

ĐÁNH GIÁ SỰ THAY ĐỔI TÍNH CHẤT HÓA LÝ CỦA SỮA CHUA TỪ ĐẬU NÀNH VÀ ĐẬU XANH NẤY MẦM

Trần Minh Phúc^{1,*}, Nguyễn Trí Yên Chi¹, Nguyễn Thị Thu Hương¹,

Giáp Phạm Ngọc Trâm¹, Nguyễn Minh Trọng¹

¹ Khoa Sinh hóa - Thực phẩm, Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Vĩnh Long

*Email: phuctm@vvlute.edu.vn

TÓM TẮT

Sữa chua thực vật là một trong những sản phẩm giúp bổ sung chất dinh dưỡng đối với người dị ứng với sữa chua động vật. Mục tiêu của nghiên cứu là xác định một số thông số phù hợp cho quy trình sản xuất sữa chua từ đậu nẩy mầm. Nghiên cứu tiến hành khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ phối chế dịch sữa đậu nành và đậu xanh với các tỉ lệ 1: 0; 7: 3; 6: 4; 5: 5; 4: 6; 3: 7; 0: 1. Đồng thời, khảo sát điều kiện ủ lên men gồm nhiệt độ (35, 40, 45°C) kết hợp thời gian (5, 7, 9, 11 giờ) với các chỉ tiêu hóa lý như độ nhớt, pH, nồng độ chất khô hòa tan, hàm lượng axit lactic, protein và chất lượng cảm quan. Kết quả nghiên cứu cho thấy, tỉ lệ phối chế dịch sữa đậu nành và đậu xanh (6: 4), nhiệt độ ủ 40°C với 7 giờ sẽ cho sữa chua từ đậu nẩy mầm đạt chất lượng hóa lý và cảm quan cao.

Từ khóa: Axit lactic, đậu nành, nẩy mầm, sữa chua thực vật.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sữa chua là sản phẩm lên men lactic có giá trị dinh dưỡng và chức năng sinh học cao, được tiêu thụ rộng rãi nhờ khả năng cung cấp protein dễ tiêu, axit hữu cơ, vitamin nhóm B và đặc biệt là hệ vi khuẩn lactic có lợi giúp cải thiện cân bằng hệ vi sinh đường ruột, tăng cường miễn dịch và hỗ trợ tiêu hóa [1]. Nhiều nghiên cứu đã khẳng định, việc tiêu thụ sữa chua thường xuyên có liên quan đến việc giảm nguy cơ rối loạn chuyển hóa, cải thiện sức khỏe đường ruột và chống oxy hóa [2], [3]. Tuy nhiên, sản phẩm sữa chua truyền thống từ sữa động vật không phải lúc nào cũng phù hợp với tất cả người tiêu dùng. Một tỷ lệ đáng kể dân số, đặc biệt tại khu vực châu Á gặp tình trạng không dung nạp lactose do thiếu enzyme lactase, dẫn đến các triệu chứng rối loạn tiêu hóa khi sử dụng sữa và các sản phẩm từ sữa [4]. Bên cạnh đó, dị ứng protein sữa, xu hướng ăn chay, cũng như các mối quan tâm về môi trường và đạo đức trong chăn nuôi đã thúc đẩy nhu cầu phát triển các sản phẩm thay thế có nguồn gốc thực vật [5], [6].

Trong số các nguồn nguyên liệu thực vật, đậu nành và đậu xanh là hai loại hạt giàu protein, lipid, vitamin và khoáng chất, đã được sử dụng rộng rãi trong chế biến thực phẩm [7], [8]. Đặc biệt, quá trình nẩy mầm được xem là một phương

pháp xử lý sinh học hiệu quả nhằm cải thiện giá trị dinh dưỡng và chức năng của hạt [9]. Nghiên cứu gần đây cho thấy, nẩy mầm giúp kích hoạt hệ enzyme nội sinh, làm tăng hàm lượng axit amin tự do, peptide sinh học, vitamin (đặc biệt là vitamin C và nhóm E), đồng thời làm giảm các yếu tố kháng dinh dưỡng như phytate, tannin và oligosaccharide gây đầy hơi [10], [11]. Hơn nữa, quá trình này còn làm gia tăng đáng kể hàm lượng các hợp chất chống oxy hóa như polyphenol và flavonoid, góp phần nâng cao hoạt tính sinh học của nguyên liệu [12]. Đối với đậu nành và đậu xanh, sự nẩy mầm không chỉ cải thiện khả năng tiêu hóa protein mà còn làm tăng khả năng sinh tổng hợp các hợp chất có lợi cho sức khỏe, từ đó mở ra tiềm năng ứng dụng trong các sản phẩm thực phẩm chức năng.

Mặc dù đã có nhiều nghiên cứu về sữa chua thực vật từ đậu nành hoặc các loại hạt họ đậu, phần lớn các công bố chủ yếu tập trung vào việc thay thế sữa động vật bằng nguồn nguyên liệu thực vật đơn lẻ hoặc cải thiện khả năng lên men của vi khuẩn lactic. Bên cạnh đó, các nghiên cứu về đậu nẩy mầm chủ yếu đánh giá sự thay đổi thành phần dinh dưỡng và hoạt tính sinh học sau quá trình nẩy mầm, trong khi ứng dụng nguyên liệu này trong sản xuất sữa chua thực vật vẫn còn hạn chế. Đặc biệt, hiện nay chưa có nhiều nghiên

cứu khảo sát sự kết hợp giữa đậu nành và đậu xanh nảy mầm nhằm tối ưu hóa đồng thời đặc tính hóa lý, cấu trúc gel và chất lượng cảm quan của sản phẩm lên men. Ngoài ra, ảnh hưởng tương tác giữa tỷ lệ phối chế nguyên liệu và điều kiện lên men đến chất lượng sữa chua từ đậu nảy mầm vẫn chưa được làm rõ.

Từ những cơ sở khoa học nêu trên, việc nghiên cứu phát triển sản phẩm sữa chua thực vật từ đậu nành kết hợp đậu xanh nảy mầm là hướng đi mới đầy tiềm năng cho sản phẩm sữa chua. Sự kết hợp giữa hai loại đậu này góp phần tạo nên sản phẩm mới với nguồn dinh dưỡng dồi dào. Tuy nhiên, do sự khác biệt về thành phần hóa học so với sữa động vật, quá trình lên men lactic trong hệ nguyên liệu thực vật cần được nghiên cứu, đặc biệt là các yếu tố như tỷ lệ phối trộn, nhiệt độ và thời gian lên men nhằm đảm bảo chất lượng cảm quan, giá trị dinh dưỡng của sản phẩm. Do đó, nghiên cứu quy trình sản xuất sữa chua từ đậu nành và đậu xanh nảy mầm không chỉ có ý nghĩa khoa học trong việc làm rõ các biến đổi sinh hóa trong quá trình nảy mầm, mà còn có ý nghĩa thực tiễn trong việc phát triển sản phẩm thực phẩm mới, đáp ứng xu hướng tiêu dùng thực phẩm có nguồn gốc thực vật, an toàn và tốt cho sức khỏe trong bối cảnh hiện nay.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Đậu nành và đậu xanh hạt (1 kg/túi), đường trắng (Biên Hòa 1 kg/túi) được mua tại siêu thị, gelatin (dạng bột, xuất xứ Đức, độ Bloom 250). Chúng vi khuẩn lactic thương mại YC381, do Công ty CHR HANSEN (Đan Mạch) sản xuất, gồm tổ hợp *Lactobacillus bulgaricus* và *Streptococcus thermophilus*, với mật độ tế bào ban đầu khoảng 10^{11} cfu/mL, nhiệt độ ủ 35 - 45°C.

2.2. Quy trình chuẩn bị mẫu

Đậu nành và đậu xanh hạt được lựa chọn và loại bỏ các hạt không đủ tiêu chuẩn chế biến (sâu, mốc, nứt vỡ...). Sau đó, đậu được tiến hành nảy mầm ở điều kiện cố định gồm: Nhiệt độ phòng (28 - 30°C), lưu lượng nước tưới 0,25 lít/phút, tưới liên tục trong 2 phút và cách 3 giờ tưới một lần, với độ ẩm tương đối không khí RH = 60 - 65%. Thời gian nảy mầm của đậu nành là 36 giờ và đậu xanh là 24 giờ.

2.3. Bố trí thí nghiệm

Nội dung 1: Phân tích thành phần dinh dưỡng của nguyên liệu

Đậu hạt được phân tích các thành phần dinh dưỡng trước và sau nảy mầm nhằm đánh giá sự biến đổi hàm lượng các chất dinh dưỡng sau quá trình sinh học của hạt.

Nội dung 2: Khảo sát ảnh hưởng tỉ lệ phối chế giữa dịch sữa đậu nành và đậu xanh đến chất lượng sữa chua từ đậu nảy mầm

Sau nảy mầm, đậu được thu hoạch, rửa sạch và tiến hành xay mịn với nước theo tỉ lệ đậu: nước (1: 5) với 3 lần xay, lọc và thu được dịch sữa. Dịch sữa được phối chế theo tỉ lệ khảo sát (1: 0; 7: 3; 6: 4; 5: 5; 4: 6; 3: 7; 0: 1) sau đó đun sôi 10 phút. Dịch sữa được làm nguội đến khoảng $35 \pm 2^\circ\text{C}$, tiến hành phối trộn dịch sữa với các thành phần khác như men giống (5%), đường saccharose (10%) và gelatin (0,5%). Hỗn hợp sau phối trộn được ủ ấm ở 35°C . Sau 8 giờ thu được sản phẩm sữa chua từ đậu nảy mầm và tiến hành phân tích chỉ tiêu theo dõi.

Nội dung 3: Khảo sát ảnh hưởng nhiệt độ và thời gian ủ đến chất lượng sữa chua từ đậu nảy mầm

Sau nảy mầm, đậu được thu hoạch, rửa sạch và tiến hành xay mịn với nước (1: 5), với 3 lần xay, lọc và thu được dịch sữa. Dịch sữa được phối chế (theo tỉ lệ tốt nhất ở thí nghiệm 2) và đun sôi 10 phút. Dịch sữa được làm nguội đến khoảng $35 \pm 2^\circ\text{C}$ và tiến hành phối trộn với các thành phần và tỉ lệ như nội dung 2. Hỗn hợp sau phối trộn được ủ ấm ở điều kiện khảo sát gồm nhiệt độ (35, 40, 45°C) kết hợp thời gian ủ (5, 7, 9, 11 giờ). Sữa chua được thu mẫu ở từng điều kiện và tiến hành phân tích các chỉ tiêu theo dõi.

2.4. Phương pháp phân tích

Độ nhớt biểu kiến được xác định bằng phương pháp sử dụng cốc đo (LND-1) dựa trên xác định thời gian chảy (giây) của một thể tích chất lỏng nhất định (100 mL) qua lỗ dưới đáy cốc (4 mm) ở nhiệt độ cố định (25°C) [13]. Độ nhớt biểu kiến của mẫu thử càng cao thì thời gian chảy càng dài và ngược lại. Nồng độ chất khô hòa tan (°Brix) được xác định bằng khúc xạ kế [14]. Sử dụng máy đo pH để bàn (Inolab pH 7110 SET 4, Đức) để xác định pH của sản phẩm sữa chua. Trước khi đo, máy được hiệu chuẩn với dung

dịch pH đệm chuẩn 4, 7 và 10 [15]. Hàm lượng axit lactic được xác định bằng phương pháp xác định độ chua. Kết quả độ chua được quy đổi ra lượng axit lactic [16]. Phương pháp Kjeldahl phân tích theo TCVN 7030:2026 [17]. Đánh giá chất lượng cảm quan theo phương pháp cho điểm, với 25 cảm quan viên không chuyên trong độ tuổi từ 20 - 35, có khả năng cảm nhận bình thường về vị giác và khứu giác, không dị ứng với các sản phẩm từ đậu [18].

2.5. Phân tích dữ liệu

Phân tích số liệu được thực hiện bằng phương pháp phân tích phương sai (ANOVA) nhằm xác định sự khác biệt có ý nghĩa giữa các nhóm thí nghiệm. Khi xuất hiện sai khác, phép thử LSD được áp dụng thông qua phần mềm Statgraphics (VA, Hoa Kỳ). Đồ thị được xây dựng bằng GraphPad Prism (GraphPad Software, LLC, Hoa Kỳ). Kết quả được biểu diễn dưới dạng giá trị trung bình kèm độ lệch chuẩn (mean $\pm$ SD) từ ba lần lặp lại độc lập, với mức ý nghĩa thống kê $p < 0,05$.

Các mẫu sau khi sản xuất được bảo quản trong điều kiện lạnh ở nhiệt độ $4 \pm 1^\circ\text{C}$ và tiến hành phân tích trong vòng 24 giờ nhằm hạn chế sự biến đổi chất lượng sản phẩm. Kết quả nghiên cứu hàm lượng được quy đổi sang khối lượng khô.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Đánh giá hàm lượng các chất dinh dưỡng và hoạt tính sinh học của đậu nảy mầm

Nguyên liệu ban đầu được phân tích và đánh giá thành phần dinh dưỡng là một trong những bước quan trọng nhằm xác định tiềm năng ứng dụng và dự đoán chất lượng của sản phẩm nghiên cứu. Quá trình nảy mầm của hạt vốn được biết đến như một quá trình sinh học tự nhiên, kích hoạt hệ thống enzyme nội tại làm biến đổi cấu trúc các đại phân tử và giải phóng các hợp chất có lợi cho sức khỏe [19]. Kết quả phân tích thành phần dinh dưỡng và hoạt tính sinh học của nguyên liệu đậu hạt trước và sau nảy mầm được trình bày ở bảng 1.

Bảng 1. Sự thay đổi thành phần dinh dưỡng và hoạt tính sinh học của đậu nguyên liệu trước và sau nảy mầm

Chi tiêu Nguyên liệu	Thành phần hóa học		
	Độ ẩm (%)	Hàm lượng protein (%)	Hàm lượng tinh bột (%)
Đậu nành hạt	7,93 $\pm$ 0,83	37,87 $\pm$ 1,56	12,87 $\pm$ 1,43
Đậu xanh hạt	10,74 $\pm$ 0,59	23,18 $\pm$ 0,74	46,23 $\pm$ 1,54
Đậu nành nảy mầm	62,76 $\pm$ 2,09	39,54 $\pm$ 1,96	9,68 $\pm$ 0,51
Đậu xanh nảy xanh	59,36 $\pm$ 1,89	24,60 $\pm$ 1,68	38,97 $\pm$ 2,09

Ghi chú: Kết quả được thể hiện dưới dạng trung bình 3 lần lặp lại $\pm$ độ lệch chuẩn.

Kết quả phân tích cho thấy, quá trình nảy mầm đã làm thay đổi đáng kể thành phần hóa học của đậu nành và đậu xanh. Cụ thể, độ ẩm của nguyên liệu tăng mạnh (đậu nành: 7,93% lên 62,76% và đậu xanh: 10,74% lên 59,36%). Kết quả này cho thấy, quá trình ngâm ủ, hạt có khả năng hút nước và trương nở rất mạnh trong giai đoạn khởi đầu của quá trình nảy mầm. Hàm lượng protein có xu hướng tăng nhẹ (đậu nành: 37,87% lên 39,54% và đậu xanh: 23,18% lên 24,60%), trong khi hàm lượng tinh bột giảm rõ rệt (đậu nành: 12,87% xuống 9,68% và đậu xanh: 46,23% xuống 38,97%). Sự thay đổi này liên quan đến hoạt hóa enzyme nội sinh trong quá trình nảy mầm, thúc đẩy thủy phân tinh bột và protein thành các hợp chất phân tử thấp phục vụ sự phát triển của mầm [20]. Đồng thời, sự suy giảm hàm lượng tinh bột

làm tăng tương đối tỉ lệ protein trong nguyên liệu. Những kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước đây, cho thấy nảy mầm là một quá trình sinh học giúp cải thiện giá trị dinh dưỡng và khả năng tiêu hóa của hạt đậu [21].

3.2. Ảnh hưởng tỉ lệ phối chế giữa dịch sữa đậu nành và đậu xanh đến chất lượng sữa chua từ đậu nảy mầm

3.2.1. Ảnh hưởng tỉ lệ phối chế giữa dịch sữa đậu nành và đậu xanh đến thành phần hóa học của sữa chua từ đậu nảy mầm

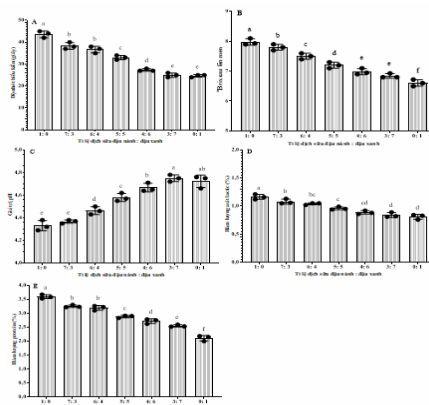
Tỉ lệ phối chế giữa các nguồn nguyên liệu có vai trò quan trọng trong việc quyết định giá trị dinh dưỡng và đặc tính hóa lý của sản phẩm thực phẩm. Trong sản xuất sữa chua từ đậu nảy mầm, việc kết hợp dịch sữa đậu nành và đậu xanh không chỉ ảnh hưởng đến tính chất hóa lý mà còn

tác động đến sự cân bằng dinh dưỡng và chất lượng sản phẩm cuối cùng. Do đó, việc nghiên cứu ảnh hưởng của tỉ lệ phối chế giữa dịch sữa đậu nành và đậu xanh đến thành phần hóa học của sữa chua nhằm xác định công thức phù hợp, góp phần nâng cao giá trị dinh dưỡng và chất lượng sản phẩm.

Kết quả ở hình 1.A thể hiện sự thay đổi tỉ lệ phối chế dịch đậu nành và đậu xanh có ảnh hưởng đến độ nhớt biểu kiến (được đo gián tiếp qua thời gian chảy) của sữa chua từ đậu nảy mầm. Kết quả phân tích cho thấy, độ nhớt biểu kiến của sữa chua có xu hướng giảm theo sự gia tăng dịch sữa đậu xanh. Cụ thể, độ nhớt biểu kiến cao nhất được ghi nhận ở nghiệm thức 1: 0 (43,67 giây) và khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với các nghiệm thức còn lại. Độ nhớt biểu kiến của sữa chua thấp nhất ở nghiệm thức (3: 7 và 0: 1) với khoảng thời gian chảy lần lượt là 25,0 và 24,67 giây. Kết quả này cho thấy vai trò của tỉ lệ nguyên liệu ảnh hưởng đến cấu trúc gel của sản phẩm lên men. Đậu nành giàu protein có khả năng biến tính và keo tụ dưới tác động giảm pH trong quá trình lên men lactic, hình thành mạng lưới gel ba chiều bền vững, giữ nước tốt, làm tăng độ nhớt và tạo ra một cấu trúc vi mô giống như gel xốp do sự tập hợp phân tử protein đậu [22]. Trong khi đó, đậu xanh có hàm lượng protein thấp hơn và giàu tinh bột, quá trình lên men một số chủng vi khuẩn axit có khả năng thủy phân tinh thành các phân tử nhỏ hơn, làm giảm độ đặc của pha liên tục và góp phần làm giảm độ nhớt đo được bằng cốc chảy. Bên cạnh đó, protein đậu xanh có khả năng tạo gel kém hơn protein đậu nành, dẫn đến cấu trúc kém ổn định và dễ bị phá vỡ [23].

Giá trị °Brix (Hình 1.B) của sữa chua từ đậu nảy mầm có xu hướng giảm dần khi tăng tỷ lệ đậu xanh và giảm tỷ lệ đậu nành trong công thức phối chế, thể hiện rõ qua việc mẫu 1: 0 đạt giá trị cao nhất (7,98 °Bx) và giảm dần xuống mức thấp nhất ở mẫu 0: 1 (6,61 °Bx). Sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức cho thấy, tỉ lệ phối chế là yếu tố ảnh hưởng đáng kể đến nồng độ chất khô hòa tan. Đậu nành sau nảy mầm vẫn duy trì hàm lượng protein và oligosaccharide hòa tan cao hơn so với đậu xanh. Đồng thời, hoạt động của enzyme nội sinh như amylase và protease thúc đẩy quá trình thủy phân, làm gia tăng các hợp chất hòa tan (đường khử, peptide, axit amin), từ đó làm tăng giá trị °Brix của dịch

sữa. Trong quá trình lên men lactic, vi khuẩn sử dụng một phần đường hòa tan để tạo axit lactic, tuy nhiên mức tiêu thụ phụ thuộc vào cơ chất ban đầu, chính vì vậy các nghiệm thức giàu đậu nành với nền chất hòa tan cao vẫn duy trì °Brix lớn hơn sau lên men. Bên cạnh đó, đặc tính cấu trúc của polysaccharide và khả năng giữ nước tốt của protein đậu nành cũng góp phần làm tăng nồng độ chất khô hòa tan trong sản phẩm [24], [25].



Hình 1. Ảnh hưởng tỉ lệ phối chế giữa dịch sữa đậu nành và đậu xanh đến thành phần hóa học của sữa chua từ đậu nảy mầm
A: Độ nhớt biểu kiến; B: °Brix sau lên men; C: Giá trị pH; D: Hàm lượng axit lactic; E: Hàm lượng protein

Ghi chú: ● : Độ phân tán nghiệm thức; I: Trung bình độ lệch chuẩn; các chữ cái khác nhau trong cùng một đồ thị thể hiện sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Giá trị pH sau lên men (Hình 1.C) của sữa chua từ đậu nảy mầm chịu ảnh hưởng bởi tỉ lệ phối trộn giữa dịch sữa đậu nành và đậu xanh, dao động trong khoảng 4,3 - 4,8. Kết quả cho thấy, khi tăng tỉ lệ đậu xanh (từ 1: 0 - 3: 7), pH có xu hướng tăng dần và đạt giá trị cao nhất ở tỉ lệ 3: 7, sau đó có xu hướng giảm và ổn định tỉ lệ 0: 1. Sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) giữa các nghiệm thức, chứng tỏ tỉ lệ phối trộn đã ảnh hưởng trực tiếp đến mức độ axit hóa trong quá trình lên men. Kết quả này có thể là do sữa đậu nành cung cấp nguồn cơ chất giàu protein hòa tan, lượng lớn các enzyme α -galactosidase phân giải raffinose, stachyose thành các loại đường đơn giản, đồng thời β -glucosidase chuyển đổi isoflavone dạng glucoside (không hoạt tính) thành aglycone (hoạt tính sinh học cao), vừa tăng

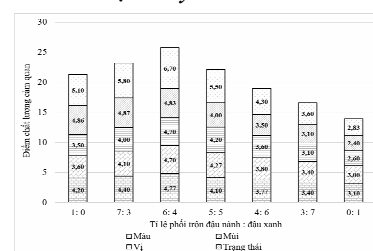
giá trị dinh dưỡng, vừa tạo điều kiện cho vi khuẩn lactic phát triển, từ đó làm giảm pH mạnh hơn [26]. Ngược lại, đậu xanh chứa hàm lượng tinh bột và chất xơ cao hơn, đồng thời ít đường dễ lên men và có thể chứa một số hợp chất kháng dinh dưỡng như polyphenol và phytate, làm hạn chế hoạt động của vi khuẩn lactic, dẫn đến khả năng tạo axit giảm và pH cao hơn. Bên cạnh đó, sự thay đổi tỉ lệ nguyên liệu còn ảnh hưởng đến khả năng đệm của hệ protein và cấu trúc gel, làm thay đổi động học lên men. Kết quả này phù hợp với kết quả nghiên cứu của Granato và cs (2010) [27]; Donkor và cs (2007) [28], cho thấy nguyên liệu giàu carbohydrate dễ lên men sẽ thúc đẩy quá trình sinh axit; trong khi kết quả nghiên cứu của Frias và cs (2008) [29]; Wang và cs (2002) [30] ghi nhận sự hiện diện của các hợp chất kháng dinh dưỡng trong họ đậu có thể ảnh hưởng đến hoạt động vi sinh vật trong quá trình lên men.

Hàm lượng axit lactic thể hiện ở hình 1.D cho thấy, tỉ lệ phối trộn giữa dịch sữa đậu nành và đậu xanh có ảnh hưởng mạnh mẽ đến khả năng sinh axit lactic trong quá trình lên men sữa chua từ đậu nẩy mầm. Hàm lượng axit lactic đạt giá trị cao nhất (xấp xỉ 1,16%) ở mẫu có 100% đậu nành (tỉ lệ 1: 0) và có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với hàm lượng axit lactic của các mẫu còn lại. Đồng thời, hàm lượng axit lactic có xu hướng giảm dần khi tăng tỉ lệ dịch đậu xanh, xuống mức thấp nhất (khoảng 0,81%) ở mẫu 100% đậu xanh (tỉ lệ 0: 1). Theo Asase và cs (2023) [31], chiết xuất sữa đậu nành được xem là một chất nền phù hợp cho quá trình phát triển các sản phẩm sữa chua có nguồn gốc thực vật nhờ các đặc tính hóa lý tương đồng với sữa động vật, hệ nhũ tương từ sữa đậu nành có khả năng tạo cấu trúc, phát triển độ nhớt và hình thành axit lactic trong quá trình lên men với mức độ tương đương sữa chua truyền thống. Ngoài ra, việc chỉ sử dụng đơn lẻ sữa đậu nành có thể hạn chế về cân bằng dinh dưỡng và giá trị năng lượng, xu hướng phối trộn sữa đậu nành với các nguồn thực vật khác nhằm cải thiện thành phần dinh dưỡng, đa dạng hóa hợp chất sinh học và nâng cao chất lượng cảm quan của sản phẩm cuối [31].

Hàm lượng protein tổng thể hiện ở hình 1.E cho thấy, hàm lượng protein có xu hướng giảm dần khi tỉ lệ dịch sữa đậu nành giảm và tỉ lệ dịch sữa đậu xanh tăng lên. Hàm lượng protein đạt giá

trị cao nhất (xấp xỉ 3,6%) ở nghiệm thức có 100% dịch sữa đậu nành và khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với các nghiệm thức còn lại. Khi bắt đầu phối trộn dịch sữa đậu xanh, hàm lượng protein tổng có xu hướng giảm xuống. Đáng chú ý, hàm lượng protein tổng ở các tỉ lệ 7: 3 và 6: 4 không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê, duy trì ở mức khoảng 3,2%. Tuy nhiên, khi tỉ lệ đậu xanh tiếp tục tăng (từ 5: 5 - 0: 1), hàm lượng protein tổng có xu hướng giảm mạnh và đạt mức thấp nhất ở mẫu 100% đậu xanh (tỉ lệ 0: 1) với chỉ khoảng 2,1%. Sự sụt giảm hàm lượng protein này có thể là do bản chất thành phần dinh dưỡng khác nhau giữa hai loại nguyên liệu hoặc có thể là do quá trình lên men kéo dài, vi khuẩn lactic cũng tiêu thụ một phần các peptide và axit amin để sinh trưởng.

3.2.2. Ảnh hưởng tỉ lệ phối chế giữa dịch sữa đậu nành và đậu xanh đến chất lượng cảm quan của sữa chua từ đậu nẩy mầm



Hình 2. Tỉ lệ phối trộn dịch sữa đậu nành và đậu xanh đến chất lượng cảm quan sữa chua đậu nẩy mầm

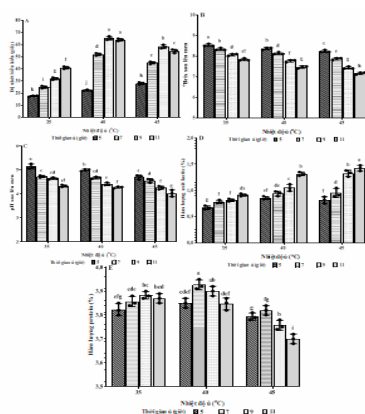
Kết quả đánh giá chất lượng cảm quan thể hiện ở hình 2 cho thấy, chất lượng cảm quan sữa chua từ đậu nẩy mầm chịu ảnh hưởng bởi tỉ lệ phối trộn giữa dịch sữa đậu nành và đậu xanh. Kết quả đánh giá chất lượng cảm quan cho thấy, nghiệm thức 6: 4 được cảm quan viên đánh giá cao nhất so với các nghiệm thức còn lại với các chỉ tiêu màu, mùi, vị trạng thái và mức độ ưa thích với số điểm lần lượt là 4,77; 4,70; 4,70; 4,83 và 6,70. Hình 2 cũng thể hiện tỉ lệ dịch sữa đậu xanh bổ sung càng cao thì điểm chấp nhận của cảm quan viên càng thấp và thấp nhất là ở nghiệm thức 0: 1 (100% dịch sữa đậu xanh). Đáng chú ý, đối với các nghiệm thức 1: 0 và 7: 3 với tỉ lệ dịch sữa đậu nành cao nhưng cũng không được đánh giá cao. Nguyên nhân có thể là do mùi và vị của sữa đậu nành ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm.

Tóm lại, nghiên cứu tỉ lệ phối chế giữa dịch sữa đậu nành và đậu xanh là một trong những công đoạn quan trọng ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm cuối cùng. Theo đó, với tỉ lệ phối trộn 7: 3 và 6: 4 cho kết quả tương đương, cho thấy mức độ thay đổi chất lượng ở hai nghiệm thức này chưa đủ lớn để tạo ra khác biệt có ý nghĩa thống kê. Dựa trên các thông số kỹ thuật cho thấy, nghiệm thức tốt được chọn xoay quanh nghiệm thức 7: 3 và 6: 4. Dựa vào kết quả phân tích giá trị pH, hàm lượng axit lactic và đánh giá chất lượng cảm quan, nghiên cứu xác định tỉ lệ phối trộn giữa dịch sữa đậu nành : dịch sữa đậu xanh là 6: 4 được chọn cho các nghiên cứu tiếp theo.

3.3. Ảnh hưởng nhiệt độ và thời gian ủ đến chất lượng sữa chua từ đậu nảy mầm

3.3.1. Ảnh hưởng nhiệt độ và thời gian ủ đến thành phần hóa học của sữa chua từ đậu nảy mầm

Nhiệt độ và thời gian ủ là các yếu tố công nghệ quan trọng ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình lên men và chất lượng sữa chua từ đậu nảy mầm. Sự thay đổi của điều kiện lên men có thể tác động đến thành phần dinh dưỡng cũng như khả năng chống oxy hóa của sản phẩm sữa chua. Kết quả phân tích ảnh hưởng của điều kiện lên men sữa chua từ đậu nảy mầm đến sự thay đổi các thành phần hóa học được thể hiện ở hình 3.



Hình 3. Ảnh hưởng nhiệt độ và thời gian ủ đến thành phần hóa học của sữa chua đậu nảy mầm

A: Độ nhớt biểu kiến; B: °Brix sau lên men; C: Giá trị pH; D: Hàm lượng axit lactic; E: Hàm lượng protein

Ghi chú: ●: Độ phân tán nghiệm thức; I: Trung bình độ lệch chuẩn; các chữ cái khác nhau trong cùng một đồ thị thể hiện sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$).

Kết quả ở hình 3.A cho thấy, nhiệt độ và thời gian ủ lên men có ảnh hưởng đến độ nhớt biểu kiến của sữa chua từ đậu nảy mầm. Độ nhớt biểu kiến có xu hướng tăng theo thời gian lên men từ 5 - 9 giờ ở tất cả các mức nhiệt độ khảo sát, sau đó có xu hướng ổn định hoặc giảm nhẹ ở 11 giờ. Cụ thể, ở 35°C độ nhớt tăng từ khoảng 17,67 giây (5 giờ) đến 41,0 giây (11 giờ), tuy nhiên vẫn thấp hơn đáng kể so với các mức nhiệt độ cao hơn. Nguyên nhân có thể do tốc độ sinh trưởng của vi khuẩn axit lactic chậm, dẫn đến quá trình axit hóa và hình thành gel protein diễn ra chậm [32]. Khi tăng nhiệt độ lên 40°C, độ nhớt biểu kiến có xu hướng tăng mạnh và đạt giá trị cao nhất (khoảng 64,0 - 65,33 giây tại 9 - 11 giờ) và không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p > 0,05$) ở điều kiện lên men này. Ngược lại, ở 45°C mặc dù độ nhớt vẫn tăng từ 5 - 9 giờ nhưng giảm nhẹ ở 11 giờ (từ khoảng 58,55 xuống 54,67 giây). Nguyên nhân có thể do hiện tượng quá axit hóa dẫn đến phá vỡ cấu trúc gel và tăng cường hoạt động protease làm suy yếu mạng protein, đồng thời gia tăng hiện tượng tách huyết thanh sữa [33].

Nồng độ chất khô hòa tan (°Brix) của sữa chua từ đậu nảy mầm giảm rõ rệt theo cả thời gian và nhiệt độ ủ lên men, cho thấy xu hướng tiêu thụ cơ chất trong quá trình lên men lactic. Cụ thể, tại 35°C, °Brix giảm từ khoảng 8,53 (5 giờ) xuống 7,83 (11 giờ). Tương tự, xu hướng giảm °Brix cũng được xác định ở điều kiện ủ lên men ở 40°C (từ 8,37 xuống 7,47) và xu hướng này thể hiện rõ hơn khi điều kiện ủ tăng lên 45°C (từ 8,23 xuống 7,17). Sự thay đổi nồng độ chất khô hòa tan có sự khác biệt ý nghĩa thống kê, thể hiện sự phát triển của vi khuẩn axit lactic, sử dụng các đường hòa tan (glucose, sucrose, raffinose, stachyose) làm nguồn carbohydrate để sinh trưởng và tạo axit lactic [34].

Nhiệt độ và thời gian ủ lên men có ảnh hưởng mạnh mẽ đến sự biến thiên giá trị pH của sản phẩm sữa chua từ đậu nảy mầm. Kết quả ở hình 3.C cho thấy, ở cùng một nhiệt độ, khi thời gian ủ lên men tăng từ 5 - 11 giờ, giá trị pH có xu hướng giảm dần ở tất cả các nghiệm thức khảo sát. Bên cạnh đó, khi tăng nhiệt độ từ 35 - 45°C, giá trị pH cũng có xu hướng biến thiên theo chiều hướng giảm, dao động trong khoảng 5,1 - 4,3; 5,0 - 4,25; 4,7 - 4,0 tương ứng với sự gia tăng nhiệt độ ủ lên men lần lượt là 35, 40, 45°C. Nguyên nhân của sự biến thiên giá trị pH này có thể là do hoạt động

của vi khuẩn axit lactic trong quá trình lên men, chuyển hóa đường thành axit lactic và các axit hữu cơ khác. Đặc biệt, nhiệt độ cao trong khoảng thích hợp (đặc biệt 40 - 45°C) thúc đẩy tốc độ sinh trưởng và chuyển hóa của vi khuẩn, từ đó làm tăng tốc độ sinh axit và giảm pH nhanh hơn. Theo Qin và cs (2012) [35], mỗi chủng vi khuẩn lên men có nhiệt độ tối thích khác nhau như *Lactobacillus casei* lên men tốt ở nhiệt độ 41°C, sinh ra axit L-lactic nhiều nhất; Liu và cs (2024) [36] khẳng định, vi khuẩn axit lactic tăng sinh khối và hoạt động tối ưu ở 37 - 39°C. Tuy nhiên, ở nhiệt độ cao như 45°C kết hợp với thời gian ủ kéo dài (11 giờ), pH giảm sâu, có thể dẫn đến hiện tượng quá axit hóa, ảnh hưởng đến cấu trúc gel và chất lượng cảm quan của sản phẩm. Kết quả này phù hợp với các nghiên cứu trước đây, cho thấy pH sữa chua giảm theo thời gian lên men và phụ thuộc mạnh vào nhiệt độ ủ do ảnh hưởng đến hoạt tính của vi khuẩn lactic [37], [38].

Kết quả phân tích thực nghiệm (Hình 3.D) cho thấy, sự tương tác có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) giữa nhiệt độ và thời gian lên men đối với quá trình tích lũy axit lactic. Cụ thể, hàm lượng axit lactic tỉ lệ thuận với thời gian lên men tại mọi nghiệm thức nhiệt độ theo khảo sát. Nghĩa là khi kéo dài thời gian lên men thì hàm lượng axit lactic tích lũy càng nhiều từ 5 - 11 giờ ủ lên men. Với nhiệt độ khi tăng từ 35 - 45°C, tốc độ axit hóa cũng gia tăng đáng kể. Tại 35°C, hàm lượng axit lactic tăng từ 0,67 - 0,91%, trong khi tại 40°C đạt mức 0,85 - 1,32% và đạt giá trị cực đại tại 45°C với khoảng 0,82 - 1,42%. Sự gia tăng này được giải thích bởi hoạt động của vi khuẩn axit lactic trong việc chuyển hóa các nguồn carbon sẵn trong dịch sữa đậu cũng như các sản phẩm thủy phân từ tinh bột đậu nảy mầm thành axit hữu cơ. Damir và cs (1992) [39] đã nghiên cứu khả năng làm giảm pH của sữa chua từ 20 - 40°C trong khoảng thời gian 0 - 40 giờ. Kết quả cho thấy, khi tăng nhiệt độ lên 40°C, khoảng thời gian lên men rút ngắn xấp xỉ 5 lần từ 19,8 giờ xuống còn 3,6 giờ. Đồng thời, kết quả nghiên cứu cho rằng, nhiệt độ tối ưu của sữa chua nằm trong khoảng 40 - 45°C [39]. Nhiệt độ và thời gian lên men ảnh hưởng mạnh mẽ đến khả năng hình thành axit lactic trong sản phẩm sữa chua [40]. Nhiệt độ lên men 28°C khoảng 15 giờ với giá trị pH giảm từ 6,5 xuống 4,4 trong quá trình lên men sữa chua dẫn đến làm tăng hàm lượng axit lactic [40].

Hàm lượng protein (Hình 3.E) của sữa chua từ đậu nảy mầm biến thiên rõ rệt, chịu ảnh hưởng đồng thời của nhiệt độ và thời gian ủ, với giá trị dao động khoảng 3,70 - 3,93%. Ở 35°C, hàm lượng protein có xu hướng tăng nhẹ khi kéo dài thời gian ủ từ 5 - 9 giờ (khoảng 3,82 - 3,88%), sau đó giảm nhẹ ở 11 giờ (3,87%). Trong khi đó, tại 40°C hàm lượng protein đạt giá trị cao nhất, đặc biệt ở 7 - 9 giờ (xấp xỉ 3,92 - 3,93%) và giảm khi kéo dài thời gian lên 11 giờ. Ngược lại, ở 45°C hàm lượng protein giảm liên tục theo thời gian, từ khoảng 3,79 (5 giờ) xuống còn 3,70% (11 giờ) và sự khác biệt giữa các nghiệm thức có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Xu hướng gia tăng protein trong giai đoạn đầu có thể là do quá trình lên men lactic làm tăng hàm lượng chất khô tương đối, đồng thời hệ enzyme protease nội sinh của đậu nảy mầm kết hợp với enzyme vi khuẩn lactic xúc tiến thủy phân protein thành các peptide hòa tan, làm tăng khả năng định lượng protein tổng số và cải thiện khả năng giữ nước trong mạng gel protein [41]. Tuy nhiên, kết quả nghiên cứu này ngược lại với kết quả nghiên cứu của Khoiriyah và Fatchiyah (2013) [42], theo đó thời gian đầu của quá trình lên men sữa chua, hàm lượng protein sẽ giảm do quá trình dị hóa của vi khuẩn axit lactic. Bên cạnh đó, thời gian ủ lên men kéo dài hoặc nhiệt độ lên cao, hàm lượng protein bị thủy phân sâu thành các hợp chất nitơ phi protein như axit amin tự do hoặc amoniac, hiện tượng tách huyết thanh cũng góp phần gây thất thoát protein hòa tan dẫn đến làm giảm hàm lượng protein.

3.3. Mối tương quan giữa các thành phần hóa lý sữa chua đậu nảy mầm

Hình 4 cho thấy, các chỉ tiêu hóa lý của sữa chua từ đậu nảy mầm liên kết chặt chẽ theo đúng cơ chế sinh hóa của quá trình lên men lactic. Cụ thể, pH sau lên men tương quan nghịch mạnh với hàm lượng axit lactic ($r = -0,85$), phản ánh quá trình vi khuẩn lactic chuyển hóa carbohydrate thành axit lactic làm giảm pH môi trường. Đồng thời, pH cũng có mối tương quan nghịch với độ nhớt biểu kiến ($r = -0,80$), cho thấy khi pH giảm đến gần điểm đẳng điện, protein bị biến tính và hình thành mạng gel làm tăng độ nhớt. Ngược lại, pH tương quan thuận rất mạnh với °Brix ($r = 0,93$), chứng tỏ ở giai đoạn đầu của quá trình lên men, lượng chất hòa tan (chủ yếu là đường) còn cao. Hàm lượng axit lactic có tương quan thuận

với độ nhớt ($r = 0,81$) do vai trò thúc đẩy đồng tụ protein, đồng thời tương quan nghịch rất mạnh với °Brix ($r = -0,93$), thể hiện sự tiêu thụ carbohydrate để tạo axit. Mỗi tương quan nghịch ở mức trung bình giữa axit lactic và protein ($r = -0,50$) cùng với tương quan yếu giữa protein và độ nhớt ($r = -0,06$), cho thấy hàm lượng protein tổng ít thay đổi, nhưng trạng thái cấu trúc (biến tính, gel hóa) thay đổi đáng kể trong quá trình lên men. Ngoài ra, độ nhớt tương quan nghịch mạnh với °Brix ($r = -0,83$), cho thấy khi carbohydrate giảm do lên men, cấu trúc gel phát triển làm tăng độ nhớt.

	pH sau lên men	Hàm lượng axit lactic	Hàm lượng protein	Độ nhớt biểu kiến	°Brix
pH sau lên men	1,00	-0,85	0,36	-0,80	0,93
Hàm lượng axit lactic	-0,85	1,00	-0,50	0,81	-0,93
Hàm lượng protein	0,36	-0,50	1,00	-0,06	0,47
Độ nhớt biểu kiến	-0,80	0,81	-0,06	1,00	-0,83
°Brix	0,93	-0,93	0,47	-0,83	1,00

Hình 4. Biểu đồ tương quan các thành phần hóa lý sữa chua đậu nành mầm

4. KẾT LUẬN

Quá trình nảy mầm có ảnh hưởng tích cực đến giá trị dinh dưỡng của đậu nành và đậu xanh thông qua sự gia tăng hàm lượng các chất dinh dưỡng. Tỷ lệ phối trộn ảnh hưởng rõ rệt đến các chỉ tiêu hóa lý và cảm quan, trong đó tỷ lệ đậu nành và đậu xanh (6: 4) cho kết quả phù hợp với chất lượng cảm quan cao. Điều kiện lên men thích hợp được xác định ở 40°C trong 7 giờ, giúp sản phẩm đạt độ nhớt, pH, hàm lượng axit lactic và protein cân đối. Nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho phát triển sữa chua từ đậu nảy mầm có chất lượng và giá trị dinh dưỡng cao.

Cần được tiếp tục khảo sát sự biến đổi các thành phần có khả năng chống oxy hóa trong sữa chua từ đậu nảy mầm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. S. Yao (2023). The value of yogurt and its function in health care. *Theoretical and Natural Science*, 3(1): 765 - 771. DOI: 10.54254/2753-8818/3/20220477.

[2]. M. L. Marco *et al.* (2017). Health benefits of fermented foods: Microbiota and beyond. *Curr. Opin. Biotechnol*, 44, 94 - 102. DOI: 10.1016/J.COPBIO.2016.11.010.

[3]. Y. B. Soemarie, T. Milanda and M. I. Barliana (2021). Fermented foods as probiotics: A review. *J. Adv. Pharm. Technol. Res*, 12(4), 335. DOI: 10.4103/JAPTR.JAPTR_116_21.

[4]. M. Montemurro, E. Pontonio, R. Coda and C. G. Rizzello (2021). Plant-based alternatives to yogurt: State-of-the-art and perspectives of new biotechnological challenges. *Foods*, 10, 2. DOI: 10.3390/FOODS10020316.

[5]. D. J. McClements and L. Grossmann (2021). The science of plant-based foods: Constructing next-generation meat, fish, milk, and egg analogs. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf*, 20(4): 4049 - 4100. DOI: 10.1111/1541-4337.12771.

[6]. N. Jain, S. Desai, D. Puri, S. Karthikeyan and B. Chandrayan (2026). Plant-based milk alternatives - an emerging segment of functional beverages: A review. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 2, 53(9): 3408 - 3423. DOI: 10.1007/s13197-016-2328-3.

[7]. O. Madukwe, I. Jc and O. Chinyere (2025). The nutritional, phytochemical properties, processing of soybeans, and developed soy foods. *International Journal of Advanced Scientific Research*, 10, 42 - 47.

[8]. A. Singhal, A. C. Karaca, R. Tyler & M. Nickerson. (2016). Pulse proteins: From processing to structure-function relationships. *Grain Legumes*, 2(3): 56 - 78. DOI: 10.5772/64020.

[9]. J. Lu, J. H. Cheng, Y. Xu, Y. Chen, K. Qian and Y. Zhang (2023). Effect of germination on nutritional quality of soybean. *Food Science and Technology (Brazil)*, 43, 2023. DOI: 10.1590/FST.008323.

[10]. M. R. M. Radzi (2026). Effects of germination on nutritional properties and anti-nutrients in selected legumes. *University Putra Malaysia*, 34, 104 - 122.

[11]. R. Y. Gan *et al.* (2017). Bioactive compounds and bioactivities of germinated edible seeds and sprouts: An updated review. *Trends Food Sci. Technol*, 59, 1 - 14. DOI: 10.1016/J.TIFS.2016.11.010.

[12]. D. T. Khang, T. N. Dung, A. A. Elzaawely and T. D. Xuan (2016). Phenolic profiles and antioxidant activity of germinated legumes. *Foods*, 5(2), 27. DOI: 10.3390/FOODS5020027.

- [13]. K. A., Abbas, Mohammed, S., Abdulkarim, A. M., Saleh and M. Ebrahimian (2010). Suitability of viscosity measurement methods for liquid food variety and applicability in food industry - A review. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 8(3&4): 100 - 107.
- [14]. S. Tripathi, N. Singh, S. Mali, J. R. Naik and S. Mistry Pritesh (2017). Sugarcane/sugarcane juice quality evaluation by FT-NIR spectrometer. *Int.J.Curr.Microbiol.App. Sci*, 6(9): 3025 - 3032. DOI: 10.20546/ijcmas.2017.609.371.
- [15]. A. T. Krisnaningsih, L. E. Radiati, Purwadi, H. Evanuarini and D. Rosyidi (2019). The effect of incubation time to the physicochemical and microbial properties of yoghurt with local taro (*Colocasia esculenta* (L.) schott) starch as stabilizer. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 7(2): 547 - 554. DOI: 10.12944/CRNFSJ.7.2.23.
- [16]. S. Ibrahim (2013). Effects of enzyme concentration, temperature, pH and time on the degree of hydrolysis of protein extract from viscera of tuna (*Euthynnus affinis*) by using alcalase. *Sains Malaysiana*, 42(3): 279 - 287.
- [17]. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 7030:2016 (CODEX STAN 243-2003 Revised 2010). Sữa lên men.
- [18]. Dương Thị Phụng Liên (2018). Nghiên cứu chế biến các sản phẩm thực phẩm có hoạt tính sinh học cao từ hạt đậu nành nảy mầm. Luận án Tiến sĩ ngành Công nghệ thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ.
- [19]. D. Günel-Köroğlu, T. Esatbeyoglu and E. Capanoglu (2025). Effect of germination on the phenolic compounds: Content, bioavailability, food applications, and health benefits. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 19(11): 8144 - 8164. DOI: 10.1007/S11694-025-03392-6.
- [20]. S. G. Nkhata, E. Ayua, E. H. Kamau and J. B. Shingiro (2018). Fermentation and germination improve nutritional value of cereals and legumes through activation of endogenous enzymes. *Food Sci. Nutr*, 6(8), 2446. DOI: 10.1002/FSN3.846.
- [21]. C. E. Chinma *et al.* (2024). Impact of germination on the techno-functional properties, nutritional composition, and health-promoting compounds of brown rice and its products: A review. *J. Food Sci*, 89(1): 8 - 32. DOI: 10.1111/1750-3841.16832.
- [22]. J. Wu, J. Cheng, B. Adhikari and F. Xue (2023). Physicochemical properties of soybean protein isolate-based gel produced through probiotic fermentation. *Future Foods*, 8, 100242. DOI: 10.1016/J.FUFO.2023.100242.
- [23]. X. Zhang *et al.* (2024). Legumes as an alternative protein source in plant-based foods: Applications, challenges, and strategies. *Curr. Res. Food Sci*, 9, 100876. DOI: 10.1016/J.CRFS.2024.100876.
- [24]. D. B. Bueno *et al.* (2020). The germination of soybeans increases the water-soluble components and could generate innovations in soy-based foods. *LWT*, 117, 108599. DOI: 10.1016/J.LWT.2019.108599.
- [25]. F. Yan, S. Tong, J. Zhang, Y. Zhao and P. Liu (2024). Effects of soybean endogenous enzyme hydrolysis on the quality of soymilk after blanching. *Food Biosci*, 57, 103469. DOI: 10.1016/J.FBIO.2023.103469.
- [26]. M. Kumari, A. Kokkiligadda, V. Dasriya and H. Naithani (2022). Functional relevance and health benefits of soymilk fermented by lactic acid bacteria. *J. Appl. Microbiol*, 133(1): 104 - 119. DOI: 10.1111/JAM.15342.
- [27]. D. Granato, G. F. Branco, F. Nazzaro, A. G. Cruz and J. A. F. Faria (2010). Functional foods and nondairy probiotic food development: Trends, concepts, and products. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf*, 9(3): 292 - 302. DOI: 10.1111/J.1541-4337.2010.00110.X.
- [28]. O. N. Donkor, S. L. I. Nilmini, P. Stolic, T. Vasiljevic and N. P. Shah (2007). Survival and activity of selected probiotic organisms in set-type yoghurt during cold storage. *Int. Dairy J*, 17(6): 657 - 665. DOI: 10.1016/J.IDAIRYJ.2006.08.006.
- [29]. J. Frias, S. S. Young, C. Martínez-Villaluenga, E. G. De Mejia and C. Vidal-Valverde (2008). Immunoreactivity and amino acid content of fermented soybean products. *J. Agric. Food Chem*, 56(1): 99 - 105. DOI: 10.1021/JF072177J.
- [30]. Y. C. Wang, R. C. Yu and C. C. Chou (2002). Growth and survival of bifidobacteria and lactic acid bacteria during the fermentation and storage of cultured soymilk drinks. *Food Microbiol*, 19(5): 501 - 508. DOI: 10.1006/FMIC.2002.0506.
- [31]. R. Asase, E. Shenkova, T. Glukhareva and I. Selezneva (2023). Development and

- investigating parameters of fermented milk products based on various types of vegetable milk. *BIO Web Conf*, 67, 03008. DOI: 10.1051/BIOCONF/20236703008.
- [32]. J. A. Lucey (2016). Acid coagulation of milk. *Advanced Dairy Chemistry: Volume 1B: Proteins: Applied Aspects: Fourth Edition*, 309 - 328. DOI: 10.1007/978-1-4939-2800-2_12.
- [33]. O. Macej, S. Jovanovic and J. Djurdjevic-Denin (2002). The influence of high temperatures on milk proteins. *Hem. Ind*, 56(3): 123 - 132. DOI: 10.2298/HEMIND0203123M.
- [34]. Trần Minh Tâm (2020). Một số sản phẩm thực phẩm ứng dụng công nghệ lên men lactic. *Tạp chí Khoa học, Trường Đại học Văn Lang*, 22(7): 87 - 93.
- [35]. H. Qin, S. S. Gong, X. Y. Ge and W. G. Zhang (2012). The effect of temperature on L-lactic acid production and metabolite distribution of *Lactobacillus casei*. *Prep. Biochem. Biotechnol*, 42(6): 564 - 573. DOI: 10.1080/10826068.2012.665114.
- [36]. J. Liu *et al.* (2024). Effects of temperature and lactic acid bacteria additives on the quality and microbial community of wilted alfalfa silage. *BMC Plant Biol*, 24(1), 844, DOI: 10.1186/S12870-024-05501-X.
- [37]. A. Y. Tamime and R. K. Robinson (2007). Tamime and robinson's yoghurt: Science and technology: Third edition, 542 - 556. DOI: 10.1533/9781845692612.
- [38]. W. J. Lee and J. A. Lucey (2010). Formation and physical properties of yogurt. *Asian-Australas. J. Anim. Sci*, 23(9): 1127 - 1136. DOI: 10.5713/AJAS.2010.R.05.
- [39]. A. A. Damir, A. A. Salama and M. S. Mohamed (1992). Acidity, microbial, organic and free amino acids development during fermentation of skimmed milk, Kishk. *Food Chem*, 43(4): 265 - 269. DOI: 10.1016/0308-8146(92)90210-S.
- [40]. A. Ghimire and N. Raya. (2022). Kinetics of lactic acid fermentation during Dahi Preparation. *Tribhuvan University Journal of Food Science and Technology*, 16 - 22. DOI: 10.3126/TUJFST.V11I1.49932.
- [41]. D. P. Oluwakemisola (2025). Effect of fermentation time on the nutritional composition of soybean-based yoghurt: A review. *Asian Journal of Science, Technology, Engineering, and Art*, 3(4): 1418 - 1435. DOI: 10.58578/AJSTE. V3I4.7271.
- [42]. L. K. Khoiriyah and F. Fatchiyah (2013). Karakter biokimia dan profil protein yogurt kambing PE difermentasi Bakteri Asam Laktat (BAL). *The Journal of Experimental Life Sciences*, 3(1): 1 - 6. DOI: 10.21776/UB.JELS. 2013.003.01.01.

EVALUATION OF PHYSICOCHEMICAL PROPERTY CHANGES IN YOGURT MADE FROM GERMINATED SOYBEAN AND MUNG BEAN

Tran Minh Phuc¹, Nguyen Tri Yen Chi¹, Nguyen Thi Thu Huong¹,
Giap Pham Ngoc Tram¹, Nguyen Minh Trong¹

¹ Faculty of Biochemistry and Food technology,
Vinh Long University of Technology Education

Abstract

Plant-based yogurt is one of the products that can provide nutritional supplementation for individuals allergic to dairy yogurt. This study aimed to determine suitable processing parameters for the production of yogurt from germinated legumes. The effects of blending ratios of soybean milk and mung bean milk were investigated at ratios of 1: 0, 7: 3, 6: 4, 5: 5, 4: 6, 3: 7, 0: 1. In addition, fermentation conditions, including temperature (35, 40, 45°C) and incubation time (5, 7, 9, 11 hours), were evaluated based on physicochemical parameters such as viscosity, pH, total soluble solids, lactic acid content, protein content, and sensory quality. The results indicated that the optimal conditions were a soybean-to-mung bean milk ratio of 6: 4, fermentation at 40°C for 7 hours, which yielded yogurt with superior physicochemical and sensory quality.

Keywords: Lactic acid, germination, plant-based yogurt, soybean.

Ngày nhận bài: 23/3/2026

Ngày chuyển phản biện: 31/3/2026

Ngày thông qua phản biện: 5/5/2026

Ngày duyệt đăng: 19/5/2026