

Nghiên cứu điều chế sản phẩm phản ứng Maillard của chitosan-glucose sử dụng chitosan chiếu xạ và thử nghiệm bảo quản dâu tây

Nguyễn Trọng Hoàn Phong^{1*}, Nguyễn Hồng Hoàng¹, Võ Hà Tuyết Hạnh¹, Lê Văn Toàn¹, Lê Xuân Cường¹, Phạm Thành Minh¹, Nguyễn Lê Anh¹, Lê Văn Diệp¹, Đinh Ngọc Bảo Nam¹, Mai Phước Minh Thành¹, Nguyễn Đăng Khoa¹, Hồ Hoàng Thắng¹, Đỗ Tâm Nhân¹, Trần Anh Thông², Bùi Duy Du³

¹Viện Nghiên cứu Hạt nhân, Viện Năng lượng Nguyên tử Việt Nam, 1 Nguyễn Tử Lạc, phường 8, TP Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng, Việt Nam

²Trung tâm Nghiên cứu khoai tây, rau và hoa, Viện Khoa học Kỹ thuật Nông nghiệp miền Nam, đường Hồ Xuân Hương, phường 12, TP Đà Lạt, tỉnh Lâm Đồng, Việt Nam

³Viện Khoa học Vật liệu, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam, 18 Hoàng Quốc Việt, phường Nghĩa Đô, quận Cầu Giấy, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 8/9/2022; ngày chuyển phản biện 10/9/2022; ngày nhận phản biện 20/10/2022; ngày chấp nhận đăng 24/10/2022

Tóm tắt:

Trong nghiên cứu này, sản phẩm phản ứng Maillard của dung dịch chitosan-glucose (CTS/GC) được điều chế từ chitosan (CTS) cắt mạch bằng bức xạ gamma Co-60 và glucose (GC). Các điều kiện phản ứng như: nhiệt độ, thời gian và tỷ lệ chitosan/glucose đã được khảo sát. Khối lượng phân tử (KLPT) của mẫu chitosan chiếu xạ được xác định bằng sắc ký thẩm thấu gel (GPC). Kết quả khảo sát cho thấy, KLPT CTS chiếu xạ trong môi trường không có H₂O₂ (trương nước) giảm chậm hơn so với độ suy giảm KLPT của CTS ở dạng trương trong môi trường H₂O₂ do hiệu quả của hiệu ứng đồng vận dùng tia gamma Co-60 và H₂O₂ có tác dụng cắt mạch CTS tạo oligochitosan tốt hơn so với từng tác nhân riêng lẻ, dung dịch oligochitosan-glucose với tỷ lệ CTS/GC 1:1 (w/w), thời gian phản ứng 2 giờ ở nhiệt độ 90°C có cường độ hấp thụ tại bước sóng 420 nm cao nhất. Khả năng kéo dài thời gian bảo quản dâu tây xử lý với sản phẩm phản ứng Maillard cũng được nghiên cứu. Sử dụng dung dịch CTS₈/GC có thể kéo dài thời gian bảo quản của dâu tây gấp 2 lần so với đối chứng. Khi sử dụng dung dịch CTS₈/GC nồng độ 0,1% để xử lý dâu tây, thời gian bảo quản dâu tây có thể kéo dài tới 7 ngày khi bảo quản ở nhiệt độ phòng.

Từ khóa: chiếu xạ, chitosan, dâu tây, gamma Co-60, glucose.

Chỉ số phân loại: 1.3, 2.10, 4.6

Study on preparation of Maillard reaction product of chitosan-glucose using irradiated chitosan and evaluation of strawberry preservation

Trong Hoanh Phong Nguyen^{1*}, Hong Hoang Nguyen¹, Ha Tuyen Hanh Vo¹, Van Toan Le¹, Xuan Cuong Le¹, Thanh Minh Pham¹, Le Anh Nguyen¹, Van Diep Le¹, Ngoc Bao Nam Dinh¹, Phuoc Minh Thanh Mai¹, Dang Khoa Nguyen¹, Hoang Thang Ho¹, Tam Nhan Do¹, Anh Thong Tran², Duy Du Bui³

¹Dalat Nuclear Research Institute, Vietnam Atomic Energy Institute, 1 Nguyen Tu Luc Street, Ward 8, Da Lat City, Lam Dong Province, Vietnam

²Potato Vegetable & Flower Research Center, Institute of Agricultural Science for Southern Vietnam, Ho Xuan Huong Street, Ward 8, Da Lat City, Lam Dong Province, Vietnam

³Institute of Materials Science, Vietnam Academy of Science and Technology, 18 Hoang Quoc Viet Street, Nghia Do Ward, Cau Giay District, Hanoi, Vietnam

Received 8 September 2022; revised 20 October 2022; accepted 24 October 2022

Abstract:

In this study, Maillard reaction products of chitosan-glucose (CTS/GC) solution were prepared from irradiated chitosan (CTS) depolymerised by Co-60 gamma irradiation and glucose (GC). The reaction conditions were investigated, particularly temperature, reaction time and CTS/GC ratio. The molecular weight (Mw) of irradiated chitosan samples was determined by gel permeation chromatography (GPC). The results showed that the molecular weight of chitosan irradiated in a non-H₂O₂ environment (in the swollen state with water) decreased more slowly than the molecular weight of CTS in the swollen state with H₂O₂ due to the synergistic effect of using gamma Co-60 and H₂O₂, which effectively degraded chitosan to create oligochitosan more efficiently than each agent, chitosan-glucose solution with ratio of CTS/GC 1:1 (w/w), reaction time in 2 hours at 90°C had the highest optical density at 420 nm. The possibility of prolonging the storage life of strawberries was also investigated. Applying CTS₈/GC solution to treat strawberries has prolonged the preservation time approximately 2 times longer than the control. Using a 0.1% concentration of CTS₈/GC solution to treat strawberries, the storage time of strawberries can be extended up to 7 days when stored at room temperature.

Keywords: chitosan, gamma Co-60, glucose, irradiation, strawberry.

Classification numbers: 1.3, 2.10, 4.6

*Tác giả liên hệ: Email: sharahio@yahoo.com

1. Đặt vấn đề

Trong quá trình bảo quản nông sản sau thu hoạch, sự tổn thất trong quá trình bảo quản khá cao, tổn thất trung bình sau thu hoạch đối với các loại hạt vào khoảng 10%, đối với cây có củ là 10-20%, tổn thất sau thu hoạch của các loại rau quả trung bình hàng năm từ 10-30%. Vì vậy, việc nghiên cứu tạo ra các sản phẩm sinh học ứng dụng trong bảo quản nông sản sau thu hoạch là vấn đề cấp thiết cần được quan tâm nghiên cứu.

Chitosan là một polyme sinh học có nguồn gốc từ tự nhiên, không độc hại và có khả năng kháng khuẩn nên hiện đang được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu sử dụng trong bảo quản thực phẩm [1-2]. Do CTS không tan trong nước, chỉ tan trong axit hữu cơ như axit acetic, axit formic... nên việc sử dụng CTS có hạn chế. Ngoài ra, khi sử dụng CTS để bảo quản nông sản sẽ tạo thành một lớp màng bao bên ngoài nguyên liệu ngăn cản sự thoát hơi nước, thoát khí dẫn tới có thể làm ngưng sự hô hấp của nông sản gây ra sự hư hỏng kỵ khí. Để vượt qua các hạn chế của CTS, hiện nay các nhà nghiên cứu đang ưu tiên sử dụng CTS có KLPT thấp, đặc biệt là các dạng oligochitosan, nano chitosan hoặc các phức hợp sản phẩm phản ứng Maillard (SPM) giữa CTS và đường trong bảo quản nông sản thực phẩm. Việc ứng dụng oligochitosan-glucose trong bảo quản nông sản sau thu hoạch mang lại ưu điểm nhờ khả năng hòa tan tốt hơn của oligochitosan-glucose trong dung dịch so với CTS [3-6]. Dâu tây là loại quả giàu vitamin C và cung cấp một lượng lớn các chất flavonoid cần thiết cho cơ thể. Tuy nhiên, vì là trái cây giàu dinh dưỡng và chứa nhiều nước, dâu tây rất dễ hư hỏng trong quá trình bảo quản sau thu hoạch. Vì lý do này, dâu tây trở thành một trong những nông sản được các nhà khoa học nghiên cứu để tìm cách kéo dài thời gian bảo quản sau thu hoạch.

Trong công trình này, các tác giả trình bày kết quả nghiên cứu điều chế CTS/GS từ CTS chiếu xạ và khả năng kéo dài thời gian bảo quản dâu tây sau thu hoạch của SPM dung dịch CTS/GS và oligochitosan-glucose.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên vật liệu và hóa chất

Chitosan dạng bột có KLPT ban đầu là 102 kDa. Dâu tây giống New Zealand, được trồng trong nhà kính tại Đà Lạt và đạt tiêu chuẩn VietGAP, được thu hái trực tiếp từ vườn, lựa chọn những quả có kích thước đồng đều và đạt độ chín kỹ thuật, đồng thời loại bỏ những quả bị xây xát, tổn thương hoặc bị sâu hại. Các hóa chất tinh khiết sử dụng cho phân tích được sử dụng trực tiếp mà không qua tinh chế lại, bao gồm axit lactic, D-glucose, CH_3COONa , NaOH, và các hóa chất khác.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Chiếu xạ tia gamma Co-60 cắt mạch chitosan:

Hiệu ứng đồng vận là sự tương tác đồng thời của hai tác nhân phân ứng và hiệu ứng này sẽ lớn hơn tổng tương tác của các thành phần riêng rẽ. Để nghiên cứu hiệu ứng đồng vận, bức xạ γCo^{60} và hydro peroxid (H_2O_2) được sử dụng đồng thời để cắt mạch CTS có $M_w=102$ kDa tạo thành các CTS KLPT khác nhau [7-8].

Cần 4 g CTS để ngâm trương trong 80 ml dung dịch H_2O_2 1% trong 1 giờ. Sau đó, chiếu xạ CTS trương trong H_2O_2 trên thiết bị chiếu xạ Gamma Chamber 5000 với liều xạ từ 0-30 kGy, suất liều 1,08 kGy/h. Mẫu sau khi chiếu xạ được sấy khô ở 40°C trong tủ sấy quạt gió, sau đó nghiền mịn bằng máy nghiền IKA A11 basic, Đức. Các mẫu CTS chiếu xạ được xác định KLPT bằng sắc ký gel thẩm qua (GPC) trên máy LC-20AD Shimadzu, Nhật Bản, sử dụng detector RID-20A và cột Shodex SB-803 HQ, kích thước cột 8×300 mm. Chất chuẩn là Pullulan có M_w từ 12.200÷100.000 Da, dung môi pha động là CH_3COOH 0,25M/ CH_3COONa 0,25M với tốc độ pha động 0,5 ml/phút [9].

Phương pháp điều chế SPM chitosan-glucose:

SPM của CTS/GS được điều chế theo tài liệu [3, 10]. Các mẫu chitosan KLPT khác nhau được hòa tan thành nồng độ 1% trong dung dịch axit lactic 1% sau đó thêm vào 1 lượng đường glucose có nồng độ khác nhau, khuấy bằng máy khuấy từ để đạt dung dịch đồng nhất. Hỗn hợp sau đó được hấp trong nồi hấp ở các khoảng nhiệt độ và thời gian phản ứng khác nhau. Dung dịch CTS/GS tạo thành được đo mật độ quang bằng thiết bị UV-Vis mini 1240, ở bước sóng 420nm để xác định các thông số tối ưu.

- *Khảo sát ảnh hưởng nhiệt độ phản ứng đến mật độ quang của phức hợp:* hòa tan 0,5 g CTS trong 50 ml dung dịch axit lactic 1%, thêm 50ml dung dịch đường glucose nồng độ 1%. Điều chỉnh pH dung dịch đến 6 bằng dung dịch NaOH 1M và khuấy đều để đạt dung dịch đồng nhất. Hỗn hợp sau đó được gia nhiệt và giữ ở khoảng nhiệt độ $50-110^\circ\text{C}$ trong 120 phút.

- *Khảo sát ảnh hưởng thời gian phản ứng đến mật độ quang của phức hợp:* hòa tan 0,5 g CTS trong 50 ml dung dịch axit lactic 1%, thêm 50ml dung dịch đường glucose nồng độ 1%. Điều chỉnh pH dung dịch đến 6 và khuấy đều để đạt dung dịch đồng nhất. Hỗn hợp sau đó được gia nhiệt và giữ ở nhiệt độ 90°C trong khoảng thời gian 60-240 phút.

- *Khảo sát ảnh hưởng tỷ lệ CTS/GC đến mật độ quang của phức hợp:* hòa tan 0,5 g CTS trong 50 ml dung dịch axit lactic 1%, thêm 50 ml dung dịch đường glucose có nồng độ trong khoảng 0,5-3%. Điều chỉnh pH dung dịch đến 6 và khuấy đều để đạt dung dịch đồng nhất. Hỗn hợp sau đó được gia nhiệt và giữ ở nhiệt độ 90°C trong 120 phút.

Phương pháp bảo quản dâu tây bằng dung dịch SPM chitosan-glucose:

Quả dâu tây được chia thành các mẫu có cùng số lượng quả (10 quả). Các thí nghiệm được lặp lại 3 lần. Kết quả lấy giá trị trung bình.

Bảo quản dâu tây bằng dung dịch SPM chitosan-glucose:

Dâu tây được nhúng trong dung dịch CTS/GC có nồng độ 0,1% với thời gian 5 phút. Để khô tự nhiên rồi bảo quản ở nhiệt độ phòng (nhiệt độ $25-28^\circ\text{C}$). Tiến hành theo dõi sự thay đổi chất lượng của các mẫu thí nghiệm và mẫu đối chứng với chu kỳ 1 ngày/lần.

- *Xác định tỷ lệ hao hụt khối lượng tự nhiên:* tỷ lệ hao hụt khối lượng tự nhiên được xác định bằng cách cân khối lượng từng mẫu ở mỗi nghiệm thức trước khi bảo quản và sau mỗi lần theo dõi và được tính theo công thức:

$$G(\%) = \frac{G_1 - G_2}{G_1} \times 100$$

Trong đó:

- G = Hao hụt khối lượng tự nhiên ở mỗi lần theo dõi (%)

- G_1 = Khối lượng mẫu trước bảo quản (g)

- G_2 = Khối lượng mẫu ở các lần theo dõi (g)

- *Phương pháp cảm quan:* chất lượng cảm quan của dâu tây được xác định bằng phương pháp cho điểm, thang điểm 20, thang điểm gồm 5 bậc (từ 0 đến 5), theo tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3215-79 [11].

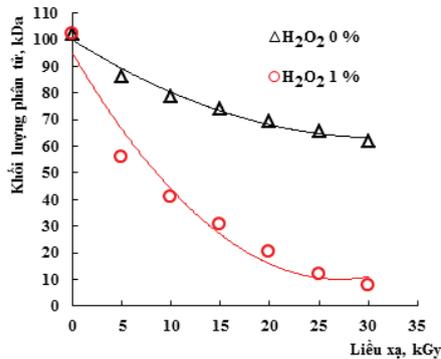
- *Phân tích thống kê:* phân tích thống kê dữ liệu được thực hiện bằng phần mềm SPSS phiên bản 20.0 sử dụng phương pháp phân tích phương sai một chiều (ANOVA), sự khác biệt có ý nghĩa thống kê với độ tin cậy 95% (hay mức ý nghĩa $p < 0,05$).

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Xác định khối lượng phân tử của chitosan

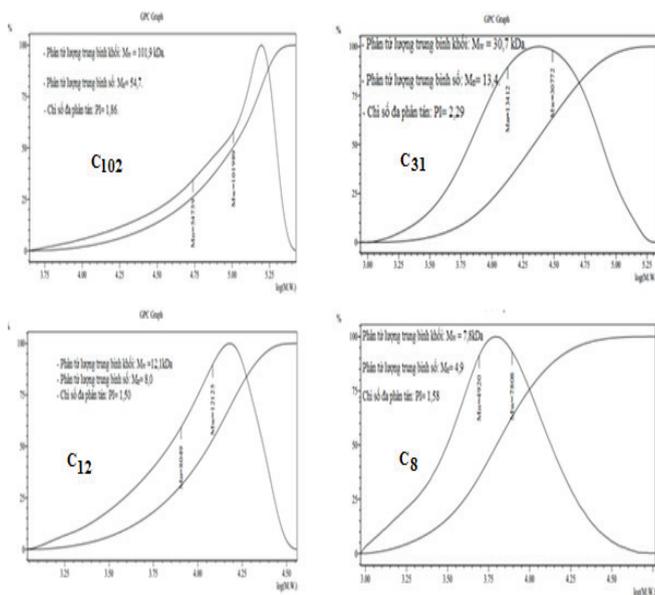
Ảnh hưởng của liều xạ đối với KLPT của CTS được trình bày trong hình 1 và sắc ký đồ GPC của các mẫu CTS thể hiện trong hình 2. Kết quả phân tích từ hình 1 cho thấy, khi áp dụng hiệu ứng đồng vận của bức xạ

gamma Co-60 và H₂O₂ để cắt mạch CTS, liều xạ có tác động rõ rệt đến KLPT của CTS, và KLPT giảm dần theo mức độ tăng của liều xạ. Cụ thể, KLPT của CTS giảm mạnh trong khoảng liều xạ từ 0 đến 10 kGy. Sau mức 10 kGy, khi liều xạ tiếp tục tăng, sự giảm KLPT diễn ra chậm hơn, không tỷ lệ thuận với mức độ tăng của liều xạ. So với quá trình chiếu xạ CTS trong môi trường không có H₂O₂ (trương nước), quá trình chiếu xạ trong môi trường có H₂O₂ làm giảm KLPT của CTS nhanh hơn. Điều này có thể giải thích bởi quá trình cắt mạch bức xạ trong CTS tương đương dịch H₂O₂ xảy ra mạnh mẽ hơn nhờ hiệu ứng đồng vận giữa bức xạ và H₂O₂ [7].



Hình 1. Ảnh hưởng của liều xạ đến khối lượng phân tử trung bình của chitosan.

Kết quả phân tích cho thấy khi chiếu xạ CTS trong dung dịch H₂O₂ 1% với liều xạ 5 kGy và suất liều 1,08 kGy/h, KLPT của CTS giảm khoảng một nửa, chỉ còn khoảng 55,6 kDa. Khi liều xạ được tăng lên 10 kGy và 15 kGy, KLPT của CTS tiếp tục giảm xuống còn khoảng 40,7 kDa và 30,7 kDa. Đặc biệt, khi liều xạ tăng lên 25 kGy và 30 kGy, KLPT của CTS giảm mạnh còn khoảng 12,1 kDa và 7,8 kDa. Những kết quả này minh chứng cho hiệu quả rõ rệt của hiệu ứng đồng vận giữa tia gamma Co-60 và hydroperoxide trong việc cắt mạch CTS, giúp tạo ra oligochitosan với hiệu suất cao hơn, điều này phù hợp với các nghiên cứu trước đó của D.X. Du và cs (2014) [8].



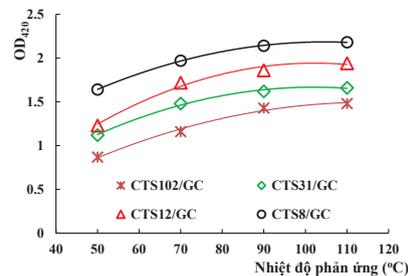
Hình 2. Sắc ký đồ thẩm thấu gel của chitosan C₁₀₂, C₃₁, C₁₂ và C₈.

Từ các kết quả khảo sát KLPT của CTS cho thấy, các mẫu CTS ký hiệu là: CTS₁₀₂; CTS₃₁; CTS₁₂ và CTS₈ có KLPT khác nhau lần lượt là 102,0; 30,7; 12,1 và 7,8 kDa (hình 2).

3.2. Các yếu tố ảnh hưởng đến mật độ quang của phức hợp chitosan-glucose

- Ảnh hưởng của nhiệt độ phản ứng đến mật độ quang

Kết quả khảo sát ảnh hưởng của nhiệt độ phản ứng đến mật độ quang của dung dịch CTS/GS tạo thành CTS sử dụng có KLPT khác nhau: 102,1; 30,7; 12,1 và 7,8 kDa) khảo sát tại bước sóng λ=420 nm được trình bày trong hình 3.

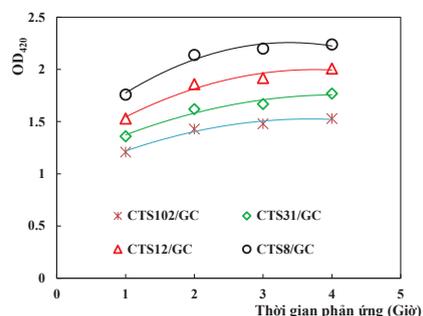


Hình 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ phản ứng đến mật độ quang.

Các kết quả khảo sát cho thấy, mật độ quang tại bước sóng λ=420 nm tăng theo nhiệt độ trong khoảng 50-90°C ở cả 4 loại KLPT CTS được khảo sát. Cụ thể, mật độ quang của phức hợp CTS/GC của CTS KLPT 102,1; 30,7; 12,1 và 7,8 kDa lần lượt là 1,43; 1,62; 1,86 và 2,14. Các kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, khả năng phản ứng tạo phức với glucose của CTS KLPT thấp cao hơn. Điều này có thể giải thích, CTS KLPT cao thì mạch phân tử dài và công kênh hơn sẽ hạn chế sự tiếp xúc của nhóm carbonyl trong phân tử đường glucose và nhóm NH₃⁺ trong phân tử CTS. Mặt khác, theo một số nghiên cứu cũng cho thấy nhóm NH₃⁺ của CTS KLPT thấp linh động hơn. Ở mức nhiệt độ 110°C mật độ quang của phức hợp CTS/GC có tăng nhưng không đáng kể. Khi mật độ quang không tăng nghĩa là phản ứng giữa CTS/GC đã đạt hiệu suất cao nhất (phản ứng đạt trạng thái bão hòa). Vì vậy, để tiết kiệm năng lượng cũng như chi phí sản xuất, nhiệt độ 90°C được chọn làm nhiệt độ tối ưu của phản ứng giữa CTS/GC và được sử dụng cho các khảo sát tiếp theo.

- Ảnh hưởng của thời gian phản ứng đến mật độ quang

Ảnh hưởng của thời gian phản ứng đến mật độ quang được trình bày trong hình 4.

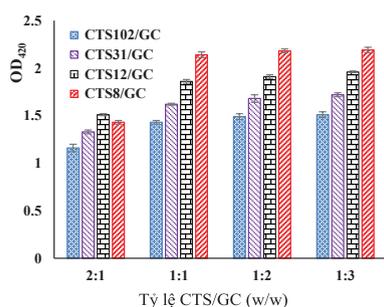


Hình 4. Ảnh hưởng của thời gian phản ứng đến mật độ quang.

Các kết quả khảo sát trên hình 4 cho thấy, mật độ quang tại bước sóng $\lambda=420$ nm tăng theo thời gian phản ứng trong khoảng 1-2 giờ đầu của phản ứng ở cả 4 loại KLPT CTS được khảo sát. Ở khoảng thời gian 3-4 giờ mật độ quang của phức hợp CTS/GC tăng không đáng kể (phản ứng đạt trạng thái bão hòa). Các kết quả nghiên cứu cũng cho thấy, khả năng phản ứng tạo SPM với glucose của CTS KLPT thấp cao hơn CTS KLPT cao trong cùng một điều kiện. Từ các kết quả khảo sát, thời gian phản ứng càng dài thì hiệu quả tạo thành phức hợp CTS/GS càng cao và đạt trạng thái bão hòa sau 2 giờ.

- Ảnh hưởng của tỷ lệ chitosan/glucose đến mật độ quang

Ảnh hưởng của tỷ lệ CTS/GC đến mật độ quang được trình bày trong hình 5.



Hình 5. Ảnh hưởng của tỷ lệ chitosan/glucose đến mật độ quang.

Các kết quả khảo sát trên hình 5 cho thấy, mật độ quang tại bước sóng $\lambda=420$ nm tăng khi tăng hàm lượng glucose ở cả 4 loại KLPT CTS được khảo sát và đạt trạng thái bão hòa ở tỷ lệ CTS/GC là 1:1 (w/w). Khi tiếp tục tăng hàm lượng glucose lên thì mật độ quang của phức hợp CTS/GC tăng không đáng kể (phản ứng đạt trạng thái bão hòa). Điều này cũng phù hợp với nghiên cứu của S.R. Kannat và cs (2008) [3] khi khảo sát sự hình thành sản phẩm phản ứng Maillard CTS/GS tại bước sóng $\lambda=420$ nm.

3.3. Nghiên cứu bảo quản dâu tây bằng dung dịch SPM chitosan-glucose

Trong nghiên cứu này, chúng tôi tiến hành đánh giá tác động của các SPM CTS31/GC, CTS12/GC và CTS8/GC đối với sự suy giảm khối lượng tự nhiên của dâu tây cũng như các chỉ tiêu cảm quan trong

Bảng 1. Ảnh hưởng của tác nhân bảo quản đến tỷ lệ hao hụt khối lượng của dâu tây.

Các nghiệm thức	Tỷ lệ hao hụt khối lượng (%)			
	Thời gian bảo quản, (ngày)			
	1	2	4	7
Đc	7,20±0,32 ^d	13,08±0,76 ^d	22,40±1,28 ^e	38,67±1,06 ^f
GC	7,61±0,43 ^d	14,20±0,32 ^e	23,69±1,18 ^f	41,90±0,91 ^g
CTS ₈	5,16±0,17 ^b	8,17±0,27 ^b	16,85±0,16 ^d	25,95±0,41 ^e
CTS ₃₁ /GC	6,30±0,35 ^c	9,94±0,25 ^c	17,57±0,31 ^d	24,22±0,83 ^d
CTS ₁₂ /GC	5,19±0,20 ^b	8,58±0,41 ^b	13,62±0,28 ^b	19,15±0,35 ^b
CTS ₈ /GC	4,67±0,19 ^a	7,17±0,30 ^a	10,67±0,44 ^a	16,34±0,63 ^a

a, b, c, d, e, f, g: Trong cùng một cột các chữ cái khác nhau là khác nhau có ý nghĩa thống kê p<0,05.

điều kiện bảo quản thông thường (nhiệt độ phòng 25-28°C). Quả dâu tây tươi được ngâm trong dung dịch CTS/GS với nồng độ 0,1%. Mẫu so sánh bao gồm mẫu đối chứng, mẫu ngâm trong dung dịch glucose 0,1%, và mẫu ngâm trong dung dịch CTS8 0,1% (để so sánh). Các kết quả khảo sát được trình bày trong bảng 1 đến bảng 3.

- Ảnh hưởng của các tác nhân bảo quản đến tỷ lệ hao hụt khối lượng

Ảnh hưởng của các tác nhân bảo quản đến tỷ lệ hao hụt khối lượng của quả dâu tây trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ thường được thể hiện trong bảng 1.

Các kết quả nghiên cứu trong bảng 1 chỉ ra rằng mức độ hao hụt khối lượng trong quá trình bảo quản dâu tây là rất lớn, chủ yếu do các quá trình trao đổi chất và hô hấp diễn ra bên trong quả dâu, cùng với sự bay hơi nước tự nhiên vì dâu tây là loại quả chứa nhiều nước. Kết quả cũng cho thấy, độ hao hụt khối lượng của dâu tây tăng dần theo thời gian bảo quản ở tất cả các nghiệm thức. Cụ thể, ở mẫu đối chứng, độ hao hụt khối lượng sau 1 ngày là khoảng 7,21%, điều này cũng xảy ra tương tự với mẫu xử lý bằng dung dịch GC. Tuy nhiên, đến ngày thứ 2, mức độ hao hụt khối lượng tăng mạnh, lên đến 13,07% đối với mẫu đối chứng và 14,21% đối với mẫu xử lý bằng dung dịch GC. Sau 7 ngày, độ hao hụt khối lượng của mẫu đối chứng là 38,67%, và 41,90% đối với mẫu xử lý bằng dung dịch GC. Những kết quả này chứng tỏ rằng dung dịch glucose không có khả năng ngừng hoặc làm chậm quá trình mất nước ở dâu tây.

Với mẫu xử lý bằng dung dịch CTS₈, độ suy giảm khối lượng sau 1 ngày chỉ khoảng 5,15%. Sau đó, độ suy giảm khối lượng tăng dần theo thời gian và sau 7 ngày độ suy giảm khối lượng đối với mẫu dâu tây xử lý bằng dung dịch oligochitosan khoảng 25,94%. Đối với các mẫu dâu tây khi xử lý bằng dung dịch oligochitosan-glucose nồng độ 0,1% độ suy giảm khối lượng của dâu tây tăng dần theo thời gian nhưng có xu hướng tăng chậm hơn. Sau 1 ngày mức độ suy giảm khối lượng của mẫu xử lý với dung dịch CTS₁₂/GC và CTS₈/GC tương ứng lần lượt là 4,57% và 5,39%. Sau 7 ngày mức độ suy giảm khối lượng của dâu tây xử lý bằng dung dịch CTS₁₂/GC là 19,15% và với CTS₈/GC là 16,34%. Kết quả khảo sát cho thấy, dung dịch CTS₈/GC có khả năng kìm hãm sự suy giảm khối lượng tự nhiên của dâu tây tốt nhất.

- Ảnh hưởng của các tác nhân bảo quản đến kết quả đánh giá cảm quan

Ảnh hưởng của các tác nhân bảo quản đến màu sắc và trạng thái của quả dâu tây trong quá trình bảo quản ở nhiệt độ thường được thể hiện trong bảng 2 và bảng 3.

Bảng 2. Ảnh hưởng của tác nhân bảo quản đến kết quả đánh giá cảm quan.

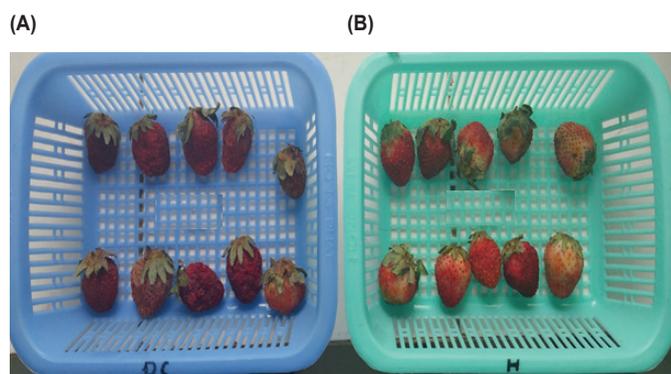
Các nghiệm thức mẫu	Điểm cảm quan về màu sắc và trạng thái của dâu tây				
	Thời gian bảo quản (ngày)				
	0	1	2	4	7
Đc	20,0	15,2	13,2	8,8	2,4
GC	20,0	14,8	13,6	9,6	2,0
CTS ₈	20,0	18,8	17,2	12,4	8,8
CTS ₃₁ /GC	20,0	18,0	18,0	14,8	11,2
CTS ₁₂ /GC	20,0	18,8	17,6	14,8	11,6
CTS ₈ /GC	20,0	18,0	18,0	15,2	12,4

Dựa trên số liệu từ bảng 2, có thể thấy rõ ảnh hưởng của thời gian bảo quản đối với màu sắc và trạng thái của dâu tây. Ở mẫu đối chứng, màu sắc và trạng thái của dâu tây giảm sút rõ rệt theo thời gian bảo quản. Sau ngày đầu tiên, màu sắc và trạng thái của quả bắt đầu thay đổi, quả dâu trở nên héo dần và màu sắc bắt đầu chuyển đổi. Đến ngày thứ 4, hiện tượng thối trái bắt đầu xuất hiện và đến ngày thứ 7, dâu tây gần như hư hỏng hoàn toàn, với điểm cảm quan chỉ còn 2,5. Mẫu dâu tây được xử lý bằng dung dịch chứa GC có sự thay đổi tương tự. Trong khi đó, các mẫu được xử lý bằng dung dịch CTS8 sau ngày thứ 2 vẫn giữ được màu sắc và độ cứng của quả, quả vẫn có màu xanh và không bị héo. Đến ngày thứ 4, màu sắc quả dâu bắt đầu chuyển đổi, quả bắt đầu khô dần và xuất hiện các chấm đen. Đến ngày thứ 7, quả dâu bắt đầu hư hỏng với điểm cảm quan là 8,8. Đối với mẫu dâu tây nhúng trong dung dịch CTS8/GC, sau 4 ngày bảo quản, quả dâu vẫn giữ được màu sắc và hình dáng. Tuy nhiên, sau 7 ngày, màu sắc, độ cứng và hình thái quả giảm, nhưng sự thay đổi này ít hơn so với các mẫu đối chứng và tốc độ thay đổi cũng chậm hơn, với điểm cảm quan là 12,4, chất lượng vẫn đạt tiêu chuẩn lưu hành (bảng 3) [6]. Các kết quả này phù hợp với nghiên cứu của P. Gao và cs (2013) [6], khi sử dụng sản phẩm từ phản ứng Maillard giữa CTS và glucose để bảo quản nho. Các kết quả đánh giá tại mọi thời điểm cho thấy, trái cây được xử lý bằng CTS/GC có điểm chất lượng cao nhất, tiếp theo là oligochitosan và glucose.

Bảng 3. Kết quả đánh giá cảm quan dâu tây bảo quản thường sau 7 ngày.

Các nghiệm thức	Điểm chất lượng	Kết quả
Đc	2,5	Hỏng
GC	2,1	Hỏng
CTS ₈	8,9	Kém
CTS ₃₁ /GC	11,4	Trung bình
CTS ₁₂ /GC	11,6	Trung bình
CTS ₈ /GC	12,4	Trung bình

Các kết quả nghiên cứu nhận thấy rằng, sử dụng dung dịch CTS₈/GC nồng độ 0,1% có thể giảm thiểu sự mất nước trong quá trình bảo quản dâu tây và kéo dài thời gian bảo quản của dâu tây qua 7 ngày ở điều kiện bảo quản thường. Các nghiên cứu của T. Jiang và cs (2012) [12] đã chứng minh rằng lớp phủ CTS/GS và CTS có thể ức chế hiệu quả các sinh vật gây hư hỏng và các tác nhân oxy hóa các hợp chất phenol thành các hợp chất trung gian polyphenol oxidase để hình thành các sắc tố giống như melanin, do đó ngăn ngừa sự hình thành màu nâu không mong muốn và cải thiện hình thức và màu sắc trực quan của nông sản.



Hình 6. Dâu tây sau 7 ngày bảo quản. (A) mẫu đối chứng; (B) mẫu nhúng dung dịch CS8/GC.

4. Kết luận

Sản phẩm phản ứng Maillard CTS/GS được điều chế từ CTS chiếu xạ với glucose, tỷ lệ CTS/GC 1:1 (w/w) là tối ưu cho phản ứng hóa nâu. Kết quả nghiên cứu cho thấy mật độ quang của sản phẩm tạo thành phụ thuộc vào KLPT CTS, nồng độ glucose, nhiệt độ phản ứng và thời gian phản ứng. KLPT của CTS càng thấp thì mật độ quang lớn. Thời gian tối ưu cho phản ứng tạo SPM của hỗn hợp CTS/GS là 2 giờ ở nhiệt độ 90°C. Sử dụng dung dịch CTS8/GC nồng độ 0,1% để xử lý nhúng quả dâu tây làm hạn chế sự mất nước của quả dâu tây, các chỉ tiêu màu sắc và trạng thái quả được duy trì. Thời gian bảo quản dâu tây có thể kéo dài đến 7 ngày khi được lưu trữ ở nhiệt độ phòng, trong khi dâu tây không được xử lý bằng dung dịch CTS8/GC chỉ có thể bảo quản tối đa 3 ngày. Các nghiên cứu tiếp theo cần khảo sát ảnh hưởng của nồng độ SPM CTS8/GC nhằm gia tăng thời gian bảo quản dâu tây hiệu quả hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] V.N. Boi, V.T. Hoan (2016), "Effects of chitosan, oligochitosan and oligochitin on the quality of silver shrimp (*Metapenaeus brevicornis*) over storage time", *TNU Journal of Science and Technology*, **4**, pp.27-33 (in Vietnamese).
- [2] R.R. Doval, S.P.T. Arellanes, A.Y.T. Barajas, et al. (2023) "Chitosan: Properties and its application in agriculture in context of molecular weight", *Polymers*, **15**(13), DOI: 10.3390/polym15132867.
- [3] S.R. Kanatt, R. Chander, A. Sharma (2008), "Chitosan glucose complex - A novel food preservative", *Food Chemistry*, **106**, pp.521-528, DOI: 10.1016/j.foodchem.2007.06.036.
- [4] J. Hafsa, M.A. Smach, R. Mrid, et al. (2021), "Functional properties of chitosan derivatives obtained through Maillard reaction: A novel promising food preservative", *Food Chemistry*, **349**, pp.1-12, DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.129072.
- [5] D.S. Amaral, A. Cardelle, C.D.D.Q. Dias, et al. (2020), "Low fat goat meat sausage with chitosan-glucose Maillard reaction product: Impact on quality and shelf life", *Food Science and Technology*, **40**(1), pp.132-139, DOI: 10.1590/fst.34018.
- [6] P. Gao, P. Zhu, Z. Zhang (2013), "Effects of chitosan-glucose complex coating on postharvest quality and shelf life of table grapes", *Carbohydrate Polymers*, **90**, pp.371-378, DOI: 10.1016/j.carbpol.2013.03.029.
- [7] N.Q. Hien, D.V. Phu, N.N. Duy, et al. (2012), "Degradation of chitosan in solution by gamma irradiation in the presence of hydrogen peroxide", *Carbohydrate Polymers*, **87**, pp.935-938, DOI: 10.1016/j.carbpol.2011.08.018.
- [8] D.X. Du, V.Q. Mai, N.N. Duy, et al. (2014), "Degradation of chitosan by γ -irradiation of chitosan swollen in hydrogen peroxide solution", *Vietnam of Science and Technology*, **52**(4), pp.441-450, DOI: 10.15625/0866 708X/52/4/3820 (in Vietnamese).
- [9] M. Terbojevich, A. Cosania, B. Focher, et al. (1993), "High-performance gel-permeation chromatography of chitosan samples", *Carbohydrate Research*, **250**(2), pp.301-314, DOI: 10.1016/0008-6215(93)84008-T.
- [10] B. Gullón, M.I. Montenegro, A.I.R. Matute, et al. (2016). "Synthesis, optimization and structural characterization of a chitosan-glucose derivative obtained by the Maillard reaction" *Carbohydrate Polymers*, **137**, pp.382-389, DOI: 10.1016/j.carbpol.2015.10.075 .
- [11] Vietnam Standard TCVN 3215-79: *Method of Constructing Sensory Scale* (in Vietnamese).
- [12] T. Jiang, L. Feng, J. Li (2012) "Changes in microbial and postharvest quality of shitake mushroom (*Lentinus edodes*) treated with chitosan-glucose complex coating under cold storage", *Food Chemistry*, **131**, pp.780-786, DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.08.087.