

## **TỐI ƯU HÓA QUÁ TRÌNH TÁCH NƯỚC THẨM THẤU CÓ ỨNG DỤNG XỬ LÝ CHÂN KHÔNG TRÁI CÀ CHUA BI ĐEN (*Solanum lycopersicum* cv. OG)**

**Hồ Thị Ngân Hà<sup>1,2\*</sup>, Nguyễn Minh Thủy<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Khoa Nông nghiệp và Tài nguyên thiên nhiên, Trường Đại học An Giang, Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh*

<sup>2</sup>*Bộ môn Công nghệ thực phẩm, Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ*

\*Tác giả liên lạc: htnha@agu.edu.vn

### **TÓM TẮT**

*Tách nước thẩm thấu là phương pháp xử lý làm giảm một phần ẩm của rau quả trước khi sấy. Việc sử dụng áp suất thấp trong những phút đầu tiên của quá trình thẩm thấu giúp đẩy các khí bị nhốt bên trong ra ngoài và tạo điều kiện cho sự xâm nhập của dung dịch ưu trương vào trong thực phẩm, do đó cải thiện hiệu quả truyền khối. Trong nghiên cứu này, ảnh hưởng của các biến độc lập (nồng độ dung dịch saccharose 52-68°Brix, độ chân không 516-684 mmHg và thời gian xử lý chân không 5-15 phút) đến sự mất nước cũng như sự tăng hàm lượng chất khô của trái cà chua bi đen (*Solanum lycopersicum* cv. OG) đã được khảo sát. Thí nghiệm được bố trí tối ưu hóa theo phương pháp bề mặt đáp ứng (Response Surface Methodology - RSM) với mô hình phức hợp trung tâm (Central Composite Design - CCD). Ở điều kiện tối ưu đạt được (nồng độ dung dịch saccharose 59,38°Brix, độ chân không 627,22 mmHg, thời gian xử lý chân không 11,61 phút) thì lượng nước mất đi đạt tối đa là 28,60% so với khối lượng mẫu sau 4 giờ thẩm thấu, tương ứng thì hàm lượng chất khô tăng lên 2,94%. Trong khi đó, giá trị tương ứng cho mẫu đối chứng (không xử lý chân không) là 15,62 % và 1,66% sau 5,5 giờ thẩm thấu. Điều này đã chứng minh được hiệu quả và tiềm năng của việc ứng dụng kỹ thuật xử lý chân không trong quá trình tách nước thẩm thấu.*

*Từ khóa: cà chua bi đen, chân không, tách nước thẩm thấu, sự mất nước, sự tăng hàm lượng chất khô*

## **OPTIMIZING THE PROCESS OF SEPARATION OF WATER WITH VACUUM TREATMENT OF BLACK MARBLE TOMATOES**

**(*Solanum lycopersicum* cv. OG)**

**Ho Thi Ngan Ha<sup>1,2\*</sup>, Nguyen Minh Thuy<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Faculty of Agriculture and Natural Resources, An Giang University, Ho Chi Minh City National University*

<sup>2</sup>*Department of Food Technology, Faculty of Agriculture, Can Tho University*

\* Corresponding: htnha@agu.edu.vn

### **ABSTRACT**

*Osmosis is a treatment method that partially reduces the moisture of vegetables before drying. The application of low pressure during the first few minutes of osmosis pushes the trapped gases out and facilitates the penetration of hypertonic solution into the food, thereby improving efficiency. mass transmission. In this study, the effects of independent variables (concentration of saccharose 52-68°Brix solution, vacuum 516-684 mmHg and vacuum treatment time 5-15 minutes) on water loss as well as increase in function The dry quality of the black ball tomatoes (*Solanum lycopersicum* cv. OG) was investigated. The experiment is arranged optimally according to the response surface method (RSM) with the central complex model (Central Composite Design -*

CCD). Under optimal conditions (concentration 59,38oBrix saccharose solution, vacuum degree 627.22 mmHg, vacuum treatment time 11.61 minutes), the maximum water loss is 28.60% of the sample weight after 4 hours of osmosis, respectively, the dry matter content increased to 2.94%. Meanwhile, the corresponding values for the control sample (without vacuum treatment) were 15.62% and 1.66% after 5.5 hours of osmosis. This proves the effectiveness and potential of the application of vacuum treatment in the osmotic water separation process.

**Keywords:** cherry tomatoes, vacuum, osmosis, dehydration, increase in dry matter content

## GIỚI THIỆU

Cà chua bi đen là loại cà chua mới xuất hiện ở Việt Nam trong những năm gần đây và đang rất được người tiêu dùng quan tâm. Ngoài các hợp chất có hoạt tính sinh học đã được biết như lycopene, vitamin C, phenolic thì loại cà chua này còn chứa một thành phần độc đáo là anthocyanin tập trung chủ yếu ở phần vỏ bên ngoài (Li *et al.*, 2011). Do những lợi ích về sức khỏe nên trái cà chua có thể được sử dụng như rau tươi hoặc chế biến thành nhiều sản phẩm phổ biến. Ở quy mô công nghiệp, trái cà chua bi đỏ cũng đã được chế biến thành một số sản phẩm như cà chua bi đóng hộp, cà chua bi dầm giấm, trong đó cà chua bi sấy dẻo là một đặc sản của Đà Lạt rất được người tiêu dùng ưa thích. Tuy nhiên, đối với trái cà chua bi đen thì chưa được nghiên cứu chế biến, điều này đã gây lãng phí nguồn nguyên liệu có lợi cho sức khỏe và không tạo nhiều cơ hội lựa chọn cho người tiêu dùng.

Tách nước thẩm thấu là một công đoạn quan trọng trong quá trình chế biến sản phẩm sấy dẻo. Nguyên liệu được ngâm trong dung dịch ưu trương với hai dòng khuếch tán diễn ra đồng thời và ngược chiều nhau, nước từ thực phẩm ra ngoài dung dịch và chất khô hòa tan từ dung dịch đi vào thực phẩm và dòng thứ ba biểu hiện ít hơn tương ứng với sự hòa tan chất khô từ thực phẩm vào dung dịch (Corrêa *et al.*, 2016). Mặc dù sản phẩm từ quá trình tách nước thẩm thấu đã được loại một phần ẩm nhưng hoạt độ nước của chúng vẫn còn cao nên cần tiếp tục thực

hiện các quá trình khác để bảo quản như sấy khô (Velickova *et al.*, 2014). Việc giảm ẩm một phần giúp tiết kiệm năng lượng tổng thể do cải thiện tốc độ của quá trình sấy sau đó (Zhao *et al.*, 2013). Hơn nữa, tốc độ sấy cao hơn đồng nghĩa với việc thời gian sấy giảm, tức là cần thời gian tiếp xúc với không khí nóng ngắn hơn để thu được sản phẩm có cùng độ ẩm, đây là một khía cạnh quan trọng đối với các thực phẩm có chứa những chất dinh dưỡng nhạy cảm với nhiệt (Zhao *et al.*, 2013).

Tách nước thẩm thấu là một quá trình khuếch tán. Độ khuếch tán của nước và chất khô là hàm của các biến số trong quá trình như nồng độ và độ nhớt của dung dịch thẩm thấu, nhiệt độ, áp suất và sự tiếp xúc giữa thực phẩm với dung dịch (Yadav and Singh, 2014). Quá trình tách nước thẩm thấu truyền thống thường được thực hiện ở điều kiện áp suất khí quyển và nhiệt độ phòng (Velickova *et al.*, 2014). Việc sử dụng áp suất thấp trong những phút đầu tiên của quá trình thẩm thấu được gọi là tách nước thẩm thấu chân không, giúp loại bỏ các khí nằm trong khoảng gian bào và tạo điều kiện cho sự xâm nhập của dung dịch thẩm thấu vào trong ma trận thực phẩm (Corrêa *et al.*, 2014). Sự trao đổi này gây ra bởi hiện tượng giãn và nén sau đó của các khí bị nhốt trong các mao quản do tác động của cơ chế thủy động lực học được tăng cường bởi sự thay đổi áp suất (Corrêa *et al.*, 2014). Các dung dịch ưu trương thường được sử dụng cho quá trình tách nước thẩm thấu là saccharose

hoặc natri clorua hoặc hỗn hợp saccharose - natri clorua (Corrêa *et al.*, 2016).

Quá trình tách nước thẩm thấu chân không đã được ứng dụng hiệu quả cho nhiều nguyên liệu khác nhau như khóm (Ramallo *et al.*, 2013), cà chua bi (An *et al.*, 2013), bí đỏ (Corrêa *et al.*, 2014), cà chua thái lát (Corrêa *et al.*, 2016). Tuy nhiên, đối với trái cà chua bi đen thì vẫn chưa được nghiên cứu ứng dụng. Do đó, mục tiêu của nghiên cứu này là khảo sát ảnh hưởng của nồng độ dung dịch saccharose, độ chân không và thời gian xử lý chân không đến sự mất ẩm và sự tăng hàm lượng chất khô trong trái cà chua bi đen (*Solanum lycopersicum* cv. OG) trong quá trình thẩm thấu đồng thời xác định được các thông số tối ưu giúp quá trình truyền khối đạt hiệu quả cao nhất.

## VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

### Chuẩn bị mẫu cà chua bi đen

Hạt giống cà chua bi đen (cv. OG) được cung cấp từ cửa hàng hạt giống F1508 (Thành phố Hồ Chí Minh) và trồng tại nhà lưới của Cơ sở sản xuất và kinh doanh Nam Long (Vĩnh Long). Trái cà chua được thu hoạch ở độ chín hoàn toàn (32 ngày sau khi đậu trái) khi đường kính trái đạt  $25,11 \pm 1,83$  mm, hàm lượng chất khô hòa tan tổng và giá trị pH tương ứng là  $6,17 \pm 0,12^\circ\text{Brix}$  và  $4,43 \pm 0,06$ , độ cứng trái 899 g lực. Loại bỏ những trái bị hư hỏng hoặc khuyết tật. Cà chua sau khi thu hoạch được cho vào hộp nhựa PVC (polyvinyl clorua) và sau đó cho vào thùng carton để tránh làm tổn thương quả, cả hộp nhựa PVC và thùng carton đều có đục lỗ để tạo sự thông thoáng, vận chuyển về Phòng thí nghiệm Công nghệ Thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ trong vòng 1 giờ. Cà chua được rửa sạch và ngâm trong nước có sục khí ozone trong 15 phút bằng thiết bị tạo ozone 2 vòi (Z755, Việt Nam, khả năng tạo ozone 80,4 mg/giờ) để tiêu diệt các vi sinh vật trên bề mặt, khối lượng mẫu 1500 g, tỷ lệ giữa nguyên liệu và nước là 1:2. Quá trình

xử lý chân không sau đó được thực hiện trong thiết bị tạo chân không (Rocker 400, Laftech, Úc) nhằm thay thế các chất khí bên trong trái bằng chất lỏng giúp tăng độ dẫn nhiệt cho quá trình chân tiếp theo. Độ chân không và thời gian xử lý được chọn lần lượt là 620 mmHg và 22 phút với tỷ lệ nguyên liệu và nước là 1:1. Trái sau khi xử lý chân không được ngâm trong dung dịch  $\text{CaCl}_2$  2,08% ở nhiệt độ  $62^\circ\text{C}$  trong 23 phút trước khi thực hiện quá trình chân trong nước ở nhiệt độ  $90^\circ\text{C}$  trong 1 phút nhằm cải thiện độ cứng của trái. Quá trình xử lý  $\text{CaCl}_2$  và chân đều được thực hiện bằng cách cho 1 kg mẫu vào trong rổ lưới bằng inox hình chữ nhật (dài 25,5 cm; rộng 10 cm; cao 6,5 cm với các lỗ vuông kích thước 0,5 cm) và ngâm vào bể điều nhiệt (Rex C-90, Memmert, Đức), trong đó tỷ lệ nguyên liệu và dung dịch là 1:2. Sau đó, trái được làm lạnh nhanh bằng nước lạnh ( $10^\circ\text{C}$ ) trong 1 phút để ngăn chặn sự phá hủy bởi nhiệt, làm ráo và xâm lỗ nhỏ trên bề mặt trái - mật độ 20 lỗ/cm<sup>2</sup>.

### Bộ trí thí nghiệm

Thí nghiệm tách nước thẩm thấu chân không được thiết kế bằng phần mềm Portable Statgraphics Centurion (phiên bản 15.2.11.0, Mỹ) với ba nhân tố là nồng độ dung dịch saccharose ( $X_1$ ), độ chân không ( $X_2$ ) và thời gian xử lý chân không ( $X_3$ ). Phương pháp bề mặt đáp ứng (*Response Surface Methodology* - RSM) với mô hình phức hợp trung tâm (*Central Composite Design* - CCD) được áp dụng. Trước khi thực hiện thí nghiệm tối ưu hóa, tiến hành thử nghiệm sơ bộ ở khoảng dao động rộng (nồng độ dung dịch saccharose  $50\text{-}70^\circ\text{Brix}$ , độ chân không 500-700 mmHg và thời gian xử lý chân không 5-15 phút) và kết quả là khoảng nghiên cứu hẹp hơn đã được chọn (nồng độ dung dịch saccharose  $52\text{-}68^\circ\text{Brix}$ , độ chân không 516-684 mmHg và thời gian xử lý chân không 7-13 phút). Các giá trị thực và giá trị mã hóa của mỗi nhân tố được thể hiện trong **Bảng 1**. Mỗi nhân tố được mã hóa

với năm mức độ: -1,68179; -1 (thấp); 0 (trung tâm); +1 (cao); +1,68179. Tổng số mẫu là 20, bao gồm 6 lần lặp lại tại điểm trung tâm. Quá trình thẩm thấu chân không được thực hiện bằng cách ngâm trái cà chua bi đen (1 kg) trong dung dịch saccharose trong thiết bị tạo chân không (Rocker 400, Laftech, Úc) với tỷ lệ giữa nguyên liệu và dung dịch đường là 1:1 ở các thời gian khác nhau, sau đó đưa hỗn hợp thực hiện quá trình thẩm thấu tiếp tục ở điều kiện khí quyển đến khi đạt cân bằng. Toàn bộ quá trình thẩm thấu được thực hiện ở nhiệt độ thường. Mẫu sau đó được lấy ra khỏi dung dịch thẩm thấu và ngâm trong nước cất trong 10 giây để loại bỏ phần dung dịch thẩm thấu còn thừa trên bề mặt. Sau đó, bề mặt trái cà chua được làm khô cẩn thận bằng khăn giấy thấm. Mẫu đối chứng được thực hiện theo các bước tương tự ở giá trị nồng độ dung dịch saccharose tối ưu chọn được nhưng không tiến hành xử lý chân không ở giai đoạn đầu.

**Xác định lượng nước mất đi và lượng chất khô tăng lên**

**Bảng 1.** Lượng nước mất và lượng chất khô tăng của trái cà chua bi đen ở các điều kiện thẩm thấu chân không khác nhau

Mẫu	Nồng độ dung dịch saccharose	Độ chân không	Thời gian xử lý chân không	Lượng nước mất (%)	Lượng chất khô tăng (%)
1	65 (+1)	650 (+1)	12 (+1)	24,51	2,07
2	60 (0)	600 (0)	10 (0)	27,37	2,86
3	60 (0)	600 (0)	10 (0)	28,17	2,76
4	65 (+1)	550 (-1)	8 (-1)	19,61	1,38
5	60 (0)	600 (0)	10 (0)	28,67	2,90
6	60 (0)	600 (0)	13 (+1,68179)	28,47	2,88
7	60 (0)	516 (-1,68179)	10 (0)	24,29	1,83
8	55 (-1)	550 (-1)	8 (-1)	22,15	1,86
9	60 (0)	600 (0)	7 (-1,68179)	25,72	2,36
10	60 (0)	684 (+1,68179)	10 (0)	27,48	2,63
11	55 (-1)	650 (+1)	8 (-1)	24,32	2,41
12	65 (+1)	550 (-1)	12 (+1)	21,61	1,69
13	68 (+1,68179)	600 (0)	10 (0)	17,42	1,29

Mẫu cà chua được cân khối lượng bằng cân phân tích hai số lẻ (JJ200, G&G, Trung Quốc) và xác định hàm lượng ẩm bằng phương pháp sấy đến khối lượng không đổi.

Lượng nước mất (*water loss* - WL) và lượng chất khô tăng (*solid gain* - SL) được tính theo % so với khối lượng nguyên liệu ban đầu (công thức 1 và 2).

$$WL(\%) = \frac{x_0^W M_0^o - s_f^W M_f^o}{M_0^o} \times 100 \quad (1)$$

$$SG(\%) = \frac{x_f^{ST} M_f^o - s_0^{ST} M_0^o}{M_0^o} \times 100 \quad (2)$$

Trong đó,  $M_0^o$  là khối lượng mẫu ban đầu (kg),  $M_f^o$  là khối lượng mẫu sau thẩm thấu (kg),  $x_0^W$  là hàm lượng nước ban đầu (%),  $s_f^W$  là hàm lượng nước sau thẩm thấu (%),  $x_0^{ST}$  là hàm lượng chất khô ban đầu (%),  $s_f^{ST}$  là hàm lượng chất khô sau thẩm thấu (%).

**KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

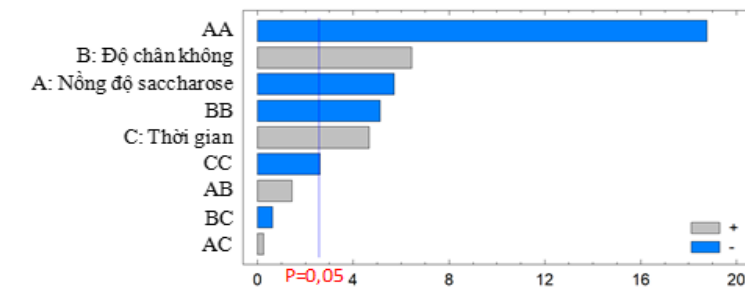
Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch saccharose, độ chân không và thời gian xử lý chân không đến lượng nước mất đi và lượng chất khô tăng lên của trái cà chua bi đen được thể hiện trong **Bảng 1**.

Mẫu	Nồng độ dung dịch saccharose	Độ chân không	Thời gian xử lý chân không	Lượng nước mất (%)	Lượng chất khô tăng (%)
14	55 (-1)	550 (-1)	12 (+1)	23,99	2,23
15	60 (0)	600 (0)	10 (0)	28,47	2,78
16	65 (+1)	650 (+1)	8 (-1)	23,02	1,88
17	52 (-1,68179)	600 (0)	10 (0)	21,22	2,02
18	60 (0)	600 (0)	10 (0)	27,57	2,94
19	60 (0)	600 (0)	10 (0)	27,06	2,72
20	55 (-1)	650 (+1)	12 (+1)	25,51	2,59

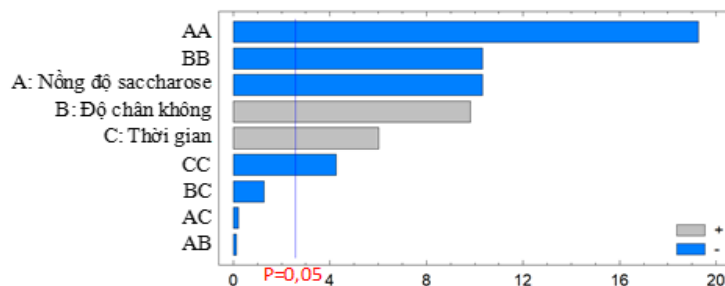
Ghi chú: Đơn vị của nồng độ dung dịch saccharose, độ chân không và thời gian xử lý chân không là °Brix, mmHg và phút, Biểu đồ Pareto ở Hình 1 so sánh ảnh hưởng của mỗi biến độc lập, giá trị bậc hai và tương tác của chúng đến từng chỉ tiêu. Thứ tự xuất hiện của các thanh từ trên xuống tương ứng với mức độ ảnh hưởng từ mạnh nhất đến yếu nhất. Đường thẳng đứng màu xanh trên biểu đồ thể hiện giới hạn ý nghĩa thống kê tương ứng với độ tin cậy 95% ( $P = 0,05$ ). Một ảnh hưởng được xem là có ý nghĩa khi thanh ngang vượt qua đường thẳng đứng này. Từ biểu đồ có thể thấy rằng tất cả các nhân tố khảo sát (nồng độ dung dịch saccharose, độ chân

tương ứng; Số trong ngoặc là giá trị được mã hóa.

không và thời gian xử lý chân không) đều ảnh hưởng có ý nghĩa đến lượng nước mất đi cũng như lượng chất khô tăng lên của trái cà chua bị đen sau quá trình thẩm thấu vì giá trị P đều nhỏ hơn 0,05. Trong đó, đối với lượng nước mất đi thì độ chân không là ảnh hưởng quan trọng nhất đến, tiếp đến là nồng độ dung dịch saccharose, ngược lại, lượng chất khô tăng lên chịu ảnh hưởng của nồng độ dung dịch saccharose đáng kể hơn. Nhân tố thời gian xử lý chân không là ít ảnh hưởng nhất đến cả hai chỉ tiêu thu nhận.



a.



b.

**Hình 1: Biểu đồ Pareto ảnh hưởng của các nhân tố**  
**a. Đến lượng nước mất; b. Đến lượng chất khô tăng**

Các công thức toán học thể hiện mối quan hệ giữa chỉ tiêu được dự đoán và ba biến độc lập được thiết lập (công thức 3 và 4). Hệ số xác định ( $R^2$ ) thể hiện phần trăm độ biến thiên mà mô hình giải thích cho từng chỉ tiêu được sử dụng để đánh giá mức độ phù hợp của mô hình. Các mô hình được xem là phù hợp với dữ liệu thực nghiệm khi  $R^2$  đạt ít nhất 0,8 (Guan and Yao, 2008) và giá trị này càng gần 1 càng tốt. Ở cả hai chỉ tiêu lượng nước mất đi và lượng chất khô tăng lên đều nhận thấy sự tương thích giữa dữ liệu thực nghiệm và dữ liệu dự đoán được từ các mô hình bậc hai thể hiện qua giá trị hệ số tương quan cao ( $R^2 > 0,97$ ). Bên cạnh đó, kiểm định lack-of-fit cũng được thực hiện bằng cách so sánh độ biến thiên của phần dư mô hình với độ biến thiên giữa các lần quan sát để kiểm tra xem mô hình đã chọn có mô tả đầy đủ dữ liệu thực nghiệm hay không. Kết quả thống kê cho thấy giá trị P (lack-of-fit) đều lớn hơn 0,05 chứng tỏ các mô hình phù hợp với dữ liệu quan sát ở độ tin cậy 95% và có thể được áp dụng để dự đoán sự thay đổi của hai chỉ tiêu dựa trên ba biến độc lập với độ chính xác cao.

Lượng nước mất =  $-536,122 + 14,3365X_1 + 0,38223X_2 + 3,31254X_3 - 0,127819X_1^2 + 0,00126X_1X_2 + 0,0045X_1X_3 - 0,000349771X_2^2 - 0,001575X_2X_3 - 0,111658X_3^2$  (3)

( $R^2 = 0,9770$  ;  $R^2$  (điều chỉnh) = 0,9564; P (lack-of-fit) = 0,4338)

Lượng chất khô tăng =  $-100,399 + 2,07146X_1 + 0,122237X_2 + 0,82677X_3 - 0,0175375X_1^2 - 0,000015X_1X_2 - 0,000625X_1X_3 - 0,0000940585X_2^2 - 0,0003875X_2X_3 - 0,0243155X_3^2$  (4)

( $R^2 = 0,9831$  ;  $R^2$  (điều chỉnh) = 0,9679; P (lack-of-fit) = 0,3716)

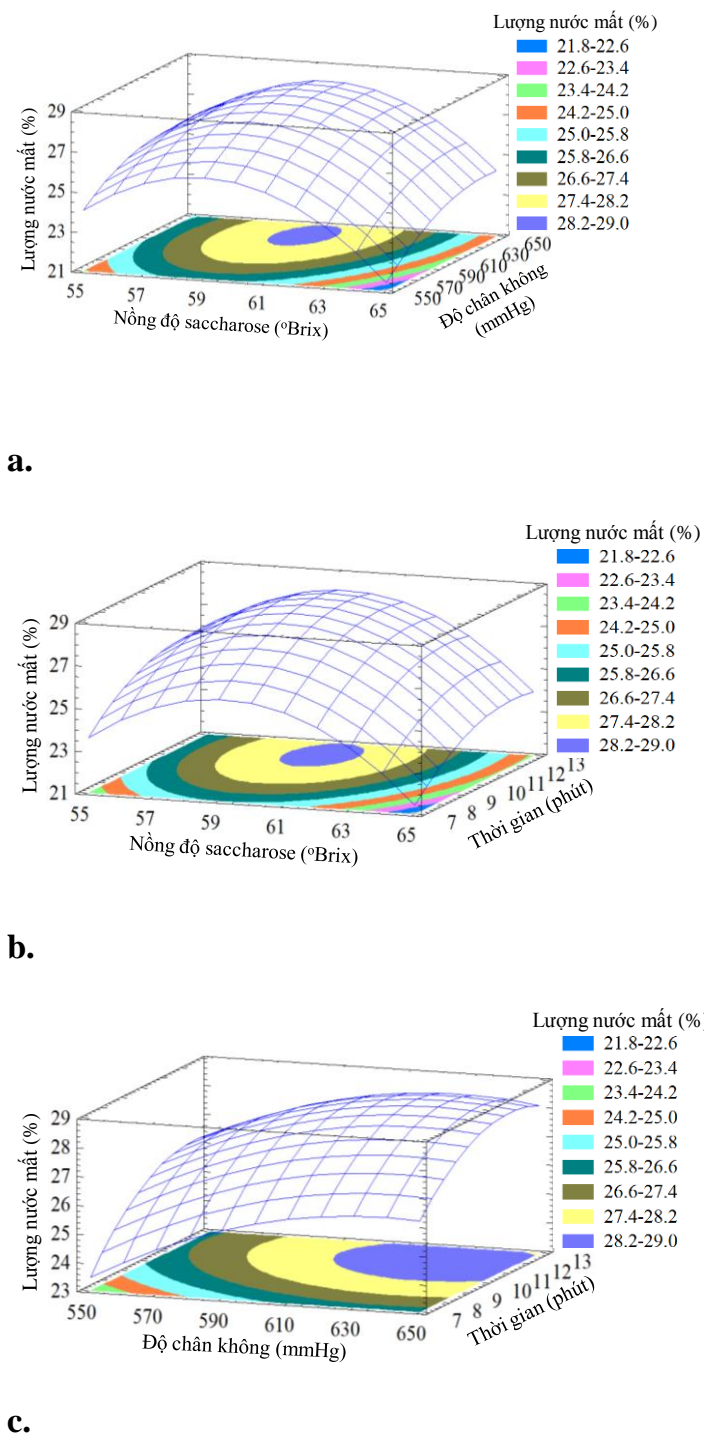
Các biểu đồ bề mặt đáp ứng và đường viền ở những điều kiện thẩm thấu chân không khác nhau từ mô hình dự đoán về lượng nước mất đi và lượng chất khô tăng lên được thể hiện tương ứng trong **Hình 2** và **3**. Các biểu đồ này phản ánh ảnh hưởng

của hai biến độc lập trong khi biến còn lại được đặt ở điểm trung tâm. Biểu đồ đường viền thể hiện các đường cong khép kín đồng tâm với tâm là giá trị ở điều kiện tối ưu.

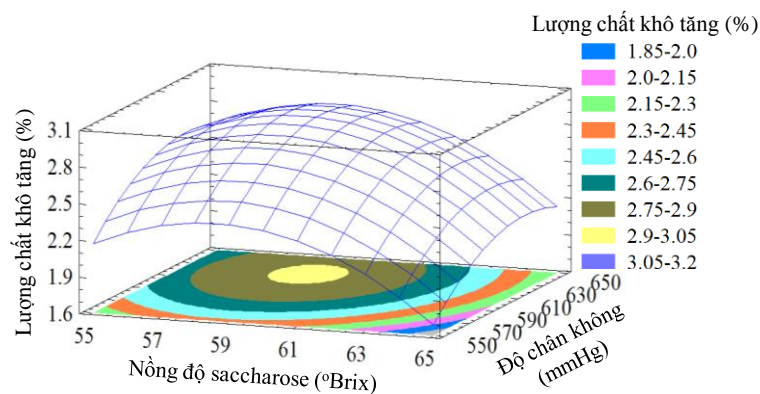
Lượng nước thoát ra và lượng chất khô đi vào có khuynh hướng tăng lên khi tăng nồng độ dung dịch saccharose trong khoảng từ 52 đến 60°Brix. Biến đổi này là do dòng nước từ nguyên liệu di chuyển ra ngoài dung dịch thẩm thấu (tức là quá trình loại nước) và sự liên kết của chất thẩm thấu đi vào với lượng nước còn lại trong mô cà chua (Corrêa *et al.*, 2014). Ở nồng độ đường cao, động lực của quá trình này sẽ lớn hơn. Sự gia tăng này cũng đã được quan sát thấy ở cà chua bi (An *et al.*, 2013) và cả cà chua cắt lát (Corrêa *et al.*, 2016). Tuy nhiên, nếu tiếp tục tăng nồng độ dung dịch saccharose từ 60 lên 68°Brix thì hiệu quả truyền khối giảm, sự xâm nhập của chất lỏng từ bên ngoài vào bị hạn chế do độ nhớt dung dịch cao và hiệu ứng làm cứng trái gây ra bởi sự mất nước nhanh chóng của các tế bào bên ngoài ở nồng độ đường quá cao (Giraldo *et al.*, 2003).

Ngoài dung dịch thẩm thấu, việc ứng dụng xử lý chân không cũng ảnh hưởng tích cực đến quá trình truyền khối, thể hiện qua sự tăng lượng nước thoát ra và lượng chất khô đi vào khi gia tăng độ chân không và thời gian xử lý chân không. Điều này có thể được giải thích bằng cơ chế thủy động lực học ở những phút đầu tiên của quá trình thẩm thấu. Khi thực hiện xử lý chân không, các chất khí trong khoảng gian bào của nguyên liệu được loại ra và khi điều kiện áp suất khí quyển được khôi phục sẽ xuất hiện gradient áp suất giữa bên trong nguyên liệu và bên ngoài dung dịch thẩm thấu, điều này sẽ thúc đẩy sự xâm nhập của chất lỏng từ bên ngoài vào để lấp đầy các phần rỗng này. Cơ chế này giúp tăng diện tích tiếp xúc giữa mô cà chua và dung dịch thẩm thấu

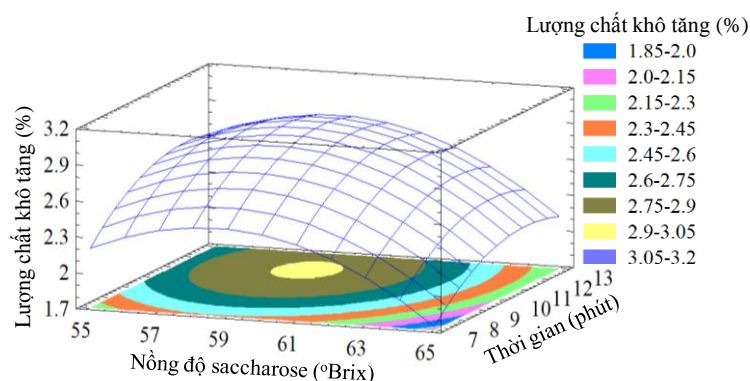
nên cải thiện hiệu quả của quá trình truyền khối (Corrêa *et al.*, 2014).



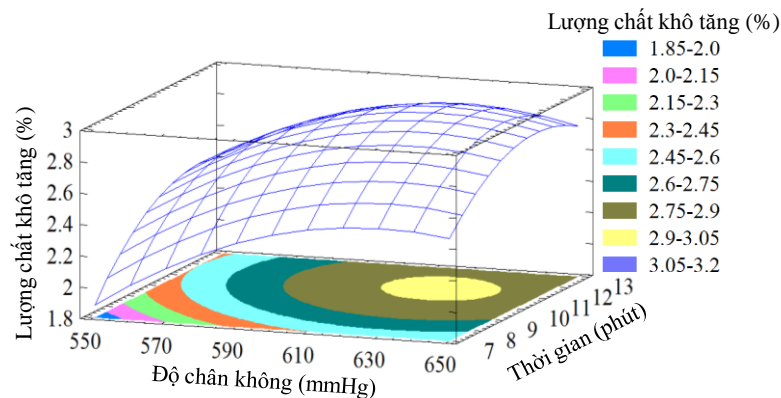
**Hình 2.** Biểu đồ bề mặt đáp ứng và đường viền thể hiện ảnh hưởng của điều kiện thẩm thấu chân không đến lượng nước mất  
**a.** Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch saccharose và độ chân không (ở thời gian 10 phút); **b.** Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch saccharose và thời gian (ở độ chân không 600 mmHg); **c.** Ảnh hưởng của độ chân không và thời gian (ở nồng độ dung dịch saccharose 60°Brix)



a.



b.



c.

**Hình 3.** Biểu đồ bề mặt đáp ứng và đường viền thể hiện ảnh hưởng của điều kiện thẩm thấu chân không đến lượng chất khô tăng

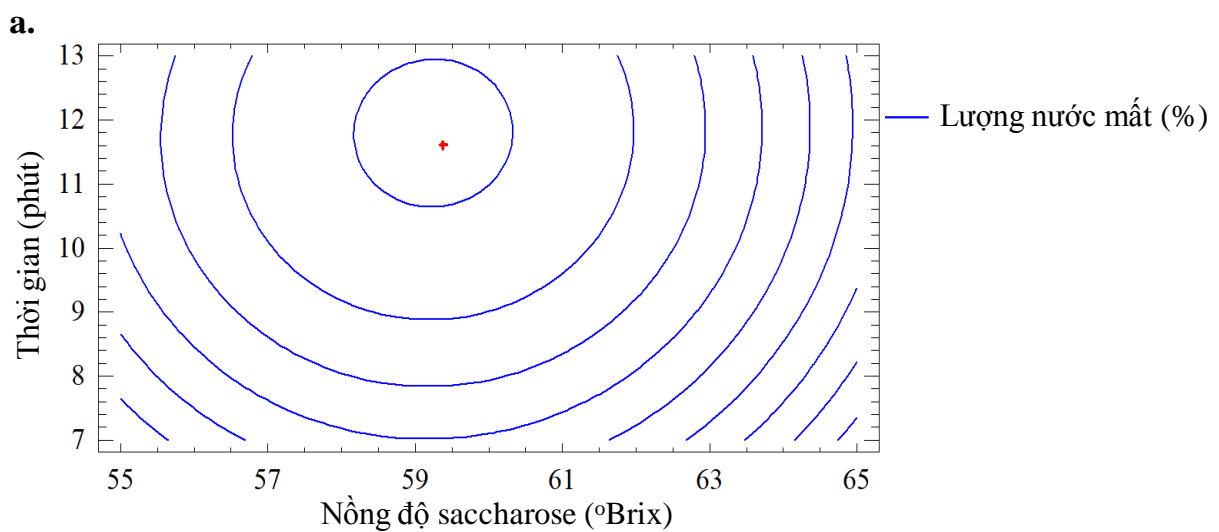
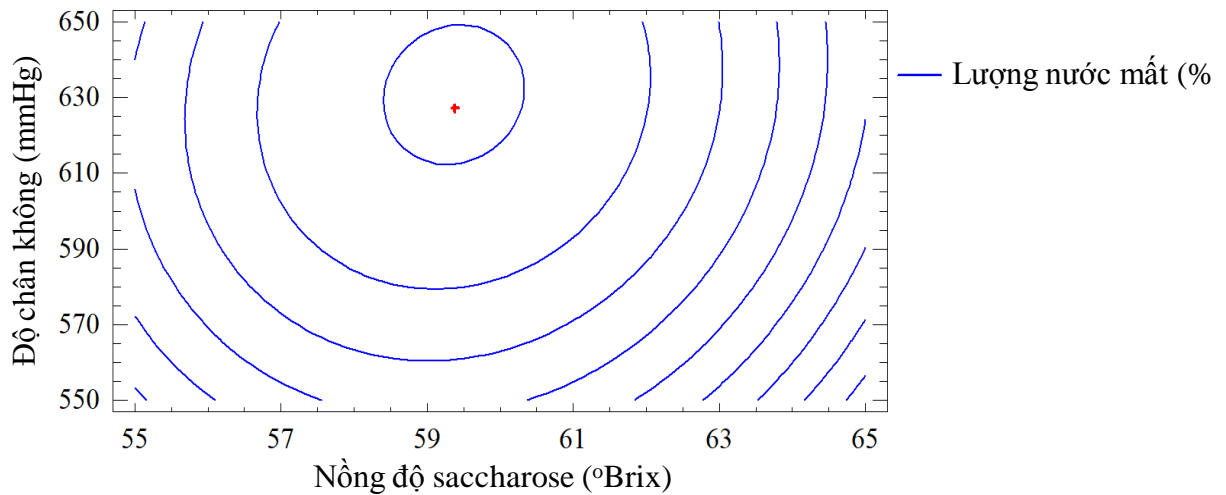
**a.** Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch saccharose và độ chân không (ở thời gian 10 phút); **b.** Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch saccharose và thời gian (ở độ chân không 600 mmHg); **c.** Ảnh hưởng của độ chân không và thời gian (ở nồng độ dung dịch saccharose 60°Brix)

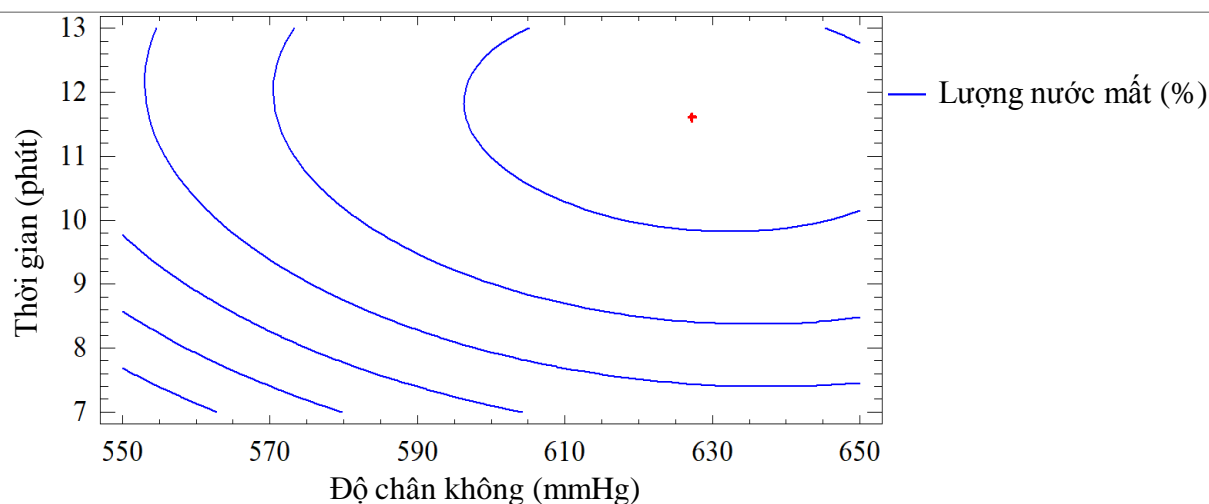
Trong quá trình tách nước thẩm thấu, điều kiện tối ưu là điều kiện giúp quá trình truyền khối diễn ra hiệu quả nhất, tức là

lượng nước thoát ra đạt cao nhất. Bên cạnh đó, sản phẩm cũng mong muốn có được sự xâm nhập ít của chất tan (cụ thể

là đường saccharose). Mỗi chỉ tiêu này đạt giá trị tối ưu ở những điều kiện thẩm thấu chân không khác nhau. Tuy nhiên, khi thực hiện quá trình tối ưu hóa đồng thời cả hai chỉ tiêu bằng cách chồng hai biểu đồ viền với nhau (**Hình 4**) thì kết quả tối ưu thu được cũng chính là điểm tối ưu của giá trị lượng nước mất đi. Ở điều kiện tối ưu (nồng độ dung dịch saccharose 59,38°Brix, độ chân không 627,22 mmHg, thời gian xử lý chân không 11,61 phút ở đầu quá trình) thì lượng nước mất đi được dự đoán đạt tối đa (28,60%) sau 4 giờ thẩm thấu, khi đó lượng chất khô tăng lên

sau khi thẩm thấu là 2,94%. Kết quả trên cũng được kiểm tra bằng cách tiến hành thực hiện quá trình thẩm thấu chân không ở điều kiện tối ưu đạt được thì lượng nước mất đi là 27,96% và lượng chất khô tăng lên là 2,88% tương tự như giá trị được dự đoán từ mô hình. Điều này đã khẳng định sự tương thích của kết quả được dự đoán từ mô hình và kết quả thực nghiệm. Bên cạnh đó, đối với mẫu đối chứng (không xử lý chân không) thì lượng nước thoát ra và lượng chất khô tăng lên đạt được thấp hơn đáng kể (15,62% và 1,66%, tương ứng) sau thời gian đạt cân bằng dài hơn (5,5 giờ).





c.

#### Hình 4: Biểu đồ phủ thể hiện vùng tối ưu

a. Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch saccharose và độ chân không (ở thời gian 10 phút); b. Ảnh hưởng của nồng độ dung dịch saccharose và thời gian (ở độ chân không 600 mmHg); c. Ảnh hưởng của độ chân không và thời gian (ở nồng độ dung dịch saccharose 60°Brix)

#### KẾT LUẬN

Đặc tính truyền khối của trái cà chua bi đen (*Solanum lycopersicum* cv. OG) trong quá trình thẩm thấu chân không trong dung dịch đường saccharose chịu ảnh hưởng đáng kể bởi cả ba nhân tố khảo sát (nồng độ dung dịch saccharose, độ chân không và thời gian xử lý chân

không). Phương pháp bề mặt đáp ứng (RSM) với mô hình phức hợp trung tâm (CCD) được áp dụng trong nghiên cứu này đã chứng minh là một công cụ thống kê hiệu quả trong việc tối ưu hóa lượng nước mất đi cũng như lượng chất khô tăng lên trong quá trình thẩm thấu chân không.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- AN, K., LI, H., ZHAO, D., DING, S., TAO, H., WANG, Z., (2013). Effect of osmotic dehydration with pulsed vacuum on hot-air drying kinetics and quality attributes of cherry tomatoes. *Drying Technology* 31(6) 698-706.
- CORREA, J.L.G., VIANA, A.D., DE MENDONCA, K.S., JUSTUS, A., (2016). Optimization of pulsed vacuum osmotic dehydration of sliced tomato. In *Drying and Energy Technologies* (pp. 207-228). Springer, Cham.
- CORREA, J.L.G, ERNESTO, D.B., ALVES, J.G., ANDRADE, R.S., (2014). Optimisation of vacuum pulse osmotic dehydration of blanched pumpkin. *International Journal of Food Science & Technology* 49(9) 2008-2014.
- GIRALDO, G., TALENS, P., FITO, P., CHIRALT, A., (2003). Influence of sucrose solution concentration on kinetics and yield during osmotic dehydration of mango. *Journal of Food Engineering* 58(1) 33-43.
- GUAN, X., YAO, H., (2008). Optimization of Viscozyme L-assisted extraction of oat bran protein using response surface methodology. *Food Chemistry* 106(1) 345-351.
- LI, H., DENG, Z., LIU, R., YOUNG, J.C., ZHU, H., LOEWEN, S., TSAO, R., (2011). Characterization of phytochemicals and antioxidant activities of a purple tomato

- (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 59(21) 11803-11811.
- RAMALLO, L.A., HUBINGER, M.D., MASCHERONI, R.H., (2013). Effect of pulsed vacuum treatment on mass transfer and mechanical properties during osmotic dehydration of pineapple slices. *International Journal of Food Engineering* 9(4) 403-412.
- VELICKOVA, E., WINKELHAUSEN, E., KUZMANOVA, S., (2014). Physical and sensory properties of ready to eat apple chips produced by osmo-convective drying. *Journal of Food Science and Technology* 51(12) 3691-3701.
- YADAV, A.K., SINGH, S.V., (2014). Osmotic dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of food science and technology* 51(9) 1654-1673.
- ZHAO, D., ZHAO, C., TAO, H., AN, K., DING, S., WANG, Z., (2013). The effect of osmosis pretreatment on hot-air drying and microwave drying characteristics of chili (*Capsicum annuum* L.) flesh. *International Journal of Food Science & Technology* 48(8) 1589-1595.