nghiệp và Môi trường).

4.2. Nghiên cứu công nghệ chế biến chè Phổ nhĩ

4.2.1. Nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình diệt men (nhiệt độ, thời gian) đến chất lượng của búp chè Trung du nguyên liệu

Mục tiêu của quá trình diệt men là loại bỏ một phần các enzyme oxy hóa có trong chè đến mức độ phù hợp nhằm vừa hạn chế quá trình oxy hóa mạnh ban đầu, vừa duy trì khả năng biến đổi sinh hóa trong giai đoạn lên men hậu. Quá trình diệt men được thực hiện bằng phương pháp gia nhiệt có đảo trộn. Hiệu quả của quá trình này được thể hiện rõ thông qua tỷ lệ POD bị ức chế và tính chất cảm quan của sản phẩm. Tiến hành thí nghiệm khảo sát về nhiệt độ với các mức nhiệt độ khác nhau, thời gian xử lý là 8 phút nhóm nghiên cứu thu được kết quả thể hiện qua bảng 4.



Hình 4.1. Quá trình diệt men

Bảng 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình diệt men

TT	Chỉ tiêu phân tích	Nhiệt độ bên trong bầu lò, sát vỏ thùng sao (°C)			
		150	200	250	300
1	Nhiệt độ khối chè	65°C	70°C	74°C	77°C
2	Tỷ lệ POD bị ức chế (%)	62 ^d	85 ^c	94 ^b	99 ^a
3	Độ ẩm (%)	66,0 ^a	65,3 ^b	61,5 ^c	60,0 ^d
4	Hương vị	Vị hơi chát	Vị chát dịu	Vị chát	Vị chát
5	Hương thơm	Hăng mạnh	Hăng	Hơi hăng	Thơm nhẹ
6	Hình dạng lá	Dài, hẹp và đồng đều	Dài, hẹp và đồng đều	Dài, hẹp và đồng đều	Tôm có thể bị gãy
7	Màu lá chè	Xanh vàng	Xanh lá cây nhạt	Xanh lá cây	Xanh đậm

* Ghi chú: Các số liệu trong cùng một hàng có chữ ở mũ khác nhau (a, b, c, d) biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các giá trị trung bình ($p < 0,05$).

Kết quả khảo sát nhiệt độ diệt men cho thấy: diệt men bằng phương pháp gia nhiệt có đảo trộn làm giảm một phần độ ẩm của chè. Ở nhiệt độ càng cao và thời gian càng lâu thì độ ẩm của chè càng giảm. Tỷ lệ POD bị ức chế là chỉ số quan trọng nhất dùng để đánh giá quá trình diệt men. Kết quả nghiên cứu cho thấy sự khác biệt về tỷ lệ POD ở tất cả các công thức thí nghiệm. Trong đó, tỷ lệ POD thấp nhất là 62% ở mức nhiệt độ lò 150°C trong 8 phút và cao nhất là 99% ở nhiệt độ 300°C trong 8 phút. Theo kết quả đánh giá cảm quan, các mẫu thử nghiệm được đặc trưng bởi hương vị, hương thơm, màu sắc và hình dạng. Trong số các sản phẩm được đánh giá, mẫu chè có nhiệt độ diệt men 250°C được đánh giá có chất lượng cảm quan tốt nhất.

Tiếp tục thử nghiệm ảnh hưởng của thời gian diệt men đến chất lượng của chè. Các mẫu được tiến hành diệt men bằng phương pháp sao theo 4 mức thời gian khác

nhau, nhiệt độ xào cố định là 250°C. Tỷ lệ enzyme peroxidase bị ức chế và những thay đổi chất lượng cảm quan của chè được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Ảnh hưởng của thời gian diệt men

TT	Chỉ tiêu phân tích	Thời gian diệt men (phút)			
		4	6	8	10
1	Nhiệt độ chè	68°C	71°C	71°C	72°C
1	Tỷ lệ POD bị ức chế (%)	85 ^d	92 ^c	95 ^b	98 ^a
2	Độ ẩm (%)	65,0 ^a	62,0 ^b	61,0 ^c	59,5 ^d
3	Hương vị	Vị hơi chát	Vị chát dịu	Vị chát	Vị chát
4	Hương thơm	Hăng mạnh	Hăng	Hơi hăng	Thơm nhẹ
5	Hình dạng lá	Dài, hẹp và đồng đều	Dài, hẹp và đồng đều	Dài, hẹp và đồng đều	Búp chè có thể bị gãy
6	Màu lá chè	Xanh vàng	Xanh lá cây nhạt	Xanh lá cây	Xanh đậm

* *Ghi chú:* Các số liệu trong cùng một hàng có chữ ở mũ khác nhau (a, b, c, d) biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các giá trị trung bình ($p < 0,05$).

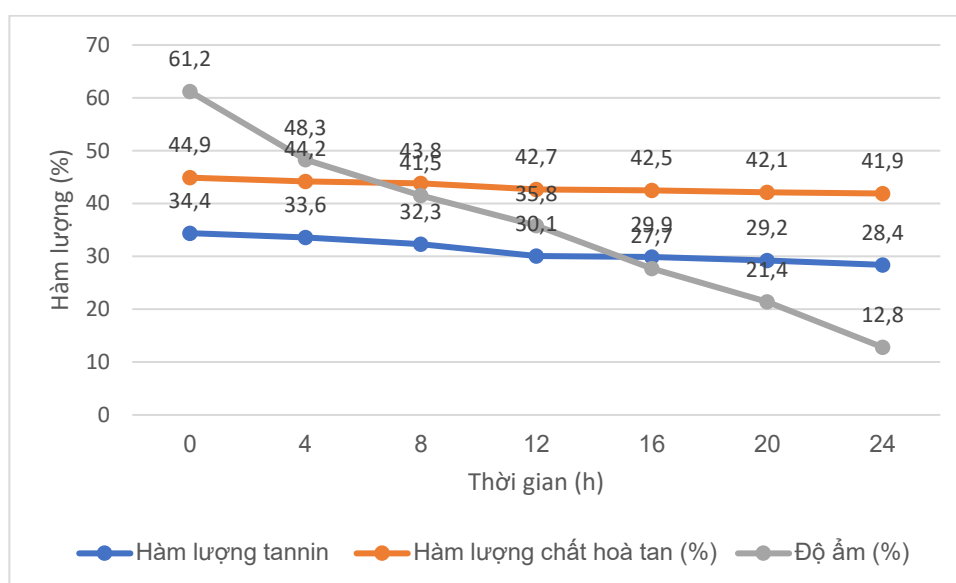
Qua kết quả bảng 3 cho thấy: tỷ lệ ức chế hoạt tính men peroxidase, sự khác biệt đã được tìm thấy ở tất cả các mẫu nghiên cứu. Trong đó, giá trị diệt men đạt cao nhất (98%) ở thời gian 10 phút. Theo kết quả đánh giá cảm quan, các mẫu thử nghiệm được đặc trưng bởi hương vị, hương thơm, màu sắc và hình dạng. Hương vị của chè tăng dần vị chát theo thời gian diệt men, hương thơm cũng giảm dần mùi hăng và chuyển qua thơm nhẹ. Trong số các sản phẩm được đánh giá, mẫu chè tím có thời gian diệt men 6 phút được đánh giá có chất lượng cảm quan tốt nhất.

Kết Luận: Khi diệt men bằng phương pháp gia nhiệt (xào), nhiệt độ và thời gian diệt men khác nhau đã cho thấy những tác động đáng kể đến màu sắc và chất lượng chè. Ở nhiệt độ diệt men 250°C trong thời gian 8 phút đã thể hiện những ưu điểm về

khả năng ức chế enzyme peroxidase POD cao (95%) và chè được đánh giá đạt chất lượng tốt nhất cả về màu nước, mùi thơm và vị chất dịu..

4.2.2. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình làm khô đến chất lượng của chè Phổ nhĩ

Tiến hành thí nghiệm làm khô chè, theo dõi sự thay đổi độ ẩm và tính chất cảm quan của lá chè trong thời gian phơi. Kết quả thu được thể hiện qua hình 4.2.



Hình 4.2. Ảnh hưởng của quá trình làm khô đến chất lượng của chè Phổ nhĩ

Qua hình 2 cho thấy, hàm lượng chất hòa tan có sự biến đổi theo xu hướng giảm từ 44,9% xuống 41,9% sự sụt giảm này có thể coi là tương đối thấp trong 24h phơi hong. Hàm lượng tanin giảm từ 34,4 xuống 28,4%, Sự giảm hàm lượng tannin là do tanin đã kết hợp với protein trong lá chè thành chất không tan, một phần tanin chuyển hoá để tạo ra những tính chất về vị và màu cho nước chè. Do sự giảm hàm lượng tanin mà vị của chè không còn chất đắng mà chuyển sang vị chất dịu hơn.

Độ ẩm của chè giảm đáng kể sau 24 tiếng phơi khô từ 61,2% xuống 12,8%. Đánh giá chất lượng cảm quan trong quá trình làm khô chè thu được kết quả thể hiện qua bảng 4.

Bảng 4. Đánh giá chỉ tiêu cảm quan chè trong thời gian làm khô

		Chỉ tiêu cảm quan
--	--	-------------------

Thời gian phơi (giờ)	Độ ẩm (%)	Màu sắc	Mùi	Trạng thái
0	61,2	Xanh vàng nhạt của lá chè diệt men	Thơm nhẹ của mùi chè xào diệt men	Lá chè mềm, phiến lá rủ, bề mặt hơi bóng
4	48,3	Xanh vàng sáng	Thơm nhẹ mùi chè	Lá mềm, dai, có tính đàn hồi tốt, phiến lá co nhẹ
8	41,5	Xanh, vàng, hơi nâu	Thơm nhẹ mùi chè	Phiến lá nhỏ hơn, mép lá cuộn rõ, bề mặt có nếp nhăn
12	35,8	Xanh, vàng, nâu	Thoảng hương đặc trưng của chè	Lá bớt dai, Lá bắt đầu xoắn hoặc cuộn lại.
16	27,7	Vàng nâu không đều	Thoảng hương đặc trưng của chè	Lá khô, cứng và giòn hơn, Phiến lá co nhỏ, mép cuộn lại.
20	21,4	Vàng nâu đều	Mùi thơm đặc trưng của chè	Lá khô, Phiến lá co nhỏ, mép cuộn lại
24	12,8	Vàng nâu	Mùi thơm đặc trưng của chè	Lá khô, Phiến lá co nhỏ, mép cuộn lại

Do độ ẩm không khí của môi trường tương đối thấp nên khi ẩm thoát ra tạo điều kiện cho oxy từ không khí xâm nhập vào khối chè, tạo ra sự tự oxy hoá hợp chất polyphenol và vi sinh vật hiếu khí có điều kiện phát triển. Sau 8 giờ phơi nắng, chlorophyl có màu xanh lục bị chuyển hoá thành pheofitil có màu xám tro nên lá chè mất dần màu xanh, polyphenol bị oxy hoá thành ortoquinon và hình thành theaflavin có màu vàng nên màu sắc lá chè chuyển dần từ xanh vàng sáng sang màu vàng và hơi nâu nhưng không đồng đều. Sau 24 giờ phơi nắng một phần nhỏ theaflavin chuyển hoá thành thearubigin có màu đỏ nâu và làm cho lá chè chuyển sang màu vàng nâu

đậm. Mùi thơm của lá chè cũng thay đổi từ mùi thơm của chè sao sang mùi thơm nồng đặc trưng của chè.

Kết luận: Làm khô chè bằng phương pháp phơi nắng đã làm giảm hàm lượng tanin và hàm lượng chất hoà tan, giúp cho chè không còn vị chát đắng và có mùi thơm đặc trưng của chè. Lá chè phơi nắng 24 giờ đạt yêu cầu về độ ẩm và chất lượng tốt nhất về giá trị cảm quan.

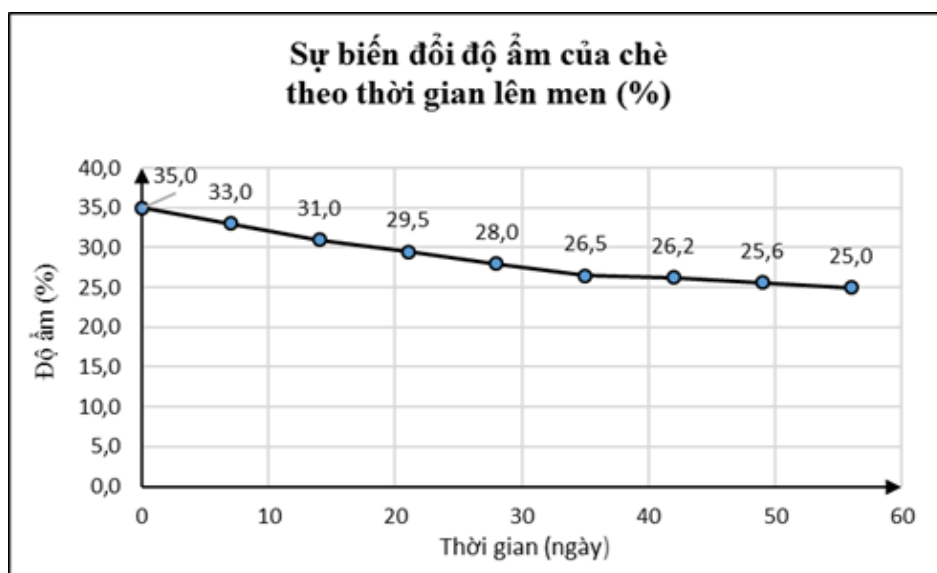
4.2.3. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của quá trình lên men (ủ đông): độ ẩm nguyên liệu, nhiệt độ lên men, thời gian lên men đến chất lượng của chè Phổ nhĩ.

4.2.3.1. Ảnh hưởng của độ ẩm đến chất lượng của chè Phổ nhĩ.

Tiến hành lên men chè phổ nhĩ ở nhiệt độ 25°C với 3 thí nghiệm độ ẩm khác nhau bao gồm: 30, 35, 40%. Khối lượng chè dùng cho mỗi mẫu thí nghiệm là 10kg.

*** Sự biến đổi độ ẩm**

Trước hết để có thể duy trì độ ẩm của nguyên liệu trong quá trình lên men, đề tài đã tiến hành khảo sát sự biến đổi độ ẩm nguyên liệu trong quá trình lên men. Kết quả thể hiện ở hình 4.3.



Hình 4.3. Sự biến đổi độ ẩm của chè Trung du búp tím trong quá trình lên men

Qua đồ thị hình 3 cho thấy, Trong suốt thời gian lên men, độ ẩm của khối chè lên men liên tục giảm xuống (từ ngày lên men thứ nhất đến ngày lên men thứ 42) và

ở giai đoạn cuối (từ ngày lên men thứ 42 đến ngày lên men thứ 56), mức độ giảm độ ẩm không nhiều và gần như ổn định. Độ ẩm cuối cùng của khối chè chỉ còn khoảng 25%. Nguyên nhân của sự giảm độ ẩm là sự bay hơi nước từ khối chè do sự tăng nhiệt

*** Làm ẩm chè**

Để duy trì độ ẩm lên men, nhóm nghiên cứu đã thử nghiệm, tính toán việc bù ẩm cho nguyên liệu trong quá trình lên men. Lượng nước cần bổ sung để đạt 3 độ ẩm được thể hiện trong bảng 5. Dùng bơm phun áp lực để tạo sương mù và phun nước vào chè.

Bảng 5. Lượng nước cần bổ sung để chè có độ ẩm đã định

Thí nghiệm	Khối lượng chè thí nghiệm (kg)	Độ ẩm ban đầu (%)	Độ ẩm thí nghiệm (%)	Lượng nước cần bổ sung (kg)	Khối lượng chè sau khi bổ sung nước (kg)
1	10	11,1	30	2,700	12,700
2	10	11,5	35	3,615	13,615
3	10	12,1	40	4,650	14,65

Dựa trên kết quả tính toán ở bảng 5, cân lượng nước sạch tương ứng với độ ẩm 30, 35, 40%. Dùng bơm phun áp lực để tạo sương mù và phun nước vào chè. Trong quá trình phun chè được đảo rũ liên tục.

*** Ủ chè**

- *Dụng cụ để ủ chè*: Dùng phen tre đan kích thước 100cm x 100cm (1m³). Phen được rửa sạch, phơi khô trước khi ủ chè. Dùng 2 tấm vải thô, dày đã được giặt sạch, vắt kiệt nước, một tấm trải trên mặt phen trước khi rải chè, một tấm để phủ lên mặt lớp chè sau khi rải chè.

- *Rải chè*: Sau khi làm ẩm, mỗi mẫu chè được rải đều thành lớp có chiều dày 30cm trên tấm phen đã được phủ một tấm vải thô. Trong quá trình rải, chè được rũ toi để tạo cho khối chè có độ xốp nhất định. Sau đó phủ tấm vải thô thứ hai lên trên mặt lớp chè để giữ ẩm và giữ nhiệt cho khối chè.

- *Phòng dùng để ủ chè*: Sử dụng phòng sạch, thoáng khí, được đặt máy điều hoà nhiệt độ có thể điều chỉnh nhiệt độ từ 17 - 35°C và có lắp quạt để lưu thông không

khí khi cần thiết. Độ ẩm tương đối của không khí trong phòng được điều chỉnh từ 75 - 85%. Trong thí nghiệm này, lên men chè Phổ nhĩ được thực hiện ở nhiệt độ phòng $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, độ ẩm tương đối của không khí trong phòng 80%.

- *Đảo trộn chè*: Sau 7 ngày tiến hành đảo trộn chè một lần. Chè được đảo trộn đều và được rải đều thành lớp rồi tiếp tục ủ như đã làm lần trước. Đảo trộn nhằm mục đích tạo điều kiện cho chè tiếp xúc trực tiếp với không khí xung quanh, nhờ đó nhiệt độ khối chè giảm xuống, oxy từ không khí xâm nhập vào khối chè tạo điều kiện cho các vi sinh vật hiếu khí phát triển và quá trình lên men tốt hơn.

Kết quả xác định ảnh hưởng của độ ẩm đến chất lượng chè Phổ nhĩ được thể hiện ở bảng 6 và bảng 7.

Bảng 6. Ảnh hưởng của độ ẩm đến chất lượng chè phổ nhĩ

Độ ẩm (%)	Tanin (%)	Chất hòa tan (%)	Theaflavin (%)	Thearubigin (%)	Tỉ lệ TF/TR
30	14,1	33,8	0,42	2,97	0,141
35	13,5	40,1	0,49	3,15	0,156
40	13,8	37,3	0,3	2,53	0,119

Ở độ ẩm 35% có hàm lượng chất hòa tan là cao nhất (40,1%) và tỉ lệ TF/TR cũng là cao nhất. Sự khác biệt ở hàm lượng tanin giữa các công thức là có nhưng không đáng kể. Đánh giá cảm quan giữ các công thức thu được kết quả ở bảng 7.

Bảng 7. Ảnh hưởng của độ ẩm đến chất lượng cảm quan chè phổ nhĩ

Độ ẩm (%)	Ngoại hình	Màu nước	Mùi	Vị	Tổng điểm	Xếp loại
30	2,64	4,2	5,16	5,04	17,04	Khá
35	2,64	4,3	5,4	5,28	17,62	Khá
40	2,64	4,2	5,16	5,28	17,28	Khá

Cảm quan của các công thức thí nghiệm đều được đánh giá ở mức độ khá. Ở độ ẩm 35% cho tổng điểm đánh giá cảm quan cao nhất.

4.2.3.2. Nghiên cứu sự biến đổi nhiệt độ và độ ẩm của chè Phổ nhĩ trong quá trình lên men

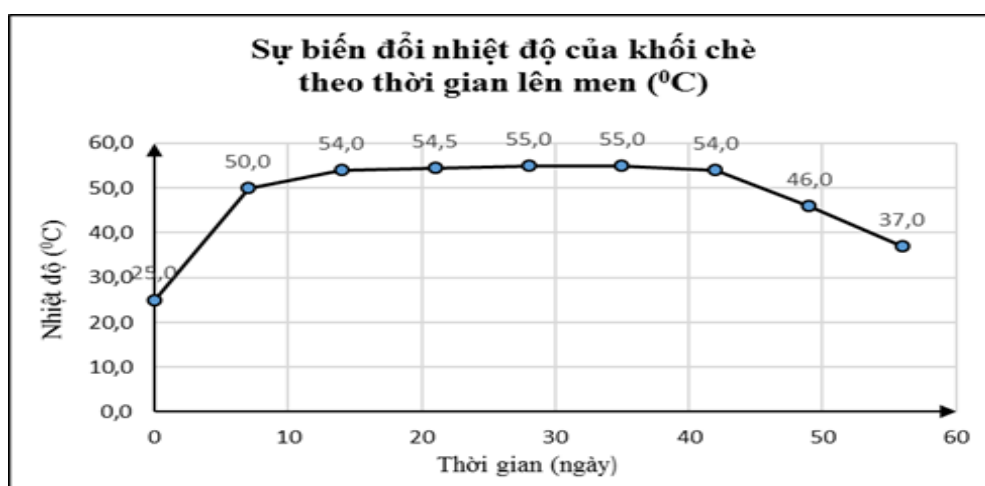
* Sự biến đổi nhiệt độ

Sự biến đổi nhiệt độ của khối chè trong quá trình lên men có ba giai đoạn:

- *Giai đoạn tăng nhiệt*: Nhiệt độ của khối chè tăng lên khá nhanh ở giai đoạn đầu của quá trình lên men (khoảng 7 ngày đầu). Nhiệt độ khối chè tăng từ 28°C lên đến trên 50°C, nguyên nhân là do sự phát triển mạnh mẽ của vi sinh vật, đồng thời cũng xảy ra quá trình oxy hóa các hợp chất polyphenol dưới tác dụng xúc tác của các men oxy hóa khử sinh ra do vi sinh vật.

- *Giai đoạn ổn định*: Nhiệt độ của khối chè khá ổn định ở mức cao (khoảng 55°C) từ ngày lên men thứ 7 đến ngày thứ 42. Nguyên nhân làm cho khối chè có nhiệt độ cao là do vi sinh vật phát triển rất mạnh. Sự giảm độ ẩm và sự tăng nhiệt độ trong khối chè có mối liên quan chặt chẽ với nhau. Đây chính là giai đoạn lên men chè nhờ vi sinh vật. Nhiệt độ của khối chè được duy trì ở mức ổn định trong khoảng 35 ngày. Quá trình phát triển của vi sinh vật đã làm cho tính chất hóa học của lá chè biến đổi sâu sắc, tạo ra những tính chất rất đặc trưng cho chè Phổ Nhĩ.

- *Giai đoạn giảm nhiệt*: Từ ngày thứ 42 nhiệt độ giảm dần xuống còn khoảng 37°C ở ngày lên men thứ 56. Sau ngày thứ 42, cường độ hoạt động của vi sinh vật giảm đi nên nhiệt độ của khối chè cũng giảm theo.



Hình 4.4. Đồ thị biểu diễn sự biến đổi nhiệt độ của chè Phổ Nhĩ theo thời gian lên men

* Khảo sát sự ảnh hưởng của nhiệt độ

Khảo sát sự ảnh hưởng của nhiệt độ đến chất lượng chè phổ nhĩ ở 3 mức nhiệt độ là 20, 25 và 30°C. Sử dụng ẩm nhiệt kế điện tử có hiện số để đo nhiệt độ và độ ẩm khối chè vào thời điểm trước mỗi lần đảo trộn khối chè 10 - 15 phút vì ở thời điểm này, quá trình lên men đã được tích nhiệt sinh trong khối chè ủ và chưa bị tổn thất trong quá trình đảo trộn. Đánh giá ảnh hưởng tại thời điểm lên men là 42 ngày với độ ẩm nguyên liệu là 35%. Kết quả được thể hiện qua bảng 8.

Bảng 8. Ảnh hưởng của nhiệt độ lên men đến chất lượng chè Phổ nhĩ

STT	Nhiệt độ (°C)	Tanin (%)	Chất hòa tan (%)	Theaflavin (%)	Thearubigin (%)	Tỉ lệ TF/TR
1	20	14,2±0,33	37,5±0,74	0,51	3,63	0,140
2	25	13,5±0,25	40,5±0,43	0,48	3,13	0,153
3	30	12,4±0,51	38,2±0,86	0,39	3,72	0,105

Ở công thức nhiệt độ 25°C cho hàm lượng chất hòa tan cao nhất, đạt 40,5%. Tỉ lệ TF/TR ở nhiệt độ 25°C cũng cao hơn các công thức khác. Ở mức nhiệt độ càng cao thì hàm lượng tanin càng thấp. Tiến hành đánh giá chất lượng cảm quan của các công thức thí nghiệm. kết quả thu được thể hiện ở bảng 9.

Bảng 9. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến chất lượng cảm quan chè Phổ nhĩ

STT	Nhiệt độ (°C)	Ngoại hình	Màu nước	Mùi	Vị	Tổng điểm	Xếp loại
1	20	2,58	4,3	5,16	4,92	16,96	Khá
2	25	2,58	4,5	5,4	5,16	17,64	Khá
3	30	2,58	4,2	5,28	5,04	17,1	Khá

Các công thức thí nghiệm đều được đánh giá cảm quan ở mức độ khá. Trong đó mẫu ở nhiệt độ 25°C có điểm số cao nhất, nổi bật ở mùi và vị.

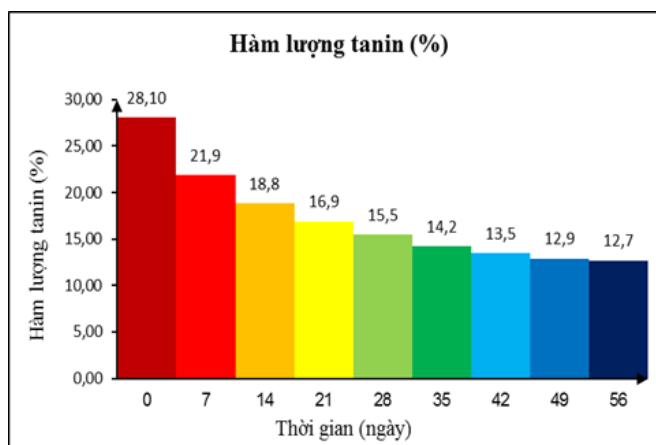
4.2.3.3. Ảnh hưởng của thời gian lên men đến chất lượng chè Phổ nhĩ

Tiến hành lên men chè Phổ nhĩ ở nhiệt độ 25°C và độ ẩm 35%. Lấy mẫu định kỳ sau mỗi 7 ngày thu được kết quả thể hiện qua bảng 10.

Bảng 10. Ảnh hưởng của thời gian lên men đến hàm lượng các hoạt chất sinh học của chè Phổ nhĩ

Thời gian lên men (ngày)	Tanin (%)	Chất hòa tan (%)	Theaflavin (%)	Thearubigin (%)	Tỷ lệ TF/TR
0	28,1	45,3	0,23	1,98	0,116
7	21,9	38,5	0,56	4,56	0,123
14	18,8	39,3	0,63	4,54	0,139
21	16,9	40,4	0,67	5,54	0,121
28	15,5	42,1	0,62	4,98	0,124
35	14,2	43,2	0,57	4,31	0,128
42	13,5	40,2	0,48	3,13	0,153
49	12,9	37,3	0,42	3,02	0,139
56	12,7	30,3	0,3	2,53	0,119

Hàm lượng tanin giảm liên tục từ đầu quá trình lên men đến khi kết thúc. Tuy nhiên, tốc độ giảm tương đối nhanh ở ngày đầu tiên đến khoảng ngày lên men thứ 30, sau đó tốc độ giảm có xu hướng chậm dần lại (Hình 4.5).

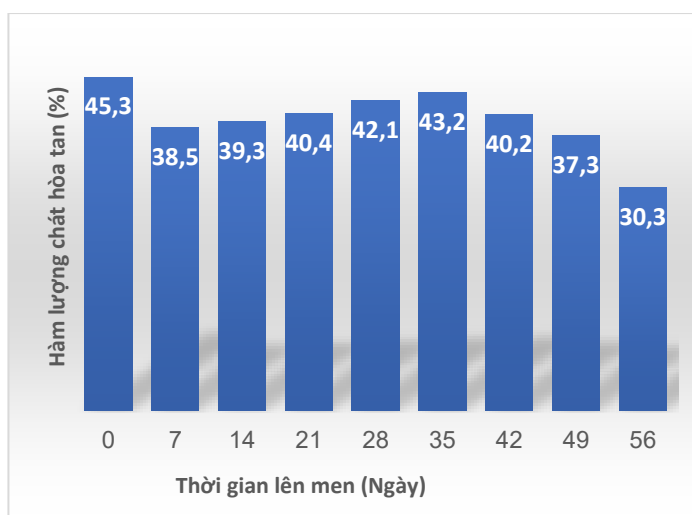


Hình 4.5. Ảnh hưởng của thời gian lên men đến hàm lượng tanin của chè Phổ nhĩ

Nguyên nhân của sự giảm hàm lượng tanin trong quá trình lên men là do một phần tanin bị oxy hóa chuyển thành theaflavin, sau đó tiếp tục chuyển thành thearubigin làm cho nước chè chuyển dần từ màu vàng sang màu nâu. Mặt khác,

một phần tanin kết hợp với protein có trong lá chè để tạo ra các chất không tan, đặc biệt là sự ngưng tụ giữa thearubigin với protein rất mạnh, điều đó cũng làm cho hàm lượng tanin giảm khá nhiều và bã chè có màu nâu ngày càng đậm dần. Sự chuyển hóa tanin trong chè đã thay thế vị chát mạnh của chè thành vị chát dịu, ngọt hậu, đặc trưng cho chè phổ nhĩ. Điều này có ý nghĩa quan trọng đối với chất lượng và hương vị của chè phổ nhĩ. Tuy nhiên, tổng lượng tanin còn lại trong chè ở ngày lên men thứ 56 chỉ còn 12,7%, tức là chỉ bằng khoảng 45% hàm lượng tanin của chè ban đầu, vị chè trở nên rất nhạt, nước có màu nâu đỏ quá đậm, chất lượng chè lên men giảm rõ rệt. Theo kết quả đánh giá cảm quan, ở ngày lên men thứ 42, chất lượng của chè lên men là tốt nhất, nghĩa là hàm lượng tanin trong chè còn khoảng 13,5%, tương đương khoảng 48% hàm lượng tannin ban đầu

Hàm lượng chất hòa tan biến đổi không theo quy luật của tanin. Trong những ngày đầu tiên của quá trình ủ, hàm lượng chất hòa tan giảm đi đến ngày thứ 7, sau đó tăng dần đến ngày thứ 28 và đạt giá trị cao nhất, rồi lại giảm dần về sau (Hình 4.6).



Hình 4.6. Ảnh hưởng của thời gian lên men đến hàm lượng chất hòa tan của chè Phổ nhĩ

Nguyên nhân của sự thay đổi này là do: trong thời gian đầu, vi sinh vật trong khối chè phát triển rất mạnh. Vi sinh vật đã sử dụng các chất hòa tan trong chè làm nguồn dinh dưỡng cho quá trình sinh trưởng và phát triển (như đường hòa tan,

protein hòa tan, v.v.), nên làm cho hàm lượng các chất hòa tan trong chè giảm nhanh. Có thể thấy rõ điều này khi theo dõi hàm lượng đường khử ở giai đoạn này đều giảm đáng kể. Sau ngày thứ 7, khi vi sinh vật đã tăng lên đáng kể, trong khối ủ chè xảy ra quá trình thủy phân các chất có trong chè làm chuyển một số chất không tan thành chất hòa tan, khiến hàm lượng chất hòa tan trong chè tăng lên, nhưng sau đó lại giảm dần do các chất này tiếp tục bị vi sinh vật sử dụng.

Hàm lượng theaflavin tăng trong giai đoạn đầu của quá trình đạt đỉnh vào ngày 21 sau đó giảm dần ở các ngày sau đó. Tỷ lệ TF/TR đạt cao nhất vào ngày thứ 42. Theaflavin đóng góp chủ yếu vào màu của nước trà (Hilton và Ellis 1972, Roberts và Smith 1963, Ngure *et al.* 2009) nhiều báo cáo đã chỉ ra rằng hàm lượng TF có tác động tích cực đến độ sáng và màu của nước trà và hàm lượng TR lại có tác động ngược lại.

Tiến hành đánh giá cảm quan chất lượng chè sau lên men thu được kể quả ở bảng 11.

Bảng 11. Ảnh hưởng của thời gian lên men đến chất lượng cảm quan của chè Phổ nhĩ

Thời gian lên men (ngày)	Ngoại hình	Màu nước	Mùi	Vị	Tổng điểm	Xếp loại
0	2,46	3,8	4,44	4,56	15,26	Khá
7	2,4	3,8	4,44	4,56	15,2	Khá
14	2,28	3,8	4,44	4,56	15,08	Khá
21	2,28	3,9	4,32	4,8	15,3	Khá
28	2,4	3,6	4,44	4,92	15,36	Khá
35	2,46	3,9	4,68	4,92	15,96	Khá
42	2,46	4,3	5,28	5,16	17,2	Khá
49	2,52	4,3	5,28	4,92	17,02	Khá
56	2,52	4,2	5,16	4,92	16,8	Khá

Nhìn chung các mẫu thí nghiệm đều có chất lượng cảm quan ở mức khá. Tuy nhiên điểm số có sự khác nhau. Mẫu vào ngày 42 có điểm cảm quan cao nhất. Đây cũng là mẫu có tỷ lệ TF/TR là cao nhất.

4.2.4. Ảnh hưởng của quá trình sấy đến chất lượng chè Phổ nhĩ

Sau khi kết thúc quá trình lên men, chè được hấp để làm mềm nguyên liệu và ép tạo hình, bánh chè có độ ẩm khá cao do hấp thụ hơi nước, cấu trúc lá còn mềm và hoạt động enzyme cũng như vi sinh vật vẫn diễn ra mạnh. Vì vậy, quá trình sấy khô sau khi hấp và ép bánh trong chế biến chè Phổ nhĩ có vai trò quan trọng nhằm ổn định chất lượng sản phẩm, tránh hiện tượng lên men quá mức, phát sinh mùi chua, mốc hoặc hư hỏng trong quá trình bảo quản. Mục đích quan trọng nhất của quá trình sấy là làm giảm độ ẩm của bánh chè xuống mức an toàn, thường khoảng 10-12%, nhằm hạn chế sự phát triển của vi sinh vật không mong muốn mà vẫn giữ được chất lượng cảm quan tốt nhất. Ngoài ra, quá trình sấy còn có tác dụng ổn định cấu trúc cơ học của bánh chè. Trong quá trình mất nước, các lá chè liên kết chặt hơn với nhau, giúp bánh trà cứng, chắc và giữ được hình dạng ổn định trong quá trình vận chuyển cũng như lưu trữ lâu dài. Thử nghiệm sấy chè Phổ nhĩ về độ ẩm 10-12% ở các mức nhiệt độ khác nhau. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của quá trình sấy được thể hiện ở bảng 12.

Bảng 12. Ảnh hưởng của quá trình sấy đến chất lượng chè Phổ nhĩ

Thời gian sấy (phút)	Nhiệt độ sấy (°C)	Polyphenol (%)	Chất lượng cảm quan					
			Ngoại hình	Màu nước	Mùi	Vị	Tổng điểm	Xếp loại
210	40	33,1 ± 0,24 ^a	2,4	4,3	5,28	4,92	16,9	Khá
190	50	31,0 ± 0,28 ^b	2,58	4,3	5,16	5,04	17,08	Khá
120	60	30,7 ± 0,24 ^c	2,52	4,4	5,4	5,04	17,36	Khá
110	70	29,2 ± 0,37 ^d	2,22	3,9	4,32	4,68	15,12	TB
100	80	28,8 ± 0,31 ^d	2,22	4	4,56	4,32	15,1	TB

* Ghi chú: Các số liệu trong cùng một hàng có chữ ở mũ khác nhau (a, b, c, d) biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các giá trị trung bình ($p < 0,05$).

Tại nhiệt độ 70°C và 80°C cho thời gian sấy nhanh, tuy nhiên chất lượng cảm quan lại ở mức trung bình và hàm lượng polyphenol cũng thấp hơn. Ở mức nhiệt độ 40°C và 50 °C cho chất lượng cảm quan tốt và hàm lượng polyphenol cao tuy nhiên thời gian sấy lại quá lâu sẽ tiêu tốn nhiều chi phí năng lượng hơn. Mức nhiệt độ tối ưu nhất trong nghiên cứu là 60 °C trong 120 phút vừa cho chất lượng cảm quan ở mức khá với điểm số cao nhất, thời gian sấy cũng không quá dài.

4.3. Tối ưu hóa quy trình sản xuất chè Phổ nhĩ

4.3.1. Thiết kế mô hình thí nghiệm

Dựa trên kết quả khảo sát ảnh hưởng của các đơn yếu tố và tham khảo tài liệu, đề tài chọn 3 yếu tố ảnh hưởng đến quá trình lên men Phổ nhĩ với các mức độ như sau:

Bảng 13. Mã hoá thiết kế các biến độc lập và biến phụ thuộc

Biến độc lập	Mã hoá	Mức độ		
		Thấp (-1)	Trung bình (0)	Cao (+1)
Độ ẩm (%)	A	30	35	40
Nhiệt độ lên men (°C)	B	20	25	30
Thời gian lên men (ngày)	C	35	42	49
Biến phụ thuộc	Mã hoá	Mục tiêu		
Tanin (%)	Y ₁	Trung bình		
Chất hoà tan (%)	Y ₂	Tối đa		

Các thí nghiệm tối ưu hoá được thiết kế theo mô hình Box-Behnken bằng phần mềm Design Expert 13.0. Tổng số nghiệm thức là 17 (5 nghiệm thức trung tâm). Kết quả phân tích chè phổ nhĩ tương ứng với các thí nghiệm theo thiết kế được trình bày trong bảng 14.

Bảng 16. Mô hình thiết kế thí nghiệm Box-Behnken và kết quả thực nghiệm

Thí nghiệm thứ	Các biến độc lập			Tanin	Chất hoà tan
	A	B	C	(Mean $\pm$ SD)	(Mean $\pm$ SD)
	%	°C	ngày	%	%
1	35	30	49	8,47 $\pm$ 0,12	30,04 $\pm$ 0,41
2	30	25	35	13,88 $\pm$ 0,15	52,89 $\pm$ 0,56
3	35	25	42	13,56 $\pm$ 0,06	41,57 $\pm$ 0,08
4	35	30	35	14,57 $\pm$ 0,18	51,05 $\pm$ 0,63
5	40	25	35	14,37 $\pm$ 0,14	39,48 $\pm$ 0,47
6	30	20	42	14,70 $\pm$ 0,16	42,97 $\pm$ 0,52
7	40	25	49	10,65 $\pm$ 0,11	37,66 $\pm$ 0,44
8	40	20	42	16,36 $\pm$ 0,20	42,95 $\pm$ 0,51
9	30	25	49	15,12 $\pm$ 0,17	36,78 $\pm$ 0,42
10	35	25	42	13,55 $\pm$ 0,05	41,79 $\pm$ 0,09
11	35	25	42	13,45 $\pm$ 0,07	41,72 $\pm$ 0,07
12	30	30	42	14,31 $\pm$ 0,13	46,83 $\pm$ 0,58
13	35	25	42	13,57 $\pm$ 0,06	41,63 $\pm$ 0,08
14	40	30	42	8,70 $\pm$ 0,10	34,34 $\pm$ 0,39
15	35	20	49	17,47 $\pm$ 0,22	44,44 $\pm$ 0,54
16	35	25	42	13,45 $\pm$ 0,05	41,69 $\pm$ 0,08
17	35	20	35	13,63 $\pm$ 0,12	41,53 $\pm$ 0,46

4.3.2. Đánh giá mô hình dự đoán

Dựa vào các số liệu thực nghiệm thu nhận được trong bảng 16, áp dụng phương pháp hồi quy tuyến tính đa biến bằng phần mềm Design Expert 13, thu được mô hình đa thức tương tác 2 yếu tố (2FI) dự đoán ảnh hưởng và tương tác của các yếu tố như sau:

- $Y_1 = + 13,52 - 0,9912 \times A - 2,01 \times B - 0,5925 \times C - 1,82 \times AB - 1,24 \times AC - 2,48 \times BC$.

$$- Y_2 = + 41,73 - 3,13 \times A - 1,20 \times B - 4,50 \times C - 3,12 \times AB - 3,57 \times AC - 5,98 \times BC$$

Đối với hàm lượng Tanin tổng số và hàm lượng chất hòa tan, hệ số hồi quy của biến A, B, C và hệ số tương tác AB, AC, BC trong phương trình đa thức tương tác 2 yếu tố mang giá trị âm cho thấy yếu tố độ ẩm, nhiệt độ lên men và thời gian lên men ảnh hưởng theo chiều nghịch đến hàm lượng TTC và hàm lượng chất tan. Khi tăng cả 3 yếu tố thì hàm lượng tanin và hàm lượng chất hoà tan sẽ giảm.

Độ phù hợp của các mô hình bậc hai và ảnh hưởng của các yếu tố được đánh giá bằng phương pháp phân tích phương sai ANOVA với mức ý nghĩa $p = 0,05$. Kết quả được trình bày trong bảng 17.

Bảng 17. Phân tích hệ số tương quan của các yếu tố đến hàm lượng tanin và hàm lượng chất hoà tan

Phân tích ANOVA						
Source	TTC			WE		
	F-value	p-value	Ý nghĩa	F-value	p-value	Ý nghĩa
Model	6387,28	< 0,0001	Sig.	13111,26	< 0.0001	Sig.
A	3455,66	< 0,0001		12707,17	< 0.0001	
B	14261,85	< 0,0001		1879,46	< 0.0001	
C	1234,64	< 0,0001		26309,26	< 0.0001	
AB	5808,76	< 0,0001		6302,94	< 0.0001	
AC	2703,82	< 0,0001		8277,03	< 0.0001	
BC	10858,94	< 0,0001		23191,7	< 0.0001	
Lack of Fit	0,3635	0,8707	Not sig.	0,7812	0,626	Not sig.

Giá trị F của 2 mô hình hàm lượng tanin và hàm lượng chất hòa tan đều rất lớn với giá trị F lần lượt là: tanin ($F = 6387,28$), chất hoà tan ($F = 13111,26$) và giá trị p rất nhỏ ($p < 0,0001$) cho thấy cả 2 mô hình đều có ý nghĩa thống kê và chỉ có 0,01% khả năng giá trị F lớn như vậy xảy ra do nhiều ngẫu nhiên. Ngoài ra, ở cả 2 mô hình, giá trị p của các hệ số đơn thức A, B, C đều nhỏ hơn 0,05. Điều này cho thấy hàm lượng tanin và hàm lượng chất hòa tan đều bị ảnh hưởng bởi độ ẩm, nhiệt độ và thời gian lên men. Giá trị p của các hệ số tương tác AB, AC, BC đều nhỏ hơn 0,05 cho

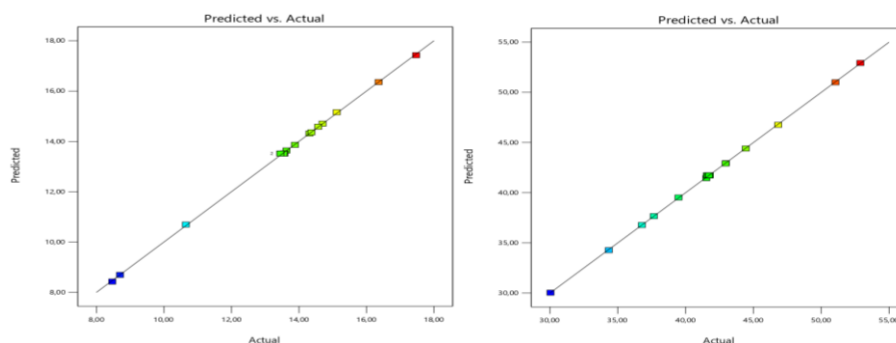
thấy có sự tương tác giữa độ ẩm - nhiệt độ, độ ẩm - thời gian và nhiệt độ - thời gian. Giá trị Lack of fit của cả 3 mô hình đều không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) với giá trị p lần lượt là: tanin ($p = 0,8707$), chất hoà tan ($p = 0,6260$) cho thấy lỗi phù hợp mô hình là không đáng kể so với lỗi ngẫu nhiên và mô hình đã giải thích đầy đủ và chính xác mối quan hệ giữa các biến độc lập và biến phụ thuộc.

Độ chính xác và khả năng dự đoán của các mô hình trên được đánh giá thông qua các thông số thống kê phù hợp (fit statistic), bao gồm các thông số như hệ số xác định R^2 , $R^2_{\text{hiệu chỉnh}}$, $R^2_{\text{dự đoán}}$ và Adeq Precision. Giá trị của các thông số này được trình bày trong bảng 18

Bảng 18. Kết quả đánh giá khả năng dự đoán của mô hình

Mô hình	R^2	$R^2_{\text{hiệu chỉnh}}$	$R^2_{\text{dự đoán}}$	Adeq Precision
Hàm lượng tanin	0,9997	0,9996	0.9993	239,9914
Hàm lượng chất hoà tan	0,9999	0,9998	0,9997	454,2840

Giá trị R^2 của cả 2 mô hình đều tiệm cận 1,0000 ($> 0,8$) với R^2 lần lượt là: hàm lượng tanin ($R^2 = 0,9997$), Hàm lượng chất hòa tan ($R^2 = 0,9999$) cho thấy các mô hình đều có sự phù hợp rất cao với số liệu thực nghiệm và có thể giải thích hầu hết sự biến động trong dữ liệu. Ở cả 2 mô hình, sự chênh lệch giữa giá trị $R^2_{\text{hiệu chỉnh}}$ và $R^2_{\text{dự đoán}}$ đều không quá 0,2 và giá trị của $R^2_{\text{hiệu chỉnh}}$ và $R^2_{\text{dự đoán}}$ đều tiệm cận 1,0000 chứng tỏ mô hình có khả năng tổng quát và dự đoán dữ liệu mới tốt. Ngoài ra, giá trị Adeq Precision của 2 mô hình đều lớn hơn 4 cho thấy tín hiệu đủ mạnh và mô hình có thể dự đoán chính xác mà không bị ảnh hưởng quá nhiều bởi nhiễu.

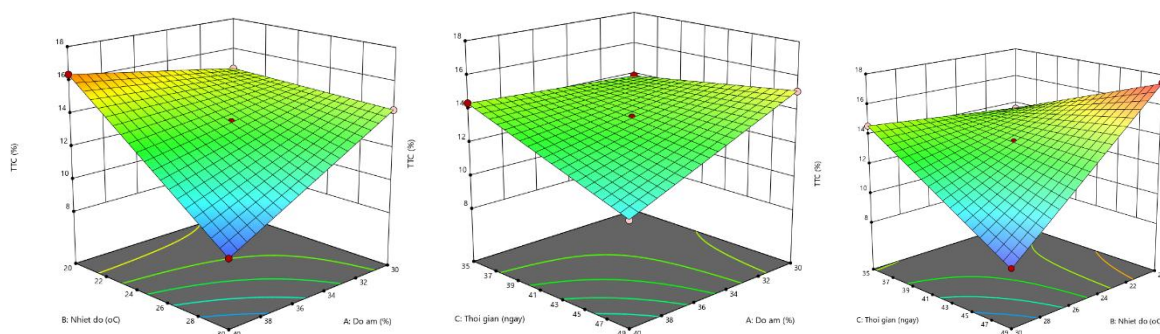


Hình 4.7. Số liệu thực nghiệm so với dự đoán của hàm lượng tanin và hàm lượng chất hoà tan

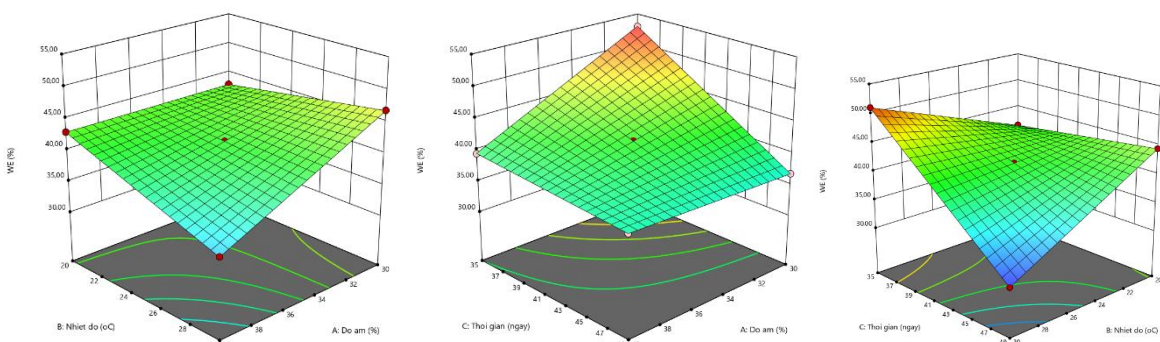
Mô hình dự đoán của hàm lượng tanin và hàm lượng chất hòa tan đều có độ phù hợp cao và khả năng tổng quát tốt. Các thông số thống kê phù hợp cho thấy cả 2 mô hình này có thể dự đoán chính xác và có thể áp dụng vào giai đoạn tối ưu hoá các thông số.

4.3.3. Khảo sát mối quan hệ giữa biến độc lập và biến phụ thuộc

Đồ thị 3 chiều (3D) mô phỏng sự tương tác giữa các biến độc lập và sự ảnh hưởng lẫn nhau của từng cặp biến độc lập đối với biến phụ thuộc, trong đó trục X, Y biểu thị 2 trong 3 yếu tố ảnh hưởng (độ ẩm, nhiệt độ, thời gian) và trục Z biểu thị biến phụ thuộc (TTC hoặc WE). Các đường cong bề mặt đáp ứng 3 chiều được tạo ra bằng cách cố định 1 yếu tố ở mức 0 đồng thời thay đổi 2 yếu tố còn lại trong phạm vi tối ưu. Đồ thị 3 chiều của TTC và chất hòa tan được thể hiện lần lượt trên hình 4.8 và hình 4.9.



Hình 4.8. Ảnh hưởng của các yếu tố khảo sát lên hàm lượng tanin tổng số



Hình 4.9. Ảnh hưởng của các yếu tố khảo sát lên hàm lượng chất hòa tan

Các đồ thị hình 4.8 và 4.9 cho thấy một số xu hướng ảnh hưởng như sau: Đối với hàm lượng Tanin tổng số (Y_1) và hàm lượng chất hòa tan (Y_2): Độ ẩm (A) cao thì Y_1 và Y_2 giảm; tương tự với 2 yếu tố nhiệt độ và thời gian lên men.

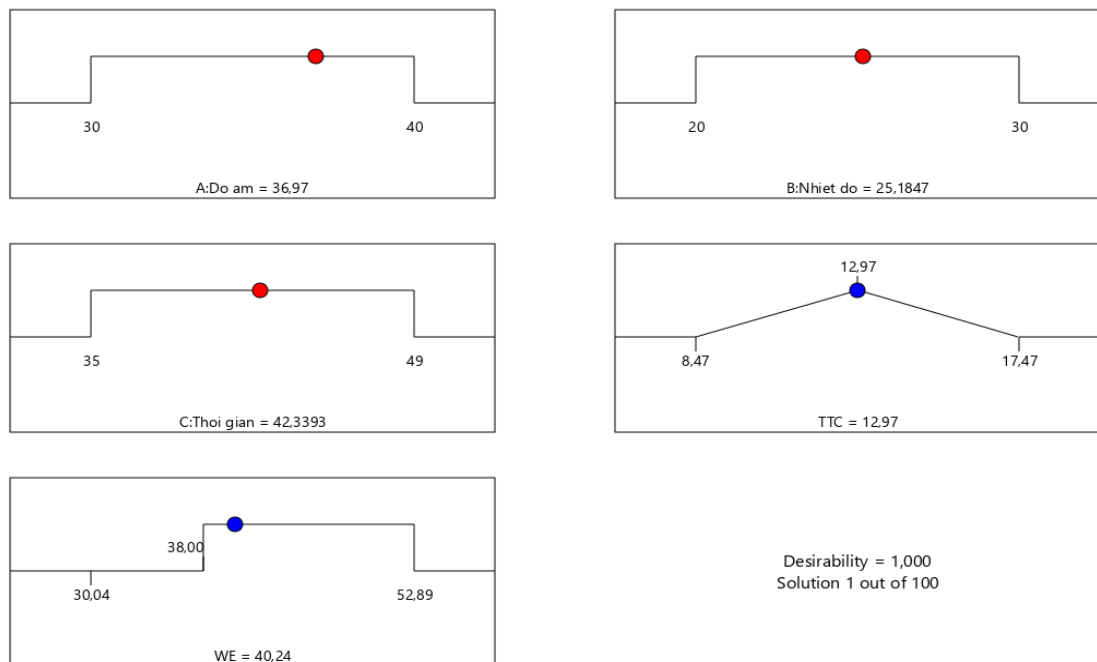
4.3.4. Xác định giá trị tối ưu và biến đầu vào

Sau khi xây dựng được mô hình dự đoán hàm lượng tanin và hàm lượng chất hòa tan, tiến hành tối ưu các điều kiện lên men bằng phần mềm Design Expert 13 với khoảng giới hạn của các yếu tố ảnh hưởng và mức kì vọng của các biến phụ thuộc như trong bảng 19.

Bảng 19. Khoảng giới hạn và mức kỳ vọng của các biến phụ thuộc

Biến	Mục tiêu	Giới hạn dưới	Giới hạn trên	Mức kỳ vọng
Độ ẩm (%)	Trong khoảng giới hạn	20	40	+++
Nhiệt độ (°C)	Trong khoảng giới hạn	20	30	+++
Thời gian (ngày)	Trong khoảng giới hạn	180	240	+++
Hàm lượng tanin (%CK)	Trung bình			+++++
Hàm lượng chất hoà tan (%CK)	Lớn hơn 38			++++

Dựa trên các kết quả phân tích, phương án tốt nhất được dự đoán để lên men lá chè Trung du được trình bày trong hình 10. Như vậy, các thông số lên men tối ưu đạt được từ mô hình dự đoán là: độ ẩm 37%, nhiệt độ lên men 25,2°C và thời gian lên men 42 ngày. Với các thông số tối ưu này, giá trị của hàm mục tiêu đạt được là: hàm lượng Tanin tổng số 12,97% và hàm lượng chất hòa tan 40,24%.



Hình 4.10. Hàm kỳ vọng và điều kiện tối ưu hàm lượng tanin, hàm lượng chất hoà tan

4.3.5. Thực nghiệm kiểm chứng

Tiến hành lặp lại 3 lần quy trình chế biến phổ nhĩ với quy mô 10 kg nguyên liệu tươi/mẻ với điều kiện tối ưu như sau: độ ẩm 37%, nhiệt độ lên men 25°C, thời gian lên men 42 ngày. Sản phẩm phổ nhĩ tương ứng với mỗi thực nghiệm được định lượng và thu kết quả. Kết quả thực nghiệm kiểm chứng và kết quả dự đoán từ phần mềm được trình bày trong bảng 20.

Bảng 20. Kết quả kiểm chứng thực nghiệm mô hình tối ưu hóa

Kết quả		Hàm lượng tanin (%CK)	Hàm lượng chất hoà tan (%)
Thực nghiệm	1	12,96	40,21
	2	12,93	40,22
	3	12,95	40,19
Trung bình		12,95	40,21
Dự đoán		12,93	40,23
Sig		0,076	0,071

Kết quả phân tích ANOVA hai yếu tố không lặp cho thấy quy trình sản xuất

chè Phở nhĩ có tính lặp lại ($p = 0,08 > 0,05$).

Sử dụng phép kiểm T-Test để so sánh các kết quả thực nghiệm với kết quả dự đoán của từng biến số, kết quả như sau:

- Đối với hàm lượng %tanin: Sig. = 0,079 > 0,05, nên không có sự khác nhau giữa các giá trị thực nghiệm với giá trị dự đoán.
- Đối với hàm lượng chất hoà tan: Sig. = 0,071 > 0,05, nên không có sự khác nhau giữa các giá trị thực nghiệm với giá trị dự đoán.

Vậy tính chất sản phẩm được dự đoán bởi phần mềm phù hợp với thực tế.

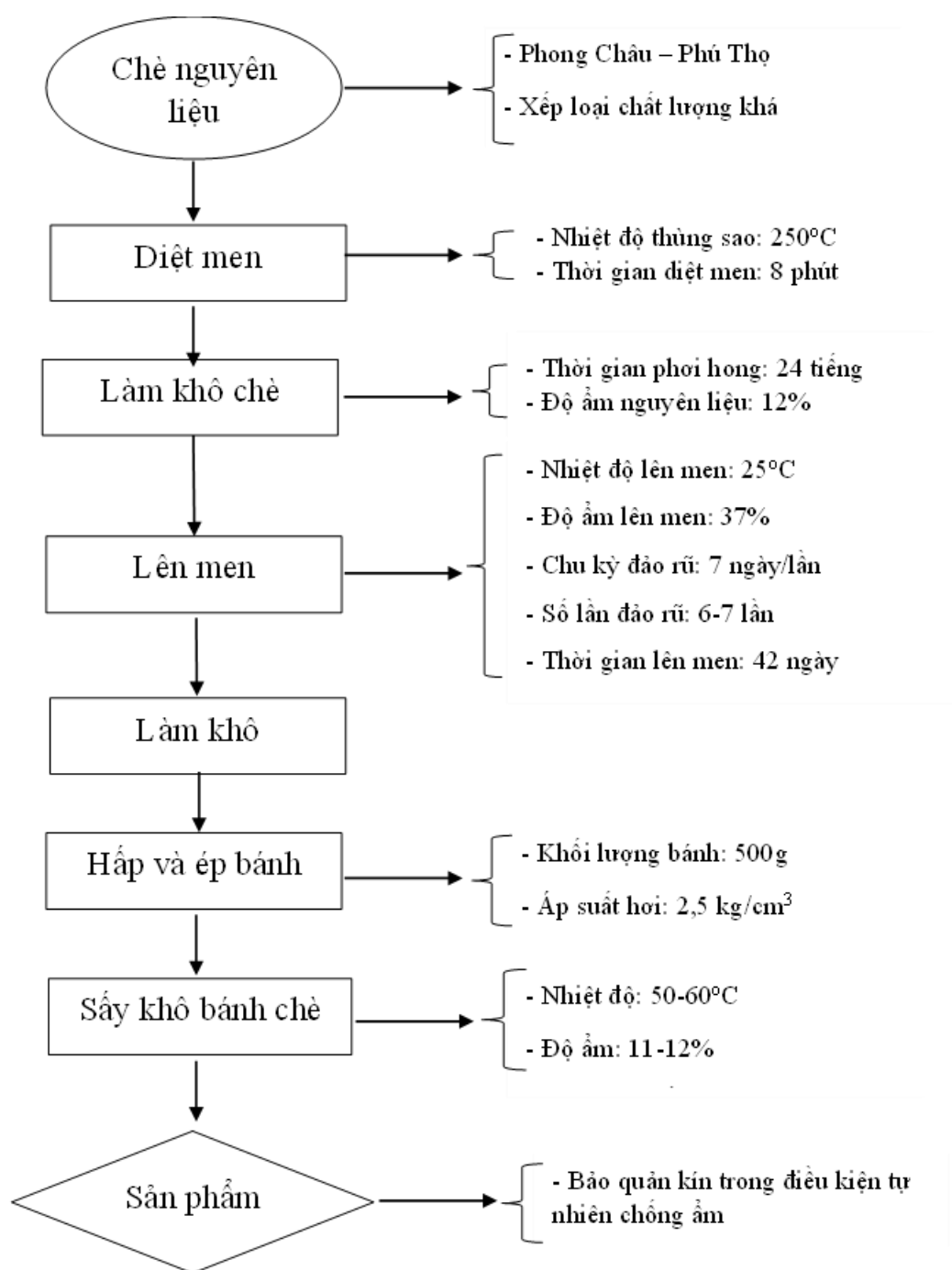
Kết luận: Độ ẩm, nhiệt độ lên men và thời gian lên men được xác định là các yếu tố ảnh hưởng nhiều đến quá trình lên men phở nhĩ từ búp chè Trung du. Thông qua việc sử dụng mô hình thiết kế thí nghiệm Box-Behnken trong phần mềm Design Expert, nghiên cứu đã xác định được điều kiện lên men tối ưu là độ ẩm 37%, nhiệt độ lên men 25°C, thời gian lên men 42 ngày. Khi đó, hàm lượng tanin đạt 12,95% và hàm lượng chất hoà tan đạt 40,21%. Kết quả kiểm tra bằng thực nghiệm có độ tương thích cao.

4.4. Xây dựng quy trình công nghệ chế biến chè Phở nhĩ, quy mô 200 kg nguyên liệu/mẻ

4.4.1. Quy trình công nghệ chế biến chè Phở nhĩ, quy mô 200 kg nguyên liệu/mẻ

Dựa trên các kết quả đã đạt được ở các nghiên cứu trên, đề tài đã tiến hành xây dựng quy trình công nghệ chế biến chè Phở nhĩ, quy mô 200kg nguyên liệu/mẻ.

a) Sơ đồ quy trình công nghệ chế biến chè Phở nhĩ, quy mô 200 kg nguyên liệu/mẻ



**Hình 4.11. Sơ đồ quy trình công nghệ chế biến chè Phở nhĩ,
quy mô 200kg nguyên liệu/ mẻ**

b) Thuyết minh quy trình công nghệ:

- Nguyên liệu: Nguyên liệu cần đạt đủ các yêu cầu về tiêu chuẩn nguyên liệu.

Ưu tiên sử dụng nguyên liệu ở vùng Phong Châu - Phú Thọ.

- Diệt men: Loại bỏ một phần các enzyme oxy hóa có trong chè bằng cách xào chè ở nhiệt độ lò là 250°C trong 8 phút.

- Làm khô chè: Chè sau khi diệt men sẽ được làm khô tự nhiên bằng cách rải búp chè tươi trên nong, đường kính nong 100cm (diện tích 1m²). Lớp chè được rải thành một lớp mỏng đều với chiều dày 5 - 7cm (tương ứng 2,5kg chè/nong hay 2,5 kg/cm²) ở nhiệt độ môi trường trong khoảng 30 - 35°C, độ ẩm tương đối của không khí 75 - 80%. Thời gian phơi khoảng 24h cho đến khi độ ẩm đạt 12%.

- Lên men: Chè được lên men bán tự nhiên ở nhiệt độ 25°C; độ ẩm: 25%; chu kỳ đảo trộn: 7 ngày/lần; số lần đảo trộn: 6-7 lần; thời gian lên men: 42 ngày.

- Làm khô: Sau khi kết thúc quá trình lên men chè được làm khô thêm 1 lần nữa trước khi mang đi hấp và đóng bánh.

- Hấp, ép bánh: hấp chè ở áp suất hơi khoảng 2,5 kg/cm³. Sau đó được ép thành các bánh chè hình vuông hoặc tròn. Khối lượng mỗi bánh: 500g

- Sấy khô bánh chè: Chè sau khi ép được sấy khô về độ ẩm 11-12%; nhiệt độ sấy 50-60°C.

- Chè phổ nhĩ thành phẩm được bảo quản ở điều kiện tự nhiên chống ẩm.

4.4.2. *Đánh giá chất lượng chè phổ nhĩ sản xuất ở quy mô 200 kg nguyên liệu tươi/mẻ*

Đánh giá chất lượng chè phổ nhĩ quy mô 200 kg nguyên liệu/mẻ: Kết quả đánh giá chất lượng chè Phổ nhĩ được thể hiện qua bảng 21.

Bảng 21. Đánh giá chất lượng chè Phổ nhĩ, quy mô 200kg nguyên liệu/mẻ

Mẫu	Tanin (%)	Chất hòa tan (%)	Chất lượng cảm quan					
			Ngoại hình	Màu nước	Mùi	Vị	Tổng điểm	Xếp loại
1	12,32±0,21	40,01±0,31	2,7	4,5	5,4	5,04	17,64	Khá
2	12,35±0,13	40,13±1,42	2,64	4,5	5,4	5,04	17,58	Khá
3	12,29±0,17	40,09±0,45	2,7	4,4	5,52	5,16	17,78	Khá

Kết quả kiểm tra cho thấy hàm lượng tanin và chất hòa tan ở mẫu được sản xuất với quy mô 200 kg nguyên liệu/ mẻ đều khá sát so với mẫu được làm quy mô nhỏ theo mô hình tối ưu hóa. Về chất lượng cảm quan các mẫu đều được xếp loại khá với số điểm tương đối cao. Từ kết quả này ta có thể kết luận rằng quy trình sản xuất chè

Phổ nhĩ quy mô 200 kg nguyên liệu tươi/mẻ cho ra sản phẩm có chất lượng tốt, và có thể áp dụng vào sản xuất thực tế.

KẾT LUẬN

Sau quá trình nghiên cứu và thực nghiệm, đề tài: “*Nghiên cứu quy trình công nghệ chế biến chè phổ nhĩ từ giống chè Trung du búp tím, quy mô 200 kg nguyên liệu tươi/mẻ*” đã hoàn thành các mục tiêu nghiên cứu đề ra và đạt được các kết quả chính như sau:

1. Đã xây dựng tiêu chuẩn lựa chọn nguyên liệu phục vụ chế biến chè phổ nhĩ từ giống chè Trung du búp tím.

2. Đã nghiên cứu, xác định các thông số công nghệ thích hợp gồm:

- Diệt men bằng phương pháp xào ở nhiệt độ lò 250°C trong 8 phút;
- Làm khô tự nhiên trong khoảng 24 giờ đến độ ẩm khoảng 12%;
- Sấy sản phẩm ở 60°C trong 120 phút.

3. Đã xây dựng thành công quy trình công nghệ chế biến chè Phổ nhĩ quy mô 200 kg nguyên liệu tươi/mẻ. Sản phẩm thu được có chất lượng ổn định, hàm lượng chất hòa tan đạt khoảng 40%, chất lượng cảm quan được xếp loại khá với màu nước đỏ nâu đặc trưng, hương thơm dịu và vị êm đặc trưng của chè Phổ nhĩ.

Khác với các nghiên cứu trước chủ yếu tập trung trên giống Shan hoặc nguyên liệu chè thông thường, nghiên cứu này bước đầu chứng minh khả năng ứng dụng giống chè Trung du búp tím trong sản xuất chè Phổ nhĩ có giá trị gia tăng cao. Việc xây dựng thành công quy trình chế biến chè Phổ nhĩ góp phần làm đa dạng hóa các dòng sản phẩm chè chế biến sâu, giúp nâng cao hiệu quả kinh tế cho người sản xuất, góp phần tận dụng tốt nguồn nguyên liệu chè địa phương, giảm tình trạng tiêu thụ nguyên liệu thô và tăng tỷ trọng sản phẩm chè chất lượng cao.

KIẾN NGHỊ

- Tiếp tục thử nghiệm tính hiệu quả của quy trình công nghệ sản xuất chè phổ nhĩ quy mô 200 kg nguyên liệu tươi/mẻ.

- Áp dụng, chuyển giao quy trình công nghệ cho các cơ sở sản xuất chè trên toàn quốc.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

TÀI LIỆU TIẾNG VIỆT

1. Đào Thị Việt Hà (2012). Nghiên cứu công nghệ sản xuất chè lên men từ chè shan và ứng dụng để sản xuất nước giải khát. Luận án Tiến sỹ.
2. Đỗ Văn Ngọc, Trịnh Văn Loan (2008). *Các biến đổi hoá sinh trong quá trình chế biến và bảo quản chè*, NXB Nông Nghiệp, Hà Nội.
3. Đỗ Quang Thái (2020). Nghiên cứu quy trình chiết xuất và làm giàu EGCG trong trà xanh (*Camellia sinensis*). Luận văn Thạc sỹ.
4. Đặng Minh Nhật (2010). Nghiên cứu thu nhận chế phẩm chống oxy hóa tự nhiên từ lá chè già, Tạp chí Khoa học và Công nghệ Tập 48, số 6, Tr. 89-98.
5. Giang Trung Khoa (2018). Nghiên cứu chiết tách polyphenol từ lá chè xanh và ứng dụng trong bảo quản thực phẩm. Luận án Tiến sỹ.
6. Giang Trung Khoa và cộng sự (2013). 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, 11 (3), tr. 373-379.
7. Hoàng Thành Chí và cộng sự (2020). Khảo sát hoạt tính kháng oxy hóa của catechin chiết xuất từ lá trà xanh. Tạp chí Khoa học Đại học Thủ dầu một, số 6 (49)-2020.
8. Nguyễn Thị Hạnh*, Nguyễn Văn Hưng. “Ảnh hưởng của nhiệt độ bảo quản đến chất lượng Quả nhãn lồng Hưng Yên”. *Bản B của Tạp Chí Khoa học Và Công nghệ Việt Nam*, vol 64, số p.h 6, Tháng Sáu 2022, doi:10.31276/VJST.64(6).69-72.
9. Nguyễn Thị Thanh Mai, Trần Bảo Trâm, Trương Thị Chiên, Đoàn Thế Vinh (2011). Nghiên cứu xây dựng tiêu chuẩn chè nguyên liệu trong chế biến bột chè xanh chất lượng cao. Tạp chí sinh học, 34(2): 224-227.
10. Ngô Văn Thu (1998), Bài giảng dược liệu, Trường Đại học Dược Hà Nội.
11. Ngô Xuân Cường, Nguyễn Duy Thịnh, Hà Duyên Tư (2009). Ảnh hưởng của quá trình héo nhẹ đến chất lượng nguyên liệu và sản phẩm chè xanh. Tạp chí khoa học & công nghệ các trường Đại học kỹ thuật, số 70, 90 - 95.

12. Phạm Thành Quân và cộng sự (2006). Microwave - assisted extraction of polyphenols from fresh tea shoot. *Tạp chí Phát triển KH&CN*, 9 (8), pp.69-75.
13. Tạ Thị Mai Hạnh (2018). Ứng dụng nhựa macroporous trong làm giàu catechin chè xanh (*Camellia sinensis*).
14. Tran Thi Minh, Thu & Phương, Lê & Thứ, Nguyễn & Thi, Nhu. (2022). NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA CÔNG ĐOẠN TIỀN XỬ LÝ VÀ SẤY ĐẾN HOẠT ĐỘ CỦA HỆ ENZYME PEROXIDASE VÀ MÀU SẮC CỦA BỘT SA KÊ (*Artocarpus altilis*).
15. Vũ Hồng Sơn, Hà Duyên Tư (2009). Nghiên cứu quá trình trích ly polyphenol từ chè xanh vụn. Phần 1: Các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình trích ly polyphenol, *Tạp chí Khoa học và Công nghệ*, 47(1), tr. 81-86.

TÀI LIỆU TIẾNG ANH

16. Agati Giovanni. (2008). *Multiple functional roles of flavonoids in photoprotection*. New Phytol, pp186.
17. Ashihara.H, D. M. (2010). *Distribution and biosynthesis offlavan-3-ols in Camellia sinensisseedlings and expression of genes encoding biosynthetic enzymes*.Phytochemistry Vol 71, pp 559-566.
18. Bai L., Takagi S., Ando T., Yoneyama H., Ito K., Mizugai H., Isogai E. (2016). Antimicrobial Activity of Tea Catechin Against Canine Oral Bacteria and the Functional Mechanisms. *J. Vet. Med Sci.*;78:1439-1445. doi: 10.1292/jvms.16-0198.
19. Banerjee, S.; Chatterjee, J (2015). Efficient extraction strategies of tea (*Camellia sinensis*) biomolecules. *J. Food Sci. Technol.*, 52, 3158-3168.
20. Cherubin P., Garcia M.C., Curtis D., Britt C.B.T.J., Craft J.W., Jr., Burress H., Reddy S., Guyette J., Zheng T., Zheng T. *et al* (2016). Inhibition of Cholera Toxin and Other AB Toxins by Polyphenolic Compounds. *PLoS ONE*.;11:e0166477. doi: 10.1371/journal.pone.0166477.

21. Chaturvedula, P. V., Prakash, I. (2011). *The aroma, taste, color and bioactive constituents of tea*. Journal of Medicinal Plants Research Vol. 5(11), pp 2110 - 212.
22. Chyu K.Y., Babbidge S.M., Zhao X., Dandillaya R., Rietveld A.G., Yano J., Dimayuga P., Cercek B., Shah P.K. (2004). "Differential effects of green teaderived catechin on developing versus established atherosclerosis in apolipoprotein E-null mice", *Circulation*, 109 (20), 2004, pp. 2448-2453.
23. FAO (2020). International tea market: market situation, prospects and emerging issues.
24. Furuno, T. Y. (2008). *Theanine, c-glutamylethylamide, a unique amino acid in tea leaves, modulates neurotransmitter concentrations in the brainstriatum interstitium in conscious rats* . Original Article vol 36, pp 21-27.
25. Guo S.-B. *et al.* (2014). "Studies on Purification Process of Total Saponins in Radix Astragali with Resin and Structural Identification of Compounds", *Asian Journal of Chemistry*. 26 (15), pp. 4610.
26. Gupta S, Hastak K, Ahmad N, Lewin JS, Mukhtar H. Inhibition of prostate carcinogenesis in TRAMP mice by oral infusion of green tea polyphenols. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2001;98:10350-10355.
27. Hirai M, Y. H. (2008). *Production of value-added crop of green tea in summer under the shade screen net: canopy microenvironments*. International Workshop on Greenhouse Environmental Control and Crop Production in Semi-Arid Regions, ISHS Acta Horticulturae 797.
28. Jeon J., Kim J.H., Lee C.K., Oh C.H., Song H.J (2014). The Antimicrobial Activity of (-)-Epigallocatechin-3-Gallate and Green Tea Extracts Against *Pseudomonas aeruginosa* and *Escherichia coli* Isolated from Skin Wounds. *Ann Derm.*;26:564-569. doi: 10.5021/ad.26.5.564.
29. Kang Mo Ku, Choong Hwan Lee. (2010). *Metabolomics analysis reveals the compositional differences of shade grown tea*. Journal of Agricultural and Food Chemistry vol 58, pp 418 - 426.

30. Kazumitsu Kubota *et al.* (2016). Improvements of mean body mass index and body weight in preobese and overweight Japanese adults with black Chinese tea (Pu-Erh) water extract. *Nutr Res*, 31(6):421-8.
31. Kuan-Li Kuo *et al* (2021). Comparative studies on the hypolipidemic and growth suppressive effects of oolong, black, pu-erh, and green tea leaves in rats. *Agric Food Chem*, 26; 53 (2):480-9
32. Liang Ming Zhi, Xia Lifei (2006). Sự biến đổi các chỉ tiêu lý hóa trong quá trình lên men sản xuất chè phổ nhĩ. *Tạp chí nông nghiệp Trung Quốc*, 10, tr.321-325.
33. Lee, L.-S.; Kim, S.-H.; Kim, Y.-B.; Kim, Y.-C (2014). Quantitative analysis of major constituents in green tea with different plucking periods and their antioxidant activity. *Molecules* , 19, 9173-9186.
34. Liang MingZhong, Fu LiFei (2006). *Nghiên cứu sự biến đổi các chỉ tiêu lý hoá trong quá trình lên men với sự hình thành chất lượng chè Phổ nhĩ Vân Nam*. *Tạp chí Khoa học chè*, 18(1), tr. 53 - 60.
35. Lim, Y.C., Park, H.Y., Hwang, H.S., *et al.* (2008). (-)-Epigallocatechin-3-gallate (EGCG) inhibits HGF-induced invasion and metastasis in hypopharyngeal carcinoma cells. *Cancer Lett*, 271: 140-152.
36. Liu, Z.; Bruins, M.E.; de Bruijn, W.J.C.; Vincken, J.-P (2020). A comparison of the phenolic composition of old and young tea leaves reveals a decrease in flavanols and phenolic acids and an increase in flavonols upon tea leaf maturation. *J. Food Compos. Anal.*, 86, 103385.
37. Hilton, M. G., & Ellis, R. T. (1972). Estimation of the market value of Central African tea by theaflavin analysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 23(2), 227–232.
38. Masuda M, et al. Epigallocatechin-3-gallate decreases VEGF production in head and neck and breast carcinoma cells by inhibiting EGFR-related pathways of signal transduction. *J Exp Ther Oncol*. 2002;2:350-359.

39. M.S. El-Shahawi, A. Hamza, S.O. Bahaffi, A.A. Al-Sibaai, T.N. Abduljabbar (2012). Analysis of some selected catechins and caffeine in green tea by high performance liquid chromatography. *Food Chemistry*. Volume 134, Issue 4, 15 October 2012, Pages 2268-2275.
40. Peluso, I.; Serafini, M (2017). Antioxidants from black and green tea: From dietary modulation of oxidative stress to pharmacological mechanisms. *Br. J. Pharmacol.* 2017, 174, 1195-1208.
41. Pinto M.D. (2013) Tea: A new perspective on health benefits. *Food Res. Int.*;53:558-567.
42. Quan V Vuong, (2011). L-Theanine: properties, synthesis and isolation from tea.
43. Shiming Li, (2022). Focusing on the recent progress of tea polyphenol chemistry and perspectives. *Food Science and Human Wellness*. Volume 11, Issue 3, May 2022, Pages 437-444.
44. Siriphap, A.; Kiddee, A.; Duangjai, A.; Yosboonruang, A.; Pook-In, G.; Saokaew, S.; Sutheinkul, O.; Rawangkan, A (2022). Antimicrobial Activity of the Green Tea Polyphenol (-)-Epigallocatechin-3-Gallate (EGCG) against Clinical Isolates of Multidrug-Resistant *Vibrio cholerae*. *Antibiotics* 2022, 11, 518.
45. Sukhthankar M, *et al* (2008). A green tea component suppresses posttranslational expression of basic fibroblast growth factor in colorectal cancer. *Gastroenterology*;134:1972-1980.
46. Vadivel Senthil Kumaran, (2008). Repletion of antioxidant status by EGCG and retardation of oxidative damage induced macromolecular anomalies in aged rats. *Experimental Gerontology*. Volume 43, Issue 3, March 2008, Pages 176-183.
47. Xin Zhao *et al.* (2013). Fermented Pu-erh tea increases in vitro anticancer activities in HT-29 cells and has antiangiogenic effects on HUVECs, *Environ Pathol Toxicol Oncol*, 32(4):275-88.

48. Wang Y, *et al.*, (2017). Green tea (*Camellia sinensis*) and L-theanine: medicinal values and beneficial applications in humans - A comprehensive review.
49. Yang, C.-C.; Wu, C.-J.; Chien, C.-Y.; Chien, C.-T (2021). Green Tea Polyphenol Catechins Inhibit Coronavirus Replication and Potentiate the Adaptive Immunity and Autophagy-Dependent Protective Mechanism to Improve Acute Lung Injury in Mice. *Antioxidants*, 10, 928.
50. Yang, C.S.; Lambert, J.D.; Sang, S (2009). Antioxidative and anti-carcinogenic activities of tea polyphenols. *Arch. Toxicol.*, 83, 11-21.
51. Zhang X, Wu ZF, Weng PF (2014). Antioxidant and hepatoprotective effect of (-)-epigallocatechin 3-*O*-(3-*O*-methyl) gallate (EGCG3"Me) from Chinese oolong tea. *J Agric Food Chem.*;62:10046–10054. doi: 10.1021/jf5016335.
52. Zhou HongJie, Li JiaHua, Gan YueMing (2004). *Quan hệ giữa sự biến đổi thành phần hoá học trong quá trình lên men với việc hình thành chất lượng chè Phổ nhĩ*, Tạp chí Tea House, (1), tr. 6-8.
53. Zhao R. *et al.* (2008). “Selective adsorption of tea polyphenols from aqueous solution of the mixture with caffeine on macroporous crosslinked poly (Nvinyl-2-pyrrolidinone)”, *Reactive and Functional Polymers*. 68 (3), pp. 768-774.
54. Zhao, Dongwei, (2021). Six new synonyms of *Camellia furfuracea* (Theaceae), *Phytotaxa* 510 (2), pp. 193-195 : 193-194.
55. Deng J. Y, Lucy S. H (2006). *Study on the conversation of three natural statins from lactone forms to their corresponding hydroxyl acid forms and their determination in Pu'er tea [J]*. *Chromatography A*, 1119, pp. 227-284.
56. Xiao-Jv Zou *et al.* (2012). The mechanisms of weight-cutting effect and bioactive components in Pu-erh tea. *Dongwuxue*, 33(4):421-6.
57. Ha Tinh Duc (2019). Patent CN110590861A.
58. Yonggon Kim (2018). Patent *CN108619325A*. Han C. (1997). *Cancer Letters*, 114 (1-2), pp. 153-158.

59. Kuan-Li Kuo *et al* (2021). Comparative studies on the hypolipidemic and growth suppressive effects of oolong, black, pu-erh, and green tea leaves in rats. *Agric Food Chem*, 26; 53 (2):480-9
60. Lee, L.-S.; Kim, S.-H.; Kim, Y.-B.; Kim, Y.-C (2014). Quantitative analysis of major constituents in green tea with different plucking periods and their antioxidant activity. *Molecules* , 19, 9173-9186.
61. GB/T 22111-2008 Product of geographical indication - Puer tea
62. Wu L.Y., Juan C.C., Hwang L.S., Hsu Y.P., Ho P.H., Ho L.T. (2004). “Green tea supplementation ameliorates insulin resistance and increases glucose transporter IV content in a fructose-fed rat model”, *European Journal of Nutrition*, 43 (2), pp. 116-124
63. Quan V Vuong, (2011). L-Theanine: properties, synthesis and isolation from tea
64. Shiming Li, (2022). Focusing on the recent progress of tea polyphenol chemistry and perspectives. *Food Science and Human Wellness*. Volume 11, Issue 3, May 2022, Pages 437-444.
65. Sukhthankar M, *et al* (2008). A green tea component suppresses posttranslational expression of basic fibroblast growth factor in colorectal cancer. *Gastroenterology*;134:1972-1980

Hà Nội, ngày tháng năm 2026

Người hướng dẫn khoa học

Học viên

Hướng dẫn 1

Hướng dẫn 2

Nguyễn Tất Thắng

Nguyễn Thị Hương

Phạm Minh Tuấn

Phụ Lục



Hình 1. Quá trình hong chè và làm héo chè Trung du búp tím nguyên liệu



Hình 2. Quá trình diệt men chè



Hình 3. Phun ẩm chè để lên men



Hình 4. Chè trước khi lên men



Hình 5. Ủ lên men chè Phổ nhĩ



Hình 6. Sấy chè Phổ nhĩ