

Ảnh hưởng của nhiệt độ đến hoạt tính sinh học của dịch chiết củ sâm Ngọc Linh (*Panax vietnamensis* Ha et Grushv.) được lên men bởi các chủng vi khuẩn lactic khác nhau

Nguyễn Thị Vân Linh*, Nguyễn Quốc Duy, Trần Thị Tường Vi,
Nguyễn Thị Thùy Dung, Huỳnh Quốc Trung

Khoa Khoa học Ứng dụng và Công nghệ (FAST), Trường Đại học Nguyễn Tất Thành, Thành phố Hồ Chí Minh,
Việt Nam

*ntvlinh@ntt.edu.vn

Tóm tắt

Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ lên men khác nhau (20-40) °C đến hoạt tính enzyme β -glucosidase của hai chủng vi khuẩn lactic *Levilactobacillus brevis* và *Lactiplantibacillus plantarum* trong quá trình lên men dịch chiết củ sâm Ngọc Linh, đồng thời xác định sự biến đổi các hợp chất có hoạt tính sinh học. Hoạt tính β -glucosidase, hàm lượng phenolic, saponin, khả năng chống oxy hóa (DPPH, ABTS, FRAP) và khả năng bảo vệ DNA được phân tích sau lên men. Kết quả cho thấy hoạt tính β -glucosidase của cả hai chủng đạt cao nhất ở (30-35) °C, kéo theo sự gia tăng đáng kể hoạt tính chống oxy hóa, mạnh nhất tại 35 °C. *L. brevis* cho hiệu quả cải thiện hoạt tính sinh học vượt trội so với *L. plantarum*. Sau 48 giờ lên men ở 35 °C, hàm lượng phenolic tăng rõ rệt, trong khi hàm lượng saponin giảm khi nhiệt độ lên men tăng. Dịch sâm lên men cũng làm giảm mức độ đứt gãy DNA trong mô hình gây tổn thương bằng H₂O₂, cho thấy khả năng bảo vệ DNA tốt hơn. Kết quả khẳng định nhiệt độ lên men tối ưu góp phần nâng cao giá trị sinh học của dịch chiết sâm Ngọc Linh và là cơ sở cho phát triển các sản phẩm thực phẩm chức năng.

© 2026 Journal of Science and Technology - NTTU

Nhận 25/12/2025

Được duyệt 07/01/2026

Công bố 28/07/2026

Từ khóa

Củ sâm Ngọc Linh;
được tính; hoạt tính
chống oxy hóa;
lên men lactic.

1 Đặt vấn đề

Panax vietnamensis Ha et Grushv., thường được gọi là sâm Ngọc Linh (SNL) hay sâm Việt Nam, là cây dược liệu đặc hữu có giá trị cao của Việt Nam, được công nhận với đặc tính saponin độc đáo và các hoạt tính dược lý quan trọng. Loại cây này đặc biệt được chú ý vì hàm lượng saponin nhóm ocotillol cao, điển hình như majonoside R2, có liên quan đến nhiều lợi

ích sức khỏe bao gồm tăng cường miễn dịch, chống viêm và chống ung thư [1]. Bên cạnh đó, củ SNL còn chứa các nhóm hợp chất có khả năng bảo vệ DNA khỏi tổn thương oxy hóa, bao gồm các ginsenoside (đặc biệt là Rg1, Rb1, Rg3 và Compound K), hợp chất phenolic, flavonoid và polyacetylene. Các hợp chất này phát huy tác dụng bảo vệ DNA thông qua cơ chế trung hòa gốc tự do, chelate hóa ion kim loại chuyển tiếp và kích hoạt hệ thống enzyme chống oxy hóa nội

sinh [2]. Quá trình lên men đã được chứng minh là phương pháp hiệu quả trong việc nâng cao đặc tính dược liệu của các dịch chiết thực vật thông qua việc làm tăng hàm lượng các hợp chất phytochemical cũng như hoạt tính sinh học của chúng. Các nghiên cứu trước đây cho thấy lên men bằng vi khuẩn acid lactic, điển hình như *Lactobacillus plantarum* và *L. casei*, có khả năng cải thiện đáng kể hoạt tính chống oxy hóa và khả năng ức chế enzyme. Điều này đã được quan sát ở dịch chiết từ quả dâu tây anh đào với sự gia tăng hàm lượng polyphenol và flavonoid [3], hay ở lê gai phương Đông kết hợp với vỏ yuzu và lá ổi với nồng độ isorhamnetin, quercetin và polyphenol tổng số tăng lên, đồng thời hoạt tính chống oxy hóa và khả năng ức chế α -glucosidase cũng được cải thiện [4]. Tương tự, quá trình lên men bằng các chủng vi sinh vật khác trên sâm, chẳng hạn như *Lactiplantibacillus plantarum* và *Rhizopus oligosporus**, đã được chứng minh làm tăng hàm lượng ginsenoside, flavonoid và các hợp chất phenolic, những thành phần quan trọng đóng góp vào đặc tính chống oxy hóa và chống viêm của sâm [5]. Đặc biệt, quá trình lên men còn thúc đẩy sự chuyển hóa các ginsenoside dạng glycoside thành các dẫn xuất có hoạt tính sinh học cao hơn như ginsenoside Rg3, Rh1, Rh2 và Compound K, từ đó tăng cường khả năng bảo vệ DNA và các hoạt tính dược lý khác. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ lên men đến các chỉ tiêu hóa lý và hoạt tính sinh học của dịch chiết củ SNL được lên men bởi hai chủng vi khuẩn lactic *Lactiplantibacillus plantarum* và *Levilactobacillus brevis*. Các chỉ tiêu khảo sát bao gồm: sự thay đổi pH, hàm lượng phenolic tổng số, hàm lượng saponin, hoạt độ enzyme β -glucosidase, hoạt tính chống oxy hóa (DPPH, ABTS, FRAP) và khả năng bảo vệ DNA khỏi tổn thương oxy hóa. Từ đó, nghiên cứu hướng đến việc xác định điều kiện nhiệt độ tối ưu và chủng vi khuẩn phù hợp cho quá trình lên men, làm cơ sở khoa học cho việc phát triển các sản phẩm thực phẩm chức năng hoặc dược liệu từ SNL lên men.

2 Vật liệu và phương pháp

2.1 Vật liệu

Củ SNL 6 năm tuổi, được trồng tại xã Nam Trà My (Đà Nẵng, Việt Nam). Mẫu được thu hoạch, rửa sạch để loại bỏ đất, cát và tạp chất, sau đó sấy hồng ngoại ở 50 °C với công suất 3 kW trong 1 giờ nhằm làm khô bề mặt và hạn chế sự phát triển của nấm mốc. Chủng vi khuẩn *Levilactobacillus brevis* và *Lactiplantibacillus plantarum* phân lập từ kombucha và kefir được sử dụng làm giống khởi động cho quá trình lên men.

2.2 Chuẩn bị dịch chiết SNL

Mẫu củ SNL được nghiền nhỏ, sau đó trộn với nước cất theo tỷ lệ 1:10 (w/v) và ủ ở 70 °C trong 30 phút, sau đó điều chỉnh pH về 7,0 bằng cách thêm từ từ dung dịch NaOH 0,1N, lọc bỏ bã và xử lý nhiệt ở 80 °C trong 5 phút nhằm giảm nguy cơ nhiễm khuẩn. Dịch chiết sâm được làm nguội đến nhiệt độ phòng để sử dụng cho các thí nghiệm lên men [2].

2.3 Quá trình lên men dịch chiết SNL

Chủng vi khuẩn lactic được hoạt hoá từ trạng thái bảo quản lạnh sâu (-80 °C trong glycerol 20% v/v) bằng cách cấy chuyển liên tiếp hai lần trên môi trường MRS lỏng ở 37 °C trong 18-24 giờ để đảm bảo vi khuẩn đạt pha sinh trưởng logarithm và có hoạt lực trao đổi tối đa trước khi sử dụng. Sinh khối tế bào được thu nhận bằng ly tâm ở $10.000 \times g$ trong 5 phút ở 4 °C, loại bỏ hoàn toàn dịch nổi bên trên chứa môi trường MRS và các sản phẩm trao đổi chất. Tế bào vi khuẩn được rửa hai lần bằng dung dịch đệm phosphate saline (PBS, 0,1 M, pH $7,2 \pm 0,1$) ở cùng điều kiện ly tâm nhằm loại bỏ triệt để các thành phần môi trường nuôi cấy, đặc biệt là glucose và peptone có thể gây nhiễu kết quả phân tích hóa học của dịch chiết lên men. Sinh khối thu được sau rửa được huyền phù lại trong dung dịch PBS vô trùng để chuẩn bị dịch huyền phù giống. Dịch chiết SNL được bổ sung glucose với nồng độ 50 g/L, sau đó cấy giống ở mật độ $OD_{600} = 1$, tương ứng khoảng (1×10^7) CFU/mL. Quá trình lên men được tiến hành trong 48 giờ. Sự thay đổi pH của dịch chiết sau quá trình lên men được xác định bằng máy đo pH (Mettler Toledo J12683, USA). Acid tổng số (TA) được xác định bằng phép chuẩn độ với NaOH 0,1 N, dùng phenolphthalein làm chỉ thị và quy đổi ra g acid lactic/L. Tổng chất rắn hòa

tan (TSS) được đo bằng khúc xạ kế và biểu thị bằng độ Brix (%). Sau khi lên men kết thúc, dịch được ly tâm để loại bỏ sinh khối, phần dịch nổi được thu, sau đó sấy đông khô để thu bột FNLG. Các mẫu sấy khô được bảo quản ở -20°C cho đến khi sử dụng. Khi tiến hành các thí nghiệm, mẫu được hòa tan trong dung môi DMSO vô trùng để đạt được nồng độ mong muốn, đảm bảo độ ổn định và khả năng hòa tan của các hợp chất hoạt tính sinh học.

2.4 Định lượng saponin tổng

Hàm lượng saponin tổng được xác định theo phản ứng tạo màu p-anisaldehyde- H_2SO_4 [2]. Cụ thể, 100 μL mẫu thử được trộn với 100 μL dung dịch p-anisaldehyde 50 % (trong methanol), sau đó bổ sung 2 mL H_2SO_4 50 %. Hỗn hợp được ủ ở 60°C trong 20 phút để phát triển màu, tiếp theo làm lạnh nhanh trong nước đá khoảng 10 phút. Độ hấp thụ được đo ở bước sóng 600 nm bằng máy quang phổ UV-Vis. Kết quả được định lượng từ đường chuẩn ginsenoside Rb1 và biểu thị dưới dạng mg ginsenoside tương đương trên lít mẫu (mg GE/L).

2.5 Định lượng polyphenol tổng

Hàm lượng polyphenol tổng được xác định bằng thuốc thử Folin-Ciocalteu [6]. Mẫu thử (0,6 mL) được trộn với 1,5 mL thuốc thử Folin-Ciocalteu 10 %, để yên trong 5 phút, sau đó bổ sung 1,2 mL dung dịch Na_2CO_3 7,5 %. Hỗn hợp được ủ trong điều kiện tối 30 phút ở nhiệt độ phòng, và độ hấp thụ được đo tại 765 nm. Hàm lượng polyphenol được tính dựa trên đường chuẩn acid gallic và biểu thị dưới dạng mg acid gallic tương đương trên lít mẫu (mg GAE/L).

2.6 Đánh giá hoạt tính chống oxy hóa

Hoạt tính chống oxy hóa của mẫu được đánh giá thông qua khả năng khử gốc tự do theo các phương pháp DPPH, ABTS và FRAP, trong đó giá trị hoạt tính được tính dựa trên đường chuẩn Trolox và biểu thị dưới dạng mg Trolox tương đương trên lít mẫu (mg TE/L) [2]. Đối với phép thử DPPH, dung dịch DPPH được điều chỉnh đến độ hấp thụ $1,10 \pm 0,02$ tại OD = 515 nm trước khi tiến hành phản ứng; sau đó, 0,2 mL mẫu được trộn với 2,8 mL dung dịch DPPH, hỗn hợp được ủ trong bóng tối 30 phút ở nhiệt độ phòng và đo độ hấp thụ tại 515 nm. Trong phép thử

ABTS, gốc ABTS^+ được tạo ra bằng phản ứng giữa dung dịch ABTS 7 mM và $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 2,45 mM, ủ trong điều kiện tối từ (12-16) giờ cho đến khi màu xanh ổn định, sau đó pha loãng đến khi đạt độ hấp thụ $1,10 \pm 0,02$ tại bước sóng 734 nm; tiếp theo, 0,2 mL mẫu được trộn với 2,8 mL dung dịch ABTS^+ , ủ 30 phút trong bóng tối ở nhiệt độ phòng và đo hấp thụ tại 734 nm. Đối với phép thử FRAP, thuốc thử được pha từ acetate buffer 0,3 M (pH = 3,6), TPTZ 10 mM (trong HCl 40 mM) và $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 20 mM theo tỷ lệ 10:1:1 (v/v/v); hỗn hợp phản ứng bao gồm 0,2 mL mẫu và 2,8 mL thuốc thử FRAP, được ủ trong 30 phút ở nhiệt độ phòng trước khi đo độ hấp thụ tại 593 nm.

2.7 Bảo vệ đứt gãy DNA

Khả năng bảo vệ DNA plasmid pUC19 khỏi tổn thương do gốc hydroxyl gây ra bởi thuốc thử Fenton của dịch chiết SNL lên men được đánh giá bằng phương pháp phân cắt DNA như mô tả trước đó [7]. Hỗn hợp phản ứng bao gồm thuốc thử Fenton (30 mM H_2O_2 , 50 mM acid ascorbic và 80 mM FeCl_3) cùng với các nồng độ khác nhau của dịch chiết SNL thô và lên men (25 $\mu\text{g/mL}$ và 50 $\mu\text{g/mL}$). Hỗn hợp được ủ với 1 μg DNA plasmid trong 30 phút ở 37°C . Nhóm đối chứng chỉ bao gồm DNA plasmid xử lý bằng nước vô trùng. Sau đó, 5 μL hỗn hợp phản ứng được trộn với 1 μL thuốc nhuộm GelRed (TBR, Việt Nam) và điện di trên gel agarose 0,8 % trong dung dịch đệm TAE (40 mM Tris-acetate và 1 mM EDTA) ở hiệu điện thế 90 V trong 30 phút. Các vạch DNA được quan sát và chụp bằng hệ thống chiếu UV model UVG3653 (Orange, India), sau đó được phân tích cường độ bằng phần mềm ImageJ phiên bản 1.53. Mức độ tổn thương DNA được thể hiện thông qua so sánh cường độ vạch giữa các nhóm xử lý và nhóm đối chứng.

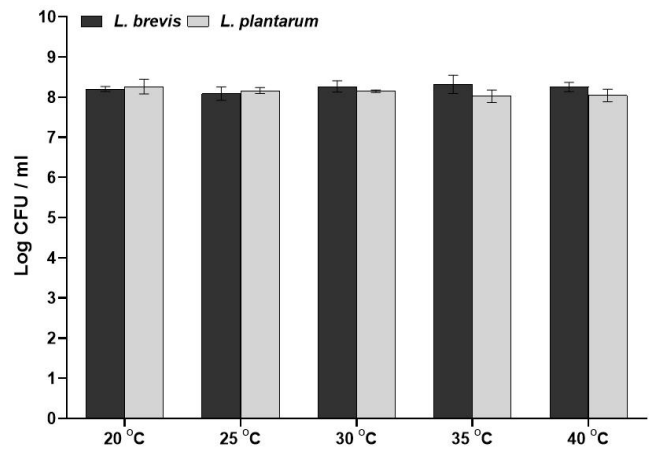
2.8 Xử lý số liệu

Tất cả các thí nghiệm được thực hiện lặp lại ba lần độc lập, và kết quả được trình bày dưới dạng giá trị trung bình. Sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức được phân tích bằng phương pháp phân tích one-way ANOVA, sau đó so sánh cặp bằng phép kiểm định Student (*t*-test) ở mức ý nghĩa 5 % bằng phần mềm SAS 9.4.

3 Kết quả và thảo luận

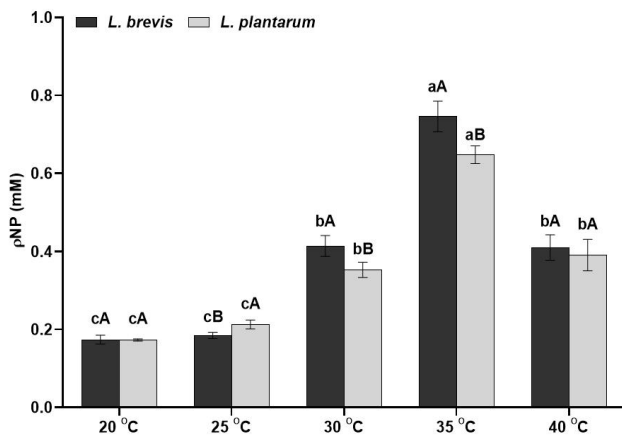
3.1 Ảnh hưởng của nhiệt độ lên men lên sự sản sinh enzyme β -glucosidase

Nhiệt độ lên men là yếu tố then chốt ảnh hưởng đến hoạt tính enzyme β -glucosidase, quyết định khả năng chuyển hóa ginsenosides trong SNL thành các dạng có hoạt tính sinh học cao hơn. Tối ưu hóa nhiệt độ giúp tăng hiệu suất enzyme, thúc đẩy hình thành các dẫn xuất như Rg3 và Rg5 có tác dụng chống oxy hóa và chống viêm mạnh. Vì vậy, kiểm soát nhiệt độ lên men phù hợp có ý nghĩa quan trọng trong nâng cao giá trị sinh học của sản phẩm SNL lên men [8]. Kết quả ở Hình 1 cho thấy quá trình sinh trưởng của cả *L. brevis* và *L. plantarum* duy trì ở mức cao sau 48 giờ lên men trong khoảng nhiệt độ lên men từ (20-40) °C, với giá trị dao động không đáng kể ($p > 0,05$). Điều này cho thấy cả hai chủng vi khuẩn đều có khả năng phát triển tốt trong điều kiện khảo sát, phản ánh tính thích nghi sinh học cao với môi trường dịch chiết SNL. Tuy nhiên, khi đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ lên men đến hoạt tính β -glucosidase thông qua nồng độ p-nitrophenol (pNP) (Hình 2), có thể thấy rằng hoạt tính enzyme của cả *L. brevis* và *L. plantarum* tăng rõ rệt từ 20 °C đến 35 °C. Ở mức 35 °C, *L. brevis* đạt giá trị pNP cao nhất (0,75 mM), trong khi *L. plantarum* ghi nhận khoảng 0,65 mM, cho thấy hiệu suất xúc tác của *L. brevis* vượt trội hơn. Giai đoạn (25-30) °C thể hiện sự gia tăng ổn định về hoạt tính enzyme, phản ánh quá trình thích nghi sinh học của vi khuẩn trong môi trường dịch chiết SNL. Khi nhiệt độ tăng đến 40 °C, hoạt tính giảm đáng kể so với 35 °C, mặc dù vẫn cao hơn so với (20-25) °C, cho thấy mức nhiệt này có thể vượt ngưỡng thuận lợi cho cấu trúc enzyme. Xu hướng tăng hoạt tính đến 35 °C có thể giải thích bởi quá trình sinh tổng hợp và ổn định cấu trúc enzyme β -glucosidase diễn ra thuận lợi ở khoảng nhiệt trung gian, tạo điều kiện tối ưu cho quá trình thủy phân ginsenosides glycosyl hóa. Ngược lại, sự suy giảm tại 40 °C có thể liên quan đến biến tính nhiệt, làm ảnh hưởng đến vị trí hoạt động của enzyme, từ đó làm giảm hiệu suất xúc tác.



Hình 1 Ảnh hưởng của nhiệt độ lên men lên sự phát triển của *L. brevis* và *L. plantarum* trong dịch chiết củ SNL lên men lactic sau 48 giờ

Hoạt tính β -glucosidase được lựa chọn làm chỉ tiêu đánh giá do enzyme này xúc tác quá trình thủy phân nhóm chức β -glucoside, giải phóng aglycone có hoạt tính sinh học cao hơn, đặc biệt với ginsenosides trong SNL. Việc theo dõi hoạt động enzyme giúp làm rõ khả năng tăng cường hiệu quả dược lý của dịch chiết sau lên men. Nhiệt độ lên men là yếu tố quan trọng vì ảnh hưởng trực tiếp đến biểu hiện enzyme và con đường chuyển hóa của vi khuẩn lactic, do đó đánh giá hoạt tính β -glucosidase theo nhiệt độ giúp xác định điều kiện tối ưu cho quá trình chuyển hóa sinh học [9]. Các enzym β -glucosidase trong các vi khuẩn này là một phần của hệ thống trao đổi chất rộng hơn cho phép chúng chuyển hóa phytochemical glycosyl hóa thành các hợp chất hoạt tính sinh học, tăng cường các đặc tính dinh dưỡng và cảm giác của các sản phẩm lên men [10]. *L. brevis* được biết đến với hoạt tính β -glucosidase mạnh mẽ, rất quan trọng để tăng cường cấu hình mùi thơm trong quá trình lên men, chẳng hạn như trong sản xuất rượu vang và Baijiu, nơi nó góp phần đáng kể vào sự hình thành các hợp chất hương vị và giảm thời gian lên men [11]. Ngược lại, *L. plantarum*, trong khi có khả năng chuyển hóa nhiều loại carbohydrate thông qua các con đường phospho- β -glucosidase, có thể không thể hiện cùng mức độ hoạt động hoặc ổn định của enzyme trong các điều kiện tương tự [12].



Hình 2 Ảnh hưởng của nhiệt độ lên men lên hoạt tính β -glucosidase, thể hiện qua nồng độ p-nitrophenol (pNP) của *L. brevis* và *L. plantarum* trong dịch chiết củ SNL lên men lactic sau 48 giờ

3.2 Ảnh hưởng của nhiệt độ lên men lên tính chất hóa lý của dịch chiết SNL

Sự thay đổi pH trong quá trình lên men nhân sâm phản ánh mức độ hoạt động của vi khuẩn acid lactic, do quá trình tạo acid hữu cơ làm giảm pH, góp phần tăng khả năng bảo quản và hoạt tính sinh học của sản phẩm. Đồng thời, TSS và TA là các chỉ tiêu quan trọng đánh giá quá trình tiêu thụ đường và tích lũy acid, chịu ảnh hưởng trực tiếp bởi nhiệt độ lên men. Kết quả ở Bảng 1 cho thấy giá trị pH giảm mạnh từ mức trung tính ban đầu xuống khoảng 3,5-4,1 khi nhiệt độ tăng từ 20 °C

đến 40 °C, trong đó mức giảm rõ rệt nhất được ghi nhận ở khoảng (30-35) °C, đặc biệt với *L. plantarum* (pH = 3,57 tại 35 °C). Sự giảm pH đi kèm với xu hướng tăng của hàm lượng acid toàn phần (TA), đạt giá trị cao nhất trong khoảng nhiệt này, phản ánh quá trình chuyển hóa đường thành acid hữu cơ trong lên men. Ngược lại, TSS (°Brix) giảm đáng kể theo nhiệt độ, cho thấy carbohydrate trong dịch chiết được vi khuẩn sử dụng làm nguồn cơ chất cho sinh trưởng và sinh acid. Việc pH giảm, TA tăng và TSS giảm đồng thời chứng minh rằng khoảng (30-35) °C là nhiệt độ tối ưu cho quá trình chuyển hóa sinh học của vi khuẩn lactic, trong đó *L. plantarum* có tốc độ acid hóa mạnh hơn, còn *L. brevis* thể hiện sự ổn định tốt hơn ở mức nhiệt cao hơn. Phạm vi nhiệt độ (30-35) °C được xem là tối ưu cho quá trình lên men do thúc đẩy hoạt động trao đổi chất của vi khuẩn acid lactic, giúp chuyển hóa hiệu quả carbohydrate thành acid hữu cơ. Điều này dẫn đến giảm pH, tăng TA và giảm TSS trong dịch chiết. Ở nhiệt độ này, *L. plantarum* có khả năng chuyển đổi hexose thành acid lactic mạnh hơn, góp phần gia tăng độ acid và cải thiện chất lượng cảm quan của sản phẩm lên men [13]. Ngược lại, *L. brevis* thể hiện khả năng thích nghi tốt hơn ở nhiệt độ cao, nhờ duy trì ổn định trong điều kiện hiếu khí và ức chế sự phát triển của nấm mốc, yếu tố quan trọng trong việc bảo đảm chất lượng của các sản phẩm lên men.

Bảng 1 Một số tính chất hóa lý của dịch chiết củ SNL được lên men ở các nhiệt độ khác nhau

Chủng vi khuẩn	Ban đầu	Nhiệt độ lên men (°C)				
		20	25	30	35	40
pH						
<i>L. brevis</i>	7,04 ± 0,01a	4,13 ± 0,11Ab	3,97 ± 0,09Abc	4,07 ± 0,10Abc	3,97 ± 0,17Abc	3,87 ± 0,22Ac
<i>L. plantarum</i>		4,01 ± 0,08Ab	3,87 ± 0,19Ab	3,82 ± 0,23Abc	3,57 ± 0,28Bc	3,88 ± 0,07Ab
TSS (Brix)						
<i>L. brevis</i>	5,38 ± 0,01a	4,57 ± 0,08Ab	4,40 ± 0,14Abc	4,34 ± 0,20Ac	4,02 ± 0,23Ac	4,27 ± 0,27Abc
<i>L. plantarum</i>		4,43 ± 0,06Bb	4,29 ± 0,19Ac	4,24 ± 0,24Ac	3,97 ± 0,16Ad	4,17 ± 0,09Ac
TA (g lactic acid/L)						
<i>L. brevis</i>	0,34 ± 0,02a	2,17 ± 0,54Ab	2,47 ± 0,30Abc	2,88 ± 0,13Ad	3,17 ± 0,19Ae	2,43 ± 0,10Abc
<i>L. plantarum</i>		2,53 ± 0,25Ab	2,80 ± 0,33Abc	2,97 ± 0,09Ac	3,03 ± 0,06Ac	2,77 ± 0,05Bb
Phenolic (mg GAE/L)						
<i>L. brevis</i>	4,51 ± 0,18a	18,97 ± 2,91Ab	19,95 ± 1,06Ab	29,45 ± 0,79Ac	39,34 ± 3,54Ad	29,12 ± 1,86Ac
<i>L. plantarum</i>		14,91 ± 3,74Bb	23,06 ± 4,49Bc	25,46 ± 1,09Bcd	27,14 ± 2,94Bd	20,46 ± 1,62Bc
Saponin (mg QSE/L)						
<i>L. brevis</i>	27,25 ± 2,82a	38,16 ± 3,22Ab	32,49 ± 2,74Ac	23,28 ± 1,57Ad	12,85 ± 1,15Ae	26,36 ± 1,72Af

<i>L. plantarum</i>		33,82 ± 1,54Bb	37,03 ± 2,90Bc	30,87 ± 4,75Bbc	16,97 ± 0,70Bd	30,74 ± 1,19Bc
DPPH (mg TE/L)						
<i>L. brevis</i>	8,92 ± 0,82a	15,31 ± 2,20Ab	20,16 ± 1,73Ac	39,43 ± 1,15Ad	60,39 ± 5,43Ae	46,79 ± 1,28Af
<i>L. plantarum</i>		11,93 ± 0,38Bb	23,02 ± 1,57Bc	35,86 ± 0,81Bd	41,24 ± 2,42Be	35,48 ± 3,02Bd
ABTS (mg TE/L)						
<i>L. brevis</i>	4,02 ± 0,12a	18,80 ± 2,01Ab	15,18 ± 2,28Ab	34,69 ± 1,33Ac	56,5 ± 4,56Ad	41,18 ± 3,8Ae
<i>L. plantarum</i>		11,62 ± 0,04Bb	16,24 ± 1,44Ac	29,532 ± 0,81Bd	46,92 ± 4,09Be	40,48 ± 1,01Af
FRAP (mg TE/L)						
<i>L. brevis</i>	5,96 ± 1,22a	14,14 ± 3,34Ab	23,24 ± 2,50Ac	40,65 ± 1,88Ad	58,32 ± 7,68Ae	37,51 ± 2,24Af
<i>L. plantarum</i>		8,56 ± 1,65Bb	16,79 ± 2,58Bc	27,78 ± 4,96Bd	42,53 ± 2,12Be	28,31 ± 4,14Bd
Ghi chú: số liệu được trình bày dưới dạng giá trị trung bình ± độ lệch chuẩn của ba lần lặp lại. Đối với mỗi chỉ tiêu phân tích, các chữ cái thường khác nhau trong một hàng và chữ cái in hoa khác nhau trong một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức độ tin cậy 95 % ($p < 0,05$).						

Hàm lượng phenolic tăng rõ rệt theo nhiệt độ và đạt cực đại tại 35 °C, với giá trị của *L. brevis* cao hơn đáng kể so với *L. plantarum*, cho thấy khả năng giải phóng hợp chất hoạt tính của chủng này hiệu quả hơn. Hoạt tính chống oxy hóa (DPPH, ABTS và FRAP) cũng tăng dần từ 20 °C đến 35 °C và giảm nhẹ ở 40 °C, phản ánh mối tương quan thuận với phenolic. Ngược lại, hàm lượng saponin giảm dần khi nhiệt độ tăng, đặc biệt từ 30 °C trở đi, cho thấy có thể xảy ra quá trình phân giải cấu trúc glycoside, chuyển saponin thành các dẫn xuất aglycone có hoạt tính sinh học cao hơn. Hoạt động tối ưu của enzyme β -glucosidase, đặc biệt là khoảng (30-35) °C, đóng một vai trò quan trọng trong việc tăng cường hàm lượng phenolic và hoạt tính chống oxy hóa đồng thời giảm hàm lượng saponin trong chiết xuất nhân sâm lên men. Phạm vi nhiệt độ này rất quan trọng đối với sự thủy phân hiệu quả của ginsenoside, là saponin chính trong nhân sâm, thành các dạng nhỏ, có hoạt tính sinh học cao hơn.

3.3 Ảnh hưởng của quá trình lên men lactic lên việc cải thiện khả năng bảo vệ DNA tế bào của dịch chiết củ SNL

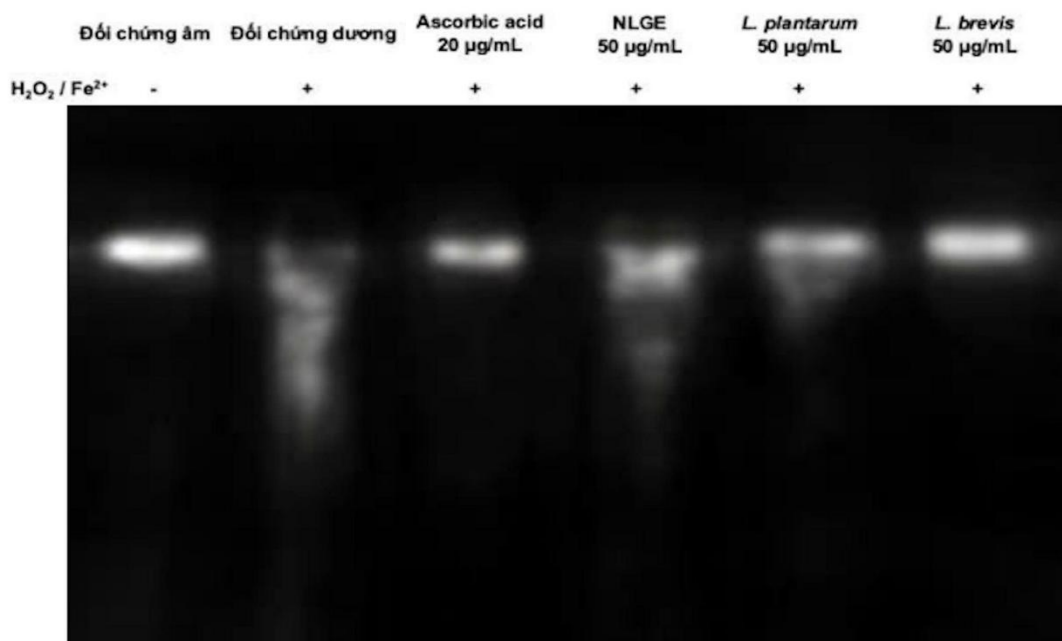
Chiết xuất SNL, với các hoạt chất tương tự, có tiềm năng trở thành tác nhân tự nhiên bảo vệ DNA. Nhờ khả năng giảm tổn thương DNA và hỗ trợ phục hồi tế bào, chiết xuất có thể được ứng dụng trong các chiến lược chống lão hóa và phòng ngừa ung thư [14]. Kết quả ở Hình 3 cho thấy tác động rõ rệt của dịch chiết SNL lên men bởi vi khuẩn lactic đối với khả năng chống lại tổn thương DNA do hệ phản ứng Fenton (H_2O_2/Fe^{2+}) gây ra. Ở mẫu đối chứng dương, băng DNA gần như bị phân hủy hoàn toàn, thể hiện mức độ

tổn thương nghiêm trọng dưới tác động của hydroxyl radicals ($-OH$). Ngược lại, ở mẫu đối chứng âm (không xử lý tác nhân gây oxy hóa), băng DNA rõ nét, chứng minh cấu trúc DNA được bảo toàn hoàn toàn. Đáng chú ý, mẫu xử lý bằng acid ascorbic (20 μ g/mL) chất chống oxy hóa chuẩn cho thấy mức bảo vệ DNA tốt nhưng vẫn kém hơn so với mẫu lên men bằng *L. brevis*. Ở mẫu NLGE (dịch chiết chưa lên men), băng DNA vẫn xuất hiện nhưng mờ hơn so với các mẫu lên men, chứng tỏ hoạt tính bảo vệ DNA có nhưng chưa cao. Các mẫu lên men bởi *L. plantarum* và *L. brevis* đều giúp cải thiện đáng kể khả năng bảo vệ DNA so với NLGE, trong đó dịch chiết lên men bằng *L. brevis* thể hiện hiệu quả vượt trội nhất, với băng DNA rõ và sắc nét hơn cả mẫu đối chứng dương và đối chứng sử dụng acid ascorbic. Điều này cho thấy hoạt động kháng oxy hóa mạnh và khả năng ức chế tổn thương DNA tốt hơn của *L. brevis* so với *L. plantarum*.

Tác dụng bảo vệ DNA của chiết xuất *Panax vietnamensis* (củ SNL) lên men có thể là do hoạt động của các hợp chất phenolic và ginsenosides biến đổi sinh học, được tăng cường trong quá trình lên men vi khuẩn acid lactic. Quá trình lên men, đặc biệt với các chủng như *Lactiplantibacillus plantarum* và *Leuconostoc mesenteroides*, đã được chứng minh là làm tăng hàm lượng ginsenoside nhỏ, được biết đến với các đặc tính hoạt tính sinh học mạnh mẽ của chúng, bao gồm tác dụng chống ung thư và chống oxy hóa [15]. Kết quả này phù hợp với các chỉ tiêu hoạt tính chống oxy hóa đã phân tích trước đó. Khả năng bảo vệ DNA vượt trội của dịch chiết lên men, đặc biệt bởi *L. brevis*, có thể được giải thích bởi một số cơ chế.

Thứ nhất, quá trình lên men giải phóng các hợp chất phenolic liên kết, làm tăng hàm lượng phenolic tự do có khả năng trung hòa gốc tự do hiệu quả hơn. Thứ hai, enzyme β -glucosidase từ vi khuẩn lactic thủy phân các glycoside, chuyển hóa ginsenoside thành các dạng aglycone hoặc ginsenoside thứ cấp (như Rg3, Rh1, Compound K) có hoạt tính sinh học mạnh hơn và khả năng xuyên màng tế bào tốt hơn. Thứ ba, sự hình thành các chất trao đổi mới trong quá trình lên

men có thể tạo hiệu ứng hiệp đồng với các hợp chất có sẵn. Khả năng bảo vệ DNA khỏi stress oxy hóa là một chỉ tiêu quan trọng trong đánh giá tiềm năng ứng dụng của dịch chiết trong lĩnh vực chống lão hóa, phòng ngừa đột biến và hỗ trợ điều trị các bệnh lý liên quan đến tổn thương oxy hóa. Kết quả này củng cố định hướng phát triển sản phẩm thực phẩm chức năng hoặc dược liệu từ SNL lên men.



Hình 3 Khả năng bảo vệ tế bào khỏi đứt gãy DNA của dịch chiết SNL trước (NLGE) và sau 48 giờ lên men lactic bởi *L. brevis* và *L. plantarum*

4 Kết luận và kiến nghị

Kết quả nghiên cứu cho thấy quá trình lên men dịch chiết củ SNL bằng chủng *Lactiplantibacillus plantarum* và *Levilactobacillus brevis* tác động đáng kể đến các chỉ tiêu hóa lý và hoạt tính sinh học, trong đó điều kiện nhiệt độ (30-35) °C được xác định là tối ưu. *L. brevis* thể hiện khả năng chuyển hóa sinh học vượt trội, làm tăng đáng kể hàm lượng phenolic, hoạt tính chống oxy hóa (DPPH, ABTS và FRAP) cùng hoạt độ enzyme β -glucosidase, đồng thời cải thiện hiệu quả khả năng bảo vệ DNA khỏi stress oxy hóa. Ngược lại, hàm lượng saponin có xu hướng giảm ở nhiệt độ cao, cho thấy có thể xảy ra quá trình phân giải hoặc chuyển hóa thành các dẫn xuất sinh học có

khả năng hấp thu tốt hơn. Những kết quả này mở ra triển vọng ứng dụng dịch chiết SNL lên men trong lĩnh vực dược liệu và thực phẩm chức năng, đặc biệt với các sản phẩm định hướng hỗ trợ chống oxy hóa, tăng cường sức khỏe và bảo vệ tế bào. Để hiện thực hóa tiềm năng này, các nghiên cứu làm rõ cơ chế chuyển hóa saponin ở mức phân tử, xác định cấu trúc và hoạt tính của các sản phẩm thứ cấp hình thành sau lên men cần được thực hiện. Đồng thời, việc đánh giá hiệu quả sinh học trên mô hình tế bào và động vật thực nghiệm, kết hợp khảo sát độ ổn định, an toàn và sinh khả dụng nhằm xây dựng cơ sở khoa học vững chắc cho việc phát triển các chế phẩm thực phẩm bảo vệ sức khỏe hoặc dược phẩm hỗ trợ từ nguồn nguyên liệu SNL lên men cũng cần được triển khai.

Tài liệu tham khảo

1. Nguyen Quang Duc Tien, Xiao Ma, Le Quang Man, Duong Thi Kim Chi, Nguyen Xuan Huy, Duong-Tan Nhut, Stephane Rombauts, Tran Ut, Nguyen Hoang Loc (2021). De novo whole-genome assembly and discovery of genes involved in triterpenoid saponin biosynthesis of Vietnamese ginseng (*Panax vietnamensis* Ha et Grushv.). *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 27(10), 2215-2229.
2. Quoc-Duy Nguyen, Thi-Van-Linh Nguyen, Thi Tuong Vi Tran, Ngoc-Han Ngo-Thi, Hong-Tham Truong-Thi, Vinh-Lam Nguyen, Trong Khoa Luong, Anh Duy Do (2025). Fermentation of Ngoc Linh ginseng (*Panax vietnamensis* Ha et Grushv.) root extract using *Levilactobacillus brevis* QD-1: Changes in majonoside R2 content and pharmacological activities. *Food Research International*, 208, 116275. <https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2025.116275>.
3. Lizardo, R. C. M., Cho, H. D., Won, Y. S., & Seo, K. Il. (2020). Fermentation with mono-and mixed cultures of *Lactobacillus plantarum* and *L. casei* enhances the phytochemical content and biological activities of cherry silverberry (*Elaeagnus multiflora* Thunb.) fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(9), 3687-3696.
4. Park, S.-H., Jeong, B.-G., Song, W., Jung, J., & Chun, J. (2021). Enhancement of functional and sensory properties of eastern prickly pear (*Opuntia humifusa*) by fermentation with yuza peel and guava leaf. *Food Bioscience*, 41, 100921.
5. Lin, S., Wu, Y., Huang, Q., Liu, Z., Xu, J., Ji, R., Slovesnova, N. V, He, X., & Zhou, L. (2024). Optimization of antioxidant activity of compounds generated during ginseng extract fermentation supplemented with *Lactobacillus*. *Molecules*, 29(6), 1265.
6. Quoc-Duy Nguyen, Thanh-Thuy Dang, Thi-Van-Linh Nguyen, Thi-Thuy-Dung Nguyen, Nhu-Ngoc Nguyen (2022). Microencapsulation of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) anthocyanins: Effects of different carriers on selected physicochemical properties and antioxidant activities of spray-dried and freeze-dried powder. *International Journal of Food Properties*, 25(1), 359-374. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2044846>.
7. Cho, K. M., Lee, H. Y., Kim, S. C., Lee, Y. M., Kim, D. H., Cho, D. Y., & Lee, J. H. (2024). Investigating alterations of nutritional constituents, antioxidant abilities, and physicochemicals in aging processes of ginseng sprouts. *Heliyon*, 10(14), e34341. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e34341>.
8. Renchinkhand, G., Park, Y. W., Cho, S., Song, G., Bae, H. C., Choi, S., & Nam, M. S. (2015). Identification of β -Glucosidase Activity of *Lactobacillus plantarum* CRNB22 in Kimchi and Its Potential to Convert Ginsenoside Rb1 from *Panax Ginseng*. *Journal of Food Biochemistry*, 39(2), 155-163.
9. Dymarska, M., Widenmann, A., Low, K. E., Abbott, D. W., Guan, L., & Ganzle, M. G. (2024). Conversion of phytochemicals by lactobacilli: (Phospho)- β -glucosidases are specific for glucosylated phytochemicals rather than disaccharides. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(10), 5428-5438.
10. Muradova, M., Proskura, A., Canon, F., Aleksandrova, I., Schwartz, M., Heydel, J.-M., Baranenko, D., Nadtochii, L., & Neiers, F. (2023). Unlocking flavor potential using microbial β -glucosidases in food processing. *Foods*, 12(24), 4484.
11. Hu, K., Zhao, H., Kang, X., Ge, X., Zheng, M., Hu, Z., & Tao, Y. (2022). Fruity aroma modifications in Merlot wines during simultaneous alcoholic and malolactic fermentations through mixed culture of *S. cerevisiae*, *P. fermentans*, and *L. brevis*. *LWT*, 154, 112711.
12. Acin-Albiac, M., Filannino, P., Arora, K., Da Ros, A., Gobetti, M., & Di Cagno, R. (2021). Role of lactic acid bacteria phospho- β -glucosidases during the fermentation of cereal by-products. *Foods*, 10(1), 97.
13. Xiong, S., Xu, X., Du, T., Liu, Q., Huang, T., Ren, H., Xiong, T., & Xie, M. (2024). Organic acids drove the microbiota succession and consequently altered the flavor quality of Laotan Suancai across fermentation rounds: Insights from the microbiome and metabolome. *Food Chemistry*, 450, 139335.

14. Choi, S., Shin, M., & Kim, W.-Y. (2025). Targeting the DNA damage response (DDR) of cancer cells with natural compounds derived from *Panax ginseng* and other plants. *Journal of Ginseng Research*, 49(1), 1-11.
15. Shen, Y., Gao, Y., Yang, G., Zhao, Z., Zhao, Y., Gao, L., Zhao, L., & Li, S. (2023). Transformation of ginsenosides by *Lactiplantibacillus plantarum* MB11 fermentation: minor ginsenosides conversion and enhancement of anti-colorectal cancer activity. *Molecules*, 29(1), 27.

Effect of Fermentation Temperature on The Bioactivity of Ngoc Linh Ginseng (*Panax Vietnamensis* Ha Et Grushv.) Extract Fermented by Different Lactic Acid Bacterial Strains

Nguyen Thi Van Linh*, Nguyen Quoc Duy, Tran Thi Tuong Vi, Nguyen Thi Thuy Dung, Huynh Quoc Trung
Faculty of Applied Science and Technology (FAST), Nguyen Tat Thanh University, Ho Chi Minh City, Viet Nam

*ntvlinh@ntt.edu.vn

Abstract This study investigated the effects of fermentation temperature (20-40) °C on β -glucosidase activity of the lactic acid bacteria *Levilactobacillus brevis* and *Lactiplantibacillus plantarum* during the fermentation of *Panax vietnamensis* (Ngoc Linh ginseng) root extract and evaluated the resulting changes in bioactive compounds. β -Glucosidase activity, phenolic and saponin contents, antioxidant capacity (DPPH, ABTS, and FRAP), and DNA-protective activity were determined after fermentation. The results showed that β -glucosidase activity of both strains reached its highest level at (30-35) °C, accompanied by a marked enhancement of antioxidant activity, with the greatest effect observed at 35 °C. *L. brevis* exhibited superior performance to *L. plantarum* in improving the bioactivity of the fermented extract. After 48 h of fermentation at 35 °C, the total phenolic content increased significantly, whereas the saponin content decreased with increasing fermentation temperature. The fermented ginseng extract also reduced H₂O₂-induced DNA damage, indicating enhanced DNA-protective activity. These findings demonstrate that optimizing fermentation temperature improves the biological properties of Ngoc Linh ginseng extract and provides a scientific basis for developing functional food products.

Keywords Antioxidant activity; lactic fermentation; Ngoc Linh ginseng root; pharmacological activity.