

NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA NHIỆT ĐỘ SẤY BỨC XẠ HỒNG NGOẠI VÀ THỜI GIAN BẢO QUẢN ĐẾN CHẤT LƯỢNG JELLY THANH LONG RUỘT ĐỎ (*Hylocereus polyrhizus*)

Nguyễn Trung Trục^{1,*}, Nguyễn Lê Yến Nhi¹

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

*Email: trucnt@vlute.edu.vn

TÓM TẮT

Thanh long ruột đỏ là một trong những loại nông sản được sử dụng khá phổ biến, đặc biệt là tạo màu tự nhiên cho thực phẩm. Nghiên cứu được thực hiện nhằm khảo sát ảnh hưởng của phương pháp sấy hồng ngoại đến chất lượng của jelly thanh long ruột đỏ. Chất lượng của jelly thanh long ruột đỏ thay đổi bởi nhiệt độ sấy (50, 55, 60°C) và thời gian bảo quản (0, 7, 14, 21, 28 ngày) với các chỉ tiêu được theo dõi bao gồm: Hoạt độ nước (Aw), hàm lượng betacyanin, hàm lượng vitamin C, tổng hàm lượng phenolic (TPC) và màu sắc của jelly. Kết quả cho thấy, khi jelly thanh long ruột đỏ được sấy bức xạ hồng ngoại ở nhiệt độ 55°C và bảo quản 21 ngày thì chất lượng được duy trì ổn định với hoạt độ nước $Aw = 0,57$, hàm lượng betacyanin 281,97 mg/kg, hàm lượng vitamin C 587,79 mg/kg, TPC 1.223,63 mg GAE/kg và giá trị màu sắc với $L^* 19,80$, $a^* 49,09$ và $\Delta E 15,68$ so với mẫu jelly thanh long ruột đỏ sau khi sấy. Kết quả cho thấy, sấy hồng ngoại có tiềm năng ứng dụng cho sản phẩm jelly sấy nhằm duy trì chất lượng của sản phẩm trong quá trình tồn trữ.

Từ khoá: *Chống oxy hoá, jelly, sấy bức xạ hồng ngoại, thanh long ruột đỏ.*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Thanh long ruột đỏ (*Hylocereus polyrhizus*) hay còn được gọi là thanh long đỏ, thanh long Nữ Hoàng, một loại cây trồng chủ yếu dùng để lấy quả. Cây thanh long ruột đỏ là loại cây trồng nhiệt đới và cận nhiệt đới có nguồn gốc từ Mexico và các nước Nam Trung Mỹ [1]. Cây thanh long ruột đỏ được trồng phổ biến ở các quốc gia thuộc khu vực Đông Nam Á như: Trung Quốc, Malaysia, Thái Lan, Indonesia, Việt Nam... Tại Việt Nam, thanh long ruột đỏ được trồng nhiều tại các tỉnh miền Nam và Nam Trung bộ, trong đó năm 2024 tỉnh Bình Thuận có 5.300 ha, tỉnh Tiền Giang có 6.227 ha, được xem là địa phương có diện tích và sản lượng lớn nhất cả nước [2]. Thanh long ruột đỏ rất giàu vitamin C, vitamin nhóm B và khoáng chất (sắt, canxi, phospho...). Bên cạnh đó, thanh long ruột đỏ còn giàu các hợp chất có hoạt tính sinh học như: Polyphenol, flavonoid, betacyanin... có

khả năng chống oxy hóa, hạ lipid máu, kháng khuẩn... [3].

Tuy nhiên, những năm gần đây, thanh long ruột đỏ phải đối mặt với những thách thức như giá giảm và rủi ro xuất khẩu cao do biến động giá toàn cầu và điều kiện địa chính trị, dịch bệnh. Ngoài ra, sự cạnh tranh trên thị trường rất gay gắt, ảnh hưởng đến lợi nhuận mặc dù năng suất cao hơn so với các giống thanh long ruột trắng [4]. Chính vì vậy, nghiên cứu sản phẩm mới từ thanh long ruột đỏ cũng là hướng đi nhằm giải quyết một phần lượng nông sản cho người nông dân Việt Nam.

Sấy là phương pháp bảo quản thực phẩm lâu đời dựa trên nguyên tắc loại bỏ nước, giảm độ ẩm để ngăn ngừa sự phát triển của vi sinh vật, đồng thời tạo ra sản phẩm nhẹ, nhỏ gọn, thuận tiện cho bảo quản và vận chuyển [5]. Tuy nhiên, các kỹ thuật sấy truyền thống thường gây biến đổi về màu sắc, cấu trúc, kích thước, làm mất hương vị, chất

đinh dưỡng và các hoạt chất sinh học nhạy cảm với nhiệt [6]. Sấy hồng ngoại (IR) với khả năng truyền nhiệt trực tiếp từ tia hồng ngoại vào vật liệu, giúp rút ngắn thời gian sấy, tiết kiệm năng lượng, đồng thời giữ được màu sắc, hương vị và hàm lượng dinh dưỡng của sản phẩm sau sấy. Sấy hồng ngoại không chỉ mang lại hiệu quả cao trong chế biến mà còn hạn chế ô nhiễm môi trường, phù hợp với xu hướng sản xuất sạch và bền vững, tiết kiệm năng lượng và giảm tổn thất chất lượng sản phẩm, đặc biệt đối với trái cây và rau quả [7]. Phương pháp này đã được áp dụng thành công trong sấy đào [8], cà rốt [9], táo tàu [10].

Trong nghiên cứu này, thanh long ruột đỏ được chế biến thành jelly nhờ vào khả năng tạo cấu trúc của agar, đồng thời kết hợp sấy hồng ngoại nhằm kéo dài thời gian bảo quản và tạo sản phẩm mới có cấu trúc giòn dẻo và có mùi thơm của sản phẩm sấy. Nghiên cứu tập trung vào đánh giá ảnh hưởng của nhiệt độ sấy bằng bức xạ hồng ngoại đến hàm lượng sự thay đổi chất lượng jelly thanh long ruột đỏ theo thời gian bảo quản.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên vật liệu

Thanh long ruột đỏ và khóm được lựa chọn và thu mua tại chợ Long Châu, thành phố Vĩnh Long, tỉnh Vĩnh Long. Quả thanh long ruột đỏ được lựa chọn có khối lượng trái từ 400 - 500 g, vỏ quả chín đỏ đều, quả không bị sâu, không trầy xước, không dập nát, tai quả có màu xanh, mùi thơm tự nhiên của thanh long ruột đỏ. Quả khóm Cầu Đức được mua tại cửa hàng tiện lợi, mắt khóm nở đều, vỏ khóm chuyển vàng chín 2/3 trái, không bị trầy xước, không dập nát. Tất cả nguyên liệu để trong thùng xốp có đục lỗ và vận chuyển về phòng thí nghiệm không quá 20 phút.

Bột agar (Công ty TNHH Hải Long, túi 50 g), đường trắng Biên Hòa (túi 1 kg) được mua tại cửa hàng tiện lợi tại thành phố Vĩnh Long, tỉnh Vĩnh Long.

2.2. Quy trình chế biến

Thanh long ruột đỏ được rửa sạch, tách vỏ và tiến hành ép lấy dịch quả (lọc bỏ hạt), thu được dịch quả thanh long ruột đỏ. Khóm được bỏ vỏ, ép lấy dịch quả (lọc bỏ bã), thu được dịch khóm.

Tiến hành phối trộn dịch thanh long ruột đỏ và dịch khóm với tỉ lệ 7: 3 (v/v). Hỗn hợp dịch quả được bổ sung thêm đường trắng (đạt 19°Brix). Bột agar được bổ sung vào hỗn hợp dịch quả 1% (w/v). Hỗn hợp được khuấy trộn và gia nhiệt đến $80 \pm 2^\circ\text{C}$ trong thời gian 5 phút. Sau gia nhiệt, hỗn hợp được rót khuôn inox có đường kính 5 cm với độ dày jelly 0,5 cm (cố định cho tất cả các nghiệm thức). Sau 30 phút tạo đông, các khuôn jelly thanh long ruột đỏ được sấy ở nhiệt độ khảo sát (50, 55, 60°C) bằng thiết bị sấy hồng ngoại (nhiệt độ được kiểm soát thông qua bộ điều khiển nhiệt độ (Autonics TC4S) với độ chính xác $\pm 0,5^\circ\text{C}$, vận tốc gió trung bình bên trong thiết bị là 5,4 m/s, khoảng cách từ đèn hồng ngoại đến bề mặt sản phẩm là 20 cm, khối lượng mẫu là 250 g, công suất 900 W) đến khối lượng không đổi (thời gian sấy để mẫu đạt đến khối lượng không đổi xấp xỉ lần lượt là 5 giờ, 4 giờ và 3 giờ, tương ứng với các mức nhiệt độ 50, 55, 60°C). Sau sấy, mẫu được làm nguội tự nhiên và bảo quản trong túi zip bạc (trắng bạc 2 mặt) ở nhiệt độ phòng. Mẫu được phân tích các chỉ tiêu theo dõi sau mỗi 7 ngày bảo quản.

2.3. Phương pháp phân tích

2.3.1. Xác định sự thay đổi màu sắc

Màu của jelly thanh long ruột đỏ được xác định bằng cách sử dụng máy đo màu cầm tay MiniScan (EZ 4500L – Mỹ) để phân tích sự thay đổi về màu sắc của sản phẩm thông qua các thông số L^* , a^* và b^* . Tiến hành đo đặc ở các vị trí khác nhau cho cùng một mẫu trên mỗi lần đo [11]. Sự thay đổi màu sắc (ΔE) được xác định theo công thức sau:

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2}$$

Trong đó: L_0^* , a_0^* và b_0^* là các giá trị màu của mẫu jelly trước khi sấy; L^* , a^* và b^* là đại diện cho các giá trị màu của mẫu jelly sau sấy theo thời gian bảo quản.

2.3.2. Hoạt độ của nước

Jelly thanh long ruột đỏ được cân chính xác 5 g (cân phân tích 4 số lẻ, PA214 Ohaus). Hoạt độ của nước (A_w) được xác định bằng máy Rotronic (HC2-AW) ở nhiệt độ phòng (25°C) trong 30 phút [12].

2.3.3. Xác định hàm lượng betacyanin

Hàm lượng betacyanin của jelly sấy được xác định dựa trên phương pháp của Wong và Siow (2015) [13]. Mẫu jelly thanh long ruột đỏ được đóng băng bằng dung dịch nitơ lỏng, sau đó được nghiền thành bột trước khi được phân tích. Bột jelly thanh long ruột đỏ được cân với khối lượng 0,2 g, pha loãng trong dung dịch đệm pH 6,5 (30 mL dung dịch axit citric 0,1 M và 70 mL dung dịch natri phosphate 0,2 M). Độ hấp thụ của dịch chiết betacyanin được đo bằng máy quang phổ BioSpectrometer Basic (Eppendorf - Đức) ở bước sóng 538 nm. Hàm lượng betacyanin (mg/kg) được tính theo công thức sau:

$$\text{Hàm lượng betacyanin} = \frac{DF \times A \times MW \times 1.000}{\epsilon \times l}$$

Trong đó: A là độ hấp thụ ở bước sóng 538 nm; DF là hệ số pha loãng; ϵ khả năng hấp thụ phân tử ($6,5 \times 10^4$ L/mol 1 cm trong H_2O); MW là khối lượng phân tử của betanin (550 g/mol); l là độ dày của cuvet.

2.3.4. Xác định tổng hàm lượng phenolic (TPC)

Mẫu jelly thanh long ruột đỏ được đóng băng bằng dung dịch nitơ lỏng, sau đó được nghiền thành bột trước khi được phân tích. Sử dụng 0,2 g bột jelly thanh long ruột đỏ thêm vào 1,5 mL methanol lạnh, vortex trong 1 phút và ly tâm lạnh ở 10.000 vòng/phút trong 5 phút ở nhiệt độ 4°C thu được dịch trích dùng cho phân tích tổng hàm lượng phenolic. Tổng hàm lượng phenolic được định lượng dựa theo nghiên cứu của Singleton và Rossi (2023) [14]. Hỗn hợp phản ứng gồm: 100 μ L dịch trích jelly thanh long ruột đỏ, 250 μ L thuốc thử folin - ciocalteu, 750 μ L sodium carbonate 7,5% và 2 mL nước cất (đối với mẫu blank dùng methanol thay cho dịch trích). Hỗn hợp được vortex và ủ trong bể ổn định nhiệt ở 40°C trong 30 phút. Độ hấp thụ của hỗn hợp phản ứng được đo ở bước sóng 750 nm và kết quả được tính toán dựa vào đường chuẩn của axit gallic trong cùng điều kiện.

2.3.5. Xác định hàm lượng vitamin C

Mẫu jelly thanh long ruột đỏ được đóng băng bằng dung dịch nitơ lỏng, sau đó được nghiền thành bột trước khi được phân tích. Sử dụng 0,2 g

bột jelly thanh long ruột đỏ bổ sung vào 1,4 mL dung dịch axit metaphosphoric 5% lạnh, vortex hỗn hợp trong 1 phút và ly tâm lạnh ở 10.000 vòng/phút trong 5 phút ở nhiệt độ 4°C, thu được dịch trích dùng cho phân tích chỉ tiêu vitamin C. Hàm lượng vitamin C của jelly thanh long ruột đỏ được phân tích theo Iyada và cs (2014) [15] với một số điều chỉnh. Hỗn hợp của phản ứng bao gồm: 0,4 mL dịch trích, 0,6 mL di-indophenol 0,02%, 0,8 mL thiourea 2% và 0,6 mL dinitrophenol hydrazine 2%, hỗn hợp được vortex kỹ và ủ trong bể ổn định nhiệt độ ở 50°C trong 1 giờ. Tiếp đến, hút 1 mL của axit sulfuric 85% thêm vào hỗn hợp trên và tiếp tục ủ ở nhiệt độ 25°C trong 30 phút. Độ hấp thụ của hỗn hợp phản ứng được đo ở bước sóng 540 nm và kết quả được tính toán dựa vào đường chuẩn của vitamin C trong cùng điều kiện.

2.3.6. Điều chỉnh °Brix

Hỗn hợp dịch quả sau phối trộn sử dụng chiết quang kế để xác định °Brix ban đầu [16]. Sau đó, °Brix của dung dịch được điều chỉnh để đạt 19°Brix theo công thức sau:

$$\frac{A}{100} = \frac{a + x}{100 + x}$$

Trong đó: A là °Brix cần đạt; a là °Brix ban đầu của dung dịch; x là khối lượng đường cần bổ sung (g/100 mL dung dịch).

2.3.7. Xử lý số liệu

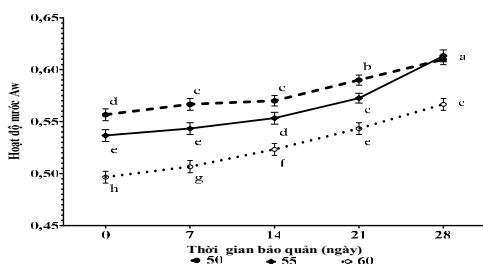
Tất cả các thí nghiệm được lặp lại 3 lần và kết quả được trình bày dưới dạng giá trị trung bình $\pm$ độ lệch chuẩn ($\pm$ SD). So sánh sự khác biệt giữa các nghiệm thức được thực hiện thông qua phân tích phương sai ANOVA ($p < 0,05$) bằng phần mềm thống kê Statgraphics Centurion XV. Các giá trị trung bình của nghiệm thức được so sánh bằng phương pháp LSD ở mức ý nghĩa 5%. Sử dụng phần mềm GraphPad Prism (GraphPad Software, LLC, Mỹ) để vẽ đồ thị.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy hồng ngoại đến hoạt độ nước của jelly thanh long ruột đỏ

Hoạt độ nước (A_w) liên quan chặt chẽ đến mức độ liên kết giữa các thành phần thực phẩm và hàm lượng nước trong thực phẩm. Hoạt độ nước ảnh hưởng đến chất lượng của thực phẩm, đặc biệt

là hoạt độ nước dưới 0,6 sẽ hạn chế được sự phát triển của nấm men và vi khuẩn [17]. Kết quả phân tích hoạt độ nước do ảnh hưởng của nhiệt độ sấy hồng ngoại đến hoạt độ nước của jelly thanh long ruột đỏ theo thời gian bảo quản được thể hiện ở hình 1.



Hình 1. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy hồng ngoại đến hoạt độ nước của jelly thanh long ruột đỏ

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong đồ thị thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê $p < 0,05$. Giá trị biểu thị là trung bình và độ lệch chuẩn của 3 lần lặp lại với kiểm định LSD.

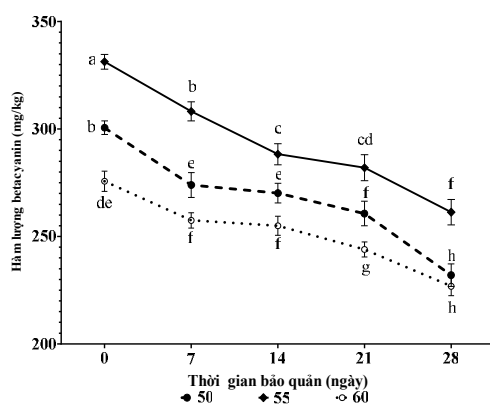
Nhiệt độ sấy hồng ngoại ảnh hưởng đến hoạt độ của nước trong jelly thanh long ruột đỏ theo thời gian bảo quản, sự ảnh hưởng này có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Kết quả phân tích cho thấy, hoạt độ nước có xu hướng giảm theo nhiệt độ sấy (50 - 60°C) và tăng theo thời gian bảo quản (0 - 28 ngày). Cụ thể, hoạt độ nước đạt cao nhất ($A_w = 0,62$) khi sấy ở nhiệt độ 50 - 55°C ở 28 ngày bảo quản. Ở điều kiện này, jelly thanh long ruột đỏ bị hư hỏng do hoạt độ nước cao. Khi sấy ở 60°C, hoạt độ nước thấp nhất trong các mức nhiệt độ theo khảo sát, nhưng cũng có cùng xu hướng tăng lên ở 28 ngày bảo quản. Khi tăng nhiệt độ sấy, hàm lượng nước tự do trong thực phẩm có xu hướng thoát ra ngoài. Nhiệt độ càng cao làm tăng tốc độ nước tự do thoát ra ngoài [18]. Khi sấy ở nhiệt độ càng cao, nước trên bề mặt jelly bay hơi càng nhanh, khiến cấu trúc gel co rút và hình thành lớp bề mặt cứng, tạo rào cản cho quá trình thoát ẩm tiếp theo. Do đó, phần nước còn lại có xu hướng bị giữ lại dưới dạng nước liên kết trong mạng lưới gel, dẫn đến hoạt độ nước (A_w) giảm, mặc dù tổng hàm lượng ẩm tương đương với mẫu sấy ở nhiệt độ thấp hơn. Bên cạnh đó, thực phẩm sau sấy nếu không có bao bì bảo quản phù hợp (tránh trao đổi không khí) thì có khả năng quá

trình tái hút ẩm từ môi trường sẽ nhanh và tăng lên theo thời gian bảo quản, hoặc có thể do biến đổi thành phần hóa học của sản phẩm, điều này có thể làm giảm chất lượng của sản phẩm [19]. Kết quả hoạt độ nước cũng được ghi nhận tương tự khi sấy vỏ thanh long ruột đỏ ở nhiệt độ 50 - 70°C [20].

3.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy hồng ngoại đến hàm lượng betacyanin của jelly thanh long ruột đỏ

Betacyanin là sắc tố đặc trưng của thanh long ruột đỏ, chịu trách nhiệm cho màu đỏ tím rực rỡ của thanh long. Betacyanin là một hợp chất hòa tan trong nước có nguồn gốc từ betalain, có hoạt tính sinh học cao [21]. Hàm lượng betacyanin có xu hướng giảm khi gia tăng nhiệt độ sấy và kéo dài thời gian bảo quản (Hình 2). Theo đó, hàm lượng betacyanin đạt cao nhất (300,61 mg/kg) tương ứng với mẫu sau sấy hồng ngoại ở 50°C. Hàm lượng betacyanin thấp nhất được ghi nhận 60°C (226,82 mg/kg) và 50°C (232,04 mg/kg), khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) so với các điều kiện còn lại. Đáng chú ý, hàm lượng betacyanin trong jelly thanh long ruột đỏ có xu hướng giảm nhanh ở giai đoạn đầu của quá trình bảo quản (0 - 7 ngày). Tuy nhiên, từ 7 - 21 ngày bảo quản, hàm lượng betacyanin có xu hướng chậm lại. Tốc độ phân hủy betacyanin trong thanh long ruột đỏ tuân theo phương trình phản ứng động học bậc 1. Điều này cũng có nghĩa, tốc độ phân hủy betacyanin tỷ lệ thuận với hàm lượng hiện tại. Ở giai đoạn đầu, hàm lượng betacyanin còn cao thì tốc độ phân hủy nhanh hơn và càng về sau khi hàm lượng giảm thì tốc độ phân hủy cũng chậm dần lại [22]. Theo Rodriguez và cs (2015) [23], trong quá trình bảo quản bột vỏ thanh long bằng vi bao cho thấy, giai đoạn đầu hàm lượng betalain giảm mạnh, nhưng sau đó giảm chậm lại từ 7 - 21 ngày. Nguyên nhân là do giai đoạn đầu có sự suy giảm nhanh do lớp ngoài bị tổn thương hoặc không hoàn toàn bao kín, nhưng về sau, sắc tố bên trong được bảo vệ tốt hơn, làm tốc độ mất màu chậm lại. Bên cạnh đó, trong giai đoạn cuối của quá trình bảo quản (ngày 21 - 28), các sản phẩm trung gian sinh ra từ quá trình phân hủy betacyanin như aldehyde, quinone và betalamic axit có thể đóng vai trò như chất xúc

tác, thúc đẩy tốc độ phân hủy tăng mạnh, mặc dù hàm lượng betacyanin còn lại ở mức thấp [23].



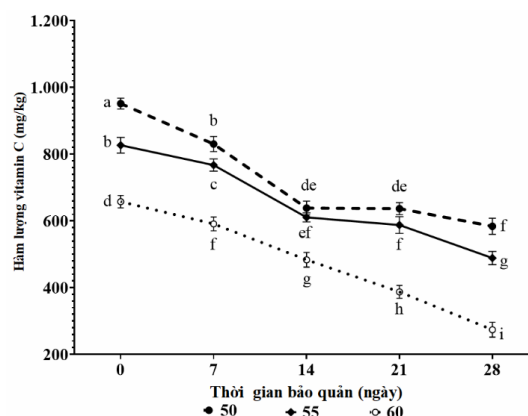
Hình 2. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy hồng ngoại đến hàm lượng betacyanin của jelly thanh long ruột đỏ

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong đồ thị thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê $p < 0,05$. Giá trị biểu thị là trung bình và độ lệch chuẩn của ba lần lặp lại với kiểm định LSD.

3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy hồng ngoại đến hàm lượng vitamin C của jelly thanh long ruột đỏ

Nhiệt độ sấy hồng ngoại ảnh hưởng đến hàm lượng vitamin C trong jelly thanh long ruột đỏ. Sự khác biệt này có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) ở các nhiệt độ sấy khảo sát 50 - 60°C (Hình 3). Kết quả phân tích cho thấy, hàm lượng vitamin C khi sấy ở nhiệt độ 50°C cao nhất và thấp nhất là jelly thanh long ruột đỏ được sấy ở 60°C. Tuy nhiên, hàm lượng vitamin C cũng có xu hướng giảm theo thời gian bảo quản. Giai đoạn đầu của quá trình bảo quản, hàm lượng vitamin C có xu hướng giảm mạnh (0 - 14 ngày). Tuy nhiên, đối với nhiệt độ sấy 50 - 55°C, hàm lượng vitamin C có xu hướng giảm chậm lại ở giai đoạn giữa (14 - 21 ngày) và sau đó tiếp tục giảm. Quá trình sấy ở nhiệt độ cao gây tổn thất vitamin C đáng kể do tác dụng của nhiệt. Đặc biệt, khi sấy ở 60°C, hàm lượng vitamin C sau sấy giảm mạnh và cấu trúc tế bào bị phá vỡ. Sự phá vỡ này không chỉ làm mất đi vai trò bảo vệ của vitamin C như một chất chống oxy hóa mà còn tạo điều kiện cho oxy dễ dàng xâm nhập, dẫn đến quá trình phân hủy vitamin C diễn ra liên tục trong suốt thời gian bảo quản [24]. Bên cạnh đó, giai

đoạn đầu của quá trình bảo quản, hàm lượng vitamin C còn cao, tiếp xúc mạnh với oxy, tốc độ suy giảm tăng mạnh theo động học bậc 1. Giai đoạn về sau, hàm lượng vitamin C giảm dần và oxy trong bao bì bảo quản cũng không nhiều nên giảm tốc độ phân hủy vitamin C [25]. Nghiên cứu của Song và cs (2024) [26] đã so sánh ảnh hưởng của sấy hồng ngoại và sấy đối lưu khi sấy quả táo, kết quả cho thấy, sấy hồng ngoại với thời gian ngắn, tỉ lệ tổn thất vitamin C vẫn xảy ra nhưng hàm lượng giảm sẽ thấp hơn so với sấy đối lưu.



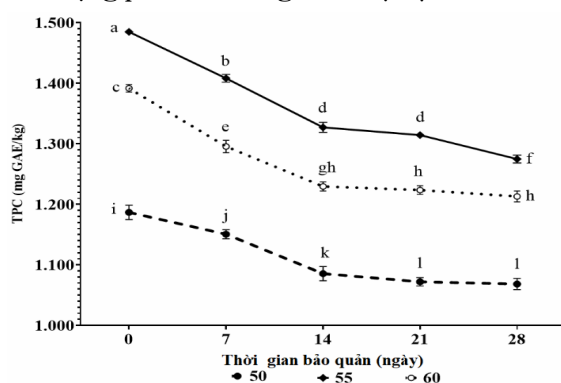
Hình 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy hồng ngoại đến hàm lượng vitamin C của jelly thanh long ruột đỏ

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong đồ thị thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê $p < 0,05$.

3.4. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy hồng ngoại đến TPC của jelly thanh long ruột đỏ

Nhiệt độ sấy hồng ngoại ảnh hưởng đến TPC trong quá trình sấy và bảo quản jelly thanh long ruột đỏ (Hình 4). Quá trình sấy đến khối lượng không đổi của jelly thanh long ruột đỏ cho thấy, ở nhiệt độ 50°C cho tổng hàm lượng các hợp chất phenolic thấp nhất và cao nhất là khi jelly thanh long ruột đỏ được sấy ở 55°C. Đồng thời, thời gian bảo quản càng kéo dài thì TPC có xu hướng giảm khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) giữa ngày 0 và 28. Tuy nhiên, ở khoảng thời gian bảo quản từ 14 - 21 ngày, TPC không có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ở mức nhiệt độ 55 - 60°C, nhưng giảm khi sấy hồng ngoại ở 50°C. Nguyên nhân của sự thay đổi TPC trong jelly thanh long ruột đỏ có thể được giải thích, là do quá trình sấy đến khối lượng không đổi thì tổng thời gian của jelly khi sấy 50°C (khoảng 5 giờ) sẽ dài hơn so với 2 nhiệt độ còn lại,

làm tăng khả năng phá hủy của nhiệt độ đối với TPC [27]. Ngược lại, khi sấy ở nhiệt độ phù hợp thì nhiệt độ làm phá vỡ thành tế bào thực vật, giúp giải phóng các hợp chất phenolic. Mặt khác, nhiệt độ quá cao sẽ làm giảm hàm lượng các hợp chất phenolic [27]. Kết quả nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ sấy jelly thanh long ruột đỏ bằng phương pháp sấy hồng ngoại cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu của Wanderley và cs (2023) [28] về hàm lượng phenolic trong vỏ và hạt lựu.



Hình 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy hồng ngoại đến TPC của jelly thanh long ruột đỏ

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong đồ thị thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê $p < 0,05$. Giá trị biểu thị là trung bình và độ lệch chuẩn của ba lần lặp lại với kiểm định LSD.

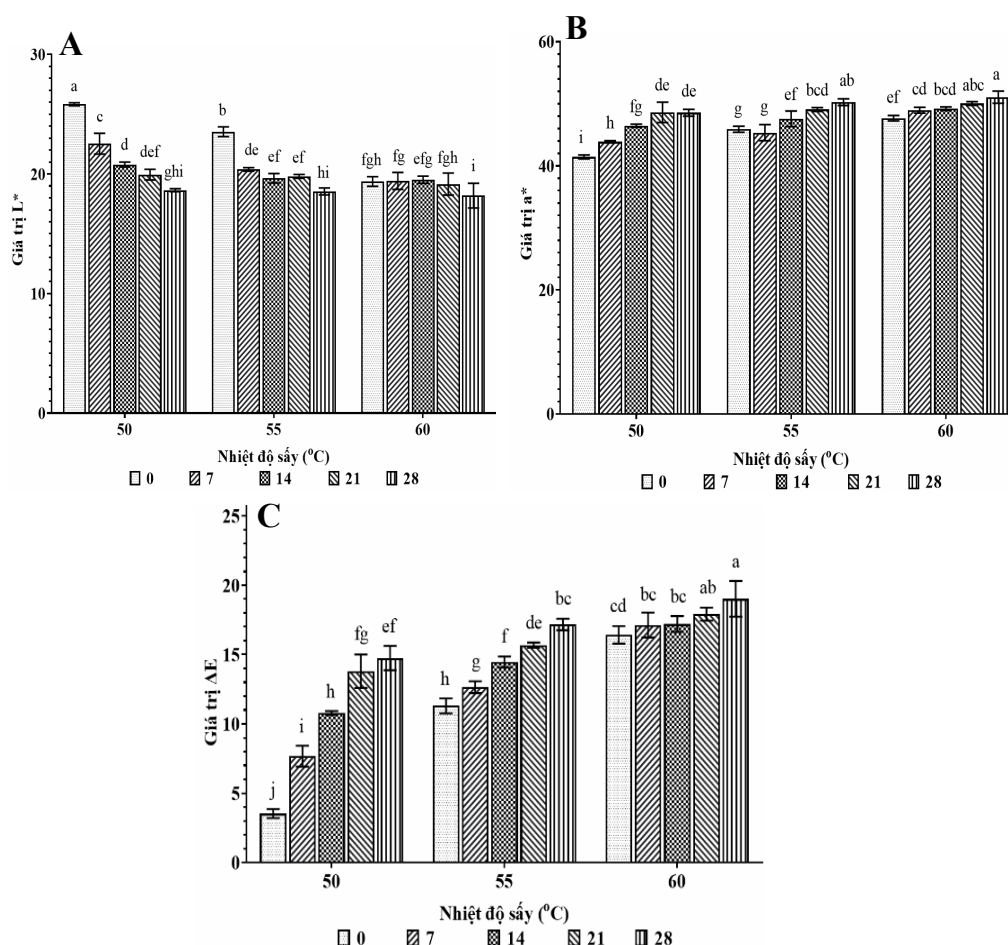
3.5. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy hồng ngoại đến sự thay đổi màu sắc của jelly thanh long ruột đỏ

Màu sắc là một tín hiệu cảm giác quan trọng, định hình kỳ vọng của thực phẩm và đồ uống. Những thay đổi về màu sắc có thể ảnh hưởng đáng kể đến trải nghiệm của người tiêu dùng [29]. Nhiệt độ sấy hồng ngoại có ảnh hưởng đến sự thay đổi màu sắc (độ sáng, màu đỏ và độ lệch màu) của jelly thanh long ruột đỏ được thể hiện qua hình 5. Độ sáng L^* của jelly thanh long ruột đỏ được thể hiện ở hình 5.A cho thấy, nhiệt độ sấy có ảnh hưởng rất lớn đến độ sáng của mẫu phân tích. So sánh các mẫu sản phẩm sau khi sấy với 3 mức nhiệt độ sấy cho thấy, giá trị L^* khi sấy jelly ở 50°C sẽ sáng hơn và càng nâng nhiệt độ sấy thì độ sáng L^* có xu hướng càng giảm. Tuy nhiên, khi so sánh ở cùng một nhiệt độ sấy thì theo thời gian bảo quản, jelly được sấy ở 50°C có xu hướng giảm

nhấn hơn so với hai nhiệt độ sấy còn lại và sấy ở 60°C mẫu jelly dường như độ sáng không có sự chênh lệch lớn. Nguyên nhân là do quá trình sấy ở nhiệt độ cao, các hợp chất chống oxy hóa có trong sản phẩm dễ dàng bị oxy hóa, phân hủy bởi nhiệt, đồng thời màu sẫm hơn do tạo thành sản phẩm của phản ứng caramel [30, 31].

Màu đỏ tím của thanh long ruột đỏ được thể hiện qua giá trị a^* . Giá trị a^* càng lớn cho thấy màu đỏ càng đậm. Kết quả ở hình 5.B cho thấy, nhiệt độ sấy và thời gian bảo quản đều ảnh hưởng có ý nghĩa thống kê đến màu đỏ của jelly. Nhìn chung, giá trị a^* có xu hướng tăng lên, hay nói cách khác mẫu jelly thanh long ruột đỏ có xu hướng sậm màu theo thời gian bảo quản. Khi các sắc tố tự nhiên như anthocyanin, betacyanin... kết hợp với các tác nhân tạo gel có khả năng tái cấu trúc như pectin, agar, hoặc gelatin thì màu sắc của sản phẩm thường được giữ bền và sậm màu hơn, dẫn đến giá trị a^* có xu hướng tăng lên. Các chất tạo gel có khả năng hình thành mạng lưới polymer 3 chiều, giúp giữ và phân bố đều các phân tử sắc tố trong nền gel, hạn chế phân hủy do nhiệt hay ánh sáng. Đồng thời, cấu trúc gel ổn định còn giảm hiện tượng tán xạ ánh sáng không đều, làm tăng hiệu ứng phản xạ màu đỏ rõ nét hơn trên bề mặt sản phẩm [32].

Nhiệt độ sấy hồng ngoại và thời gian bảo quản có ảnh hưởng đến giá trị sai lệch màu (ΔE) của jelly thanh long ruột đỏ. Giá trị ΔE có xu hướng tăng rõ rệt theo thời gian bảo quản khi so với mẫu sản phẩm sau khi sấy. Cụ thể, với cả 3 mức nhiệt độ sấy, ΔE đều tăng dần từ 0 - 28 ngày bảo quản, cho thấy sự thay đổi đáng kể về màu sắc trong quá trình lưu trữ. Đặc biệt, nhiệt độ sấy càng cao, mức độ sai lệch màu càng lớn, thể hiện qua ΔE cao hơn ở cùng thời điểm bảo quản. Kết quả này có thể giải thích, là do sự phân hủy của các sắc tố nhạy cảm với điều kiện môi trường bảo quản như betacyanin và sự gia tăng của các phản ứng oxy hóa, hoặc phản ứng không enzyme, từ đó làm thay đổi màu sắc thanh long ruột đỏ. Kết quả nghiên cứu của Lombardelli và cs (2021) [33] đã chứng minh rằng, betalain trong sản phẩm thực phẩm dễ bị thoái hóa do nhiệt, làm giảm độ bền màu và gia tăng biến đổi màu sắc theo thời gian.



Hình 5. Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy hồng ngoại đến sự thay đổi màu sắc của jelly thanh long ruột đỏ

A: Giá trị độ sáng L*, B: Giá trị a*, C: Độ lệch màu

Ghi chú: Các chữ cái khác nhau trong đồ thị thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê $p < 0,05$. Giá trị biểu thị là trung bình và độ lệch chuẩn của ba lần lặp lại với kiểm định LSD.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu nhiệt độ sấy hồng ngoại từ 50 - 60°C ảnh hưởng đến chất lượng của jelly thanh long ruột đỏ theo thời gian bảo quản. Jelly thanh long ruột đỏ được sấy hồng ngoại ở điều kiện 55°C và bảo quản trong 21 ngày trong túi zip bạc ở nhiệt độ phòng cho chất lượng ổn định từ màu sắc đến hàm lượng các chất có hoạt tính sinh học. Bao bì bảo quản và nhiệt độ bảo quản cũng là những yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng của jelly thanh long ruột đỏ. Chính vì vậy, nghiên cứu cần được mở rộng điều kiện bảo quản để chọn được các điều kiện tối ưu cho quá trình bảo quản jelly thanh long ruột đỏ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyen, T. T. H., Pham, D. C., Chu, T. P. T., Vu, N. H., Samhaber, W. M. & Nguyen, M. T. (2021). Impact of jeva evaporation on storage stability and physiochemical characteristics of Vietnam red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*). *Chemical Engineering Transactions*, 87, 169 – 174. Doi: 10.3303/CET2187029.
2. Nguyễn Việt Nhân Hòa, Nguyễn Dương Thanh Trúc, Nguyễn Anh Tú, Trương Thị Hồng Ái, Huỳnh Thị Cẩm Đào, Phạm Gia Mỹ, Nguyễn Quốc Châu Thanh, Lê Minh Nhân & Trần Thanh Tuấn (2024). Chiết xuất betacyanin từ vỏ quả thanh long (*Hylocereus undatus*) với sự hỗ trợ của sóng siêu âm: Thông số chiết, sự ổn định và hoạt

tính sinh học. *Tạp chí Khoa học, Đại học Cần Thơ*, 60, 287 - 298. Doi: 10.22144/CTUJOS.2024.349.

3. Gengatharan, A., Dykes, G. A. & Choo, W. S. (2016). Stability of betacyanin from red pitahaya (*Hylocereus polyrhizus*) and its potential application as a natural colourant in milk. *International Journal of Food Science and Technology*, 51(2), 427 - 434. Doi:10.1111/IJFS.12999.

4. Nguyen, T. D., Venkatadri, U., Nguyen-Quang, T., Diallo, C. & Adams, M. (2020). Optimization model for fresh fruit supply chains: Case-study of dragon fruit in Vietnam. *Agricultural engineering*, 2(1), 1 -2 6. Doi: 10.3390/AGRIENGINEERING2010001.

5. Doymaz, İ., Karasu, S. & Baslar, M. (2016). Effects of infrared heating on drying kinetics, antioxidant activity, phenolic content and color of jujube fruit. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10(2), 283 - 291. Doi: 10.1007/S11694-016-9305-4.

6. Adak, N., Heybeli, N. & Ertekin, C. (2017). Infrared drying of strawberry. *Food Chemistry*, 219, 109 - 116. Doi: 10.1016/J.FOODCHEM.2016.09.103.

7. Dujmić, F., Babić, D., Dobričić, V., Blažević, B. & Pavlić, B. (2013). Ultrasound-assisted infrared drying of pear slices: Textural issues. *Journal of Food Process Engineering*, 36(3), 397 - 406. Doi: 10.1111/JFPE.12006.

8. Wang, J. & Sheng, K. (2006). Far-infrared and microwave drying of peach. *LWT - Food Science and Technology*, 39(3), 247 - 255. Doi: 10.1016/J.LWT.2005.02.001.

9. Toğrul, H. (2006). Suitable drying model for infrared drying of carrot. *Journal of Food Engineering*, 77(3), 610 - 619. Doi:10.1016/J.JFOODENG.2005.07.020.

10. Onwude, D. I., Hashim, N., Abdan, K., Janius, R. & Chen, G. (2019). The effectiveness of combined infrared and hot-air drying strategies for sweet potato. *Journal of Food Engineering*, 241, 75 - 87. Doi: 10.1016/J.JFOODENG.2018.08.008.

11. Lê Thanh Ninh, Vi Đại Lâm, Nguyễn Thị Tình, Nguyễn Ngọc Giang Thương & Nguyễn Tiến Dũng (2023). Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy đối lưu đến hàm lượng betacyanin, polyphenol và hoạt tính chống oxy hóa của vỏ quả thanh long ruột đỏ (*Hylocereus costaricensis*). *Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Thái Nguyên*, 228(09), 182 - 191. Doi: 10.34238/tnu-jst.7608.

12. Martins, E., Cavalcanti, R. N., Sousa, D. R. S., Silva, J. L., Furtado, M. M. & Gigante, M. L. (2019). Determination of ideal water activity and powder temperature after spray drying to reduce *Lactococcus lactis* cell viability loss. *Journal of Dairy Science*, 102(7), 6013 - 6022. Doi: 10.3168/JDS.2019-16297.

13. Wong, Y. M. & Siow, L. F. (2015). Effects of heat, pH, antioxidant, agitation and light on betacyanin stability using red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) juice and concentrate as models. *Journal of Food Science and Technology*, 52(5), 152 - 161. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1362-2>.

14. Singleton, V. L. & Rossi, J. A. (2023). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144 - 158. Doi: 10.5344/AJEV.1965.16.3.144

15. Iyada, R. A., Adeboye, A. O. & Yusuf, K. A. (2014). Effects of pre-treatment and temperature on the quality and drying rate of tomatoes. *University of Eftimie Murgu*, 21(1), 132 - 145.

16. Elewa, M., El-Saady, G., Ibrahim, K., Tawfek, M. & Elhossieny, H. (2020). A novel method for brix measuring in raw sugar solution. *Egyptian Sugar Journal*, 15, 69 - 86.

17. Dhaliwal, H. K., Gänzle, M. & Roopesh, M. S. (2021). Influence of drying conditions, food composition and water activity on the thermal resistance of *Salmonella enterica*. *Food Research International*, 147, 110548. Doi: 10.1016/J.FOODRES.2021.110548.

18. Zeng, Y., Liu, Y., Zhang, J., Xi, H. & Duan, X. (2019). Effects of far-infrared radiation temperature on drying characteristics, water status, microstructure and quality of kiwifruit

- slices. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 13(4), 3086 - 3096. Doi: 10.1007/S11694-019-00231-3.
19. Polette, F. & Gonzalez, S. (2017). The effect of storage temperature and time on the quality of spray dried egg powder. LSU Master's Theses. Doi: 10.31390/gradschool_theses.4583.
20. Rosidi, N. A. S., Abdul G., Yaacob, A., Yusof, N. & Yusof, N. (2021). Effect of blanching and drying temperatures on physicochemical properties of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) peel powder. *Journal of Agrobiotechnology*, 12(1S), 62 - 73. Doi: 10.37231/JAB.2021.12.1S.271.
21. Ananda, R. & Azhar, M. (2022). Ekstraksi dan karakterisasi betasianin dari kulit buah naga merah (*Hylocereus* sp.). *Periodic*, 11(1), 1 - 4. Doi: 10.24036/P.V11I1.113067.
22. Siow, L. F. & Wong, Y. M. (2017). Effect of juice concentration on storage stability, betacyanin degradation kinetics and sensory acceptance of red-fleshed dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) juice. *International Journal of Food Properties*, 20(3), 623 - 632. Doi: 10.1080/10942912.2016.1172086.
23. Rodriguez, E. B., Vidallon, M. L. P., Mendoza, D. J. R., Dalisay, K. A. M. & Reyes, C. T. (2015). Stabilization of betalains from the peel of red dragon fruit [*Hylocereus polyrhizus* (Weber) Britton & Rose] through biopolymeric encapsulation. *Philippine Agricultural Scientist*, 98(4), 382 - 391.
24. Joshi, A. P. K., Rupasinghe, H. P. V. & Khanizadeh, S. (2011). Impact of drying processes on bioactive phenolics, vitamin C and antioxidant capacity of red-fleshed apple slices. *Journal of Food Processing and Preservation*, 35(4), 453 - 457. Doi: 10.1111/J.1745-4549.2010.00487.X.
25. Rahman, M. S., Al-Rizeiqi, M. H., Guizani, N., Al-Ruzaiqi, M. S., Al-Aamri, A. H. & Zainab, S. (2015). Stability of vitamin C in fresh and freeze-dried capsicum stored at different temperatures. *Journal of Food Science and Technology*, 52(3), 1691 - 1697. Doi: 10.1007/S13197-013-1173-X.
26. Song, J., Han, Y., Zhang, J., Li, B., Wang, Q. & Wang, W. (2024). Infrared drying effects on the quality of jujube and process optimization using response surface methodology. *LWT*, 214, 117089. Doi: 10.1016/J.LWT.2024.117089.
27. Kayacan-Cakmakoglu, S., Atik, I., Akman, P. K., Doymaz, I., Sagdic, O. & Karasu, S. (2023). Effect of the different infrared levels on some properties of sage leaves: Original scientific paper. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, 29(3), 235 - 242. Doi: 10.2298/CICEQ220429030K.
28. Wanderley, R. de O. S., Oliveira, G. de S., Lima, L. A. de, Silva, A. R. A., Santos, J. A. & Silva, T. M. (2023). Effect of drying temperature on antioxidant activity, phenolic compound profile and hygroscopic behavior of pomegranate peel and seed flours. *LWT*, 189, 115514. Doi: 10.1016/J.LWT.2023.115514.
29. Spence, C. (2015). On the psychological impact of food colour. *Flavour*, 4(1), 1 - 16. Doi: 10.1186/S13411-015-0031-3.
30. Prathapan, A., Lukhman, M., Arumughan, C., Sundaresan, A. & Raghu, K. G. (2009). Effect of heat treatment on curcuminoid, colour value and total polyphenols of fresh turmeric rhizome. *International Journal of Food Science and Technology*, 44(7), 1438 - 1444. Doi: 10.1111/J.1365-2621.2009.01976.X.
31. Nguyen, T. V. L., Tran, T. Y. N., Lam, D. T., Bach, L. G. & Nguyen, D. C. (2019). Effects of microwave blanching conditions on the quality of green asparagus (*Asparagus officinalis* L.) butt segment. *Food Science & Nutrition*, 7(11), 3513 - 3519. Doi: 10.1002/FSN3.1199.
32. Fajriyani, N., Anwar, S. H. & Noviasari, S. (2024). Physical and organoleptic characteristics of jelly candy from beetroot (*Beta vulgaris* L.) and red dragon fruit skin (*Hylocereus polyrhizus*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1297(1), 1 - 9. Doi:10.1088/1755-1315/1297/1/012081.
33. Lombardelli, C., Benucci, I., Mazzocchi, C. & Esti, M. (2021). Betalain extracts from beetroot as food colorants: Effect of temperature and UV-light on storability. *Plant Foods for Human Nutrition*, 76(3), 347 - 353. Doi: 10.1007/S11130-021-00915-6.

EFFECT OF INFRARED DRYING TEMPERATURE AND STORAGE TIME ON THE QUALITY ATTRIBUTES OF JELLY MADE FROM RED-FLESHED DRAGON FRUIT (*Hylocereus polyrhizus*)

Nguyen Trung Truc¹, Nguyen Le Yen Nhi¹

¹Faculty of Biochemistry and Food technology,

Vinh Long University of Technology Education

Abstract

Red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizus*) is a popular tropical fruit known for its distinctive shape, vibrant color and high nutritional value, including vitamins A, C and B-group vitamins, as well as pigments and antioxidants such as phenolics, flavonoids and betalains. However, convection-dried dragon fruit products have disadvantages, such as poor flavor control, color loss and a lack of characteristic aroma. This study was conducted to investigate the effects of infrared drying temperatures (50, 55, 60°C) on the quality changes of red-fleshed dragon fruit – pineapple jelly based on restructuring technology using agar as the gelling agent. The aim was to enhance aroma, reduce color changes and maintain flavor during storage (0, 7, 14, 21, 28 days). The results showed that when the jelly was dried at 55°C and stored for 21 days, its quality remained stable, with a water activity (aw) of 0.57, betacyanin content of 281.97 mg/kg, vitamin C content of 587.79 mg/kg and total phenolic content (TPC) of 1223.63 mg GAE/kg. The color values were L (19.80), a (49.09) and ΔE (15.68), indicating significant color differences between day 0 and day 21. These findings suggest that infrared drying holds potential for jelly production, helping to maintain product quality during storage.

Keywords: *Antioxidant, infrared radiation drying, jelly, red dragon fruit.*

Ngày nhận bài: 5/5/2025

Ngày chuyển phản biện: 12/5/2025

Ngày thông qua phản biện: 10/6/2025

Ngày duyệt đăng: 19/6/2025