

INVESTIGATE THE EFFECTS OF SUPPLEMENTS ON THE PROCESSING OF YOGURT

Huynh Thi Phuong Loan*, Nguyen Ngoc Diem Quynh, Nguyen Huynh Ngoc Tran,
 Nguyen Vo Ngoc Giao, Bui Vo Tuong Vi, Le Thanh Tuong, Nguyen Thi Cam Tien

Institute of Food and Biotechnology - Can Tho University

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 07/11/2024 Revised: 04/3/2025 Published: 05/3/2025	This research aimed to determine the type and content of oats, yeast, and carrageenan added to yogurt. Rolled or crushed oats at respective ratios (1%, 1.2%, 1.5%) were mixed with fresh milk and sweetened condensed milk, which were heated at $90 \div 95^{\circ}\text{C}$ for 3-5 minutes, then cooled to $40 \div 45^{\circ}\text{C}$ before the yeast was added. The commercial yeast (YC-381 or Yogurt Starter) was added a content of $0.7 \div 1.8\%$. The mixture was then fermented at 40°C until the product reached a pH value of $4.5 \div 4.6$, then cooled down to $7 \div 10^{\circ}\text{C}$ to achieve the characteristic flavor and texture of the product. The results showed that yogurt supplemented with 1.2% crushed oats, which was added to 1.5% commercial yeast YC-381 and 0.05% carrageenan, had a short fermentation time (6.08 hours). The pH reached (4.19) and acid content (0.40%). Yogurt had a high water-holding capacity (80.54%), it also characterized by soluble fiber (0.23%) and a total fiber content (0.43%), respectively, which was preferred well by the panelists. This is one improvement for fermented nutrient products.
KEYWORDS Fermentation Fibre Oat Water-holding capacity Yogurt	

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA MỘT SỐ YẾU TỐ BỔ SUNG ĐẾN QUÁ TRÌNH CHẾ BIẾN SẢN PHẨM SỮA CHUA

Huỳnh Thị Phương Loan*, Nguyễn Ngọc Diễm Quỳnh, Nguyễn Huỳnh Ngọc Trân,
 Nguyễn Võ Ngọc Giao, Bùi Võ Tường Vi, Lê Thanh Tường, Nguyễn Thị Cẩm Tiên

Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm - Trường Đại học Cần Thơ

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 07/11/2024 Ngày hoàn thiện: 04/3/2025 Ngày đăng: 05/3/2025	Nghiên cứu này được tiến hành nhằm xác định hàm lượng và loại yến mạch, vi khuẩn và carrageenan bổ sung vào sữa chua. Trong thí nghiệm, yến mạch cán dẹp hoặc cán vỡ (theo các tỷ lệ lần lượt là 1%; 1,2%; 1,5%) được phối trộn với sữa tươi, sữa đặc có đường, sau đó xử lý nhiệt ở $90 - 95^{\circ}\text{C}$ trong 3 - 5 phút. Hỗn hợp này được làm nguội đến $40 - 45^{\circ}\text{C}$ trước khi bổ sung vi khuẩn lên men. Vi khuẩn lên men sữa chua (YC-381 hoặc Yogurt Starter) được bổ sung với hàm lượng 0,7 - 1,8%. Quá trình lên men sữa chua được tiến hành ở nhiệt độ 40°C cho đến khi sản phẩm đạt giá trị pH 4,5 - 4,6. Sau đó, sữa chua được làm lạnh đến nhiệt độ $7 - 10^{\circ}\text{C}$ để tạo nên mùi vị và trạng thái đặc trưng của sản phẩm. Kết quả nghiên cứu cho thấy, khi sữa chua được bổ sung 1,2% yến mạch cán vỡ, 1,5% vi khuẩn lên men sữa chua YC-381 và 0,05% carrageenan, thời gian lên men giảm xuống hơn còn 6,08 giờ. Giá trị pH đạt 4,19 và hàm lượng axit là 0,40%. Sản phẩm có khả năng giữ nước cao (80,54%), sữa chua bổ sung yến mạch còn đặc trưng bởi hàm lượng chất xơ hòa tan (0,23%), và hàm lượng chất xơ tổng số (0,43%), được đánh giá cao bởi các cảm quan viên. Đây là một trong những cải tiến mới cho ngành thực phẩm lên men giàu dinh dưỡng.
TỪ KHÓA Chất xơ Khả năng giữ nước Lên men Sữa chua Yến mạch	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.11496>

* Corresponding author. Email: htpsloan@ctu.edu.vn

1. Giới thiệu

Sữa chua là một sản phẩm mang giá trị dinh dưỡng cao, đây là sản phẩm của quá trình lên men axit lactic do vi khuẩn *Lactobacillus bulgaricus* và *Streptococcus thermophilus* [1], [2]. Sử dụng sữa chua hàng ngày giúp ức chế sự phát triển của vi sinh vật gây bệnh, hỗ trợ hệ tiêu hóa của con người [3]. Yến mạch chứa nhiều β -glucan, đây là một loại polysaccharide khó tiêu hóa, được chứng minh có tác dụng tăng cường miễn dịch, cải thiện hoạt động chống ung thư và giảm cholesterol, lipid, đường huyết trong máu. Việc bổ sung yến mạch vào sữa chua sẽ góp phần tạo ra một sản phẩm lên men tốt, cấu trúc và hương vị sản phẩm không bị ảnh hưởng đáng kể [4]. Ưu điểm của sản phẩm có chứa hàm lượng chất xơ hòa tan, là thành phần prebiotic giúp cho các lợi khuẩn phát triển tốt hơn và giúp hỗ trợ điều trị các bệnh lý liên quan đến tiểu đường và tim mạch. Sử dụng carragenan trong sữa chua giúp duy trì độ axit ổn định, cải thiện cảm giác chua và hương vị của sản phẩm, giảm sự tách nước, đảm bảo chất lượng của sản phẩm [5].

Tại Việt Nam, nhiều nghiên cứu về sữa chua và ứng dụng vi khuẩn probiotic *Lactobacillus plantarum* trong sản xuất. Sữa chua được lên men bởi *Lactobacillus plantarum* có chất lượng cảm quan được chấp nhận nhất [6]. Bên cạnh đó, yến mạch β -glucan được bổ sung vào sữa chua dạng sệt như một thành phần chức năng nhằm đánh giá tác động lên đặc tính lưu biến và vi cấu trúc của sữa chua dạng sệt. Ngày nay, sữa chua đã trở thành một loại thực phẩm phổ biến, thông dụng, và có nhiều lợi ích đối với sức khỏe của người [7].

Trên cơ sở đó, bài báo nghiên cứu này được nghiên cứu nhằm xác định loại và hàm lượng yến mạch, phụ gia phù hợp bổ sung vào sữa chua; đồng thời, khảo sát ảnh hưởng của giống vi khuẩn *L. Casei*, *b. Longum*, *L. Bulgaricus*, *s. Thermophilus*, *L. Acidophilus* và *Lactobacillus bulgaricus*, *Streptococcus thermophilus* đến quá trình lên men để tạo ra sữa chua có các đặc tính lý hóa, hàm lượng xơ hoàn tan, xơ tổng số tối ưu nhất cho dòng sản phẩm này. Đây cũng là một trong bước tiến mới cho ngành thực phẩm lên men dinh dưỡng, tốt cho sức khỏe người tiêu dùng.

2. Nguyên liệu và Phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên liệu

Yến mạch cán dẹp và cán vỡ G'Nut (Công ty TNHH Việt Thái Organic) có hàm lượng dinh dưỡng cao với 10,6 g chất xơ trong 100 g yến mạch; Sữa tươi tiệt trùng (không đường) TH True Milk (Công ty Cổ phần thực phẩm sữa TH, Việt Nam); Sữa đặc có đường Ông Thọ vàng (Công ty Cổ phần Sữa Vinamilk, Việt Nam) dùng để cung cấp lastose, chất khô cho quá trình lên men.

Giống vi khuẩn lactic lên men yogurt thương mại Yogurt Starter (Yógourmet, Canada) gồm hệ khuẩn *L. Casei*, *b. Longum*, *L. Bulgaricus*, *s. Thermophilus*, *L. Acidophilus* và YC – 381 (Chr. Hansen, Đan Mạch) gồm hệ khuẩn *Lactobacillus bulgaricus* và *Streptococcus thermophilus*. Carrageenan (Trung Quốc) là phụ gia bổ sung để cải thiện cấu trúc sản phẩm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Kích hoạt chủng khuẩn lên men

Đối với hỗn hợp khuẩn của YC-381: trước tiên, tiệt trùng ống Eppendorf bằng autoclave ở 121°C trong 15-20 phút hoặc dùng ethanol 70% để rửa và làm khô. Tiếp theo, lấy 0,5 ml hỗn hợp vi khuẩn và 0,5 ml glycerol, trộn và lắc đều trong ống Eppendorf. Sau đó, thêm 74,5 ml nước cất tiệt trùng vào để pha loãng dung dịch, đảm bảo hàm lượng glycerol cuối cùng là khoảng 35-40%. Cuối cùng, bảo quản dung dịch vi khuẩn trong tủ lạnh ở 4°C hoặc -20°C nếu lưu trữ lâu dài.

Đối với hỗn hợp khuẩn từ Yogurt Starter: được kích hoạt khi đã đun sữa tươi đến 85°C để tiệt trùng, sau đó để nguội xuống 42 - 45°C. Khi sữa đã nguội, thêm hỗn hợp vi khuẩn vào và khuấy đều để kích hoạt.

2.2.2. Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng yến mạch bổ sung vào sữa chua và các tác nhân lên men, phụ gia đến sản phẩm

Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng và loại yến mạch, vi khuẩn bổ sung vào sữa chua: Phối trộn nguyên liệu sữa tươi (75%) và sữa đặc có đường (22%), bổ sung yến mạch cán dẹp hoặc yến mạch cán vỡ theo nồng độ (1%, 1,2% và 2%). Gia nhiệt hỗn hợp đến 85 - 90°C trong 5 phút, sau đó làm nguội đến 40 - 45°C. Tiến hành cấy chủng khuẩn YC-318 hoặc Yogurt Stater lần lượt theo các tỷ lệ (0,7%, 1%, 1,5%, và 1,8%), sau đó tiến hành ủ ở nhiệt độ 42 - 45°C trong 8 giờ. Sản phẩm tạo thành được bảo quản ở 7 - 10°C trong 24 giờ để đánh giá các chỉ tiêu.

Khảo sát ảnh hưởng của loại và hàm lượng phụ gia đến chất lượng của sữa chua: Phối trộn nguyên liệu như trên với các tỉ lệ phù hợp thu được từ thí nghiệm trước đó. Gia nhiệt hỗn hợp đến 85 - 90°C trong 5 phút, sau đó làm nguội đến 40 - 45°C. Bổ sung phụ gia Carrageenan lần lượt nồng độ 0,05%, 0,1%, 0,15%. Tiến hành cấy khuẩn YC-381 (dạng lỏng) với nồng độ 1,5%, sau đó tiến hành ủ ở nhiệt độ 42 - 45°C trong 8 giờ. Sản phẩm tạo thành được bảo quản ở 7 - 10°C trong 24 giờ để đánh giá các chỉ tiêu.

Sữa chua bổ sung yến mạch ghi nhận thời gian lên men (giờ), phân tích chỉ tiêu: cấu trúc (g lực), màu sắc của sản phẩm thể hiện qua không gian màu CIELAB với các giá trị L* (độ sáng), a*(độ màu từ xanh lá đến màu đỏ), b*(độ màu từ xanh dương đến màu vàng), khả năng giữ nước (%), đánh giá cảm quan, hàm lượng chất xơ hoàn tan và chất xơ tổng số (%) (AOAC 991.43).

2.3. Phương pháp phân tích chỉ tiêu

Khả năng giữ nước (% WHC) sử dụng máy ly tâm Sigma AG (Gottingen, Germany), sữa chua được ly tâm với tốc độ 3000 vòng/phút ở 30°C trong 10 phút, tiến hành lọc để thu lượng nước tách ra khỏi sữa chua, WHC được tính bằng phần trăm khối lượng nước thu được sau khi ly tâm trên khối lượng sữa chua ban đầu [8]. Cấu trúc được đo bằng máy Texture Analyzer. Màu sắc được đo bằng máy FRU WR10 trong không gian màu CIELAB. Hàm lượng chất xơ tổng số (%) và xơ hòa tan (%) được phân tích theo phương pháp AOAC 991.43, như sau: mẫu được thủy phân bằng các enzyme alpha amylase, amyloglucosidase và protease để loại bỏ protein và carbohydrate trong mẫu. Tiếp theo mẫu sẽ được rửa bằng cồn và acetone, sau đó tiến hành sấy mẫu cho đến khi trọng lượng không thay đổi để xác định hàm lượng chất xơ. Sữa chua sau khi được lên men và làm lạnh được các cảm quan viên đánh giá màu sắc, mùi, vị và trạng thái bằng phương pháp cho điểm QDA (Quantitative Descriptive Analysis) [6].

2.4. Phương pháp phân tích số liệu

Kết quả được phân tích phương sai và kiểm định LSD ở độ tin cậy 95% bằng phần mềm Statgraphics Centurion (phiên bản 19.1, Statgraphics Technologies, Inc., Virginia). Số liệu được trình bày dưới dạng trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn của 3 lần lặp lại.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng và loại yến mạch bổ sung đến chất lượng sữa chua

Bảng 1. Ảnh hưởng của loại và hàm lượng yến mạch (%) bổ sung đến thời gian lên men và đặc tính hóa lý của sữa chua

		Loại yến mạch		Trung bình
		Cán vỡ	Cán dẹp	
Thời gian lên men (giờ)	Nồng độ (%)			
	0	4,75 $\pm$ 0,35	4,75 $\pm$ 0,35	4,75 $\pm$ 0,35 ^c
	1	4,25 $\pm$ 0,35	4,50 $\pm$ 0,71	4,37 $\pm$ 0,53 ^b
	1,2	3,75 $\pm$ 0,23	3,75 $\pm$ 0,35	3,75 $\pm$ 0,29 ^{ab}
	1,5	3,42 $\pm$ 0,12	3,75 $\pm$ 0,35	3,59 $\pm$ 0,24 ^a
Trung bình		3,81 $\pm$ 0,23 ^a	4,00 $\pm$ 0,47 ^b	
WHC (%)	0	69,24 $\pm$ 1,71	69,24 $\pm$ 1,71	69,24 $\pm$ 1,71 ^a
	1	78,59 $\pm$ 0,15	78,00 $\pm$ 0,68	78,30 $\pm$ 0,42 ^c
	1,2	80,77 $\pm$ 0,15	78,98 $\pm$ 0,46	79,88 $\pm$ 0,31 ^c
	1,5	76,42 $\pm$ 0,10	76,34 $\pm$ 0,03	76,38 $\pm$ 0,07 ^b
Trung bình		78,59 $\pm$ 0,13 ^b	77,77 $\pm$ 0,13 ^a	

	Nồng độ (%)	Loại yến mạch		Trung bình
		Cán vỡ	Cán đẹp	
Cấu trúc (g lực)	0	82,36 ± 6,52	82,36 ± 6,52	82,36 ± 6,52 ^a
	1	175,13 ± 1,17	172,69 ± 1,14	173,91 ± 1,16 ^b
	1,2	295,80 ± 3,89	255,89 ± 3,89	257,80 ± 3,89 ^d
	1,5	205,03 ± 3,89	184,89 ± 15,17	194,96 ± 9,53 ^c
	Trung bình	255,32 ± 2,98 ^b	204,46 ± 6,73 ^a	

Ghi chú: Các giá trị trung bình nghiệm thức có chữ cái a, b theo hàng hoặc a, b, c, d theo cột chỉ sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

Kết quả phân tích Bảng 1 cho thấy, hàm lượng yến mạch bổ sung tăng lên dẫn đến thời gian lên men giảm dần, khác biệt đáng kể so với mẫu đối chứng. So với yến mạch cán đẹp, thì sữa chua bổ sung yến mạch cán vỡ có thời gian lên men ngắn hơn, cụ thể, sữa chua được bổ sung 1,5% yến mạch cán vỡ có thời gian lên men ngắn nhất. Nguyên nhân là do yến mạch cán vỡ có thể cung cấp nhiều chất dinh dưỡng hơn cho vi khuẩn lên men sữa chua, từ đó có thể rút ngắn thời gian lên men [7]. Thành phần β -glucan trong yến mạch có khả năng tạo gel giúp tăng cường cấu trúc, khả năng giữ nước và ngăn chặn sự tách nước ra khỏi sữa chua [9]. Tuy nhiên, khi hàm lượng yến mạch tăng quá cao sẽ ảnh hưởng đến khả năng cạnh tranh nước với protein, dẫn đến khả năng giữ nước bị giảm và gel tạo thành có độ đàn hồi kém. Do đó, bổ sung 1,2% yến mạch cán vỡ vào sữa chua là hàm lượng thích hợp cho sản phẩm đạt chất lượng tốt.

Bảng 2. Ảnh hưởng loại và hàm lượng yến mạch (%) bổ sung đến màu sắc của sữa chua

	Nồng độ (%)	Loại yến mạch		Trung bình
		Cán vỡ	Cán đẹp	
Giá trị L*	0	94,64 ± 0,19	94,64 ± 0,19	94,64 ± 0,19 ^c
	1	93,64 ± 0,30	94,24 ± 0,52	94,04 ± 0,41 ^c
	1,2	93,44 ± 0,52	93,64 ± 0,32	93,54 ± 0,42 ^b
	1,5	91,30 ± 0,27	91,69 ± 0,43	91,50 ± 0,35 ^a
	Trung bình	92,68 ± 0,36 ^a	93,19 ± 0,42 ^b	
Giá trị a*	0	0,32 ± 0,22	0,32 ± 0,22	0,32 ± 0,22 ^c
	1	0,24 ± 0,05	0,08 ± 0,07	0,16 ± 0,06 ^a
	1,2	0,29 ± 0,07	0,20 ± 0,03	0,25 ± 0,05 ^b
	1,5	0,42 ± 0,07	0,23 ± 0,04	0,33 ± 0,06 ^d
	Trung bình	0,32 ± 0,06 ^b	0,17 ± 0,05 ^a	
Giá trị b*	0	10,36 ± 0,13	10,36 ± 0,13	10,36 ± 0,13 ^a
	1	11,62 ± 0,22	10,80 ± 0,22	11,21 ± 0,22 ^b
	1,2	11,28 ± 0,15	11,02 ± 0,07	11,24 ± 0,11 ^b
	1,5	11,85 ± 0,33	11,13 ± 0,11	11,49 ± 0,22 ^c
	Trung bình	11,58 ± 0,23 ^b	10,98 ± 0,13 ^a	

Ghi chú: Các giá trị trung bình nghiệm thức có chữ cái a, b theo hàng hoặc a, b, c, d theo cột chỉ sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

Kết quả Bảng 2 cho thấy, hàm lượng yến mạch bổ sung tăng lên có thể làm sữa chua bị sẫm màu ít hơn so với mẫu đối chứng (thể hiện ở giá trị L* giảm dần), do yến mạch có chứa axit ferulic nên khi bổ sung vào sữa chua làm giảm độ sáng của sản phẩm [10]. Bên cạnh đó, yến mạch cán vỡ chứa nhiều hợp chất phenolic và chất xơ hơn yến mạch cán đẹp, nên sữa chua bổ sung yến mạch cán đẹp sáng màu hơn sữa chua bổ sung yến mạch cán vỡ [9]. Nhìn chung, sữa chua có bổ sung yến mạch cán vỡ có điểm cảm quan cao hơn yến mạch cán đẹp về các chỉ tiêu đánh giá về cấu trúc, mùi vị, màu sắc (được thể hiện ở Hình 1). So với các nghiệm thức khác, sữa chua bổ sung yến mạch cán vỡ 1,2% có giá trị cảm quan tốt nhất, kết quả được thể hiện ở Hình 1.

Khi bổ sung yến mạch vào sữa chua giúp tăng cường hàm lượng chất xơ, mẫu sữa chua bổ sung yến mạch cán vỡ 1,2% được tiến hành phân tích hàm lượng xơ. Kết quả cho thấy chất xơ hòa tan 0,26% và chất xơ tổng số là 0,47%. Chất xơ hòa tan như beta-glucan trong yến mạch giúp hỗ trợ hệ tiêu hóa, giảm cholesterol xấu (LDL) và ổn định đường huyết [2]. Việc bổ sung yến mạch vào sữa

chua không chỉ tăng cường giá trị dinh dưỡng mà còn nâng cao chất lượng sản phẩm về cả hương vị lẫn cấu trúc, giúp sữa chua trở thành lựa chọn thực phẩm lành mạnh và bổ dưỡng hơn.

3.2. Ảnh hưởng của loại và hàm lượng vi khuẩn lên men đến chất lượng sữa chua bổ sung yến mạch

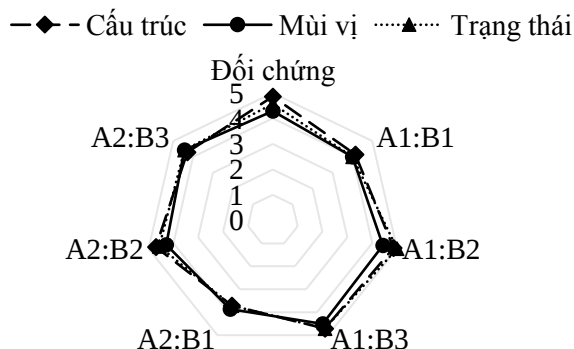
Khảo sát ảnh hưởng của hàm lượng (%), hai loại chủng vi khuẩn lên men YC-381 và Yogurt Starter bổ sung vào sữa chua, kết quả ở Bảng 3 cho thấy, vi khuẩn lên men YC-381 cho thời gian lên men của sữa chua ngắn hơn, sản phẩm có cấu trúc và độ đàn hồi tốt so với sữa chua bổ sung vi khuẩn lên men Yogurt Starter. Bên cạnh đó, khi tăng hàm lượng vi khuẩn lên men bổ sung vào sữa chua thì thời gian lên men được rút ngắn đáng kể, do quá trình chuyển hóa lactose thành axit lactic diễn ra nhanh hơn, dẫn đến sữa chua đông tụ nhanh hơn [11], [12]. Bảng 3 cho thấy, giá trị WHC của sữa chua tăng dần khi tăng hàm lượng vi khuẩn lên men và đạt giá trị cao nhất ở mẫu sữa chua bổ sung vi khuẩn YC-381 với hàm lượng 1,5%. Khi tăng mật số vi khuẩn lactic có trong sữa chua, giúp quá trình lên men mạnh mẽ hơn, nhiều axit lactic được tạo thành giúp đông tụ protein tốt hơn, tạo thành một mạng lưới gel chặt chẽ, tăng cường độ cứng và đàn hồi của sữa chua [13], [14].

Bảng 3. Ảnh hưởng của loại và hàm lượng vi khuẩn lên men (%) đến thời gian lên men, và đặc tính hóa lý của sữa chua bổ sung yến mạch

	Nồng độ vi khuẩn lên men (%)	Loại vi khuẩn lên men		Trung bình
		YC-381	Yogurt Starter	
Thời gian lên men (giờ)	0,7	5,25 ± 0,35	5,75 ± 0,35	5,50 ± 0,35 ^c
	1	4,25 ± 0,21	5,25 ± 0,35	4,70 ± 0,28 ^b
	1,5	3,75 ± 0,35	4,75 ± 0,35	8,50 ± 0,35 ^{ab}
	1,8	3,25 ± 0,35	4,25 ± 0,35	3,75 ± 0,35 ^a
	Trung bình	4,10 ± 0,32 ^a	5,00 ± 0,35 ^b	
WHC (%)	0,7	78,47 ± 0,42	73,78 ± 0,56	76,13 ± 0,49 ^b
	1	85,04 ± 0,15	75,53 ± 0,31	80,29 ± 0,23 ^c
	1,5	85,48 ± 0,18	77,13 ± 0,88	81,31 ± 0,53 ^c
	1,8	70,39 ± 1,22	69,45 ± 3,71	69,92 ± 2,47 ^a
	Trung bình	79,85 ± 0,49 ^b	73,97 ± 1,37 ^a	
Cấu trúc (g lực)	0,7	198,42 ± 11,34	88,98 ± 9,72	143,70 ± 10,53 ^b
	1	332,24 ± 8,19	99,14 ± 1,79	215,69 ± 4,99 ^c
	1,5	396,50 ± 9,18	119,90 ± 6,25	258,20 ± 5,72 ^d
	1,8	137,58 ± 8,44	130,20 ± 0,63	133,89 ± 4,54 ^a
	Trung bình	266,19 ± 14,30 ^b	109,55 ± 7,10 ^a	

Ghi chú: Các giá trị trung bình nghiệm thức có chữ cái a, b theo hàng hoặc a, b, c, d theo cột chỉ sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

Kết quả ở Bảng 4 cho thấy, khi bổ sung loại và hàm lượng vi khuẩn lên men có ảnh hưởng đến màu sắc của sữa chua, chỉ số L* tăng, khi tăng hàm lượng vi khuẩn bổ sung vào sữa chua. Sự thay đổi trong hoạt động của enzyme và các phản ứng hóa học có thể dẫn đến việc thay đổi màu sắc của sữa chua, do sự sản xuất axit lactic và các hợp chất khác trong quá trình lên men [15], [16]. Khi sử dụng loại và hàm lượng vi khuẩn lên men thích hợp sẽ cải thiện các đặc tính cảm quan và kết cấu của sữa chua [17], [18]. Kết quả nghiên cứu cho thấy, vi khuẩn lên men YC-381 cho sản phẩm sữa



Hình 1. Ảnh hưởng của loại và hàm lượng yến mạch (%) bổ sung đến giá trị cảm quan của sữa chua

chua có cấu trúc đồng nhất, độ sáng và màu sắc ổn định (Hình 2). Sữa chua sử dụng vi khuẩn lên men YC-381 ở hàm lượng 1,5% cho sản phẩm có điểm cảm quan cao nhất, cụ thể về cấu trúc ($4,48 \pm 0,38$), mùi vị ($4,71 \pm 0,49$) và trạng thái ($4,71 \pm 0,49$)

Bảng 4. Ảnh hưởng của loại và hàm lượng vi khuẩn lên men (%) đến màu sắc của sữa chua bổ sung yến mạch

	Nồng độ vi khuẩn lên men (%)	Loại vi khuẩn lên men		Trung bình
		YC-381	Yogurt Starter	
Giá trị L*	0,7	$95,87 \pm 0,64$	$95,37 \pm 0,11$	$95,62 \pm 0,38^{ab}$
	1	$96,08 \pm 0,71$	$95,34 \pm 0,32$	$95,71 \pm 0,52^b$
	1,5	$95,96 \pm 0,20$	$94,99 \pm 0,47$	$95,48 \pm 0,34^a$
	1,8	$95,69 \pm 0,36$	$95,73 \pm 0,37$	$95,71 \pm 0,35^b$
	Trung bình	$95,90 \pm 0,48^b$	$95,36 \pm 0,32^a$	
Giá trị a*	0,7	$0,48 \pm 0,07$	$0,05 \pm 0,02$	$0,27 \pm 0,05^a$
	1	$0,54 \pm 0,08$	$0,13 \pm 0,05$	$0,34 \pm 0,07^b$
	1,5	$0,75 \pm 0,13$	$0,19 \pm 0,06$	$0,47 \pm 0,10^c$
	1,8	$0,62 \pm 0,06$	$0,43 \pm 0,08$	$0,53 \pm 0,07^d$
	Trung bình	$0,60 \pm 0,09^b$	$0,2 \pm 0,05^a$	
Giá trị b*	0,7	$12,12 \pm 0,5$	$11,54 \pm 0,16$	$11,83 \pm 0,33^b$
	1	$12,66 \pm 0,16$	$11,87 \pm 0,34$	$12,27 \pm 0,25^c$
	1,5	$12,85 \pm 0,17$	$11,81 \pm 0,51$	$12,33 \pm 0,34^c$
	1,8	$10,79 \pm 0,24$	$10,65 \pm 0,47$	$10,72 \pm 0,36^a$
	Trung bình	$12,12 \pm 0,27^b$	$11,47 \pm 0,37^a$	

Ghi chú: Các giá trị trung bình nghiệm thức có chữ cái a, b theo hàng hoặc a, b, c theo cột chỉ sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).

3.3. Ảnh hưởng của hàm lượng carrageenan bổ sung đến chất lượng của sữa chua yến mạch

Khi bổ sung chất ổn định sẽ làm ảnh hưởng đến chất lượng của sữa chua, do các phụ gia này sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến quy trình lên men, chất lượng và hương vị của sản phẩm [5]. Kết quả ở Bảng 5 cho thấy, khi tăng hàm lượng carrageenan bổ sung vào sữa chua thì thời gian lên men bị kéo dài, giá trị WHC tăng, nhưng độ đàn hồi của sữa chua kém, cấu trúc gel trở nên lỏng lẻo và bị dễ vỡ. Việc bổ sung carrageenan vào sữa chua yến mạch sẽ giúp tăng độ nhớt, cải thiện cấu trúc, và hạn chế hiện tượng phân lớp trong sản phẩm. Tuy nhiên, carrageenan sẽ làm vi khuẩn lactic gặp khó khăn hơn trong việc tiếp cận và chuyển hóa lactose, dẫn đến thời gian lên men kéo dài [14]. Kết quả từ Bảng 5 cho thấy, bổ sung hàm lượng carrageenan 0,05% là thích hợp để sản phẩm vẫn giữ được các đặc tính hóa lý tốt nhất so với các nghiệm thức còn lại.

Bảng 5. Ảnh hưởng của hàm lượng carrageenan (%) đến thời gian lên men, và đặc tính hóa lý của sữa chua bổ sung yến mạch

Nồng độ carrageenan (%)	Thời gian lên men (giờ)	WHC (%)	Cấu trúc (g lực)
0	$4,75 \pm 0,35^a$	$77,13 \pm 0,88^a$	$119,90 \pm 6,25^a$
0,05	$6,08 \pm 0,11^b$	$80,54 \pm 0,56^b$	$211,74 \pm 19,75^d$
0,1	$6,63 \pm 0,28^c$	$84,58 \pm 0,06^c$	$188,06 \pm 18,35^c$
0,15	$7,46 \pm 0,30^d$	$84,93 \pm 0,18^c$	$156,32 \pm 20,35^b$

Ghi chú: Các giá trị trung bình có chữ cái a, b, c, d theo cột chỉ sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$).



Hình 2. Sữa chua bổ sung yến mạch sử dụng vi khuẩn lên men YC-381 ở hàm lượng 1,5%

Bảng 6. Ảnh hưởng của hàm lượng carrageenan (%) đến màu sắc của sữa chua bổ sung yến mạch

Nồng độ carrageenan (%)	Giá trị L*	Giá trị a*	Giá trị b*
0	94,99 ± 0,47 ^a	0,19 ± 0,06 ^{ns}	11,81 ± 0,51 ^{ns}
0,05	94,98 ± 0,66 ^a	0,35 ± 0,25 ^{ns}	12,34 ± 0,62 ^{ns}
0,1	97,04 ± 0,45 ^b	0,36 ± 0,13 ^{ns}	12,22 ± 0,61 ^{ns}
0,15	96,35 ± 0,42 ^b	0,43 ± 0,27 ^{ns}	12,39 ± 0,49 ^{ns}

Ghi chú: Các giá trị trung bình có chữ cái a, b, c theo cột chỉ sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($P < 0,05$). Ký hiệu ns chỉ sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($P > 0,05$).

Kết quả ở Bảng 6 cho thấy, nồng độ carrageenan ảnh hưởng rõ rệt đến màu sắc của sữa chua, khi bổ sung carrageenan với nồng độ tăng dần thì sữa chua có màu sắc tươi sáng hơn (Hình 3). Khi tăng nồng độ carrageenan từ 0,1% đến 0,15%, cấu trúc sữa chua trở nên kém hơn, điều này có thể là do sự ảnh hưởng của carrageenan khi được bổ sung hàm lượng cao, dẫn đến sự thay đổi trong độ kết dính và độ nhớt của sản phẩm. Kết quả thống kê cho thấy, sữa chua bổ sung yến mạch với carrageenan 0,05% cho sản phẩm có giá trị cảm quan cao nhất.

Sữa chua bổ sung yến mạch với carrageenan 0,05%, được tiến hành phân tích hàm lượng chất xơ, kết quả bao gồm hàm lượng xơ hòa tan 0,23% và xơ tổng số 0,43%. Điều này cho thấy khi bổ sung carragenan làm kéo dài thời gian lên men, giúp cho lợi khuẩn phát triển và tiêu thụ chất xơ trong sữa chua, làm cho hàm lượng chất xơ trong sản phẩm có xu hướng giảm. Tuy nhiên, khi bổ sung carrageenan, sữa chua yến mạch có khả năng duy trì kết cấu tốt trong thời gian dài mà không bị tách nước hoặc phân lớp, giúp sản phẩm ổn định cấu trúc trong thời gian bảo quản [5].

**Hình 3.** Sữa chua bổ sung yến mạch với carrageenan 0,05%

4. Kết luận

Nghiên cứu đã hướng tới việc phát triển sữa chua bổ sung yến mạch với hàm lượng dinh dưỡng cao và tốt cho sức khỏe. Tỷ lệ yến mạch cần vờ tối ưu là 1,2%, tạo nên sản phẩm sữa chua có màu sắc đẹp, cấu trúc mềm mại có độ đàn hồi tốt và hương vị đặc trưng. Sữa chua bổ sung yến mạch được kết hợp với carrageenan 0,05% và tiến hành lên men ở nhiệt độ 40°C trong 6,08 giờ, bằng vi khuẩn lên men sữa chua YC-381 với hàm lượng 1,5%, sản phẩm đạt được cấu trúc đồng nhất, bề mặt mịn màng và hương vị thơm ngon. Sữa chua bổ sung yến mạch là sản phẩm mang giá trị dinh dưỡng và phù hợp cho người bị bệnh lý về tim mạch và đường huyết. Kết quả nghiên cứu không chỉ góp phần mở rộng hiểu biết về việc sử dụng yến mạch trong thực phẩm lên men, mà còn mở ra hướng phát triển mới cho các sản phẩm dinh dưỡng cải tiến, đáp ứng nhu cầu của người tiêu dùng hiện đại.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] P. Walstra, J. T. Wouters, and T. J. Geurts, "Fermented milks," *Dairy science and technology*, Boca Raton, USA: CRC Press., pp. 808, 2005.
- [2] P. Bourlioux and P. Pochart, "Nutritional and health properties of yogurt," *World Rev Nutr Diet*, vol. 56, pp. 217-258, 1988.
- [3] A. L. A. Moreno, R. P. Cervera, and A. R. M. Ortega, "Scientific evidence about the role of yogurt and other fermented milks in the healthy diet for the Spanish population," (in Spanish), *Nutr Hosp*, vol. 28, pp. 2039-2089, 2013.

-
- [4] T. Sanz, A. Salvador, A. Jiménez, and S. M. Fiszman, "Yogurt enrichment with functional asparagus fibre. Effect of fibre extraction method on rheological properties, colour, and sensory acceptance," *European Food Research and Technology*, vol. 227, no. 5, pp. 1515-1521, 2008.
- [5] K. Skryplonek, M. Henriques, D. Gomes, J. Viegas, C. Fonseca, C. Pereira, and A. Mituniewicz-Małek, "Characteristics of lactose-free frozen yogurt with κ -carrageenan and corn starch as stabilizers," *Journal of Dairy Science*, vol. 102, no. 9, pp. 7838-7848, 2019.
- [6] M. H. Le, T. Q. H. Bui, T. P. L. Duong, T. T. T. Nguyen, T. T. Q. Phan, and N. B. Ly, "Some factors effecting the fermentation process and quantity of yogurt," (in Vietnamese), Agricultural Science Conference CAAB, 2012.
- [7] Q. Xiaoqing, N. Yuliya, Y. Wei, N. Yuanyang, Z. Yongsheng, and L. Bo, "Effect of Oat β -Glucan on the Rheological Characteristics and Microstructure of Set-Type Yogurt," *Molecules*, vol. 26, pp. 47-52, 2021.
- [8] C. Feng, B. Wang, A. Zhao, L. Wei, Y. Shao, Y. Wang, B. Cao, and F. Zhang, "Quality characteristics and antioxidant activities of goat milk yogurt with added jujube pulp," *Food Chemistry*, vol. 277, pp. 238-245, 2019.
- [9] S. Liu, J. E. Manson, M. J. Stampfer, F. B. Hu, E. Giovannucci, G. A. Colditz, C. H. Hanekens, W. C. Willett, "A prospective study of whole-grain intake and risk of type 2 diabetes mellitus in US women," *American Journal of Public Health*, vol. 90, pp. 1409-1415, 2000.
- [10] M. Gobbetti, S. De Marco, and F. Mozzi, "The effect of prebiotics on yogurt fermentation and bacterial populations," *International Journal of Dairy Technology*, vol. 63, no. 3, pp. 382-387, 2010.
- [11] A. Y. Tamime and R. K. Robinson, *Yoghurt: Science and technology*. Woodhead Publishing, ISBN, vol. 978, no. 1, 2007.
- [12] O. F. Celik and H. Temiz, "Lactobacilli isolates as potential aroma producer starter cultures: Effects on the chemical, physical, microbial, and sensory properties of yogurt," *Food Bioscience*, vol. 24, pp. 101-102, 2022.
- [13] H. Tanguler and H. Erten, "The effect of different milk and starter culture combinations on the physicochemical and sensory characteristics of set-type yoghurt," *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, vol. 6, no. 3, pp. 251-258, 2009.
- [14] N. Akin, M. S. Akin, and Z. Kirmaci, "Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream," *Food Chemistry*, vol. 104, no. 1, pp. 93-99, 2007.
- [15] N. Djurdjević, L. Šarić, J. Šimunović, and S. Milanović, "Influence of starter culture concentration and fermentation temperature on physicochemical and rheological properties of set yogurt," *Mljekarstvo*, vol. 69, no. 3, pp. 175-183, 2019.
- [16] S. Atamian, A. Olabi, B. O. K. Baghdadi, and I. Toufeili, "The characterization of the physicochemical and sensory properties of full-fat, reduced-fat and low-fat bovine, caprine, and ovine Greek yogurt (Labneh)," *Food Sci Nutr.*, vol. 2, no. 2, pp. 164-173, 2014.
- [17] C. Beal, J. Skokanova, E. Latrille, N. Martin, and G. Corrieu, "Combined effects of culture conditions and storage time on acidification and viscosity of stirred yogurt," *Journal of Dairy Science*, vol. 82, no. 4, pp. 673-681, 1999.
- [18] A. S. Akalın, S. Gönç, and G. Ünal, "Influence of β -glucan on the rheological and sensory properties and serum separation of fermented milk made with different starter cultures," *Journal of Dairy Science*, vol. 95, no. 7, pp. 3262-3272, 2012.