

TỐI ƯU HÓA THÀNH PHẦN TẠO CHẾ PHẨM PHỦ MÀNG TỪ HỖN HỢP SÁP ONG, SÁP CỌ VÀ CARBOXYMETHYL CELLULOSE (MW - CMC) ĐẾN HIỆU QUẢ BẢO QUẢN QUẢ CHANH LEO TÍM

Nguyễn Sáng^{1,*}, Phạm Anh Tuấn², Trần Thị Thu Hoài²

¹ *Nghiên cứu sinh Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch*

² *Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch*

*Email: nguyensang78vn@gmail.com

TÓM TẮT

Mục đích của nghiên cứu này là thực nghiệm đa yếu tố và tối ưu hóa thành phần tạo chế phẩm từ hỗn hợp sáp ong, sáp cọ và carboxymethyl cellulose (MW - CMC) đến hiệu quả bảo quản quả chanh leo tím trồng tại tỉnh Sơn La. Kế hoạch thực nghiệm sử dụng mô hình quy hoạch của Box-Behnken với 3 biến độc lập tương ứng miền thực nghiệm: Tỷ lệ sáp ong (1,5 - 2,5%), tỷ lệ sáp cọ (0,6 - 1,2%) và tỷ lệ carboxymethyl cellulose (0,4 - 0,8%). Các hàm mục tiêu đánh giá hiệu quả bảo quản quả chanh leo gồm: Hao hụt khối lượng (%), hàm lượng vitamin C (mg/100 g) và chất lượng cảm quan (điểm). Xử lý số liệu thực nghiệm và tối ưu hóa sử dụng thuật toán hàm mong đợi bằng phần mềm Design - Expert 7.1 với mục tiêu tỷ lệ hao hụt khối lượng thấp nhất, hàm lượng vitamin C và chất lượng cảm quan cao nhất, tương ứng hệ số quan trọng 5/5, 4/5, 5/5. Kết quả đã xác định được thông số công nghệ tối ưu với tỷ lệ sáp ong 2,28%, sáp cọ 1,04% và carboxymethyl cellulose 0,68%, tương ứng mục tiêu đạt được tỷ lệ hao hụt khối lượng 2,15%, hàm lượng vitamin C 23,36 mg/100 g (tổng thất 17,36% so với nguyên liệu ban đầu) và chất lượng cảm quan đạt 17,57 điểm ở điều kiện bảo quản lạnh $5 \pm 1^\circ\text{C}$, độ ẩm $90 \pm 2\%$, thời gian bảo quản 56 ngày.

Từ khóa: Sáp ong, sáp cọ, carboxymethyl cellulose, chế phẩm tạo màng, tối ưu hóa, bảo quản quả chanh leo tím.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cây chanh leo (*Passiflora edulis*) phân bố ở vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới của châu Mỹ, châu Á và châu Phi. Trên 90% loài *Passiflora* spp. được trồng ở châu Mỹ, trong đó Brazil và Colombia chiếm khoảng 30% [1, 2]. Việt Nam có diện tích chanh leo khoảng 9,5 nghìn ha, sản lượng 188,9 nghìn tấn, chủ yếu là giống chanh leo tím (chiếm trên 95%), tập trung tại các vùng Tây Nguyên, trung du miền núi phía Bắc và Bắc Trung bộ [3].

Chanh leo là loại quả chín sau thu hoạch, cường độ hô hấp và mức sản sinh khí ethylene phụ thuộc vào độ chín và nhiệt độ bảo quản. Kết quả nghiên cứu của Paull và Chen (2004) [4] cho thấy, bảo quản chanh leo tím ở nhiệt độ $5 - 25^\circ\text{C}$ thì có cường độ hô hấp khoảng $29 - 349 \text{ mg CO}_2/\text{kg.h}$. Khi giảm nhiệt độ từ 20°C xuống 10°C thì cường độ hô hấp giảm gần 50% [5]. Khi bảo quản ở 20°C

thì mức sản sinh khí ethylene cũng tăng theo nhiệt độ bảo quản và phụ thuộc vào độ chín sau thu hoạch từ 221,26 - 505,35 $\mu\text{l C}_2\text{H}_4/\text{kg.h}$. Hao hụt khối lượng khi bảo quản chanh leo tím theo nhiệt độ và thời gian tương ứng là 26,84% (20°C , 30 ngày) và 8,8% (8°C , 21 ngày) [6, 7].

Chế phẩm phủ màng là một trong những kỹ thuật tiên tiến để kéo dài thời gian bảo quản rau quả, nhờ tạo ra môi trường vi khí hậu (O_2 , CO_2 , độ ẩm) nhằm ức chế cường độ hô hấp, sản sinh khí ethylene, ngăn cản sự mất nước và những tác động gây hại khác như: Ánh sáng, vi sinh vật [8]. Theo Zhang và cs (2019) [9], bảo quản quả chanh leo tím bằng màng PLA/PBAT (Axit lacticpoly với butylene màng blend adipate-co-terephthalate) ở nhiệt độ 20°C và 70 - 75% RH trong 21 ngày thì tỷ lệ hao hụt khối lượng là 15%, chỉ số co ngót là 3,8, độ cứng 15N, đường tổng 6,3%, axit tổng số 28 g/kg,

vitamin C 12,5 mg/100 g và mức tổn thất 33,5%. Kết quả nghiên cứu bảo quản quả chanh leo tím bằng màng phủ chitosan trong thời gian 12 ngày, ở nhiệt độ 28°C, độ ẩm 85% RH của Xingyan và cs (2022) [10] cho thấy, tỷ lệ hao hụt khối lượng thấp (20%) và có tác dụng duy trì hàm lượng vitamin C tốt nhất (6,1 mg/100 g). Kết quả nghiên cứu của You và cs (2022) [11] cho thấy, bảo quản quả chanh leo tím bằng xử lý 1 µl/l 1-MCP kết hợp với chitosan trong thời gian bảo quản 25 ngày, ở 4°C thì màng phủ chitosan 1% (w/v) kết hợp 1-MCP (1-Methylcyclopropene) hạn chế độ co ngót, giảm cường độ hô hấp và hao hụt khối lượng là 13,11%. Ngoài ra, còn có khả năng ức chế sự giảm hoạt động của peroxidase (POD) và ascorbate peroxidase (APX). Kết quả nghiên cứu bảo quản chanh leo tím bằng phủ màng gel lô hội, gum arabic, chitosan, natri alginate và carboxymethyl cellulose ở nhiệt độ bảo quản lạnh 8 ± 1°C trong 25 ngày của Mohamed và cs (2022) [12] cho thấy, phủ màng chitosan 2% hao hụt khối lượng ít nhất, 19,53%, vitamin C 19,81 mg/100 g (mức tổn thất 30%), độ cứng 15,21 N.

Nhằm cải thiện chức năng của chế phẩm tạo màng phủ ứng dụng trong bảo quản quả chanh leo tím để tỷ lệ hao hụt khối lượng thấp nhất, chất lượng cảm quan và hàm lượng vitamin C cao nhất nghiên cứu *“Tối ưu hóa thành phần tạo chế phẩm phủ màng từ hỗn hợp sáp ong, sáp cọ và carboxymethyl cellulose (MW - CMC) đến hiệu quả bảo quản quả chanh leo tím”* là rất cần thiết.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên, vật liệu

- Chanh leo tím (*Passiflora edulis* Sims) được trồng tại huyện Mộc Châu, tỉnh Sơn La (vĩ độ 20°51 B, kinh độ 104°37 Đ, ở độ cao 1.050 m so với mực nước biển). Cây chanh leo tím trồng 2 năm tuổi được thu hoạch ở độ chín 3 (màu tím khoảng 75% bề mặt vỏ quả), lựa chọn quả có kích thước đồng đều, không khuyết tật và tổn thương cơ học. Thời điểm thu hái vào tháng 5 năm 2023 và 2024 vào buổi sáng (7:00 - 8:00 giờ), quả được đóng trong thùng xốp, mỗi lớp quả lót một lớp giấy báo và vận chuyển về Bộ môn Bảo quản, Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch trong

thời gian không quá 10 giờ, tồn trữ mẫu ở nhiệt độ 10 ± 1°C, độ ẩm 90 ± 2% để tiến hành thí nghiệm và phân tích.

- Sử dụng sơ chế xử lý nguyên liệu: Axit propionic (C₃H₆O₂) 99,5% của Đức.

- Sử dụng điều chế chế phẩm tạo màng gồm: Sáp ong và sáp cọ của Science Union (Thái Lan); carboxymethyl cellulose sodium salt (CMC) của Oxford (Ấn Độ); axit palmitic - CH₃(CH₂)₁₄COOH 98% và axit oleic - C₁₈H₃₄O₂ (MWt 282,47 g/mol) của Merck (Đức); ammonium hydroxide (NH₄OH) 30,3% của Baker (Mỹ); silicon antifoaming (30% w/w silicon) nonionic, 500 ml của Oxford (Ấn Độ).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp tạo chế phẩm

Định lượng tỷ lệ sáp ong và sáp cọ theo kế hoạch thực nghiệm phối trộn với 100 ml nước cất → gia nhiệt đến 90 ± 1°C, khuấy đều 10 phút → bổ sung CMC theo tỷ lệ thực nghiệm, khuấy đều 5 phút → bổ sung chất phụ gia gồm axit palmitic 1%, axit oleic 6%, ammonium hydroxide 0,64%, chất chống bọt 0,4% và khuấy đều 5 phút → đồng hóa với tốc độ 21.500 vòng/phút trong thời gian 20 phút → chế phẩm MW - CMC.

2.2.2. Phương pháp sơ chế, xử lý phủ màng và bảo quản quả chanh leo

Lựa chọn các quả chanh leo có kích thước và ngoại hình đồng đều, làm sạch sơ bộ bằng nước, tiếp theo được xử lý nấm bệnh bằng dung dịch axit propionic 0,45% trong thời gian 3 phút [13], để ráo nước trước khi tiến hành phủ màng. Tiến hành theo kế hoạch thực nghiệm gồm 15 thí nghiệm, khối lượng 1.000 ± 10 g/mẫu, 3 mẫu/thí nghiệm được bảo quản bằng tủ lạnh ẩm ở nhiệt độ 5 ± 1°C, độ ẩm 90 ± 2%.

2.2.3. Phương pháp quy hoạch thực nghiệm đa yếu tố

Kế hoạch thực nghiệm đa yếu tố quá trình bảo quản quả chanh leo bằng chế phẩm phủ màng MW - CMC được tiến hành theo quy hoạch thực nghiệm của Box - Behnken với 3 biến độc lập được mã hóa (Bảng 1) tương ứng miền biến thiên: Tỷ lệ sáp ong X₁ (1,5 - 2,5%); tỷ lệ sáp cọ X₂ (0,6 - 1,2%); tỷ lệ carboxymethyl cellulose X₃ (0,4 - 0,8%). Các hàm mục tiêu gồm: Hao hụt khối lượng Y₁ (%), hàm lượng vitamin C Y₂ (mg/100 g), chất lượng cảm quan

Y_3 (điểm). Giải bài toán tối ưu bằng phương pháp được đưa ra bởi Derringer và Suich (1980) [14].
chập mục tiêu theo thuật toán “Hàm mong đợi”

Bảng 1. Kế hoạch thực nghiệm theo biến mã hóa và biến thực

Biến số	Ký hiệu	Đơn vị	Mức		
			-1	0	+1
Tỷ lệ sáp ong	X_1	%	1,5	2,0	2,5
Tỷ lệ sáp cọ	X_2	%	0,6	0,9	1,2
Tỷ lệ carboxymethyl cellulose (CMC)	X_3	%	0,4	0,6	0,8

2.2.4. Xác định tỷ lệ hao hụt khối lượng quả chanh leo trong thời gian bảo quản

$$\text{Tỷ lệ hao hụt} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\%$$

Trong đó: m_1 là khối lượng mẫu quả chanh leo ban đầu (g); m_2 là khối lượng mẫu chanh leo sau quá trình bảo quản (g).

2.2.5. Xác định hàm lượng vitamin C

Theo TCVN 8977:2011 [15]: Vitamin C được chiết ra khỏi mẫu phân tích bằng dung dịch axit metaphosphoric. Dùng dung dịch khử để chuyển axit ascorbic L(+) đã khử hydro thành axit ascorbic L(+). Hàm lượng axit ascorbic L(+) tổng số được xác định bằng HPLC có detector UV ở bước sóng 265 nm.

2.2.6. Đánh giá chất lượng cảm quan

Dựa trên cơ sở TCVN 3215 - 79 và TCVN 3216:1994 [16, 17] bằng lập hội đồng chấm điểm: Tiến hành các bước thống nhất thuật ngữ mô tả, huấn luyện hội đồng với 4 chỉ tiêu đánh giá gồm màu sắc và trạng thái vỏ quả, mùi và vị thịt của quả chanh leo. Các chỉ tiêu được đánh giá riêng rẽ bằng mô tả đối với màu sắc, trạng thái và thử nếm với mùi và vị theo thang 5 điểm, điểm cao nhất là 5, điểm thấp nhất là 1. Với đặc tính của quả chanh leo dễ bị mất nước dẫn đến biến đổi trạng thái do

nhân vỏ, mặt khác cường độ hô hấp lớn quá dẫn đến tốc độ già hóa nhanh làm biến đổi màu sắc vỏ quả, trong khi ức chế cường độ hô hấp quá dẫn đến hiện tượng hô hấp yếm khí và gây nên biến đổi mùi vị thịt quả làm giảm chất lượng cảm quan. Nguyên tắc chấm điểm dựa trên hệ số quan trọng theo mức độ ưu tiên (HSQT): Trạng thái (1,2), màu sắc (1,0), mùi (0,9), vị (0,9). Mức xếp loại theo tổng điểm: Tốt (18,2 - 20,0), khá (15,2 - 18,1), trung bình (11,2 - 15,1), kém $\leq 7,1$.

2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Sử dụng phần mềm Excel SPSS 18 để phân tích và xử lý thống kê. Xử lý số liệu thực nghiệm đa yếu tố và tối ưu hóa sử dụng thuật toán hàm mong đợi bằng phần mềm Design-Expert 7.1 [14, 18].

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả thực nghiệm đa yếu tố

Số liệu thực nghiệm đa yếu tố được xử lý thống kê và tổng hợp tại bảng 2.

Tiến hành xử lý số liệu bằng phần mềm Design - Expert 7.1, phân tích ANOVA kiểm tra sự có nghĩa của các hệ số hồi quy và sự tương thích của các mô hình thực nghiệm tương ứng 3 hàm mục tiêu (Y_1 , Y_2 , Y_3) được tổng hợp tại bảng 3.

Bảng 2. Tổng hợp kết quả thực nghiệm đa yếu tố

STT	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3
1	1,5	0,9	0,8	3,67	21,35	16,24
2	2,5	0,6	0,6	4,48	20,57	15,63
3	2,5	1,2	0,6	1,86	23,45	16,11
4	2,5	0,9	0,4	4,11	21,32	16,26
5	2,0	1,2	0,4	4,64	22,07	16,62
6	1,5	1,2	0,6	4,12	22,24	15,98
7	2,0	0,9	0,6	3,07	22,76	17,94

8	2,0	0,6	0,8	4,76	21,28	15,43
9	1,5	0,6	0,6	5,23	20,83	13,79
10	2,0	0,9	0,6	3,28	22,81	17,79
11	2,0	0,9	0,6	3,11	23,12	18,05
12	2,5	0,9	0,8	2,08	22,73	16,55
13	1,5	0,9	0,4	4,34	21,27	14,89
14	2,0	0,6	0,4	5,52	20,07	14,68
15	2,0	1,2	0,8	2,59	22,36	16,17

Bảng 3. Kết quả phân tích hồi quy các hàm mục tiêu Y_1 , Y_2 , Y_3

Nguồn gốc	Hàm Y_1		Hàm Y_2		Hàm Y_3	
	Chuẩn F	Giá trị p	Chuẩn F	Giá trị p	Chuẩn F	Giá trị p
Mô hình	35,74	0,0005	27,11	0,0010	40,83	0,0004
A	55,82	0,0007	12,43	0,0168	30,95	0,0026
B	110,00	0,0001	119,47	0,0001	66,49	0,0005
C	72,65	0,0004	19,74	0,0067	8,74	0,0316
AB	10,91	0,0214	9,48	0,0275	13,59	0,0142
AC	8,85	0,0310	7,76	0,0386	5,22	0,0711
BC	7,96	0,0370	3,63	0,1150	6,69	0,0490
A^2	0,060	0,8160	13,24	0,0149	89,90	0,0002
B^2	45,05	0,0011	29,27	0,0029	135,38	< 0,0001
C^2	12,82	0,0159	39,13	0,0015	43,60	0,0012
Không tương thích	6,34	0,1394	1,83	0,3724	4,60	0,1838
Hệ số xác định R^2	0,9847		0,9799		0,9866	
Hệ số điều chỉnh R^2_{Adj}	0,9571		0,9438		0,9624	
Hệ số dự báo R^2_{Pred}	0,7751		0,7525		0,8086	

Kết quả phân tích hồi quy của các hàm Y_1 , Y_2 và Y_3 (Bảng 3) tương ứng F - value là 37,74; 27,11; 40,83 ($p < 0,05$) cho thấy, các mô hình đều có ý nghĩa thống kê với độ tin cậy lần lượt là 99,95%; 99,90%; 99,96%. Thông qua hệ số hồi quy được kiểm định bởi chuẩn F cho thấy, chỉ có 3 hệ số A^2 (Y_1), BC (Y_2) và AC (Y_3) không có ý nghĩa về thống kê ($P > 0,05$), còn lại tất cả các hệ số hồi quy đều có nghĩa về thống kê ($P < 0,05$). Mặt khác, chuẩn F của 3 hàm Y_1 , Y_2 và Y_3 lần lượt là (6,34; 1,83; 4,6) với $P > 0,05$ cho thấy sự không tương thích của các mô hình đều là không có nghĩa. Hệ số xác định (R^2) của 3 mô hình lần lượt là: 0,9847; 0,9799; 0,9866 tương ứng mô tả 98,47%; 97,99%; 98,66% sự thay đổi của các hàm mục tiêu Y_1 , Y_2 và Y_3 phụ thuộc vào các biến độc lập. Trong khi hệ số dự báo R^2_{Pred} của các hàm Y_1 , Y_2 và Y_3

lần lượt là 0,7751; 0,7525; 0,8086 là tương thích với hệ số điều chỉnh Adj R – Squared, tương ứng 0,9571; 0,9438; 0,9624.

3.1.1. Khảo sát sự biến thiên của hàm hao hụt khối lượng (Y_1)

Phương trình hồi quy hàm Y_1 theo biến coded được mã hóa (1a) và theo biến thực (1b)

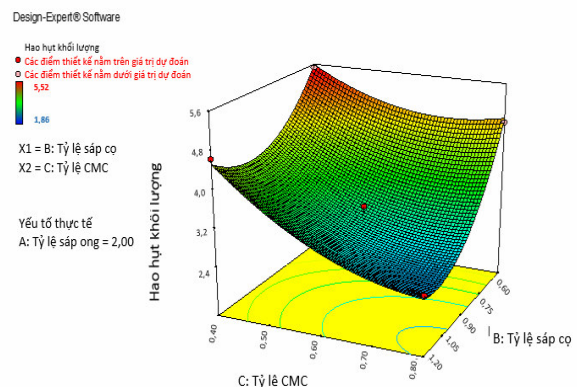
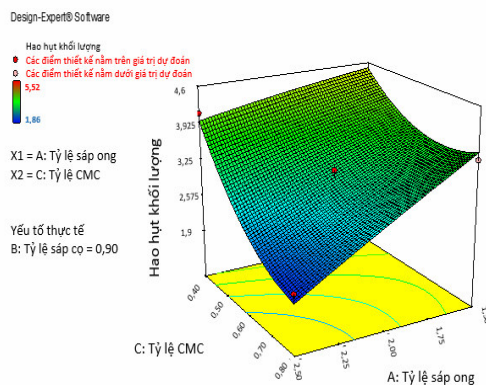
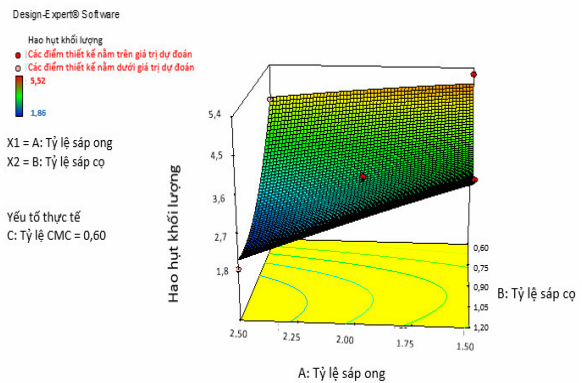
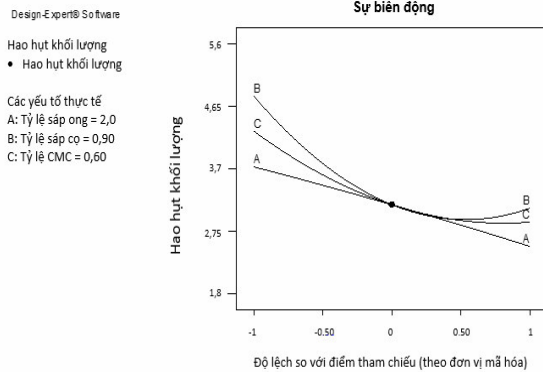
$$Y_1 = 3,15 - 0,6A - 0,85B - 0,69C - 0,38AB - 0,34AC - 0,32BC - 0,029A^2 + 0,8B^2 + 0,43C^2 \quad (1a)$$

$$Y_1 = 9,215 + 3,564X_1 - 10,533X_2 - 4,581X_3 - 2,516X_1X_2 - 3,4X_1X_3 - 5,375X_2X_3 - 0,1166X_1^2 + 8,87X_2^2 + 10,6453X_3^2 \quad (1b)$$

Hình 1 (2D) và các hệ số hồi quy của phương trình (1a) cho thấy, tỷ lệ sấp cọ (B) là yếu tố có ảnh hưởng lớn nhất, tiếp theo là tỷ lệ CMC (C) và cuối cùng là tỷ lệ sấp ong (A) đến tỷ lệ hao hụt

khối lượng của quả chanh leo trong quá trình bảo

quản.



Hình 1. Biểu diễn quan hệ 2D và 3D giữa các yếu tố thực nghiệm với hàm mục tiêu Y_1

Khi cố định 2 biến A, C tại tâm (0) và tăng B từ -1 đến 0 thì hao hụt khối lượng liên tục giảm mạnh và từ 0 đến +1 thì tốc độ giảm chậm. Tương tự khi cố định A, B (0) và tăng C thì quy luật gần giống như đối với B, điều này chứng tỏ sáp cọ và CMC đều có khả năng cản trở sự sự thẩm hơi nước nhưng sáp cọ có sức cản mạnh hơn. Điều này là phù hợp với kết quả nghiên cứu của Baldwin và cs (2011), Bugarski và cs (2008), theo đó đặc tính của sáp cọ tương đối kỵ nước và có khả năng ngăn việc mất nước cao [19, 20]. Trong khi theo CMC là dẫn xuất của cellulose với các nhóm carboxymethyl ($-\text{CH}_2\text{-COOH}$) dạng natri monochloroacetate $\text{ClCH}_2\text{COONa}$ tạo nên khung cellulose là chất điều chỉnh độ nhớt, tạo đặc và ổn định nhũ tương [21, 22] có thể do đặc tính này của CMC ở dạng nano liên kết với các hạt sáp cọ và sáp ong tạo rào cản làm giảm cường độ hô hấp và dẫn đến giảm hao hụt khối lượng. Khảo sát tiếp theo khi B, C (0) và tăng A từ -1 đến +1 thì hao hụt khối lượng có xu hướng giảm liên tục gần như tuyến tính. Theo Navarro và Abbasi (2011), Shahid

và cs (2011), sáp ong có khả năng làm giảm cường độ hô hấp của trái cây, dẫn đến hạn chế sự hao hụt khối lượng và tăng thời hạn bảo quản [23, 24]. Điều này cho thấy sáp ong đóng vai trò như một vật liệu nền liên kết với các hạt sáp cọ và CMC tạo ra lớp màng vừa có khả năng cản khí và hơi nước, tuy rằng mức ảnh hưởng thấp hơn sáp cọ và CMC.

3.1.2. Khảo sát sự biến thiên của hàm vitamin C (Y_2)

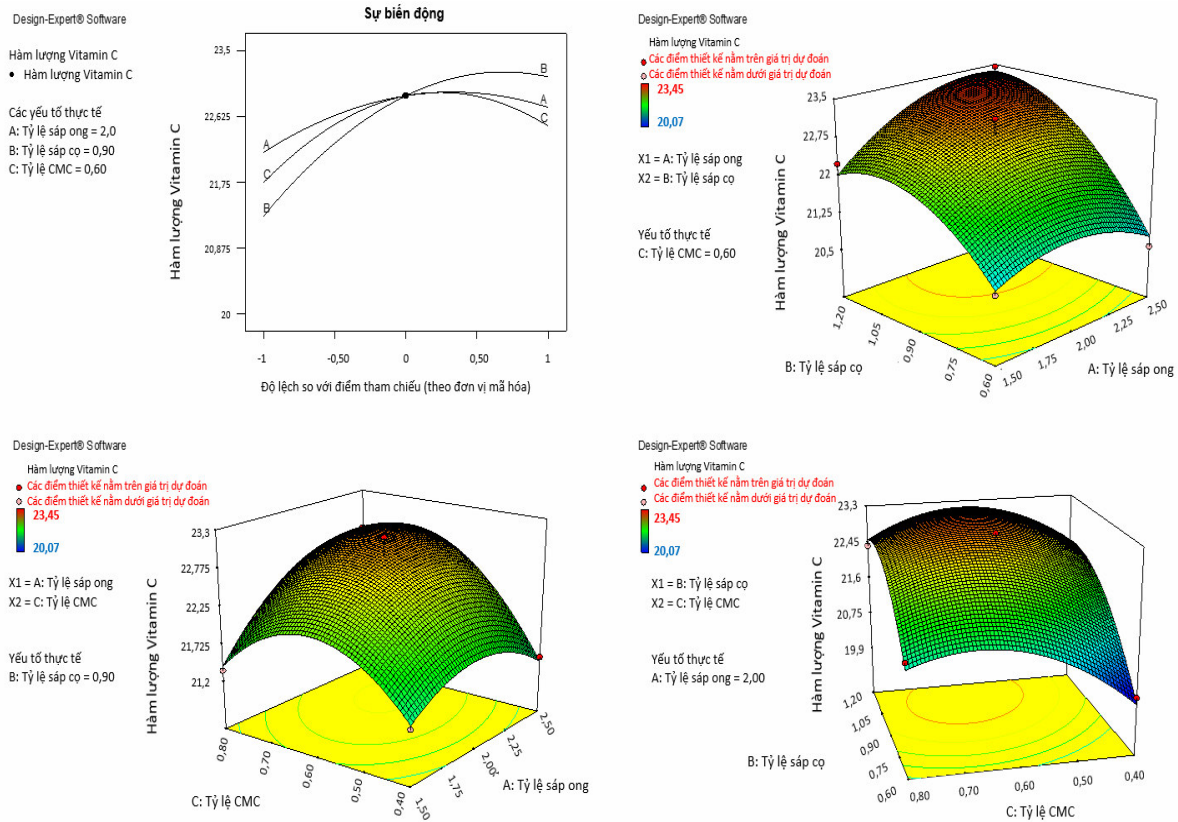
Phương trình hồi quy hàm Y_2 theo biến coded đã được mã hóa (2a) và theo biến thực (2b):

$$Y_2 = 22,9 + 0,3A + 0,92B + 0,37C + 0,37AB + 0,33AC - 0,23BC - 0,45A^2 - 0,67B^2 - 0,78C^2 \quad (2a)$$

$$Y_2 = 3,89 + 3,628X_1 + 13,891X_2 + 21,95X_3 + 2,45X_1X_2 + 3,325X_1X_3 - 3,791X_2X_3 - 1,8X_1^2 - 7,467X_2^2 - 19,427X_3^2 \quad (2b)$$

Hình 2 (2D) và các hệ số hồi quy của phương trình (2a) cho thấy, tỷ lệ sáp cọ (B) là yếu tố có ảnh hưởng lớn nhất, tiếp theo là tỷ lệ CMC (C) và cuối cùng là tỷ lệ sáp ong (A) đến hàm lượng

vitamin C của thịt quả chanh leo trong quá trình bảo quản.



Hình 2. Biểu diễn quan hệ 2D và 3D giữa các yếu tố thực nghiệm với hàm mục tiêu Y_2

Khi cố định 2 biến A, C tại tâm (0) và tăng B từ -1 đến 0 thì hàm lượng vitamin C tăng mạnh, tiếp theo từ 0 đến +1 thì có xu hướng tăng chậm dần. Tương tự khi cố định 2 biến A, B (0) và tăng C từ -1 đến +1 thì quy luật biến thiên của hàm vitamin C gần giống như đối với biến B, tuy rằng tốc độ tăng hàm lượng vitamin C có xu hướng chậm hơn. Trong khi cố định B, C (0) và tăng A từ -1 đến 0 thì hàm lượng vitamin C có xu hướng tăng với tốc độ chậm dần đều, tiếp theo từ 0 đến +1 thì hàm lượng vitamin C gần như không tăng và có xu hướng giảm chậm. Từ kết quả khảo sát này cho thấy, hàm lượng vitamin C tỷ lệ thuận với tỷ lệ sấp cò và CMC, điều này được lý giải ngoài khả năng ngăn ngừa sự mất nước còn có khả năng rào cản khí làm giảm cường độ hô hấp và tốc độ phản ứng oxy hóa nên có thể duy trì hàm lượng vitamin C ở mức cao. Trong khi sự thay đổi tỷ lệ sấp ong không có ảnh

hưởng nhiều đến hàm lượng vitamin C, điều này chứng tỏ sấp ong ít có khả năng tạo rào cản khí so với sấp cò và CMC, tuy vậy sấp ong có thể đóng vai trò như một vật liệu nền để tạo nên sự ổn định của chế phẩm tạo màng.

3.1.3. Khảo sát sự biến thiên của hàm chất lượng cảm quan (Y_3)

Phương trình hồi quy Y_3 theo biến coded đã được mã hóa (3a) và theo biến thực (3b):

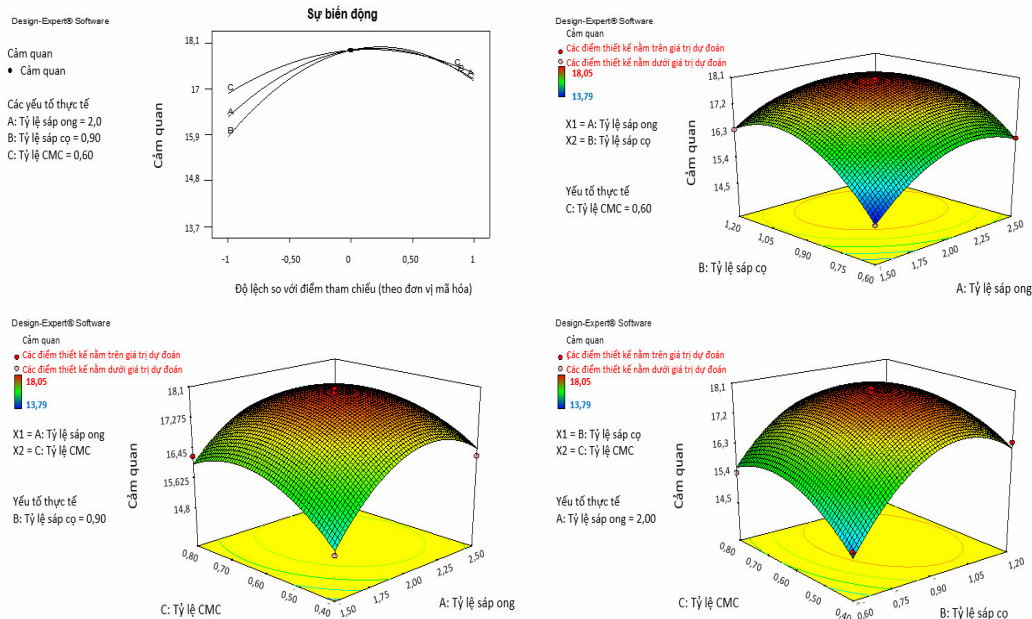
$$Y_3 = 17,93 + 0,46A + 0,67B + 0,24C - 0,43AB - 0,26AC - 0,3BC - 1,14A^2 - 1,4B^2 - 0,8C^2 \quad (3a)$$

$$Y_3 = -35,77 + 23,38X_1 + 39,02X_2 + 34,925X_3 - 2,85X_1X_2 - 2,65X_1X_3 - 5X_2X_3 - 4,578X_1^2 - 15,606X_2^2 - 19,927X_3^2 \quad (3b)$$

Hình 3 (2D) và các hệ số hồi quy của phương trình (3a) cho thấy, tỷ lệ sấp cò (B) là yếu tố có ảnh hưởng lớn nhất, tiếp theo là tỷ lệ sấp ong (A),

cuối cùng là tỷ lệ CMC (C) đến chất lượng cảm

quan của quả chanh leo trong quá trình bảo quản.



Hình 3. Biểu diễn quan hệ 2D và 3D giữa các yếu tố thực nghiệm với hàm mục tiêu Y_3

Khi cố định 2 biến A, C tại tâm (0) và tăng biến B, tương tự khi cố định C, B (0) tăng biến A và cố định A, B (0) tăng biến C trong khoảng từ -1 đến 0 thì cả 3 biến B, A và C đều có xu hướng tăng chất lượng cảm quan. Trong khi tiếp tục tăng B, A, C trong khoảng từ 0 đến 1 thì chất lượng cảm quan tăng chậm và có xu hướng giảm dần với mức ảnh hưởng mạnh hơn lần lượt là các biến B, A, C. Từ kết quả khảo sát này cho thấy, cả 3 thành phần sấp cọ, sấp ong và CMC đều có ảnh hưởng chung đến chất lượng cảm quan theo xu hướng khi tăng tỷ lệ thành phần thì chất lượng cảm quan tăng đạt đến điểm cực đại thì bắt đầu giảm. Điều này có thể lý giải, khi tăng tỷ lệ sấp cọ, sấp ong và CMC đều có tác động tương hỗ lẫn nhau làm giảm cường độ hô hấp, giảm hao hụt khối lượng quả, dẫn đến trạng

thái vỏ quả không có hiện tượng co ngót, nhăn vỏ nên điểm cảm quan tăng, tuy vậy tiếp tục tăng tỷ lệ sấp cọ, sấp ong, CMC thì khả năng tạo rào cản khí lớn hơn có thể xảy ra hiện tượng yếm khí dẫn đến gây nên mùi, vị lạ làm giảm điểm chất lượng cảm quan.

3.2. Tối ưu hóa quá trình bảo quản quả chanh leo bằng chế phẩm phủ màng MW - CMC

Kết quả thực nghiệm đa yếu tố cho thấy, sự biến thiên của các yếu tố thực nghiệm thông qua sự thay đổi các thuộc tính có liên quan đến các hàm mục tiêu theo chiều hướng mong muốn và ngược lại là điều kiện ràng buộc được thể hiện ở bảng 4.

Bảng 4. Điều kiện ràng buộc của các yếu tố và mục tiêu thực nghiệm

Yếu tố và mục tiêu	Mục tiêu mong đợi	Hệ số quan trọng
Tỷ lệ sấp ong (%)	1,5 - 2,5	Hệ số quan trọng 4/5
Tỷ lệ sấp cọ (%)	0,6 - 1,2	Hệ số quan trọng 5/5
Tỷ lệ CMC (%)	0,4 - 0,8	Hệ số quan trọng 5/5
Tỷ lệ hao hụt khối lượng (%)	Giá trị nhỏ nhất	Hệ số quan trọng 5/5
Hàm lượng vitamin C (mg/100 g)	Giá trị lớn nhất	Hệ số quan trọng 4/5
Chất lượng cảm quan (điểm)	Giá trị lớn nhất	Hệ số quan trọng 5/5

Thông qua hệ số quan trọng theo mức độ ảnh hưởng của các yếu tố thực nghiệm được lựa chọn

ưu tiên: Tỷ lệ sấp ong (4/5), tỷ lệ sấp cọ (5/5), tỷ lệ CMC (5/5). Đối với các hàm mục tiêu thì ưu

tiên. Tỷ lệ hao hụt khối lượng và chất lượng cảm quan (5/5), trong khi hàm lượng vitamin C được chọn với mức ưu tiên thấp hơn (4/5).

Tiến hành xử lý số liệu tối ưu hóa bằng phần mềm Design - Expert 7.1, kết quả đã xác định được tỷ lệ thành phần tối ưu với sáp ong 2,28%, sáp cọ 1,04% và CMC 0,68%, tương ứng mục tiêu đạt được tỷ lệ hao hụt khối lượng 2,15%, hàm lượng vitamin C 23,36 mg/100 g, chất lượng cảm quan đạt 17,57 điểm. Tương ứng mục tiêu mong đợi đạt được: Tỷ lệ sáp ong, sáp cọ và CMC đáp ứng 100% sự mong đợi, trong khi tỷ lệ hao hụt khối lượng, hàm lượng vitamin C và chất lượng cảm quan đáp ứng 92,06%, 97,38% và 88,96% sự mong đợi, tổng hợp mục tiêu chung đáp ứng 92,74% sự mong đợi.



a. Mẫu nguyên liệu ban đầu (Phủ màng MW - CMC)



b. Mẫu phủ màng MW - CMC (Ngày thứ 56)



c. Mẫu DC không phủ màng (Ngày thứ 32)



d. Ruột quả nguyên liệu ban đầu



e. Ruột quả (ngày thứ 56)

Hình 4. Hình ảnh mẫu chanh leo ngày thứ 56 so với nguyên liệu ban đầu

Tiến hành thực nghiệm lại với các yếu tố thực nghiệm ở chế độ tối ưu (Tỷ lệ sáp ong 2,28%, sáp cọ 1,04% và CMC 0,68%) với 3 mẫu thí nghiệm ở cùng điều kiện bảo quản trong thời gian 56 ngày (nhiệt độ $5 \pm 1^\circ\text{C}$, độ ẩm $90 \pm 2\%$). Kết quả phân tích mẫu với 3 lần lặp lại và lấy giá trị trung bình tương ứng các chỉ tiêu đạt được: Tỷ lệ hao hụt khối lượng $2,13 \pm 0,04\%$, hàm lượng vitamin C $23,29 \pm 0,21$ mg/100 g, chất lượng cảm quan $17,51 \pm 0,17$ điểm. So sánh giá trị thực nghiệm với mô hình tối ưu thì mức sai lệch không có nghĩa ($p \geq 0,05$), điều này cho thấy, mô hình tối ưu là phù hợp với thực nghiệm. Từ kết quả tối ưu này cho thấy, chế phẩm phủ màng MW - CMC trong bảo quản quả chanh leo tím là có hiệu quả hơn so với các chế phẩm phủ màng kết hợp bảo quản lạnh đã công bố thông qua các chỉ tiêu thời gian bảo quản, hao hụt khối lượng

Hình 4 là mẫu phủ màng MW - CMC sau 56 ngày bảo quản (b) ở công thức tốt nhất về trạng thái và màu sắc vỏ quả không có sự biến đổi đáng kể so với mẫu nguyên liệu ban đầu (a), tương ứng phần thịt quả (d, e) cũng quan sát thấy không có sự khác biệt. Trong khi mẫu đối chứng không phủ màng (ở cùng điều kiện bảo quản $5 \pm 1^\circ\text{C}$, độ ẩm $90 \pm 2\%$) chỉ đến ngày thứ 32 thì trạng thái và màu sắc vỏ quả giảm mạnh. Kết quả phân tích so sánh mẫu nguyên liệu ban đầu (a) với chế độ tối ưu của thực nghiệm đa yếu tố thì chất lượng cảm quan giảm từ 19,6 điểm xuống 17,57 điểm, hàm lượng vitamin C giảm từ 28,27 mg/100 g xuống 23,36 mg/100 g (mức tổn thất là 17,36%).

và mức tổn thất vitamin C. Theo You và cs (2022), quả chanh leo tím được xử lý 1 $\mu\text{l/l}$ 1- MCP kết hợp với chitosan trong thời gian bảo quản 25 ngày ở 4°C có hao hụt khối lượng là 13,11% [11]. Kết quả nghiên cứu của Mohamed và cs (2022) cho thấy, bảo quản quả chanh leo tím bằng phủ màng chitosan 2% ở nhiệt độ $8 \pm 1^\circ\text{C}$ trong 25 ngày thì hao hụt khối lượng là 19,53%, vitamin C là 19,81 mg/100 g, mức tổn thất 30% [12].

4. KẾT LUẬN

Đã xác định được tỷ lệ thành phần tối ưu để tạo chế phẩm phủ màng MW - CMC với tỷ lệ sáp ong 2,28%, sáp cọ 1,04%, carboxymethyl cellulose 0,68% và ứng dụng trong bảo quản quả chanh leo tím ở nhiệt độ $5 \pm 1^\circ\text{C}$, độ ẩm $90 \pm 2\%$ trong thời gian 56 ngày với các chỉ tiêu đạt được: Tỷ lệ hao hụt khối lượng 2,15%, hàm lượng vitamin C 23,36 mg/100g (tổn thất 17,36% so với nguyên liệu ban

đầu) và chất lượng cảm quan đạt loại khá là 17,57 điểm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Tripathi, P. C. (2018). Passion fruit. *Brillion Publishing New Delhi*, p. 245 - 270.
2. Cerqueira-Silva, C. B. M., Jesus, O. N., Santos, E. S., Corrêa, R. X., Souza, A. P. (2014). Genetic breeding and diversity of the genus *Passiflora*: progress and perspectives in molecular and genetic studies. *International Journal of Molecular Sciences*, 15(8), 14122 - 14152.
3. Đỗ Hương (2024). Tiềm năng kinh tế của cây chanh dây, <https://baochinhphu.vn/tiem-nang-kinh-te-cua-cay-chanh-day-102240704165008493.htm>, truy cập ngày 8/7/2024.
4. Paull, R. E., Chen, C. C. (2004). Passion Fruit. USDA - ARS Agriculture Handbook 66: *The Commercial Storage of Fruits Vegetables and Florist and Nursery Stocks*, p. 460 – 461.
5. Schotsmans, W. C., Nicholson, S. E., Pinnamaneni, S., Mawson, A. J. (2008). Quality changes of purple passion fruit (*Passiflora edulis*) during storage. *Acta Horticulturae*, (773), 239 - 244. doi:10.17660/actahortic.2008.773.
6. Pongener, A., Sagar, V., Pal, R. K., Asrey, R., Sharma, R. R., Singh, S. K. (2014). Physiological and quality changes during postharvest ripening of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). *Fruits*, 69(1), 19 - 30. doi:10.1051/fruits/2013097.
7. Kishore, K., Pathak, K. A., Shukla, R. *et al.* (2011). Effect of storage temperature on physico - chemical and sensory attributes of purple passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). *J Food Sci Technol*, 48, 484 - 488. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0189-8>.
8. Hasan SMK, Ferrentino G, Scampicchio M. (2019). Nanoemulsion as advanced edible coatings to preserve the quality of fresh-cut fruits and vegetables: A review. *Int J Food Sci Technol*. 1 - 10. DOI:10.1111/ijfs.14273.
9. Zhang, R., Lan, W., Ding, J., Ahmed, S., Qin, W., He, L., Liu, Y. (2019). Effect of PLA/PBAT antibacterial film on storage quality of passion fruit during the shelf-life. *Molecules*, 24(18), 3378.
10. Xingyan, L. I., Lijin, H., Hanmei, L., Shoukui, T. A. O., Yue, J., Zhiqian, Y., Yezhen, C., Yonggui, P. (2023). Effect of chitosan coating with different molecular weights on the storage quality of postharvest passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). *Shipin gongye ke-ji*, 44(22), 319 - 326.
11. You, M., Duan, X., Li, X., Luo, L., Zhao, Y., Pan, H., & Li, G. (2022). Effect of 1-Methylcyclopropene combined with chitosan-coated film on storage quality of passion fruit. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, 27, 100679.
12. Mohamed, J. J., Prem, J. J., Saraswathy, S., Muthuramalingam, S., Anitha, T., Vani, V. (2022). Influence of edible coatings to enhance the postharvest quality of passion fruit (*Passiflora edulis* Sims) under cold storage conditions. *Biological Forum – An International Journal*, 14(3), 118 - 122.
13. Sang, N., Hai, L. H. (2020). Effect of propionic acid on fruit decay and postharvest quality of Vietnamese purple passion fruit during low temperature storage. *In III Asian Horticultural Congress-AHC*, 1312, pp. 463 - 470.
14. Derringer G, Suich R. (1980). Simultaneous optimization of several responses variables. *Journal of quality technology*, 12(4), 214 - 219.
15. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 8977:2011 Thực phẩm - Xác định vitamin C bằng sắc ký lỏng hiệu năng cao (HPLC).
16. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3215 – 79 Sản phẩm thực phẩm, phân tích cảm quan, phương pháp cho điểm.
17. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3216:1994. Đồ hộp rau quả, phân tích cảm quan - phương pháp cho điểm.
18. Design - Expert version 7.1 (2007). Software for design of experiment, Stat - Ease, Inc., Minneapolis, USA. <https://www.statease.com/software/design-expert/>.
19. Baldwin, E. A., Hagenmaier, R., Bai, J. (Eds.) (2011). Edible coatings and films to improve food quality. CRC press, p. 3 - 8. <https://doi.org/10.1201/b11082>.
20. Bugarski, B., Milanovic, J., Levic, S., Stojanovic, R., Manojlovic, V., Nedovic, V. (2008). Carnauba wax as a carrier for aroma

encapsulation. *XVI the International Conference on Bioencapsulation, Dublin, Ireland*. Sept 4 - 6, p. 53.

21. Codex Alimentarius Commission (2016). Sodium carboxymethyl cellulose (*Cellulose gum*). *GFSA Online*. ISSN 1020-8070.

22. Ergun, R., Guo, J., Huebner-Keese, B. (2016). Cellulose. *Encyclopedia of Food and Health*: 694 - 702. doi:10.1016/B978-0-12-384947-2.00127-6. ISBN 9780123849533.

23. Navarro-Tarazaga, M. L., Massa, A., Pérez-Gago, M. B. (2011). Effect of beeswax content on hydroxypropyl methylcellulose-based edible film properties and postharvest quality of coated plums (Cv. Angeleno). *LWT-Food Science and Technology*, 44(10), 2328 - 2334.

24. Shahid, M. N. & Abbasi, N. A. (2011). Effect of bee wax coatings on physiological changes in fruits of sweet orange CV. "blood red". *Sarhad Journal of Agriculture*, 27(3), 385 - 394.

OPTIMIZING THE COMPOSITION FORMULATION OF COATING PRODUCTS FROM
A MIXTURE OF BEESWAX, CARNAUBA WAX AND CARBOXYMETHYL CELLULOSE (MW - CMC)
TO EFFECTIVELY PRESERVE PURPLE PASSION FRUITS

Nguyen Sang¹, Pham Anh Tuan², Tran Thi Thu Hoai²

¹PhD student Vietnam Institute of Agricultural Engineering and Post Harvest Technology

²Vietnam Institute of Agricultural Engineering and Post Harvest Technology

Summary

This research aimed to experiment with multiple factors and optimize the composition formulation of preparations from a mixture of beeswax, carnauba wax and carboxymethyl cellulose (MW - CMC) to effectively preserve purple passion fruit grown in Son La province, Vietnam. The experimental design used the Box - Behnken's model with 3 (three) independent variables corresponding to the experimental domain: beeswax ratio (1.5 - 2.5%), carnauba wax ratio (0.6 - 1.2%) and carboxymethyl cellulose ratio (0.4 - 0.8%). The objective functions to evaluate the effectiveness of preserving passion fruit included: Weight loss (%), vitamin C content (mg/100 g) and sensory quality (score). Experimental data processing and optimization used the expectation function algorithm with Design - Expert 7.1 software, target for the lowest weight loss, highest vitamin C content and best sensory quality, corresponding to important coefficients 5/5, 4/5, 5/5, respectively. The results of the research determined the optimal technological parameters with a beeswax ratio (2.28%), carnauba wax ratio (1.04%) and carboxymethyl cellulose ratio (0.68%), corresponding to the target of achieving weight loss of 2.15%, vitamin C content of 23.36 mg/100 g (17.36% loss compared to the initial raw material) and a sensory quality score of 17.57 points, storage at $5 \pm 1^{\circ}\text{C}$, $90 \pm 2\%$ RH for 56 days.

Keywords: Beeswax, carnauba wax, carboxymethyl cellulose, coating formulation, optimization, purple passion fruit preservation.

Ngày nhận bài: 9/8/2024

Ngày chuyển phản biện: 28/8/2024

Ngày thông qua phản biện: 9/9/2024

Ngày duyệt đăng: 13/9/2024