Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ
Số chuyên đề: Công nghệ thực phẩm
website: sj.ctu.edu.vn

DOI:10.22144/ctu.jsi.2021.018

TỐI ƯU HÓA ĐIỀU KIỆN NGÂM THẨM THẤU TRONG MẬT ONG CỦA CAM SÀNH *(Citrus sinensis)*

Dương Thị Phượng Liên[1], Trần Minh Đăng Khoa[2], Dương Kim Thanh[1] và Phan Thị Thanh Quế[1*]

[1]*Bộ môn Công nghệ thực phẩm, Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ*

[2]*Sinh viên ngành Công nghệ Sau thu hoạch, Khoa Nông nghiệp, Trường Đại học Cần Thơ*

**Người chịu trách nhiệm về bài viết: Phan Thị Thanh Quế (email: pttque@ctu.edu.vn)*

Thông tin chung:
Ngày nhận bài: 23/02/2021
Ngày nhận bài sửa: 12/03/2021
Ngày duyệt đăng: 28/04/2021

Title:
Optimization of the osmosis soaking conditionsin honey of King mandarin (Citrus sinensis)

Từ khóa:
Box-Behnken, cam Sành, động học, mật ong, tối ưu hóa

Keywords:
Box-Behnken, honey, kinetic, King mandarin, optimization

ABSTRACT

In this study, the moisture migration and solute diffusion during osmotic soaking of King mandarin in honey solution were modeled by power-law profile. Osmotic process of the product was performed until equilibrium was obtained under experimental conditions. The water loss (WL) and solid gain (SG) were computed on the basis of mass balance and the kinetic rate constants and other statistical parameters for each process were determined. Box-Behnken design was employed in order to determine the optimal processing parameters, including blanching time (30-90 seconds), honey concentration (60-80% v/v) and ratio of osmotic solution to King mandarin (1-2 times, v/w). Ascorbic acid content as well as sensory quality score at equilibrium were determined and all response data were analyzed by Statgraphics Centurion XV.I software. The optimal soaking conditions for King mandarin in honey were blanching time of 66.39 seconds, the honey concentration of 71.96% and the ratio of immersion to material of 1.57 times. The WL and SG were found to be 39,39 and 18,83 (%), respectively. The product reached equilibrium after 7 days, ascorbic acid content was found to be 9.43 mg/100 g; the sensory quality scores in terms of color and taste-flavor of product were 4.42 and 4.61, respectively.

TÓM TẮT

Trong nghiên cứu này, sự di chuyển ẩm và khuếch tán chất tan của cam Sành ngâm trong dung dịch mật ong được mô hình hóa theo quy luật lũy thừa. Quá trình thẩm thấu được đánh giá mỗi ngày đến khi sản phẩm đạt cân bằng. Sự giảm ẩm (WL) và gia tăng khối lượng chất khô (SG) được tính toán trên cơ sở cân bằng khối lượng và hằng số tốc độ động học cùng với các thông số thống kê khác được xác định. Thiết kế Box-Behnken được bố trí để xác định các thông số quy trình tối ưu, bao gồm thời gian chần cam (30-90 giây), nồng độ mật ong trong dung dịch ngâm (60-80% v/v) và tỷ lệ dung dịch ngâm so với cam (1-2 lần v/w). Hàm lượng ascosbic acid và điểm chất lượng cảm quan ở trạng thái cân bằng được xác định, số liệu được xử lý bằng phần mềm Statgraphics Centurion XV.I. Quy trình tối ưu tương ứng với thời gian chần cam, tỷ lệ mật ong trong dung dịch ngâm và tỷ lệ dịch ngâm thẩm thấu so với cam lần lượt là 66,39 giây, 71,96% và 1,57 lần, WL và SG là 39,39 và 18,83 (%). Sản phẩm đạt cân bằng sau 7 ngày, hàm lượng ascosbic acid của cam là 9,43 mg/100 g và điểm chất lượng cảm quan thể hiện qua màu sắc và mùi vị của sản phẩm tương ứng là 4.42 và 4.61.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cam Sành (*Citrus sinensis*) là giống cây ăn quả thuộc chi Cam chanh, thích hợp với nhiều loại đất trồng. Trái cam Sành rất dễ nhận ra nhờ lớp vỏ dày, sần sùi và thường có màu lục nhạt (khi chín có sắc cam), các múi thịt có màu cam hay vàng sậm, thịt trái nhiều nước, vị chua ngọt, khối lượng trung bình 275 g/ trái (Hoàng Thị Thủy, 2015). Đồng bằng sông Cửu Long (ĐBSCL) có khoảng 30.000 ha cam Sành, tập trung ở các tỉnh Vĩnh Long, Hậu Giang, Trà Vinh, Đồng Tháp và thành phố Cần Thơ. Trong những năm qua, diện tích trồng cam Sành ở ĐBSCL không ngừng được mở rộng. Tuy nhiên, cho đến nay, nhà vườn trồng cam Sành tại ĐBSCL chưa có đầu mối bao tiêu ổn định nên chủ yếu tiêu thụ nội địa và dưới dạng ăn tươi, đồng thời do sản lượng tăng nhiều dẫn đến cung vượt cầu làm giảm giá trị kinh tế của cam Sành (Tấn Phong, 2019). Do đó, cần có phương pháp chế biến, bảo quản thích hợp tạo ra sản phẩm dinh dưỡng tốt cho người tiêu dùng, đồng thời làm tăng giá trị cho nguồn nguyên liệu này.

Với xu thế hiện nay, người tiêu dùng ngày càng quan tâm hơn đối với việc tiêu thụ thực phẩm chức năng lành mạnh. Điều này đã định hướng cho ngành thực phẩm, hướng tới mục tiêu tập trung vào việc bảo quản các hợp chất tự nhiên hiện có trong rau quả như các hợp chất hoạt tính sinh học điển hình là prebiotic, vitamin, chất xơ, muối khoáng,... (Alzamora et al., 2001; Sloan, 2002; Zhao et al., 2005). Người tiêu dùng đồng thời mong muốn thực phẩm có giá trị dinh dưỡng và cảm quan tốt hơn, không mất "hương vị tươi ngon tự nhiên", liên quan đến các phương pháp bảo quản không dùng nhiệt (Roşca & Roşca, 2013).

Bảo quản trái cây bằng cách ngâm tách nước thẩm thấu trong dung dịch đường cô đặc là một trong những giải pháp lựa chọn đáp ứng nhu cầu trên (Roşca & Roşca, 2013). Đây là một kỹ thuật bảo quản được sử dụng để sản xuất các sản phẩm chất lượng cao (Azoubel & Murr, 2003; Sagar & Kumar, 2010). Thông thường trong quá trình này, muối được sử dụng làm dung dịch thẩm thấu cho rau và đường sử dụng cho trái cây (Alakali et al., 2006). Ngày nay, mật ong được ưa chuộng để thay thế hoàn toàn hoặc một phần đường trong chế biến trái cây. Mật ong là một loại thực phẩm tiềm năng tự nhiên bao gồm đường fructose và glucose (60-85%), maltose và sucrose (7-10%). Mật ong cũng có các enzyme (invertase, diastase, catalase và glucose oxidase), amino acid, vitamin, phenolic acid, flavonoid, khoáng chất (K, Ca, Na, P, Mg và Fe) cùng với các chất có hoạt tính sinh học khác (Bertoncelj et al., 2011; Chefrour et al., 2009; Dżugan et al., 2018; Kamboj et al., 2013).

Hiện tượng truyền khối diễn ra giữa nguyên liệu và môi trường thẩm thấu bị ảnh hưởng bởi nhiều yếu tố, bao gồm bản chất của nguyên liệu (loài, giống, mức độ trưởng thành, hình dạng và kích thước, phương pháp tiền xử lý) và các thông số của quá trình (thành phần/nồng độ của dung dịch thẩm thấu, tỷ lệ dung dịch thẩm thấu/nguyên liệu, nhiệt độ và thời gian ngâm) (Panades et al., 2008; Shukla et al., 2018). Nhằm giải quyết vấn đề bảo quản cam Sành ứng dụng phương pháp ngâm tách nước thẩm thấu, đồng thời dựa trên cơ sở các yếu tố ảnh hưởng đã nêu, sản phẩm cam Sành ngâm mật ong được nghiên cứu, với mục tiêu khảo sát và tối ưu hóa WL, SG của quá trình thẩm thấu cùng với hàm lượng ascosbic acid và chất lượng cảm quan của sản phẩm.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Chuẩn bị nguyên liệu

Cam Sành (vừa chín) được mua từ các hộ nhà vườn trồng cam Sành ở Vĩnh Long. Mật ong hoa cà phê mua từ công ty sản xuất mật ong Dakbee.

Cam Sành sau khi thu hái về được rửa sạch, cắt cuống, gọt vỏ. Ruột cam được chần trong nước sôi với thời gian như được bố trí ở Bảng 1, sau đó được làm ráo, tách múi, cắt lõi để tách hạt.

Mật ong được chuẩn bị thành dung dịch thẩm thấu trong nước lọc theo các nồng độ như được bố trí thí nghiệm (Bảng 1). Dung dịch thẩm thấu được cho vào các hủ thủy tinh (200 mL) khoảng 90 mL. Cam được cho vào dịch ngâm thẩm thấu theo tỷ lệ được bố trí và được giữ ở nhiệt độ 12–15^{o}C.

2.2. Phương pháp thí nghiệm

2.2.1. Thiết kế thí nghiệm

Phương pháp bề mặt đáp ứng (RSM) được lựa chọn để ước tính tác động của các nhân tố đối với sự giảm ẩm và gia tăng chất khô cùng với các biến liên quan đến chất lượng sản phẩm như hàm lượng ascorbic acid và điểm chất lượng cảm quan khi sản phẩm đạt trạng thái cân bằng. Ba thông số, cụ thể là thời gian chần (X_1), nồng độ mật ong trong dung dịch thẩm thấu (X_2) và tỷ lệ thể tích dung dịch thẩm thấu so với khối lượng múi cam (X_3), được chọn là các nhân tố độc lập quan trọng nhất dựa theo các tài liệu tham khảo. Phạm vi dao động của các nhân tố bố trí trong nghiên cứu được quyết định dựa trên kết quả nghiên cứu thăm dò. Thiết kế Box-Behnken là một giải pháp thay thế hiệu quả cho thiết kế phức hợp trung tâm (Terkmane et al., 2016), được sử dụng cho nghiên cứu này, gồm 15 nghiệm thức với 3 điểm trung tâm, được trình bày cụ thể ở Bảng 1.

Bảng 1. Thiết kế Box–Behnken cho các biến nhân tố xử lý của quá trình thẩm thấu

Biến độc lập (nhân tố)	Thời gian chần (giây) (X_1)	Nồng độ mật ong trong dung dịch (%, v/v); (X_2)	Tỷ lệ dung dịch thẩm thấu so với múi cam (lần, v/w); (X_3)
Mức cao	90 (+1)	80 (+1)	2 (+1)
Trung bình	60 (0)	70 (0)	1,5 (0)
Mức thấp	30 (-1)	60 (-1)	1 (-1)
Thứ tự mẫu	X_1	X_2	X_3
1	+1	0	-1
2	+1	+1	0
3	+1	-1	0
4	-1	+1	0
5	+1	0	+1
6	0	+1	+1
7	0	-1	+1
8	0	+1	-1
9	-1	0	+1
10	0	0	0
11	-1	0	-1
12	0	0	0
13	-1	-1	0
14	0	0	0
15	0	-1	-1

2.2.2. Động học của quá trình truyền khối

Xác định WL và SG

Sau mỗi ngày (24 giờ) kể từ lúc bắt đầu ngâm thẩm thấu, mẫu cam được vớt ra khỏi hủ thủy tinh và được đặt trên rây lọc để mật ong bám trên múi cam chảy xuống hủ thủy tinh. Các múi cam sau đó được rửa thật nhanh với một ít nước, thấm nhẹ bằng khăn giấy để loại bỏ nước bám và cân lại khối lượng bằng cân điện tử (Shukla et al., 2018). Độ ẩm ban đầu và độ ẩm cuối của mẫu cũng được xác định. WL (%) và SG (%) được tính toán dựa theo phương trình (1) và (2) (Kamboj et al., 2017; Shukla et al., 2018). Quá trình được thực hiện đến khi sản phẩm đạt cân bằng (khối lượng không đổi).

$$WL\ (\%) = \frac{(M_0 - M)}{W} \times 100 \quad (1)$$

$$SG(\%) = \frac{(S - S_0)}{W} \times 100 \quad (2)$$

Với: M_0 và M lần lượt là lượng ẩm ban đầu và cuối của mẫu cam (g),

S_0 và S lần lượt là lượng chất khô ban đầu và cuối của mẫu cam (g),

W là khối lượng mẫu ban đầu (g).

Động học của quá trình giảm ẩm và gia tăng khối lượng chất khô

Để thiết lập mối quan hệ giữa WL và SG với thời gian ngâm trong quá trình thẩm thấu, động học của quá trình giảm ẩm và gia tăng khối lượng chất khô được mô hình hóa theo quy luật lũy thừa (Azuara et al., 1992; Kamboj et al., 2017; Souraki et al., 2015), được thể hiện qua phương trình (3).

$$WL\ (\text{hoặc } SG) = k \times t^n \quad (3)$$

Với k và n là các tham số của mô hình

2.2.3. Phương pháp phân tích và đánh giá cảm quan

Xác định độ ẩm: Độ ẩm của cam được xác định bằng phương pháp sấy ở 105^{o}C đến khi khối lượng không đổi (TCVN 3948: 1984).

Xác định ascorbic acid: Hàm lượng ascorbic acid được xác định dựa trên phương pháp chuẩn độ với 2,6-dichlorophenol indophenol, được quy định trong TCVN 3948: 1984.

Đánh giá cảm quan sản phẩm: Hội đồng gồm 6 thành viên (đã được huấn luyện cơ bản về sản phẩm cam Sành ngâm mật ong), đánh giá cảm quan các mẫu sử dụng phương pháp cho điểm chất lượng với chỉ tiêu màu sắc và mùi - vị. Thang điểm đánh giá như sau: 5: Rất tốt; 4: Tốt; 3: Khá; 2: Trung bình; 1: Kém và 0: Rất kém (sản phẩm hỏng).

2.2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Xây dựng phương trình động học: Phương trình động học theo quy luật lũy thừa biểu diễn sự thay đổi WL (SG) theo thời gian ngâm được xây dựng bằng phần mềm CurveExpert Professional, các tham số k, n cùng với hệ số xác định (R^2) và sai biệt bình

phương trung bình (Root mean square error, RMSE) của phương trình được xác định.

Tối ưu hóa quá trình: Hàm toán học Y_i, thể hiện biến tiêu chí (WL, SG; ascorbic acid; điểm chất lượng cảm quan), tương quan với ba biến độc lập (thông số của quá trình); cụ thể:

X_1: thời gian chần (giây),

X_2: nồng độ mật ong trong dung dịch thẩm thấu (%, v/v); và

X_3: Tỷ lệ dung dịch ngâm so với khối lượng nguyên liệu ngâm (lần, v/w).

Phương trình hồi quy đa biến có dạng:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_3X_3 + \beta_{11}X_1^2 + \beta_{22}X_2^2 + \beta_{33}X_3^2 + \beta_{12}X_1X_2 + \beta_{13}X_1X_3 + \beta_{23}X_2X_3$$

Số liệu từ thiết kế tối ưu hóa của các biến tiêu chí được phân tích hồi quy đa biến và xác định các thông số tối ưu của quá trình ngâm thẩm thấu bằng phần mềm Statgraphics Centurion XV.I.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Mô hình hóa động học giảm ẩm và gia tăng chất khô

Phương trình theo quy luật lũy thừa được sử dụng để đánh giá động học giảm ẩm và gia tăng khối lượng chất khô của cam ngâm mật ong. Bảng 2 và Bảng 3 trình bày các giá trị tham số của mô hình thu được từ phân tích hồi quy phi tuyến tính cùng với các giá trị R^2 và RMSE cho mô hình theo quy luật lũy thừa.

Bảng 2. Thông số biểu diễn động học giảm ẩm của cam ngâm mật ong theoquy luật lũy thừa

Thứ tự mẫu	WL_∞	k_{WL}	n_{WL}	R^2	RMSE
1	37,67	19,719	0,335	0,980	5,321
2	37,75	16,064	0,434	0,983	8,628
3	34,86	17,991	0,338	0,983	8,567
4	36,57	16,604	0,410	0,985	8,974
5	35,73	19,826	0,307	0,990	5,483
6	37,06	17,895	0,365	0,985	7,629
7	33,75	18,582	0,298	0,990	6,650
8	35,57	16,476	0,388	0,984	7,544
9	38,95	19,788	0,346	0,983	9,979
10	39,75	19,841	0,349	0,989	8,465
11	36,06	19,056	0,311	0,990	7,791
12	39,05	20,512	0,312	0,988	9,975
13	36,06	17,433	0,355	0,987	4,721
14	39,08	20,015	0,334	0,986	9,531
15	32,57	17,737	0,308	0,988	5,659

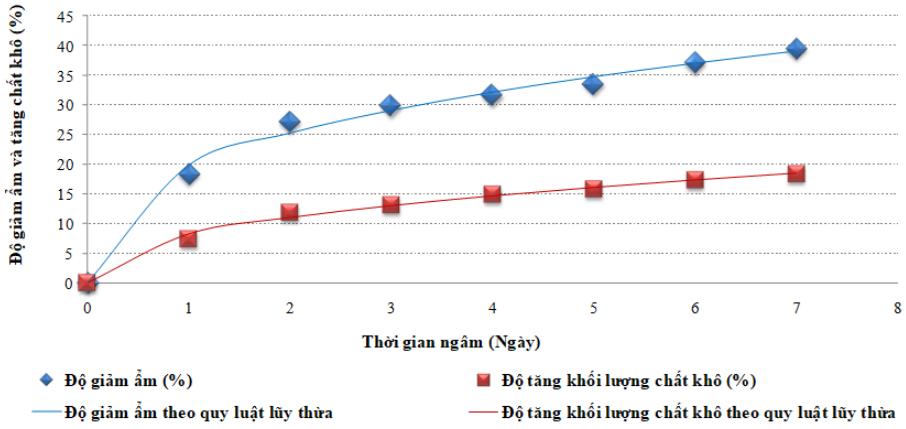
Bảng 3. Thông số biểu diễn động học gia tăng khối lượng chất khô của cam ngâm mật ong theo quy luật lũy thừa

Thứ tự mẫu	SG_∞	k_{SG}	n_{SG}	R^2	RMSE
1	18,25	6,492	0,521	0,987	1,343
2	18,64	7,492	0,476	0,987	1,321
3	15,87	6,676	0,430	0,988	1,001
4	17,90	6,683	0,515	0,980	1,724
5	18,14	7,938	0,396	0,984	3,073
6	17,93	7,485	0,450	0,986	1,495
7	16,20	8,027	0,348	0,985	1,849
8	18,77	6,758	0,536	0,985	1,133
9	18,74	7,480	0,472	0,985	1,529
10	18,52	8,272	0,415	0,987	1,605
11	18,14	7,056	0,486	0,988	1,627
12	18,79	8,295	0,403	0,991	1,913
13	17,52	8,414	0,379	0,987	1,538
14	18,92	8,653	0,406	0,987	1,530
15	16,59	6,182	0,516	0,984	1,455

Các giá trị thực nghiệm về sự giảm ẩm (Bảng 2) và gia tăng khối lượng chất khô (Bảng 3) trong các điều kiện xử lý khác nhau cho thấy khi sản phẩm đạt trạng thái cân bằng, độ giảm ẩm trong các nghiệm thức dao động trong khoảng 32,57 – 39,75%, trong khi độ gia tăng khối lượng chất khô dao động trong phạm vi 15,87 – 18,92%. Các tham số k và n của quá trình giảm ẩm và gia tăng khối lượng chất khô cũng có sự chênh lệch giữa các nghiệm thức. Như vậy, rõ ràng sự thẩm thấu phụ thuộc vào các nhân tố được khảo sát trong thí nghiệm. Đồ thị biểu diễn sự giảm ẩm và gia tăng khối lượng chất khô thực nghiệm và mô phỏng theo quy luật lũy thừa của nghiệm thức cùng với đồ thị biểu diễn sự thay đổi độ Brix trong cam và dịch ngâm tương ứng với điểm trung tâm theo thiết kế thí nghiệm được minh họa trên Hình 1 và Hình 2. Bảng 2, Bảng 3 và Hình 1 cũng cho thấy lượng ẩm thoát ra luôn cao hơn lượng chất khô hấp thụ vào múi cam, kết quả này hoàn toàn phù hợp với kết quả đã công bố từ các nghiên cứu trước (Azoubel & Murr, 2003; Kamboj et al., 2017; Lazarides et al., 1995; Shukla et al., 2018).

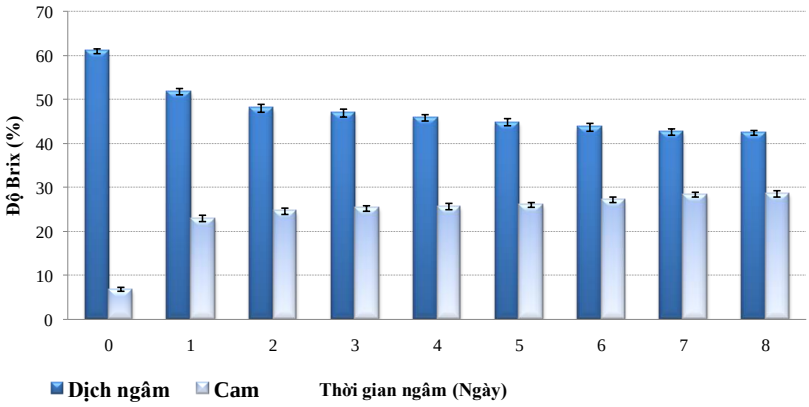
Mô hình theo quy luật lũy thừa phù hợp với dữ liệu thí nghiệm về sự giảm ẩm cũng như gia tăng khối lượng chất khô (Hình 1). Hệ số xác định (R^2) trong hầu hết các nghiệm thức đều cao hơn 0,980. Đồng thời, sai biệt bình phương trung bình RMSE tương đối nhỏ (nhỏ hơn 10 và nhỏ hơn 3,1 tương ứng với quá trình giảm ẩm và gia tăng khối lượng chất khô) đã mô tả đầy đủ động học thẩm thấu sản phẩm cam ngâm mật ong. Một số nghiên cứu trước của tác giả Souraki *et al.* (2015); Kamboj *et al.*

(2017) cũng đã chứng minh tính phù hợp của mô hình theo quy luật lũy thừa trong việc mô tả động học giảm ẩm và gia tăng khối lượng chất khô của quá trình tách nước thẩm thấu.



Hình 1. Sự giảm ẩm và gia tăng chất khô của mẫu tại điểm trung tâm trong thiết kế

Kết quả từ Hình 1 và Hình 2 kết hợp với số liệu giảm ẩm và gia tăng khối lượng chất khô cho thấy WL, SG và độ Brix của cam tăng theo thời gian ngâm thẩm thấu, trong khi độ Brix của dịch ngâm giảm dần. Giai đoạn đầu (ngày 1 và 2) sự tăng/giảm diễn ra rất nhanh, quy luật này đã được công bố bởi các nghiên cứu trước đây (Eren & Kaymak-Ertekin, 2007; Kamboj et al., 2017; Kaymak-Ertekin & Sultanoğlu, 2000). Động lực thẩm thấu rất lớn giữa các múi cam và môi trường xung quanh là lý do cơ bản cho sự mất nước nhanh chóng trong giai đoạn bắt đầu và giảm dần tới giai đoạn kết thúc quá trình thẩm thấu (Kamboj *et al.*, 2017). Trong thí nghiệm này, hầu hết các mẫu nghiệm thức đạt cân bằng sau 7 ngày, từ ngày thứ 8 độ Brix của cam và dịch ngâm mật ong cũng như độ giảm ẩm và gia tăng khối lượng chất khô không thay đổi.



Hình 2. Sự thay đổi độ Brix của cam và mật ong theo thời gian ngâm

(Thể hiện qua trung bình± độ lệch chuẩn)

3.2. Tối ưu hóa quá trình ngâm thẩm thấu cam trong mật ong

Kết quả phân tích hồi quy và xác định các thông số tối ưu hóa cho các biến nhân tố độc lập được thực hiện bằng phần mềm Statgraphics Centurion XV.I. Các hệ số của phương trình hồi quy đa biến sau khi phân tích được trình bày trong Bảng 4, các thông số tối ưu hóa các biến nhân tố độc lập của quá trình được thể hiện trong Bảng 5. Đồ thị mô phỏng phương trình hồi quy đa biến mô tả sự giảm ẩm, gia tăng chất khô và ascorbic acid được minh họa trên Hình 3.

Bảng 4. Hệ số phương trình hồi quy đa biến

Hệ số	WL	SG	Ascorbic acid	Màu sắc	Mùi vị
β_0	-116,646	-38,955	-62,1266	-22,55	-22,8375
β_1	NS	NS	0,152946**	NS	NS
β_2	3,72296**	1,54658**	NS	0,555**	NS
β_3	NS	NS	NS	6,6**	4,225*
β_{11}	NS	NS	0,000463*	- 0,000292*	NS
β_{22}	- 0,026742**	- 0,011029**	- 0,011041***	- 0,004125**	0,005208**
β_{33}	- 7,52667*	NS	NS	- 2,45***	- 1,38333***
β_{12}	NS	0,001992*	- 0,023833*	NS	0,000667*
β_{13}	- 0,0805*	NS	NS	NS	NS
β_{23}	NS	NS	- 0,0759*	NS	NS
R^2	0,966	0,959	0,956	0,968	0,957
Lack of fit	0,219	0,219	0,420	0,605	0,413

*(NS: Không có ý nghĩa; *,** và *** thể hiện mức độ ý nghĩa tương ứng với 0,05; 0,01 và 0,001)*

Phương trình hồi quy đa biến cho 5 tiêu chí đánh giá đều có hệ số xác định R^2 cao hơn 0,95 và các giá trị "Lack of fit" (thể hiện sai biệt do không phù hợp với phương trình hồi quy) đều lớn hơn 0,05 (Bảng 4), hay nói cách khác là không có ý nghĩa thống kê, đã cho thấy độ phù hợp cao của các phương trình hồi quy mô tả cho bộ số liệu thực nghiệm.

Đối với sự mất nước, nồng độ mật ong trong dung dịch là yếu tố quan trọng, tác động có ý nghĩa nhất (cả bậc 1 và bậc 2 của phương trình với mức ý nghĩa lần lượt là 0,01 và 0,001), trong khi bậc một và hai của biến thời gian chần không ảnh hưởng đáng kể. Chỉ có sự tương tác giữa thời gian chần với tỷ lệ dịch ngâm so với nguyên liệu mà không có sự tương tác giữa 2 nhân tố nào khác. Sự gia tăng nồng độ chất khô chịu ảnh hưởng nhiều nhất từ nhân tố nồng độ mật ong trong dịch ngâm (cả bậc 1 và bậc 2 đều có mức ý nghĩa 0,01, đồng thời sự tương tác giữa thời gian chần và nồng độ mật ong trong dung dịch). Nghiên cứu của Kamboj *et al.* (2017) cũng khẳng định sự giảm ẩm và gia tăng khối lượng chất khô trong miếng táo phụ thuộc rất nhiều vào nồng độ mật ong trong dịch ngâm.

Hàm lượng ascorbic acid chịu ảnh hưởng nhiều nhất từ nhân tố thời gian chần nguyên liệu (cả bậc 1, bậc 2 và tương tác với nồng độ mật ong trong dịch ngâm). Chất lượng cảm quan về mùi vị và màu sắc sản phẩm bị tác động chủ yếu từ nồng độ mật ong trong dịch ngâm và tỷ lệ dịch ngâm so với nguyên liệu cam. Kết quả này hoàn toàn hợp lý vì màu sắc và mùi vị sản phẩm hoàn toàn được quyết định bởi tỷ lệ hai nguyên liệu chính là mật ong và cam.

Bảng 5. Giá trị tối ưu của các nhân tố theo các biến tiêu chí

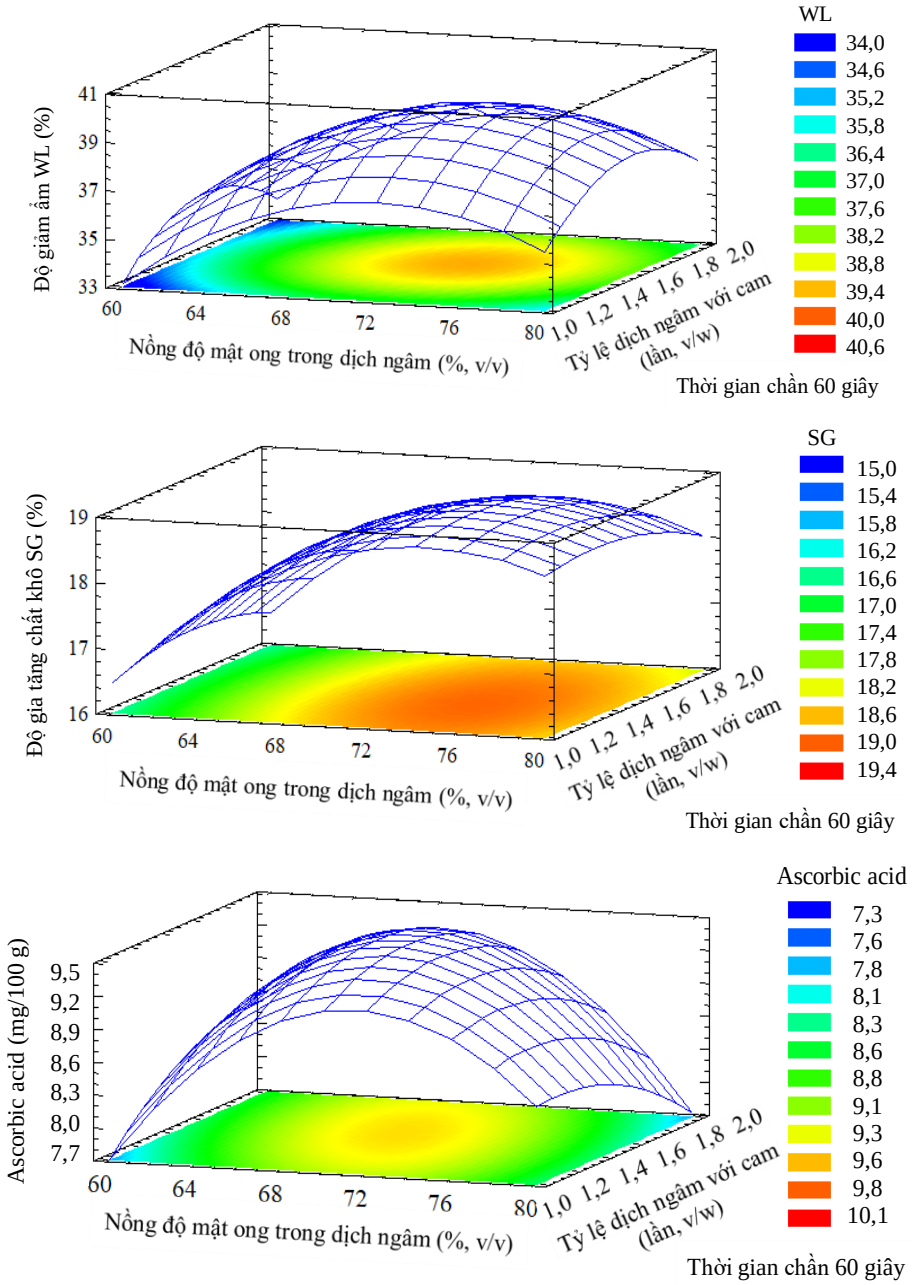
Biến tiêu chí (giá trị tối đa)	X_1	X_2	X_3
WL (39,59%)	30,00	71,24	1,72
SG (19,02%)	90,00	77,00	1,17
Ascorbic acid (9,56 mg/100 g)	79,94	69,93	1,29
Màu sắc (4,42)	64,75	74,27	1,66
Mùi vị (4,63)	75,54	71,95	1,66
WL và SG (39,46 và 18,89%)	56,06	72,85	1,54
Màu sắc và mùi vị (4,41 và 4,62)	69,44	72,62	1,65
Màu sắc, mùi vị và ascorbic acid 4,37 và 4,55 điểm; 9,48 mg/100 g)	68,14	70,90	1,59
Tất cả các tiêu chí - WLvà SG (39,39 và 18,83%) - Ascorbic acid (9,43 mg/100 g) - Màu sắc và mùi vị (4,42 và 4,61)	66,39	71,96	1,57

Bảng 5 và Hình 3 cho thấy sự giảm ẩm có khuynh hướng nhiều nhất khi tỷ lệ dịch ngâm so với cam ở mức cao (1,7 lần) và nồng độ mật ong trong dịch ngâm ở mức trung bình (71,24%). Lượng dịch ngâm nhiều giúp quá trình tách nước thẩm thấu xảy ra dễ dàng hơn. Tuy rằng nồng độ chất tan (mật ong) trong dịch ngâm cao sẽ làm tăng áp suất thẩm thấu giúp quá trình giảm ẩm và gia tăng khối lượng chất khô diễn ra nhanh hơn (Kamboj *et al.*, 2017), song, nồng độ mật ong cao sẽ làm gia tăng độ nhớt, độ đặc sệt và làm giảm khả năng thẩm thấu của quá trình. Sự gia tăng chất khô có khuynh hướng đạt giá trị cao

nhất khi nồng độ mật ong trong dung dịch cao, khi đó nồng độ chất khô trong dịch ngâm cao quá trình gia tăng chất khô trong cam cũng nhanh chóng gia tăng (Kamboj *et al.*, 2017).

Hàm lượng ascorbic acid có khuynh hướng duy trì cao khi tỷ lệ dịch ngâm so với cam ở mức thấp (1,29 lần), do hàm lượng ascorbic acid chủ yếu hiện diện trong cam. So với ascorbic acid trong nguyên liệu cam ban đầu, sự tổn thất ascorbic acid trong sản phẩm khoảng 61,1%. Nghiên cứu của Kamboj *et al.* (2017), tỷ lệ tổn thất ascorbic acid trong táo ngâm 240 phút trong dung dịch mật ong lên đến 42%. Như vậy, tổn thất ascorbic acid trong nghiên cứu này khá cao là do thời gian ngâm kéo dài (7 ngày).

Chất lượng cảm quan về màu sắc và mùi vị chủ yếu do sự hòa hợp giữa mật ong và cam nên hầu như được đánh giá cao tương ứng với nhân tố nồng độ mật ong trong dịch ngâm và tỷ lệ mật ong so với cam ở mức trung bình (1,66 lần).



Hình 3. Kết quả phân tích hồi quy WL, SG và ascorbic acid theo các nhân tố

Bảng 5 cho phép lựa chọn thông số tối ưu của quá trình cho từng tiêu chí hoặc kết hợp các tiêu chí với nhau, cụ thể như chọn thông số tối ưu cho sản phẩm có hàm lượng ascorbic acid cao nhất, kết hợp màu sắc và mùi vị để có sản phẩm có chất lượng cảm quan tốt, kết hợp sự giảm ẩm và gia tăng chất khô để quá trình thẩm thấu tốt nhất hay kết hợp tất cả các tiêu chí.

Trong trường hợp tối ưu hóa cho tất cả các tiêu chí, các thông số tối ưu của quá trình ngâm là: chần cam trong 66,39 giây (để thuận tiện, có thể chọn thời gian chần là 66,4 giây), nồng độ mật ong trong dịch ngâm là 71,96 (%, v/v) (để thuận tiện, có thể chọn nồng độ mật ong trong dịch ngâm là 72%, v/v) và tỷ lệ dịch ngâm so với cam là 1,57 (lần, v/w). Khi đó WL, SG, tương ứng với 39,39 và 18,83 (%), ascorbic acid duy trì 9,43 (mg/100 g) và điểm cảm quan màu sắc, mùi vị sản phẩm lần lượt là 4,42 và 4,61.

4. KẾT LUẬN

Sự giảm ẩm và gia tăng chất khô trong quá trình ngâm cam trong dung dịch mật ong biến đổi phù hợp với quy luật lũy thừa và quá trình đạt cân bằng sau 7 ngày. Các thông số tối ưu cho quá trình ngâm thẩm thấu có thể được cho phép lựa chọn theo từng tiêu chí đề ra hoặc kết hợp các tiêu chí với nhau. Sản phẩm được đánh giá khá tốt về chất lượng cảm quan, quan trọng hơn, sản phẩm hứa hẹn một sự đa dạng hóa đồng thời cũng là một hình thức bảo quản tốt cho nguyên liệu cam Sành giàu dinh dưỡng và phổ biến ở Đồng bằng sông Cửu Long.

LỜI CẢM ƠN

Bài báo là kết quả từ nghiên cứu khoa học cấp Bộ "Ứng dụng và phát triển một số công nghệ sơ chế, bảo quản và chế biến một số sản phẩm từ cam Sành Đồng bằng sông Cửu Long" (mã số: CT2020.01.TCT.05) thuộc Chương trình khoa học và công nghệ Bộ Giáo dục và Đào tạo "Nghiên cứu ứng dụng và phát triển công nghệ tiên tiến trong bảo quản, chế biến nông thủy sản vùng Đồng bằng sông Cửu Long".

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Alakali, J., Ariahu, C. & Nkpa, N. (2006). Kinetics of osmotic dehydration of mango. *Journal of Food Processing and Preservation*, *30*(5): 597-607.

Alzamora, S. M., Tapia, M. S., Lopez-Malo, A. & Richardson, P. (2001). Minimally Processed Fruits and Vegetables—Fundamen-tal Aspects and Applications *Maryland, USA: Aspen Pub. Co.*: 277-286.

Azoubel, P. & Murr, F. (2003). Optimisation of osmotic dehydration of cashew apple (*Anacardium occidentale* L.) in sugar solutions. *Food Science and Technology International*, *9*(6): 427-433.

Azuara, E., Beritain, C. & Garcia, H. (1992). Development of a mathematical model to predict kinetics of osmotic dehydration. *Journal of Food Science and Technology (Mysore)*, *29*(4): 239-242.

Bertoncelj, J., Golob, T., Kropf, U. & Korošec, M. (2011). Characterisation of Slovenian honeys on the basis of sensory and physicochemical analysis with a chemometric approach. *International Journal of Food Science & Technology*, *46*(8): 1661-1671.

Chefrour, C., Draiaia, R., Tahar, A., Kaki, Y. A., Bennadja, S. & Battesti, M. (2009). Physicochemical characteristics and pollen spectrum of some north-east Algerian honeys. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, *9*(5): 1276-1293.

Dżugan, M., Tomczyk, M., Sowa, P. & Grabek-Lejko, D. (2018). Antioxidant activity as biomarker of honey variety. *Molecules*, *23*(8): 1-14.

Eren, I. & Kaymak-Ertekin, F. (2007). Optimization of osmotic dehydration of potato using response surface methodology. *Journal of Food Engineering*, *79*(1): 344-352.

Hoàng Thị Thủy (2015). Nghiên cứu đặc điểm sinh học và một số biện pháp kỹ thuật đối với nguồn thực liệu tạo quả không hạt cây có múi (Luận án Tiến sĩ). Trường Đại học Nông Lâm - Đại học Thái Nguyên, Thái Nguyên.

Kamboj, R., Bera, M. & Nanda, V. (2017). Mass Transfer Kinetic Study of Honey Based Apple Preserve through Osmotic Dehydration. *Asian Journal of Chemistry*, *29*(1): 166-170.

Kamboj, R., Bera, M. B. & Nanda, V. (2013). Evaluation of physico-chemical properties, trace metal content and antioxidant activity of Indian honeys. *International Journal of Food Science & Technology*, *48*(3): 578-587.

Kaymak-Ertekin, F. & Sultanoğlu, M. (2000). Modelling of mass transfer during osmotic dehydration of apples. *Journal of Food Engineering*, *46*(4): 243-250.

Lazarides, H. N., Katsanidis, E. & Nickolaidis, A. (1995). Mass transfer kinetics during osmotic preconcentration aiming at minimal solid uptake. *Journal of Food Engineering*, *25*(2): 151-166.

Panades, G., Castro, D., Chiralt, A., Fito, P., Nuñez, M. & Jimenez, R. (2008). Mass transfer mechanisms occurring in osmotic dehydration of guava. *Journal of Food Engineering*, *87*(3): 386-390.

Roşca, A. & Roşca, D. (2013). Vacuum impregnation of orange fruit in honey syrup. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, *19*(4): 451-454.

Sagar, V. & Kumar, P. S. (2010). Recent advances in drying and dehydration of fruits and vegetables: a review. *Journal of Food Science and Technology*, *47*(1): 15-26.

Shukla, R., Khan, M. & Srivastava, A. (2018). Mass transfer kinetics during osmotic dehydration of banana in different osmotic agent. *International Journal of Agricultural Engineering*, *11*(1): 108-122.

Sloan, A. E. (2002). The top 10 functional food trends: the next generation. *Food Technology (Chicago)*, *56*(4): 32-57.

Souraki, B. A., Tondro, H. & Ghavami, M. (2015). Simulation of osmotic dehydration of a spherical material using parabolic and power-law approximation methods. *Chemical Engineering Communications*, *202*(12): 1607-1617.

Tấn Phong (2019, April 6). Giá cam sành trái vụ ở đồng bằng sông Cửu Long tiếp tục giảm mạnh. https://vov.vn/kinh-te/thi-truong

Terkmane, N., Krea, M. & Moulai-Mostefa, N. (2016). Optimisation of inulin extraction from globe artichoke (Cynara cardunculus L. subsp. scolymus (L.) Hegi.) by electromagnetic induction heating process. *International Journal of Food Science & Technology*, *51*(9): 1997-2008.

Ủy ban Khoa học và Kỹ thuật Nhà nước (1984). Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3948-84. Cam quả tươi xuất khẩu (Quyết định số 322-QĐ). http://vbpl.vn/bokhoahoccongnghe

Zhao, Y., Park, S. i., Leonard, S. W. & Traber, M. (2005). Vitamin E and mineral fortification in fresh-cut apples (Fuji) using vacuum impregnation. *Nutrition & Food Science*, *35*(6): 393-402.