

ẢNH HƯỞNG CỦA TỈ LỆ DỊCH KHOAI LANG TÍM BỔ SUNG ĐẾN KHẢ NĂNG CHỐNG OXY HÓA VÀ TÍNH CHẤT CẢM QUAN CỦA SỮA CHUA DÈO

Nguyễn Thị Ngọc Dẽ^{1*}, Châu Minh Tân², Nguyễn Bảo Lộc³

¹Khoa Công nghệ - Thủy sản, Trường Cao đẳng Kinh tế Kỹ thuật Cần Thơ

²Phòng Hành chính tổ chức, Trường Cao đẳng Kinh tế Kỹ thuật Cần Thơ

³Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ

*Email: ntnde@ctec.edu.vn

Ngày nhận bài: 14/11/2024; Ngày nhận bài sửa: 07/12/2024; Ngày chấp nhận đăng: 17/01/2025

TÓM TẮT

Sữa chua dẻo bổ sung dịch khoai lang tím nhằm nâng cao giá trị dinh dưỡng và kinh tế cho sản phẩm. Mục tiêu của nghiên cứu là kết hợp dịch khoai lang tím vào quy trình sản xuất sữa chua dẻo có hoạt chất chống oxy hóa cao. Nghiên cứu đã tiến hành đánh giá ảnh hưởng của tỉ lệ hỗn hợp sữa và dịch khoai lang tím bổ sung (0; 1:0,5; 1:0,75 và 1:1) thông qua đánh giá các chỉ tiêu chống oxy hóa bao gồm polyphenol tổng (TPC), flavonoid tổng (TFC) và khả năng bắt gốc tự do DPPH, ABTS và khả năng ức chế một nửa (IC_{50}) theo thời gian lên men (2, 4, 6, 8 giờ). Kết quả cho thấy mẫu sữa chua bổ sung tỉ lệ 1:0,75 ở 6 giờ lên men cho giá trị cảm quan tốt nhất và đạt hàm lượng các chất chống oxy hóa cao bao gồm TPC (53,54 mg GAE/gck), TFC (27,23 mg QE/gck), DPPH (58,51 μ mol TE/gck), ABTS (63,32 μ mol TEAC/gck) và giá trị IC_{50} (9,51 mg/mL). Kết quả nghiên cứu khẳng định khi bổ sung lượng dịch khoai lang tím phù hợp vào quy trình sản xuất sữa chua dẻo không những nâng cao hoạt tính chống oxy hóa cho sản phẩm mà còn cải thiện chất lượng cảm quan cho sản phẩm sữa chua dẻo khoai lang tím.

Từ khóa: Sữa chua, sữa chua dẻo, sữa chua có hoạt tính chống oxy hóa, sữa chua bổ sung dịch khoai lang tím.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Sữa chua (yoghurt) là một trong những sản phẩm lên men được tiêu thụ rộng rãi trên toàn cầu, có giá trị dinh dưỡng cao và góp phần hỗ trợ chức năng tiêu hóa, tăng cường sức khỏe tim mạch cũng như nâng cao hệ miễn dịch tự nhiên của cơ thể [1]. Trong quá trình lên men sữa chua, vi khuẩn axit lactic (LAB) sử dụng nguồn đường lactose và nguồn nitơ để tạo thành sản phẩm axit lactic và nhiều sản phẩm chuyển hóa khác. Quá trình chuyển hóa này làm thay đổi về mặt hóa học, tăng chất dinh dưỡng có hoạt tính sinh học [2], hình thành các hợp chất làm thay đổi mùi, vị và cấu trúc của sữa chua [3]. Quá trình lên men sữa chua thường được phân thành hai giai đoạn bao gồm lên men chính và lên men phụ. Hiện nay, trên thị trường có rất nhiều loại sữa chua như dạng uống, dạng khuấy, dạng dẻo,... Trong đó, sữa chua dẻo là dạng sản phẩm phát triển từ sữa chua truyền thống nhờ vào các phụ gia làm đặc (gelatin, pectin, agar,...) để làm thay đổi cấu trúc, được sử dụng nhiều trong lĩnh vực đồ uống.

Một xu hướng mới hiện nay đối với lĩnh vực sữa chua là sử dụng các chất tự nhiên bổ sung vào phát triển thành sản phẩm mới nhằm đáp ứng kỳ vọng của người tiêu dùng về giá trị dinh dưỡng, giá thành sản phẩm, mà còn đáp ứng về sản phẩm cải thiện sức khỏe cho người tiêu dùng liên quan đến khả năng chống oxy hóa của thực phẩm. Theo hướng này, sữa chua thảo dược đang được quan tâm bằng cách bổ sung một số chiết xuất thực vật bổ sung vào sữa chua như trà xanh [4], vỏ măng cụt [5], kỷ tử [6],... Các hợp chất chống oxy hóa trong thực phẩm đóng vai trò quan trọng trong phòng ngừa bệnh tật và duy trì sức khỏe. Các chất chống oxy hóa giúp loại trừ các gốc tự do gây ảnh hưởng đến tế bào và mô, dẫn đến gây nhiều bệnh khác nhau ở con người như ung thư, tim mạch, béo phì, tăng huyết áp,... [7]. Bên cạnh đó, sự hiện diện của các hợp chất chống oxy hóa còn góp phần hạn chế quá trình oxy hóa lipid, từ đó nâng cao độ ổn định và kéo dài thời hạn bảo quản của sản phẩm lên men [8].

Khoai lang tím (KLT) được xem là một loại nông sản giàu tiềm năng trong sản xuất thực phẩm và ngày càng được quan tâm, nhờ màu sắc đặc trưng hấp dẫn cùng với việc chứa nhiều hợp chất sinh học quý, nổi bật là anthocyanin. Anthocyanin được biết đến có vai trò như một chất chống oxy hóa mạnh, giúp loại bỏ các gốc tự do, từ đó hỗ trợ làm chậm quá trình lão hóa và ngăn ngừa sự phát triển của các bệnh lý như ung thư, viêm khớp và xơ vữa động mạch [9]. Ngoài ra, anthocyanin còn mang lại nhiều lợi ích khác như tăng cường chức năng gan, điều hòa huyết áp, giảm lượng đường trong máu [10], đồng thời có khả năng kháng khuẩn, giảm viêm và hỗ trợ kiểm soát tình trạng béo phì [11]. Mặc dù sản lượng KLT có chiều hướng tăng nhưng những năm gần đây giá trị kinh tế của loại nông sản này lại không ổn định, do tác động của dịch bệnh và sự biến động về nhu cầu thị trường. Bên cạnh đó, mỗi năm có khoảng 18% sản lượng KLT được xếp vào nhóm phụ phẩm như củ bị trầy xước trong quá trình thu hoạch hoặc không đạt tiêu chuẩn xuất khẩu [12].

Việc bổ sung các chiết xuất từ thực vật vào sữa chua nhằm gia tăng hoạt tính chống oxy hóa phụ thuộc đáng kể vào mức độ bổ sung cũng như mức độ chấp nhận của người tiêu dùng [13]. Cho đến nay, các nghiên cứu liên quan đến việc ứng dụng dịch khoai lang tím thủy phân trong sản xuất sữa chua dẻo còn rất hạn chế. Nhằm tận dụng nguồn phụ phẩm KLT, đồng thời đa dạng hóa sản phẩm và góp phần giảm chi phí sản xuất, việc tích hợp nguyên liệu này vào quy trình chế biến sữa chua dẻo được xem là một hướng tiếp cận tiềm năng. Tuy nhiên, việc bổ sung dịch KLT có thể tác động đến các chỉ tiêu chất lượng của sản phẩm. Vì vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm đánh giá ảnh hưởng của tỷ lệ dịch KLT đến sự biến đổi hàm lượng các hợp chất chống oxy hóa trong sữa chua dẻo, đồng thời xác định mức bổ sung tối ưu cho quy trình sản xuất.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Nguyên liệu sử dụng trong nghiên cứu gồm: sữa cô đặc Ngôi sao Phương Nam và sữa tươi tiệt trùng Vinamilk (đóng hộp giấy), khoai lang tím được thu mua tại Bình Tân (Vĩnh Long), bột gelatin có độ Bloom 250, chủng vi khuẩn lactic YC381, cùng các enzyme có nguồn gốc từ Đan Mạch (bao gồm α -amylase chịu nhiệt và glucoamylase).

2.2. Quy trình chế biến

Quy trình sản xuất sữa chua dẻo KLT được tiến hành như sau:

Chuẩn bị dịch khoai: củ KLT → Làm sạch → Hấp chín → Xay nhuyễn với nước → Ủ nhiệt → Lọc → Dịch KLT.

Chuẩn bị dịch sữa: hỗn hợp sữa cô đặc và sữa tươi được khuấy đều theo tỉ lệ 1:1.

Phối trộn: dịch KLT, hỗn hợp sữa, men giống và gelatin được phối trộn → Rót hũ → Ủ nhiệt → Sản phẩm.

2.3. Tiến hành thí nghiệm

KLT được rửa sạch và loại bỏ những củ khoai không đạt tiêu chuẩn chế biến (sùng, thối,...). Sau đó, củ KLT được gia nhiệt làm chín ở 100 °C trong 15 phút, tiến hành xay KLT với nước (tỉ lệ 1:2). Hỗn hợp KLT vừa xay được ủ với enzyme (lần 1: 0,05% enzyme α -amylase ở 80 °C trong 40 phút; lần 2: 0,1% enzyme glucoamylase ở 60 °C trong 120 phút). Lọc dịch KLT và thu được dịch lọc [14].

Sữa cô đặc và sữa tươi tiệt trùng được phối chế theo tỉ lệ 1:1 (w/v) tạo thành hỗn hợp sữa. Dịch KLT được bổ sung vào hỗn hợp sữa theo tỉ lệ bổ sung (1:0,5; 1:0,75 và 1:1 v/v), tiếp theo 3% (w/v) hỗn hợp giống vi khuẩn và 2% gelatin được thêm vào hỗn hợp sữa và KLT (sử dụng một phần dịch KLT được lấy ra từ thể tích phối trộn với sữa, đun nóng và hòa tan gelatin). Hỗn hợp được rót vào hũ thủy tinh (đường kính 50 mm, cao 70 mm) và ủ ở nhiệt độ 40 °C \pm 1 °C (Pol-Eko, ILW 53, Ba Lan). Sau thời gian ủ nhiệt, thu được sản phẩm sữa chua dẻo KLT và tiến hành đánh giá các chỉ tiêu theo dõi.

Chỉ tiêu theo dõi: polyphenol tổng (TPC), flavonoid tổng (TFC), khả năng bắt gốc tự do DPPH, ABTS và khả năng ức chế một nửa (IC₅₀) và đánh giá cảm quan.

2.4. Phương pháp xác định các chỉ tiêu phân tích

2.4.1. Xác định polyphenol tổng

Polyphenol tổng (TPC) được xác định theo phương pháp Folin-Ciocalteu và được biểu thị dưới dạng mg tương đương axit gallic trên mỗi gam chất khô (mg GAE/g dw) [15]. Mẫu sữa chua dẻo KLT sau khi sấy đông khô và khử béo được cân chính xác 5 g, sau đó tiến hành chiết bằng 12 mL dung môi acetone 70%. Lấy 0,1 mL dịch chiết, pha loãng với 3,5 mL nước cất, 0,4 mL thuốc thử Folin-Ciocalteu và trộn đều. Tiếp theo, thêm 1 mL dung dịch Na_2CO_3 7,5% vào hỗn hợp và ủ ở nhiệt độ phòng trong 2 giờ. Sau thời gian phản ứng, tiến hành đo độ hấp thụ tại bước sóng 765 nm bằng máy quang phổ U-2800 (Shimadzu, Nhật Bản). Mẫu trắng được chuẩn bị bằng cách thay dịch chiết bằng acetone 70% và thực hiện các bước tương tự như đối với mẫu phân tích [15].

2.4.2. Xác định flavonoid tổng

Flavonoid tổng (TFC) được xác định theo phương pháp so màu với nhôm clorua và biểu thị dưới dạng mg tương đương quercetin trên mỗi gam chất khô (mg QE/g dw) [16]. Hút 0,5 mL dịch chiết sữa chua tím, tiến hành pha loãng với 3 mL nước cất, bổ sung lần lượt 0,15 mL dung dịch NaNO_2 5% và 0,3 mL AlCl_3 10%. Hỗn hợp phản ứng được trộn đều giữ 30 phút ở nhiệt độ phòng. Mẫu phân tích được đo ở độ hấp thụ có bước sóng 415 nm bằng máy quang phổ U-2800. Mẫu trắng được chuẩn bị bằng cách thay dịch chiết bằng acetone 70% và thực hiện các bước tương tự như mẫu phân tích [16].

2.4.3. Xác định khả năng bắt gốc tự do DPPH

Khả năng bắt (hay trung hòa) gốc tự do DPPH được xác định bằng cách dùng micropipet hút 800 μL mẫu đã pha loãng, trộn đều với 800 μL dung dịch DPPH 0,008%. Hỗn hợp được lắc đều và ủ 30 phút ở nhiệt độ phòng. Sau thời gian phản ứng, mẫu phân tích được đo độ hấp thụ tại bước sóng 517 nm bằng máy quang phổ U-2800. Hoạt tính khử gốc tự do DPPH được biểu thị dưới dạng μmol Trolox tương đương trên mỗi gam chất khô (TE/g dw) [17].

2.4.4. Xác định khả năng bắt gốc tự do ABTS

Khả năng bắt (trung hòa) gốc tự do ABTS được xác định thông qua phản ứng tạo gốc ABTS^+ bằng kali persulfate từ hợp chất 2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonate). Khi bổ sung mẫu chứa chất chống oxy hóa vào hỗn hợp phản ứng, các hợp chất này sẽ khử gốc ABTS^+ về dạng ABTS. Mức độ suy giảm của ABTS^+ được theo dõi bằng cách đo độ hấp thụ tại bước sóng 734 nm trên máy quang phổ U-2800 [18].

2.4.5. Xác định khả năng ức chế một nửa (IC_{50})

Khả năng ức chế một nửa (IC_{50}) được xác định bằng cách lấy 600 μL dịch chiết sữa chua dẻo KLT (đã pha loãng) trộn với 600 μL dung dịch DPPH 0,008% (w/v). Hỗn hợp được lắc đều trong ống nghiệm, ủ trong điều kiện tối 30 phút ở nhiệt độ phòng. Độ hấp thụ của hỗn hợp được đo tại bước sóng 517 nm bằng máy quang phổ U-2800. Giá trị IC_{50} được tính theo công thức $A = (50 - b)/a$, trong đó A là IC_{50} (mg/mL), còn a và b lần lượt là các hệ số của phương trình hồi quy tuyến tính ($y = ax + b$) [19].

2.4.6. Xác định chất lượng cảm quan

Chất lượng cảm quan sữa chua dẻo KLT được xác định bằng phương pháp mô tả định lượng (QDA) để so sánh, mô tả các thuộc tính cảm quan của sản phẩm. Hội đồng cảm quan được thành lập với 9 thành viên, có sức khỏe, có chuyên môn, được tập huấn để nhận biết các thuộc tính cảm quan. Sau đó, mỗi cảm quan viên được đánh giá mẫu bằng cách cho điểm thuộc tính theo cường độ xuất hiện. Thuộc tính được đánh giá từ 0 (không có) đến 5 (cực độ). Đồng thời, mỗi cảm quan viên đều phải đánh giá chất lượng tổng thể của mẫu phân tích, với thang điểm tương ứng như sau: rất kém (0 điểm), kém (1 điểm), trung bình (2 điểm), khá (3 điểm), tốt (4 điểm) và rất tốt (5 điểm) [20].

2.4.7. Xử lý số liệu thực nghiệm

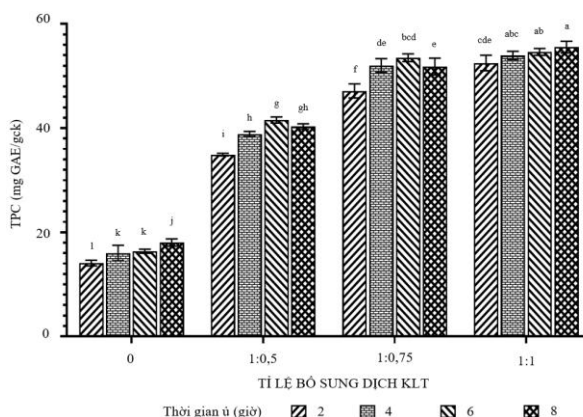
Sự khác biệt giữa các nghiệm thức được đánh giá bằng phân tích phương sai (ANOVA), kết hợp kiểm định LSD, thực hiện trên phần mềm Statgraphics 19.5.01 (Mỹ). Đồ thị được xây dựng bằng phần mềm GraphPad Prism 9 (Mỹ). Mỗi thí nghiệm được tiến hành lặp lại ba lần, và kết quả được biểu diễn dưới dạng giá trị trung bình kèm độ lệch chuẩn (\pm SD). Tất cả số liệu được quy đổi và tính toán trên căn bản chất khô (gck).

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của tỉ lệ dịch KLT bổ sung đến hàm lượng các chất chống oxy hóa của sữa chua dẻo

3.1.1. Ảnh hưởng của tỉ lệ dịch KLT bổ sung đến TPC của sữa chua dẻo theo thời gian lên men

Kết quả phân tích thể hiện Hình 1 cho thấy tỉ lệ bổ sung dịch KLT có ảnh hưởng đến TPC của mẫu sữa chua dẻo bổ sung KLT theo thời gian lên men. Theo đó, TPC ở mẫu 0 (mẫu không bổ sung dịch KLT) đạt thấp nhất và không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ở 4 giờ lên men đầu tiên và có xu hướng tăng nhẹ sau 4-8 giờ lên men. Tuy nhiên, TPC có xu hướng tăng lên khi tăng tỉ lệ bổ sung từ 1:0,5-1:1 và khác biệt ý nghĩa thống kê giữa các mốc thời gian lên men từ 2-8 giờ. Nguyên nhân của sự thay đổi này đối với mẫu 0, TPC có sự thay đổi không nhiều, phần lớn là do quá trình thủy phân protein tạo ra một số hợp phenolic như tyrosin [21]. Bên cạnh đó trong quá trình lên men, vi khuẩn lactic sản xuất ra một số loại axit phenolic như axit vanillic và axit p-hydroxybenzoic làm tăng TPC [22]. TPC trong dịch KLT khá cao (78,89 mgGAE/gck) [23], khi phối trộn dịch KLT vào hỗn hợp sữa, các hợp chất phenolic này dễ dàng khuếch tán vào bên trong mạng lưới gel casein ở gần điểm đẳng điện [24]. Vì protein của sữa rất giàu proline nên chúng có ái lực rất mạnh với nhóm hydroxyl (-OH) của phenolic [25]. Những tương tác polyphenol-casein này xảy ra thông qua liên kết cộng hóa trị và không cộng hóa trị, có thể giữ polyphenol trong mạng lưới polyme sữa chua và ma trận gel [26]. Hơn nữa, những tương tác casein-polyphenol này được báo cáo là làm tăng tốc quá trình kết tụ và kết tủa casein [26], có thể đẩy nhanh quá trình tạo gel trong sữa chua. Đồng thời TPC tăng lên nguyên nhân cũng có thể là do bổ sung thêm các thành phần khác từ thực vật chứa TPC cao [27]. Tuy nhiên, nếu kéo dài thời gian lên men, TPC có xu hướng giảm nhẹ do những tương tác giữa các nhóm phenolic và protein trong quá trình lên men sữa chua [28].

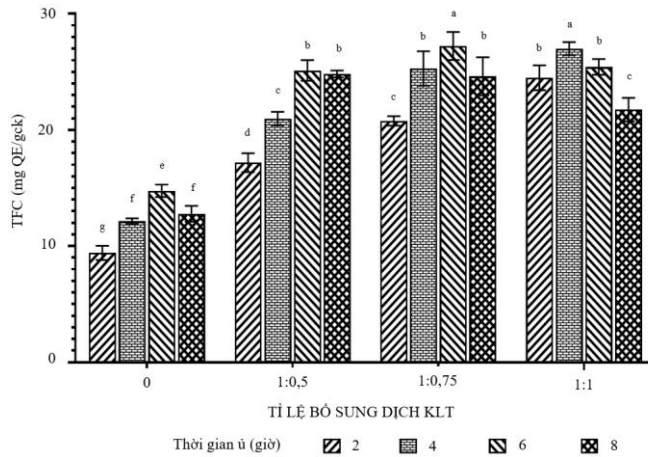


Hình 1. Ảnh hưởng của tỉ lệ dịch KLT bổ sung đến TPC sữa chua dẻo theo thời gian lên men
Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trên các cột thể hiện sự khác biệt nghĩa thống kê ở mức nghĩa 5%.

3.1.2. Ảnh hưởng của tỉ lệ dịch KLT bổ sung đến TFC của sữa chua dẻo theo thời gian lên men

Sự thay đổi TFC trong quá trình lên men được thể hiện ở Hình 2.

Kết quả phân tích cho thấy TFC có sự khác biệt nghĩa thống kê giữa mẫu 0 và mẫu có bổ sung dịch KLT ở các tỉ lệ từ 1:0,5-1:1. Theo đó, TFC đạt cao nhất khi bổ sung tỉ lệ 1:0,75 dịch KLT ở 6 giờ lên men (27,23 mg QE/gck). Sau 8 giờ lên men, TFC của các mẫu sữa chua đều có xu hướng giảm lần lượt ở mẫu 0 (12,78 mg QE/gck), tỉ lệ 1:0,5 (24,82 mg QE/gck), tỉ lệ 1:0,75 (24,61 mg QE/gck) và tỉ lệ 1:1 (21,75 mg QE/gck). Kết quả trên có được là do trong dịch KLT có chứa TFC khá cao (33,95 mg QE/gck) [23]. Kết quả nghiên cứu trên phù hợp với nghiên cứu của El-Said *et al.*, (2014), TFC trong sữa chua tăng lên đáng kể khi tỉ lệ dịch chiết vỏ lựu bổ sung từ 35% [29]. Tuy nhiên sau quá trình lên men, TFC có xu hướng giảm xuống do quá trình phân hủy các hợp chất phenolic theo thời gian [30].



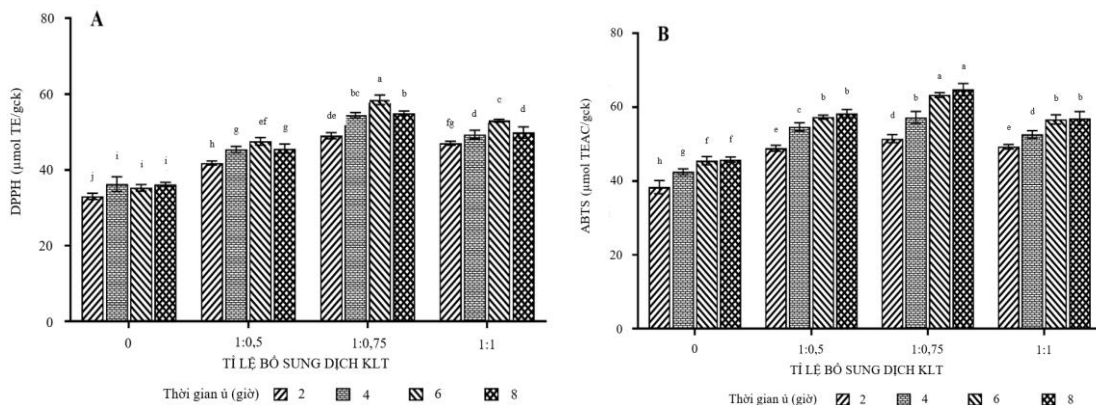
Hình 2. Ảnh hưởng của tỉ lệ dịch KLT bổ sung đến TFC sữa chua dẻo theo thời gian lên men
 Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trên các cột thể hiện sự khác biệt nghĩa thống kê ở mức nghĩa 5%.

3.2. Ảnh hưởng của tỉ lệ dịch KLT bổ sung đến khả năng bắt gốc tự do của sữa chua dẻo

3.2.1. Ảnh hưởng của tỉ lệ dịch KLT bổ sung đến khả năng bắt gốc tự do DPPH và ABTS

Hoạt động bắt gốc tự do của các chất có hoạt tính sinh học rất phức tạp và thông qua nhiều cơ chế khác nhau [31]. Chính vì vậy việc xác định khả năng không thực hiện bằng một phương pháp nhất định mà cần phân tích nhiều phương pháp [32]. Kết quả phân tích khả năng bắt gốc tự do DPPH và ABTS của sữa chua dẻo bổ sung dịch KLT theo thời gian lên men được thể hiện qua Hình 3.

Kết quả phân tích khả năng bắt gốc tự do DPPH của sữa chua bổ sung dịch KLT được thể hiện ở Hình 3.A. Kết quả phân tích cho thấy khả năng bắt gốc tự do DPPH có sự khác biệt nghĩa thống kê ($p < 0,05$) giữa các tỉ lệ bổ sung theo thời gian lên men. Cụ thể, khả năng bắt gốc DPPH của mẫu 0 là thấp nhất và có sự khác biệt nghĩa thống kê so với các tỉ lệ bổ sung còn lại lần lượt là tỉ lệ 1:0,5 (45,11 $\mu\text{mol TE/gck}$), tỉ lệ 1:0,75 (54,25 $\mu\text{mol TE/gck}$) và tỉ lệ 1:1 (49,84 $\mu\text{mol TE/gck}$). Ở 6 giờ lên men của tỉ lệ (1:0,75), khả năng bắt gốc tự do DPPH đạt cao nhất (56,89 $\mu\text{mol TE/gck}$) và khác biệt nghĩa thống kê so với các tỉ lệ còn lại lần lượt là tỉ lệ 1:0,5 (47,53 $\mu\text{mol TE/gck}$), tỉ lệ 1:1 (53,01 $\mu\text{mol TE/gck}$). Tuy nhiên khả năng bắt gốc tự do DPPH ở 8 giờ lên men của các mẫu bổ sung dịch KLT có xu hướng giảm lần lượt ở tỉ lệ 1:0,5 (45,62 $\mu\text{mol TE/gck}$), tỉ lệ 1:0,75 (54,99 $\mu\text{mol TE/gck}$) và tỉ lệ 1:1 (49,90 $\mu\text{mol TE/gck}$). Bên cạnh đó, hoạt tính chống oxy hóa của sữa chua dẻo bổ sung dịch KLT còn thể hiện qua khả năng bắt gốc tự do ABTS (Hình 3.B). Theo đó, khả năng bắt gốc tự do ABTS có xu hướng tăng theo thời gian lên men ở tất cả các tỉ lệ bổ sung dịch KLT. Khả năng bắt gốc tự do ABTS cao nhất (61,77 $\mu\text{mol TEAC/gck}$) với tỉ lệ bổ sung 1:0,75 ở 6 giờ lên men và khác biệt nghĩa thống kê so với các tỉ lệ và thời gian lên men còn lại.

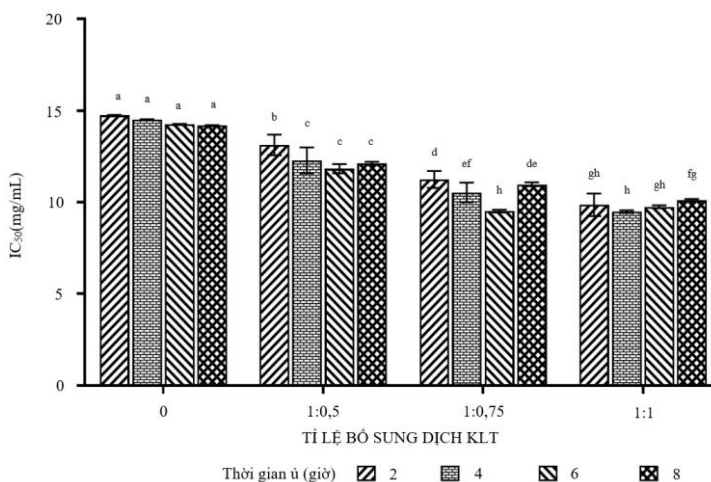


Hình 3. Ảnh hưởng của tỉ lệ dịch KLT bổ sung đến khả năng bắt gốc tự do của sữa chua dẻo theo thời gian lên men
 A: Khả năng bắt gốc tự do DPPH; B: Khả năng bắt gốc tự do ABTS
 Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trên các cột thể hiện sự khác biệt nghĩa thống kê ở mức nghĩa 5%.

Kết quả trên phù hợp với nghiên cứu của Akan (2022) khi đánh giá khả năng bắt gốc tự do của sữa chua. Khả năng bắt gốc DPPH cũng giảm mạnh sau 8 giờ lên men [31]. Nguyên nhân là do khả năng bắt gốc tự do phụ thuộc vào hàm lượng các chất có khả năng chống oxy hóa như TPC, TFC trong sản phẩm. Đồng thời khả năng bắt gốc ABTS cũng tăng theo thời gian lên men. Khả năng bắt gốc tự do DPPH và ABTS không ổn định là do chịu ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố như hoạt động của hệ vi sinh vật, khả năng chống oxy hóa của các hoạt chất sinh học có trong nguyên liệu, các hợp chất sinh học hình thành trong quá trình lên men [33]. Quá trình thủy phân và giải phóng các thành phần từ tế bào thông qua quá trình lên men sẽ giải phóng các hợp chất phenolic từ thực phẩm, từ đó ảnh hưởng đến hoạt động chống oxy hóa [34]. Ngoài ra, các phương thức chống oxy hóa có thể khác nhau do sự khác biệt về cấu trúc trong các hợp chất chống oxy hóa như độ phân cực, điều kiện ion, khả năng liên kết hydro, độ hòa tan và cấu trúc vi thể [33]. Virtanen *et al.*, (2007) báo cáo rằng hoạt động chống oxy hóa của sữa chua tăng lên do quá trình thủy phân các thành phần sữa bởi vi khuẩn axit lactic và các sản phẩm thủy phân có trọng lượng từ 4 đến 20 kDa chịu trách nhiệm cho hoạt động chống oxy hóa [35].

3.2.3. Ảnh hưởng của tỉ lệ dịch KLT bổ sung đến khả năng trung hòa một nửa của sữa chua dẻo

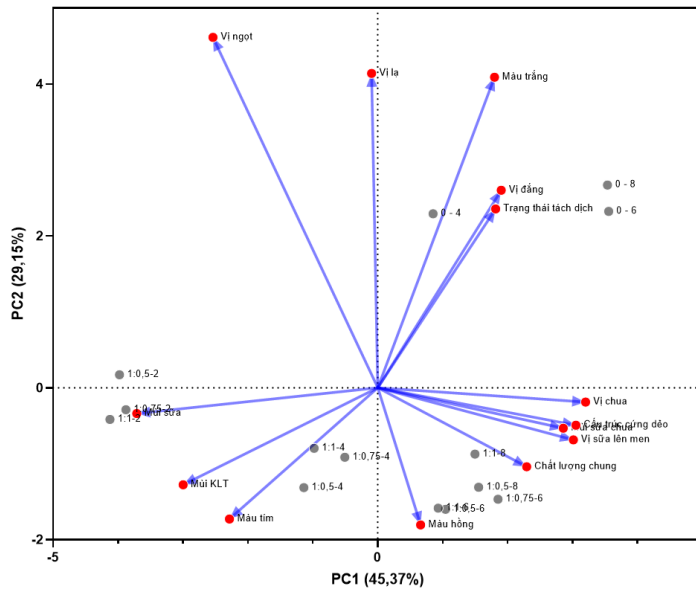
Khả năng trung hòa một nửa (IC_{50}) thể hiện khả năng bắt 50% gốc tự do DPPH của mẫu sữa chua. Hình 4 thể hiện giá trị IC_{50} của sữa chua bổ sung dịch KLT theo thời gian lên men. Kết quả phân tích cho thấy ở mẫu 0, giá trị IC_{50} đạt ở mức cao nhất và không có sự khác biệt nghĩa thống kê theo thời gian lên men. Điều này cho thấy khả năng trung hòa 50% gốc tự do của mẫu 0 đạt thấp nhất. Khi bổ sung tỉ lệ dịch KLT, giá trị IC_{50} có xu hướng giảm theo tỉ lệ bổ sung, nghĩa là khả năng trung hòa một nửa càng cao. Giá trị IC_{50} đạt thấp nhất (9,51 mg/mL) ở mẫu có tỉ lệ bổ sung 1:0,75 với 6 giờ lên men. Celik *et al.* (2023) cho rằng hoạt động chống oxy hóa của sữa chua là không đáng kể nhưng sẽ tăng lên rất nhiều khi được bổ sung các thành phần như trà xanh, trà đen,... [36]. Khả năng trung hòa một nửa phụ thuộc rất nhiều vào hàm lượng các chất phenolic. Theo nhóm tác giả này, giá trị IC_{50} tăng đáng kể khi bổ sung thêm trà đen vào sữa chua so với mẫu đối chứng không bổ sung [37].



Hình 4. Ảnh hưởng của tỉ lệ dịch KLT bổ sung đến giá trị IC_{50} của sữa chua dẻo theo thời gian lên men
Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trên các cột thể hiện sự khác biệt nghĩa thống kê ở mức nghĩa 5%.

3.3. Ảnh hưởng của tỉ lệ dịch KLT bổ sung đến thành giá trị cảm quan của sữa chua dẻo theo thời gian lên men

Kết quả phân tích PCA thể hiện ở Hình 5 cho thấy có sự phân hóa rất rõ giữa các mẫu khảo sát. Đồng thời, thời gian lên men cũng có ảnh hưởng đến chất lượng cảm quan của sản phẩm. Ở góc phần tư thứ nhất của Hình 5 cho thấy hầu hết các tính chất đặc trưng của mẫu 0 tập trung ở vị trí này như có màu trắng, bị tách dịch khi lên men thời gian dài. Ở góc phần tư thứ 2, tập trung các mẫu có bổ sung dịch KLT ở các mốc thời gian lên men 6-8 giờ. Ở góc phần tư thứ 2 này tập trung các đặc tính như có vị sữa lên men, màu hồng, cấu trúc cứng dẻo, vị chua và chất lượng chung của mẫu cũng tập trung ở vị trí này. Ở góc phần tư thứ 3, vị trí này tập trung các mẫu có bổ sung dịch KLT ở các mốc thời gian lên men từ 2-4 giờ, đặc tính của các mẫu này là giữ màu tím, còn mùi đặc trưng của dịch KLT.



Hình 5. Sự tương quan giữa các đặc tính cảm quan của sữa chua dẻo KLT theo tỉ lệ dịch KLT bổ sung và thời gian lên men
Ghi chú: PC1: Thành phần chính thứ nhất; PC2: Thành phần chính thứ 2

4. KẾT LUẬN

Việc đưa dịch KLT vào công thức sản xuất sữa chua dẻo đã làm thay đổi rõ rệt hàm lượng các hợp chất chống oxy hóa của sản phẩm. Nghiên cứu cho thấy rằng khi bổ sung dịch KLT với tỷ lệ 1:0,75 vào sữa chua và ủ lên men trong 6 giờ, sản phẩm ngoài có chất lượng cảm quan tốt thì còn đạt hàm lượng chất chống oxy hóa cao. Do sữa chua dẻo KLT giàu anthocyanin, hợp chất đóng vai trò chính trong hoạt tính chống oxy hóa vì thế các nghiên cứu tiếp theo cần tập trung xác định và tối ưu hóa điều kiện bảo quản nhằm duy trì ổn định chất lượng sản phẩm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. Tavakoli, M. B. Habibi Najafi, and M. Mohebbi, "Effect of the milk fat content and starter culture selection on proteolysis and antioxidant activity of probiotic yogurt," *Heliyon*, vol. 5, no. 2, p. e01204, 2019. doi: 10.1016/j.heliyon.2019.e01204.
- [2] J. P. Tamang, D. H. Shin, S. I. Jung, and S. W. Chae, "Functional properties of microorganisms in fermented foods," *Frontiers in Microbiology*, vol. 7, pp. 1–13, 2016. doi: 10.3389/fmicb.2016.00578.
- [3] M. Brückner-Gühmann, A. Benthin, and S. Drusch, "Enrichment of yoghurt with oat protein fractions: Structure formation, textural properties and sensory evaluation," *Food Hydrocolloids*, vol. 86, pp. 186–193, 2019. doi: 10.1016/j.foodhyd.2018.03.019.
- [4] A. S. Baba, A. Najarian, A. B. Shori, K. W. Lit, and G. A. Keng, "Viability of lactic acid bacteria, antioxidant activity and in vitro inhibition of angiotensin-I-converting enzyme of *Lycium barbarum* yogurt," *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol. 39, no. 7, pp. 5355–5362, 2014. doi: 10.1007/s13369-014-1127-2.
- [5] P. Muniandy, A. B. Shori, and A. S. Baba, "Influence of green, white and black tea addition on the antioxidant activity of probiotic yogurt during refrigerated storage," *Food Packaging and Shelf Life*, vol. 8, pp. 1–8, 2016. doi: 10.1016/j.fpsl.2016.02.002.
- [6] J. M. W. Wibawanti, Rinawidiastuti, H. D. Arifin, and H. Zulfanita, "Improving characteristics of goat milk yogurt drink fortified by mangosteen rind (*Garcinia mangostana* L.) extract," *IOP*

- Conference Series: Earth and Environmental Science*, vol. 102, no. 1, p. 012008, 2018. doi: 10.1088/1755-1315/102/1/012008.
- [7] S. S. Senadeera, P. H. P. Prasanna, N. W. I. A. Jayawardana, D. C. S. Gunasekara, P. Senadeera, and A. Chandrasekara, “Antioxidant, physicochemical, microbiological, and sensory properties of probiotic yoghurt incorporated with various *Annona* species pulp,” *Heliyon*, vol. 4, no. 11, p. e00955, 2018. doi: 10.1016/j.heliyon.2018.e00955.
- [8] C. H. Beckman, “Phenolic-storing cells: keys to programmed cell death and periderm formation in wilt disease resistance and in general defence responses in plants?,” *Physiological and Molecular Plant Pathology*, vol. 57, no. 3, pp. 101–110, 2000. doi: 10.1006/pmpp.2000.0287.
- [9] Y. Jiao, Y. Jiang, W. Zhai, and Z. Yang, “Studies on antioxidant capacity of anthocyanin extract from purple sweet potato (*Ipomoea batatas* L.),” *African Journal of Biotechnology*, vol. 11, no. 27, pp. 7046–7054, 2012. doi: 10.5897/ajb11.3859.
- [10] S. Wang, S. Nie, and F. Zhu, “Chemical constituents and health effects of sweet potato,” *Food Research International*, vol. 89, no. 1, pp. 90–116, 2016. doi: 10.1016/j.foodres.2016.08.032.
- [11] S. Lim, J. Lee, J. Jung, S. Kim, and W. Lee, “Role of anthocyanin-enriched purple-fleshed sweet potato P40 in colorectal cancer prevention,” *Molecular Nutrition & Food Research*, vol. 57, no. 11, pp. 1908–1925, 2013. doi: 10.1002/mnfr.201300040.
- [12] T. T. Hồ and T. H. H. Mai, “Năng suất và thành phần hóa học của dây và củ khoai lang phụ phẩm làm thức ăn cho gia súc, gia cầm tại huyện Bình Tân, tỉnh Vĩnh Long,” *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, vol. 56, no. 5, pp. 87–92, 2020. doi: 10.22144/ctu.jvn.2020.116.
- [13] G. Gyebi, R. Shaibu, M. Fabusiwa, C. Olaiya, and O. Ogunyemi, “Antioxidant, nutritional, and physicochemical quality of yoghurt produced from a milk-based fermentation mix enhanced with food spices,” *Croatian Journal of Food Science and Technology*, vol. 13, no. 2, pp. 201–209, 2021. doi: 10.17508/cjfst.2021.13.2.10.
- [14] V. V. Huỳnh and M. T. Nguyễn, “Ảnh hưởng của tỷ lệ nước bổ sung và enzyme α -amylase trong thủy phân tinh bột khoai lang tím Nhật,” *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ*, special issue Nông nghiệp, pp. 28–34, 2014.
- [15] S. Jiang, W. Cai, and B. Xu, “Food quality improvement of soy milk made from short-time germinated soybeans,” *Foods*, vol. 2, no. 2, pp. 198–212, 2013. doi: 10.3390/foods2020198.
- [16] H. Khan, “Oxidation of glutathione (GSH) in blood plasma due to oxidative stressors: A case study of silver,” *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, vol. 6, no. 21, pp. 1502–1507, 2012. doi: 10.5897/ajpp11.790.
- [17] S. Sakshy, K. K. Hullatti, S. M. Prasanna, I. J. Kuppast, and S. Paras, “Comparative study of *Cuscuta reflexa* and *Cassiytha filiformis* for diuretic activity,” *Pharmacognosy Research*, vol. 1, no. 5, pp. 327–330.
- [18] M. N. Alam, N. J. Bristi, and M. Rafiquzzaman, “Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity,” *Saudi Pharmaceutical Journal*, vol. 21, no. 2, pp. 143–152, 2013. doi: 10.1016/j.jsps.2012.05.002.
- [19] T. D. Huynh, V. T. Nguyen, N. T. Le, T. N. U. Nguyen, and D. D. Nguyen, “Determination of total polyphenol, saponin contents, antioxidant and antibacterial activities of *Melastoma malabathricum* leaves by liquid-liquid extraction,” *CTU Journal of Innovation and Sustainable Development*, vol. 12, no. 1, pp. 8–15, 2020. doi: 10.22144/ctu.jen.2020.002.
- [20] T. P. L. Dương, “Nghiên cứu chế biến các sản phẩm thực phẩm có hoạt tính sinh học cao từ hạt đậu nành nảy mầm,” Ph.D. dissertation, Can Tho University, 2018.
- [21] M. R. Damin, M. R. Alcântara, A. P. Nunes, and M. N. Oliveira, “Effects of milk supplementation with skim milk powder, whey protein concentrate, and sodium caseinate on acidification kinetics, rheological properties, and structure of nonfat stirred yogurt,” *LWT - Food Science and Technology*, vol. 42, no. 10, pp. 1744–1750, 2009. doi: 10.1016/j.lwt.2009.03.019.
- [22] U. Blum, “Effects of microbial utilization of phenolic acids and their phenolic acid breakdown products on allelopathic interactions,” *Journal of Chemical Ecology*, vol. 24, no. 4, pp. 685–708, 1998. doi: 10.1023/a:1022394203540.

- [23] M. P. Trần, T. M. X. Nguyễn, H. M. Y. Nguyễn, T. P. L. Dương, and T. T. Hà, “Nghiên cứu ảnh hưởng của dạng và tỷ lệ khoai lang tím bổ sung đến hàm lượng các chất chống oxy hoá của đậu hũ,” *Tạp chí Nông nghiệp và Phát triển Nông thôn*, no. 6, pp. 33–39, 2023.
- [24] L. Trigueros, A. Wojdyło, and E. Sendra, “Antioxidant activity and protein–polyphenol interactions in a pomegranate (*Punica granatum* L.) yogurt,” *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 62, no. 27, pp. 6417–6442, 2014. doi: 10.1021/jf501503h.
- [25] S. Yildirim-Elikoglu and Y. K. Erdem, “Interactions between milk proteins and polyphenols: Binding mechanisms, related changes, and the future trends in the dairy industry,” *Food Reviews International*, vol. 34, no. 7, pp. 665–697, 2018. doi: 10.1080/87559129.2017.1377225.
- [26] Z. Yuksel, E. Avci, and Y. K. Erdem, “Characterization of binding interactions between green tea flavonoids and milk proteins,” *Food Chemistry*, vol. 121, no. 2, pp. 450–456, 2010. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.12.064.
- [27] T. Ishikawa, M. Kudo, and J. Kitajima, “Water-soluble constituents of dill,” *Chemical and Pharmaceutical Bulletin (Tokyo)*, vol. 50, no. 4, pp. 501–508, 2002. doi: 10.1248/cpb.50.501.
- [28] P. Sánchez-Bravo, P. J. Zapata, A. Martínez-Esplá, Á. A. Carbonell-Barrachina, and E. Sendra, “Antioxidant and anthocyanin content in fermented milks with sweet cherry is affected by the starter culture and the ripening stage of the cherry,” *Beverages*, vol. 4, no. 3, pp. 57–70, 2018. doi: 10.3390/beverages4030057.
- [29] G. Jakobsdottir, M. Nyman, and F. Fåk, “Designing future prebiotic fiber to target metabolic syndrome,” *Nutrition*, vol. 30, no. 5, pp. 497–502, 2014. doi: 10.1016/J.NUT.2013.08.013.
- [30] M. M. El-Said, H. F. Haggag, H. M. Fakhr El-Din, A. S. Gad, and A. M. Farahat, “Antioxidant activities and physical properties of stirred yoghurt fortified with pomegranate peel extracts,” *Annals of Agricultural Sciences*, vol. 59, no. 2, pp. 207–212, 2014. doi: 10.1016/j.aosas.2014.11.007.
- [31] E. Akan, “The effect of fermentation time and yogurt bacteria on the physicochemical, microbiological and antioxidant properties of probiotic goat yogurts,” *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, vol. 94, no. 3, p. e20210875, 2022. doi: 10.1590/0001-3765202220210875.
- [32] J. Chen, H. Lindmark-Månsson, L. Gorton, and B. Åkesson, “Antioxidant capacity of bovine milk as assayed by spectrophotometric and amperometric methods,” *International Dairy Journal*, vol. 13, no. 12, pp. 927–935, 2003. doi: 10.1016/S0958-6946(03)00139-0.
- [33] T. Ozcan, T. Ozdemir, and H. R. Avci, “Survival of *Lactobacillus casei* and functional characteristics of reduced sugar red beetroot yoghurt with natural sugar substitutes,” *International Journal of Dairy Technology*, vol. 74, no. 1, pp. 148–160, 2021. doi: 10.1111/1471-0307.12741.
- [34] J. W. Yoon, S. I. Ahn, J. W. Jhoo, and G. Y. Kim, “Antioxidant activity of yogurt fermented at low temperature and its anti-inflammatory effect on DSS-induced colitis in mice,” *Food Science of Animal Resources*, vol. 39, no. 1, pp. 162–176, 2019. doi: 10.5851/kosfa.2019.e13.
- [35] T. Virtanen, A. Pihlanto, S. Akkanen, and H. Korhonen, “Development of antioxidant activity in milk whey during fermentation with lactic acid bacteria,” *Journal of Applied Microbiology*, vol. 102, no. 1, pp. 106–121, 2007. doi: 10.1111/j.1365-2672.2006.03072.x.
- [36] O. F. Celik, M. Kilicaslan, S. Akcaoglu, and Y. Ozturk, “Improving the antioxidant activity of yogurt through black and green tea supplementation,” *International Journal of Food Science and Technology*, vol. 58, no. 11, pp. 6121–6130, 2023. doi: 10.1111/ijfs.16722.

ABSTRACT

**EFFECTS OF PURPLE SWEET POTATO RATIOS ON ANTIOXIDANT
AND SENSORIAL QUALITY OF JELLY YOGURT**

Nguyen Thi Ngoc De^{1*}, Chau Minh Tan², Nguyen Bao Loc³

¹*Faculty of Technology - Aquaculture, Can Tho College of Economics and Technology*

²*Administrative and Organizational Department, Can Tho College of Economics and Technology*

³*Institute of Biotechnology and Food Technology, Can Tho University*

*Email: ntnde@ctec.edu.vn

Purple sweet potato yogurt is a novel product developed to enhance both the nutritional and economic value of yogurt. The study aimed to evaluate the effects of different ratios of milk to purple sweet potato juice (0; 1:0.5; 1:0.75; and 1:1) on antioxidant properties, including total polyphenol content (TPC), total flavonoid content (TFC), and free radical scavenging activities (DPPH and ABTS assays), with IC₅₀ values over fermentation periods of 2, 4, 6, and 8 h. The results showed that the yogurt with a 1:0.75 ratio after 6 h of fermentation exhibited the best sensory quality and achieved high levels of antioxidants, including a TPC (53.54 mg GAE/g db), TFC (27.23 mg QE/g db), DPPH (58.51 μmol TE/g db), ABTS (63.32 μmol TEAC/g db), and an IC₅₀ value of 9.51 mg/mL. The results showed that the addition of purple sweet potato to the yogurt production process not only enhanced the antioxidant activity of the product but also improved the sensory quality of the jelly yogurt.

Keywords: Antioxidant yogurt, jelly yogurt, gelatin added yogurt, purple sweet potato yogurt.