



DOI:10.22144/ctujos.2026.044

## ẢNH HƯỞNG CỦA PHƯƠNG PHÁP TIỀN XỬ LÝ KHÁC NHAU ĐẾN CHẤT LƯỢNG NHÃN IDOR SẤY KHÔ NGUYÊN VỎ

Quách Thị Huỳnh Như, Phan Minh Trọng, Trần Thanh Trúc và Nguyễn Văn Mười\*

Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Đại học Cần Thơ, Việt Nam

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

### Thông tin chung (Article Information)

Nhận bài (Received): 09/06/2025

Sửa bài (Revised): 16/07/2025

Duyệt đăng (Accepted): 23/01/2026

**Title:** Effects of various pretreatment methods on the quality of dried whole Idor longan

**Author(s):** Quach Thi Huynh Nhu, Phan Minh Trong, Tran Thanh Truc and Nguyen Van Muoi\*

**Affiliation(s):** Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University, Viet Nam

### TÓM TẮT

Mục đích của nghiên cứu là đánh giá tác động của các phương pháp tiền xử lý khác nhau bao gồm xử lý mài mòn vỏ, chần, lạnh đông và ủ đến thời gian sấy, màu sắc, hàm lượng polyphenol tổng số (TPC) và khả năng chống oxy hóa (TEAC) của nhãn sấy khô nguyên vỏ. Kết quả nghiên cứu cho thấy, việc mài mòn vỏ với 10% cát trong 20 phút rút ngắn đáng kể thời gian sấy (< 50 giờ) và ổn định màu sắc của vỏ nhãn sấy khô. Quá trình chần ở 75°C trong 5 phút cho thấy hiệu quả cải thiện đáng kể về màu sắc thịt quả. Trong khi đó, việc lạnh đông ở -10°C mang lại hiệu quả nhất định, tuy nhiên tỷ lệ nứt vỏ quả ghi nhận ở mức cao (> 95%). Việc xử lý ủ nóng ở nhiệt độ 60°C - RH72% trong 6 giờ giúp ổn định hơn giá trị TPC (8,19±0,66 mg GAE/g CKNL) và TEAC (38,92±1,19 μmol TE/g CKNL). Kết quả nghiên cứu này giúp cung cấp những đánh giá bước đầu trong việc cải thiện chất lượng nhãn sấy khô nguyên vỏ thông qua các biện pháp tiền xử lý khác nhau.

**Từ khóa:** Chần, lạnh đông, mài mòn, tiền xử lý, ủ nóng

### ABSTRACT

The aim of the study was to evaluate the effects of different pretreatments including peel abrasion, blanching, freezing and warm incubation on the drying time, color, total polyphenol content (TPC) and Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) of dried whole longan. Peel abrasion using 10% sand for 20 minutes significantly reduced the drying time to less than 50 hours and improved peel color retention. Blanching at 75°C for 5 minutes showed a significant improvement in the color of the longan flesh. Meanwhile, freezing at -10°C brought certain effects, however, the rate of longan peel cracking was recorded at a high level (>95%). Warm incubation at 60°C - RH72% for 6 hours yielded the most stable bioactive retention, the TPC (8.19±0.66 mg GAE/g dry basis) and TEAC (38.92±1.19 μmol TE/g dry basis) values. This study provides initial assessments in improving the quality of dried whole longan using different pretreatment methods.

**Keywords:** Abrasion, blanching, freezing, pretreatment, warm incubation

## 1. GIỚI THIỆU

Nhãn là loại cây có diện tích lớn thứ 5 trong số các cây ăn quả được trồng tại nước ta. Tính đến những năm gần đây (2023 – 2024), diện tích trồng nhãn ước tính khoảng 80.000 – 90.000 ha, tập trung chủ yếu ở các tỉnh phía Bắc (như Hưng Yên, Bắc Giang, Sơn La) và đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) như Vĩnh Long, Cần Thơ (Tổng cục Thống kê, 2024). Sản lượng nhãn của Việt Nam được ước tính từ 500.000 đến 600.000 tấn mỗi năm. Theo Viện Cây ăn quả Miền Nam, khu vực phía Nam trồng chủ yếu là giống nhãn Idor (hay Eдор) để thay thế cho giống nhãn tiêu da bò, do giống nhãn Idor có đặc tính chống chịu sâu bệnh hại và đặc biệt là bệnh chổi rồng trên nhãn (Viện Cây ăn quả Miền Nam, 2020). Theo Báo Nông nghiệp và Môi trường, tại Hợp tác xã nhãn Idor Đồng Tâm ở Thành phố Cần Thơ sản lượng nhãn Idor đạt trung bình từ 1,5 đến 3 tấn/công và đem lại lợi nhuận cao cho nhà vườn (Báo Nông nghiệp và Môi trường, 2024).

Thịt quả nhãn là nguồn cung cấp vitamin (chủ yếu là vitamin A và C), các khoáng chất, các chất chống oxy hóa và một số thành phần có tác dụng hỗ trợ sức khỏe (Bai et al., 2019; Shahrajabian et al., 2019; Yi et al., 2011). Củi nhãn sấy (hay long nhãn) từ lâu đã được áp dụng vào lĩnh vực y học tại Trung Quốc với vai trò quan trọng giúp hỗ trợ ngăn ngừa mất ngủ, suy giảm trí nhớ và một số vấn đề liên quan đến tim mạch,... (Bai et al., 2019; Rong et al., 2019; Zhang et al., 2017; Zhu et al., 2013). Trong chế biến nhãn sấy nguyên vỏ hay củi nhãn sấy, quá trình sấy đối lưu không khí nóng là phổ biến hơn cả do đây là phương pháp sấy đơn giản, dễ thực hiện và triển khai ở quy mô vừa và nhỏ. Tuy nhiên, quy trình sấy nhãn nguyên vỏ có thể được triển khai theo nhiều quy mô sản xuất khác nhau (nhỏ, vừa và lớn) trong khi đó quá trình sấy thịt com nhãn thông thường chỉ được triển khai ở quy mô sản xuất nhỏ do những ảnh hưởng của điều kiện sấy cũng như vệ sinh thiết bị (Varith et al., 2007). Achariyaviriya et al. (2002) đã phát triển một mô hình mô phỏng quá trình sấy đối lưu không khí nóng cho thịt com nhãn, cho thấy quá trình này tiêu tốn nhiều năng lượng. Quá trình sấy nhãn nguyên vỏ ở quy mô công nghiệp trong điều kiện nhiệt độ 75°C cần phải được tiến hành hơn 50 giờ để độ ẩm phần thịt com nhãn sau khi sấy đạt mức 22% (tính trên căn bản khô - cbk). Kết quả nghiên cứu trước đây của Phaphuangwittayakul et al. (2004) đã đưa ra những cải tiến về khay sấy góp phần làm tăng hiệu quả quá trình sấy nhưng không làm ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm nhãn sấy. Kết quả một nghiên cứu khác của hai tác giả

Thararux and Kiatsiriroat (2002) đã giới thiệu về thiết bị sấy nhãn dạng trống quay mà ở đó quá trình sấy nhãn nguyên quả được ghi nhận có thời gian sấy là hơn 50 giờ ở nhiệt độ tác nhân sấy vào khoảng 80°C đến 90°C.

Ngoài ra, một số nghiên cứu được thực hiện tập trung vào đánh giá ảnh hưởng của việc kết hợp các phương pháp sấy giúp cải thiện hiệu quả và đảm bảo chất lượng cho sản phẩm. Hiệu quả của quá trình sấy thịt com nhãn thông qua phương pháp sấy từng bước với sự kết hợp của vi sóng và không khí nóng được nhóm tác giả Varith et al. (2007) thực hiện. Kết quả cho thấy, trước tiên sấy không khí nóng 40°C - microwave 450 W trong 1,7 giờ; tiếp đến là sấy không khí nóng 60°C - microwave 300 W trong 3,3 giờ góp phần giảm thời gian sấy đến 64,3% và tiết kiệm năng lượng sấy lên đến 48,2% so với phương pháp sấy đối lưu ở 65°C thông thường mà vẫn đảm bảo chất lượng nhãn sấy tương đồng. Phương pháp sấy khô bằng bức xạ hồng ngoại kết hợp với sấy bơm nhiệt và sấy không khí nóng cũng đã được nghiên cứu trên thịt com nhãn. Kết quả cho thấy việc kết hợp phương pháp sấy khác nhau có hiệu quả trong việc rút ngắn thời gian sấy (Nathakaranakule et al., 2010). Nhìn chung, các nghiên cứu khi được thực hiện đã tập trung chủ yếu trên nguyên liệu nhãn đã qua xử lý mà cụ thể hơn là ở nguồn nguyên liệu thịt nhãn, chưa có nhiều các nghiên cứu được tiến hành trên nguồn sản phẩm nhãn nguyên vỏ.

Đối với sản phẩm nhãn sấy khô nguyên vỏ, quá trình thoát ẩm từ quả ra môi trường trong công đoạn sấy bị hạn chế bởi lớp vỏ tương đối dày làm cho thời gian sấy khô là khá dài, gây ảnh hưởng đến chất lượng. Tương tự, các loại quả như nho, kỷ tử, quả mọng Thổ Nhĩ Kỳ (*Solanum torvum*),... trước quá trình sấy cần được tiến hành tiền xử lý bằng các phương pháp như vật lý hay hóa học hay kết hợp các phương pháp để loại bỏ lớp sáp hay làm giảm chiều dày vỏ quả từ đó cải thiện hiệu quả sấy (Barathiraja et al., 2022; Adiletta et al., 2016).

Các kỹ thuật tiền xử lý khác nhau trước khi sấy giúp cải thiện hiệu quả quá trình sấy và ổn định chất lượng sản phẩm đặc biệt quan tâm nghiên cứu. Trong đó, quá trình chần trước sấy là đặc biệt được quan tâm hơn cả. Chần là một phương pháp tiền xử lý quan trọng trong vô hoạt hay hoạt hóa các enzyme có trong nguyên liệu; đặc biệt là nguyên liệu rau củ quả (Kim et al., 2020). Quá trình chần còn tác động đến thành tế bào thực vật làm lỏng lẻo các mô dẫn đến quá trình sấy được tiến hành tốt hơn (Akintunde et al., 2011; Doymaz, 2007). Bên cạnh đó, việc lạnh đông - rã đông trước khi sấy tách ẩm là một trong những phương pháp được sử dụng rộng rãi trong chế

biến thực phẩm. Quá trình này được ghi nhận là hiệu quả trong việc giảm đáng kể thời gian sấy trên nông sản. Chính sự hình thành tinh thể đá làm phá vỡ một phần tế bào, tạo điều kiện cho quá trình di chuyển của phân tử nước ra khỏi vật liệu sấy (Ando et al., 2019; Feng et al., 2020). Ngoài ra, quá trình tiền xử lý bằng lạnh đông có tác động đến sự thay đổi cấu trúc vi mô, tính chất lý hóa và chức năng của các thành phần có trong nguyên liệu (Zhang et al., 2018).

Những nỗ lực trong nghiên cứu cải thiện hiệu quả sấy nhãn đã được nhiều nhà khoa học đặc biệt quan tâm. Tuy nhiên, những kết luận chung vẫn cho thấy hiệu quả của quá trình sấy đối lưu đơn thuần chưa thực sự đáp ứng được yêu cầu của quá trình sản xuất đạt ra khi thời gian sấy quá dài làm cho chất lượng sản phẩm (chủ yếu màu sắc) giảm mạnh. Do đó, việc có những đánh giá chi tiết hơn về các yếu tố tác động là cần thiết, đặc biệt là hiệu quả của quá trình tiền xử lý nguyên liệu chuẩn bị cho quá trình sấy đối với sản phẩm nhãn sấy khô nguyên vỏ. Trên cơ sở đó, nghiên cứu này được thực hiện nhằm khảo sát một số phương pháp tiền xử lý nguyên liệu nhằm góp phần rút ngắn thời gian sấy cũng như duy trì sự ổn định về chất lượng cho sản phẩm nhãn sấy khô nguyên vỏ.

## 2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

### 2.1. Đối tượng nghiên cứu

Nguyên liệu nhãn Idor dùng trong nghiên cứu được thu mua trực tiếp tại các nhà vườn trồng nhãn tập trung thuộc khu vực các tỉnh Bến Tre, Cần Thơ và Vĩnh Long. Nhãn Idor thuộc nhóm mã kích cỡ 5, có đường kính quả từ 24 đến 25 mm theo TCVN 9768:2013 về nhãn tươi nguyên quả, được chọn lựa làm nguyên liệu cho nghiên cứu chế biến nhãn sấy khô nguyên vỏ. Nhãn được thu hoạch vào buổi sáng, tránh thu hoạch lúc trời quá nắng hoặc đang mưa.

Nhãn sau khi thu hoạch thành từng chùm, cuống và lá được giữ và cho vào trong các túi nylon, vận chuyển ngay về phòng thí nghiệm và xử lý ngay trong ngày (hay giữ lạnh không quá 24 giờ). Tại đây, nhãn được cắt rời từng quả với chiều dài cuống khoảng 1,5 mm, loại bỏ những quả hư hỏng, không đạt chất lượng. Những quả đạt yêu cầu được chuyển sang rửa bằng nước sạch giúp loại bỏ tạp chất, chất bẩn bám trong quá trình thu hoạch, sau đó nhãn được vớt ra để ráo và dùng cho nghiên cứu.

### 2.2. Phương pháp sấy khô nhãn nguyên quả

Quá trình sấy khô nhãn nguyên vỏ được tiến hành dựa theo kết quả nghiên cứu của Somjai et al. (2021b) có điều chỉnh cho phù hợp với nghiên cứu

hiện tại. Nhãn Idor sau khi làm sạch như ở mục 2.1 được tiền xử lý bằng các phương pháp khác nhau như mô tả trong mục 2.5. Công đoạn sấy khô được tiến hành bằng thiết bị sấy đối lưu (Sibata – Nhật Bản) ở nhiệt độ  $60 \pm 2^\circ\text{C}$ , tốc độ gió khoảng 3 m/s và độ ẩm tương đối của không khí dao động từ 35 đến 40% đến khi độ ẩm đạt 13,5% theo mô tả của dự thảo tiêu chuẩn Thái Lan cho “Nhãn sấy”, CX/PFV 20/29/6. Sau khi sấy, nhãn được bảo ôn ở điều kiện nhiệt độ phòng trong thời gian 24 giờ, tiếp theo đó nhãn được bảo quản trong các túi bao bì metallized Polyethylene Terephthalate (mPET) và sử dụng phân tích các chỉ tiêu trong nghiên cứu.

### 2.3. Chuẩn bị chiết xuất thịt quả nhãn

Phần chiết xuất từ thịt quả nhãn được chuẩn bị dựa theo nghiên cứu trước đây của Somjai et al. (2021b) với một số điều chỉnh. Nhãn sấy khô nguyên vỏ được loại bỏ phần vỏ và hạt, thu nhận phần thịt; nghiền với nước cất ở tỷ lệ 1:10 (w/v) bằng máy xay (AVA BL9006-GS, 500W, Trung Quốc) trong 5 phút. Tiếp đến, ở điều kiện nhiệt độ phòng ( $30 \pm 2^\circ\text{C}$ ) hỗn hợp được chuyển sang siêu âm (Digital Ultrasonic Cleaner, 50Hz, Trung Quốc) trong 10 phút và sau đó ly tâm với tốc độ 4.000 vòng/phút trong 20 phút, thu nhận phần dịch nổi và lọc lại bằng đầu lọc 0,2  $\mu\text{m}$  (Membrane, Trung Quốc). Phần dịch sau lọc được chứa trong lọ thủy tinh màu hổ phách và trữ đông ở nhiệt độ  $-18^\circ\text{C}$  để sử dụng cho phân tích polyphenol tổng (TPC, mg GAE/g CKNL), hoạt tính chống oxy hóa bằng phương pháp DPPH (TEAC,  $\mu\text{mol TE/g CKNL}$ ).

### 2.4. Phương pháp phân tích

– Độ ẩm (%) được xác định dựa trên sự thay đổi khối lượng, khi sấy đến khối lượng không đổi ở  $105^\circ\text{C}$  theo TCVN 4415:1987.

– Độ hoạt động của nước ( $a_w$ ) được đo bằng thiết bị đo cầm tay (WA-60A; Landtek Instruments - Trung Quốc; nhiệt độ hoạt động 0- $50^\circ\text{C}$ ).

– Màu sắc được xác định bằng thiết bị đo màu Colorimeter cầm tay (model JZ-600, Trung Quốc), xác định giá trị  $L^*$ ,  $a^*$  và  $b^*$ . Trong đó, giá trị  $L^*$  thể hiện cho độ sáng hay độ đậm nhạt màu của mẫu; giá trị  $a^*$  thể hiện cho thay đổi màu từ xanh lá đến đỏ ( $-a^*$  đến  $a^*$ ) và giá trị  $b^*$  thể hiện cho thay đổi màu từ xanh dương đến vàng ( $-b^*$  đến  $b^*$ ). Ngoài ra, các thông số màu sắc được tính toán dựa trên 04 giá trị màu nhằm đánh giá khách quan hơn về đặc tính màu sắc của mẫu bao gồm độ lệch màu tổng thể ( $\Delta E$ ) (1), chỉ số hóa nâu BI (Browning Index) (2), Hue angle ( $h^\circ$ ) (4) và Chroma ( $C^*$ ) (5) (Chong et al., 2008; Kasim & Kasim, 2015).

Độ lệch màu tổng thể được tính theo công thức:

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L_0^*)^2 + (a^* - a_0^*)^2 + (b^* - b_0^*)^2} \quad (1)$$

Trong đó:  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  là các giá trị màu sắc của mẫu cần phân tích và  $L_0^*$ ,  $a_0^*$ ,  $b_0^*$  là các giá trị màu sắc của mẫu đối chứng không thực hiện tiền xử lý.

Chỉ số hóa nâu BI được tính toán theo công thức:

$$BI = \frac{100 \times (x - 0,312)}{0,172} \quad (2)$$

Trong đó:  $x$  được xác định từ công thức (3):

$$x = \frac{(a^* + 1,75 \times L^*)}{(5,645 \times L^* + a^* - 3,012 \times b^*)} \quad (3)$$

Giá trị  $C^*$  và  $h^\circ$  là các giá trị biểu màu sắc đặc trưng, sắc độ, trực quan cho một sản phẩm thực phẩm. Giá trị  $h^\circ$  biểu thị bằng độ và xuất phát từ vị trí trục  $+a^*$ , giá trị này phản ánh màu sắc sản phẩm: tại vị trí  $0^\circ$  thể hiện màu đỏ,  $90^\circ$  thể hiện màu vàng,  $180^\circ$  thể hiện màu xanh lá cây và  $270^\circ$  thể hiện màu xanh lam (Özkan et al., 2003).

$$h^\circ = \tan^{-1} \times \left( \frac{b^*}{a^*} \right) \quad (4)$$

$$C^* = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (5)$$

– Tỷ lệ mài mòn vỏ quả nhãn (MM, %) được tính toán dựa trên chiều dày vỏ quả ban đầu ( $H_0$ ) và sau khi xử lý mài mòn (H) bằng thiết bị thước kẹp điện tử (Syntek 150 mm, độ chính xác 0,01 mm, Trung Quốc) (Kragelsky et al., 2013):

$$MM(\%) = \frac{H_0 - H}{H_0} \times 100 \quad (6)$$

– Khả năng chống oxy hóa (Trolox equivalent antioxidant capacity – TEAC;  $\mu\text{mol TE/g}$  chất khô nguyên liệu - CKNL): Thành phần gốc tự do DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) phản ứng với các chất cho hydro tạo ra sự biến đổi về màu sắc từ tím sang vàng nhạt ở bước sóng 517 nm, chất chuẩn Trolox được sử dụng để xây dựng đường chuẩn (Fateme et al., 2012).

– Hàm lượng polyphenol tổng số TPC (mg GAE/g CKNL): Phương pháp so màu với acid gallic làm chất chuẩn, thuốc thử Folin-Ciocalteu như chất oxy hóa, xác định độ hấp thụ tại bước sóng 738 nm (Dewanto et al., 2002).

## 2.5. Phương pháp bố trí thí nghiệm

### 2.5.1. Thí nghiệm 1: Tác động của phương pháp xử lý cơ học đến hiệu quả làm sạch và giảm độ dày vỏ quả nhãn cho quá trình sấy

Nhãn tươi được chuẩn bị theo mô tả ở mục 2.1, 500 g/mẫu xử lý (khoảng 40 quả) đã được cân, sau đó chuyển sang thiết bị trộn Promarks TM-20 với tỷ lệ cát thay đổi lần lượt là 5, 10 và 15%, xử lý với tốc độ quay cố định là 17 vòng/phút, thời gian thay đổi ở bốn mức tương ứng là 10, 15, 20 và 25 phút. Nhãn sau xử lý được rây loại bỏ cát và rửa lại với nước sạch trước khi tiến hành sấy theo mô tả ở mục 2.2. Nhãn sấy nguyên vỏ được đánh giá sự thay đổi đặc tính về màu sắc, tỷ lệ mài mòn (thông qua độ dày vỏ trước và sau xử lý), TPC và TEAC.

### 2.5.2. Thí nghiệm 2: Tác động của chế độ chill đến chất lượng nhãn sấy khô nguyên vỏ

Tương tự như thí nghiệm 1, 500 g nhãn/mẫu được chill ở ba nhiệt độ khác nhau là 60, 75 và  $90^\circ\text{C}$  trong các khoảng thời gian 1, 3 và 5 phút. Sau khi chill, nhãn được làm nguội nhanh bằng nước đá (khoảng  $0^\circ\text{C}$ ) để kết thúc quá trình xử lý nhiệt. Quá trình sấy khô được tiến hành theo mô tả ở mục 2.2, nhãn sấy khô nguyên vỏ cũng được đánh giá sự thay đổi các đặc tính về màu sắc, độ ẩm, thời gian sấy, TPC và TEAC.

### 2.5.3. Thí nghiệm 3: Ảnh hưởng quá trình lạnh đông đến hiệu quả của quá trình sấy khô nhãn nguyên vỏ

Khối lượng nhãn và mẫu được chuẩn bị tương tự như thí nghiệm 1 và 2. Việc lạnh đông nhãn trong tủ đông Sanaky, VH-5699HY4K, Việt Nam ở nhiệt độ khoảng  $-18^\circ\text{C}$  đã được tiến hành. Nhiệt độ tâm của ít nhất 03 quả nhãn được theo dõi bằng đầu dò nhiệt độ loại Type-K (lắp lại ít nhất 5 lần) đến khi đạt nhiệt độ mong muốn ( $-8$ ,  $-10$  và  $-12^\circ\text{C}$ ) thì dừng lại. Tiếp theo, nhãn được chuyển sang quá trình rã đông – làm ấm ở nhiệt độ phòng ( $30 \pm 2^\circ\text{C}$ ) cho đến khi quả nhãn cân bằng nhiệt với môi trường thì tiến hành sấy theo mô tả ở mục 2.2. Thời gian sấy cũng như các thay đổi về tính chất hóa lý (độ ẩm, độ hoạt động của nước, TPC và TEAC) đã được theo dõi.

### 2.5.4. Thí nghiệm 4: Ảnh hưởng của thời gian ủ nhãn tươi trong không khí nóng và đánh giá chất lượng sản phẩm nhãn sấy khô

Ở thí nghiệm này, 500 g nhãn/mẫu được chuẩn bị và cho vào túi lưới, sau đó đặt vào các bình ủ RH  $72 \pm 3\%$ . Bình ủ nhãn được thiết kế với bình hút ẩm (loại không vôi) chứa bên trong là 2.000 mL dung

dịch NaCl bão hòa (Greenspan, 1977; Prabhakar et al., 2022). Các bình ủ nhãn được kiểm soát nhiệt độ ở mức 60°C bằng cách cho vào tủ sấy. Hiệu quả của quá trình ủ sau 4 mốc thời gian (2, 4, 6 và 8 giờ) đã được đánh giá. Sau khi ủ, nhãn được sấy theo mô tả ở mục 2.2 và việc đánh giá thay đổi các đặc tính chất lượng nhãn thông qua màu sắc (thịt và vỏ), độ ẩm, TPC và TEAC cũng đã được tiến hành.

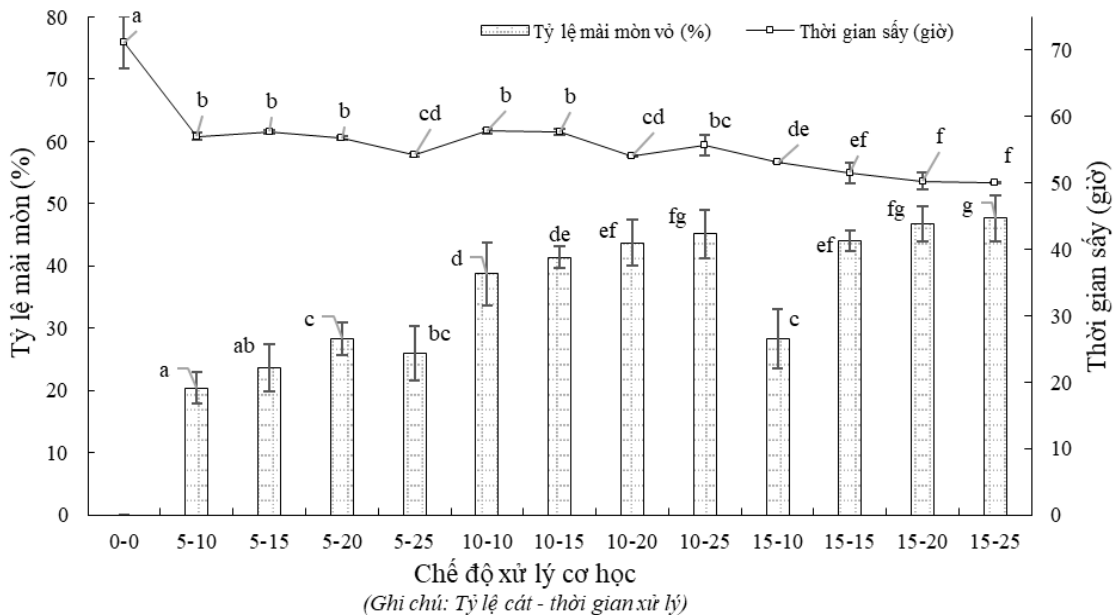
**2.6. Phương pháp thu nhận và xử lý số liệu**

Các thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên và lặp lại ít nhất 3 lần. Kết quả thu nhận được xử lý, tính toán bằng Excel, thống kê bằng chương trình Statgraphics Centurion 16.1 và kiểm định sự khác biệt giữa các nghiệm thức thông qua LSD (Least Significant Difference); số liệu được tính toán và trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn.

**3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

**3.1. Ảnh hưởng của phương pháp xử lý cơ học đến hiệu quả làm sạch và làm giảm chiều dày vỏ nhãn**

Quá trình tiền xử lý bằng phương pháp cơ học là một kỹ thuật phổ biến trong sản xuất nho khô, giúp loại bỏ lớp sáp trên bề mặt vỏ, từ đó nâng cao hiệu suất sấy khô (Adiletta et al., 2016). Quy trình sấy nhãn nguyên vỏ có nhiều điểm tương đồng với quy trình sấy khô nho, do đó, việc áp dụng và đánh giá phương pháp tiền xử lý này trong nghiên cứu về quá trình sấy nhãn là hoàn toàn phù hợp. Trong nghiên cứu này, phương pháp xử lý được điều chỉnh bằng cách thay thế vật liệu mài mòn là cát trắng. Từ đó, các yếu tố như tỷ lệ giữa nguyên liệu (nhãn) và vật liệu mài mòn (cát) cũng như thời gian xử lý được xem xét nhằm đánh giá tác động của chúng đến hiệu quả quá trình sấy.



**Hình 1. Tác động của quá trình xử lý cơ học đến tỷ lệ mài mòn vỏ và thời gian sấy nhãn nguyên vỏ**

Ghi chú: Các chữ cái giống nhau trong cùng một chỉ tiêu thí nghiệm thể hiện sự khác biệt không có ý nghĩa thống kê với độ tin cậy 95%.

Kết quả được thể hiện ở Hình 1 cho thấy, sự gia tăng tỷ lệ cát ở các chế độ xử lý cơ học khác nhau đối với quả nhãn trước khi sấy có tác động mạnh mẽ đến thời gian sấy khô. Công đoạn loại bỏ một phần vỏ quả giúp cải thiện rõ rệt hiệu quả sấy, thông qua việc rút ngắn thời gian sấy đến độ ẩm yêu cầu (≤13,5%) đối với sản phẩm nhãn nguyên vỏ. Thời gian sấy nhãn khô nguyên vỏ chưa qua xử lý lên đến hơn 70 giờ trong khi kết quả ghi nhận ở chế độ xử

lý có tỷ lệ mài mòn thấp nhất là khoảng 57 giờ sấy (chế độ 5% trong 10 phút) và thời gian sấy ghi nhận ở các chế độ có tỷ lệ mài mòn cao hơn ở mức 50 giờ sấy. Như đã đề cập trước đó, kết quả trong báo cáo của nhóm tác giả Adiletta et al. (2016) đã cho thấy công đoạn loại bỏ lớp sáp ngoài vỏ nho có ý nghĩa đặc biệt quan trọng trong việc rút ngắn thời gian sấy khô. Kết quả một báo cáo đánh giá về các phương pháp xử lý trước khi sấy nho của nhóm tác giả Pawar et al. (2023) cũng cho thấy quá trình tiền xử lý vật

lý (mài mòn cơ học) đóng vai trò quan trọng trong việc rút ngắn thời gian sấy khô quả nho, kết quả cũng cho thấy việc tác động vật lý có thể làm giảm giá trị màu sắc sản phẩm nho khô.

Xét về tỷ lệ mài mòn vỏ quả nhãn, sự gia tăng tỷ lệ cát từ 5% lên 10% ghi nhận những thay đổi rõ rệt hơn về hiệu quả mài mòn (tỷ lệ mài mòn gia tăng có ý nghĩa thống kê,  $p < 0,05$ ). Tuy nhiên, ở cùng một khoảng thời gian xử lý, không ghi nhận sự khác biệt ý nghĩa khi tăng tỷ lệ cát từ 10% lên 15%; sự khác

biệt ghi nhận rõ nhất ở mẫu có chế độ xử lý 15% trong 10 phút khi kết quả về tỷ lệ mài mòn vỏ quả ở mức khá thấp (khoảng 28%). Điều này có thể được giải thích thông qua kích thước của hạt cát tương đối mịn, tỷ lệ bổ sung tăng lên dẫn đến hình thành các khối liên kết của vật liệu mài mòn (cát) lớn; đồng thời, liên kết rắn chắc giữa vật liệu mài mòn cũng tăng lên. Điều này làm hạn chế tiếp xúc giữa cát và vỏ quả (diện tích tiếp xúc giảm) cùng với thời gian xử lý ngắn dẫn đến giảm tỷ lệ mài mòn vỏ quả (Menezes et al., 2011).

**Bảng 1. Ảnh hưởng của chế độ xử lý cơ học đến sự thay đổi chất lượng màu sắc vỏ quả nhãn sau sấy**

Chế độ xử lý cơ học (% cát-phút)	Độ sáng L*	BI	$\Delta E$	Hue angle ( $h^\circ$ )	Chroma ( $C^*$ )
Đối chứng	51,46±0,94 <sup>g</sup>	58,28±1,32 <sup>a</sup>	-	42,25±2,26 <sup>e</sup>	22,61±0,45 <sup>a</sup>
S5-10	50,32±1,03 <sup>de</sup>	74,82±4,58 <sup>c</sup>	5,24±1,53 <sup>b</sup>	34,49±2,61 <sup>cd</sup>	26,31±1,21 <sup>b</sup>
S5-15	50,68±0,77 <sup>def</sup>	81,32±3,57 <sup>d</sup>	6,73±0,85 <sup>c</sup>	34,86±1,61 <sup>cd</sup>	28,37±0,67 <sup>de</sup>
S5-20	49,01±0,40 <sup>bc</sup>	82,74±3,11 <sup>de</sup>	6,92±0,85 <sup>cd</sup>	33,09±1,72 <sup>abc</sup>	27,64±0,73 <sup>cd</sup>
S5-25	46,89±0,52 <sup>a</sup>	88,02±3,62 <sup>g</sup>	7,97±0,70 <sup>ef</sup>	34,15±2,40 <sup>cd</sup>	27,90±1,20 <sup>cd</sup>
S10-10	51,08±0,62 <sup>efg</sup>	84,76±4,08 <sup>defg</sup>	7,74±1,08 <sup>de</sup>	35,37±1,85 <sup>d</sup>	29,62±0,92 <sup>fg</sup>
S10-15	50,98±0,47 <sup>defg</sup>	84,17±2,46 <sup>def</sup>	7,64±0,76 <sup>cde</sup>	34,11±1,34 <sup>bcd</sup>	29,26±0,72 <sup>efg</sup>
S10-20	50,61±0,41 <sup>defg</sup>	75,85±4,63 <sup>c</sup>	5,41±1,42 <sup>b</sup>	35,14±2,93 <sup>cd</sup>	26,84±1,33 <sup>bc</sup>
S10-25	50,00±0,56 <sup>cd</sup>	84,55±3,16 <sup>defg</sup>	7,96±0,74 <sup>def</sup>	30,96±2,77 <sup>a</sup>	28,51±0,93 <sup>def</sup>
S15-10	51,26±0,75 <sup>fg</sup>	87,79±4,69 <sup>fg</sup>	8,90±1,13 <sup>f</sup>	32,13±0,81 <sup>ab</sup>	30,17±1,13 <sup>g</sup>
S15-15	49,34±0,37 <sup>c</sup>	85,69±4,54 <sup>efg</sup>	7,79±0,97 <sup>de</sup>	31,85±0,93 <sup>a</sup>	28,47±1,13 <sup>de</sup>
S15-20	48,53±1,77 <sup>b</sup>	63,64±4,28 <sup>b</sup>	3,49±1,27 <sup>a</sup>	43,59±2,11 <sup>e</sup>	23,14±1,05 <sup>a</sup>
S15-25	47,52±0,64 <sup>a</sup>	86,08±3,76 <sup>efg</sup>	7,40±0,85 <sup>cde</sup>	34,90±2,18 <sup>cd</sup>	27,85±0,90 <sup>cd</sup>

Ghi chú: Các giá trị có chữ cái theo sau giống nhau trong cùng một cột thể hiện sự sai biệt không có ý nghĩa về mặt thống kê với mức độ tin cậy 95%.

Kết quả được thể hiện ở Bảng 1 cho thấy chế độ tiền xử lý bằng cách mài mòn cơ học có tác dụng đáng kể đến chất lượng về màu sắc sản phẩm nhãn sấy khô nguyên vỏ. Giá trị độ sáng L\* có xu hướng giảm khi quá trình xử lý kéo dài ở cùng một tỷ lệ cát. Độ sáng L\* ghi nhận cao nhất ở mẫu không thực hiện xử lý cơ học (đối chứng - ĐC), đồng thời các giá trị độ màu a\* và b\* cũng ghi nhận những biến động đáng kể làm ảnh hưởng mạnh mẽ đến các chỉ số thể hiện màu sắc như BI,  $\Delta E$ , Hue angle ( $h^\circ$ ) và Chroma ( $C^*$ ). Bên cạnh mẫu đối chứng, giá trị chỉ số hóa nâu (BI) của mẫu xử lý với 15% cát trong 20 phút (S15-20) ghi nhận kết quả thấp nhất trong số các mẫu được xử lý cơ học. Sự gia tăng chỉ số hóa nâu chủ yếu do các phản ứng hóa nâu enzyme hoặc không enzyme (Zou et al., 2013). Ngoài ra, việc mài mòn sơ bộ giúp làm giảm thời gian sấy khô nhãn nguyên vỏ một cách đáng kể, điều này có ý nghĩa đặc biệt đối với sự thay đổi chất lượng về màu sắc (các phản ứng hóa nâu không enzyme). Theo Adekunte et al. (2010), sự khác biệt về màu sắc tổng

thể ( $\Delta E$ ) lớn hơn 3 thì sai lệch về màu sắc tổng thể giữa mẫu thực nghiệm và mẫu đối chứng được xem là đáng kể hay rất khác biệt. Sự lệch màu sắc ở các mẫu xử lý đều ở mức rất khác biệt so với mẫu đối chứng. Các tương tác va đập và mài mòn trong tiếp xúc giữa vỏ quả nhãn và vật liệu xử lý mài mòn là nguyên nhân dẫn đến sự khác biệt này.

Kết quả từ Bảng 1 cho thấy các mẫu đều thuộc vùng màu sắc từ màu đỏ đến màu cam, do màu nâu không thuộc vùng màu sắc thông dụng. Tuy nhiên, ta có thể dựa trên kết quả này để ước đoán màu sắc của sản phẩm. Khi giá trị của  $h^\circ$  càng lớn thể hiện rõ cho màu nâu cam, đồng thời giá trị độ sáng L\* vào khoảng 40 đến 60 thể hiện rõ hơn màu nâu cho sản phẩm. Trên thực tế, màu sắc vỏ quả là tiêu chí đánh giá ban đầu giúp thu hút sự chú ý của người tiêu dùng. Việc kết hợp với tác động về thời gian sấy (hiệu quả kinh tế) có thể thấy quá trình xử lý mài mòn vỏ quả nhãn ở tỷ lệ 10% cát trắng trong thời gian 20 phút đạt hiệu quả về màu sắc sản phẩm nhãn sấy khô nguyên vỏ.

**Bảng 2. Ảnh hưởng của chế độ xử lý cơ học đến sự thay đổi màu sắc, TPC và TEAC của thịt com nhân sau khi sấy**

Chế độ xử lý cơ học (% cát - phút)	Độ sáng L*	BI	ΔE	TPC (mg GAE/g CKNL)	TEAC (μmol TE/g CKNL)
Đối chứng	39,30±2,02 <sup>de</sup>	31,45±6,56 <sup>a</sup>	-	6,07±0,20 <sup>a</sup>	24,73±1,06 <sup>a</sup>
S5-10	36,91±1,14 <sup>ab</sup>	43,82±5,50 <sup>b</sup>	13,80±1,35 <sup>c</sup>	7,66±0,18 <sup>d</sup>	32,57±0,29 <sup>c</sup>
S5-15	38,58±1,38 <sup>cd</sup>	54,36±5,07 <sup>cd</sup>	9,94±1,35 <sup>ab</sup>	9,05±0,47 <sup>f</sup>	35,03±1,16 <sup>d</sup>
S5-20	39,36±0,70 <sup>de</sup>	59,38±5,65 <sup>de</sup>	11,37±1,70 <sup>c</sup>	10,50±0,64 <sup>h</sup>	37,40±1,00 <sup>e</sup>
S5-25	35,61±1,43 <sup>a</sup>	51,41±4,88 <sup>c</sup>	9,61±1,51 <sup>a</sup>	8,50±0,50 <sup>e</sup>	35,26±0,50 <sup>d</sup>
S10-10	39,87±1,81 <sup>d</sup>	41,96±6,56 <sup>b</sup>	11,28±1,45 <sup>bc</sup>	7,18±0,46 <sup>c</sup>	29,59±0,56 <sup>b</sup>
S10-15	37,44±1,72 <sup>bc</sup>	58,41±6,37 <sup>de</sup>	12,23±1,05 <sup>cd</sup>	7,95±0,29 <sup>d</sup>	30,91±1,11 <sup>b</sup>
S10-20	36,64±1,59 <sup>ab</sup>	67,12±7,82 <sup>f</sup>	11,28±1,37 <sup>bc</sup>	8,50±0,50 <sup>e</sup>	32,58±1,59 <sup>c</sup>
S10-25	37,94±1,85 <sup>bcd</sup>	57,18±5,19 <sup>cd</sup>	9,59±1,52 <sup>a</sup>	10,06±0,51 <sup>g</sup>	33,18±0,56 <sup>c</sup>
S15-10	35,84±1,66 <sup>a</sup>	58,86±6,51 <sup>de</sup>	12,79±1,69 <sup>de</sup>	6,63±0,40 <sup>b</sup>	35,49±0,89 <sup>d</sup>
S15-15	36,79±1,85 <sup>ab</sup>	39,79±5,64 <sup>b</sup>	9,53±1,67 <sup>a</sup>	6,51±0,36 <sup>b</sup>	36,25±1,02 <sup>de</sup>
S15-20	35,77±1,11 <sup>a</sup>	57,22±7,97 <sup>cd</sup>	9,57±1,86 <sup>a</sup>	7,71±0,43 <sup>d</sup>	30,57±0,07 <sup>b</sup>
S15-25	37,78±1,48 <sup>bc</sup>	64,09±7,27 <sup>ef</sup>	13,96±1,55 <sup>c</sup>	6,31±0,37 <sup>ab</sup>	30,82±0,77 <sup>b</sup>

Ghi chú: Các giá trị có chữ cái theo sau giống nhau trong cùng một cột thể hiện sự sai biệt không có ý nghĩa về mặt thống kê với mức độ tin cậy 95%.

Tiếp theo, việc đánh giá ban đầu về các đặc điểm màu sắc vỏ quả thì chất lượng thịt com nhân mới là yếu tố quyết định, có ảnh hưởng trực tiếp đến sự lựa chọn sản phẩm của người tiêu dùng. Sự thay đổi màu sắc thịt quả và những thành phần hoạt tính sinh học hay giá trị ăn của sản phẩm giúp thuyết phục người tiêu dùng được đánh giá và tổng hợp ở Bảng 2.

Kết quả được thể hiện ở Bảng 2 cho thấy có sự khác biệt đáng kể về chất lượng màu sắc (độ sáng L\*, BI và ΔE) trong thịt com nhân sau khi sấy giữa các chế độ xử lý cơ học khác nhau cũng như so với mẫu đối chứng. Thực tế quá trình tiền xử lý cơ học (mài mòn cơ học) được nghiên cứu trên những nguồn nguyên liệu như kỹ tử, nhỏ,... đều ghi nhận tác động đến quá trình sấy, màu sắc bên ngoài và ít tác động đến chất lượng thịt quả (Pawar et al., 2023; Russo et al., 2020). Sự khác biệt về màu sắc tổng thể (ΔE giữa các mẫu ở các chế độ xử lý cơ học khác nhau chịu sự chi phối bởi các giá trị màu sắc thành phần như độ sáng L\*; độ màu a\* và b\*. Có thể thấy công đoạn xử lý cơ học bằng phương pháp mài mòn có tác động đến màu sắc của phần thịt com nhân theo xu hướng sậm màu hơn thông qua giá trị độ sáng L\* giảm và chỉ số hóa nâu tăng. Việc tương tác do tiếp xúc giữa quả nhân với vật liệu mài mòn làm tổn thương thành tế bào bao gồm vỏ quả và thịt quả dẫn đến giải phóng PPO (polyphenol oxidase) khởi đầu cho phản ứng enzyme hóa nâu (McGarry et al., 1996). Mặt khác, phản ứng Maillard hay glycosyl hóa không enzyme được ghi nhận là một trong những quá trình chuyển biến chính trong chế biến và bảo quản phần thịt com nhân khô (Somjai et al.,

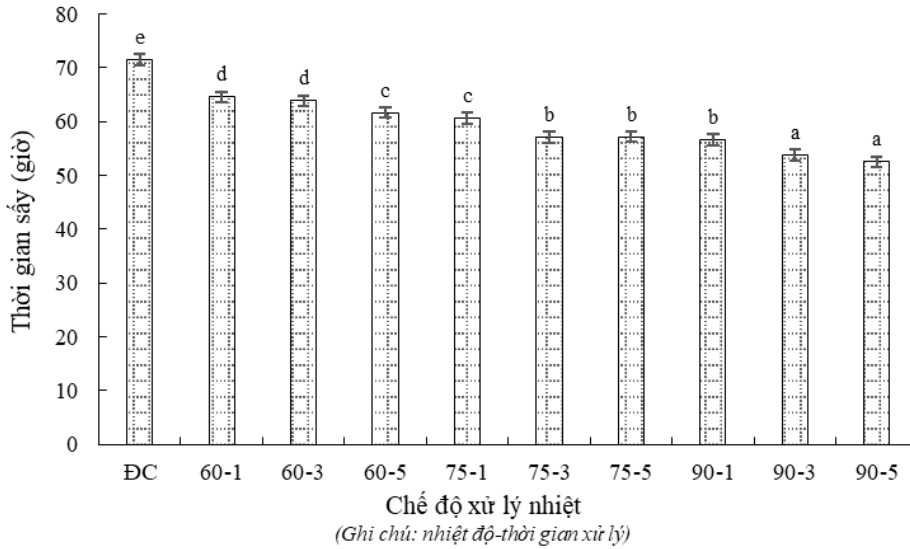
2021a). Ngoài ra, tiền xử lý cơ học có tác động đến các thành phần hoạt chất sinh học có trong quả nhân. TPC có xu hướng tăng lên sau quá trình tiền xử lý và giá trị cao nhất được ghi nhận ở mẫu xử lý 5% cát trong 20 phút. Đồng thời, khả năng chống oxy hóa (TEAC) dựa trên chất chuẩn Trolox của thịt com nhân cũng ghi nhận kết quả tương tự khi các mẫu có xử lý cơ học tỏ ra hiệu quả hơn so với mẫu đối chứng. Kết quả các nghiên cứu trong việc đánh giá thành phần chống oxy hóa trong cùi nhân sấy khô (long nhãn) đã ghi nhận về phức hợp liên kết đặc biệt giữa protein và đường (sugar-protein conjugates hay gọi tắt là SPC) có trong chiết xuất từ cùi nhân sấy khô, phức hợp này có hiệu quả trong hoạt động chống oxy hóa, chống ung thư và điều hòa miễn dịch được sử dụng từ lâu trong y học Phương Đông (Yi et al., 2019). Hàm lượng SPC có xu hướng gia tăng thông qua quá trình chế biến, bảo quản nhân khô; ngoài ra SPC còn được báo cáo có đặc tính về hoạt tính sinh học đặc biệt cao khi kiểm soát các điều kiện chế biến thích hợp (Nooshkam et al., 2020; Somjai et al., 2021a).

Nhìn chung, quá trình tiền xử lý nhân được thực hiện bằng phương pháp cơ học mài mòn với vật liệu mài mòn là cát có tính khả thi và đặc biệt có triển vọng không chỉ liên quan đến chất lượng sản phẩm mà còn đến các đặc tính cảm quan màu vỏ và màu thịt hay thành phần chống oxy hóa, khả năng chống oxy hóa vẫn duy trì ở mức chấp nhận. Việc xử lý cơ học mài mòn được đề xuất với 10% vật liệu mài mòn (cát) trong thời gian xử lý 20 phút là phù hợp đối với sản phẩm nhân sấy khô nguyên vỏ.

**3.2. Ảnh hưởng nhiệt độ và thời gian chần đến đến màu sắc và chất lượng nhân sấy khô**

Kết quả ở Hình 2 cho thấy, có sự tác động đáng kể của quá trình chần đến hiệu quả sấy, thời gian sấy

được rút ngắn khoảng 20 giờ khi so sánh với mẫu đối chứng (không chần). Thời gian sấy được rút ngắn có thể được lý giải dựa trên tác động của nhiệt trong quá trình chần làm cho khí khổng của nguyên liệu mở rộng ra, dẫn đến tăng tốc độ thoát hơi nước (Akintunde et al., 2011; Mazza, 1983).



**Hình 2. Ảnh hưởng của chế độ chần đến thời gian sấy khô nhân nguyên vò**

Ghi chú: Các giá trị có chữ cái giống nhau thể hiện sự sai biệt không có ý nghĩa về mặt thống kê với mức độ tin cậy 95%.

**Bảng 3. Ảnh hưởng của chế độ chần đến sự thay đổi màu sắc vỏ quả nhân sau khi sấy**

Chế độ chần (°C - phút)	Độ sáng L*	BI	ΔE	Hue angle (h°)	Chroma (C*)
ĐC	51,69±0,70 <sup>c</sup>	58,08±1,26 <sup>b</sup>	-	42,06±2,34 <sup>ab</sup>	22,62±0,48 <sup>cd</sup>
60-1	48,81±0,55 <sup>c</sup>	55,33±2,63 <sup>a</sup>	4,17±0,63 <sup>c</sup>	49,78±1,76 <sup>c</sup>	21,51±0,73 <sup>b</sup>
60-3	46,29±0,92 <sup>a</sup>	56,30±2,24 <sup>ab</sup>	5,99±0,95 <sup>c</sup>	46,86±1,99 <sup>d</sup>	20,28±0,62 <sup>a</sup>
60-5	46,40±1,31 <sup>a</sup>	63,64±1,08 <sup>c</sup>	5,27±1,36 <sup>d</sup>	45,26±1,62 <sup>cd</sup>	22,38±0,72 <sup>c</sup>
75-1	48,81±0,55 <sup>c</sup>	55,33±2,45 <sup>a</sup>	4,16±0,59 <sup>c</sup>	49,79±1,61 <sup>c</sup>	21,51±0,65 <sup>b</sup>
75-3	49,08±0,52 <sup>c</sup>	56,28±2,08 <sup>ab</sup>	3,22±0,48 <sup>b</sup>	46,50±1,24 <sup>d</sup>	21,44±0,69 <sup>b</sup>
75-5	49,26±0,40 <sup>c</sup>	57,76±2,14 <sup>b</sup>	3,77±0,66 <sup>bc</sup>	49,83±1,57 <sup>c</sup>	22,56±0,63 <sup>cd</sup>
90-1	48,05±0,57 <sup>b</sup>	62,92±2,51 <sup>c</sup>	3,78±0,73 <sup>bc</sup>	45,63±1,83 <sup>d</sup>	23,00±0,61 <sup>d</sup>
90-3	49,31±0,72 <sup>c</sup>	67,55±1,16 <sup>d</sup>	3,25±0,44 <sup>b</sup>	43,66±1,32 <sup>bc</sup>	24,78±0,52 <sup>f</sup>
90-5	50,35±0,65 <sup>d</sup>	63,77±2,56 <sup>c</sup>	1,92±0,57 <sup>a</sup>	40,76±1,90 <sup>a</sup>	23,69±0,56 <sup>e</sup>

Ghi chú: Giá trị được biểu thị bằng trung bình ± độ lệch chuẩn của phép đo với ít nhất 03 lần lặp lại. Các giá trị có chữ cái theo sau giống nhau trong cùng một cột thể hiện sự sai biệt không có ý nghĩa về mặt thống kê với mức độ tin cậy 95%.

Kết quả được ở Bảng 3 cho thấy, độ sáng L\* có xu hướng giảm khi tiến hành xử lý nhiệt ở cả ba mức nhiệt độ (60, 75 và 90°C) ở các khoảng thời gian 1, 3 và 5 phút khi so sánh với mẫu đối chứng (không chần). Độ sáng L\* giảm rõ rệt đối với mẫu được xử lý ở hai nhiệt độ 60 và 75°C, trong khi nhân được chần ở nhiệt độ 90°C trong 5 phút thì độ sáng L\* được ghi nhận có giá trị cao nhất (50,35±0,65). Sự

biến đổi màu sắc của vỏ quả nhân khi tiến xử lý bằng chần không tuân theo quy luật biến đổi nhất định, chỉ số hóa nâu BI lại có xu hướng tăng lên trong các mẫu được xử lý ở nhiệt độ 90°C. Có thể thấy ở mức nhiệt độ này với thời gian xử lý dài nhất là 5 phút không có tác dụng làm bất hoạt hoàn toàn PPO có trong vỏ quả nhân mặc dù giá trị độ sáng L\* có xu hướng tăng lên. Theo đánh giá của Xiao et al.

(2017), quá trình tiền xử lý nhiệt được tiến hành bằng phương pháp chần với mục tiêu vô hoạt hơn 80% PPO trong các loại rau củ quả nói chung cần được tiến hành trong khoảng từ 70 đến 80°C trong khoảng 5 đến 25 phút. Trong nghiên cứu này, việc tiền xử lý nhân với mục tiêu chính là đánh giá tác động đến thời gian sấy và duy trì chất lượng sản phẩm. Do đó, những biến đổi màu sắc bên ngoài vỏ quả chỉ mang tính chất thu hút sự chú ý ban đầu của người tiêu dùng. Mặt khác, các chỉ số thể hiện màu sắc như độ

sáng L\*, BI, ΔE, h° và C\* ở các chế độ xử lý ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê (p < 0,05). Việc chần nhân ở 75°C trong 5 phút tỏ ra hiệu quả hơn trong việc ổn định màu sắc của vỏ nhân sấy khô khi các thông số về chất lượng ghi nhận giá trị nằm trong khoảng màu sắc đặc trưng của vỏ quả nhân. Các chỉ tiêu về chất lượng thịt com nhân cũng được đánh giá tương tự như thí nghiệm trước và kết quả nghiên cứu được tổng hợp vào Bảng 4.

**Bảng 4. Ảnh hưởng của chế độ chần đến màu sắc, TPC và TEAC của thịt com nhân sau khi sấy**

Chế độ chần (°C - phút)	Độ sáng L*	BI	ΔE	TPC (mg GAE/g CKNL)	TEAC (μmol TE/g CKNL)
ĐC	39,39±2,14 <sup>c</sup>	30,56±6,04 <sup>b</sup>	-	6,03±0,18 <sup>a</sup>	24,25±1,76 <sup>a</sup>
60-1	25,07±0,82 <sup>a</sup>	60,98±3,83 <sup>f</sup>	10,72±0,61 <sup>f</sup>	6,97±0,25 <sup>b</sup>	28,13±0,03 <sup>b</sup>
60-3	30,06±1,45 <sup>d</sup>	62,67±7,01 <sup>fg</sup>	8,06±1,26 <sup>c</sup>	7,88±0,22 <sup>d</sup>	31,33±0,23 <sup>c</sup>
60-5	29,91±1,43 <sup>d</sup>	33,76±1,83 <sup>b</sup>	8,09±0,51 <sup>c</sup>	9,07±0,25 <sup>f</sup>	30,55±0,34 <sup>de</sup>
75-1	28,35±1,22 <sup>bc</sup>	47,46±2,75 <sup>d</sup>	4,86±0,38 <sup>b</sup>	7,01±0,23 <sup>b</sup>	29,28±1,03 <sup>c</sup>
75-3	29,65±1,16 <sup>d</sup>	65,19±5,45 <sup>g</sup>	8,01±0,94 <sup>c</sup>	7,65±0,20 <sup>c</sup>	30,09±0,42 <sup>cd</sup>
75-5	29,02±1,43 <sup>cd</sup>	51,96±2,96 <sup>c</sup>	6,23±0,43 <sup>d</sup>	9,00±0,12 <sup>f</sup>	30,07±1,09 <sup>cd</sup>
90-1	23,92±1,14 <sup>b</sup>	41,90±1,56 <sup>c</sup>	6,58±0,65 <sup>d</sup>	7,57±0,28 <sup>c</sup>	27,67±0,24 <sup>b</sup>
90-3	26,11±1,23 <sup>de</sup>	33,53±3,13 <sup>b</sup>	3,85±0,59 <sup>a</sup>	8,25±0,30 <sup>c</sup>	27,51±0,25 <sup>b</sup>
90-5	26,01±1,09 <sup>d</sup>	24,77±1,93 <sup>a</sup>	5,55±0,63 <sup>c</sup>	9,07±0,14 <sup>f</sup>	27,26±0,74 <sup>b</sup>

Ghi chú: Các giá trị có chữ cái theo sau giống nhau trong cùng một cột thể hiện sự sai biệt không có ý nghĩa về mặt thống kê với mức độ tin cậy 95%.

Kết quả được trình bày ở Bảng 4 có thể thấy quá trình tiền xử lý nhiệt được tiến hành bằng phương pháp chần có tác động đến màu sắc thịt com nhân sau khi sấy. Các kết quả đã thể hiện rằng việc tiền xử lý nhiệt làm tăng độ sáng L\* ở hầu hết chế độ và chỉ số hóa nâu BI (trừ mẫu 90°C - 5 phút). Tương tự như phần vỏ quả, tác động của nhiệt độ làm cho PPO có bên trong hoạt động làm ảnh hưởng đến chất lượng màu sắc thịt com nhân sau khi sấy. Kết quả nghiên cứu của Deng et al. (2023) đã đánh giá về các quá trình tiền xử lý thịt com nhân cho chế biến long nhãn sấy. Điều kiện chần nóng được thực hiện ở nhiệt độ sôi của nước (100°C) trong 3 phút làm giảm hơn 50% mức độ hóa nâu của sản phẩm long nhãn sấy khô. Đồng thời, nghiên cứu này còn ghi nhận độ sáng L\* của sản phẩm long nhãn sấy, ở chế độ xử lý chần này là 37,93±0,80 (trong khi của mẫu đối chứng là 30,55±0,91) cao hơn đáng kể so với số liệu ghi nhận được trong nghiên cứu hiện tại và sự khác biệt màu sắc tổng thể (ΔE) trong nghiên cứu này là 7,44±0,48. Có thể thấy, các chế độ xử lý nhiệt trong nghiên cứu chưa thể vô hoạt hoàn toàn PPO có trong quả nhân (bao gồm thịt com nhân và vỏ quả), dẫn đến màu sắc sậm hơn sau khi sấy. Tuy nhiên, sự khác biệt này một phần còn phụ thuộc vào

giống nhân sử dụng trong nghiên cứu (long nhãn và Idor).

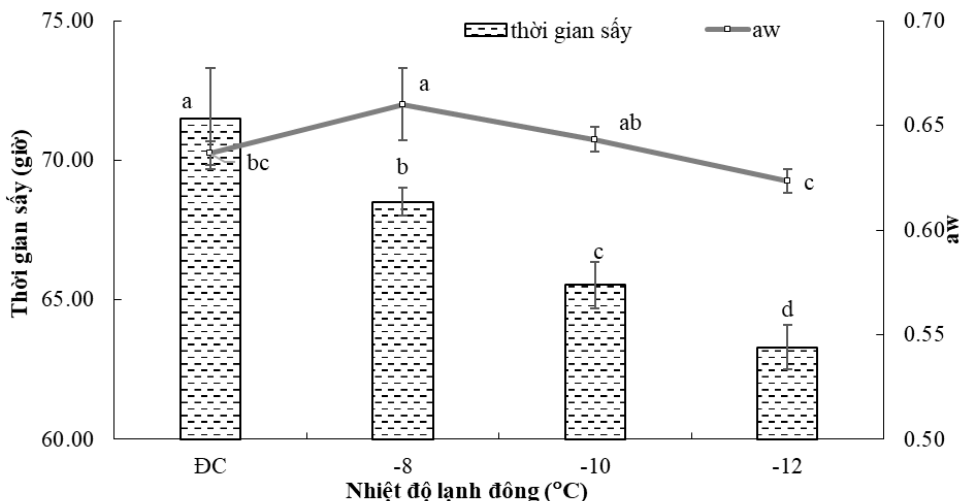
Xét về sự thay đổi thành phần hoạt tính sinh học, giá trị TPC trong thịt nhân sấy được tiền xử lý bằng chần nước nóng ghi nhận kết quả tăng cao hơn so với mẫu không chần (Bảng 4). Tổng hàm lượng phenolic (TPC) của mẫu đối chứng (không qua xử lý chần nước nóng) là 6,03±0,18 mg GAE/g CKNL trong khi mẫu có giá trị TPC thấp nhất là mẫu được tiền xử lý ở 60°C chỉ trong 1 phút (6,97±0,25 mg GAE/g CKNL). Kết quả ở các mẫu khác đều ghi nhận sự khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê (p<0,05). Kết quả báo cáo của Iranshahi et al. (2023) cũng ghi nhận sự gia tăng về tổng hàm lượng phenolic (TPC) trong sản phẩm táo giống Pink Lady sấy khô khi được xử lý chần nước nóng ở 60°C trong 3 phút. Sự gia tăng TPC có trong thịt nhân có thể được lý giải dựa trên sự vô hoạt không hoàn toàn PPO; các hợp chất phenolic có trong nguyên liệu thực vật là những thành phần chính gây ra hiện tượng hóa nâu (thâm đen) của trái cây, rau, củ, quả khi tiếp xúc với oxy (hóa nâu do enzyme) (Vámos - Vigyázó & Haard, 1981); các hợp chất phenolic bị oxy hoá thành các melanin (màu nâu) làm giảm TPC. Sự vô hoạt không hoàn toàn làm hình thành ít melanin (phenolic bị oxy hóa ít). Mặt

khác, quá trình sấy kéo dài của nhân không tiến hành tiền xử lý (mẫu đối chứng) cũng làm cho TPC giảm (Izli et al., 2017). Sự gia tăng TPC kéo theo khả năng chống oxy hóa (TEAC) cũng được cải thiện đối với nhân sấy khô nguyên vỏ (Derardja et al., 2022).

Tóm lại, quá trình tiền xử lý được tiến hành bằng phương pháp chần nước nóng giúp cải thiện các đặc tính về màu sắc, trong đó độ sáng của vỏ quả và thịt quả được cải thiện rõ rệt ở chế độ 75°C trong 5 phút. Ngoài ra, quá trình chần còn cho thấy việc gia tăng hàm lượng TPC và hoạt tính chống oxy hóa của nhân sấy khô nguyên vỏ.

### 3.3. Ảnh hưởng nhiệt độ lạnh đông đến màu sắc và các hoạt chất sinh học trong quả nhân Idor sấy khô nguyên vỏ

Quá trình lạnh đông nhân được mô tả trong thí nghiệm 3 và kết quả đánh giá được ghi nhận trong Hình 3, Hình 4, Bảng 5 và Bảng 6. Kết quả được thể hiện ở Hình 3 cho thấy, việc tiền xử lý bằng lạnh đông có tác động tích cực trong việc rút ngắn thời gian sấy so với mẫu đối chứng (không lạnh đông – rã đông). Chính sự phá vỡ tế bào do hình thành tinh thể đá dẫn đến quá trình sấy được cải thiện rõ rệt hơn (Shehadul Islam et al., 2017).



**Hình 3. Ảnh hưởng của nhiệt độ cuối khi lạnh đông đến thời gian sấy và hoạt độ nước (aw) của nhân sấy khô nguyên vỏ**

Ghi chú: Các chữ cái giống nhau trong cùng một chỉ tiêu phân tích thể hiện sự khác biệt không ý nghĩa thống kê ở mức 95%.

**Bảng 5. Tác động của nhiệt độ cuối khi lạnh đông đến sự thay đổi màu sắc vỏ quả nhân sau khi sấy**

Nhiệt độ (°C)	Độ sáng L*	BI	ΔE	Hue angle (h°)	Chroma (C*)	Tỷ lệ nứt vỏ (%)
ĐC	51,46±0,94 <sup>c</sup>	58,28±1,32 <sup>a</sup>	-	47,75±2,26 <sup>a</sup>	22,61±0,45 <sup>b</sup>	-
-8	49,81±0,65 <sup>b</sup>	57,93±2,77 <sup>a</sup>	5,89±0,40 <sup>a</sup>	61,79±1,10 <sup>c</sup>	20,84±0,65 <sup>a</sup>	99,32±0,58 <sup>a</sup>
-10	49,18±0,39 <sup>b</sup>	66,85±7,72 <sup>b</sup>	5,41±0,58 <sup>a</sup>	58,41±3,08 <sup>b</sup>	23,22±2,08 <sup>b</sup>	97,29±1,45 <sup>a</sup>
-12	48,23±0,56 <sup>a</sup>	99,38±7,12 <sup>c</sup>	11,77±1,34 <sup>b</sup>	65,21±1,53 <sup>d</sup>	30,59±1,29 <sup>c</sup>	97,07±2,55 <sup>a</sup>

Ghi chú: Các giá trị có chữ cái theo sau giống nhau trong cùng một cột thể hiện sự sai biệt không có ý nghĩa về mặt thống kê với mức độ tin cậy 95%.

Yêu cầu được đặt ra của sản phẩm sấy khô nguyên vỏ là tính nguyên vẹn của phần vỏ quả. Nhìn chung, quá trình tiền xử lý được tiến hành bằng phương pháp lạnh đông tác động rất lớn đến phần vỏ quả. Các mẫu nghiên cứu đều ghi nhận kết quả về tỷ lệ nứt vỏ hơn 95% (Bảng 5). Sự hình thành tinh thể đá trong quá trình lạnh đông làm thay đổi đáng kể các đặc tính cấu trúc vi mô sản phẩm được nhận thấy trên nho (Noshad & Ghasemi, 2020), khoai tây

(Zhang et al., 2022) các tổn thương tế bào này dẫn đến sự xuất hiện các vết nứt lớn hoặc biến dạng tế bào trong quá trình lạnh đông.

Kết quả được thể hiện ở Bảng 5 cho thấy quá trình tiền xử lý bằng lạnh đông có tác động đến sự thay đổi chất lượng về màu sắc của sản phẩm nhân sấy khô nguyên vỏ. Giá trị độ sáng L\* có xu hướng giảm khi nhiệt độ cuối của quá trình lạnh đông giảm

từ -8 đến -12°C (khác biệt có ý nghĩa về mặt thống kê giữa các mẫu). Sự hình thành tinh thể đá lớn trong phương pháp lạnh đông chậm (nhiệt độ môi trường truyền lạnh là -18°C) làm phá vỡ tế bào, giúp rút ngắn thời gian sấy. Tuy nhiên điều này làm giải phóng PPO có trong nguyên liệu dẫn đến chỉ số hóa nâu (BI) tăng, độ sáng L\* giảm (Al-Jeddawi et al., 2023).

Bên cạnh đó, việc đánh giá ảnh hưởng của quá trình lạnh đông đến chất lượng về mặt sinh học của sản phẩm nhân sấy khô nguyên vỏ cũng được ghi nhận. Kết quả ở Bảng 6 cho thấy, vì quá trình rã đông được thực hiện ở nhiệt độ phòng nên polyphenol thay đổi trạng thái từ tạm thời bất hoạt ở điều kiện lạnh đông sang trạng thái hoạt động mãnh liệt; đồng thời sự tổn thương tế bào do lạnh đông góp phần giải phóng enzyme làm cho quá trình oxy hóa tăng, chỉ số BI và độ sáng L\* giảm (Deng et al., 2023). Hàm lượng polyphenol tổng số (TPC) có xu hướng tăng khi giảm nhiệt độ lạnh đông. Giá trị TPC giữa mẫu lạnh đông -10°C và -12°C lần lượt là 8,20±0,98 mg GAE/g CKNL và 8,13±0,42 mg GAE/g CKNL là khác biệt có ý nghĩa thống kê so

với mẫu đối chứng và mẫu -8°C. Đồng thời, hiệu quả kháng oxy hóa (TEAC) cũng có xu hướng tăng lên khi tiến xử lý lạnh đông và đạt giá trị cao nhất tại nhiệt độ -10°C (27,56±0,32 μmol TE/g CKNL). Như đã đề cập, quá trình lạnh đông làm ảnh hưởng đến cấu trúc vi mô do việc hình thành tinh thể đá, thành phần polyphenol cũng được giải phóng giúp quá trình trích ly dễ dàng hơn, hàm lượng thu nhận cao hơn (Xu et al., 2021).



Hình 4. Nhân tổn thương (nứt vỏ) sau lạnh đông

**Bảng 6. Ảnh hưởng của nhiệt độ cuối khi lạnh đông đến sự thay đổi độ sáng và hoạt chất sinh học của thịt com nhân sau khi sấy**

Nhiệt độ (°C)	Độ sáng L*	TPC (mg GAE/ g CKNL)	TEAC (μmol TE/ g CKNL)
ĐC	27,68±1,26 <sup>a</sup>	6,08±0,23 <sup>a</sup>	24,39±1,32 <sup>a</sup>
-8	29,25±1,89 <sup>b</sup>	6,00±0,76 <sup>a</sup>	27,56±0,32 <sup>b</sup>
-10	27,05±0,87 <sup>a</sup>	8,20±0,98 <sup>b</sup>	27,27±0,38 <sup>b</sup>
-12	26,88±0,90 <sup>a</sup>	8,13±0,42 <sup>b</sup>	25,35±0,45 <sup>a</sup>

Ghi chú: Các giá trị có chữ cái theo sau giống nhau trong cùng một cột thể hiện sự sai biệt không có ý nghĩa về mặt thống kê với mức độ tin cậy 95%.

Tóm lại, khi thực hiện quy trình tiền xử lý nhân bằng phương pháp lạnh đông chậm đến nhiệt độ tâm nhân đạt -10°C cho sản phẩm nhân, Idor sấy khô nguyên vỏ có giá trị màu sắc và chất lượng ổn định hơn mẫu được xử lý ở các nhiệt độ còn lại.

**3.4. Ảnh hưởng thời gian ủ nhân tươi trong không khí nóng và đánh giá chất lượng sản phẩm nhân sấy khô nguyên vỏ**

Quá trình xử lý ủ thay đổi nhiệt độ và độ ẩm trước khi sấy có ý nghĩa trong việc cải thiện chất lượng sản phẩm nhân sấy khô nguyên vỏ. Những thay đổi chất lượng theo chiều hướng tích cực có liên quan đến chất lượng cảm quan về mùi, màu và đặc biệt là thành phần hoạt tính sinh học (Somjai et al., 2021b). Phản ứng Maillard hay glycosyl hóa không enzyme là một trong những phản ứng quan trọng trong chế biến và bảo quản nhân Idor sấy khô.

Các phản ứng này có ảnh hưởng trực tiếp đến màu sắc cũng như chất lượng của thịt quả nhân sấy khô.

Kết quả được trình bày ở Bảng 7 cho thấy quá trình ủ có tác động đến sự thay đổi các đặc tính màu sắc sản phẩm nhân sấy khô nguyên vỏ và độ sáng L\* của vỏ quả có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các mẫu (p < 0,05). Thời gian ủ mẫu tác động mạnh đến sự thay đổi các đặc tính màu sắc cả phần vỏ và thịt quả nhân sau khi sấy. Khi tăng thời gian ủ nhân tươi trong không khí nóng (60°C-RH72%), giá trị L\* của vỏ có xu hướng giảm so với mẫu đối chứng, tuy nhiên không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê, trừ mẫu ủ trong thời gian 8 giờ (giá trị L\* là 50,05±0,79). Đồng thời, các chỉ số khác có liên quan đến màu sắc của sản phẩm cũng có xu hướng giảm khi so sánh mẫu đối chứng và mẫu có thực hiện tiền xử lý (Somjai et al., 2021b).

Về sự thay đổi màu sắc tổng thể của thịt com nhân sau khi sấy, kết quả được trình bày ở Bảng 8 cho thấy thời gian ủ 8 giờ làm giảm giá trị độ sáng L\* của thịt quả so với ủ 4 giờ và 6 giờ. Sự biến đổi về màu sắc của phần thịt nhân sau khi sấy có thể lý giải dựa trên quá trình tác động của nhiệt độ và thời

gian ủ nóng dẫn đến biến đổi hóa nâu không do enzyme, phản ứng Maillard hoặc glycosyl hóa không do enzyme hình thành sắc tố nâu thông qua tương tác giữa thành phần polysaccharide và các phân tử protein (Benzie & Strain, 1996; Somjai et al., 2021b).

**Bảng 7. Ảnh hưởng của thời gian ủ đến sự thay đổi màu sắc vỏ quả nhân sau khi sấy**

Thời gian ủ (giờ)	Độ sáng L*	BI	ΔE	Hue angle (h°)	Chroma (C*)
ĐC	51,46±0,94 <sup>bc</sup>	58,28±1,32 <sup>d</sup>	-	47,75±2,26 <sup>bc</sup>	22,61±0,45 <sup>c</sup>
2	52,15±1,04 <sup>c</sup>	37,00±3,44 <sup>a</sup>	8,59±1,52 <sup>c</sup>	27,64±5,18 <sup>a</sup>	17,95±0,82 <sup>a</sup>
4	51,10±1,39 <sup>b</sup>	49,56±1,44 <sup>c</sup>	3,44±0,51 <sup>a</sup>	47,49±1,71 <sup>b</sup>	19,52±0,67 <sup>b</sup>
6	50,93±0,77 <sup>ab</sup>	50,85±2,37 <sup>c</sup>	3,25±0,61 <sup>a</sup>	50,26±0,95 <sup>c</sup>	19,64±0,68 <sup>b</sup>
8	50,05±0,79 <sup>a</sup>	46,10±3,18 <sup>b</sup>	4,91±0,94 <sup>b</sup>	46,67±1,51 <sup>b</sup>	18,00±1,02 <sup>a</sup>

Ghi chú: Các giá trị có chữ cái theo sau giống nhau trong cùng một cột thể hiện sự sai biệt không có ý nghĩa về mặt thống kê với mức độ tin cậy 95%.

Bên cạnh đó, kết quả ở Bảng 8 cho thấy giá trị tổng hàm lượng polyphenol (TPC) có xu hướng tăng lên khi tăng thời gian ủ nhân trong không khí nóng và đạt giá trị cao nhất khi ủ nhân trong 6 giờ (hàm lượng polyphenol là 8,19±0,66 mg GAE/g CKNL), nhưng khi tăng thời gian ủ 8 giờ thì hàm lượng polyphenol lại có xu hướng giảm xuống (6,02±0,16

mg GAE/g CKNL). Quá trình ủ trong điều kiện thay đổi độ ẩm không khí và nhiệt độ cũng được nghiên cứu ứng dụng trong chế biến tỏi đen giàu thành phần hoạt tính sinh học. Quá trình ủ kéo dài làm cho TPC có xu hướng tăng lên. Sự gia tăng TPC kéo theo TEAC cũng tăng (Pakakaew et al., 2022).

**Bảng 8. Ảnh hưởng của thời gian ủ đến sự thay đổi màu sắc và hoạt chất sinh học của thịt quả nhân sau sấy**

Thời gian ủ (giờ)	Độ sáng L*	BI	TPC (mg GAE/g CKNL)	TEAC (μmol TE/g CKNL)
ĐC	39,30±2,02 <sup>d</sup>	31,45±6,56 <sup>a</sup>	5,85±0,18 <sup>a</sup>	24,73±1,24 <sup>a</sup>
2	31,01±0,85 <sup>a</sup>	48,54±5,45 <sup>b</sup>	5,90±0,20 <sup>a</sup>	34,49±0,86 <sup>b</sup>
4	32,69±0,77 <sup>b</sup>	60,90±5,58 <sup>b</sup>	6,36±0,32 <sup>b</sup>	34,93±0,96 <sup>b</sup>
6	34,15±1,82 <sup>c</sup>	62,87±5,83 <sup>c</sup>	8,19±0,66 <sup>c</sup>	38,92±1,19 <sup>d</sup>
8	31,53±1,43 <sup>ab</sup>	77,50±4,67 <sup>d</sup>	6,02±0,16 <sup>a</sup>	37,49±1,59 <sup>c</sup>

Ghi chú: Các giá trị có chữ cái theo sau giống nhau trong cùng một cột thể hiện sự sai biệt không có ý nghĩa về mặt thống kê với mức độ tin cậy 95%.

Kết quả được trình bày ở Bảng 8 còn cho thấy khả năng chống oxy hóa (TEAC) của nhân cũng bị ảnh hưởng bởi thời gian ủ nhân. Hoạt chất kháng oxy hóa tăng lên khi tăng dần thời gian ủ nhân từ 2 giờ lên 8 giờ (giá trị TEAC tăng từ 34,49±0,86 μmol TE/g CKNL lên 37,49±1,59 μmol TE/g CKNL), trong đó thời gian ủ 6 giờ cho giá trị TEAC của sản phẩm đạt cao nhất và khác biệt có ý nghĩa thống kê. Sự tăng lên của hoạt chất chống oxy hóa có thể giải thích do sự tác dụng của các loại đường có trong nhân có vai trò hiệu quả trong phản ứng Maillard nhằm tăng khả năng chống oxy hóa (Sun et al., 2006). Như đã đề cập trước đó, nguyên liệu nhân chứa thành phần polysaccharide quan trọng khi kết hợp với protein bằng liên kết cộng hóa trị để tạo thành SPC có khả năng chống oxy hóa mạnh mẽ, ngoài ra các phức hợp

này có xu hướng tăng khi thời gian ủ kéo dài (De Oliveira et al., 2016; Yi et al., 2019).

Phương pháp ủ không khí nóng trong sản xuất sản phẩm nhân sấy khô nguyên vỏ là khá mới mẻ, tuy nhiên từ những kết quả trên có thể thấy đây là một phương pháp tiềm năng khi ứng dụng cho sản phẩm này. Các kết quả về chất lượng sản phẩm, cụ thể hơn là chất lượng về mùi, màu sắc và đặc biệt là thành phần hoạt tính sinh học được cải thiện hơn so với những phương pháp tiền xử lý khác dùng trong nghiên cứu và đặc biệt là khi so sánh với mẫu đối chứng không qua xử lý. Tóm lại, mẫu được thực hiện tiền xử lý ủ trong không khí nóng 60°C, RH72% trong 6 giờ cho các giá trị hoạt tính sinh học cao mà vẫn giữ được chất lượng sản phẩm nhân sấy khô nguyên vỏ.

#### 4. KẾT LUẬN

Các phương pháp tiền xử lý khác nhau có hiệu quả trong việc cải thiện chất lượng về mặt cảm quan, màu sắc, thành phần hoạt chất sinh học (TPC) và khả năng chống oxy hóa (TEAC) của nhân sấy khô nguyên vỏ. Việc tiền xử lý giúp rút ngắn đáng kể thời gian sấy khô quả nhân, làm ổn định chất lượng sản phẩm, đồng thời hạn chế những biến đổi không mong muốn xảy ra trong quá trình sấy. Ba phương pháp tiền xử lý gồm cơ học, chần nước nóng và lạnh đông cho thấy hiệu quả rõ rệt trong cải thiện chất lượng và rút ngắn thời gian sấy. Tuy nhiên, phương pháp lạnh đông không phù hợp do làm nứt vỏ quả, cần được nghiên cứu thêm để giảm thiểu tác động này. Việc tiền xử lý được thực hiện bằng phương

pháp ủ trong điều kiện cố định nhiệt độ và độ ẩm tương đối của không khí chỉ thay đổi thời gian cho thấy, phương pháp này tác động tích cực đến những biến đổi về thành phần hoạt tính sinh học và khả năng chống oxy hóa của sản phẩm; đồng thời, cải thiện chất lượng cảm quan về mùi và màu sắc cho sản phẩm.

#### LỜI CẢM TẠ

Nhóm tác giả xin gửi lời cảm ơn đến Ủy ban Nhân dân tỉnh Bến Tre và Đại học Cần Thơ đã tài trợ kinh phí và tạo điều kiện thuận lợi để thực hiện nghiên cứu trong phạm vi đề tài Khoa học và Công nghệ cấp tỉnh “Ứng dụng công nghệ tiên tiến trong bảo quản và chế biến sản phẩm từ quả nhân”.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Acharyaviriyi, A., Tiansuwan, J., & Soponronnarit, S. (2002). Energy optimisation of whole longan drying: simulation results. *International journal of ambient energy*, 23(4), 212-220. <https://doi.org/10.1080/01430750.2002.9674892>
- Adekunte, A. O., Tiwari, B. K., Cullen, P. J., Scannell, A. G. M., & O'donnell, C. P. (2010). Effect of sonication on colour, ascorbic acid and yeast inactivation in tomato juice. *Food Chemistry*, 122(3), 500-507. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.01.026>
- Adiletta, G., Russo, P., Senadeera, W., & Di Matteo, M. (2016). Drying characteristics and quality of grape under physical pretreatment. *Journal of Food Engineering*, 172, 9-18. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.06.031>
- Akintunde, T. T., Akintunde, B. O., & Fagbeja, A. (2011). Effect of blanching methods on drying kinetics of bell pepper. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 11(7), 5457-5474. <https://doi.org/10.18697/ajfand.48.9960>
- Al-Jeddawi, W., Northcutt, J. K., & Dawson, P. (2023). Effect of pre-treatment and freezing on the polyphenol oxidase activity and color stability of sliced peaches. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 103(7), 3376-3389. <https://doi.org/10.1002/jsfa.12495>
- Ando, Y., Hagiwara, S., Nabetani, H., Sotome, I., Okunishi, T., Okadome, H., Orikasa, T., & Tagawa, A. (2019). Effects of prefreezing on the drying characteristics, structural formation and mechanical properties of microwave-vacuum dried apple. *Journal of Food Engineering*, 244, 170-177. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.09.026>
- Bai, X., Pan, R., Li, M., Li, X., & Zhang, H. (2019). HPLC profile of longan (cv. Shixia) pericarp-sourced phenolics and their antioxidant and cytotoxic effects. *Molecules*, 24(3), 619. <https://doi.org/10.3390/molecules24030619>
- Barathiraja, R., Thirumal, P., Saraswathy, G., & Rahamathullah, I. (2022). Effects of pretreatments on drying of Turkey berry (*Solanum torvum*) in fluidized bed dryer. *Chemical Industry & Chemical Engineering Quarterly*, 28(3), 169-178. <https://doi.org/10.2298/ciceq201120028b>
- Benzie, I. F. F., & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70-76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Chong, C. H., Law, C. L., Cloke, M., Abdullah, L. C., & Daud, W. R. W. (2008). Drying kinetics, texture, color, and determination of effective diffusivities during sun drying of Chempedak. *Drying Technology*, 26(10), 1286-1293. <https://doi.org/10.1080/07373930802307308>
- De Oliveira, F. C., Coimbra, J. S. d. R., De Oliveira, E. B., Zuñiga, A. D. G., & Rojas, E. E. G. (2016). Food protein-polysaccharide conjugates obtained via the Maillard reaction: A review. *Critical reviews in Food Science and Nutrition*, 56(7), 1108-1125. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.755669>
- Deng, Y., Lai, C., Zhang, Y., Zhou, P., Liu, G., Tang, X., Li, P., Zhao, Z., Zhang, M., & Wei, Z. (2023). Effects of pretreatment methods on the physicochemical properties of dried longan (*Dimocarpus longan* Lour.) pulps. *Journal of food science*, 88(8), 3474-3493. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16675>
- Derardja, A., Pretzler, M., Kampatsikas, I., Radovic, M., Fabisikova, A., Zehl, M., Barkat, M., & Rompel, A. (2022). Polyphenol oxidase and

- enzymatic browning in apricot (*Prunus armeniaca* L.): Effect on phenolic composition and deduction of main substrates. *Current Research in Food Science*, 5, 196-206. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.12.015>
- Dewanto, V., Wu, X., Adom, K. K., & Liu, R. H. (2002). Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *Journal of agricultural and food chemistry*, 50(10), 3010-3014. <https://doi.org/10.1021/jf0115589>
- Doymaz, I. (2007). Air-drying characteristics of tomatoes. *Journal of Food Engineering*, 78(4), 1291-1297. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.12.047>
- Fatemeh, S. R., Saifullah, R., Abbas, F. M. A., & Azhar, M. E. (2012). Total phenolics, flavonoids and antioxidant activity of banana pulp and peel flours: influence of variety and stage of ripeness. *International Food Research Journal*, 19(3), 1041-1046.
- Feng, Y., Tan, C. P., Zhou, C., Yagoub, A. E. A., Xu, B., Sun, Y., Ma, H., Xu, X., & Yu, X. (2020). Effect of freeze-thaw cycles pretreatment on the vacuum freeze-drying process and physicochemical properties of the dried garlic slices. *Food Chemistry*, 324, 126883. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126883>
- Tổng cục Thống kê. (2024). *Niên giám thống kê 2023*. Nhà xuất bản Thống kê.
- Greenspan, L. (1977). Humidity fixed points of binary saturated aqueous solutions. *Journal of Research of the National Bureau of Standards. Section A, Physics and chemistry*, 81(1), 89. <https://doi.org/10.6028/jres.081A.011>
- Iranshahi, K., Psarianos, M., Rubineti, D., Onwude, D. I., Schlüter, O. K., & Defraeye, T. (2023). Impact of pre-treatment methods on the drying kinetics, product quality, and energy consumption of electrohydrodynamic drying of biological materials. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 85, 103338. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2023.103338>
- Izli, N., Izli, G., & Taskin, O. (2017). Drying kinetics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity properties of kiwi dried by different methods. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11, 64-74. <https://doi.org/10.1007/s11694-016-9372-6>
- Kasim, R., & Kasim, M. U. (2015). Biochemical changes and color properties of fresh-cut green bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. gina) treated with calcium chloride during storage. *Food Science and Technology*, 35, 266-272. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6523>
- Kim, A.-N., Lee, K. Y., Rahman, M. S., Kim, H.-J., Chun, J., Heo, H. J., Kerr, W. L., & Choi, S.-G. (2020). Effect of water blanching on phenolic compounds, antioxidant activities, enzyme inactivation, microbial reduction, and surface structure of samnamul (*Aruncus dioicus* var *kamtschaticus*). *International Journal of Food Science and Technology*, 55(4), 1754-1762. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14424>
- Kragelsky, I. V., Dobychin, M. N., & Komalov, V. S. (2013). *Friction and wear: calculation methods*. Elsevier.
- Mazza, G. (1983). Dehydration of carrots. Effects of pre-drying treatments on moisture transport and product quality. *International Journal of Food Science & Technology*, 18(1), 113-123. <https://doi.org/10.1111/j.1365-621.1983.tb00249.x>
- McGarry, A., Hole, C. C., Drew, R. L. K., & Parsons, N. (1996). Internal damage in potato tubers: a critical review. *Postharvest Biology and Technology*, 8(4), 239-258. [https://doi.org/10.1016/0925-5214\(96\)00006-3](https://doi.org/10.1016/0925-5214(96)00006-3)
- Menezes, P. L., Kishore, Kailas, S. V., & Lovell, M. R. (2011). Role of surface texture, roughness, and hardness on friction during unidirectional sliding. *Tribology letters*, 41, 1-15. <https://doi.org/10.1007/s11249-010-9676-3>
- Báo Nông nghiệp và Môi trường. (2024). *Thương hiệu nhãn Đòong Tâm của lão nông U70*. <https://nongnghiepmoitruong.vn/tri-thuc-nong-dan/thuong-hieu-nhan-ido-dong-tam-cua-lao-nong-u70-d408739.html>
- Nathakaranakule, A., Jaiboon, P., & Soponronnarit, S. (2010). Far-infrared radiation assisted drying of longan fruit. *Journal of Food Engineering*, 100(4), 662-668. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.05.016>
- Nooshkam, M., Varidi, M., & Verma, D. K. (2020). Functional and biological properties of Maillard conjugates and their potential application in medical and food: A review. *Food Research International*, 131. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109003>
- Noshad, M., & Ghasemi, P. (2020). Influence of freezing pretreatments on kinetics of convective air-drying and quality of grapes. *Food Bioscience*, 38, 100763. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100763>
- Özkan, M., Kirca, A., & Cemeroğlu, B. (2003). Effect of moisture content on CIE color values in dried apricots. *European Food Research and Technology*, 216, 217-219. <https://doi.org/10.1007/s00217-002-0627-6>
- Pakakaew, P., Phimolsiripol, Y., Taesuwan, S., Kumphune, S., Klangpetch, W., & Utama-Ang, N. (2022). The shortest innovative process for enhancing the S-allylcysteine content and antioxidant activity of black and golden garlic.

- Scientific reports*, 12(1), 11493.  
<https://doi.org/10.1038/s41598-022-15635-3>
- Pawar, D. A., Giri, S. K., & Sharma, A. K. (2023). Novel alternative pretreatment approaches for production of quality raisins from grapes: Opportunities and future prospects. *Journal of Food Process Engineering*, 46(4), e14305.  
<https://doi.org/10.1111/jfpe.14305>
- Phaphuangwittayakul, W., Alikhani, Z., & Limpiti, S. (2004). A batch dryer for un-peeled longan drying. *AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 35, 41-44.
- Prabhakar, H., Sharma, S., & Kong, F. (2022). Effects of postharvest handling and storage on pecan quality. *Food Reviews International*, 38(7), 1485-1512.  
<https://doi.org/10.1080/87559129.2020.1817066>
- Rong, Y., Yang, R., Yang, Y., Wen, Y., Liu, S., Li, C., Hu, Z., Cheng, X., & Li, W. (2019). Structural characterization of an active polysaccharide of longan and evaluation of immunological activity. *Carbohydr Polym*, 213, 247-256.  
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.03.007>
- Russo, P., Adiletta, G., Di Matteo, M., Senadeera, W., & Cinquanta, L. (2020). The effect of abrasive pretreatment on the drying kinetics and phenolic compounds in goji berries (*Lycium barbarum* L.). *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(12), e14933.  
<https://doi.org/10.1111/jfpp.14933>
- Shahrajabian, M. H., Sun, W., & Cheng, Q. (2019). Modern pharmacological actions of longan fruits and their usages in traditional herbal remedies. *Journal of Medicinal Plants Studies*, 7(4), 179-185.
- Shehadul Islam, M., Aryasomayajula, A., & Selvaganapathy, P. R. (2017). A review on macroscale and microscale cell lysis methods. *Micromachines*, 8(3), 83.  
<https://doi.org/10.3390/mi8030083>
- Somjai, C., Siriwoharn, T., Kulprachakarn, K., Chaipoot, S., Phongphisutthinant, R., Chaiyana, W., Srinuanpan, S., & Wiriyacharee, P. (2021a). Effect of drying process and long-term storage on characterization of Longan pulps and their biological aspects: Antioxidant and cholinesterase inhibition activities. *LWT*, 154, 112692.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112692>  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112692>
- Somjai, C., Siriwoharn, T., Kulprachakarn, K., Chaipoot, S., Phongphisutthinant, R., & Wiriyacharee, P. (2021b). Utilization of Maillard reaction in moist-dry-heating system to enhance physicochemical and antioxidative properties of dried whole longan fruit. *Heliyon*, 7(5), e07094.  
<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.07094>
- Viện Cây ăn quả Miền Nam. (2020). *Cách thức quản lý chất lượng sau thu hoạch trên nhãn Edor*. SOFRI  
<https://sofri.org.vn/vi/cach-thuc-quan-ly-chat-luong-sau-thu-hoach-tren-nhan-edor.html>
- Sun, Y., Hayakawa, S., Puangmanee, S., & Izumori, K. (2006). Chemical properties and antioxidative activity of glycosylated  $\alpha$ -lactalbumin with a rare sugar, D-allose, by Maillard reaction. *Food Chemistry*, 95(3), 509-517.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.01.033>
- Thararux, C., & Kiatsiriroat, T. (2002). Performance and financial analysis of a rotary drum longan dryer. *International Energy Journal*, 1, 23-34.
- Vámos-Vigyázó, L., & Haard, N. F. (1981). Polyphenol oxidases and peroxidases in fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 15(1), 49-127.  
<https://doi.org/10.1080/10408398109527312>
- Varith, J., Dijkanarukkul, P., Acharyaviriya, A., & Acharyaviriya, S. (2007). Combined microwave-hot air drying of peeled longan. *Journal of Food Engineering*, 81(2), 459-468.  
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.11.023>
- Xiao, H. -W., Pan, Z., Deng, L. -Z., El-Mashad, H. M., Yang, X. -H., Mujumdar, A. S., Gao, Z. -J., & Zhang, Q. (2017). Recent developments and trends in thermal blanching—A comprehensive review. *Information Processing in Agriculture*, 4(2), 101-127.  
<https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.02.001>
- Xu, X., Zhang, L., Feng, Y., Zhou, C., Yagoub, A. E. A., Wahia, H., Ma, H., Zhang, J., & Sun, Y. (2021). Ultrasound freeze-thawing style pretreatment to improve the efficiency of the vacuum freeze-drying of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench) and the quality characteristics of the dried product. *Ultrasonics Sonochemistry*, 70, 105300.  
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105300>
- Yi, Y., Han, M. -M., Huang, F., Wang, L. -M., Min, T., & Wang, H. -X. (2019). Effects of a lysine-involved maillard reaction on the structure and in vitro activities of polysaccharides from longan pulp. *Molecules*, 24(5), 972.  
<https://doi.org/10.3390/molecules24050972>
- Yi, Y., Liao, S. T., Zhang, M. W., Shi, J., Zhang, R. F., Deng, Y. Y., & Wei, Z. C. (2011). Physicochemical characteristics and immunomodulatory activities of three polysaccharide-protein complexes of longan pulp. *Molecules*, 16(7), 6148-6164.  
<https://doi.org/10.3390/molecules16076148>
- Zhang, C., Han, J. -A., & Lim, S. -T. (2018). Characteristics of some physically modified

- starches using mild heating and freeze-thawing. *Food Hydrocolloids*, 77, 894-901.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.11.035>
- Zhang, J., Yang, G., Wen, Y., Liu, S., Li, C., Yang, R., & Li, W. (2017). Intestinal microbiota are involved in the immunomodulatory activities of longan polysaccharide. *Molecular Nutrition & Food Research*, 61(11), 1700466.  
<https://doi.org/10.1002/mnfr.201700466>
- Zhang, T., Zhao, R., Liu, W., Liu, Q., Zhang, L., & Hu, H. (2022). Dynamic changes of potato characteristics during traditional freeze-thaw dehydration processing. *Food Chemistry*, 389, 133069.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133069>
- Zhu, Q., Jiang, Y., Lin, S., Wen, L., Wu, D., Zhao, M., Chen, F., Jia, Y., & Yang, B. J. B. (2013). Structural identification of (1→6)- $\alpha$ -D-glucan, a key responsible for the health benefits of longan, and evaluation of anticancer activity. *Biomacromolecules*, 14(6), 1999-2003.  
<https://doi.org/10.1021/bm400349y>
- Zou, K., Teng, J., Huang, L., Dai, X., & Wei, B. (2013). Effect of osmotic pretreatment on quality of mango chips by explosion puffing drying. *LWT-Food Science and Technology*, 51(1), 253-259.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.11.005>