



DOI:10.22144/ctujos.2025.208

NGHIÊN CỨU PHÁT TRIỂN SẢN PHẨM THẠCH TRÁI CÂY VỊ XOÀI (*Mangifera indica* L.) BỔ SUNG COLLAGEN THỦY PHÂN TỪ DA CÁ TRA (*Pangasianodon hypophthalmus*)

Lê Thị Minh Thủy* và Trương Thị Mộng Thu

Trường Thủy sản, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

*Tác giả liên hệ (Corresponding author): ltmthuy@ctu.edu.vn

Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 24/03/2025

Sửa bài (Revised): 04/05/2025

Duyệt đăng (Accepted): 10/08/2025

Title: Research on the development of mango-flavored fruit jelly (*Mangifera indica* L.) with hydrolyzed collagen supplement from tra catfish skin (*Pangasianodon hypophthalmus*)

Author(s): Le Thi Minh Thuy* and Trương Thị Mộng Thu

Affiliation(s): College of Aquaculture and Fisheries, Can Tho University, Viet Nam

TÓM TẮT

Các yếu tố công nghệ chính như: nồng độ chất tạo đặc, nồng độ collagen thủy phân và thời gian bảo quản lạnh cho sản phẩm thạch trái cây vị xoài bổ sung collagen thủy phân từ da cá tra đã được nghiên cứu để có chất lượng tốt nhất. Kết quả đánh giá cho thấy nồng độ agar 1,2% cho sản phẩm thạch xoài có độ đàn hồi tốt 319 g, $b^* = 29,9$ và điểm cảm quan cao nhất là 18,7 điểm. Khi kết hợp với gelatin ở nồng độ 0,6% sản phẩm đạt độ đàn hồi thích hợp 318 g, $b^* = 29,5$ và chất lượng cảm quan tốt nhất là 18,6 điểm. Collagen thủy phân với nồng độ 1% được bổ sung giúp gia tăng hoạt tính chống oxy hóa của sản phẩm lên 81,9%, đồng thời giúp duy trì độ đàn hồi, màu sắc và điểm cảm quan cao nhất là 18,6 điểm. Sản phẩm được bao gói, bảo quản ở điều kiện nhiệt độ lạnh (0-4°C) vẫn đảm bảo chất lượng và an toàn vi sinh trong 4 tuần.

Từ khóa: Agar, bảo quản lạnh, collagen thủy phân, gelatin, hoạt tính chống oxy hóa, thạch trái cây vị xoài

ABSTRACT

Research on the main technology factors, such as thickeners concentration, hydrolyzed collagen concentration, and cold preservation time for mango-flavored fruit jelly supplemented with hydrolyzed collagen from tra catfish skin with the highest quality, was investigated. The results of the evaluation showed that agar at a concentration of 1.2% agar had good elasticity of 319 g, $b^* = 29.9$, and the highest sensory score of 18.7 points. When combining with gelatin at a concentration of 0.6%, the product reached an appropriate elasticity of 318 g, $b^* = 29.5$, and the best sensory quality was 18.6 points. Hydrolyzed collagen at the concentration of 1% improved the antioxidant activity up to 81.9%, while maintaining the elasticity, color and the highest sensory score is 18.6 points. The product was packaged and stored at cold temperature (0-4°C) to still ensure quality and microbiological safety for 4 weeks.

Keywords: Agar, antioxidant activity, cold storage, gelatin, hydrolyzed collagen, mango-flavored fruit jelly

1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, thị trường thực phẩm chức năng ở Việt Nam đã có bước tăng trưởng vô cùng mạnh mẽ. Theo thống kê của Hiệp hội Thực phẩm chức năng Việt Nam, Vietnam Association of Functional Foods - VAFF (2024) cho biết tổng giá trị thị trường của thực phẩm chức năng tại Việt Nam đã đạt tới 560 triệu USD. Ngành công nghiệp này cũng đạt tỷ lệ tăng trưởng kép hàng năm (CAGR) gần 9%. Trong đó, thị trường thực phẩm bổ sung collagen tại Việt Nam đạt khoảng 139,82 triệu USD vào năm 2024. Collagen thủy phân là một nhóm peptide có trọng lượng phân tử thấp (3-6 KDa) có thể thu được bằng tác động của enzyme trong môi trường acid hoặc kiềm, với nguồn nguyên liệu từ da và xương động vật (León-López et al., 2019). Trong đó, da cá tra đang là nguồn nguyên liệu được các nhà sản xuất chú ý sử dụng bởi cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) là loài cá nuôi chiếm sản lượng lớn ở Việt Nam. Theo Hiệp hội Chế biến và Xuất khẩu Thủy sản Việt Nam Vietnam, Association of Seafood Exporters and Producer - VASEP (2020), trung bình một nhà máy cá tra thải ra từ 5 đến 8 tấn da mỗi ngày, trong đó da cá tra chứa đến 69% là protein. Với nguồn cung cấp dồi dào, da cá tra được xem là nguồn nguyên liệu tiềm năng để tách chiết collagen thủy phân. Hiện nay, collagen thủy phân được sử dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp thực phẩm để cải thiện độ đồng nhất và độ ổn định cho sản phẩm (Hashim et al., 2015). Bên cạnh đó, collagen thủy phân còn có các đặc tính chống oxy hóa và kháng khuẩn (Hajj et al., 2024), điều này giúp nó trở thành một thành phần quan trọng để bổ sung vào các loại thực phẩm chức năng. Các kết quả nghiên cứu gần đây chỉ ra rằng collagen thủy phân có các chức năng sinh học tốt như tăng sinh tế bào, khả năng giữ nước, hấp thụ nước, kích thích sản sinh elastin, duy trì và chống lão hóa ở da (León-López et al., 2019). Khi bổ sung vào đồ uống, nó có thể cải thiện các đặc tính dinh dưỡng với hàm lượng protein cao hơn cho người tiêu dùng (Bilek & Bayram, 2015).

Xoài (*Mangifera indica* L.) là loài cây ăn quả nhiệt đới chứa nhiều vitamin A, C các chất chống oxy hóa giúp ngăn ngừa sự hình thành các gốc tự do và ung thư (Amin et al., 2018), nên xoài được xem là nguồn nguyên liệu tiềm năng để phát triển các thực phẩm chức năng. Bên cạnh đó, thạch trái cây đang là một trong những sản phẩm được nhiều người ưa chuộng bởi kết cấu độc đáo, mang tính giải nhiệt và chứa nhiều chất dinh dưỡng tốt cho sức khỏe người tiêu dùng. Do đó, việc ứng dụng

collagen thủy phân vào thạch trái cây không chỉ mang lại lợi ích dinh dưỡng mà còn tạo thêm sự đa dạng cho các dòng sản phẩm thực phẩm chức năng tốt cho sức khỏe và làm đẹp. Vì vậy, Truong et al. (2023) đã nghiên cứu về việc bổ sung collagen thủy phân từ hỗn hợp da vảy cá lóc vào nước ép trái cây lựu, cà rốt và dâu tằm. Tuy nhiên, chưa có bất kỳ nghiên cứu khoa học nào về việc bổ sung collagen thủy phân từ da cá tra vào sản phẩm thạch trái cây. Chính vì vậy, nghiên cứu phát triển sản phẩm thạch trái cây vị xoài (*mangifera indica* L.) bổ sung collagen thủy phân từ da cá tra (*Pangasianodon hypophthalmus*) đã được thực hiện nhằm tạo ra một sản phẩm thực phẩm chức năng mới từ nguồn nguyên liệu phổ biến tại khu vực đồng bằng sông Cửu Long, giúp đa dạng hóa sự lựa chọn cho người tiêu dùng đối với các mặt hàng dinh dưỡng và thực phẩm chức năng.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Vật liệu

Da cá tra: được thu mua tại Công ty Thủy sản Biên Đông (khu công nghiệp Trà Nóc II, Cần Thơ). Xoài Cát Chu: 200–250 g/quả, mua tại chợ Xuân Khánh (Ninh Kiều, Cần Thơ). Bột gelatin: xuất xứ từ Công ty Graulhet Cedex, Pháp, Bloom 250. Bột agar (E406): thương hiệu bột rau câu con cá vàng, sản xuất tại Platapiantong, Thái Lan. Đường ngô: xuất xứ từ Hàn Quốc, sản xuất tại Tập đoàn Daesang – nhà máy Osan. Vitamin C và Kali sorbat: mua tại Công ty Cổ phần hóa chất Miền Nam (Cần Thơ). Hương xoài: sản xuất bởi Công ty TNHH Hương Liệu Thực Phẩm Việt Nam, mua tại Thu Mart (Ninh Kiều, Cần Thơ).

Chuẩn bị da cá tra: Cạo sạch thịt mỡ, ngâm nước đá, rửa sạch, để ráo và cắt nhỏ (1,5–2,5 cm). Đóng túi PE (100 g/túi), bảo quản ở -20°C.

Chuẩn bị nước ép xoài: Xoài Cát Chu được rửa sạch, gọt vỏ, bỏ hạt, ép bằng máy ép trái cây, rây mịn, bảo quản lạnh (<5°C) và sử dụng trong 24 giờ. Độ Brix (15,1–15,8) và pH (4,5–5,1) được đo trước thí nghiệm.

2.2. Chuẩn bị collagen thủy phân từ da cá tra

Collagen thủy phân từ da cá tra được chuẩn bị theo phương pháp của Le & Nguyen (2019): da cá tra được chuẩn bị như mục 2.1. Da cá được xử lý bằng NaOH 0,1 M trong 1 giờ (tỷ lệ 1:8 w/v) để loại protein phi collagen, sau đó dùng butanol 10% (tỷ lệ 1:10 w/v) để loại lipid trong 24 giờ. Da cá tiếp tục được nấu chiết với nước cất ở 70°C trong 1 giờ (tỷ lệ 1:7 w/v), ly tâm ở 4.000 vòng/phút trong 20 phút và sau đó sấy khô ở 60°C trong 12 giờ. Bột collagen

thu được hòa tan với nước cất ở 60°C trong 30 phút (tỷ lệ 1:7 w/v) và thủy phân bằng enzyme Thermoase GL30 (0,3%) ở 60°C trong 1 giờ. Sau đó, enzyme được bất hoạt ở 95°C trong 5 phút, ly tâm, cấp đông mẫu ở nhiệt độ -40°C trong 12 giờ, sau đó đông khô ở áp suất 0,05 mbar trong 48 giờ để thu được bột collagen thủy phân từ da cá tra. Collagen thủy phân thu được có hoạt tính chống oxy hóa 76,5%, độ nhớt 19,4 mPa.s và độ sáng L^* là 95,9.

2.3. Phương pháp nghiên cứu

2.3.1. *Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ agar đến chất lượng cảm quan và cấu trúc của sản phẩm thạch trái cây vị xoài bổ sung collagen thủy phân từ da cá tra*

Tiến hành thí nghiệm: Thạch trái cây vị xoài bổ sung collagen thủy phân từ da cá tra được chuẩn bị theo phương pháp mô tả bởi Truong et al. (2023). Nước ép xoài đã chuẩn bị như mô tả ở mục 2.1 được phối trộn với nước, tỷ lệ dịch quả: nước là 1:1 và đun sôi 100°C (3-5 phút). Agar được cho theo 4 mức nồng độ 0,9; 1,2; 1,5 và 1,8% vào dung dịch rồi khuấy đều cho agar tan hết. Sau đó hạ và giữ nhiệt độ hỗn hợp ở 60-70°C, bổ sung gelatin với nồng độ 0,6% (Nguyen et al., 2016). Các phụ gia khác tiếp tục được cho vào với các tỉ lệ lần lượt là 30% đường ngô, 0,4% vitamin C, 0,2% kali sorbat và 0,1% hương xoài tổng hợp. Hỗn hợp được khuấy đều khoảng 15 phút, rồi hòa tan collagen thủy phân từ da cá tra vào với tỉ lệ 1% (Truong et al., 2023) và tiến hành rót bọc polypropylene - PP (kích thước bọc 7x3 cm) tạo thành thạch. Chờ thạch nguội ở nhiệt độ phòng khoảng 10 phút và giữ lạnh ở nhiệt độ (0-4°C) trong 3 giờ. Sau khi thạch đã đặc hoàn toàn, thạch được tách khỏi khay và tiến hành phân tích các chỉ tiêu sự thay đổi màu sắc (L^* , a^* , b^*), độ đàn hồi (g), đánh giá cảm quan (màu, mùi, vị, cấu trúc) để chọn ra nồng độ agar phù hợp. Thí nghiệm bao gồm một nhân tố là nồng độ agar với 4 nghiệm thức, số lần lặp lại là 3, tổng số mẫu thí nghiệm là 12. Mỗi mẫu gồm 7 thanh (khối lượng mỗi thanh là 20 g).

2.3.2. *Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ gelatin đến chất lượng cảm quan và cấu trúc của thạch trái cây vị xoài bổ sung collagen thủy phân từ da cá tra*

Tiến hành thí nghiệm: Nước ép xoài được chuẩn bị và phối trộn tương tự như thí nghiệm 1, sau đó đun sôi. Dung dịch được phối trộn với agar nồng độ tối ưu (kết quả thí nghiệm 1) và khuấy đều cho đến khi agar tan hết. Sau đó, hỗn hợp được hạ và giữ nhiệt độ ở 60-70°C, tiếp tục bổ sung gelatin theo các

nồng độ lần lượt là 0,3; 0,6; 0,9 và 1,2% rồi khuấy đều. Các bước bổ sung phụ gia, collagen thủy phân, rót khay, giữ lạnh được thực hiện tương tự như mô tả trong thí nghiệm 1. Sau đó, các chỉ tiêu sự thay đổi màu sắc (L^* , a^* , b^*), độ đàn hồi (g), đánh giá cảm quan (màu, mùi, vị, cấu trúc) được tiến hành phân tích để chọn ra được nồng độ gelatin thích hợp. Thí nghiệm bao gồm một nhân tố là nồng độ gelatin với 4 nghiệm thức, số lần lặp lại là 3 và tổng số mẫu thí nghiệm là 12. Mỗi mẫu gồm 7 thanh (khối lượng mỗi thanh là 20 g).

2.3.3. *Khảo sát ảnh hưởng của nồng độ collagen thủy phân đến chất lượng cảm quan và cấu trúc của thạch trái cây vị xoài bổ sung collagen thủy phân từ da cá tra*

Tiến hành thí nghiệm: Nước ép xoài được chuẩn bị và phối trộn tương tự thí nghiệm 1. Dung dịch được phối trộn với agar và gelatin nồng độ thích hợp nhất (kết quả thí nghiệm 1 và 2) khuấy đều cho tan hoàn toàn. Các phụ gia khác lần lượt được bổ sung. Collagen thủy phân với 4 mức nồng độ 0; 0,5; 1 và 1,5% cũng được tiến hành bổ sung. Các bước rót khay, giữ lạnh thực hiện tương tự như thí nghiệm 1. Sau đó chỉ tiêu sự thay đổi màu sắc (L^* , a^* , b^*), độ đàn hồi (g), đánh giá cảm quan (màu, mùi, vị, cấu trúc) và hoạt tính chống oxy hóa được phân tích để chọn ra nồng độ collagen thủy phân thích hợp. Thí nghiệm bao gồm một nhân tố là nồng độ collagen thủy phân với 4 nghiệm thức, số lần lặp lại là 3, tổng số mẫu thí nghiệm là 12. Mỗi mẫu gồm 8 thanh (khối lượng mỗi thanh là 20 g).

2.3.4. *Khảo sát sự thay đổi chất lượng của thạch trái cây vị xoài bổ sung collagen thủy phân từ da cá tra trong quá trình bảo quản lạnh*

Tiến hành thí nghiệm: Chọn sản phẩm thạch trái cây vị xoài bổ sung collagen thủy phân từ da cá tra thành phẩm tốt nhất từ thí nghiệm 3 để bao gói và bảo quản lạnh ở nhiệt độ 0-4°C trong thời gian 4 tuần với tần suất lấy mẫu 1 tuần/lần để phân tích chỉ tiêu sự thay đổi màu sắc (L^* , a^* , b^*), độ đàn hồi (g), đánh giá cảm quan (màu, mùi, vị, cấu trúc), tổng số vi khuẩn hiếu khí và hoạt tính chống oxy hóa để theo dõi sự thay đổi chất lượng của sản phẩm trong suốt quá trình bảo quản lạnh. Thí nghiệm được khảo sát thông qua 1 nhân tố là thời gian bảo quản với số nghiệm thức là 5, số lần lặp lại là 3 và tổng số mẫu thí nghiệm là 15. Mỗi mẫu gồm 9 thanh (khối lượng mỗi thanh là 20 g).

2.4. Phương pháp phân tích

Thành phần hóa học của sản phẩm được xác định gồm hàm lượng ẩm (%) bằng phương pháp sấy, hàm lượng protein (%) bằng phương pháp Kjeldahl, hàm lượng lipid (%) bằng phương pháp Soxhlet, hàm lượng khoáng (%) bằng phương pháp nung (AOAC, 2000).

Phân tích chỉ tiêu màu sắc (L^* , a^* , b^*): mẫu thạch được trải trên tờ giấy trắng, sau đó bao mặt tiếp xúc của thiết bị bằng màng bao thực phẩm và tiến hành đo màu bằng thiết bị Colorimeter PCE - CSM 2 với hệ màu CIE bằng đèn D65, các giá trị L^* (đại diện cho độ sáng sản phẩm, tương ứng từ đen đến trắng), a^* (từ màu xanh lá cây đến màu đỏ) và b^* (từ màu xanh dương đến màu vàng) theo Saeleleaw and Benjakul (2015).

Độ đàn hồi được đo bằng máy đo cấu trúc Texture Analyser (TA - XT. Plus) sử dụng đầu dò P/0.5 với tốc độ 1,5 mm/s, khoảng cách 1 mm so với chiều cao mẫu. Mẫu thạch được giữ lạnh ở nhiệt độ $<4^{\circ}\text{C}$ và để đảm bảo tính ổn định nhiệt độ, mẫu thạch được giữ trong thùng cách nhiệt có chứa nước đá. Kết quả đo được tính bằng đơn vị g.

Kiểm tra chỉ tiêu cảm quan theo phương pháp cho điểm theo National standard (TCVN 3215-79, 1979), hội đồng đánh giá cảm quan gồm 5 thành viên. Cảm quan viên được yêu cầu đánh giá các chỉ tiêu bao gồm: màu sắc, mùi, vị, trạng thái cấu trúc.

Tổng số vi sinh vật hiếu khí được xác định bằng phương pháp đếm số khuẩn lạc dựa trên phương pháp đếm mật số vi sinh vật trên môi trường PCA theo National standard TCVN 4884 1:2005, giới hạn cho phép theo quyết định của Bộ Y tế (Decision No. 46/2007/QĐ-BYT). Việc phân tích được tiến hành trên 2 nồng độ 10^{-1} và 10^{-2} , tổng số đĩa mỗi nồng độ là 3 đĩa.

Hoạt tính chống oxy hóa (DPPH%) bằng phương pháp DPPH, 6 g thạch đã nghiền nhỏ được cho vào 4,5 ml DPPH (0,5 mM) trong ethanol 95%, lắc đều. Sau đó ủ tối trong 30 phút và lọc hỗn hợp, độ hấp thụ của hỗn hợp được đo ở bước sóng 517 nm theo Wu et al. (2003) với một số điều chỉnh phù hợp. Hoạt tính chống oxy hóa được tính theo công thức: $\text{DPPH (\%)} = \frac{A_{\text{blank}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{blank}}} \times 100$ với A_{blank} là mẫu trắng, A_{sample} là mẫu thạch với DPPH. Trong đó, mẫu trắng (Blank): Dung dịch DPPH 0,5 mM trong ethanol 95% không có mẫu thạch.

2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Các thí nghiệm được bố trí với 3 lần lặp lại. Số liệu thu thập được xử lý bằng chương trình Microsoft Excel 2016 do công ty Microsoft Corporation sản xuất (Redmond, Washington, Mỹ) để tính các giá trị trung bình và độ lệch chuẩn. Xử lý thống kê ANOVA một nhân tố với mức ý nghĩa 95% bằng phần mềm Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) 21.0 do IBM Corporation sản xuất, so sánh sự khác biệt của các nghiệm thức trong cùng một thí nghiệm bằng phép thử Duncan ($p < 0,05$).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của nồng độ agar đến chất lượng cảm quan và độ đàn hồi sản phẩm thạch trái cây vị xoài bổ sung collagen thủy phân từ da cá tra

Kết quả ảnh hưởng của nồng độ agar khác nhau đến độ đàn hồi và chất lượng cảm quan sản phẩm được thể hiện trong Bảng 1.

Từ kết quả của Bảng 1 cho thấy nồng độ agar có ảnh hưởng đến độ đàn hồi của sản phẩm. Khi tăng nồng độ agar từ 0,9% lên 1,8%, độ đàn hồi của thạch cũng tăng từ 188 g đến 474 g và khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các mẫu ($p < 0,05$).

Bảng 1. Kết quả phân tích độ đàn hồi và sự thay đổi chất lượng cảm quan của thạch qua các nồng độ agar khác nhau

Nồng độ agar (%)	Độ đàn hồi (g)	ĐTBCTL
0,9	188±8,68 ^a	16,3±0,082 ^a
1,2	319±13,1 ^b	18,7±0,021 ^d
1,5	402±11,4 ^c	17,9±0,083 ^c
1,8	474±10,7 ^d	17,1±0,094 ^b

Ghi chú: số liệu thống kê được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn với $n=3$. Những chữ cái a,b,c và d khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức độ tin cậy 95%. ĐTBCTL: điểm trung bình có trọng lượng.

Nguyên nhân có thể là do nồng độ agar càng cao cấu trúc gel càng tăng, các liên kết hình thành quá nhiều, ngoài tác dụng tăng độ đàn hồi cho sản phẩm, khi nồng độ agar tăng cũng làm cho độ cứng của sản phẩm tăng cao. Theo Mao et al. (2017) khả năng tạo gel của agar phụ thuộc vào nồng độ agar, khi nồng độ agarose tăng thì các tương tác polyme-polyme hình thành các xoắn ốc tăng, dẫn đến các gel mạnh hơn. Agar là loại keo thực phẩm thuộc nhóm polysaccharide được chiết xuất từ một số loài tảo đỏ. Khả năng hình thành gel thuận nghịch là một tính

chất quan trọng của agar, được ứng dụng rộng rãi để làm phụ gia trong công nghiệp thực phẩm (Nguyen & Le, 2022). Agar có tính thuận nghịch về nhiệt, khi đun nóng agar bị hydrat hóa để hình thành những cuộn dài có hình dạng ngẫu nhiên. Nhờ liên kết hydro, các cuộn này kết hợp với nhau tạo thành những vòng xoắn đơn và kép. Các vòng xoắn được làm bền bởi các phân tử nước ở bên trong các hốc của các vòng và sự liên kết của các nhóm hydroxyl bên ngoài các vòng xoắn này cho phép chúng đông tụ thành các gel nhỏ (Nguyen & Le, 2022). Ngoài các liên kết hydro, cấu trúc gel agar cũng rất cứng và vững chắc nhờ vào các nút mạng chứa liên kết ion nội phân tử. Quá trình hình thành gel và độ ổn định của gel bị ảnh hưởng bởi hàm lượng agar và khối lượng phân tử của nó. Kích thước lỗ gel khác nhau phụ thuộc vào nồng độ agar, nồng độ agar càng cao kích thước lỗ gel càng nhỏ (Huynh et al., 2013). Do đó khi bổ sung nồng độ agar càng nhiều giúp cho sản phẩm có độ đàn hồi càng tăng.

Bên cạnh đó, agar hình thành gel trên một dãy pH tương đối rộng, do phân tử agarose là chuỗi polyme trung tính nên nó không bị thủy phân ở dãy pH thông thường trong thực phẩm, ví dụ như pH của một số loại trái cây, cụ thể là nước ép xoài (pH= 4,5-5,1). Ngoài ra, khi sử dụng nước ép xoài có độ ngọt khoảng từ 15,1 đến 15,8°Brix, 30% đường ngô cũng có thể giúp sản phẩm có cấu trúc tốt hơn vì trong một số trường hợp, hàm lượng đường cao hỗ trợ sự

hình thành mạng lưới gel và tăng cường độ gel của agar (Nguyen & Le, 2022).

Khi tiến hành đánh giá cảm quan của sản phẩm, kết quả cho thấy rằng nồng độ agar cũng ảnh hưởng rất lớn đến điểm cảm quan của sản phẩm. Trong nghiên cứu này khi nồng độ agar tăng từ 0,9% đến 1,2% thì điểm cảm quan của sản phẩm tăng từ 16,3 điểm đến 18,7 điểm và độ đàn hồi cũng tăng từ 188 g đến 319 g. Có thể giải thích rằng khi tăng nồng độ agar, độ đàn hồi của sản phẩm cũng tăng theo, sản phẩm khi bổ sung 1,2% cho điểm cảm quan cao nhất, được đánh giá là có cấu trúc dẻo dai, mùi thơm đặc trưng và không bị mềm hay vỡ. Bên cạnh đó khi tiếp tục tăng nồng độ agar từ 1,2% lên 1,5% và 1,8% thì điểm cảm quan của sản phẩm lại giảm từ 18,7 điểm xuống còn 17,9 điểm và 17,1 điểm, mặc dù độ đàn hồi của thạch vẫn tiếp tục tăng lên từ 319 g lên 402 g và 474 g.

Ngoài ra, kết quả đánh giá cảm quan còn cho thấy sản phẩm khi bổ sung nồng độ từ 1,5% đến 1,8% agar, trên bề mặt của thạch xuất hiện hiện tượng khô cứng, dẫn đến cấu trúc của thạch không còn giữ được độ dẻo dai.

Ngoài độ đàn hồi và chất lượng cảm quan của sản phẩm thì màu sắc cũng là một chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng sản phẩm. Kết quả sự thay đổi màu sắc của thạch qua các mức nồng độ agar được trình bày trong Bảng 2.

Bảng 2. Ảnh hưởng của các nồng độ agar khác nhau đến màu sắc của sản phẩm thạch trái cây

Nồng độ agar (%)	Màu sắc		
	L^*	a^*	b^*
0,9	33,4±0,122 ^a	7,41±1,801 ^a	29,8±0,303 ^a
1,2	33,6±0,193 ^a	7,96±1,693 ^a	29,9±0,227 ^a
1,5	33,7±0,209 ^a	7,57±1,125 ^a	30,1±0,431 ^a
1,8	33,8±0,145 ^a	7,83±0,618 ^a	30,2±0,202 ^a

Ghi chú: số liệu thống kê được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn với n=3. Những chữ cái a trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê ở mức độ tin cậy 95%.

Đối với sản phẩm thạch trái cây vị xoài bổ sung collagen thủy phân từ da cá tra, một trong những chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng sản phẩm chính là chỉ số b^* , nhờ vào sắc tố carotenoids (Wenkateswarlu & Reddy, 2014) giúp xoài có màu vàng cam đặc trưng. Sự thay đổi màu sắc được trình bày ở Bảng 2 cho thấy giá trị L^* , a^* , b^* của sản phẩm thạch trái cây khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p \geq 0,05$) khi tăng nồng độ agar từ 0,9% lên 1,8%. Điều này cho thấy sản phẩm thạch có màu sắc tốt và không bị ảnh hưởng lớn khi tăng nồng độ agar. Nguyên nhân có thể là do agar có màu trắng hoặc vàng nhạt ở dạng bột, không mùi và không vị (Dam

et al., 2012), nên khi bổ sung vào thực phẩm không làm thay đổi đáng kể màu sắc của sản phẩm.

Từ kết quả phân tích ở Bảng 1 và Bảng 2 cho thấy, nồng độ agar ở mức 1,2% cho chất lượng cảm quan của sản phẩm tốt nhất, màu sắc đẹp và độ đàn hồi phù hợp nên được chọn làm mức nồng độ thích hợp để bố trí cho thí nghiệm tiếp theo.

3.2. Ảnh hưởng của nồng độ gelatin đến chất lượng cảm quan và độ đàn hồi sản phẩm thạch trái cây vị xoài bổ sung collagen thủy phân từ da cá tra

Kết quả sự ảnh hưởng của nồng độ gelatin khác nhau đến độ đàn hồi và chất lượng cảm quan của sản phẩm được trình bày ở Bảng 3.

Bảng 3. Ảnh hưởng của nồng độ gelatin khác nhau đến độ đàn hồi và chất lượng cảm quan của sản phẩm

Nồng độ gelatin (%)	Độ đàn hồi (g)	ĐTBCTL
0,3	256±8,68 ^a	16,6±0,068 ^a
0,6	318±6,89 ^b	18,6±0,059 ^d
0,9	351±5,30 ^c	17,9±1,133 ^c
1,2	360±5,07 ^c	16,9±0,115 ^b

Ghi chú: số liệu thống kê được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn với n=3. Những chữ cái a,b,c và d khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức độ tin cậy 95%. ĐTBCTL: điểm trung bình có trọng lượng.

Qua các số liệu thống kê từ Bảng 3 có thể thấy rằng độ đàn hồi của thạch có sự thay đổi theo chiều hướng tăng dần từ 256 g lên 360 g khi tăng nồng độ gelatin từ 0,3% đến 1,2%. Tuy nhiên, không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về độ đàn hồi giữa mẫu 0,9% và 1,2% gelatin.

Gelatin từ da cá tra là một protein sinh học có nguồn gốc từ collagen động vật. Gelatin sử dụng trong thực phẩm để tăng độ mềm, cải thiện độ đàn hồi, độ đồng nhất và độ ổn định sản phẩm (Jongjareonrak et al., 2010). Theo Tran et al. (2010), gelatin là chất đồng tạo gel rất tốt, là tác nhân keo hóa có tác dụng làm bền gel đàn hồi của sản phẩm. Gel gelatin được hình thành do sự tái sắp xếp các chuỗi phân tử riêng biệt thành một mạng lưới có trật tự, tạo các chuỗi xoắn ốc có khả năng giữ nước (Nguyen & Le, 2022). Do đó, khi tăng nồng độ gelatin thì khả năng gel hóa càng tăng do khả năng tiếp xúc giữa các mạch tăng, gelatin hút nước trương nở càng nhiều, gel tạo thành càng ổn định và độ đàn hồi càng cao (Ho, 1983). Ngoài ra, gel gelatin có tính chất vừa là chất rắn vừa là chất lỏng nên độ đàn hồi của nó có thể tăng khi kết hợp các chất khác như đường và protein (Nguyen & Le, 2022). Do đó, việc bổ sung đường ngô có thể góp phần làm cải thiện độ đàn hồi của gel gelatin và sản phẩm thạch.

Từ kết quả được thể hiện ở Bảng 3 cho thấy, nồng độ gelatin có ảnh hưởng lớn đến điểm cảm quan của sản phẩm. Cụ thể điểm cảm quan tăng từ 16,6 đến 18,6 điểm khi tăng nồng độ gelatin từ 0,3%

đến 0,6%. Mẫu có nồng độ 0,3% gelatin cho điểm cảm quan và độ đàn hồi thấp nhất (16,6 điểm và 256 g) vì thông thường gelatin là một phần chính giúp tăng độ đàn hồi cho sản phẩm thực phẩm, khi nồng độ tăng, độ đàn hồi của sản phẩm cũng được cải thiện và ít bị biến dạng dưới tác động bên ngoài. Vì vậy ở nồng độ 0,3% gelatin chưa tạo được độ đàn hồi tốt cho sản phẩm, thạch được đánh giá là vẫn còn bột và kém đàn hồi. Khi tăng nồng độ gelatin lên 0,6% có thể làm cho sản phẩm đạt được mùi thơm đặc trưng của xoài, vị ngọt hài hòa và tạo được cấu trúc dẻo dai của sản phẩm thạch. Nguyen et al. (2013) cũng cho thấy bổ sung 0,4% gelatin vào yaourt trái cây giúp đạt độ cứng 20,11 gf, độ tách nước 4,6% và cảm quan tốt. Tuy nhiên, tiếp tục tăng nồng độ gelatin từ 0,6% lên 0,9% và 1,2% thì điểm cảm quan có xu hướng giảm dần từ 18,6 điểm còn 17,9 điểm và 16,9 điểm, mặc dù độ đàn hồi có sự tăng nhẹ từ 318 lên 351 g và 360 g. Sản phẩm với nồng độ 0,9% và 1,2% gelatin, tuy rằng có độ đàn hồi cao hơn, nhưng lại có điểm cảm quan kém hơn so với mẫu có nồng độ 0,6%. Nguyên nhân có thể là do khi tăng hàm lượng gelatin càng nhiều làm cho sản phẩm trở nên kém ngon và xuất hiện vị tanh nhẹ. Theo Chandan (2006) khi sử dụng một lượng lớn gelatin với độ Bloom cao xuất hiện vị tanh nhẹ khi ăn sản phẩm. Tương tự với nghiên cứu của Nguyen et al. (2016), bổ sung hàm lượng 0,8% gelatin vào sản phẩm yaourt bổ sung khoai lang tím, sản phẩm cũng mang lại cảm giác lạ miệng khi ăn. Bên cạnh đó, sản phẩm thạch xoài ở mức nồng độ 0,9% và 1,2% trong nghiên cứu này còn được đánh giá là có cấu trúc hơi khô và cứng khi ăn. Theo Nguyen & Le (2022), nồng độ gelatin tăng thì làm tăng cường độ gel, nên làm sản phẩm có cấu trúc cứng hơn.

Bên cạnh các chỉ tiêu trên thì chỉ tiêu màu sắc cũng là một nhân tố quan trọng để đánh giá chất lượng sản phẩm. Sự thay đổi về màu sắc của thạch qua các mức nồng độ gelatin khác nhau được trình bày trong Bảng 4.

Kết quả từ Bảng 4 cho thấy, nồng độ gelatin có ảnh hưởng nhẹ đến màu sắc của sản phẩm. Cụ thể khi tăng nồng độ gelatin từ 0,3% đến 1,2% thì độ sáng L^* của thạch giảm từ 32,6 còn 31,7 và chỉ số b^* giảm từ 29,6 xuống 28,8. Nguyên nhân của hiện tượng trên có thể là do nguyên liệu gelatin được sử dụng có màu vàng nhạt nên khi tăng tỷ lệ gelatin bổ sung làm ảnh hưởng nhẹ đến màu sắc của sản phẩm, làm sẫm màu và giảm các chỉ số L^* , a^* , b^* của sản phẩm. Kết quả này tương đồng với nghiên cứu về kẹo dẻo thốt nốt bổ sung gấc, màu sắc của sản phẩm có xu hướng giảm dần khi tăng nồng độ

gelatin, tỉ lệ 40% gelatin làm giảm màu sắc tự nhiên của kẹo dẻo (Diep & Vu, 2019).

Từ kết quả phân tích độ đàn hồi, chất lượng cảm quan và màu sắc của sản phẩm ở Bảng 3 và Bảng 4 cho thấy thạch trái cây với nồng độ 0,6% gelatin thì cho chất lượng sản phẩm tốt nhất nên được chọn làm thông số thích hợp để bố trí thí nghiệm bổ sung nồng độ collagen thủy phân.

Bảng 4. Ảnh hưởng của nồng độ gelatin đến màu sắc của sản phẩm thạch trái cây

Nồng độ gelatin (%)	Màu sắc		
	<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>
0,3	32,6±0,131 ^b	9,37±0,088 ^b	29,6±0,111 ^b
0,6	32,5±0,130 ^b	9,14±0,221 ^{ab}	29,5±0,141 ^b
0,9	31,9±0,055 ^a	8,86±0,383 ^{ab}	28,9±0,055 ^a
1,2	31,7±0,070 ^a	8,68±0,499 ^a	28,8±0,070 ^a

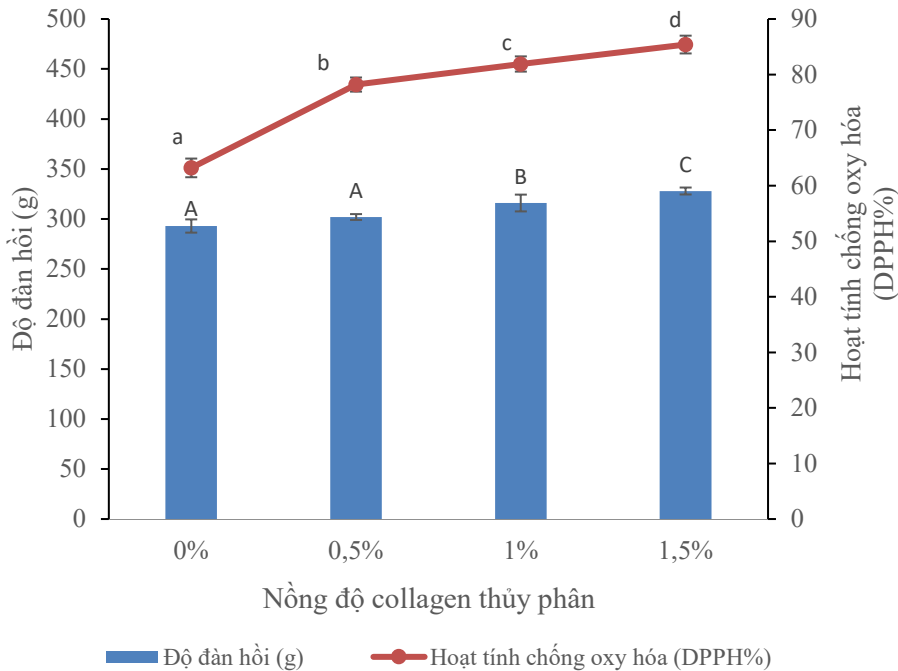
Ghi chú: số liệu thống kê được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn với n=3. Những chữ cái a và b khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức độ tin cậy 95%.

3.3. Ảnh hưởng của nồng độ collagen thủy phân đến chất lượng cảm quan và độ đàn hồi của sản phẩm thạch trái cây vị xoài bổ sung collagen thủy phân từ da cá tra

Kết quả phân tích độ đàn hồi và hoạt tính chống oxy hóa của sản phẩm được trình bày ở Hình 1 như sau.

Từ kết quả phân tích ở Hình 1 cho thấy nồng độ collagen thủy phân có ảnh hưởng nhẹ đến độ đàn hồi của sản phẩm. Sản phẩm khi chưa bổ sung collagen thủy phân có độ đàn hồi đạt 293 g. Nhưng khi tăng nồng độ collagen lên 0,5%; 1% và 1,5%, độ đàn hồi

của sản phẩm có sự tăng nhẹ lần lượt lên 302 g; 316 g và 328 g, khác biệt có ý nghĩa thống kê từ nghiệm thức 1% ($p<0,05$). Nguyên nhân có thể là do khi nồng độ collagen càng tăng thạch có thể trở nên đặc hơn, vì collagen tạo ra kết cấu dẻo và đặc, đặc biệt khi nồng độ collagen cao. Theo Santos et al. (2011) collagen thủy phân là một hợp chất có độ nhớt, sức đông và khả năng nhũ hóa làm tăng sức căng bề mặt trong thực phẩm, nhờ đó giúp sản phẩm thạch có cấu trúc ổn định hơn. Ngoài việc cải thiện một phần độ đàn hồi của sản phẩm thạch, collagen thủy phân được bổ sung vào sản phẩm với mục đích chính là làm tăng khả năng chống oxy hóa.



Hình 1. Kết quả phân tích độ đàn hồi và hoạt tính chống oxy hóa của thạch qua các nồng độ collagen thủy phân khác nhau

Qua kết quả từ Hình 1 đã thể hiện rằng, nồng độ collagen thủy phân có ảnh hưởng mạnh đến hoạt tính chống oxy hóa của sản phẩm. Càng tăng nồng độ collagen thủy phân thì hoạt tính chống oxy hóa của sản phẩm càng tăng và khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ($p < 0,05$). Ban đầu, mẫu thạch trái cây vị xoài khi chưa bổ sung collagen đã có hoạt tính chống oxy hóa đạt khá cao là 63,2%, nguyên nhân là do trong xoài chứa nhiều chất dinh dưỡng với hàm lượng cao như vitamin A, C và E, giúp cải thiện chức năng hệ thống miễn dịch, tăng cường các enzyme chống oxy hóa (Amin et al., 2018). Ngoài ra trong xoài còn chứa hàm lượng lớn các chất chống oxy hóa như β -carotene, quercetin, astragalin và nhiều hợp chất phenolic khác nhau, góp phần vào khả năng chống oxy hóa và tác dụng tăng cường sức khỏe (Khan et al., 2017).

Sau đó, khi bổ sung 0,5% collagen thủy phân vào sản phẩm thì hoạt tính chống oxy hóa của thạch có sự tăng lên đáng kể là 78,3%. Tiếp tục tăng nồng độ collagen thủy phân lên 1% và 1,5%, hoạt tính chống oxy hóa của sản phẩm cũng tăng lên 81,9% và 85,4%.

Hoạt tính chống oxy hóa của thạch tăng là do collagen thủy phân là một nhóm peptide có trọng lượng phân tử thấp, được chiết tách từ da của một số loài động vật. Collagen có thể được sử dụng làm thành phần cho thực phẩm bổ sung chức năng vì chúng có hoạt tính chống oxy hóa và kháng khuẩn (Hajj et al., 2024). Bên cạnh đó, các peptide collagen chứa một số acid amin quan trọng như glycine, proline và hydroxyproline, những acid amin này có thể đóng vai trò quan trọng trong việc ngăn chặn quá trình oxy hóa trong sản phẩm thực phẩm Deng et al. (2023). Khả năng chống oxy hóa của các peptide phụ thuộc vào thành phần acid amin trong chuỗi peptide (Ren et al., 2008). Theo Matilla et al. (2002), trong thành phần collagen của da cá chứa một lượng lớn các acid amin kỵ nước như glycine, alanine, proline và methionine, nên các peptide từ collagen có khả năng chống oxy hóa tốt. Hay theo Deng et al. (2023) các acid amin kỵ nước làm tăng hoạt động chống oxy hóa của peptide vì các chuỗi bên hydrocarbon aliphatic của chúng có thể giúp thúc đẩy các tương tác giữa peptide và các gốc tự do. Ngoài ra, việc bổ sung vitamin C vào sản phẩm không chỉ để điều vị mà còn làm tăng hoạt tính chống oxy hóa cho thạch, vì bản chất vitamin C là một chất có đặc tính chất chống oxy hóa (Dam et al., 2012). Bên cạnh đó, vitamin C còn đóng vai trò là một coenzyme quan trọng cần thiết cho quá trình tổng hợp collagen (Hajj et al., 2024). Hoạt tính

chống oxy hóa của thạch trái cây trong nghiên cứu này dao động trong khoảng 78,3% đến 85,4% khi bổ sung collagen thủy phân từ 0,5% đến 1,5% thấp hơn khả năng chống oxy hóa của sản phẩm nước ép trái cây chứa collagen thủy phân của Bilek and Bayram (2015) đã cho thấy khi phối trộn 2,5% collagen vào 2 loại nước ép cam và táo cho hoạt tính chống oxy hóa rất cao là 95,37% và 90,71%. Tuy nhiên, cao hơn hoạt tính chống oxy hóa trong nghiên cứu của Truong et al. (2023) cũng chỉ ra rằng khi phối trộn tỉ lệ collagen thủy phân từ hỗn hợp da vảy cá lóc lên 2% thì nước ép lựu có hoạt tính chống oxy là 24,1%, nước ép dâu tằm là 60,9% và nước ép cà rốt là 60,1%. Hoạt tính chống oxy hóa của các sản phẩm khác nhau có thể do loại nước ép, nồng độ collagen thủy phân khác nhau (Bilek & Bayram, 2015).

Từ kết quả Hình 1 cho thấy, sự kết hợp giữa agar, gelatin và collagen thủy phân có thể mang lại một sự cân bằng lý tưởng giữa độ vững chắc, độ đàn hồi, độ mềm mại của thạch và cải thiện khả năng chống oxy hóa cho sản phẩm (Jongjareonrak et al., 2010; Santos et al., 2011; Nguyen & Le, 2022). Agar cung cấp độ cứng và sự ổn định (Nguyen & Le, 2022), gelatin mang lại sự mềm mại và tính đàn hồi (Jongjareonrak et al., 2010) cho thạch, trong khi collagen thủy phân bổ sung dinh dưỡng và cải thiện khả năng chống oxy hóa cho sản phẩm (Santos et al., 2011).

Bên cạnh các chỉ tiêu trên thì giá trị cảm quan và màu sắc cũng là những yếu tố làm ảnh hưởng đến chất lượng của sản phẩm thạch. Kết quả đánh giá sự thay đổi màu sắc và chất lượng cảm quan được thể hiện ở Bảng 5.

Kết quả phân tích ở Bảng 5 cho thấy nồng độ collagen thủy phân có ảnh hưởng nhẹ đến màu sắc của sản phẩm. Độ sáng L^* và chỉ số b^* của sản phẩm có xu hướng giảm dần khi tăng nồng độ collagen thủy phân. Cụ thể, khi tăng nồng độ collagen thủy phân từ 0% lên 0,5% và 1% thì độ sáng L^* giảm từ 33,7 xuống còn 33,6 và 33,5, chỉ số b^* giảm từ 30,2 xuống còn 30,1 và 29,9 và khác biệt không có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ($p \geq 0,05$). Tuy nhiên, khi tiếp tục tăng nồng độ collagen thủy phân lên 1,5% thì độ sáng L^* và chỉ số b^* giảm xuống còn 33,1 và 29,0 và có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với 3 mẫu còn lại. Nguyên nhân có thể là do trong quá trình thủy phân để tách chiết collagen ở nhiệt độ cao dẫn đến các peptide bị cắt mạch và giải phóng ra amino acid tự do, các amino acid này có thể tham gia phản ứng hóa nâu không enzyme (Maillard) làm sẫm nhẹ màu collagen (Zhang et al., 2019). Từ đó khi bổ sung vào thạch

với một lượng lớn làm giảm nhẹ màu sắc của sản phẩm.

Ngoài các ảnh hưởng của nồng độ collagen thủy phân đến độ đàn hồi, hoạt tính chống oxy hóa và màu sắc thì chất lượng cảm quan cũng là một trong những chỉ tiêu quan trọng để đánh giá chất lượng sản phẩm. Kết quả phân tích cho thấy so với mẫu ban đầu không bổ sung collagen thủy phân thì chất lượng cảm quan có sự tăng nhẹ và đạt cao nhất là 18,6 điểm tại nồng độ bổ sung 1% collagen. Nguyên nhân là do ở nồng độ collagen 1% thạch mang lại mùi vị đặc trưng của xoài, màu sắc đẹp và đạt cấu trúc dẻo dai. Tuy nhiên, khi tiếp tục tăng nồng độ lên 1,5% collagen, mặc dù hoạt tính chống oxy hóa và độ đàn hồi của sản phẩm vẫn tiếp tục tăng, nhưng điểm cảm quan của thạch lại giảm xuống còn 17,1 điểm, thạch được đánh giá là có thoáng nhẹ mùi tanh của da cá tra và màu sắc sậm nhẹ. Nguyên nhân có

thể là do trong quá trình tách chiết collagen thủy phân, nguyên liệu vẫn chưa được loại bỏ hoàn toàn các chất ngấm ra trong da cá, dẫn đến sản phẩm vẫn còn thoáng nhẹ mùi tanh, gây ảnh hưởng đến chất lượng cảm quan của thạch. Khi so sánh với nghiên cứu của Truong et al. (2023) kết quả đánh giá cảm quan đều giảm ở cả ba loại nước ép (cà rốt, lựu và dâu tằm) khi tăng tỉ lệ lên 3% collagen, do tỉ lệ phối trộn cao xuất hiện mùi tanh, màu sậm và nước ép bị đục.

Từ kết quả phân tích độ đàn hồi, hoạt tính chống oxy hóa, chất lượng cảm quan và màu sắc của sản phẩm ở Hình 1 và Bảng 5 cho thấy khi thạch trái cây với nồng độ 1% collagen thủy phân thì cho chất lượng sản phẩm tốt nhất nên được chọn làm thông số thích hợp để tiến hành thí nghiệm bảo quản sản phẩm.

Bảng 5. Ảnh hưởng của các mức nồng độ collagen thủy phân đến màu sắc và chất lượng cảm quan của sản phẩm thạch trái cây

Nồng độ collagen thủy phân (%)	Màu sắc			ĐTBCTL
	L^*	a^*	b^*	
0	33,7±0,096 ^b	8,37±0,159 ^b	30,2±0,080 ^b	18,2±0,053 ^b
0,5	33,6±0,081 ^b	8,19±0,060 ^b	30,1±0,163 ^b	18,3±0,087 ^b
1,0	33,5±0,055 ^b	7,99±0,111 ^b	29,9±0,112 ^b	18,6±0,031 ^c
1,5	33,1±0,207 ^a	7,41±0,356 ^a	29,0±0,165 ^a	17,1±0,125 ^a

Ghi chú: số liệu thống kê được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn với n=3. Những chữ cái a,b và c khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức độ tin cậy 95%. ĐTBCTL: Điểm trung bình có trọng lượng

3.4. Khảo sát sự thay đổi chất lượng của thạch trái cây vị xoài bổ sung collagen thủy phân từ da cá tra trong quá trình bảo quản lạnh

Thạch trái cây được chuẩn bị với nồng độ agar là 1,2%, nồng độ gelatin 0,6% và nồng độ collagen thủy phân 1% và tiến hành bảo quản ở nhiệt độ 0-4°C trong thời gian 4 tuần. Sự thay đổi chất lượng của sản phẩm thạch trong suốt quá trình bảo quản lạnh được khảo sát thông qua các chỉ tiêu như độ đàn hồi, hoạt tính chống oxy hóa, giá trị cảm quan, vi sinh, màu sắc để theo dõi thời gian bảo quản phù hợp của sản phẩm. Kết quả khảo sát được trình bày ở Bảng 6.

Thông qua kết quả phân tích từ Bảng 6 có thể thấy rằng độ đàn hồi của thạch giảm xuống đáng kể trong suốt thời gian bảo quản lạnh. Cụ thể trong thời gian bảo quản từ 0 đến 4 tuần, độ đàn hồi của thạch giảm từ 316 g còn 219 g. Nguyên nhân có thể là do trong quá trình bảo quản, các vi sinh vật thích nghi với điều kiện sống, chúng làm cắt mạch các phân tử liên kết với nhau, làm suy giảm các liên kết agar-

gelatin, phá hủy cấu trúc thạch, dẫn đến độ đàn hồi sản phẩm giảm. Ngoài sự giảm của độ đàn hồi, thời gian bảo quản cũng ảnh hưởng rất lớn đến chất lượng cảm quan của sản phẩm. Kết quả từ Bảng 6 cũng cho thấy giá trị cảm quan của sản phẩm trong quá trình bảo quản có khuynh hướng giảm dần theo thời gian. Khi bảo quản ở điều kiện nhiệt độ lạnh (0-4°C) thì điểm cảm quan giảm từ 18,7 điểm còn 15,4 điểm. Thời gian bảo quản càng lâu thì chất lượng cảm quan của sản phẩm càng giảm. Nguyên nhân là do trong quá trình bảo quản có thể xảy ra sự oxy hóa và hoạt động của vi sinh vật gây hư hỏng, làm cho màu sắc, mùi, vị và cấu trúc của sản phẩm giảm dần (Phan, 2005). Cụ thể, điểm cảm quan của sản phẩm ở tuần 4 chỉ còn 15,4 điểm do sản phẩm có cấu trúc hơi mềm, độ dẻo dai giảm không còn giữ được độ đàn hồi của sản phẩm, vị hơi nhạt và màu sắc sậm hơn so với sản phẩm ban đầu. Tuy nhiên, việc bổ sung collagen thủy phân với mục tiêu chính đó là tăng hoạt tính chống oxy cho sản phẩm nhằm ứng dụng nhiều trong lĩnh vực thực phẩm chức năng. Hoạt tính chống oxy hóa của sản phẩm sau 4 tuần bảo quản lạnh được trình bày ở Hình 2.

Bảng 6. Kết quả phân tích độ đàn hồi và chất lượng cảm quan của sản phẩm trong suốt quá trình bảo quản lạnh

Thời gian bảo quản (tuần)	Độ đàn hồi (g)	ĐTBCTL
0	316±8,42 ^d	18,7±0,065 ^c
1	283±5,43 ^c	18,1±0,075 ^d
2	247±10,7 ^b	17,2±0,105 ^c
3	228±6,58 ^a	16,6±0,087 ^b
4	219±5,41 ^a	15,4±0,089 ^a

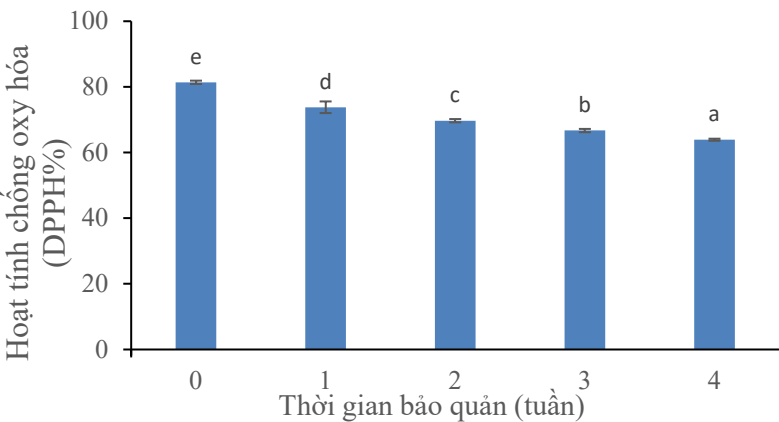
Ghi chú: số liệu thống kê trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn với n=3. Các chữ cái a,b,c,d và e khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức độ tin cậy 95%. ĐTBCTL: điểm trung bình có trọng lượng.

Từ thống kê được thể hiện ở Hình 2 cho thấy hoạt tính chống oxy hóa của sản phẩm thạch có xu hướng giảm mạnh. Tính từ tuần 0 đến tuần 4 hoạt tính chống oxy hóa của thạch giảm từ 81,4% xuống còn 63,9% và khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các

Bảng 7. Sự thay đổi màu sắc và tổng số vi sinh vật hiếu khí của sản phẩm trong suốt quá trình bảo quản lạnh

Thời gian bảo quản (tuần)	Màu sắc			Tổng số vi sinh vật hiếu khí (cfu/g)
	L*	a*	b*	
0	33,5±0,128 ^d	10,1±0,417 ^d	30,9±0,455 ^d	1,21x10 ^{1a}
1	33,1±0,416 ^d	9,60±0,460 ^{cd}	30,1±0,603 ^d	2,12x10 ^{1ab}
2	30,9±0,667 ^c	8,89±0,306 ^c	28,5±0,402 ^c	3,34x10 ^{1b}
3	28,9±0,246 ^b	8,00±0,640 ^b	27,1±0,126 ^b	5,15x10 ^{1c}
4	25,7±0,999 ^a	6,85±0,529 ^a	23,1±0,400 ^a	7,58x10 ^{1d}

Ghi chú: số liệu thống kê được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn với n=3. Những chữ cái a,b,c và d khác nhau trong cùng một cột biểu thị sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức độ tin cậy 95%.



Hình 2. Kết quả phân tích hoạt tính chống oxy hóa của thạch trong quá trình bảo quản lạnh

Từ kết quả Bảng 7 có thể thấy rằng giá trị L* và b* của sản phẩm có xu hướng giảm dần trong 4 tuần bảo quản lạnh. Đối với sản phẩm thạch độ sáng L* giảm từ 33,5 còn 25,7, giá trị b* giảm từ 30,9 xuống

thấp hơn (p<0,05). Nguyên nhân có thể là do khi thời gian bảo quản càng dài, các acid amin chẳng hạn như glycine, alanine và proline dễ bị oxy hóa do nguyên tử nitơ có một cặp electron đơn độc dễ bị các chất oxy hóa tấn công (Xu et al., 2017). Bên cạnh đó, một phần do vitamin rất nhạy với nhiệt độ, oxy và ánh sáng, thời gian giữ nhiệt dài cũng ảnh hưởng đến hàm lượng vitamin trong sản phẩm cuối, đặc biệt là vitamin C (Nguyen et al., 2014). Do đó, hoạt tính chống oxy hóa của thạch trái cây vị xoài bị ảnh hưởng rất lớn qua thời gian bảo quản lạnh. Nghiên cứu của Truong et al. (2023) cũng cho kết quả tương tự khi bảo quản lạnh (4°C), nước ép bổ sung 2% collagen thủy phân từ hỗn hợp da vảy cá lóc trong 4 tuần, hoạt tính chống oxy hóa của nước ép lựu, cà rốt và dâu tằm giảm từ 24,0%, 61,2% và 60,9% còn lần lượt là 12,5%; 33% và 39,8%.

Kết quả đánh giá sự thay đổi màu sắc và mật số vi sinh vật được trình bày ở Bảng 7.

còn 23,1. Có thể giải thích rằng, trong quá trình chế biến có những phản ứng hóa học xảy ra làm ảnh hưởng nhiều đến màu sắc của sản phẩm, chủ yếu là sự phá hủy các chất màu carotenoid, phản ứng

maillard và phản ứng hóa nâu do enzyme (Chen et al., 1995). Tương tự với nghiên cứu của Truong et al. (2023), các sản phẩm nước ép giàu collagen cũng cho độ sáng L^* giảm dần sau 4 tuần bảo quản lạnh (4°C), nước ép lựu giảm từ 27,5 còn 24,6, nước ép cà rốt giảm từ 36,8 còn 32,5 và nước ép dâu tằm giảm từ 7,52 còn 6,13.

Ngoài ra chỉ tiêu vi sinh cũng rất quan trọng, trái ngược với các chỉ tiêu trên thì trong thời gian bảo quản tổng số vi sinh vật hiếu khí có xu hướng tăng lên sau 4 tuần bảo quản lạnh. Nguyên nhân là do mẫu của tuần 0 là mẫu mới được chế biến, được bao gói, bảo quản lạnh, đảm bảo vi sinh nên có mật độ vi sinh thấp. Còn mẫu qua các tuần bảo quản càng lâu, mật độ vi sinh tăng dần, do các vi sinh vật dần thích nghi với nhiệt độ, chúng bắt đầu phát triển nên mật độ vi sinh tăng dần theo thời gian bảo quản (Truong, 2013). Đối với sản phẩm thạch ở tuần 0 đến tuần 4 số vi sinh vật trong sản phẩm tăng từ $1,21 \times 10^1$ lên $7,58 \times 10^1$ cfu/g và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các tuần bảo quản ($p < 0,05$). Tuy nhiên, các mẫu vẫn còn giữ được giá trị cảm quan và tổng số vi sinh vật hiếu khí vẫn nằm trong giới hạn cho phép theo QCVN 20-1: 2024 của Bộ Y tế (Ministry of Health, 2024) về giới hạn các chất ô nhiễm có trong thực phẩm bảo vệ sức khỏe có chứa thành phần từ thực vật là 5×10^4 cfu/g. Khi so với sản phẩm nước ép trái cây giàu collagen của Truong et al. (2023), sản phẩm được bảo quản lạnh ở nhiệt độ 0-4°C sau 4 tuần vẫn đảm bảo được chất lượng cảm quan và tổng số vi sinh vật hiếu khí nằm trong giới hạn cho phép là $3,18 \times 10^1$ cfu/g.

Từ kết quả ở Bảng 6, Bảng 7 và Hình 2, có thể kết luận rằng sản phẩm thạch trái cây vị xoài bổ sung collagen thủy phân vẫn đảm bảo được chất lượng cảm quan và an toàn vi sinh sau 4 tuần bảo quản lạnh.

TÀI LIỆU THAM KHẢO (REFERENCES)

Amin, R., Rhaman, S. S., Hossain, M., & Choudhury, N. (2018). Physicochemical and Microbiological Qualities' Assessment Popular Bangladeshi Mango Fruit Juice. *The Open Microbiology Journal*, 12, 135-140. <https://doi.org/10.2174/1874285801812010135>

AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 17th Edition, George W. Latimer, Jr (Eds), Volume II. Washington DC. USA.

Bilek, S. E., & Bayram, S. K. (2015). Fruit juice drink production containing hydrolyzed collagen. *Journal of Functional Food*, 14, 562-569. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.02.024>

3.5. Thành phần hóa học của sản phẩm thạch trái cây vị xoài bổ sung collagen thủy phân từ da cá tra

Kết quả thành phần hóa học của sản phẩm thạch trái cây vị xoài bổ sung collagen thủy phân từ da cá tra được trình bày ở Bảng 8.

Kết quả phân tích cho thấy sản phẩm có hàm lượng ẩm tương đối cao 56,8%, hàm lượng khoáng, đạm và lipid đạt lần lượt là 0,596%, 6,03%, và 0,037%. Và hoạt tính chống oxy hóa của sản phẩm là 81,9%, điều này cho thấy đây chính là sản phẩm có giá trị dinh dưỡng và hoạt tính chống oxy hóa cao.

Bảng 8. Thành phần hóa học của sản phẩm thạch trái cây vị xoài bổ sung collagen thủy phân từ da cá tra

Thành phần hóa học	Hàm lượng (%)
Ẩm	56,8±0,381
Khoáng	0,596±0,071
Protein	6,03±0,243
Lipid	0,037±0,024

Ghi chú: số liệu thống kê được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn với n=3.

4. KẾT LUẬN

Qua quá trình khảo sát cho thấy sử dụng nồng độ agar là 1,2%, nồng độ gelatin là 0,6% và bổ sung 1% collagen thủy phân cho sản phẩm thạch trái cây vị xoài bổ sung collagen thủy phân từ da cá tra có hoạt tính chống oxy hóa cao, điểm cảm quan tốt nhất, độ đàn hồi và màu sắc tốt. Sản phẩm được bao gói, bảo quản ở nhiệt độ lạnh (0-4°C) vẫn đảm bảo được an toàn về mặt vi sinh và duy trì chất lượng sản phẩm sau 4 tuần bảo quản.

Chandan, R. C. (2006). *Manufacturing yoghurt and fermented milks*. Blackwell Punishing Asia, 511 pages. DOI:10.1002/9781118481301

Chen, B. H., Peng, H. Y., & Chen, H. E. (1995). Change of carotenoids, color and vitamin A content during processing of carrot juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43(7), 1912-1918. <https://doi.org/10.1021/jf00055a029>

Dam, M. S., Nguyen, Y. T. H., & Dang, K. B. (2012). *Food additives*. Ho Chi Minh city National University Publishing House, 432 pages.

- Deng, G., Huang, K., Jiang, X., Wang, K., Song, Z., Su, Y., Li, C., Zhang, S., Wang, S., & Huang, Y. (2023). Developments for collagen hydrosates as a multifunctional antioxidant in biomedical domains. *Collagen and Leather*, 5(26), 1-21. <https://doi.org/10.1186/s42825-023-00131-9>
- Diep, Q. K., & Vu, D. T. T. (2019). Effects of Momordica cochinchinensis nectar, saccharose sugar, gelatin, and heat treatment on the quality of gel candy processed from fruit of Borassus flabellifer and Momordica cochinchinensis. *Dong Thap University Journal of Science*, 41, 92-98 (in Vietnamese). <https://doi.org/10.52714/dthu.41.12.2019.756>
- Hajj, W. A., Salla, M., Krazem, M., Khaled, S., Hassan, H. F., & Khatib, S. E. (2024). Hydrolyzed collagen: Exploring its applications in the food and beverage industries and assessing its impact on human health – A comprehensive review. *Heliyon*, 10(16), 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36433>
- Hashim, P., Mohd, R., Bakar, J., & Mat, H. (2015). Collagen in food and beverage industries. *International Food Research Journal*, 22(1), 1-8. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20153093578>
- Ho, L. H. (1983). *Candy production technique*. Science and Technics Publishing House, 115 pages.
- Huynh, C. T. K., Ho, D. T. D., & Tran, M. T. T. (2013). *Textbook of chemistry and food additives*. Da Nang Publishing House, 312 pages.
- Jongjareonrak, A., Rawdkuen, S., Chaijan, M., Benjakul, S., Osako, K., & Tanaka, M. (2010). Chemical compositions and characterisation of skin gelatin from farmed giant catfish (*Pangasianodon gigas*). *LWT-Food Science and Technology*, 43(1), 161-165. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.06.012>
- Khan, N., Khushtar, M., Ahmad, N., Hasan, N., Khan, Z., Idris, S., Ahmad, A., & Zishan, M. (2017). Nutritional importance and pharmacological activity of *Mangifera indica*. *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 6(05), 258-273. <https://doi.org/10.20959/wjpps20175-8974>
- Le, T. T. M., & Nguyen, T. V. (2019). The effect of treatment method and extraction condition on the quality of gelatin from tra catfish skin (*Pangasianodon hypophthalmus*). *Journal of Fisheries Science and Technology*, 4, 130-138 (in Vietnamese).
- León-López, A., Morales-Peñaloza, A., Martínez-Juárez, V. M., Vargas-Torres, A., Zeugolis, D. I., & Aguirre-Álvarez, G. (2019). Hydrolyzed Collagen - Sources and Applications. *Bioproducts for Health*, 24(20), 1-16. <https://doi.org/10.3390/molecules24224031>
- Mao, B., Bentaleb, A., Louerat, F., Divoux, T., & Snabre, P. (2017). Heat-induced aging of agar solutions: Impact on the structural and mechanical properties of agar gels. *Food Hydrocolloids*, 64, 59-69. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.10.020>
- Matilla, B., Mauriz, J., Culebras, J., González-Gallego, J., & González, P. (2002). La glicina: un nutriente antioxidante protector celular. *Nutrición Hospitalaria*, 1(17), 2-9.
- Ministry of Health. (2024). *National technical regulation QCVN 20-1:2024/BYT about "Limit of contaminants in food for health protection"*. http://www.fsi.org.vn/pic/files/qcvn-20-1_2024-byt-ve-o-nhiem-vi-sinh-vat-trongtp_bia_merged.pdf
- Committee Science and Technology. (1979). *National standard TCVN 3215-79 about Food products - sensory analysis - scoring method*. <https://vanbanphapluat.co/tevn-3215-1979-san-pham-thuc-pham-phan-tich-cam-quan-phuong-phap-cho-diem>
- Ministry of Science and Technology. (2015). *National standard TCVN 4884-1:2015 about Microorganisms in the food chain - methods for quantifying microorganisms*. <https://thuvienphapluat.vn/TCVN/Cong-nghe-Thuc-pham/TCVN-4884-1-2015-Vi-sinh-vat-trong-chuoi-thuc-pham-Dem-khuan-lac-30-C-do-dia-915579.asp>
- Nguyen, D. C., Pham, L. T. M., & Nguyen, C. T. K. (2016). A study on making yoghurt with purple sweet potato (*Solanum andigenum*) added. *Dong Thap University Journal of Science*, 22, 115-120 (in Vietnamese).
- Nguyen, D. P., & Le, A. T. H. (2022). *Food Additives Textbook*. Ho Chi Minh city National University Publishing House, 467 pages.
- Nguyen, M. T., Ho, T. H., Nguyen, A. T., & Doan, N. P. C. (2013). Effects of ingredients (milk, gelatin and fruit jam) on yoghurt quality. *Can Tho University Journal of Science*, 26, 112-120 (in Vietnamese). <https://ctujsvn.ctu.edu.vn/index.php/ctujsvn/article/view/103>
- Nguyen, T. M., Dinh, D. C., Nguyen, T. A., Tran, T. T., & Nguyen, T. M. T. (2014). Effects of vacuum processing, color stabilizers and pasteurization on concentrated pineapple juice quality. *Can Tho University Journal of Science*, 31, 12-20 (in Vietnamese).
- Nguyen, X. T. H., Nguyen, H. X., & Doan, L. P. (2024). Influence of agar concentration and precipitation time, storage time and temperature on the quality of guava (*Psidium guajava* L.)

- wine. *Can Tho Journal of Science and Technology*, 3, 30-40 (in Vietnamese).
- Phan, Q. T. T. (2005). *Lecture on seafood processing technology*. Faculty of Agriculture and applied biology. Can Tho University.
- Phan, T. N., Nguyen, T. T. B., & Nguyen, A. P. (2024). Study on the processing of soft milk candy supplemented with syrup from leaf of perilla (*Perilla frutescens* (L.) Britt.). *TNU Journal of Science and Technology*, 299(05), 275-282 (in Vietnamese).
- Ren, J., Zhao, M., Shi, J., Wang, J., Jiang, Y., Cui, C., & Xue, S. J. (2008). Purification and identification of antioxidant peptides from grass carp muscle hydrolysates by consecutive chromatography and electrospray ionization mass spectrometry. *Food Chemistry*, 108(2), 727-736.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.010>
- Sae-leaw, T., & Benjakul, S. (2015). Physico-chemical properties and fishy odour of gelatin from seabass (*Lates calcarifer*) skin stored in ice. *Food Bioscience*, 10, 59-68.
<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2015.02.002>
- Santos, S. D. A. D., Martins, V. G., Salas-Mellado, M., & Prentice, C. (2011). Evaluation of Functional Properties in Protein Hydrolysates from Bluewing Searobin (*Prionotus punctatus*) Obtained with Different Microbial Enzymes. *Food Bioprocess Technology*, 4(8), 1399-1460.
<http://repositorio.furg.br/handle/1/1729>
- Tran, L. T., Nguyen, C. T., Do, N. V., Nguyen, T. A., Trang, T. S., & Vu, B. N. (2010). *Surimi science and technology and simulation products*. Agricultural Publishing House, 211 pages.
- Truong, T. T. M. (2013). *Lecture on frozen seafood processing technology*. Faculty of Seafood Science and Technology, Can Tho University.
- Truong, T. T. M., Nguyen, M. V., Le, T. T. M., & Tran, T. T. (2023). Application of hydrolyzed collagen from skin – scale mixing of snakehead fish (*Channa striata*) in the production of enriched collagen juice. *Vietnam Journal of Agriculture and Rural Development*, 6, 216-224 (in Vietnamese).
- VAFF. (2024). *Vietnam Functional Food Market: Focus on Bone Health and Cognition*.
<https://vaff.org.vn/thi-truong-tpcn-viet-nam-quan-tam-toi-suc-khoe-xuong-va-nhan-thuc-d55.html>
- VASEP. (2020). *Agricultural Startup: Earning Billions by Extracting Collagen from Discarded Tra Catfish Skin*.
<https://vasep.com.vn/san-pham-xuat-khau/ca-tra/nguyen-lieu/khoi-nghiep-nong-nghiep-kiem-tien-ty-nho-chiet-tach-collagen-tu-da-ca-tra-bodi-10498.html>
- Wenkateswarlu, K., & Reddy, P. S. K. (2014). Mango: Carotenoids. *International Journal of Pharmamedix India*, 2(2), 741-744.
- Wu, H. C., Shiau, C. Y., Chen, H. M., & Chiou, T. K. (2003). Antioxidant activities of carnosine, anserine, some free amino acids their combination. *Journal of Food Research International*, 48(2), 435-153.
<https://doi.org/10.38212/2224-6614.2720>
- Xu, N., Chen, G., & Liu, H. (2017). Antioxidative categorization of twenty amino acids based on experimental evaluation. *Molecules*, 22(12), 1-8.
<https://doi.org/10.3390/molecules22122066>
- Zhang, Y., Dutilleul, P., Li, C., & Simpson, B. K. (2019). Alcalase-assisted production of fish skin gelatin rich in high molecular weight (HMW) polypeptide chains and their characterization for film forming capacity. *LWT - Food Science and Technology*, 110, 117-125.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.012>