

ẢNH HƯỞNG CỦA CHIẾT XUẤT CỦ SÂM NGỌC LINH (*Panax vietnamensis*) ĐẾN ĐẶC TÍNH CẤU TRÚC VÀ HOẠT TÍNH SINH HỌC CỦA SỮA CHUA ĐẬU NÀNH LÊN MEN BỞI *Levilactobacillus brevis*

Nguyễn Quốc Duy¹, Lý Thị Quỳnh Mi¹,

Nguyễn Thị Vân Linh^{1,2}, Huỳnh Quốc Trung¹, Đỗ Anh Duy^{3,*}

¹Khoa Khoa học Ứng dụng và Công nghệ, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành

²Công ty TNHH VINACROP

³Viện Công nghệ CIRTech, Trường Đại học Công nghệ Thành phố Hồ Chí Minh

*Email: da.duy93@hutech.edu.vn

TÓM TẮT

Nghiên cứu này đánh giá ảnh hưởng của chiết xuất củ sâm Ngọc Linh (*Panax vietnamensis* Ha et Grushv.) đến quá trình lên men và chất lượng sữa chua đậu nành sử dụng chủng *Levilactobacillus brevis*. Kết quả cho thấy, chiết xuất củ sâm được bổ sung ở nồng độ 0,5 - 1,0% tăng tốc quá trình axit hóa và tăng cường sinh tổng hợp exopolysaccharide (EPS) cao hơn 1,9 lần so với đối chứng, qua đó cải thiện đáng kể độ cứng, khả năng giữ nước và làm giảm hiện tượng tách nước của sữa chua. Đặc biệt, bổ sung 1% chiết xuất củ sâm Ngọc Linh, hoạt tính β -glucosidase của *L. brevis* QD-1 được duy trì ở mức tối ưu, góp phần gia tăng hàm lượng phenolic tổng (từ 9,71 lên 16,80 mg GAE/100 g) và nâng cao khả năng khử gốc tự do ABTS (tăng 1,65 lần) và năng lực khử sắt FRAP (tăng 1,54 lần) so với trước lên men. Ngược lại, khi nồng độ chiết xuất củ sâm tăng lên 2,0%, hoạt tính β -glucosidase bị ức chế rõ rệt, dẫn đến sự suy giảm quá trình sinh axit, tổng hợp EPS và hiệu quả chuyển hóa các hợp chất sinh học. Những kết quả này cho thấy, bổ sung tinh chất sâm Ngọc Linh ở mức 1,0% là tối ưu để cải thiện đặc tính cấu trúc, đồng thời làm tăng hàm lượng phenolic tổng và hoạt tính chống oxy hóa của sữa chua đậu nành, đồng thời mở ra tiềm năng khai thác dược liệu đặc hữu Việt Nam trong phát triển các sản phẩm thực phẩm thuần chay hướng đến lợi ích sức khỏe.

Từ khóa: Exopolysaccharide, hoạt tính chống oxy hóa, *Levilactobacillus brevis*, sâm Ngọc Linh, sữa chua đậu nành.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sữa chua là một sản phẩm thực phẩm lên men phổ biến, được sản xuất dựa trên hoạt động của vi khuẩn lactic [1]. Trong những năm gần đây, sữa chua thuần chay (plant-based yogurt) ngày càng được quan tâm như một lựa chọn thay thế cho sữa chua truyền thống nhằm đáp ứng nhu cầu của người tiêu dùng thuần chay, không dung nạp lactose [2]. Các nghiên cứu cho thấy, sữa chua từ đậu nành có thể cung cấp protein thực vật chất lượng cao, chất xơ và các hợp chất sinh học, đồng thời đóng vai trò là hệ mang probiotic [3]. Trong những năm gần đây, để nâng cao giá trị chức năng của sữa chua, việc bổ sung các chiết xuất thực vật giàu hợp chất sinh học đã được đề xuất, trong đó chiết xuất nhân sâm cho thấy tiềm năng cải thiện khả năng chống

oxy hóa, cảm quan và lợi ích sức khỏe của sản phẩm [4, 5]. Ngoài ra, nhờ đặc tính hoạt động bề mặt của saponin, các chiết xuất này còn giúp ổn định mạng gel protein, hạn chế hiện tượng vón cục và tách nước. Ngoài ra, nhờ đặc tính hoạt động bề mặt của saponin, các chiết xuất này còn góp phần ổn định mạng gel protein, hạn chế hiện tượng vón cục và tách nước. Qua đó, các đặc tính cấu trúc của sữa chua được cải thiện, bao gồm: Độ cứng, khả năng giữ nước và mức độ tách nước, là những thông số quan trọng để đánh giá chất lượng cấu trúc của sữa chua, phản ánh sự ổn định của mạng gel protein và khả năng duy trì tính đồng nhất của sản phẩm trong quá trình bảo quản [6].

Sâm Ngọc Linh (*Panax vietnamensis* Ha et Grushv.) là loài dược liệu đặc hữu của vùng núi

miền Trung Việt Nam và được đánh giá là một trong những loại sâm quý hiếm trên thế giới. Loài sâm này sở hữu hồ sơ saponin đặc trưng, nổi bật với hàm lượng cao majonoside R2 (MR2), là ginsenoside nhóm ocotillol, chiếm khoảng 5% khối lượng khô. MR2 đã được chứng minh có nhiều hoạt tính sinh học quan trọng như bảo vệ tim mạch, chống stress, chống oxy hóa, bảo vệ gan và điều hòa miễn dịch, góp phần tạo nên giá trị dược lý độc đáo của sâm Ngọc Linh [7]. Bên cạnh đó, sâm Ngọc Linh còn chứa các ginsenoside khác (Rg1, Rb1, Rd...) cùng với polyacetylen và polysaccharide có lợi cho sức khỏe [8]. Với thành phần hợp chất sinh học phong phú, sâm Ngọc Linh có thể được tích hợp vào các sản phẩm thuần chay nhằm cải thiện giá trị dinh dưỡng và hoạt tính sinh học của sữa chua thực vật. Tuy nhiên, để quá trình lên men sữa chua chứa sâm Ngọc Linh diễn ra hiệu quả, cần lựa chọn các chủng vi khuẩn lactic có thể sinh trưởng và duy trì hoạt động chuyển hóa trong môi trường sữa đậu nành chứa dịch chiết sâm.

Trong nghiên cứu trước đây, *Levilactobacillus brevis* QD-1 đã được giải mã toàn bộ hệ gen và xác nhận là chủng an toàn cho ứng dụng thực phẩm [9]. Chủng này có khả năng sinh enzyme β -glucosidase ngoại bào, cho phép sinh trưởng trong môi trường dịch chiết sâm Ngọc Linh và thúc đẩy quá trình chuyển hóa, làm gia tăng hàm lượng majonoside R2, phenolic và các axit amin thiết yếu, qua đó nâng cao đáng kể hoạt tính chống oxy hóa, kháng viêm và bảo vệ ADN của dịch sâm sau lên men [9]. Ngoài ra, chủng này không chỉ có khả năng sinh trưởng và axit hóa trong sữa đậu nành, mà còn góp phần sinh tổng hợp EPS, cải thiện cấu trúc gel, tăng độ cứng và khả năng giữ nước, đồng thời hạn chế hiện tượng tách nước của sản phẩm. Bên cạnh đó, sữa chua đậu nành lên men bởi *L. brevis* QD-1 còn thể hiện các hoạt tính sinh học đáng chú ý, bao gồm khả năng khử gốc tự do DPPH, ABTS và hoạt tính kháng khuẩn [10]. Do đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của chiết xuất củ sâm Ngọc Linh đến quá trình lên men và chất lượng sữa chua đậu nành được sản xuất bởi *L. brevis* QD-1, hướng tới phát triển sản phẩm sữa chua thực vật phù hợp với xu hướng tiêu dùng thuần chay, mang lại nhiều lợi ích sức khỏe.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Bột chiết xuất củ sâm Ngọc Linh sấy thăng hoa được cung cấp bởi Công ty TNHH Vinacrop (Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam) dựa trên quy trình thu nhận đã được công bố bởi Nguyen và cs (2025) sử dụng chất mang maltodextrin. Bột có độ ẩm thấp ($< 10\%$) và độ hòa tan cao ($> 93\%$), đáp ứng yêu cầu sử dụng làm nguyên liệu trong phạm vi nghiên cứu này [11]. Chủng vi khuẩn lactic *L. brevis* QD-1 được lưu trữ tại Phòng thí nghiệm Vi sinh, Khoa Khoa học Ứng dụng và Công nghệ, Trường Đại học Nguyễn Tất Thành. Trước khi sử dụng, chủng được hoạt hóa bằng cách nuôi cấy trong môi trường De Man-Rogosa-Sharpe (MRS; Himedia, Ấn Độ) ở 37°C trong 24 giờ [9].

2.2. Phân tích thành phần ginsenoside

Thành phần ginsenoside của bột chiết xuất củ sâm Ngọc Linh sấy thăng hoa được xác định bằng LC-MS kết hợp đầu dò UV. Mẫu được trích ly trong methanol, hỗ trợ siêu âm ở 45°C trong 15 phút, lọc qua màng PTFE $0,45\ \mu\text{m}$ và đưa vào hệ thống phân tích Shimadzu LC-40D sử dụng cột phenyl ($250\ \text{mm} \times 4,6\ \text{mm}$; $5,0\ \mu\text{m}$). Pha động gồm nước (A) và acetonitril (B), rửa giải theo chương trình gradient, với tốc độ dòng $1\ \text{mL/phút}$, nhiệt độ cột 35°C và thể tích tiêm $10\ \mu\text{L}$; tín hiệu UV được ghi nhận tại $203\ \text{nm}$. Định danh và định lượng các ginsenoside (Rg1, Re, Rf, Rb1, Rc, Rb2, Rd, Rg3 và Mr2) được thực hiện bằng ESI-MS ở chế độ ion dương và âm (m/z $100 - 1.500$) dựa trên đường chuẩn của các chất chuẩn tương ứng [11].

2.3. Quy trình lên men sữa chua đậu nành bổ sung chiết xuất củ sâm Ngọc Linh

Hạt đậu nành (*Glycine max* (L.) Merr.) được mua tại Công ty Choice L Ltd. (Thành phố Hồ Chí Minh, Việt Nam). Theo thông số kỹ thuật của nhà sản xuất, nguyên liệu hạt đậu nành thô chứa khoảng $34,0\ \text{g}$ protein, $18,4\ \text{g}$ lipid, $24,6\ \text{g}$ carbohydrate và $4,5\ \text{g}$ chất xơ trên $100\ \text{g}$ chất khô. Đậu được ngâm qua đêm với nước theo tỷ lệ $1 : 5$ (w/v), rửa sạch 3 lần với nước, tách vỏ và được xay nhuyễn với nước cất theo tỷ lệ $1 : 2$ (w/v) trong 20 phút. Hỗn hợp sau xay được lọc qua vải sạch để loại bỏ bã đậu. Dịch sữa đậu nành thu được được bổ sung

đường saccharose ở nồng độ 5% (w/v), sau đó gia nhiệt đến 100°C, khuấy đều và cô đặc bằng cách làm bay hơi nước cho đến khi tổng hàm lượng chất rắn đạt 17%. Sữa đậu nành sau xử lý được bổ sung bột chiết xuất củ sâm Ngọc Linh ở các nồng độ 0,5; 1,0; 1,5 và 2,0% (w/v). Chủng *L. brevis* QD-1 được ly tâm ở $10.000 \times g$ trong 5 phút, sau đó rửa 3 lần bằng dung dịch đệm phosphate (PBS) để loại bỏ môi trường MRS. Huyền phù tế bào được đo mật độ quang tại 600 nm và hiệu chỉnh về $OD_{600} = 0,01$, tương đương khoảng 10^6 CFU/mL. Tiếp theo, dịch giống được cấy vào sữa đậu nành với tỷ lệ 1% (v/v) nhằm đạt mật độ vi khuẩn ban đầu khoảng 10^4 CFU/mL và ủ ở 37°C trong 10 giờ. Mật độ vi khuẩn trong sữa chua sau lên men được định lượng bằng cách pha loãng và cấy trên môi trường thạch MRS (HiMedia, Ấn Độ), ủ ở 37°C trong 24 giờ và đếm khuẩn lạc [12].

2.4. Phương pháp phân tích

Sau khi kết thúc quá trình lên men, các mẫu được làm lạnh nhanh và bảo quản ở 4°C trước khi tiến hành các phân tích hóa lý (như pH, axit tổng số, hoạt tính β -glucosidase, hàm lượng exopolysaccharide), cấu trúc, khả năng giữ nước, độ tách nước và hoạt tính sinh học (hàm lượng phenolic tổng - TPC, hoạt tính chống oxy hóa ABTS và FRAP). Các thông số hóa lý thể hiện khả năng sinh trưởng và trao đổi chất của vi khuẩn lactic trong khi các thông số về cấu trúc là những thông số đặc trưng thể hiện chất lượng của sữa chua truyền thống (set-type yoghurt). Đối với các chỉ tiêu Δ TPC, Δ ABTS và Δ FRAP, mẫu “trước lên men” được thu ngay sau khi phối trộn chiết xuất sâm và trước khi cấy giống, trong khi mẫu “sau lên men” được thu sau 10 giờ lên men.

2.4.1. pH và axit tổng số

Giá trị pH của sữa đậu nành lên men được xác định bằng máy đo pH (Mettler Toledo J12683, Nhật Bản). Độ axit tổng được xác định bằng phương pháp chuẩn độ với dung dịch NaOH 0,1 M đến điểm cuối pH 8,3, sử dụng phenolphthalein làm chỉ thị. Độ axit tổng được biểu thị dưới dạng g axit lactic/100 mL mẫu và được tính theo công thức: $TTA = (V_{NaOH} \times 0,009 \times 100) / V_{sample}$, trong đó V_{NaOH} là thể tích NaOH 0,1 M tiêu tốn khi chuẩn độ (mL), V_{sample} là thể tích mẫu đem chuẩn độ (mL) và

0,009 là hệ số quy đổi axit lactic tương đương với 1 mL NaOH 0,1 M [13].

2.4.2. Hoạt tính β -glucosidase

Để xác định hoạt tính β -glucosidase trong quá trình lên men, p-nitrophenyl- β -D-glucopyranoside (p-NPG) được thêm vào sữa ở nồng độ 1.000 μ g/mL trước khi cấy giống. Sau quá trình lên men 10 giờ, mẫu được ly tâm ($10.000 \times g$, 5 phút, 4°C) để thu dịch nổi, sau đó bổ sung dung dịch Na_2CO_3 0,1 M nhằm dừng phản ứng. Nhóm không bổ sung bột chiết xuất củ sâm Ngọc Linh được chỉ định là nhóm đối chứng. Hoạt tính β -glucosidase được xác định thông qua lượng p-nitrophenol (p-NP) giải phóng từ p-NPG, đo tại 405 nm và tính toán từ đường chuẩn p-NP (0 - 1 mM) [14].

2.4.3. Định lượng exopolysaccharide (EPS) của sữa chua đậu nành

EPS được chiết xuất từ các mẫu sữa chua theo quy trình cải tiến dựa trên phương pháp của Lin và Chien (2007) [15]. Cụ thể, axit trichloroacetic (TCA) 40% được bổ sung vào mẫu theo tỷ lệ 1 : 1 (v/v) để kết tủa protein và loại bỏ cặn tế bào, sau đó ly tâm ($10.000 \times g$, 15 phút, 4°C). Dịch nổi thu được tiếp tục được kết tủa bằng ethanol theo tỷ lệ 1 : 1 (v/v) và ủ qua đêm ở 4°C. EPS được thu hồi bằng ly tâm trong cùng điều kiện, sau đó hòa tan lại trong nước cất. Hàm lượng carbohydrate trung tính tổng số của EPS được xác định bằng phương pháp phenol-sulfuric axit theo Han và cs (2016) [16].

2.4.4. Đặc tính cấu trúc của sữa chua đậu nành

Phân tích cấu trúc của sữa chua đậu nành được thực hiện bằng máy phân tích cấu trúc CT3 Texture Analyzer (AMETEK Brookfield Inc., Hoa Kỳ) sử dụng đầu dò hình trụ (TA4/1000; đường kính 38,1 mm). Thử nghiệm nén hai chu kỳ được tiến hành với đầu dò đặt cách bề mặt mẫu 30 mm và lực kích hoạt là 7 g. Tốc độ nén và nhả được cài đặt ở mức 0,5 mm/s, mỗi chu kỳ kéo dài khoảng 170 giây và không có thời gian nghỉ giữa hai lần nén. Các thông số cấu trúc chính của sữa chua đậu nành được phân tích bằng phần mềm Texture Pro CT phiên bản 1.3.

2.4.5. Khả năng giữ nước và độ tách nước

Khả năng giữ nước của sữa chua được xác định bằng cách ly tâm 5 g mẫu bằng máy ly tâm

lạnh 5810 R (Eppendorf, Hamburg, Đức) ở $3.000 \times g$ trong 10 phút ở 4°C . Khả năng giữ nước (%) được tính như sau: $\text{WHC} (\%) = (1 - W_2/W_1) \times 100$, trong đó W_1 là khối lượng mẫu ban đầu và W_2 là khối lượng phần dịch tách ra sau ly tâm. Độ tách nước của sữa chua (%) được xác định bằng cách tách whey từ 30 g mẫu sữa chua ở 4°C trong 2 giờ và kết quả được tính toán theo tỷ lệ giữa khối lượng whey tách ra và khối lượng mẫu ban đầu [12].

2.4.6. Hàm lượng phenolic tổng (TPC)

Hàm lượng TPC được xác định theo phương pháp ISO 14502-1 sử dụng thuốc thử Folin-Ciocalteu [9]. Dung dịch chuẩn axit gallic (Shyuan, Trung Quốc) được pha loãng trong khoảng nồng độ 0 - 100 $\mu\text{g/mL}$. Cụ thể, 0,6 mL mẫu hoặc dung dịch chuẩn được trộn với 1,5 mL thuốc thử Folin-Ciocalteu, sau đó bổ sung 1,2 mL dung dịch Na_2CO_3 7,5%. Hỗn hợp được để phản ứng trong 30 phút ở điều kiện tối, rồi đo độ hấp thụ tại bước sóng 765 nm bằng máy quang phổ UV-Vis (UV-1280, Shimadzu, Nhật Bản). Hàm lượng TPC được tính dựa trên đường chuẩn axit gallic và biểu thị dưới dạng mg GAE/100 mL mẫu. Sự thay đổi hàm lượng phenolic tổng sau lên men được biểu thị dưới dạng ΔTPC , được tính bằng tỷ số giữa TPC sau lên men và TPC trước lên men ($\Delta\text{TPC} = \text{TPC}_{\text{sau}}/\text{TPC}_{\text{trước}}$).

2.4.7. Hoạt tính khử gốc tự do ABTS

Dung dịch $\text{ABTS}^{\bullet+}$ được chuẩn bị bằng cách trộn dung dịch ABTS 7,4 mM với kali persulfate 2,6 mM theo tỷ lệ 1: 1 (v/v) và ủ ở 4°C trong 24 giờ. Đường chuẩn Trolox được xây dựng bằng cách chuẩn bị các dung dịch Trolox (0 - 500 mg/L). Để tiến hành phép thử, 2,80 mL thuốc thử $\text{ABTS}^{\bullet+}$ làm việc (độ hấp thụ $1,10 \pm 0,02$ tại bước sóng 734 nm) được trộn với 0,20 mL Trolox hoặc mẫu đã pha loãng, ủ 30 phút, sau đó đo độ hấp thụ tại 734 nm bằng máy quang

phổ UV-Vis, sử dụng methanol làm mẫu trắng. Kết quả được biểu thị dưới dạng mg đương lượng Trolox trên 100 mL mẫu (mg TE/100 mL) [17]. Sự thay đổi hoạt tính khử gốc tự do ABTS sau lên men được biểu thị dưới dạng ΔABTS , được tính bằng tỷ số giữa giá trị ABTS sau lên men và trước lên men ($\Delta\text{ABTS} = \text{ABTS}_{\text{sau}}/\text{ABTS}_{\text{trước}}$).

2.4.8. Hoạt tính khử sắt FRAP

Thuốc thử FRAP được chuẩn bị bằng cách trộn 10 mL đệm acetate pH 3,6, 1 mL TPTZ 10 mM và 1 mL FeCl_3 20 mM, sau đó ủ ở 37°C trong 10 phút trước khi sử dụng. Để tiến hành phân tích, 3,0 mL thuốc thử FRAP được trộn với 0,5 mL dung dịch mẫu và ủ ở 37°C trong 10 phút, rồi đo độ hấp thụ tại bước sóng 593 nm bằng máy quang phổ UV-Vis. Đường chuẩn Trolox được xây dựng bằng cách chuẩn bị các dung dịch Trolox (0 - 500 mg/L) và xử lý theo cùng quy trình FRAP như mẫu thử. Hoạt tính khử sắt (FRAP) của mẫu được tính toán dựa trên đường chuẩn Trolox và biểu thị dưới dạng mg đương lượng Trolox trên 100 mL mẫu (mg TE/100 mL) [18]. Sự thay đổi hoạt tính khử sắt FRAP sau lên men được biểu thị dưới dạng ΔFRAP , được tính bằng tỷ số giữa giá trị FRAP sau lên men và trước lên men ($\Delta\text{FRAP} = \text{FRAP}_{\text{sau}}/\text{FRAP}_{\text{trước}}$).

2.5. Phân tích thống kê

Tất cả các thí nghiệm được thực hiện lặp lại ba lần và kết quả được biểu diễn dưới dạng giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn (SD). Sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức được đánh giá bằng phân tích phương sai một nhân tố (one-way ANOVA), sau đó sử dụng kiểm định Tukey HSD để so sánh đa cặp ở mức ý nghĩa $p < 0,05$.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Thành phần ginsenoside của bột chiết xuất củ sâm Ngọc Linh

Bảng 1. Thành phần ginsenoside của bột chiết xuất củ sâm Ngọc Linh

Ginsenoside	Hàm lượng (mg/kg)
Rb1	$774,05 \pm 81,39$
Rb2	$10,10 \pm 0,01$

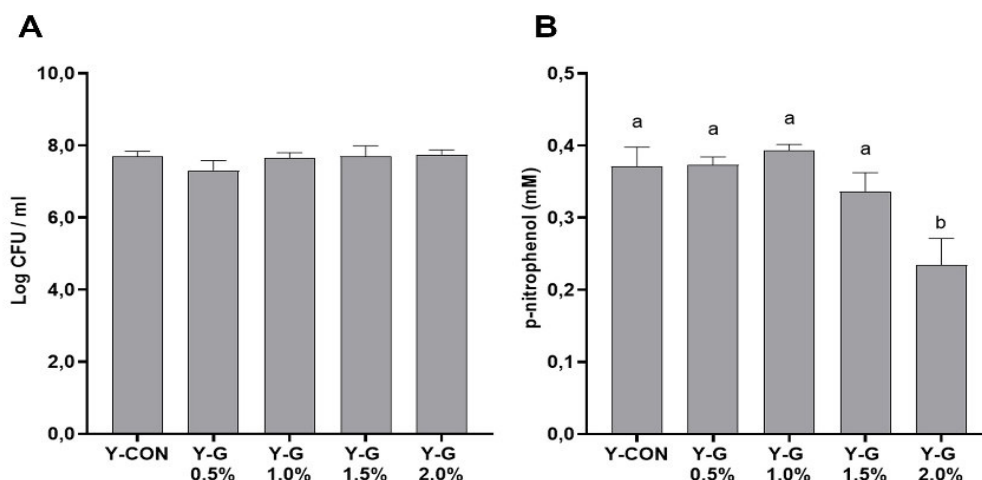
Rc	32,35 ± 0,07
Rd	634,75 ± 28,21
Re	97,55 ± 0,49
Rg1	3346,25 ± 288,29
Mr2	3697,55 ± 403,83
Tổng	8592,6 ± 802,14

Trong nghiên cứu này, bột tinh chất giàu ginsenoside từ củ sâm Ngọc Linh được bổ sung vào quá trình lên men sữa chua đậu nành nhằm đánh giá ảnh hưởng của thành phần có hợp chất sinh học này lên quá trình sinh trưởng và phát triển của vi khuẩn lactic cũng như cấu trúc của sản phẩm. Nhằm đặc trưng hóa thành phần hóa học của nguyên liệu đầu vào và làm cơ sở cho việc giải thích các kết quả lên men và hoạt tính sinh học của sản phẩm, thành phần ginsenoside của bột chiết xuất củ sâm Ngọc Linh đã được phân tích chi tiết. Bột chiết xuất củ sâm Ngọc Linh có hàm lượng saponin toàn phần đạt 8592,6 ± 802,14 mg/kg, gồm các đại diện tiêu biểu thuộc hai nhóm cấu trúc chính là dammarane và ocotillol. Nhóm dammarane bao gồm các ginsenoside thường gặp như Rg1 (3346,25 ± 288,29 mg/kg), Rb1 (774,05 ± 81,39 mg/kg), Rd (634,75 ± 28,21 mg/kg), Re (97,55 ± 0,49 mg/kg), Rc và Rb2 với hàm lượng thấp hơn (Bảng 1). Đặc điểm này thể hiện rõ sự khác biệt so với nhiều loài sâm khác, ví dụ sâm Hàn Quốc (*Panax ginseng*) có các ginsenoside Rb1, Rc và Re là những thành phần chiếm ưu thế [19], hoặc sâm Mỹ (*P. quinquefolius*) lại giàu Rb1, Rb2, Rc, Rd, Re và Rg1 [20]. Điểm nổi bật nhất của sâm Ngọc Linh là sự hiện diện với hàm lượng rất cao của majonoside R2 (MR2), thuộc nhóm ocotillol với hàm lượng cao (3697,55 ± 403,83) mg/kg. MR2 là hợp chất đặc hữu, chỉ tìm thấy ở sâm Ngọc Linh và có giá trị sinh học đặc biệt như chống trầm cảm, bảo vệ gan và điều hòa miễn dịch [21]. Chính sự khác biệt về thành phần ginsenoside này góp phần khẳng định giá trị độc

đáo và tiềm năng ứng dụng đặc biệt của sâm Ngọc Linh.

3.2. Ảnh hưởng của bột chiết xuất củ sâm Ngọc Linh đến sự phát triển của *L. brevis* trong sữa chua đậu nành

Ảnh hưởng của bột chiết xuất củ sâm Ngọc Linh đến sự phát triển của *L. brevis* trong môi trường sữa đậu nành được đánh giá thông qua việc định lượng mật độ tế bào sau lên men. Kết quả cho thấy, mật độ *L. brevis* không khác biệt (Hình 1A) thể hiện rằng việc bổ sung bột chiết xuất củ sâm Ngọc Linh không ảnh hưởng đến sự sinh trưởng của vi khuẩn. Để quá trình lên men diễn ra hiệu quả, vi khuẩn lactic cần biểu hiện hoạt tính enzyme β -glucosidase nhằm xúc tiến các phản ứng thủy phân glycoside và hỗ trợ quá trình chuyển hóa cơ chất [9]. Vì vậy, hoạt tính β -glucosidase của *L. brevis* trong quá trình lên men cũng được đánh giá. Kết quả cho thấy, hoạt tính enzyme giảm đáng kể khi bổ sung chiết xuất bột củ sâm Ngọc Linh ở nồng độ 2% (Hình 1B), cho thấy hàm lượng chiết xuất sâm cao có thể gây ức chế hoạt động enzyme. Các nghiên cứu trước đây đã ghi nhận rằng dịch chiết sâm ở nồng độ cao hơn 1% có thể ức chế vi khuẩn lactic, trong khi ở nồng độ thấp hơn ($\leq 0,5\%$) lại có tác dụng kích thích hoặc không tác động xấu đến sự phát triển của chúng [5]. Tuy nhiên, trong nghiên cứu này, mặc dù mật độ *L. brevis* không bị ảnh hưởng đáng kể, sự suy giảm hoạt tính β -glucosidase ở nồng độ chiết xuất củ sâm cao cho thấy tác động ức chế chủ yếu xảy ra ở mức độ chuyển hóa, thay vì ở mức độ sinh trưởng của tế bào vi khuẩn.

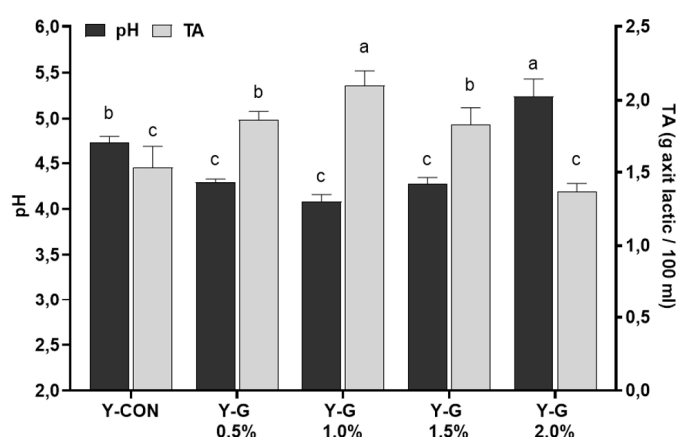


Hình 1. Ảnh hưởng của chiết xuất củ sâm Ngọc Linh lên (A) mật độ *Levilactobacillus brevis* trong các mẫu sữa chua sau 10 giờ lên men. (B) hoạt tính β -glucosidase của *Levilactobacillus brevis* trong các mẫu sữa chua tương ứng. Các mẫu bao gồm đối chứng (Y-CON) và sữa chua bổ sung chiết xuất củ sâm Ngọc Linh ở các nồng độ khác nhau (0,5 - 2,0%).

3.3. Ảnh hưởng của chiết xuất củ sâm Ngọc Linh đến pH, độ axit của sữa chua đậu nành lên men bởi *L. brevis*

Kết quả ở hình 2 cho thấy, sau 10 giờ lên men, giá trị pH cuối của các mẫu sữa chua đậu nành dao động trong khoảng 4,1 - 5,2, phù hợp với các báo cáo trước đây về động học lên men sữa chua đậu nành bằng vi khuẩn lactic [12]. Giá trị pH và độ axit tổng có sự khác biệt rõ rệt giữa các nghiệm thức. Cụ thể, mẫu đối chứng có pH cuối đạt 4,7 và độ axit tổng đạt 1,5 g axit lactic/100 mL. Khi bổ sung 1,0% tinh chất sâm Ngọc Linh, pH giảm xuống 4,1, trong khi độ axit

tổng tăng lên 2,1 g axit lactic/100 mL (hình 2), cho thấy quá trình axit hóa được tăng cường. Ngược lại, ở nghiệm thức bổ sung 2,0% tinh chất sâm, pH cuối tăng lên 5,24 và độ axit tổng giảm còn 1,4 g axit lactic/100 mL (hình 2), phản ánh sự suy giảm hoạt động chuyển hóa axit của *L. brevis* QD-1 ở nồng độ tinh chất cao. Sự khác biệt này có thể được giải thích bởi hoạt tính β -glucosidase giảm mạnh ở nồng độ 2% (Hình 1b), dẫn đến giảm hiệu quả chuyển hóa cơ chất và sinh axit, mặc dù mật độ vi sinh vật không bị ảnh hưởng đáng kể.

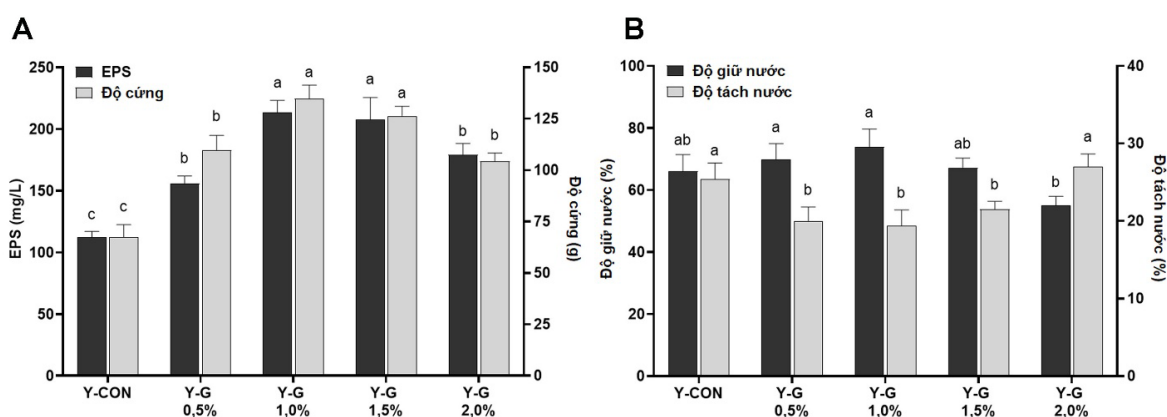


Hình 2. Sự thay đổi pH và độ axit tổng trong quá trình lên men sữa chua đậu nành bổ sung chiết xuất củ sâm Ngọc Linh. Các mẫu bao gồm đối chứng (Y-CON) và sữa chua bổ sung chiết xuất củ sâm Ngọc Linh ở các nồng độ khác nhau (0,5 - 2,0%)

3.4. Ảnh hưởng của chiết xuất củ sâm Ngọc Linh đến exopolysaccharide (EPS) và các đặc tính cấu trúc của sữa chua đậu nành

Đặc tính cấu trúc của sữa chua đậu nành phụ thuộc chủ yếu vào mức độ hình thành và độ ổn định của mạng gel protein trong quá trình lên men. Khi vi khuẩn lactic tạo axit hữu cơ, pH của hệ giảm dần, làm giảm điện tích âm trên bề mặt protein đậu nành, từ đó thúc đẩy quá trình kết tụ protein và hình thành cấu trúc gel [22]. Bên cạnh đó, EPS do vi khuẩn lactic sinh tổng hợp có thể tương tác với mạng protein, góp phần làm tăng độ bền cơ học của gel, cải thiện khả năng giữ nước và hạn chế hiện tượng tách whey [23]. Vì vậy, độ cứng, khả năng giữ nước và độ tách nước được sử dụng như các chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng cấu trúc của sữa chua đậu nành [24]. Trong nghiên cứu này, việc bổ sung tinh chất sâm Ngọc Linh ở nồng độ 1,0% cho giá trị EPS cao nhất, cao hơn 1,9 lần so với mẫu đối chứng (Hình 3A). Sự gia tăng EPS này đi kèm với sự cải thiện độ cứng và độ ổn định cấu trúc của sản phẩm. Cụ thể, so với mẫu đối chứng, mẫu bổ sung 1,0% bột tinh chất sâm có độ cứng tăng từ 67,3 lên 134,6 g,

trong khi độ tách nước giảm từ 25,4% xuống 19,4% (Hình 3A, 3B). Chiết xuất nhân sâm trước đây được chứng minh có thể cung cấp thêm nguồn carbon và các hoạt chất khác, qua đó thúc đẩy quá trình sinh tổng hợp EPS của vi khuẩn lactic [25]. Ngược lại, khi mức bổ sung tinh chất sâm Ngọc Linh tăng lên, hàm lượng EPS giảm xuống còn 179,2 mg/L ở nghiệm thức 2,0%, kéo theo sự suy giảm độ cứng của sữa chua xuống còn 104,3 g (Hình 3A). Sự suy giảm EPS và độ cứng này cho thấy mạng gel protein-EPS trở nên kém ổn định hơn, dẫn đến khả năng giữ nước giảm và độ tách nước tăng trở lại (Hình 3B). Quan sát này phù hợp với sự suy giảm khả năng sinh axit và hoạt tính β -glucosidase đã ghi nhận trước đó (Hình 2), cho thấy tinh chất sâm ở nồng độ cao (>2%) có thể làm suy giảm hoạt động chuyển hóa của *L. brevis* QD-1. Xu hướng này tương tự với kết quả nghiên cứu của Keum và cs (2025), trong đó chiết xuất sâm được chứng minh có khả năng cải thiện cấu trúc của sữa chua ở mức bổ sung phù hợp, nhưng bổ sung ở nồng độ cao (> 2%) có thể gây suy giảm cấu trúc do ức chế hoạt động vi sinh vật [6].



Hình 3. Ảnh hưởng của chiết xuất củ sâm Ngọc Linh đến (A) hàm lượng exopolysaccharide (EPS) và độ cứng, (B) độ giữ nước và độ tách nước của sữa chua đậu nành. Các mẫu bao gồm đối chứng (Y-CON) và sữa chua bổ sung chiết xuất củ sâm Ngọc Linh ở các nồng độ khác nhau (0,5 - 2,0%). Các chữ cái khác nhau (a - c) trong cùng một chỉ tiêu biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) theo phép thử Tukey's HSD

3.5. Ảnh hưởng của chiết xuất củ sâm Ngọc Linh đến hàm lượng TPC trong sữa chua đậu nành

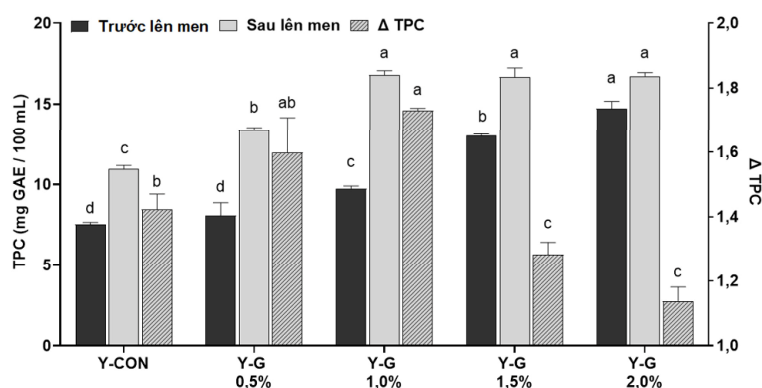
Nhân sâm là nguồn nguyên liệu giàu polyphenol và flavonoid, bao gồm các hợp chất

như gentisic axit, *p*-coumaric axit, *m*-coumaric acid, chlorogenic axit và rutin [26]. Do đó, việc bổ sung chiết xuất củ sâm Ngọc Linh đã làm gia tăng đáng kể hàm lượng TPC của sữa chua đậu nành (Hình 4). Bên cạnh việc cung cấp trực tiếp

polyphenol từ nguyên liệu bột tinh chất củ sâm, quá trình lên men còn góp phần làm tăng TPC khả dụng thông qua hoạt động enzyme β -glucosidase của *L. brevis*, có khả năng thủy phân các polyphenol dạng glycoside thành dạng aglycone tự do trong sữa đậu nành, từ đó làm gia tăng hàm lượng polyphenol có hoạt tính sinh học trong sản phẩm [27]. Điều này được thể hiện rõ ở nghiệm thức bổ sung 1% tinh chất sâm Ngọc Linh, trong đó hàm lượng TPC tăng từ 9,71 lên 16,80 mg GAE/100 g sau lên men, tương ứng tăng 1,73 lần so với tổng polyphenol ban đầu từ nguyên liệu, cho thấy vai trò quan trọng của quá trình chuyển hóa sinh học (Hình 4). Ngược lại, mặc dù nghiệm thức bổ sung 2% chiết xuất củ sâm Ngọc Linh có hàm lượng polyphenol ban đầu cao hơn, giá trị Δ TPC sau lên men không tăng tương ứng so với mẫu 1%. Điều này phù hợp với sự suy giảm đáng kể hoạt tính β -glucosidase của *L. brevis* ở nồng độ chiết xuất củ sâm 2% (Hình 1B), cho thấy hiệu quả chuyển hóa polyphenol bị hạn chế.

Các nghiên cứu trước đây đã chứng minh *L. brevis* có khả năng sinh trưởng và chuyển hóa

ginsenoside trong môi trường dịch chiết sâm Ngọc Linh [9]. Tuy nhiên, trong hệ lên men sữa đậu nành vốn có áp suất thẩm thấu cao [28], việc bổ sung chiết xuất củ sâm ở nồng độ cao có thể tạo ra áp lực stress cộng hưởng lên tế bào vi khuẩn. Cụ thể, saponin ở nồng độ cao có khả năng tương tác với màng tế bào vi khuẩn và khi kết hợp với stress thẩm thấu, có thể làm suy giảm hoạt động enzyme, đặc biệt là β -glucosidase [5]. Do đó, mặc dù tổng lượng phenolic đưa vào cao hơn, một phần các hợp chất này ở nghiệm thức 2% có thể chưa được chuyển hóa hoàn toàn sang dạng có hoạt tính. Từ các kết quả trên cho thấy, mức bổ sung chiết xuất củ sâm Ngọc Linh 1% là điều kiện phù hợp nhất để tối ưu hoạt tính β -glucosidase của *L. brevis*, qua đó thúc đẩy quá trình giải phóng polyphenol hiệu quả mà không gây ức chế chuyển hóa vi sinh vật. Xu hướng này tương đồng với các nghiên cứu trước đây, trong đó quá trình lên men bằng vi khuẩn lactic làm gia tăng hàm lượng phenolic trong dịch chiết thực vật như nước ép lựu, nhưng khi nồng độ cơ chất hoặc hợp chất hoạt tính quá cao có thể làm giảm hiệu quả chuyển hóa do ức chế vi khuẩn lactic [29].



Hình 4. Tổng hàm lượng polyphenol (TPC) trước, sau lên men và mức thay đổi TPC (Δ TPC) của sữa chua đậu nành bổ sung chiết xuất củ sâm Ngọc Linh. Các mẫu bao gồm đối chứng (Y-CON) và sữa chua bổ sung chiết xuất củ sâm Ngọc Linh ở các nồng độ khác nhau (0,5 - 2,0%). Các chữ cái khác nhau (a - d) trong cùng một chỉ tiêu biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) theo phép thử Tukey's HSD

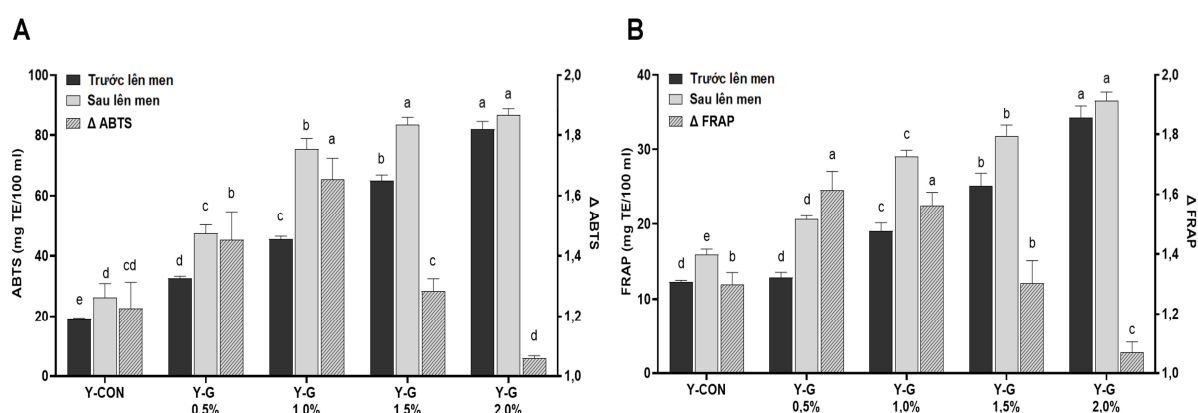
3.6. Ảnh hưởng của bổ sung chiết xuất củ sâm Ngọc Linh đến hoạt tính chống oxy hóa của sữa chua đậu nành

Song song với sự gia tăng TPC, hoạt tính chống oxy hóa của sữa chua đậu nành, thể hiện qua khả năng bắt gốc tự do ABTS và khả năng khử sắt (FRAP) cũng tăng lần lượt 1,65 và 1,54

lần so với trước lên men khi bổ sung 1% tinh chất sâm Ngọc Linh (Hình 5A, 5B). Cơ chế chủ yếu được cho là do sâm cung cấp thêm các hợp chất chống oxy hóa mạnh như polyphenol và saponin. Ngoài ra, *L. brevis* cũng góp phần giải phóng và chuyển hóa các hợp chất phenolic trong quá trình lên men [9], trong khi EPS do vi khuẩn lactic sinh

tổng hợp cũng được ghi nhận có khả năng tăng cường hoạt tính chống oxy hóa của sữa chua đậu nành [10]. Mặc dù nghiệm thức bổ sung 2% chiết xuất củ sâm chứa lượng hợp chất chống oxy hóa ban đầu cao hơn, Δ ABTS và Δ FRAP không gia tăng tương ứng so với nghiệm thức 1%. Kết quả này cho thấy, việc duy trì hoạt tính β -glucosidase ở mức thích hợp là yếu tố then chốt để tối ưu hóa hiệu quả chống oxy hóa của sữa chua đậu nành bổ sung chiết xuất củ sâm. Kết quả này tương tự với kết quả nghiên cứu của Lee và cs (2021), trong đó sữa chua bổ sung dịch chiết nhân sâm thủy canh ở mức 1% cho hoạt tính khử DPPH và

FRAP cao, tuy nhiên mức gia tăng hoạt tính trước và sau lên men thấp hơn đáng kể so với nghiệm thức 0,5% [5]. Tương tự, kết quả nghiên cứu của Jung và cs (2016) cũng ghi nhận rằng bổ sung chiết xuất sâm đỏ làm tăng hoạt tính chống oxy hóa của sữa chua từ sữa động vật [4]. Nghiên cứu này cho thấy hiệu quả tương đương trong hệ sữa chua thực vật, đồng thời xác định mức bổ sung chiết xuất sâm Ngọc Linh 1% là tối ưu để phát huy hoạt tính chống oxy hóa, trong khi vẫn đảm bảo hiệu quả lên men và tính ổn định cấu trúc của sản phẩm.



Hình 5. Hoạt tính chống oxy hóa của sữa chua đậu nành bổ sung chiết xuất củ sâm Ngọc Linh thể hiện qua (A) khả năng khử gốc tự do ABTS và (B) năng lực khử sắt FRAP, được đo trước lên men, sau lên men và mức thay đổi tương ứng (Δ ABTS, Δ FRAP). Các mẫu bao gồm đối chứng (Y-CON) và sữa chua bổ sung chiết xuất củ sâm Ngọc Linh ở các nồng độ khác nhau (0,5 - 2,0%). Các chữ cái khác nhau (a - e) trong cùng một chỉ tiêu biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) theo phép thử Tukey's HSD

4. KẾT LUẬN

Sự kết hợp giữa protein thực vật từ đậu nành, các hợp chất sinh học đặc trưng của sâm Ngọc Linh và hoạt động chuyển hóa của *L. brevis* QD-1 đã tạo ra hiệu ứng hiệp đồng, góp phần cải thiện quá trình lên men, đặc tính cấu trúc và hoạt tính chống oxy hóa của sản phẩm. Kết quả cho thấy, việc bổ sung bột tinh chất sâm Ngọc Linh ở mức 0,5 - 1,0% (w/v) thúc đẩy quá trình axit hóa và sinh tổng hợp EPS, qua đó cải thiện độ cứng, khả năng giữ nước và làm giảm hiện tượng tách nước của sữa chua đậu nành. Trong đó, mức bổ sung 1,0% (w/v) được xác định là điều kiện phù hợp nhất trong phạm vi nghiên cứu, dựa trên sự cân bằng giữa các chỉ tiêu cấu trúc, khả năng giữ nước và hoạt tính sinh học của sản phẩm. Đồng

thời, ở mức bổ sung 1,0%, hàm lượng TPC và hoạt tính chống oxy hóa (ABTS, FRAP) tăng lên rõ rệt, phản ánh vai trò quan trọng của hoạt tính β -glucosidase từ *L. brevis* trong việc giải phóng và chuyển hóa các hợp chất có hoạt tính sinh học. Ngược lại, khi nồng độ tinh chất sâm tăng lên 2,0%, khả năng tổng hợp axit, EPS và hoạt tính enzyme có xu hướng bị ức chế, dẫn đến cấu trúc gel kém ổn định. Trong bối cảnh sâm Ngọc Linh là dược liệu quý của Việt Nam nhưng còn thiếu các quy trình chế biến phù hợp theo hướng thực phẩm chức năng, làm hạn chế khả năng tiếp cận thị trường. Nghiên cứu này cung cấp cơ sở khoa học cho việc ứng dụng chiết xuất củ sâm Ngọc Linh vào sản xuất sữa chua đậu nành thuần chay, tạo ra sản phẩm mang lại lợi ích sức khỏe, nâng

cao giá trị sử dụng và khả năng thương mại hóa. Trong tương lai, cần tiếp tục nghiên cứu tối ưu hóa quy trình lên men ở quy mô công nghiệp và đánh giá cảm quan nhằm nâng cao khả năng chấp nhận của người tiêu dùng.

LỜI CẢM ƠN

Xin cảm ơn Trường Đại học Nguyễn Tất Thành, Thành phố Hồ Chí Minh đã hỗ trợ cho nghiên cứu này, Trường Đại học Công nghệ Thành phố Hồ Chí Minh đã cung cấp tài nguyên cho nghiên cứu, Công ty TNHH Vinacrop đã cung cấp bột tinh chất sâm Ngọc Linh cho đề tài.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Yeboah, P. J., Ibrahim, S. A. & Krastanov, A. (2023). A review of fermentation and the nutritional requirements for effective growth media for lactic acid bacteria. *Food Science and Applied Biotechnology*, 6(2), 215 - 240. <https://doi.org/10.30721/FSAB2023.V6.I2.269>
2. D'Andrea, A. E., Kinchla, A. J. & Nolden, A. A. (2023). A comparison of the nutritional profile and nutrient density of commercially available plant-based and dairy yogurts in the United States. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1195045. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2023.1195045/BIBTEX>.
3. Craig, W. J. & Brothers, C. J. (2021). Nutritional content and health profile of non-dairy plant-based yogurt alternatives. *Nutrients*, 13(11), 4069. <https://doi.org/10.3390/NU13114069/S1>
4. Jung, J., Paik, H. D., Yoon, H. J., Jang, H. J., Jeewanthi, R. K. C., Jee, H. S., ... Lee, S. K. (2016). Physicochemical characteristics and antioxidant capacity in yogurt fortified with red ginseng extract. *Food Science of Animal Resources*, 36(3), 412-420. <https://doi.org/10.5851/KOSFA.2016.36.3.412>.
5. Lee, H. S., Song, M. W., Kim, K.-T., Hong, W.-S. & Paik, H.-D. (2021). Antioxidant effect and sensory evaluation of yogurt supplemented with hydroponic ginseng root extract. *Foods*, 10(3), 639.
6. Keum, D. H., Lee, H. J., Ryoo, J. H. & Han, S. G. (2025). Enhancing the texture of fat-free yogurt with *Panax ginseng* leaf-stem extract and casein: Focusing on their softening effect. *Food Chemistry: X*, 26, 102242.
7. Nguyen, T. H. & Phuong, T. T. (2019). Vietnamese Ginseng (*Panax vietnamensis* Ha and Grushv.): Phylogenetic, phytochemical, and pharmacological profiles. *Pharmacognosy Reviews*, 13(26), 59.
8. Nguyen, H. T., Vu-Huynh, K. L., Nguyen, H. M., Le, H. T., Le, T. H. Van, Park, J. H. & Nguyen, M. D. (2021). Evaluation of the saponin content in panax *Vietnamensis* acclimatized to Lam Dong province by HPLC-UV/CAD. *Molecules*, 26(17), 5373.
9. Nguyen, Q.-D., Tran, T. T. V., Ngo-Thi, N.-H., Truong-Thi, H.-T., Nguyen, V.-L., Luong, T. K., ... Do, A. D. (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/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116275>.
10. Nguyen, Q.-D., Truong Thi, H. T., Ngo Thi, N. H., Nguyen, V.-L., Nguyen, M.-A., & Do, A. D. (2025). Whole genome sequencing, probiotic characterization, and safety evaluation of *Levilactobacillus brevis* QD-1 and its application in soy yogurt production. *Food Biotechnology*, 39(4), 388 - 413. <https://doi.org/10.1080/08905436.2025.2581877>.
11. Nguyen, T.-V.-L., Tran, T. T. V., Nguyen, T.-T.-D., Huynh, Q.-T., Nguyen, V.-L., Do, A. D., ... Nguyen, Q.-D. (2025). Development of microcapsules with potential nutraceutical application from Ngoc Linh ginseng (*Panax vietnamensis* Ha et Grushv.) root extracts by spray-drying and freeze-drying techniques using different carriers. *Food Biophysics*, 20(2), 1 - 16.
12. Nguyen, N. N., Do, A. D., Phan Van, T., Nguyen, V. L., Tran, M. T. & Nguyen, Q. D. (2024). Development of dairy-free soybean-based yoghurt by active dry starter culture from kombucha: an investigation into microencapsulation, curd formation, protein and texture profiles during storage. *International Journal of Food Science and Technology*, 59(4), 2383 - 2399.
13. Nielsen, S. S. (2017). Food analysis laboratory manual. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-44127-6>.

14. Strahsburger, E., de Lacey, A. M. L., Marotti, I., DiGioia, D., Biavati, B. & Dinelli, G. (2017). *In vivo* assay to identify bacteria with β -glucosidase activity. *Electronic Journal of Biotechnology*, 30, 83 - 87.
15. Lin, T. Y. & Chien, M.-F. C. (2007). Exopolysaccharides production as affected by lactic acid bacteria and fermentation time. *Food Chemistry*, 100(4), 1419 - 1423.
16. Han, X., Yang, Z., Jing, X., Yu, P., Zhang, Y., Yi, H. & Zhang, L. (2016). Improvement of the texture of yogurt by use of exopolysaccharide producing lactic acid bacteria. *BioMed research international*, 2016(1), 7945675.
17. Arnao, M. B., Cano, A. & Acosta, M. (2001). The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chemistry*, 73(2), 239 - 244.
18. Rumpf, J., Burger, R. & Schulze, M. (2023). Statistical evaluation of DPPH, ABTS, FRAP, and Folin-Ciocalteu assays to assess the antioxidant capacity of lignins. *International Journal of Biological Macromolecules*, 233, 123470.
19. Kang, O. J. & Kim, J. S. (2016). Comparison of ginsenoside contents in different parts of Korean ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). *Preventive nutrition and food science*, 21(4), 389 - 392.
20. Yang, Y., Xu, S., Yang, K., Sun, Y., Yang, R., Hu, Y., ... Cai, H. (2023). Characterization and *in vitro* antioxidant and anti-inflammatory activities of ginsenosides extracted from forest-grown wild *Panax quinquefolius* L. *Foods*, 12(23), 4316.
21. Dang, H. H., Doan, M. D., Dang, T. N., Nguyen, T. H. A., Phuong, T. T., Vu Van, T., ... Nguyen, H. T. (2024). LC-MS/MS analysis and α -glucosidase inhibitory effect of majonoside R2 in Vietnamese ginseng (*Panax vietnamensis* Ha & Grushv.). *Natural Product Research*, 1 - 7.
22. Xu, Y., Ye, Q., Zhang, H., Yu, Y., Li, X., Zhang, Z. & Zhang, L. (2019). Naturally fermented acid slurry of soy whey: high-throughput sequencing-based characterization of microbial flora and mechanism of tofu coagulation. *Frontiers in Microbiology*, 10, 1088.
23. Yang, X., Ren, Y., Zhang, L., Wang, Z. & Li, L. (2021). Structural characteristics and antioxidant properties of exopolysaccharides isolated from soybean protein gel induced by lactic acid bacteria. *Lwt*, 150, 111811.
24. Arab, M., Yousefi, M., Khanniri, E., Azari, M., Ghasemzadeh-Mohammadi, V. & Mollakhalili-Meybodi, N. (2022). A comprehensive review on yogurt syneresis: Effect of processing conditions and added additives. *Journal of Food Science and Technology*, 60(6), 1656.
25. Mo, S. J., Nam, B., Bae, C. H., Park, S. D., Shim, J. J. & Lee, J. L. (2021). Characterization of novel *Lactobacillus paracasei* hy7017 capable of improving physiological properties and immune enhancing effects using red ginseng extract. *Fermentation*, 7(4), 238. <https://doi.org/10.3390/FERMENTATION7040238/S1>.
26. Chung, I. M., Lim, J. J., Ahn, M. S., Jeong, H. N., An, T. J., & Kim, S. H. (2015). Comparative phenolic compound profiles and antioxidative activity of the fruit, leaves, and roots of Korean ginseng (*Panax ginseng* Meyer) according to cultivation years. *Journal of Ginseng Research*, 40(1), 68. <https://doi.org/10.1016/J.JGR.2015.05.006>.
27. De Montijo-Prieto, S., Razola-Díaz, M. del C., Barbieri, F., Tabanelli, G., Gardini, F., Jiménez-Valera, M., ... Gómez-Caravaca, A. M. (2023). Impact of lactic acid bacteria fermentation on phenolic compounds and antioxidant activity of avocado leaf extracts. *Antioxidants*, 12(2), 298.
28. Jan, G., Tarnaud, F., Rosa do Carmo, F. L., Illikoud, N., Canon, F., Jardin, J., ... Gagnaire, V. (2022). The stressing life of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* in soy milk. *Food Microbiology*, 106, 104042.
29. Valero-Cases, E., Nuncio-Jáuregui, N., & Frutos, M. J. (2017). Influence of fermentation with different lactic acid bacteria and *in vitro* digestion on the biotransformation of phenolic compounds in fermented pomegranate juices. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(31), 6488 - 6496.

EFFECTS OF NGOC LINH GINSENG (*Panax vietnamensis*) ROOT EXTRACT POWDER ON THE TEXTURE PROFILES AND BIOACTIVITY OF SOYBEAN YOGURT FERMENTED BY *Levilactobacillus brevis*

**Nguyen Quoc Duy¹, Ly Thi Quynh Mi¹,
Nguyen Thi Van Linh^{1,2}, Huynh Quoc Trung¹, Do Anh Duy³**

¹*Faculty of Applied Science and Technology (FAST),*

Nguyen Tat Thanh University, Ho Chi Minh City

²*VINACROP Company Limited, Ho Chi Minh City*

³*CIRTech Institute, HUTECH University, Ho Chi Minh City*

Abstract

This study evaluated the effects of Ngoc Linh ginseng (*Panax vietnamensis* Ha et Grushv.) root extract powder on the fermentation process and quality characteristics of soy yogurt fermented with *Levilactobacillus brevis* QD-1. The results showed that supplementation with ginseng root extract powder at 0.5 - 1.0% (w/v) accelerated acidification and enhanced exopolysaccharide (EPS) biosynthesis, with the highest EPS level being 1.9-fold higher than that of the control. These changes contributed to improved hardness and water-holding capacity, as well as reduced syneresis of soy yogurt. Notably, supplementation with 1.0% (w/v) Ngoc Linh ginseng root extract powder maintained the β -glucosidase activity of *L. brevis* QD-1 at an optimal level, thereby increasing total phenolic content from 9.71 to 16.80 mg GAE/100 g and enhancing antioxidant activity, as indicated by 1.65-fold and 1.54-fold increases in ABTS radical scavenging activity and ferric reducing antioxidant power (FRAP), respectively, compared with pre-fermentation levels. Conversely, when the concentration of ginseng root extract powder increased to 2.0% (w/v), β -glucosidase activity was markedly inhibited, leading to reduced acid production, EPS synthesis, and biotransformation efficiency of bioactive compounds. These findings indicate that, within the tested range, supplementation with 1.0% (w/v) Ngoc Linh ginseng root extract powder is optimal for improving the structural properties, total phenolic content and antioxidant activity of soy yogurt, while also highlighting the potential of this endemic Vietnamese medicinal plant for developing plant-based functional foods with health-promoting benefits.

Keywords: *Antioxidant activity, exopolysaccharide, Levilactobacillus brevis, Ngoc Linh ginseng, soy yogurt.*

Ngày nhận bài: 25/11/2025

Ngày chuyển phản biện: 22/12/2025

Ngày thông qua phản biện: 20/4/2026

Ngày duyệt đăng: 16/6/2026