DOI: 10.31276/vjst.2026.3905 ***Khoa học kỹ thuật và công nghệ*** | *Kỹ thuật hóa học; Kỹ thuật thực phẩm và đồ uống;*
Khoa học nông nghiệp | *Công nghệ sinh học trong nông nghiệp, thủy sản*

Nghiên cứu khả năng lên men lactic chuối chín cấp độ 7 (*Musa acuminata* AAA var. Cavendish) bằng vi khuẩn *Lactiplantibacillus plantarum* và *Lacticaseibacillus casei*

Nguyễn Hữu Bảo, Trần Thị Thảo, Trần Thị Vân Anh,

Phạm Đức Hiếu, Hà Thị Dung*

Khoa Công nghệ Hóa, Đại học Công nghiệp Hà Nội,

298 Cầu Diễn, phường Tây Tựu, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 22/4/2026, ngày chuyển phản biện 24/4/2026;

ngày nhận phản biện 5/5/2026; ngày chấp nhận đăng 20/5/2026

Tóm tắt:

Nghiên cứu nhằm đánh giá khả năng lên men lactic của dịch chuối chín cấp độ 7, là loại chuối ít được ưa chuộng khi tiêu thụ tươi do sự kém hấp dẫn về mặt cảm quan, vỏ có nhiều đốm đen, thịt quả bắt đầu mềm. Nghiên cứu sử dụng các chủng vi khuẩn lactic *Lactiplantibacillus plantarum*, *Lacticaseibacillus casei* và hỗn hợp của chúng theo tỷ lệ 1:1 làm giống khởi động. Dịch chuối sau xử lý enzyme và chống thâm bằng dịch chiết trà xanh được lên men ở 37°C trong 18 giờ. Kết quả phân tích các chỉ tiêu hóa lý trước và sau lên men cho thấy, cả hai chủng vi khuẩn và hỗn hợp của chúng đều có khả năng sinh trưởng và lên men trong môi trường dịch chuối chín kết hợp dịch chiết trà xanh. Trong đó, chủng *L. plantarum* thể hiện khả năng lên men vượt trội hơn so với *L. casei* và hỗn hợp (1:1) của chúng, với giá trị đo độ đục OD_{600} cao hơn, tương ứng với giá trị pH và nồng độ chất khô hòa tan (°Brix) giảm thấp hơn. Sau khi lên men, độ nhớt của các mẫu đều giảm và màu thay đổi theo hướng tích cực. Mức độ chấp nhận của người dùng thử với các mẫu đều đạt trong khoảng 6-7/9 điểm (khá thích). Nghiên cứu khẳng định chuối chín cấp độ 7 là nguyên liệu tiềm năng cho phát triển đồ uống lên men lactic, góp phần nâng cao giá trị nông sản và giảm tổn thất sau thu hoạch.

Từ khóa: **chỉ tiêu hóa lý, chuối chín cấp độ 7, dịch chiết trà xanh, *Lacticaseibacillus casei*, *Lactiplantibacillus plantarum*.**

Chỉ số phân loại: **2.4, 2.10, 4.6**

*Tác giả liên hệ: Email: dunght1@haui.edu.vn

DOI: 10.31276/vjst.2026.3905 ***Khoa học kỹ thuật và công nghệ*** | *Kỹ thuật hóa học; Kỹ thuật thực phẩm và đồ uống;*
Khoa học nông nghiệp | *Công nghệ sinh học trong nông nghiệp, thủy sản*

Investigation of the possibility of fermentation of stage 7 ripeness bananas (*Musa acuminata* AAA var. Cavendish) by *Lactiplantibacillus plantarum* and *Lacticaseibacillus casei*

Huu Bao Nguyen, Thi Thao Tran, Thi Van Anh Tran,

Duc Hieu Pham, Thi Dung Ha*

Faculty of Chemical Technology, Hanoi University of Industry,

298 Cau Dien Street, Tay Tuu Ward, Hanoi, Vietnam

Received 22 April 2026; revised 5 May 2026; accepted 20 May 2026

Abstract:

This study aimed to evaluate the lactic acid fermentation potential of stage 7 ripeness banana juice, a maturity level generally less preferred for fresh consumption due to its heavily spotted peel and softening flesh. Three starter cultures, including *Lactiplantibacillus plantarum, Lacticaseibacillus casei*, and a 1:1 mixture of both strains, were used in this study. Banana juice was subjected to enzymatic treatment and browning inhibition with green tea extract and was subsequently fermented at 37°C for 18 hours. Results of physicochemical analysis before and after fermentation showed that all three cultures were able to grow and ferment effectively in the banana juice-green tea extract medium. Among them, *L. plantarum* performed best, followed by the mixed culture, then *L. casei*, as indicated by higher OD_{600} values and greater reductions in pH and °Brix values. After fermentation, viscosity decreased and colour improved across all samples. Consumer acceptability scores ranged from 6 to 7 out of 9, indicating slight to moderate acceptance. These results suggest that stage 7 bananas are a promising material for lactic acid-fermented beverage development, contributing to increasing the value of agricultural products and minimising post-harvest losses.

Keywords: **green tea extract, *Lacticaseibacillus casei*, *Lactiplantibacillus plantarum*, physicochemical properties, stage 7 ripeness banana.**

Classification numbers: **2.4, 2.10, 4.6**

1. Đặt vấn đề

Trong những năm gần đây, xu hướng sử dụng đồ uống lên men ngày càng tăng khi con người quan tâm nhiều hơn tới sức khỏe. Đồ uống lên men là thức uống sử dụng các lợi khuẩn đường ruột lên men các cơ chất có nguồn gốc tự nhiên, do vậy chúng được xem

là đồ uống có lợi cho sức khỏe, đặc biệt là hệ tiêu hóa [1, 2]. Nhờ khả năng chuyển hóa hiệu quả đường đơn thành axit hữu cơ, tăng tính ổn định vi sinh và kéo dài thời gian bảo quản, các chủng vi khuẩn lactic là các chủng lợi khuẩn được sử dụng rộng rãi trong sản xuất sữa chua và các sản phẩm từ sữa khác [1, 2]. Tuy nhiên, các sản phẩm từ sữa có chứa lactose và cholesterol có ảnh hưởng tới sức khỏe người sử dụng, đặc biệt là những người không có khả năng dung nạp các thành phần này. Do vậy, trái cây và rau củ là những nguyên liệu đang được chú ý và nghiên cứu nhiều hơn [3]. Các loại nguyên liệu thực vật không chứa cholesterol, chứa nhiều vitamin C, khoáng chất và các hợp chất có hoạt tính sinh học cao như polyphenols, flavonoids, có tác dụng chống oxy hóa, chống viêm, có lợi cho sức khỏe người sử dụng [4, 5]. Nhiều nghiên cứu đã thành công lên men nước ép carrot với củ dền, nước ép cà chua, nước ép cam, táo, đào, chanh dây, thanh long ruột trắng sử dụng vi khuẩn lactic tạo ra thức uống lên men giàu các chất có hoạt tính sinh học, có khả năng chống oxy hóa, hấp dẫn và được người dùng thử đón nhận [4-8].

Chuối chín là một nguồn nguyên liệu tiềm năng, phổ biến và chi phí thấp để sản xuất đồ uống lên men. Độ chín của chuối được phân loại theo 7 cấp độ theo thang đo Von Loesecke dựa vào sự thay đổi về màu sắc của vỏ quả khi chín và cấu trúc mô [9]. Chuối chín cấp độ 7 hay còn được gọi là chuối chín quá độ, đặc trưng bởi vỏ vàng sậm kèm nhiều đốm nâu và cấu trúc thịt quả mềm, thường ít được ưa chuộng tiêu thụ tươi trong hệ thống phân phối thương mại do giá trị cảm quan giảm và thời gian bảo quản ngắn [10, 11]. Do vậy, khoảng 20% tổng sản lượng chuối bị lãng phí ở giai đoạn này [12]. Tuy nhiên, ở giai đoạn chín này, tinh bột dự trữ trong thịt quả chuối bị thủy phân mạnh dưới tác động của hệ enzyme nội sinh, dẫn đến sự tích lũy nhanh các loại đường hòa tan như glucose, fructose và sucrose. Nhờ đó, tổng hàm lượng đường trong chuối chín có thể tăng gấp nhiều lần so với giai đoạn còn xanh [13, 14]. Với hàm lượng đường cao cùng mùi chuối chín thơm đặc trưng, chuối chín cấp độ 7 có thể được sử dụng như một nguồn cơ chất bền vững trong sản xuất đồ uống lên men, giúp giảm thiểu lãng phí thực phẩm và tăng giá trị sử dụng của nguyên liệu. Trong quá trình chín của chuối, hàm lượng enzyme hóa nâu polyphenol oxidase (PPO) cũng tăng dần [14], do vậy chuối chín rất dễ bị thâm, ảnh hưởng lớn tới cảm quan của nguyên liệu và sản phẩm. Dịch chiết trà xanh đã được chứng minh là nguồn chống thâm tự nhiên, chi phí thấp và hiệu quả đối với nhiều loại hoa quả như táo, chuối nhờ các catechin và polyphenol có khả năng ức chế PPO, cạnh tranh với cơ chất phenolic và làm chậm quá trình oxy hóa tạo quinone. Nhờ đó, sự hình thành sắc tố nâu bị hạn chế, giúp duy trì màu sắc tự nhiên của dịch quả [15, 16]. Nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, dịch chiết trà xanh có ảnh hưởng tích cực tới sự phát triển của vi khuẩn lactic [7]. Tuy nhiên, hiện nay các nghiên cứu sử dụng chuối chín cấp độ 7 kết hợp với dịch chiết trà xanh làm cơ chất cho lên men các vi khuẩn lactic vẫn còn hạn chế. Do vậy, nghiên cứu này được thực hiện với mục tiêu lên men chuối chín cấp độ 7 kết hợp dịch

chiết trà xanh với các chủng vi khuẩn lactic tiềm năng *L. plantarum, L. casei* và hỗn hợp hai chủng theo tỷ lệ 1:1. Quá trình lên men được theo dõi thông qua các chỉ tiêu pH, hàm lượng axit tổng số, nồng độ chất khô hòa tan (°Brix), độ đục của dịch sau lên men (OD_{600}), độ nhớt, màu sắc và đánh giá cảm quan sản phẩm. Kết quả nghiên cứu thu được giúp nâng cao giá trị cho quả chuối, cũng như đa dạng hóa các sản phẩm lên men có lợi cho sức khỏe trên thị trường.

2. Nguyên liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên liệu

Chuối tiêu (*Musa acuminata* AAA var. Cavendish) chín cấp độ 7 được thu mua tại chợ đầu mối Minh Khai, Hà Nội. Chuối được lựa chọn có quả không bị dập nát, không nhiễm nấm mốc, vỏ xuất hiện nhiều đốm nâu và thịt quả hơi mềm. Sau khi thu mua, chuối được vận chuyển về phòng thí nghiệm trong ngày được rửa sạch và bảo quản đông lạnh trong tủ lạnh âm sâu KFDE 080 (Italia) ở nhiệt độ -20°C. Trà xanh Tân Cương TC 02 (*Camellia sinensis*) được mua tại siêu thị Thành Đô, Hà Nội. Trà đạt tiêu chuẩn chất lượng FDA - ISO - OCOP - VIETGAP.

Các chủng vi khuẩn lactic sử dụng trong nghiên cứu bao gồm *L. plantarum* CNTP 6565 và *L. casei* JCM 1134 được cung cấp bởi Trung tâm Vi sinh vật Công nghiệp, Viện Công Nghiệp Thực Phẩm, Hà Nội, Việt Nam. Chủng vi khuẩn được hoạt hóa trong môi trường MRS lỏng ở 37°C trong 24 giờ trước khi sử dụng.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Chuẩn bị dịch lên men: Trà xanh được ủ với nước sôi theo tỷ lệ 1:50 trong 10 phút và gạn bỏ nước. Quy trình được thực hiện lặp lại thêm 2 lần, dịch chiết trà lần 3 được giữ lại sau khi bỏ bã trà và cặn. Chuối chín cấp độ 7 ở tủ đông được lấy ra, bóc vỏ, cắt lát dày khoảng 1 cm và phối trộn với dịch trà xanh theo tỷ lệ 2:1 (w/v). Sau đó bổ sung enzyme cellulase (Zhejiang Ruixin Pharmaceutical Co., Ltd, Trung Quốc với hoạt độ enzyme đạt 100.000 U/g) và enzyme pectinase (Angel Co., Trung Quốc với hoạt độ của enzyme đạt 60.000 U/g) với liều lượng lần lượt 0,34% và 0,35% [17]. Quá trình thủy phân enzyme được tiến hành ở 50°C trong 30 phút. Hỗn hợp sau xử lý được lọc qua vải lọc để thu dịch, sau đó thanh trùng ở 90°C trong 15 phút. Sau thanh trùng, tiến hành làm lạnh nhanh đến nhiệt độ phòng.

Lên men: Dịch lên men được bổ sung giống vi khuẩn lactic với 2 chủng lần lượt là *L. casei, L. plantarum* và hỗn hợp hai chủng này theo tỷ lệ 1:1. Các chủng này được bổ sung vào các bình môi trường dịch chuối đã vô trùng ở trên với tỷ lệ 1% (v/v), tương đương 1 mL dịch giống cho mỗi 100 mL dịch. Đậy kín bằng nắp thiếc nhằm hạn chế tạp nhiễm từ môi trường bên ngoài. Quá trình lên men được tiến hành ở 37°C trong 18 giờ.

Sau khi kết thúc quá trình lên men, mẫu được làm lạnh nhanh và bảo quản ở 4°C cho các phân tích tiếp theo để đánh giá sự sinh trưởng và các chỉ số hóa lý cũng như cảm quan của dịch sau lên men của từng chủng.

2.3. Các phương pháp phân tích

Đánh giá sự sinh trưởng của vi sinh vật được thực hiện thông qua phương pháp đo mật độ quang của dịch lên men ở bước sóng 600 nm bằng máy đo quang phổ Genesys 10S UV-Vis Spectrometer (Thermo Scientific, Mỹ) [18].

Phương pháp đo pH: Giá trị pH của mẫu được thực hiện bằng máy đo pH Mettler Toledo S220-K (SevenCompact S220, Thụy Sĩ).

Phương pháp xác định °Brix: Nồng độ chất khô hòa tan của dịch lên men được xác định bằng phương pháp khúc xạ kế cầm tay (Bellingham & Stanley, Anh). Kết quả được hiển thị trực tiếp trên thang đo của thiết bị sau khi hiệu chuẩn bằng nước cất.

Phương pháp xác định hàm lượng axit tổng số và tỷ lệ Brix/axit:

Hàm lượng axit tổng số được xác định theo phương pháp chuẩn độ với dung dịch NaOH 0,1M cùng vài giọt phenolphtalein cho tới khi xuất hiện màu hồng bền theo TCVN 5483:2007 [19]. Độ axit chuẩn độ được tính theo gram axit trong 100 mL sản phẩm bằng cách nhân với hệ số quy đổi theo axit malic là 0,067.

Tỷ lệ Brix/axit được xác định theo công thức (1):

$$\text{Tỷ lệ Brix/axit} = \frac{\text{Nồng độ chất khô hòa tan, } {}^{o}\text{Brix}}{\text{Nồng độ axit tổng, g/100ml}} \quad (1)$$

Phương pháp xác định độ nhớt: Độ nhớt của dịch sau khi lên men được xác định ở 25°C bằng cách sử dụng nhớt kế mao dẫn Ostwald. Dịch lên men được hút vào nhớt kế, sử dụng quả bóp cao su để kéo mẫu lên bầu phía trên, nhờ trọng lực, mẫu sẽ chảy ngược lại bầu phía dưới. Thời gian chảy của mẫu từ vạch trên tới vạch dưới được theo dõi bằng đồng hồ bấm giờ và tính bằng giây. Độ nhớt động học của dịch lên men được tính bằng cách nhân thời gian chảy của dịch với hằng số của nhớt kế, và được biểu thị bằng đơn vị mm^2/s hoặc centistokes (cSt) [20].

Phương pháp đo màu: Màu của sản phẩm được đánh giá thông qua hệ màu CIE Lab sử dụng máy đo màu cầm tay NR-12A (Nippon Denshoku, Nhật Bản). Giá trị độ sáng L* có từ 0 đến 100, còn hai phần không gian còn lại là giá trị a* (từ xanh lục đến đỏ) và b* (từ xanh dương đến vàng). Dựa trên kết quả đo màu, chỉ số hóa nâu (Brown Index - BI) được tính toán theo công thức (2):

$$\text{BI} = \frac{x-0,31}{0,172} \times 100, \; x = \frac{a+1,75 \cdot L}{5,645 \cdot L + a - 3,012 \cdot b} \quad (2)$$

Sự khác biệt về màu sắc so với mẫu đối chứng ΔE được tính theo công thức (3):

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b)^2} \quad (3)$$

Đánh giá cảm quan thành phẩm được thực hiện bằng phương pháp đánh giá cảm quan mô tả với nhóm người thử (n=15) gồm các tình nguyện viên là sinh viên Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội, độ tuổi từ 18 đến 22, tỷ lệ nam và nữ tương đương, không có tiền sử dị ứng với thành phần sản phẩm và không sử dụng chất kích thích. Người thử được cung cấp mẫu đã được mã hóa một cách ngẫu nhiên, viết mô tả chi tiết cảm nhận theo các tiêu chí màu, mùi, vị và trạng thái của dịch lên men. Mức độ chấp nhận của người sử dụng được đánh giá bằng hình thức cho điểm theo mức độ yêu thích (chấp nhận), sử dụng thang điểm Hedonic 9 điểm: 1 - cực kỳ không thích; 2 - rất không thích; 3 - không thích vừa; 4 - hơi không thích; 5 - trung lập về mức độ yêu thích; 6 - hơi thích; 7 - thích vừa; 8 - rất thích; 9 - cực kỳ thích [21].

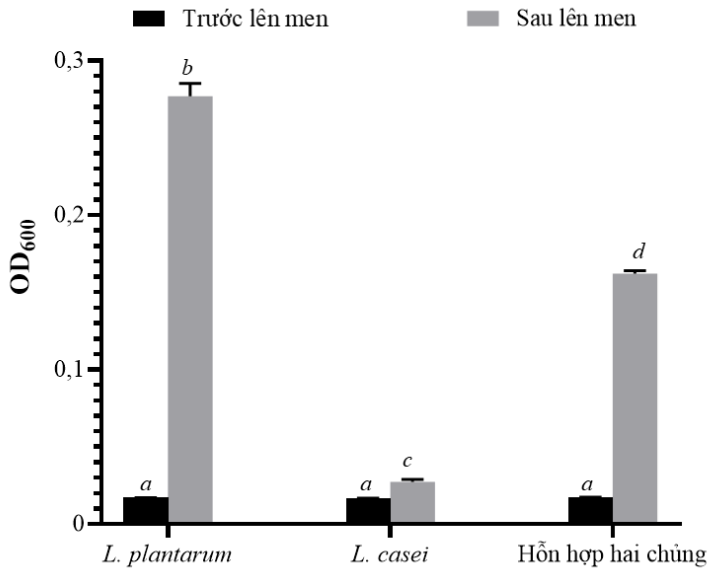
Phương pháp xử lý số liệu: Mỗi thí nghiệm trong nghiên cứu đều được lặp lại 3 lần. Số liệu được xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel 2021. Phân tích phương sai một yếu tố (ANOVA) được xử lý bằng phần mềm Prism 9 tại mức ý nghĩa α=0,05.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Sự sinh trưởng của L. plantarum, L. casei và hỗn hợp của chúng trong môi trường dịch chuối chín cấp độ 7 kết hợp với dịch chiết trà xanh

Mật độ quang ban đầu của dịch được đo ở bước sóng 600 nm (OD_{600}) sau khi bổ sung 1% lần lượt các chủng vi khuẩn lactic *L. plantarum, L. casei* và hỗn hợp của chúng theo tỷ lệ 1:1 đã được hoạt hóa vào môi trường dịch chuối chín quá độ kết hợp dịch chiết trà xanh đã được thanh trùng. Kết quả cho thấy ở thời điểm ban đầu mật độ quang của các mẫu đều đạt xấp xỉ 0,02. Tuy nhiên, sau 18 giờ nuôi cấy ở 37°C, giá trị đo OD_{600} thay đổi đáng kể khi lên men với các chủng vi khuẩn lactic khác nhau (hình 1). Cụ thể, giá trị đo OD_{600} của dịch sau lên men dịch chuối chín quá độ kết hợp với dịch trà xanh và các chủng vi khuẩn lactic trong các mẫu đều tăng sau 18 giờ lên men ở 37°C. Sự tăng mật độ quang OD_{600} sau khi lên men với các chủng *L. plantarum* và *L. casei* đã được chứng minh là tỷ lệ thuận với sự tăng mật độ tế bào vi khuẩn [18, 22-23]. Điều này chứng tỏ các chủng vi khuẩn có thể sinh trưởng được trong môi trường dịch chuối chín kết hợp với dịch chiết trà xanh. Sự tăng này phù hợp với kết quả tăng mật độ của các vi khuẩn *L. plantarum* và *L. casei* sau khi lên men nước ép carrot với củ dền [4], và nước táo [24] ở 35-37°C do nguồn carbon dễ sử dụng. Ngoài ra, W.D.L. Lima và cs (2022) [7] đã chứng minh rằng việc bổ sung dịch chiết trà xanh vào môi trường nước ép chanh dây giúp kích thích sự phát triển của vi khuẩn *L. gasseri* do làm tăng hàm lượng các hợp chất có hoạt tính sinh học như phenolic acids, flavonoids, tannins, alkaloids trong môi trường lên men. Những

chất này đóng vai trò như chất chống oxy hóa và chống gốc tự do, giúp hạn chế sự mất cân bằng oxy hóa - khử trong môi trường lên men, do đó cung cấp một môi trường tốt hơn cho sinh trưởng và phát triển của các chủng lactic [25].

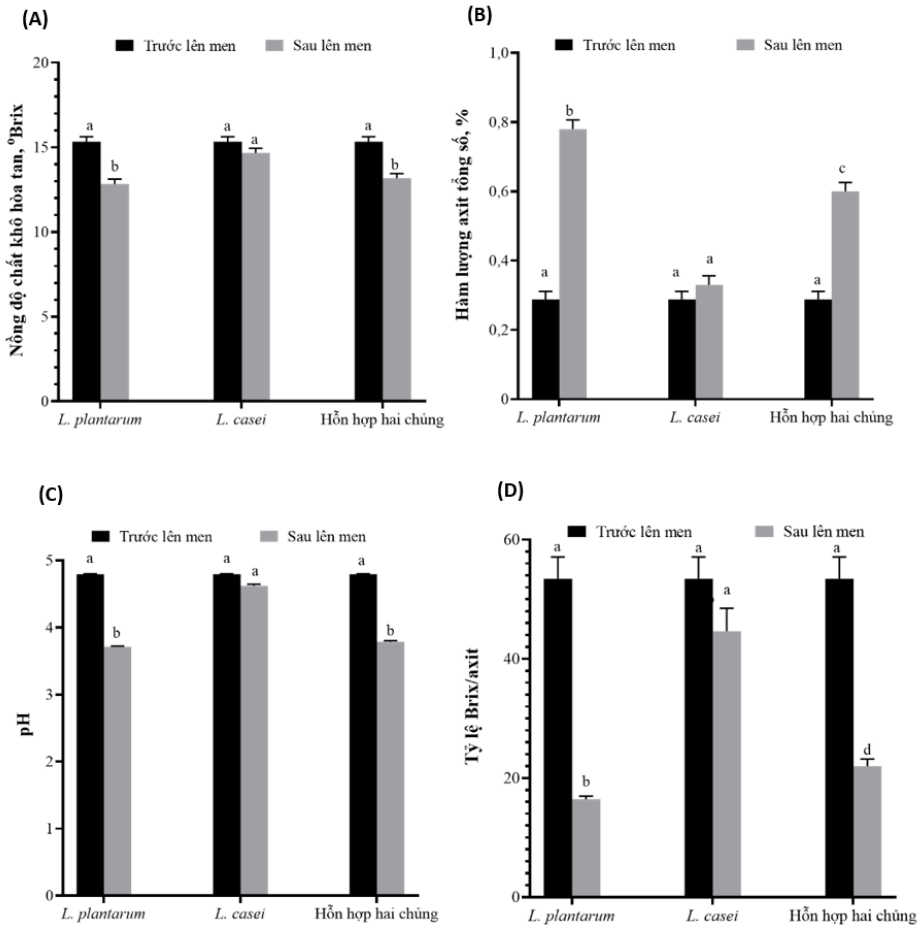


Hình 1. Sự thay đổi mật độ quang OD_{600} trước và sau khi lên men. Giá trị có chữ cái khác nhau trên các cột thể hiện sự khác nhau có nghĩa $p<0,05$.

Bên cạnh đó, từ kết quả hình 1 nhận thấy, vi khuẩn *L. plantarum* và hệ hỗn hợp hai chủng có khả năng sinh trưởng tốt hơn rõ rệt so với *L. casei* đơn chủng, với giá trị OD_{600} sau lên men tăng lần lượt xấp xỉ 16 lần, 10 lần và 1,6 lần. Kết quả này phù hợp với kết quả đã công bố trong các nghiên cứu của Z.E. Mousavi và cs (2013) [26], R. Mirmohammadi và cs (2021) [27]. Z.E. Mousavi (2013) [26] đã chứng minh *L. plantarum* có tốc độ sinh trưởng nhanh hơn so với *L. acidophilus* trong môi trường dịch chiết nước lựu. Trong khi đó, R. Mirmohammadi và cs (2021) [27] cũng đã chứng minh tốc độ sinh trưởng của *L. plantarum* tốt hơn *L. casei* trong môi trường dịch chiết nước nho đỏ kết hợp nước gạo.

3.2. Sự thay đổi nồng độ chất khô hòa tan, hàm lượng axit tổng số và pH của dịch lên men

Kết quả đánh giá sự thay đổi nồng độ chất khô hòa tan (°Brix), hàm lượng axit tổng số, pH và tỷ lệ Brix/axit của dịch chuối chín kết hợp với dịch chiết trà xanh sau khi lên men ở 37°C trong 18 giờ được biểu diễn trong hình 2A-2D.



Hình 2. Sự thay đổi nồng độ chất khô hòa tan (A), axit tổng số (B), pH (C) và tỷ lệ Brix/axit (D) của dịch sau khi lên men. Giá trị có chữ cái khác nhau trên các cột thể hiện sự khác nhau có nghĩa $p<0,05$.

Kết quả hình 2A cho thấy, nồng độ chất khô hòa tan của các mẫu sau khi lên men đều giảm so với trước khi lên men. Nồng độ chất khô giảm đáng kể so với các mẫu lên men với *L. plantarum* và hỗn hợp hai chủng, giảm nhẹ với các mẫu lên men với *L. casei*. Sự giảm nồng độ chất khô hòa tan có thể liên quan tới sự phân giải lượng đường có sẵn trong dịch chuối (glucose, fructose) nhằm giải phóng năng lượng ATP để duy trì sự sống của các chủng vi khuẩn lactic thông qua con đường đường phân hay còn gọi là Embden-Meyerhof-Parnas (EMP). Điều này cũng phù hợp với kết quả tăng mật độ quang OD_{600} ở các mẫu.

Các nghiên cứu cũng chỉ ra rằng, trong môi trường axit, *L. plantarum* và *L. casei* có khả năng lên men lactic đồng hình và sản xuất axit lactic thông qua con đường EMP, chuyển đổi các glucose trong nguyên liệu quả thành axit lactic [27, 28]. Sự sản sinh axit lactic trong quá trình lên men dẫn đến hàm lượng axit tổng số tăng mạnh sau khi lên men (hình 2B). Đặc biệt khi lên men với *L. plantarum* và hỗn hợp hai chủng, hàm lượng axit

tổng số tăng 2-2,7 lần từ 0,29% trước lên men lên lần lượt 0,78% và 0,60% sau lên men, trong khi chỉ tăng nhẹ lên 0,33% khi lên men với *L. casei*. Đây cũng là nguyên nhân dẫn đến sự giảm giá trị pH của môi trường (hình 2C). Trong đó, pH môi trường giảm rõ rệt từ 4,8 (trước lên men) xuống ≈3,7 ở cả hai mẫu sau khi lên men với *L. plantarum* và hỗn hợp hai chủng ($p<0,05$), và giảm nhẹ từ 4,8 xuống 4,6 khi dịch được lên men với *L. casei*. R. Mirmohammadi và cs (2021) [27] cũng đã chỉ ra rằng, *L. plantarum* và hỗn hợp hai chủng giữa *L. plantarum* và *L. casei* có khả năng tạo ra nhiều axit lactic hơn so với *L. casei* đơn lẻ. Một nghiên cứu khác cũng chứng minh rằng, *L. plantarum* có khả năng sinh trưởng và lên men lactic đồng hình trong điều kiện khắc nghiệt, bao gồm môi trường có nồng độ ethanol cao, độ pH thấp và môi trường chứa sulfite [29].

Sự thay đổi nồng độ chất khô hòa tan và hàm lượng axit tổng số trong dịch dẫn đến tỷ lệ Brix/axit giảm sau quá trình lên men. Trong đó, tỷ lệ Brix/axit trước lên men đạt 53,43; sau quá trình lên men, tỷ lệ này nằm trong khoảng 16-45. Tỷ lệ Brix/axit là chỉ số quan trọng trong đánh giá sự cân bằng chua ngọt trong nước quả [30]. Sự giảm tỷ lệ Brix/axit cho thấy vị chuyển từ rất ngọt (trước lên men) sang vị chua ngọt (sau lên men). Tỷ lệ Brix/axit giảm thấp nhất sau lên men đạt 16,46, cho thấy mẫu lên men với *L. plantarum* có vị chua rõ nhất. Trong khi đó, ở mẫu lên men với *L. casei*, tỷ lệ này giảm không đáng kể ($p>0,05$), cho thấy sau lên men, vị ngọt vẫn chiếm ưu thế.

3.3. Sự thay đổi độ nhớt và màu sắc của dịch lên men

Kết quả đánh giá sự thay đổi độ nhớt và màu sắc của dịch trước và sau lên men với các chủng vi khuẩn *L. plantarum, L. casei* và hỗn hợp của chúng được biểu diễn trong bảng 3.

Kết quả bảng 3 cho thấy, trước khi lên men, dịch lên men có độ nhớt khá cao, đạt 1,55 mm^2/s, cao hơn đáng kể so với độ nhớt của nước (0,89 mm^2/s ở 25°C) [31]. Độ nhớt cao có thể liên quan đến sự hiện diện của pectin và các polymer hòa tan trong chuối chín [32]. Sau quá trình lên men, độ nhớt ở tất cả các mẫu đều ghi nhận sự giảm đáng kể, từ 1,55 mm^2/s trước lên men giảm xuống 1,25-1,39 mm^2/s sau lên men. Sự giảm độ nhớt có thể liên quan tới sự biến đổi pectin trong quá trình lên men. K. Chen và cs (2026) [33] đã chứng minh quá trình lên men làm tăng đáng kể hoạt tính của pectin methylesterase, thúc đẩy quá trình phân giải và chuyển hóa pectin, làm giảm độ nhớt của pectin, dẫn tới giảm độ nhớt của dịch quả sung.

Bảng 3. Kết quả đo độ nhớt và màu sắc của dịch trước và sau khi lên men.

Chỉ tiêu đo	Trước lên men	Sau lên men		
		L. plantarum	*L. casei*	*Hỗn hợp hai chủng*
Độ nhớt (mm^2/s)	1,55±0,01[a]	1,39±0,01[b]	1,25±0,02[c]	1,35±0,02[b]
Màu của dịch lên men				
L*	50,44±2,50[a]	71,40±1,77[b]	57,50±2,35[a]	62,85±1,10[c]
a*	0,04±0,02[a]	-0,57±0,01[b]	0,13±0,05[c]	-0,53±0,05[b]
b*	6,82±0,22[a]	8,86±0,43[b]	8,76±0,33[b]	9,58±0,42[b]
BI	14,13±1,22[a]	12,18±0,34[b]	16,16±1,34[a]	15,35±1,02[a]
ΔE	-	21,07±2,96[a]	7,32±3,47[b]	12,73±2,83[b]

Giá trị có chữ cái khác nhau trong cùng một hàng thể hiện sự khác nhau có nghĩa p<0,05.

Bên cạnh sự thay đổi về độ nhớt, màu sắc của dịch cũng thay đổi sau quá trình lên men. Từ kết quả bảng 3, có thể thấy so với các mẫu khác, mẫu lên men với *L. plantarum* được ghi nhận có độ sáng cao nhất, sắc đỏ giảm, sắc vàng tăng với các giá trị L*, a* và b* đạt lần lượt là 71,40; -0,57 và 8,86. Bên cạnh đó, chỉ số BI của mẫu này cũng được ghi nhận là thấp nhất trong ba mẫu lên men, thấp hơn cả mẫu đối chứng, nên mẫu sau lên men với *L. plantarum* có sự thay đổi màu sắc tích cực. Kết quả này tương đồng với kết quả đã công bố của E. Janiszewska-Turak và cs (2022) [34], khi lên men ớt chuông vàng với *L. plantarum* cũng ghi nhận sự giảm sắc đỏ, tăng sắc vàng của mẫu sau lên men. So với trước khi lên men, các mẫu sau lên men đều ghi nhận sự khác biệt màu sắc (ΔE) rõ ràng, quan sát được bằng mắt thường với ΔE đều lớn hơn 5 [35]. Sự khác biệt màu rõ nhất quan sát được ở mẫu lên men với *L. plantarum* với giá trị ΔE đạt 21,07. Sự khác biệt về màu sắc sau lên men có thể liên quan tới sự axit hóa môi trường, pH môi trường giảm dẫn tới ảnh hưởng về màu sắc. Một nguyên nhân khác có thể do sự thay đổi nồng độ chất tan của môi trường sau khi lên men, dẫn tới sự chênh lệch gradient nồng độ, các chất tan có khối lượng phân tử thấp từ trong nguyên liệu có thể đi ra ngoài môi trường, ảnh hưởng tới màu sắc của sản phẩm [35].

3.4. Kết quả cảm quan các mẫu lên men

Kết quả đánh giá cảm quan các mẫu lên men với các chủng vi khuẩn *L. plantarum, L. casei* và hỗn hợp của chúng được thể hiện ở bảng 4.

Bảng 4. Kết quả mô tả cảm quan và điểm chấp nhận của người sử dụng với các mẫu sau lên men.

Các chỉ tiêu	Mô tả mẫu sau lên men		
	L. plantarum	***L. casei***	***Hỗn hợp hai chủng***
Màu	Màu vàng hổ phách nhẹ	Màu vàng hổ phách đậm	Màu vàng nhạt
Mùi	Mùi chuối nhẹ, mùi chua, mùi lên men vừa	Mùi chuối nồng, chưa lên men	Mùi chuối, mùi chua nhẹ, lên men nhẹ
Vị	Chua vừa, ngọt hậu vị	Ngọt đậm	Ngọt, chua nhẹ
Trạng thái	Hơi đục, sủi bọt nhẹ	Trong	Hơi đục
Mức độ chấp nhận của người sử dụng	6,50±0,97[a]	6,31±1,70[a]	6,44±1,09[a]

Giá trị có chữ cái khác nhau trong cùng một hàng thể hiện sự khác nhau có nghĩa p<0,05.

Kết quả cảm quan cho thấy, các mẫu sau khi lên men có màu vàng đặc trưng của nguyên liệu. Cường độ màu vàng cũng sáng hơn khi lên men với *L. plantarum* và hỗn hợp hai chủng, so với mẫu lên men với *L. casei*. Kết quả này cũng phù hợp với kết quả đo màu ở bảng 3. Bên cạnh đó, mẫu lên men với *L. plantarum* có mùi lên men và vị chua rõ hơn so với mẫu hỗn hợp 2 chủng và mẫu lên men với *L. casei*. Kết quả này phù hợp với sự tăng OD_{600}, tăng hàm lượng axit tổng số, giảm pH và giảm tỷ lệ Brix/axit ở các mẫu này. Tỷ lệ Brix/axit đã được chứng minh có tương quan với mức chấp nhận của sản phẩm [36]. Điểm chấp nhận của tất cả các mẫu đều nằm trong khoảng 6-7 điểm, tức là người dùng thử khá thích (p>0,05). Trong đó, mẫu lên men với *L. plantarum* được đánh giá là vẫn giữ được mùi chuối nhẹ, có mùi chua và mùi lên men vừa, vị chua vừa và có vị ngọt ở hậu vị sau khi uống, màu vàng hổ phách nhẹ, mẫu sủi bọt nhẹ và hơi đục. Điều này cho thấy, lên men ở 37°C trong 18 giờ với *L. plantarum* có thể tạo ra vị chua ngọt cân bằng với tỷ lệ Brix/axit nằm trong khoảng 15-16. Đây là khoảng tỷ lệ Brix/axit đảm bảo vị chua ngọt cân bằng trong nước lựu và được người sử dụng đánh giá cao [37]. Vị chua ngọt cân bằng cũng được mô tả trong nước dứa sau khi lên men với *L. plantarum* subsp. *plantarum* Dad-13 sau 16 giờ lên men và được người sử dụng đánh giá khá thích [38].

4. Kết luận

Kết quả theo dõi các chỉ tiêu hóa lý trong quá trình lên men cho thấy, cả hai chủng *L. plantarum* và *L. casei* đều có khả năng sinh trưởng trong môi trường dịch chuối chín cấp độ 7 kết hợp với dịch chiết trà xanh. Tuy nhiên, *L. plantarum* thể hiện khả năng sinh trưởng và lên men vượt trội hơn so với *L. casei*. Điều này được thể hiện qua giá trị mật độ quang OD_{600} của dịch lên men với *L. plantarum* cao hơn gần 10 lần, hàm lượng axit

tổng số tích lũy trong môi trường cao hơn gần 2,5 lần, pH môi trường và nồng độ chất khô hòa tan, tỷ lệ Brix/axit giảm mạnh hơn so với dịch lên men với *L. casei*. Quá trình lên men cũng làm giảm độ nhớt và thay đổi màu sắc của dịch theo hướng tích cực hơn. Các mẫu lên men với *L. plantarum, L. casei* và hỗn hợp hai chủng đều được người dùng thử đánh giá khá thích. Từ các kết quả thu được, nghiên cứu khẳng định tiềm năng sử dụng chuối chín cấp độ 7 kết hợp với vi khuẩn lactic trong phát triển đồ uống lên men, giúp nâng cao giá trị của chuối chín cấp độ 7, loại chuối không được ưa chuộng khi tiêu thụ tươi do sự kém hấp dẫn về mặt cảm quan, vỏ có nhiều đốm đen, ruột thịt bắt đầu mềm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] A.J. Marsh, C. Hill, R.P. Ross, et al. (2014), "Fermented beverages with health-promoting potential: Past and future perspectives", *Trends in Food Science & Technology*, **38(2),** pp.113-124, DOI: 10.1016/j.tifs.2014.05.002.

[2] A. Rakhmanova, Z.A. Khan, K. Shah (2018), "A mini review fermentation and preservation: Role of lactic acid bacteria", *MOJ Food Processing & Technology*, **6(5),** pp.414-417, DOI: 10.15406/mojfpt.2018.06.00197.

[3] A. Abbasi, V. Sarabi-Aghdam, M. Fathi, et al. (2025), "Non-dairy fermented probiotic beverages: A critical review on the production techniques, health benefits, safety considerations and market trends", *Food Reviews International*, **42(4)**, pp.1-56, DOI: 10.1080/87559129.2025.2550596.

[4] M. Malik, J. Bora, V. Sharma (2019), "Growth studies of potentially probiotic lactic acid bacteria (*Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus acidophilus*, and *Lactobacillus casei*) in carrot and beetroot juice substrates", *Journal of Food Processing and Preservation*, **43(11)**, 8pp, DOI: 10.1111/jfpp.14214.

[5] Y. Liu, H. Chen, W. Chen, et al. (2018), "Beneficial effects of tomato juice fermented by *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus casei*: Antioxidation, antimicrobial effect, and volatile profiles", *Molecules*, **23(9)**, 18pp, DOI: 10.3390/molecules23092366.

[6] F. Rizzi, B. Juan, J. Espadaler-Mazo, et al. (2024), "*Lactiplantibacillus plantarum* KABP051: Stability in fruit juices and production of bioactive compounds during their fermentation", *Foods*, **13(23)**, 16pp, DOI: 10.3390/foods13233851.

[7] W.D.L. Lima, S.S. Monteiro, M.A.D.B. Pasquali (2022), "Study of fermentation strategies by *Lactobacillus gasseri* for the production of probiotic food using passion fruit juice combined with green tea as raw material", *Foods*, **11(10)**, 13pp, DOI: 10.3390/foods11101471.

[8] N.T.Q. Mai, D.T.M. Linh, D.T.H. Tuyen, et al. (2020), "Fermentation of dragon fruit juice by using probiotic lactic acid bacteria", *Hue University Journal of Science: Natural Science*, **129(1A)**, pp.71-77, DOI: 10.26459/hueuni-jns.v129i1A.5436.

[9] J.F.S. Gomes, R.R. Vieira, F.R. Leta (2013), "Colorimetric indicator for classification of bananas during ripening", *Scientia Horticulturae*, **150**, pp.201-205, DOI: 10.1016/j.scienta.2012.11.014.

[10] C. Symmank, S. Zahn, H. Rohm (2018), "Visually suboptimal bananas: How ripeness affects consumer expectation and perception", *Appetite*, **120**, pp.472-481, DOI: 10.1016/j.appet.2017.10.002.

[11] L. Mattsson, H. Williams, J. Berghel (2018), "Waste of fresh fruit and vegetables at retailers in Sweden-Measuring and calculation of mass, economic cost and climate impact", *Resources, Conservation and Recycling*, **130**, pp.118-126, DOI: 10.1016/j.resconrec.2017.10.037.

[12] N.I. Rincón-Catalán, A. Cruz-Salomón, P.J. Sebastian, et al. (2022), "Banana waste-to-energy valorization by microbial fuel cell coupled with anaerobic digestion", *Processes*, **10(8)**, 17pp, DOI: 10.3390/pr10081552.

[13] R.B. Watharkar, Y. Pu, B.B. Ismail, et al. (2020), "Change in physicochemical characteristics and volatile compounds during different stage of banana (*Musa nana* Lour vs. Dwarf Cavendish) ripening", *Journal of Food Measurement and Characterization*, **14**, pp. 2040-2050, DOI: 10.1007/s11694-020-00450-z.

[14] P.H. Huang, Y.T. Cheng, W.C. Lu, et al. (2024), "Changes in nutrient content and physicochemical properties of Cavendish bananas var. Pei Chiao during ripening", *Horticulturae*, **10(4)**, 14pp, DOI: 10.3390/horticulturae10040384.

[15] I. Klimczak, A. Gliszczyńska-Świgło (2017), "Green tea extract as an anti-browning agent for cloudy apple juice", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **97(5)**, pp.1420-1426, DOI: 10.1002/jsfa.7880.

[16] J. Kim, J.Y. Choi, J. Kim, et al. (2021), "Effects of edible coatings with various natural browning inhibitors on the qualitative characteristics of banana (*Musa acuminata* Cavendish Subgroup) during storage", *Food Science and Preservation*, **28(1)**, pp.13-22, DOI: 10.11002/kjfp.2021.28.1.13.

[17] J. Handique, S.J. Bora, N. Sit (2019), "Optimization of banana juice extraction using combination of enzymes", *Journal of Food Science and Technology*, **56(8)**, pp.3732-3743, DOI: 10.1007/s13197-019-03845-z.

[18] A. Wegkamp, B. Teusink, W.M. De Vos, et al. (2010), "Development of a minimal growth medium for *Lactobacillus plantarum*", *Letters in Applied Microbiology*, **50(1)**, pp.57-64, DOI: 10.1111/j.1472-765X.2009.02752.x.

[19] Ministry of Science and Technology (2007), *TCVN 5483:2007: Fruits and Vegetable Products - Determination of Titratable Acidity* (in Vietnamese).

[20] M.A. Magerramov, A.I. Abdulagatov, I.M. Abdulagatov, et al. (2007), "Viscosity of tangerine and lemon juices as a function of temperature and concentration",

International Journal of Food Science and Technology, **42(7)**, pp.804-818, DOI: 10.1111/j.1365-2621.2007.01286.x.

[21] J.J. Kalva, C.A. Sims, L.A. Puentes, et al. (2014), "Comparison of the hedonic general labeled magnitude scale with the hedonic 9-point scale", *Journal of Food Science*, **79(2)**, pp. S238-S245, DOI: 10.1111/1750-3841.12342.

[22] S. Afshar, G. Zarrini, N. Farsad-Akhtar (2025), "Optimization of culture medium for probiotic bacterium *Lacticaseibacillus casei* UT1 to enhance biomass production using the Taguchi statistical method", *Journal of Microbiological Methods*, **238**, DOI: 10.1016/j.mimet.2025.107279.

[23] G.G. Gökmen, S. Sarıyıldız, R. Cholakov, et al. (2024), "A novel *Lactiplantibacillus plantarum* strain: Probiotic properties and optimization of the growth conditions by response surface methodology", *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, **40(66)**, 18pp, DOI: 10.1007/s11274-023-03862-3.

[24] X. Li, W. Gao, L. Wang, et al. (2025), "Co-fermentation of *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus casei* improves *in vitro* antioxidant capacity and quality of apple juice", *Fermentation*, **11(4)**, 17pp, DOI: 10.3390/fermentation11040161.

[25] D.C. Vodnar, F. Ranga, O.L. Pop, et al. (2012), "Catechin-rich tea extracts improve the *Lactobacillus casei* growth during lactic fermentation", *Bulletin UASVM Agriculture*, **69(2)**, pp.447-453, DOI: 10.15835/buasvmcn-agr:8797.

[26] Z.E. Mousavi, S.M. Mousavi, S.H. Razavi, et al. (2013), "Effect of fermentation of pomegranate juice by *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus acidophilus* on the antioxidant activity and metabolism of sugars, organic acids and phenolic compounds", *Food Biotechnology*, **27(1)**, pp.1-13, DOI: 10.1080/08905436.2012.724037.

[27] R. Mirmohammadi, N. Zamindar, S.H. Razavi, et al. (2021), "Investigation of the possibility of fermentation of red grape juice and rice flour by *Lactobacillus plantarum* and *Lactobacillus casei*", *Food Science & Nutrition*, **9(10)**, pp. 5370-5378, DOI: 10.1002/fsn3.2461.

[28] M. Singhvi, T. Zendo, K. Sonomoto (2018), "Free lactic acid production under acidic conditions by lactic acid bacteria strains: Challenges and future prospects", *Applied Microbiology and Biotechnology*, **102**, pp. 5911-5924, DOI: 10.1007/s00253-018-9092-4.

[29] S. Krieger-Weber, J.M. Heras, C. Suarez (2020), "*Lactobacillus plantarum*, a new biological tool to control malolactic fermentation: A review and an outlook", *Beverages*, **6(2)**, 23pp, DOI: 10.3390/beverages6020023.

[30] D. Kimball (1991), "The Brix/acid ratio", *Citrus Processing*, Springer, Dordrecht, pp.55-65, DOI: 10.1007/978-94-011-3700-3_4.

[31] N. Wang, D. Xiong, Y. Lu, et al. (2016), "Design and fabrication of the lyophobic slippery surface and its application in anti-icing", *The Journal of Physical Chemistry C*, **120(20)**, pp. 11054-11059, DOI: 10.1021/acs.jpcc.6b04778.

[32] X. Duan, G. Cheng, E. Yang, et al. (2008), "Modification of pectin polysaccharides during ripening of postharvest banana fruit", *Food Chemistry*, **111(1)**, pp.144-149, DOI: 10.1016/j.foodchem.2008.03.049.

[33] K. Chen, Z. Gong, H. Li, et al. (2026), "Structural reconfiguration of fig pectin by microbial fermentation: Dual modulation of pulp rheological behavior and antioxidant functionality", *International Journal of Biological Macromolecules*, **342**, DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2026.150337.

[34] E. Janiszewska-Turak, D. Witrowa-Rajchert, K. Rybak, et al. (2022), "The influence of lactic acid fermentation on selected properties of pickled red, yellow, and green bell peppers", *Molecules*, **27(23)**, 19pp, DOI: 10.3390/molecules27238637.

[35] J.M. Obón, M.R. Castellar, M. Alacid, et al. (2009), "Production of a red-purple food colorant from Opuntia stricta fruits by spray drying and its application in food model systems", *Journal of Food Engineering*, **90(4)**, pp.471-479, DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2008.07.013.

[36] Q. Quan, W. Liu, J. Guo, M. Ye, et al. (2022), "Effect of six lactic acid bacteria strains on physicochemical characteristics, antioxidant activities and sensory properties of fermented orange juices", *Foods*, **11(13),** 20pp, DOI: 10.3390/foods11131920.

[37] E. Arendse, H. Nieuwoudt, O.A. Fawole, et al. (2021), "Effect of different extraction methods on the quality and biochemical attributes of pomegranate juice and the application of Fourier transformed infrared spectroscopy in discriminating between different extraction methods", *Frontiers in Plant Science*, **12**, 11pp, DOI: 10.3389/fpls.2021.702575.

[38] F. N. Aziz, T. Utami, D.A. Suroto, et al. (2023), "Fermentation of pineapple juice with Lactiplantibacillus plantarum subsp. plantarum Dad-13: Sensory and microbiological characteristics", *Czech Journal of Food Sciences*, **41(3)**, pp.221-229, DOI: 10.17221/243/2022-CJFS.