

Nghiên cứu sự biến đổi một số chỉ tiêu hoá lý và hoá sinh của tỏi trong quá trình lên men tỏi đen

Nguyễn Thị Hạnh^{1*}, Tống Xuân Hoa¹, Nguyễn Văn Hưng¹, Hoàng Giang²

¹Viện Công nghệ Sinh học và Công nghệ Thực phẩm, Đại học Bách khoa Hà Nội, 1 Đại Cồ Việt, phường Bách Khoa, quận Hai Bà Trưng, Hà Nội, Việt Nam

²Bộ Tư lệnh Cảnh vệ, Bộ Công an, 1 Lê Hồng Phong, phường Điện Biên, quận Ba Đình, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 6/6/2022; ngày chuyển phản biện 10/6/2022; ngày nhận phản biện 27/6/2022; ngày chấp nhận đăng 1/7/2022

Tóm tắt:

Tỏi đen được tạo ra bởi các phản ứng hóa sinh xảy ra trong quá trình chế biến tỏi tươi nhờ sự kiểm soát nhiệt độ và độ ẩm. Mục đích của nghiên cứu này nhằm đánh giá sự biến đổi đặc tính lý hoá của một số giống tỏi trong quá trình lên men tỏi đen. Tỏi dùng trong nghiên cứu bao gồm 4 mẫu: tỏi một nhánh Hải Dương, tỏi nhiều nhánh Trung Quốc, Hải Dương và Lý Sơn được xử lý, chế biến theo quy trình có kiểm soát nhiệt độ (85-90°C) và độ ẩm (80-90%). Những biến đổi của một số chỉ tiêu hoá lý và hoá sinh trong quá trình lên men như độ ẩm, màu sắc, hàm lượng đường khử, polyphenol tổng số, axit tổng số, chỉ số chống oxy hoá và hoạt lực enzym alliinase được đánh giá ở 4 mẫu tỏi. Kết quả cho thấy, tỏi một nhánh Hải Dương là nguồn nguyên liệu sản xuất tỏi đen thích hợp nhất trong 4 nguyên liệu nghiên cứu.

Từ khóa: lên men, tỏi, tỏi đen.

Chỉ số phân loại: 2.10

1. Đặt vấn đề

Tỏi (*Allium sativum* L.) thuộc họ hành *Alliaceae*, là một loại rau gia vị có giá trị sử dụng và giá trị sinh học cao. Tỏi có nguồn gốc từ Trung Á và được trồng hầu khắp các châu lục trên thế giới. Tỏi tươi chứa khoảng 63% nước, 28% carbohydrate, 2,3% hợp chất sulfit hữu cơ, 2% protein, 1,2% axit amin tự do và 1,5% chất xơ [1, 2].

Tỏi đen được tạo ra bởi các phản ứng hóa sinh xảy ra trong quá trình chế biến tỏi tươi nhờ sự kiểm soát nhiệt độ và độ ẩm. Không có chất phụ gia hoặc các chất khác được sử dụng hay thêm vào trong quá trình chuyển hoá tỏi tươi thành tỏi đen. Đặc biệt, tỏi đen có hương vị ngon, ngọt và không gây ra mùi khó chịu sau khi sử dụng. Quá trình chuyển hóa này được báo cáo là do sự phá hủy một số hợp chất như chất tạo mùi hăng và vị cay nồng trong quá trình xử lý nhiệt, điển hình là allicin và S-allyl-cysteine [3]. Lý do tỏi đen không còn mùi vị hăng như tỏi tươi là do sự giảm hàm lượng allicin, được chuyển thành hợp chất chống oxy hóa như S-allyl-cysteine - hợp chất có hoạt tính sinh học như alkaloid và các hợp chất flavonoid [4].

Một số nghiên cứu cho rằng, trong tỏi đen chứa nhiều thành phần có khả năng chống bệnh cao hơn so với tỏi tươi, đặc biệt là polyphenol, flavonoid và một số chất trung gian của phản ứng Maillard [5]. Hơn nữa, hoạt tính chống oxy hóa của tỏi thay đổi giữa các vùng trồng tỏi [6].

Ở Việt Nam, sản lượng tỏi hàng năm khá lớn với sản phẩm nổi tiếng như tỏi Lý Sơn (Quảng Ngãi), Phù Yên (Sơn La) và các vùng chuyên canh tỏi ở các tỉnh/thành phố phía Bắc như Thái Bình, Hải Phòng, Bắc Giang và Hải Dương. Tỏi đen được chế biến từ tỏi một nhánh Lý Sơn cho chất lượng tốt hơn các giống khác bởi hàm

lượng polyphenol, flavonoid và hoạt tính chống oxy hóa cao vượt trội. Tuy nhiên, tỏi một nhánh Lý Sơn rất hiếm và sản lượng thấp nên giá thành sản phẩm khá cao. Để giảm giá thành sản phẩm giúp nhiều đối tượng có thể sử dụng được và nâng cao giá trị của các giống tỏi khác, cần tiến hành nghiên cứu chế biến tỏi đen từ nhiều mẫu tỏi khác nhau. Với nguồn nguyên liệu phong phú như vậy giúp giá thành tỏi đen rẻ, nâng cao giá trị thương phẩm và tăng thu nhập cho người nông dân trồng tỏi. Hiện nay, ở Việt Nam vẫn chưa có nghiên cứu nào đánh giá chất lượng tỏi đen được chế biến từ tỏi nguyên liệu ở các vùng khác nhau, do đó chúng tôi thực hiện đánh giá sự thay đổi chất lượng của tỏi trong quá trình chế biến tỏi đen, giúp cho việc đánh giá chất lượng cũng như chọn lựa tỏi nguyên liệu thích hợp để sản xuất tỏi đen.

2. Nguyên liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên liệu

Nguyên liệu sử dụng trong nghiên cứu gồm 4 mẫu tỏi: tỏi một nhánh Hải Dương (M1), tỏi nhiều nhánh Trung Quốc (M2), Hải Dương (M3) và Lý Sơn (M4). Tại thời điểm thu hoạch, tỏi có thời gian sinh trưởng 120-130 ngày, đồng thời củ tỏi đã tích tụ một lượng các chất dinh dưỡng, chất tạo mùi, vị và chất mang hoạt tính sinh học đến một hàm lượng tối đa. Nguyên liệu tỏi khi thu mua đã được cắt bỏ rễ, thân, chiều dài từ củ đến thân khoảng 8-10 cm, làm khô đến độ ẩm 60-70% và bó thành chùm. Thời gian bố trí thí nghiệm trong vòng 24 giờ sau khi vận chuyển về phòng thí nghiệm.

2.2. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Tỏi được tuyển chọn, loại bỏ những củ bị sâu, dập, thối hỏng, sau đó đưa vào thiết bị lên men được cài đặt nhiệt độ 85-90°C trong

*Tác giả liên hệ: Email: hanh.nguyenthi@hust.edu.vn

The changes in physicochemical properties of various garlic cultivars during the fermentation of black garlic

Thi Hanh Nguyen^{1*}, Xuan Hoa Tong¹,
Van Hung Nguyen¹, Giang Hoang²

¹School of Biotechnology and Food Technology, Hanoi University of Science and Technology,
1 Dai Co Viet Street, Bach Khoa Ward, Hai Ba Trung District, Hanoi, Vietnam

²The High Command of Guard Police, Ministry of Public Security,
1 Le Hong Phong Street, Dien Bien Ward, Ba Dinh District, Hanoi, Vietnam

Received 6 June 2022; revised 27 June 2022; accepted 1 July 2022

Abstract:

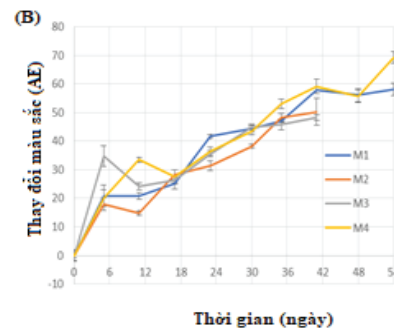
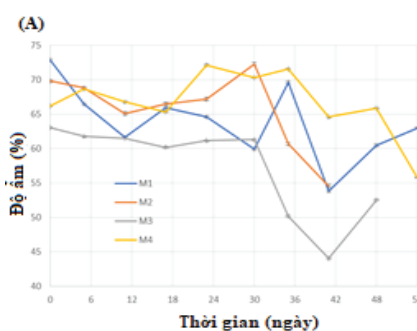
Black garlic is produced by biochemical reactions that occur during the processing of fresh garlic by controlling temperature and humidity. This study aims to determine the changes in the physicochemical properties of various garlic cultivars during the fermentation of black garlic. In this study, four garlic samples from various regions were collected: Hai Duong's monobulb garlic, China's hardneck garlic, Hai Duong's hardneck garlic, Ly Son's hardneck garlic were placed under control procedure at a temperature of 85-90°C and relative humidity of 80-90%. The samples were observed and examined with their changes in humidity, colours, reducing sugars contents, total polyphenol, total acid, antioxidant index, and alliinase activity throughout the fermentation process. Research results have shown that Hai Duong's monobulb garlic is the most suitable material for black garlic production among the four materials.

Keywords: black garlic, fermentation, garlic.

Classification number: 2.10

vòng 2 ngày, tiếp đến hạ nhiệt độ xuống 85°C và duy trì nhiệt độ này trong suốt quá trình lên men. Độ ẩm tương đối của môi trường lên men được duy trì 80-90% bằng cách bổ sung nước sạch vào đáy của thiết bị lên men. Sau mỗi 24 giờ lên men tỏi sẽ được phun thêm ẩm với lượng 50 ml nước sạch/kg tỏi, quá trình bổ sung ẩm được dừng lại trước thời điểm kết thúc lên men 5-7 ngày. Thời gian lên men tối đa 60 ngày tùy thuộc kích thước, đặc tính củ tỏi.

Tiến hành đánh giá các chỉ tiêu chất lượng trong quá trình bảo quản 5-7 ngày 1 lần. Các chỉ tiêu chất lượng được đánh giá gồm: độ ẩm, độ cứng, màu sắc, hàm lượng đường khử, axit tổng số, hàm lượng polyphenol tổng số, khả năng chống oxy hoá, hoạt lực enzym alliinase. Khối lượng 2 kg tỏi/mẫu, tiến hành lên men đồng thời 4 mẫu trong thiết bị lên men. Mỗi mẫu lặp lại 3 lần.



Hình 1. Biến đổi một số chỉ tiêu vật lý của tỏi trong quá trình lên men. (A) Độ ẩm; (B) Màu sắc. M1: tỏi một nhánh Hải Dương; M2: tỏi nhiều nhánh Trung Quốc; M3: tỏi nhiều nhánh Hải Dương; M4: tỏi nhiều nhánh Lý Sơn.

Thiết bị lên men ký hiệu J-RHC1-B (Hàn Quốc) có khả năng điều chỉnh độ ẩm 38-95%, nhiệt độ -20-150°C, công suất 30 kg tỏi nguyên liệu/mẻ.

2.3. Phương pháp phân tích

Xác định độ ẩm nguyên liệu bằng phương pháp sấy đến khối lượng không đổi theo TCVN 6120:2018.

Xác định độ cứng thịt củ bằng máy đo cấu trúc thực phẩm TA-XT plus, sử dụng đầu đo đường kính 8 mm, khoảng cách đâm xuyên là 0,5 cm, đơn vị kg/cm².

Xác định màu sắc vỏ củ (L, a, b) bằng máy đo màu ColorLite sph860/sph900 của Đức.

Xác định hàm lượng đường khử theo phương pháp Graxianop.

Xác định hàm lượng polyphenol tổng số bằng phương pháp đo màu dùng thuốc thử folin theo TCVN 9745-1:2013.

Xác định hàm lượng axit tổng số theo TCVN 4589-88.

Hoạt tính chống oxy hoá được xác định bằng phản ứng với 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) theo TCVN 11939:2017.

Xác định hoạt lực enzym alliinase theo phương pháp của S. Schwimmer và cs (1961) [7] thông qua việc phân tích hàm lượng pyruvate tạo thành. Một đơn vị hoạt độ của alliinase được xác định là lượng enzym cần thiết để giải phóng 1 μmol pyruvate trong 1 phút [7].

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Kết quả thí nghiệm được phân tích ANOVA và kiểm định LSD (5%) bằng phần mềm thống kê SAS 610.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Biến đổi một số chỉ tiêu vật lý của tỏi trong quá trình lên men

Trong quá trình lên men, một số chỉ tiêu vật lý của tỏi như độ ẩm và màu sắc thay đổi rõ rệt. Kết quả được minh họa ở hình 1.

Độ ẩm: Đây là yếu tố ảnh hưởng phản ứng hoá nâu của tỏi trong quá trình lên men, diễn hình là phản ứng Maillard và oxy hoá polyphenol. Nó là môi trường cho các phản ứng hóa sinh diễn

ra, như phản ứng thủy phân, phân giải tinh bột thành đường hay phản ứng enzyme chuyển hóa các hợp chất lưu huỳnh trong tỏi. Lên men trong điều kiện thiếu ẩm sẽ khiến tỏi thành phẩm bị khô, đắng, trong khi nếu ẩm quá cao lại cho tỏi mềm, dễ nát. Do vậy, duy trì ổn định ẩm trong quá trình lên men, đặc biệt trong giai đoạn đầu là cần thiết để đảm bảo cho chất lượng thành phẩm tốt [4].

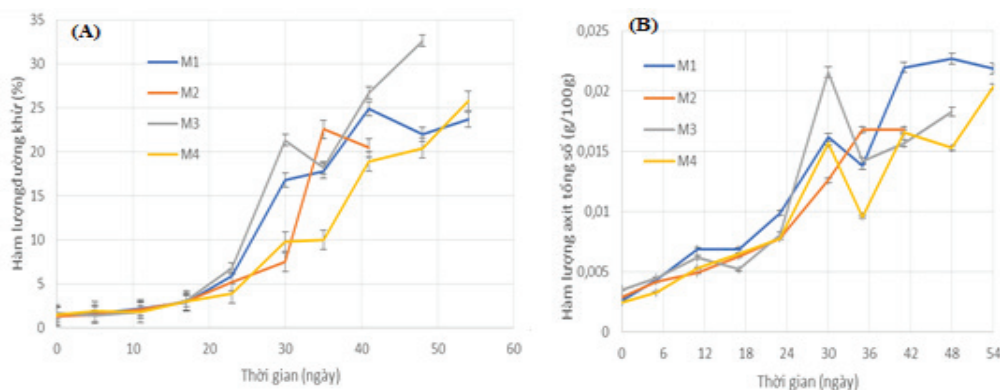
Độ ẩm của cả 4 mẫu tỏi trong 24-30 ngày đầu của quá trình lên men dao động không nhiều, có thể coi là khá ổn định trong từng mẫu một phần nhờ công đoạn phun bù ẩm và sự phân phối đồng đều ẩm trong thiết bị lên men. Riêng M1, độ ẩm ban đầu có giảm mạnh hơn các mẫu khác. Điều này có thể do đặc tính cấu trúc riêng biệt của tỏi một nhánh Hải Dương. Ở một số thời điểm của quá trình lên men, độ ẩm có chiều hướng tăng trước khi giảm, điều này do tinh bột và các hợp chất cao phân tử có khả năng hút và giữ nước. Các ngày lên men tiếp theo khi không có sự phun ẩm bổ sung (giai đoạn 2, lên men ổn định cấu trúc) thì độ ẩm nhìn chung có xu hướng giảm đến ngày lên men thứ 41. Hiện tượng giảm độ ẩm ở các mẫu có thể là do sự giảm hàm lượng của các thành phần giữ ẩm như tinh bột do quá trình lên men chuyển hóa tạo thành các sản phẩm khác có khả năng giữ ẩm kém hơn. Hàm lượng nước trong tỏi có hiện tượng bay hơi khi độ ẩm trong thiết bị lên men giảm và chưa được phun ẩm bù lại. Tuy nhiên, xu hướng của người tiêu dùng là ưa thích các sản phẩm tỏi đen thành phẩm cuối có độ chắc, dẻo. Hơn nữa, độ ẩm cao sẽ làm cho nguyên liệu khó bảo quản, thời hạn bảo quản và sử dụng ngắn, do vậy nên dừng bổ sung ẩm lúc 5-7 ngày trước khi kết thúc lên men hoặc có thể tiến hành quá trình sấy sau khi lên men để giảm độ ẩm của sản phẩm đến giá trị mong muốn, cho chất lượng cảm quan thành phẩm tốt và tạo điều kiện cho bảo quản. Độ ẩm của các mẫu tỏi khi kết thúc quá trình lên men thường đạt 30-35%.

Màu sắc: Sự chuyển màu từ trắng ở tỏi nguyên liệu sang đen hoàn toàn ở tỏi khi kết thúc quá trình lên men là kết quả của nhiều phản ứng hóa sinh như Maillard, phản ứng có sự xúc tác của enzyme PPO và POD. Sự biến màu của các mẫu tỏi trong quá trình lên men có xu hướng chung là chuyển từ trắng ở tỏi nguyên liệu qua vàng, nâu, nâu đỏ, nâu đen và cuối cùng là đen tuyền ở sản phẩm cuối cùng. Biến đổi màu sắc được quan sát thấy ở cả 4 mẫu tỏi. Sự thay đổi ở mẫu tỏi M1 và M2 trong quá trình lên men có sự tương đồng với nhau theo xu hướng giảm dần trong quá trình lên men, đặc biệt giá trị này có sự thay đổi nhiều nhất vào ngày thứ 5, 23 và 41 của quá trình lên men. Trong khi đó, sự biến đổi màu sắc của mẫu tỏi M3 và M4 có sự tương

đồng với nhau, trị số này có xu hướng giảm mạnh trong khoảng 5-11 ngày của quá trình lên men, sau đó tăng nhẹ ở khoảng 11-17 ngày lên men, những ngày lên men tiếp theo, trị số này có xu hướng giảm dần. Điều đó cho thấy, trong quá trình lên men ngoài tác dụng của phản ứng Maillard thì phản ứng của enzyme POD và PPO cũng có ảnh hưởng đến sự biến màu. Tuy nhiên, riêng mẫu tỏi M3 lại có xu hướng giảm sau 5 ngày lên men, sau đó tăng lên vào ngày thứ 11 và từ đó có xu hướng giảm dần trong suốt quá trình lên men. Mẫu M1 và M3 cho thấy sự biến màu nhanh hơn, nhận rõ so với 2 mẫu M2 và M4 ở ngày thứ 23 của quá trình lên men.

3.2. Biến đổi một số chỉ tiêu hoá học của tỏi trong quá trình lên men

Đường khử: Trong điều kiện nhiệt độ cao (85-90°C) và kéo dài của quá trình lên men tỏi đen, đường khử tạo thành tham gia phản ứng Maillard tạo màu và hương vị đặc trưng cho sản phẩm. Hàm lượng đường khử trong sản phẩm cuối cũng ảnh hưởng trực tiếp đến cảm nhận vị ngọt, nó kết hợp với hàm lượng axit tổng số và những thành phần khác tạo nên độ hài hòa cho sản phẩm tỏi đen thành phẩm. Theo dõi quá trình hình thành đường khử trong quá trình lên men sản xuất tỏi đen cũng được tiến hành định kỳ đồng thời với các chỉ tiêu khác. Kết quả phân tích sự biến đổi đường khử trong quá trình lên men được thể hiện trên đồ thị hình 2A.



Hình 2. Biến đổi một số chỉ tiêu hoá học của tỏi trong quá trình lên men. (A) Đường khử; (B) Axit tổng số. M1: tỏi một nhánh Hải Dương; M2: tỏi nhiều nhánh Trung Quốc; M3: tỏi nhiều nhánh Hải Dương; M4: tỏi nhiều nhánh Lý Sơn.

Trong quá trình chế biến tỏi đen, polysaccharide trong tỏi tươi bị thủy phân tạo thành các monosaccharides hoặc oligosaccharides, mặt khác những loại đường trong tỏi đen có thể bị tiêu hao trong phản ứng Maillard. Khi kiểm soát tỏi chế biến ở nhiệt độ khoảng 70°C, quá trình tạo thành đường nhanh hơn tốc độ tiêu hao trong phản ứng Maillard và ở nhiệt độ này, quá trình chế biến cũng tạo ra một sản phẩm tỏi đen chất lượng tốt hơn [3].

Đồ thị hình 2A cho thấy, hàm lượng đường khử của tất cả các mẫu tỏi nghiên cứu trong quá trình lên men đều có xu hướng tăng dần theo thời gian lên men. Tốc độ tăng lượng đường khử của cả 4 mẫu tăng chậm trong khoảng 17 ngày đầu của quá trình lên men tỏi đen. Ngày thứ 24-30 của quá trình lên men cho thấy tốc độ hàm

lượng đường khử tăng mạnh, đặc biệt ở mẫu tòi M1 và M3, điều này cũng tỷ lệ với sự biến đổi màu của các mẫu tòi lên men, hàm lượng đường khử càng lớn cho màu sắc mẫu tòi càng đậm. Điều này cho thấy, những biến đổi sinh hóa của tòi trong giai đoạn này diễn ra rất mãnh liệt.

Cuối quá trình lên men, hàm lượng đường khử của các mẫu tòi không có sự chênh lệch nhiều, dao động 20,46-32,65%. Mẫu M3 cho hàm lượng đường cao nhất (32,65%).

Sự tăng lên về hàm lượng đường khử và giảm đi của hàm lượng tinh bột trong nghiên cứu thu được là tương đồng với các nghiên cứu trước đó của X. Lu và cs (2018) [3], H. Yuan và cs (2018) [4].

Đường khử được sinh ra dưới nhiệt độ cao (85°C) và kéo dài đã tạo điều kiện cho phản ứng Maillard xảy ra và kết quả của sự kết hợp giữa đường khử với các axit amin tạo màu sắc, hương vị đặc trưng cho sản phẩm, đồng thời giải thích cho việc giảm hàm lượng đường khử ở một số thời điểm trong quá trình lên men. Hàm lượng đường khử nhìn chung đến cuối quá trình vẫn cao hơn nhiều so với hàm lượng đường khử trong tòi nguyên liệu (tăng khoảng 10 lần), làm cho sản phẩm tòi đen có vị ngọt dễ chịu và màu đen đặc trưng.

Axit tổng số: Trong 30 ngày đầu của quá trình lên men, cả 4 mẫu tòi cho thấy sự tăng lên về hàm lượng axit tổng số (hình 2B). Đặc biệt, lượng axit tổng số có sự gia tăng đột biến ở giai đoạn 24-30 ngày của quá trình lên men. Chỉ trong khoảng 7 ngày lượng axit tổng số của phần lớn các mẫu tòi tăng 2-2,5 lần. Điều này khẳng định, giai đoạn 24-30 ngày của quá trình lên men các phản ứng hóa sinh trong tòi nguyên liệu diễn ra mạnh mẽ (cũng giống như đường khử), bởi vì axit pyruvic chính là sản phẩm sinh ra của quá trình chuyển hóa các hợp chất sulphit hữu cơ (thường thông qua lượng pyruvate tạo thành). Do vậy, có thể khẳng định đây cũng chính là quá trình chuyển hóa mạnh mẽ các hợp chất sulphit hữu cơ trong tòi [8].

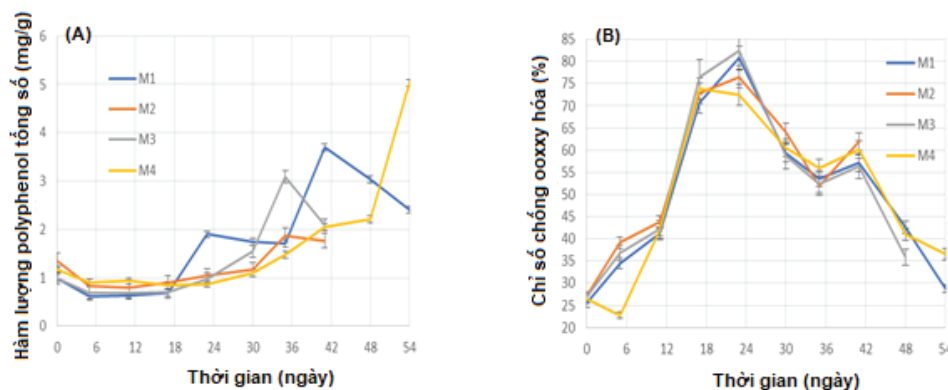
Các ngày tiếp theo của quá trình lên men cho thấy, sự biến đổi của các mẫu không còn theo cùng một xu hướng. Cuối quá trình lên men, hàm lượng axit của các mẫu dao động 3,70-5,92 g/100 g chất khô, tăng gấp 5-6 lần so với tòi nguyên liệu, so với nguyên liệu ban đầu thì sản phẩm có độ chua cao hơn, giải thích cho cảm quan tòi đen thành phẩm thấy vị chua rõ rệt. Mẫu M1 có hàm lượng axit tổng số cao nhất (5,92/100 g chất khô) và có xu hướng tăng nếu kéo dài thời gian lên men.

Sự tăng lên về hàm lượng axit tổng số tương tự như các nghiên cứu của X. Lu và cs (2018) [3], H. Yuan và cs (2018) [4], X. Lu và cs (2017) [6]. Nguyên nhân do sự hình thành các axit cacboxylic trong quá trình oxy hóa của nhóm aldehyde trong aldohexose, các hợp chất axit và axit amin cơ bản giảm bằng cách kết hợp với

đường trong quá trình chế biến làm giảm pH trong phản ứng nâu hóa hay tăng hàm lượng axit tổng số. Bên cạnh đó, việc giảm giá trị pH không chỉ góp phần làm tăng khả năng bảo quản của tòi đen mà còn tạo ra mùi vị chua của tòi đen.

3.3. Biến đổi hàm lượng polyphenol tổng số và chỉ số chống oxy hóa của tòi trong quá trình lên men

Kết quả nghiên cứu về biến đổi hàm lượng polyphenol tổng số và chỉ số chống oxy hóa của tòi trong quá trình lên men được thể hiện ở hình 3.



Hình 3. Sự biến đổi hàm lượng polyphenol tổng số và chỉ số chống oxy hóa trong quá trình lên men tòi đen. (A) Polyphenol tổng số; (B) Chỉ số chống oxy hóa. M1: tòi một nhánh Hải Dương; M2: tòi nhiều nhánh Trung Quốc; M3: tòi nhiều nhánh Hải Dương; M4: tòi nhiều nhánh Lý Sơn.

Hàm lượng polyphenol các ngày lên men thứ 5, 11 và 17 cho giá trị không biến đổi nhiều, nhưng thấp hơn so với hàm lượng có trong tòi tươi nguyên liệu. Điều này cho thấy, ở giai đoạn đầu khi hô hấp của củ tòi ngừng do nhiệt độ cao, sự chuyển hóa polyphenol chưa thực sự diễn ra.

Các ngày tiếp theo của quá trình lên men, sự tăng lên của polyphenol khác nhau giữa các mẫu. 2 mẫu tòi M2 và M3 cho hàm lượng polyphenol cực đại vào ngày lên men thứ 35 (lần lượt là 4,78 và 6,20 mg/g chất khô), sau đó hàm lượng có xu hướng giảm xuống. Mẫu tòi M2 có hàm lượng polyphenol tổng số vào ngày lên men thứ 41 chỉ còn 3,9 mg/g chất khô, thấp hơn hàm lượng có trong tòi nguyên liệu của mẫu này (4,5 mg/g). Mẫu tòi M1 và M4 cho hàm lượng polyphenol cao hơn 2 mẫu tòi còn lại. Mẫu tòi Lý Sơn có hàm lượng polyphenol tổng số tăng trong suốt quá trình lên men và đạt 11,37 mg/g chất khô vào thời điểm kết thúc lên men, tăng hơn 3 lần so với hàm lượng ở tòi nguyên liệu và cũng là mẫu có hàm lượng polyphenol cao nhất trong 4 mẫu nghiên cứu. Mẫu tòi M1 có hàm lượng cực đại của polyphenol tổng số (8 mg/g) vào ngày lên men thứ 41, tăng hơn 2 lần so với tòi nguyên liệu và cao hơn so với hàm lượng polyphenol cùng thời điểm của cả 3 mẫu còn lại.

Sự tăng lên về hàm lượng polyphenol trong nghiên cứu này tương đồng với nghiên cứu của I.S. Choi và cs (2014) [5], các dẫn xuất axit hydroxycinnamic và các thành phần axit phenolic khác

được tăng lên gấp 5 lần trong tỏi đen so với tỏi tươi. Sự gia tăng của axit phenolic cũng có thể liên quan đến sự tăng tổng axit của tỏi đen.

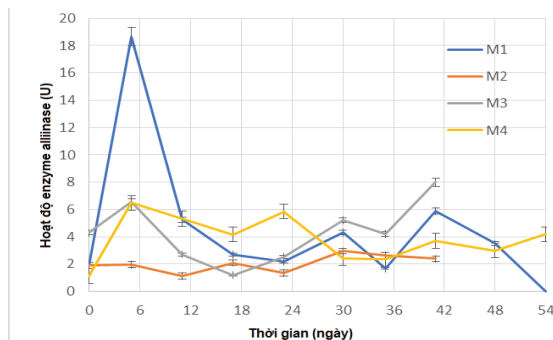
Chỉ số chống oxy hoá phản ánh năng lực chống oxy hóa, chỉ số này được quan tâm bởi lợi ích của nó đối với sức khỏe cũng như vấn đề làm đẹp đang được người tiêu dùng ngày càng chú trọng. Nhờ công nghệ làm tỏi đen, chỉ số chống oxy hoá của tỏi được báo cáo tăng lên so với tỏi tươi thông thường. Kết quả theo dõi sự biến đổi chỉ số chống oxy hoá của các mẫu tỏi được biểu diễn trong đồ thị hình 3. Cả 4 mẫu cho thấy, sự tăng lên rõ rệt trong nửa đầu của quá trình lên men tỏi đen và đều đạt cực đại tại ngày lên men thứ 23. Kết quả khảo sát trong giai đoạn này cho thấy, chỉ số chống oxy hoá có xu hướng tăng lên tương đồng với nghiên cứu của D.V. Minh và cs (2019) [9].

Tùy vào từng công nghệ lên men, thời điểm cho chỉ số chống oxy hoá cực đại là khác nhau, theo I.S. Choi và cs (2014) [5], chỉ số chống oxy hoá cao nhất vào ngày lên men thứ 21 trong tổng thời gian lên men là 35 ngày. Kết quả trên hình 3 cho thấy, chỉ số chống oxy hoá được tìm thấy cao nhất vào ngày lên men thứ 23 ở cả 4 mẫu tỏi, dao động 212,15-259,66%. Mẫu tỏi M4 cho chỉ số chống oxy hoá là lớn nhất (259,66%), vượt trội hơn các mẫu tỏi còn lại về hoạt tính sinh học.

Chỉ số chống oxy hoá ở những ngày lên men sau đó cho đến khi kết thúc lên men tỏi đen có xu hướng giảm theo thời gian ở cả 4 mẫu tỏi nghiên cứu. Chỉ số chống oxy hoá của các mẫu giảm dần đến gần với giá trị của tỏi nguyên liệu ở những ngày lên men cuối, riêng mẫu tỏi M1, chỉ số chống oxy hoá ở ngày lên men thứ 54 là 77,84% thấp hơn giá trị của tỏi nguyên liệu.

3.4. Biến đổi hoạt độ enzym alliinase của tỏi trong quá trình lên men

Hoạt lực enzym alliinase được đánh giá thông qua hàm lượng pyruvate tạo thành, kết quả theo dõi hoạt lực enzym này được thể hiện trên đồ thị hình 4.



Hình 4. Sự biến đổi hoạt lực enzym alliinase trong quá trình lên men tỏi đen. M1: tỏi một nhánh Hải Dương; M2: tỏi nhiều nhánh Trung Quốc; M3: tỏi nhiều nhánh Hải Dương; M4: tỏi nhiều nhánh Lý Sơn.

Xu hướng biến đổi của hoạt lực enzym alliinase của 4 mẫu tỏi là tương đối giống nhau trong suốt quá trình lên men. Theo đó, ở ngày lên men thứ 5, hoạt lực enzym này tăng lên cao hơn so với ở tỏi nguyên liệu và đạt cực đại đối với cả 4 mẫu. Từ ngày lên men

thứ 5-30, xu hướng giảm mạnh, hoạt lực enzym alliinase nhỏ nhất vào ngày lên men thứ 30 của quá trình, đến ngày lên men thứ 35 lại tăng trở lại và đa số các mẫu có hoạt lực giảm từ đó cho đến cuối quá trình lên men tỏi đen. Sự giảm hoạt lực enzym alliinase là tương đồng với sự giảm hình thành nhóm thiosulfinate mà trong đó allicin chiếm khoảng 60-90%, là thành phần tạo mùi vị cay nồng đặc trưng ở tỏi, vì thế mà sản phẩm tỏi đen cũng trở nên ít cay nồng, hăng như ở tỏi nguyên liệu. Các mẫu tỏi có hoạt lực enzym alliinase cuối quá trình lên men giảm so với ở tỏi nguyên liệu 1,5-2 lần. Mẫu tỏi M4 cho hoạt lực enzym cao nhất trong hầu hết quá trình lên men, chỉ đến ngày lên men thứ 54 cho hoạt lực là 45,57 U, thấp hơn mẫu tỏi M1 là 55,45 U.

4. Kết luận

Việc lựa chọn nguyên liệu tỏi để chế biến tỏi đen có ý nghĩa khoa học và thực tiễn. 4 giống tỏi được đánh giá, so sánh thành phần dinh dưỡng cho thấy, cả 4 loại đều có thể chế biến thành tỏi đen. Ở mỗi vùng khác nhau, chất lượng tỏi tươi cũng như sự thay đổi chất lượng trong quá trình chế biến tỏi đen có sự khác biệt. Tỏi một nhánh Hải Dương có hàm lượng đường tổng, protein và axit tổng số đạt cao nhất. Tỏi được trồng ở Lý Sơn và Hải Dương trước và sau khi chế biến đều có hàm lượng polyphenol, flavonoid và hoạt tính chống oxy hóa cao hơn các vùng khác. Tuy nhiên, chất lượng cảm quan của tỏi một nhánh Hải Dương chiếm ưu thế so với các mẫu còn lại. Do vậy, tỏi một nhánh Hải Dương là nguồn nguyên liệu để sản xuất tỏi đen thích hợp nhất trong 4 nguyên liệu nghiên cứu.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] H. Haciseferoğullari, M. Özcan, F. Demir, et al. (2005), "Some nutritional and technological properties of garlic (*Allium sativum* L.)", *J. Food Eng.*, **68**(4), pp.463-469, DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2004.06.024.
- [2] N. Martins, S. Petropoulos, I.C.F.R. Ferreira (2016), "Chemical composition and bioactive compounds of garlic (*Allium sativum* L.) as affected by pre- and post-harvest conditions: A review", *Food Chem.*, **211**, pp.41-50, DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.05.029.
- [3] X. Lu, N. Li, X. Qiao, et al. (2018), "Effects of thermal treatment on polysaccharide degradation during black garlic processing", *LWT-Food Science and Technology*, **95**, pp.223-229, DOI: 10.1016/j.lwt.2018.04.059.
- [4] H. Yuan, L. Sun, M. Chen, et al. (2018), "An analysis of the changes on intermediate products during the thermal processing of black garlic", *Food Chem.*, **239**, pp.56-61, DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.06.079.
- [5] I.S. Choi, L. Sun, M. Chen, et al. (2014), "Physicochemical and antioxidant properties of black garlic", *Molecules*, **19**(10), pp.16811-16823, DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.06.079.
- [6] X. Lu, N. Li, X. Qiao, et al. (2017), "Composition analysis and antioxidant properties of black garlic extract", *J. Food Drug Anal.*, **25**(2), pp.340-349, DOI: 10.1016/j.jfda.2016.05.011.
- [7] S. Schwimmer, W.J. Weston (1961), "Enzymatic development of pyruvic acid in onion as a measure of pungency", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **9**(4), pp.301-304, DOI: 10.1021/jf60116a018.
- [8] D.A. Ramirez, D.A. Locatelli, R.E. González, et al. (2017), "Analytical methods for bioactive sulfur compounds in allium: An integrated review and future directions", *J. Food Compos. Anal.*, **61**, pp.4-19, DOI: 10.1016/j.jfca.2016.09.012.
- [9] M.D. Van, K.L. Tat, H.T. Thu, et al. (2019), "Changes in quality of white had grown at the North of Vietnam black garlic fermentation", *Journal of Forestry Science and Technology*, **1**, pp.32-37.