

TỐI ƯU HÓA MỘT SỐ THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ BẢO QUẢN QUẢ ỚT BẰNG KỸ THUẬT BAO GÓI KHÍ ĐIỀU BIẾN

Phạm Anh Tuấn¹, Vũ Thị Nga¹,
Tạ Phương Thảo¹, Nguyễn Thị Hạnh²

TÓM TẮT

Mục tiêu của nghiên cứu này là xác định vật liệu bao gói phù hợp và tối ưu hóa hai yếu tố thực nghiệm gồm tỷ lệ diện tích bao bì/khối lượng quả (cm^2/g) và độ dày bao bì (mm) có ảnh hưởng đến điều kiện cân bằng nồng độ khí oxy (%) và nồng độ khí cacbonic (%) trong môi trường vi khí hậu của bao bì bảo quản quả ớt. Kết quả thực nghiệm đã xác định được vật liệu bao bì LDPE có khả năng thẩm khí phù hợp cho bảo quản quả ớt. Kế hoạch thực nghiệm đa yếu tố gồm 9 thí nghiệm với khoảng khảo sát của 2 yếu tố thực nghiệm: tỷ lệ diện tích bao bì/khối lượng quả từ 2,0 - 2,5 cm^2/g , độ dày bao bì LDPE từ 0,02 - 0,04 mm, quả ớt sau khi sơ chế, bao gói được tồn trữ ở nhiệt độ $4 \pm 1^\circ\text{C}$ và độ ẩm 90 - 95%. Kết quả tối ưu đã xác định được tỷ lệ diện tích bao bì/khối lượng quả ớt là 2,17 cm^2/g và độ dày bao bì LDPE là 0,03 mm, tương ứng trạng thái cân bằng môi trường vi khí hậu ở nồng độ khí oxy 2,02%, nồng độ khí cacbonic 5,9%. Chất lượng mẫu ớt ở điều kiện tối ưu được đánh giá sau 30 ngày bảo quản với hàm lượng chất khô hòa tan tổng số 5,4°Brix, hàm lượng vitamin C 16,8 mg/100 g (giảm 33% so với nguyên liệu ban đầu), chất lượng cảm quan đạt mức tốt (18,4 điểm).

Từ khóa: Quả ớt, bao gói khí điều biến, nồng độ khí oxy, nồng độ khí cacbonic.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cây ớt (*Capsicum* sp) thuộc chi *Capsicum*, họ cà (Solanaceae). Trong số các cây trồng thuộc họ cà cây ớt có tầm quan trọng thứ hai chỉ sau cây cà chua. Có hai nhóm ớt phổ biến là ớt cay (*Capsicum frutescens* L.) và ớt ngọt (*Capsicum annuum* L.). Ngày nay, ớt trồng ở khắp các châu lục, sản lượng ớt thế giới hiện khoảng 60 triệu tấn, bao gồm cả ớt cay, ớt chuông và ớt xanh. Châu Á hiện là khu vực sản xuất ớt lớn nhất thế giới, chiếm khoảng 80% sản lượng toàn cầu. Thương mại ớt toàn cầu trị giá khoảng 35 tỷ USD mỗi năm, không kém cà phê hoặc trà [9]. Theo số liệu của Tổng cục Thống kê năm 2018, diện tích trồng ớt của nước ta là 45,09 nghìn ha, năng suất đạt 13,53 tấn/ha, sản lượng 609,92 nghìn tấn, tăng dần hàng năm cả về diện tích và sản lượng.

Quả ớt có nhiệt độ bảo quản thích hợp trong khoảng 4 - 10°C phụ thuộc vào giống ớt, điều kiện môi trường và độ chín thu hoạch. Quả ớt cay hô hấp thường (5 - 10 mg $\text{CO}_2/\text{kg.h}$ ở 10°C và 20 - 30 $\text{CO}_2/\text{kg.h}$ ở 20°C và sản sinh etylen ở mức độ thấp, chỉ khoảng 0,1 - 0,2 $\mu\text{l}/\text{kg.Ưh}$ ở 10-20°C. Ớt cay có thể bảo quản được 2 - 3 tuần ở điều kiện 10°C, 85 - 90%

RH [10]. Các bệnh sau thu hoạch phổ biến nhất ở ớt là thối mềm do vi khuẩn, mốc xám, thối do nấm *Rhizopus*, thối mềm chảy nước, mốc đen, bệnh thán thư (*Colletotrichum capsici*) và thối chua [1, 2]. Phương pháp bao gói khí điều biến (Modified atmosphere packaging - MAP) là một công nghệ tiên tiến với kỹ thuật sử dụng vật liệu bao gói dạng màng polymer thích hợp, có khả năng tạo ra được môi trường vi khí hậu với nồng độ khí oxy thấp và nồng độ khí cacbonic cao dựa trên nguyên tắc bán thẩm khí của bao bì kết hợp với quá trình tự hô hấp của các loại rau quả tươi. Do đó làm giảm sự phát triển của vi sinh vật gây thối hỏng, ức chế quá trình hô hấp của rau quả, có thể kéo dài thời gian bảo quản, mặt khác giảm khả năng sản sinh ethylen và những biến đổi sinh hóa, hóa học và hoạt tính của enzyme [3, 4]. Theo Edusei (2011), sử dụng màng MAP với vật liệu LDPE (dày 0,035 mm), màng PP (dày 0,032 mm) có đục lỗ và không đục lỗ để bao gói bảo quản 2 giống ớt xanh Legon 18 và KA2 giúp duy trì chất lượng (hao hụt khối lượng, độ cứng và màu sắc) và hạn chế tổn thương lạnh sau 4 tuần bảo quản ở 10°C [5]. Theo nghiên cứu của Maurya, V. K. và cộng sự (2020), khi kết hợp xử lý gibbellic axit (GA_3) và bao gói MAP cho ớt xanh giống PKM-1: GA_3 và màng RD45 (dày 0,018 mm), GA_3 và màng LDPE (dày 0,05 mm) giúp kéo dài hạn sử dụng ớt lần lượt 30 ngày và 25 ngày ở $8 \pm 2^\circ\text{C}$. Bên cạnh đó, xử lý GA_3 và màng

¹ Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch

² Viện Công nghệ Sinh học và Công nghệ thực phẩm, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội

RD45 giúp duy trì chất lượng tổng thể (màu sắc vỏ quả, hàm lượng vitamin C) tốt hơn với tỷ lệ hao hụt khối lượng sau 20 và 30 ngày bảo quản lần lượt là 11,93% và 19,74%. Màng RD45 cho thành phần khí CO₂, O₂ tối ưu và tốc độ hô hấp thấp hơn màng LDPE. Sau 10 ngày bảo quản, thành phần khí CO₂, O₂ trong màng RD45 là: 0,92% CO₂, 9,15% O₂ và trong màng LDPE là 0,75% CO₂, 8,14% O₂ [6].

Trong phạm vi nghiên cứu này nhằm xác định vật liệu bao bì thích hợp và tối ưu hóa một số thông số công nghệ bằng kỹ thuật bao gói MAP cho quả ớt. Quá trình nghiên cứu thực nghiệm có sử dụng kết quả nghiên cứu bảo quản quả ớt tươi bằng phương pháp CA (Controlled Atmosphere) [8] và phương pháp thực nghiệm xác định một số thông số công nghệ bao gói MAP cho các đối tượng rau quả tươi đã được nhóm tác giả công bố trên một chương sách quốc tế [7].

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Giống ớt cay hot chili (*Capsicum frutescens* L.), trồng tại Vĩnh Phúc, đường kính 0,8 - 1 cm, dài 16 - 25 cm, được thu hoạch sau khoảng 70 - 75 ngày sau khi trồng. Vụ thu hoạch vào tháng 11/2017. Thời gian từ khi thu hoạch đến khi bố trí thí nghiệm ≤16 giờ.

2.2. Phương pháp nghiên cứu



LDPE



HDPE



PP



PVC

Hình 1. Mẫu thí nghiệm với 4 loại vật liệu bao bì khác nhau

Kết quả xác định loại bao bì phù hợp trên cơ sở đánh giá chất lượng quả ớt và khả năng cân bằng nồng độ khí oxy, khí cacbonic biến thiên trong khoảng cận miền tối ưu với chế độ bảo quản quả ớt bằng phương pháp CA tương ứng nồng độ khí O₂ 2,08% và nồng độ khí CO₂ 6,0% [8].

b) *Thực nghiệm đa yếu tố bảo quản quả ớt bằng phương pháp bao gói MAP:*

2.2.1. *Phương pháp lấy mẫu quả tươi:* theo TCVN 5120 – 90.

2.2.2. *Phương pháp sơ chế và xử lý nguyên liệu*

Ớt sau thu hoạch được làm sạch sơ bộ bằng cách loại bỏ tạp chất thô và các quả ớt bị sâu bệnh, thối hỏng, rụng cuống, cháy nắng hay bị héo, dập nát,... Tiếp theo ớt được xử lý tiền bảo quản bằng nhúng trong dung dịch axit citric pH = 3,0 - 3,5 (nồng độ 1,5 g/lít nước) trong 5 phút. Ớt sau xử lý được để khô tự nhiên, chuẩn bị cho thực nghiệm.

2.2.3. *Phương pháp thực nghiệm*

a) *Thực nghiệm lựa chọn vật liệu bao gói phù hợp cho bảo quản quả ớt:*

Tiến hành khảo sát với 4 loại bao bì gồm LDPE, HDPE, PP và PVC với cùng độ dày 0,03 mm, kích thước bao bì 200 x 280 mm, mỗi thí nghiệm gồm 12 túi ớt được đóng gói hàn kín, khối lượng 500 g ± 10 g/túi bao bì (Hình 1). Sau bao gói, ớt được đặt trong thùng carton, bảo quản ở nhiệt độ 4 ± 1°C và độ ẩm từ 90 - 95%. Theo dõi và lấy mẫu phân tích trong thời gian bảo quản 20 ngày. Các chỉ tiêu đánh giá chất lượng gồm: Chất lượng cảm quan (điểm), hàm lượng chất khô hòa tan tổng số TSS (°Brix), hàm lượng vitamin C (mg/100 g) với tần suất phân tích 5 ngày/lần, mỗi lần 3 túi/thí nghiệm. Đồng thời cập nhật số liệu phân tích nồng độ khí O₂ và CO₂ bên trong bao bì với tần suất 1 ngày/lần.

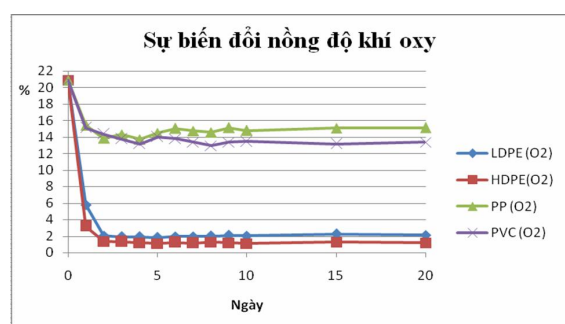
Sử dụng mô hình trực giao bậc 2 với 2 yếu tố thực nghiệm gồm: Tỷ lệ diện tích bề mặt bao bì/khối lượng quả (X₁), độ dày vật liệu bao bì (X₂). Mỗi yếu tố tiến hành tại 3 mức (- 1, 0, +1) với α = 1 (k = 2). Kết quả kết quả nghiên cứu thực nghiệm (a) xác định được miền biến thiên của các yếu tố thực nghiệm tương ứng các biến (X₁ và X₂) và vật liệu bao bì đã được xác định làm cơ sở xây dựng kế hoạch thực

thực nghiệm đa yếu tố. Quy hoạch thực nghiệm gồm 9 thí nghiệm với 2 hàm mục tiêu là Y_1 - Nồng độ khí O_2 (%) và Y_2 - nồng độ khí CO_2 (%) với mong muốn có giá trị đạt được gần nhất với điều kiện tối ưu bảo quản quả ớt bằng phương pháp điều chỉnh khí CA [8] và đánh giá chất lượng tương ứng sau 30 ngày bảo quản. Ngoài 9 thí nghiệm theo kế hoạch thực nghiệm đa yếu tố, tiến hành đồng thời thêm 01 thí nghiệm đối chứng bằng bao gói thường ở cùng điều kiện sơ chế, xử lý và môi trường bảo quản.

Mỗi mẫu thí nghiệm được lặp lại 3 lần với cùng quy cách đóng bao hàn kín, khối lượng $500 \text{ g} \pm 10 \text{ g}$ /túi và cùng chế độ sơ chế, xử lý, bảo quản ở nhiệt độ $4 \pm 1^\circ\text{C}$, độ ẩm từ 90 - 95%. Theo dõi lấy mẫu phân tích thành phần khí (O_2 và CO_2) 3 ngày/lần cho đến ngày kết thúc thực nghiệm (ngày thứ 30). Tiếp theo các mẫu được phân tích đánh giá chất lượng gồm: chất lượng cảm quan (điểm), hàm lượng chất khô hòa tan tổng số TSS ($^\circ\text{Brix}$), hàm lượng vitamin C ($\text{mg}/100 \text{ g}$).

2.2.4. Phương pháp phân tích và đánh giá chất lượng

Đánh giá chất lượng cảm quan bằng phương pháp lập Hội đồng chấm điểm với các chỉ tiêu gồm: màu sắc, mùi, vị và trạng thái quả ớt. Các chỉ tiêu được đánh giá riêng rẽ theo thang 5 điểm, điểm cao nhất là 5, điểm thấp nhất là 1. Tương ứng hệ số quan trọng (HSQT): màu sắc (1,2), mùi (0,8), vị (0,8) và trạng thái (1,2). Mức xếp loại theo tổng điểm: tốt (18,2 - 20), khá (15,2 - 18,1), trung bình (11,2 - 15,1), kém (7,2 - 11,1), hỏng $\leq 7,1$;



Hình 2. Ảnh hưởng của vật liệu bao gói đến sự biến đổi nồng độ khí oxy trong bao bì

Trong quá trình tồn trữ, quả hô hấp tiêu thụ khí oxy và thải ra khí cacbonic, do vậy nồng độ khí oxy có xu hướng giảm và ngược lại nồng độ khí cacbonic có xu hướng tăng. Mỗi loại màng bao gói khác nhau

Xác định hàm lượng chất khô hòa tan tổng số: theo TCVN 7771:2007.

Xác định hàm lượng vitamin C: theo TCVN 6427-2: 1998 (ISO 6557/2:1984).

2.2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Kết quả thí nghiệm được phân tích ANOVA và kiểm định LSD (5%) để so sánh sự khác biệt trung bình giữa các lần lặp lại trong cùng thí nghiệm. Các phân tích thống kê sử dụng phần mềm SPSS 18.0.

2.2.6. Phương pháp xử lý số liệu đa yếu tố

Sử dụng phần mềm Design - Expertversion 7.1 và tối ưu hóa bằng thuật toán hàm mong đợi.

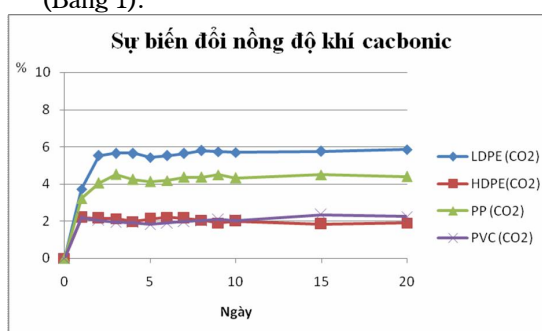
2.2.7. Thiết bị sử dụng và dụng cụ đo đặc khác

Kho lạnh bảo quản lạnh dung tích 10 m^3 tại phòng thí nghiệm Bộ môn Nghiên cứu Công nghệ bảo quản nông sản - Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch. Thiết bị có chức năng điều khiển giám sát nhiệt độ và độ ẩm. Cân phân tích: Model FWN-V6, thang đo: $100 \text{ g} - 30 \text{ kg} \pm 2 \text{ g}$. Thiết bị phân tích nồng độ khí O_2 và CO_2 của Hãng Illinois Instruments, model 6600. Khúc xạ kế Atago, model PAL- α .

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả xác định vật liệu bao bì phù hợp cho bao gói quả ớt

Tổng hợp kết quả nghiên cứu thực nghiệm bảo quản quả ớt với các loại vật liệu bao bì khác nhau được thể hiện với sự biến đổi nồng độ khí O_2 và CO_2 tại (Hình 2, hình 3) và sự biến đổi chất lượng quả tại (Bảng 1).



Hình 3. Ảnh hưởng của vật liệu bao gói đến sự biến đổi nồng độ khí cacbonic trong bao bì

có đặc tính thấm khí khác nhau, nhờ đó nồng độ khí oxy và cacbonic trong túi bao gói có trạng thái cân bằng khác nhau. Theo hình 2 cho thấy cả 4 loại màng LDPE, HDPE, PP và PVC đạt trạng thái cân bằng

nồng độ khí oxy chỉ sau 3-5 ngày bảo quản, tương ứng giá trị cân bằng với màng LDPE từ 1,8 - 2,2%, HDPE 1,1 - 1,4%, PP 13,7 - 15,2% và PVC 12,9 - 14,3%. Mật khác quan sát theo hình 3 cho thấy cả 4 loại màng LDPE, HDPE, PP và PVC đạt trạng thái cân bằng nồng độ khí cacbonic chỉ 2 - 3 ngày sau bảo quản, tương ứng trạng thái cân bằng với nồng độ khí cacbinic của màng LDPE 5,4 - 5,9%; HDPE 1,8 - 2,2%; PP 4,1 - 4,5% và PVC 1,8 - 2,4%.

Bảng 1. Ảnh hưởng của vật liệu bao gói đến chất lượng quả ớt trong quá trình bảo quản

Màng bao bì	Thời gian (ngày)	Chỉ tiêu đánh giá		
		Hàm lượng chất khô hòa tan tổng số (°Brix)	Hàm lượng vitamin C (mg/100 g)	Cảm quan (điểm)
-	0	6,3 ^a	25,14 ^a	20,0 ^a
LDPE	5	6,1 ^a	21,05 ^b	19,5 ^{ab}
	15	5,9 ^{ab}	19,21 ^b	18,3 ^c
	20	5,2 ^c	15,58 ^c	17,9 ^d
HDPE	5	5,7 ^b	18,61 ^b	19,0 ^b
	15	5,4 ^c	15,44 ^c	17,6 ^d
	20	5,3 ^c	13,18 ^d	16,6 ^e
PP	5	5,6 ^b	16,03 ^c	19,1 ^b
	15	4,9 ^d	13,07 ^d	17,7 ^d
	20	4,5 ^f	11,28 ^e	16,3 ^e
PVC	5	5,3 ^c	15,68 ^c	18,5 ^c
	15	4,7 ^e	12,91 ^d	16,5 ^e
	20	4,4 ^f	8,65 ^f	14,5 ^f

(Trong cùng 1 cột, các số có chữ cái giống nhau thì không khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha=0,05$)

Từ số liệu bảng 1 cho thấy với vật liệu bao gói khác nhau có ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng quả ớt trong quá trình bảo quản. Cả 4 loại vật liệu LDPE, HDPE, PP và PVC cho hàm lượng chất khô hòa tan tổng số (TSS) giảm dần theo thời gian bảo quản, tuy nhiên mức độ giảm tương ứng với từng loại vật liệu khác nhau là khác nhau. Tốc độ giảm hàm lượng TSS là phù hợp với quá trình biến đổi sinh lý và sinh hóa của quả ớt sau thu hoạch do sự chuyển hóa tinh bột thành đường kết hợp với sự thủy phân các chất khác như saccharose, cellulose, hemicellulose, pectin, lignin,... Sau 20 ngày bảo quản, màng LDPE duy trì được hàm lượng TSS cao nhất là 5,2°Brix. Tương tự, hàm lượng vitamin C của quả ớt cũng giảm dần theo thời gian bảo quản ở tất cả các thí nghiệm, tuy vậy

với màng LDPE cho thấy có hiệu quả duy trì hàm lượng vitamin C là cao nhất cho đến ngày thứ 20 là 15,58 mg/100 g. Về chất lượng cảm quan sau 20 ngày bảo quản, màng LDPE cho chất lượng tốt nhất (17,9 điểm), sau đó là HDPE và PP (16,6 và 16,3 điểm), màng PVC cho chất lượng cảm quan ở mức trung bình (14,5 điểm).

Từ kết quả đánh giá cho thấy vật liệu LDPE là phù hợp nhất để bảo quản quả ớt nhờ khả năng thẩm khí có thể duy trì trạng thái cân bằng về nồng độ khí oxy và cacbonic gần nhất với điều kiện tối ưu tương ứng nồng độ khí oxy 2,08% và khí cacbonic 6,0%. Từ phương pháp bố trí thí nghiệm có thể quy đổi giá trị tỷ lệ diện tích màng LDPE trên khối lượng quả trong khoảng 2,0 - 2,5 cm²/g.

3.2. Kết quả nghiên cứu thực nghiệm đa yếu tố xác định chế độ công nghệ bao gói MAP thụ động cho ớt

Từ kết quả thực nghiệm (3.1) đã xác định được vật liệu bao gói phù hợp cho bảo quản quả ớt là LDPE với độ dày 0,03 mm, khả năng trao đổi khí oxy và cacbonic phù hợp với quả ớt với tỷ lệ diện tích bao bì/khối lượng quả trong khoảng 2,0 - 2,5 cm²/g. Để tiến hành thực nghiệm đa yếu tố theo kế hoạch thực nghiệm với khoảng khảo sát của yếu tố độ dày bao bì LDPE trong khoảng từ 0,02 - 0,04 mm. Kết quả tổng hợp số liệu thực nghiệm đa yếu tố tại bảng 2.

Bảng 2. Bảng số liệu thí nghiệm đa yếu tố bảo quản quả ớt

STT	X ₁	X ₂	Y ₁	Y ₂
1	2,25	0,04	1,7	6,3
2	2,50	0,02	2,5	5,2
3	2,25	0,03	2,1	5,9
4	2,50	0,03	2,2	5,7
5	2,00	0,03	1,9	6,1
6	2,00	0,02	2,3	5,5
7	2,25	0,02	2,4	5,4
8	2,50	0,04	1,9	6,2
9	2,00	0,04	1,4	6,6

Xử lý số liệu bằng phần mềm Design - Expertversion 7.1.

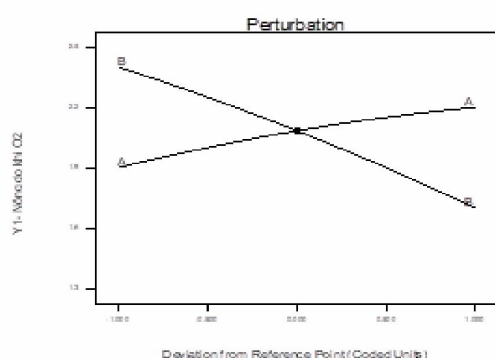
3.2.1. Hàm mục tiêu Y₁

Kết quả phân tích hồi quy (Bảng 3) với F-value = 515,29 (P < 0,05) cho thấy mô hình là có ý nghĩa. Sự có nghĩa của các hệ số hồi quy được kiểm định bởi chuẩn F, các giá trị P < 0,05 cho thấy các hệ số hồi

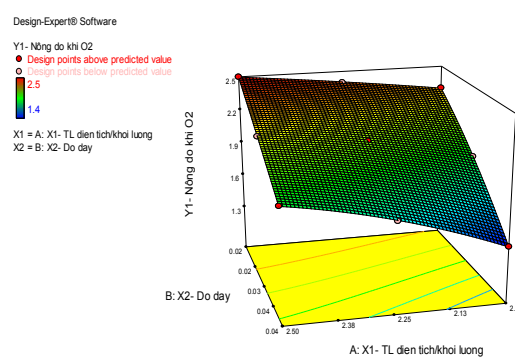
quy A, B và AB là có nghĩa, trong khi hệ số $A^2 = 0,2163$ và $B^2 = 0,2163$, là không có nghĩa, tuy vậy trong mô hình vẫn giữ lại hệ số A^2 và B^2 để tiến hành tối ưu hóa. Phương trình hồi quy Y_1 có dạng bậc 2 được biểu diễn theo dạng biến coded (1a) và biến thực (1b):

$$Y_1 = 2,09 + 0,15A - 0,35B + 0,075AB - 0,033A^2 - 0,033B^2 \quad (1a).$$

$$Y_1 = 4,86389 - 2,4X_1 - 150X_2 + 150X_1X_2 + 0,66667X_1^2 - 2583,333X_2^2 \quad (1b).$$



(a)



(b)

Hình 4. Biểu diễn quan hệ 2D (a) và 3D (b) giữa các yếu tố thực nghiệm đến hàm nồng độ khí O_2 (Y_1)

Thông qua hệ số hồi quy của các phương trình hồi quy theo biến coded 1a và đồ thị 2D (Hình 4) cho thấy: các yếu tố thực nghiệm tỷ lệ diện tích/khối lượng (A) và độ dày bao gói (B) có ảnh hưởng đáng kể đến hàm nồng độ khí O_2 (Y_1). Trong đó A có quan hệ tỷ lệ thuận với hàm Y_1 , khi A tăng thì hàm Y_1 tăng và ngược lại. Điều này là hoàn toàn phù hợp quy luật bao gói có đặc tính bán thấm khí O_2 trong quá trình hô hấp của đối tượng rau quả tươi nói chung, đồng nghĩa với việc cố định 1 khối lượng quả ớt và điều chỉnh tăng (hoặc giảm) diện tích bao gói với cùng loại vật liệu bao gói và độ dày thì lưu lượng thẩm khí O_2 từ môi trường vào trong bao bì sẽ tương ứng tăng (hoặc giảm), do lượng khí O_2 tiêu thụ của một khối lượng quả ớt tại cùng thời điểm là không đổi. Mặt khác yếu tố B có quan hệ tỷ lệ nghịch với hàm Y_1 , có nghĩa khi tăng (hoặc giảm) B dẫn đến nồng độ khí O_2 giảm và ngược lại. Điều này có thể lý giải do sự cản trở khả năng thẩm khí O_2 so với cường độ hô hấp của quả. Trong đó ảnh hưởng của độ dày bao gói có tác động mạnh hơn so với yếu tố tỷ lệ diện tích/khối lượng. Tuy vậy trong quá trình tính toán bao gói

MAP thì việc điều chỉnh yếu tố tỷ lệ diện tích/khối lượng là dễ dàng hơn việc điều chỉnh độ dày của vật liệu bao gói.

3.2.2. Hàm mục tiêu Y_2

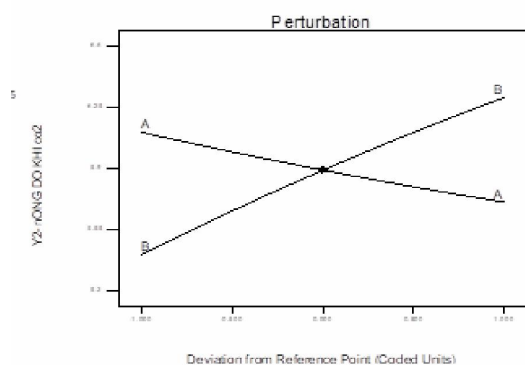
Bảng 4. Kết quả phân tích hồi quy - Y_2

Nguồn gốc	Phương sai	F	Giá trị p (khả năng >F)
Mô hình	0,25	882,14	0,0259
A	0,080	288,00	0,0375
B	0,40	1458,00	0,0167
AB	2,500E-003	9,00	0,0480
A^2	5,556E-004	2,00	0,3918
B^2	2,222E-003	8,00	0,2163

Kết quả phân tích hồi quy (Bảng 4) với F-value = 882,14 ($P < 0,05$) cho thấy mô hình là có ý nghĩa. Sự có nghĩa của các hệ số hồi quy được kiểm định bởi chuẩn F, các giá trị $P < 0,05$ cho thấy các hệ số hồi quy A, B và AB là có nghĩa, trong khi hệ số $A^2 = 0,3918$ và $B^2 = 0,2163$ là không có nghĩa, tuy vậy trong mô hình vẫn giữ lại hệ số A^2 và B^2 để tiến hành tối ưu hóa. Phương trình hồi quy Y_2 có dạng bậc 2

được biểu diễn theo dạng biến coded (2a) và biến thực (2b):

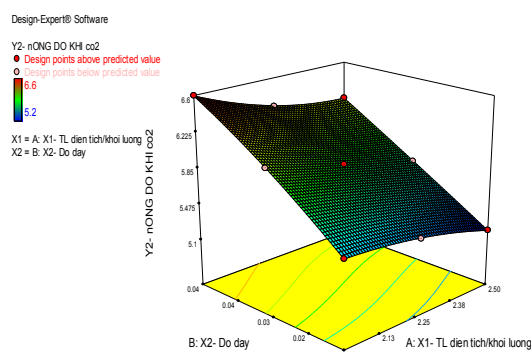
$$Y_2 = 5,89 - 0,2A + 0,45B - 0,025AB + 0,017A^2 - 0,033B^2 \quad (2a).$$



(a)

$$Y_2 = -13,53611 + 15,4X_1 + 830X_2 - 610X_1X_2 - 3,33333X_1^2 - 283,33333X_2^2 \quad (2b).$$

Biểu diễn bằng đồ thị quy luật biến thiên của hàm mục tiêu Y_2 dạng 2D và 3D (Hình 5).



(b)

Hình 5. Biểu diễn quan hệ 2D (a) và 3D (b) giữa các yếu tố thực nghiệm đến hàm nồng độ khí CO_2 (Y_2)

Thông qua hệ số hồi quy của các phương trình hồi quy theo biến coded 2a và đồ thị 2D (Hình 5) cho thấy: các yếu tố thực nghiệm tỷ lệ diện tích/khối lượng (A) và độ dày bao gói (B) có ảnh hưởng đáng kể đến hàm mục tiêu Y_2 . Trong đó yếu tố A tỷ lệ nghịch với hàm Y_2 , tuy vậy quy luật này ngược với hàm nồng độ khí O_2 là khi tăng A thì Y_2 giảm, điều này chứng tỏ khả năng thấm khí CO_2 từ bên trong bao gói ra môi trường với lưu lượng lớn hơn và ngược lại. Mặt khác B lại có quan hệ tỷ lệ thuận với hàm Y_2 , quy luật này cũng ngược với hàm Y_1 , điều này có nghĩa khi tăng (hoặc giảm) độ dày bao gói dẫn đến nồng độ khí CO_2 tăng và ngược lại, là do khả năng cản trở mức thấm khí CO_2 từ bên trong bao gói ra ngoài môi trường. Điều này là rất có ý nghĩa trong tính toán bao gói MAP để tận dụng tối đa khả năng tự tạo khí CO_2 trong quá trình hô hấp của quả mặt khác tận dụng được nguồn khí O_2 trong môi trường khí quyển có từ 20 - 21%, trong khi nồng độ khí CO_2 trong khí quyển là rất thấp chỉ khoảng 0,03%.

3.2.3. Tối ưu hóa quá trình bao gói MAP cho quả ớt

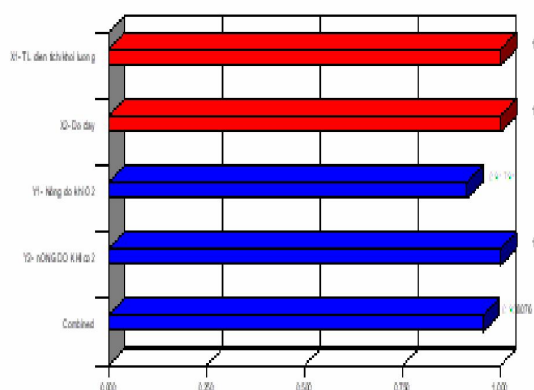
Tiến hành giải bài toán tối ưu theo thuật toán “Hàm mong đợi” với các điều kiện ràng buộc: Tỷ lệ diện tích bề mặt/khối lượng quả trong khoảng 2,0 - 2,5 cm^2/g , mong muốn nằm ở mức cao trong miền

khảo sát, đảm bảo yếu tố an toàn về khả năng trao đổi khí tránh hiện tượng yếm khí dẫn đến hư hỏng với hệ số quan trọng 4/5. Độ dày màng bao bì trong khoảng 0,02 - 0,04 mm, mong muốn nằm ở mức cao đảm bảo vừa có khả năng trao đổi khí và cải thiện tính cơ lý của bao gói trong quá trình vận chuyển và tiêu thụ với hệ số quan trọng 4/5. Hàm mục tiêu về nồng độ khí O_2 (%) và nồng độ khí CO_2 (%) tương ứng mức mong muốn đạt được 2,08% và 6,0% là điều kiện tối ưu đã được xác định trong điều kiện CA [8], với hệ số quan trọng của cả hai hàm mục tiêu là 5/5.

Kết quả tối ưu hóa bằng thuật toán hàm mong đợi sử dụng phần mềm Design - Expert version 7.1, chương chạy với 39 phương án và đã xác định lựa chọn được 1 phương án tối ưu nhất với tỷ lệ diện tích bề mặt bao gói/khối lượng quả là 2,17 cm^2/g , độ dày bao bì LDPE 0,03 mm tương ứng trạng thái cân bằng khi nồng độ khí oxy 2,02%, nồng độ khí cacbonic 5,9%. Với phương án này mục tiêu chung đạt được so với hàm mong đợi là 94,1% được mô tả tại (Hình 6).

Kết quả đánh giá chất lượng mẫu ớt sau quá trình bảo quản 30 ngày ở điều kiện tối ưu cho thấy hàm lượng chất khô hòa tan tổng số TSS 5,4°Brix, hàm lượng vitamin C 16,8 mg/100 g (giảm 33% so với nguyên liệu ban đầu), cảm quan 18,4 điểm (mức tốt) so với điều kiện bao gói thường với cùng chế độ bảo

quản ở nhiệt độ $4 \pm 1^\circ\text{C}$ và độ ẩm 90 - 95% hàm lượng TSS 4,6°Brix, hàm lượng vitamin C 12,5 mg/100 g (giảm 50% so với nguyên liệu ban đầu), cảm quan 15,8 điểm (mức khá).



Hình 6. Biểu diễn mục tiêu đạt được so với hàm mong đợi

4. KẾT LUẬN

Chế độ bảo quản tối ưu cho quả ớt bằng kỹ thuật bao gói khí điều biến với vật liệu bao bì LDPE độ dày 0,03 mm, tỷ lệ diện tích bao bì/khối lượng quả 2,17 cm²/g, tương ứng có thể tạo ra môi trường vi khí hậu có nồng độ khí oxy 2,02% và nồng độ cacbonic 5,9% ở điều kiện nhiệt độ $4 \pm 1^\circ\text{C}$ và độ ẩm 90 - 95% có thể duy trì được chất lượng dinh dưỡng và cảm quan trong thời gian bảo quản 30 ngày.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Chile Pepper: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality (2012). Agriculture and Natural Resources, University of California.
2. Postharvest Handling Technical Bulletin (2003). PEPPERS, Postharvest Care and Market Preparation, Ministry of Fisheries, Crops and Livestock New Guyana Marketing Corporation National Agricultural Research Institute, Technical Bulletin No. 7, October 2003.
3. Kader, A. A., Zagory, D., & Kerbel, E. L. (1989). Modified atmosphere packaging of fruits and

vegetables. Rev. Food Science and Nutrition, v. 28 (No. 1) pp. 1- 30.

4. Fonseca, S. C., Oliveira, F. A. R., & Brecht, J. K. (2002). Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review. Journal of Food Engineering, v. 52, pp. 99 – 119.

5. Edusei, Vida Opoku (2011). Effect of modified atmosphere packaging and storage temperature on the quality of green chilli pepper fruits. Thesis of University of Ghana.

6. Maurya, V. K., Ranjan, V., Gothandam, K. M., & Pareek, S. (2020). Exogenous gibberellic acid treatment extends green chili shelf life and maintain quality under modified atmosphere packaging. *Scientia Horticulturae*, 269, 108934.

7. Tuan P. A., Nga V. T., Nguyet N. T. M., Hieu N. M., Hanh N. T. (2019). Preservative technology for some Vietnamese fruits and vegetables by using controlled atmosphere (CA) and modified atmosphere packaging (MAP). In: Gases in Agro-Food Processes, edited by Rémy Cachon, Andrée Voilley and Philippe Girardon, Academic Press/Elsevier ISBN 9780128124659; pp. 608 – 616.

8. Phạm Anh Tuấn và cs (2014). Nghiên cứu công nghệ và thiết kế, chế tạo hệ thống thiết bị điều chỉnh khí (Controlled Atmosphere - CA), ứng dụng trong bảo quản một số loại rau, quả, hoa tươi. Báo cáo tổng kết đề tài cấp Bộ NN&PTNT (2011 - 2013).

9. Tổng quan thị trường ớt thế giới tháng 9 năm 2020 (01/10/2020).

http://dongthaptrade.com.vn/introduction/intro_detail.php?p=96&id_new=2815.

10. AVRDC - The World Vegetable Center (2012). Postharvest Technology for Fresh Chili Pepper in Cambodia, Laos and Vietnam. AVRDC Publication Number: 10 -735.

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS FOR PRESERVATION OF GREEN CHILLI BY MODIFIED ATMOSPHERE PACKAGING TECHNOLOGY

Pham Anh Tuan¹, Vu Thi Nga¹,

Ta Phương Thao¹, Nguyen Thi Hanh²

¹Vietnam Institute of Agricultural Engineering and Post Harvest Technology

²School of Biotechnology and Food Technology, Hanoi University of Science and Technology

Summary

The objective of this research is to determine suitable packaging materials and optimization of two experimental factors including the rate of area of the membrane/ fruit weight (cm^2/g) and packaging film thickness (mm) which affect the equilibrium conditions of oxygen concentrations (%) and carbon dioxide concentrations (%) in the microclimate environment of green chilli storage package. The experimental results have determined LDPE film materials which have suitable gas permeability of packaging for green chilli storage. Multifactorial experimental design includes 9 experiments with the survey of two factors: the ratio of area of the membrane/fruit weight in range of from 2.00 to 2.50 cm^2/g , LDPE film thickness in range of from 0.02 to 0.04 mm. Green chilli fruits after semi-processing, packaging is stored at $4 \pm 1^\circ\text{C}$ and 90 - 95% RH. The optimal results have identified the ratio of area of the membrane/ fruit weight of 2.17 cm^2/g and the film thickness of 0.03 mm, the microclimate environment of green chilli preservation packaging with oxygen concentration of 2.02%, carbon dioxide concentration of 5.90%. Green chilli quality in optimum conditions were evaluated after 30 days of storage with the total soluble solids content of 5.4°Brix, the vitamin C content of 16.8 mg/100 g (reduced 33% compare to raw material) and the sensory assessment score of 18.4 (good grade).

Keywords: *Green chilli, modified atmosphere package, oxygen concentration, carbonic concentration.*

Người phản biện: PGS.TS. Hoàng Thị Lệ Hằng

Ngày nhận bài: 13/11/2020

Ngày thông qua phản biện: 15/12/2020

Ngày duyệt đăng: 22/12/2020