

TỐI ƯU HÓA MỘT SỐ THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ CỦA QUÁ TRÌNH CHẾ BIẾN PUREE CHUỐI CHẤT LƯỢNG CAO

Trần Thị Thu Hoài¹*, Phạm Anh Tuấn¹, Lê Hà Hải¹

TÓM TẮT

Nghiên cứu này tiến hành thực nghiệm đa yếu tố và tối ưu hóa chế độ công nghệ chế biến puree chuối trong môi trường MA (Modified Atmosphere). Kế hoạch thực nghiệm đa yếu tố sử dụng mô hình quy hoạch trực giao đối xứng với 3 yếu tố thực nghiệm gồm nhiệt độ 83 - 87°C, thời gian 3 - 4 phút và độ pH 4,0 - 4,5. Tương ứng mục tiêu thực nghiệm gồm: Hàm lượng vitamin C (mg/100 g), hoạt độ enzyme polyphenol oxidase (PPO) còn lại (%) và chất lượng cảm quan (điểm). Tối ưu hóa sử dụng thuật toán hàm mong đợi với mong muốn hàm lượng vitamin C đạt giá trị lớn nhất, hoạt độ PPO đạt giá trị nhỏ nhất và điểm cảm quan đạt giá trị tối đa, tương ứng hệ số quan trọng 3/5, 5/5, 5/5. Kết quả đã xác định được chế độ công nghệ tối ưu trong quy trình chế biến puree chuối với nhiệt độ tiền xử lý 86,4°C trong thời gian 3,1 phút, độ pH 4,3, tương ứng hàm lượng vitamin C đạt được $12,256 \pm 0,004$ mg/100 g (mức tổn thất 23,97%), hoạt độ PPO còn lại $0,612 \pm 0,003\%$ và chất lượng cảm quan đạt $19,15 \pm 0,005$ điểm.

Từ khóa: Puree chuối, chuối tiêu hồng, thực nghiệm đa yếu tố, tối ưu hóa.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Puree chuối là bán thành phẩm được chế biến ở dạng xay nhuyễn từ phần thịt quả chuối chín có thể kéo dài thời gian bảo quản đến 12 - 18 tháng với mục đích tồn trữ làm nguyên liệu cho chế biến thực phẩm (bánh kẹo, kem, bột dinh dưỡng, nước giải khát...). Yêu cầu của sản phẩm puree ngoài các chỉ tiêu chất lượng về dinh dưỡng, an toàn thực phẩm thì chất lượng cảm quan (màu sắc, trạng thái, mùi và vị) có tính quyết định đến sự cạnh tranh của sản phẩm. Nguyên nhân chính dẫn đến sự suy giảm chất lượng cảm quan của puree chuối trong quá trình chế biến do hoạt động của enzyme PPO gây nâu hóa và sự biến màu do quá trình oxy hóa. Để nâng cao chất lượng cảm quan của puree chuối, Arpita và cs (2010) [1], Wang và cs (2014) [2], Palou và cs (1999) [3], Tapre và Jain (2016) [4] đã công bố các giải pháp kỹ thuật khác nhau nhằm bất hoạt khả năng hoạt động của enzyme PPO;

mặt khác giảm quá trình oxy hóa nhằm kiểm soát sự nâu hóa bằng phương pháp xử lý nhiệt hoặc áp lực cao (HHP) kết hợp điều chỉnh pH thấp (3,4 - 4,0) bổ sung chất chống oxy hóa bằng axit ascorbic (0,1 - 0,2%), trong khi điều chỉnh pH sử dụng axit phosphoric [1], [3] và axit citric [2], [5]. Tuy vậy, ở dải pH thấp (3,4 - 4,0) có ảnh hưởng đáng kể đến chỉ tiêu mùi và vị của puree chuối, chính vì vậy theo tiêu chuẩn chất lượng puree của các nước nhập khẩu đều đưa ra giới hạn pH, đồng thời cũng đưa ra mức giới hạn sử dụng các loại axit điều chỉnh pH.

Kết quả nghiên cứu của Trần Thị Thu Hoài và cs (2023) [6] cho thấy, ở khoảng nhiệt độ 80 - 90°C, thời gian 3 - 4 phút, pH 4,0 - 4,5 trong môi trường MA (sử dụng khí N₂) là có hiệu ứng tích cực đến các chỉ tiêu chất lượng của puree chuối. Cụ thể ở nhiệt độ 85°C, thời gian 4 phút, pH 4,0 tương ứng hàm lượng axit ascorbic 0,06%, hàm lượng axit citric 0,28% thì hoạt độ PPO còn lại 0,78%, chỉ số nâu hóa BI đạt 29,23, hàm lượng vitamin C 12,55 mg/100 g (mức tổn thất thấp

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

* Email: thuhoai.viaep@gmail.com

20,24%) và điểm cảm quan của puree chuối xếp mức tốt 18,86 điểm.

Nghiên cứu này tiến hành thực nghiệm đa yếu tố và tối ưu hóa các yếu tố thực nghiệm gồm nhiệt độ, thời gian xử lý nhiệt và độ pH trong môi trường MA có sử dụng chất chống oxy hóa bằng axit ascorbic và điều chỉnh pH bằng axit citric. Miền biến thiên của các yếu tố thực nghiệm được lựa chọn trên cơ sở nghiên cứu đơn yếu tố [6] với nhiệt độ 83 – 87°C, thời gian 3 - 4 phút và pH 4,0 - 4,5, tương ứng các hàm mục tiêu hàm lượng vitamin C, hoạt độ PPO và chất lượng cảm quan.

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu nghiên cứu

Chuối tiêu hồng trồng tại huyện Khoái Châu, tỉnh Hưng Yên, thu hoạch vào thời điểm từ 80 - 85 ngày sau khi trổ hoa, thời điểm lấy mẫu ở độ chín 1 vào tháng 11/2021. Nguyên liệu chuối sau thu hoạch được bao gói vận chuyển về phòng thí nghiệm sơ chế bảo quản tại Bộ môn Bảo quản nông sản, Viện Cơ điện nông nghiệp và Công nghệ sau thu hoạch, trong thời gian không quá 4 giờ. Nguyên liệu chuối được xử lý chín bằng khí ethylene ở nồng độ 100 ppm trong 24 giờ, ủ ở nhiệt độ $18 \pm 1^\circ\text{C}$, đạt độ chín 7 (theo thang màu PCI) trước khi tiến hành thực nghiệm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp chuẩn bị mẫu thực nghiệm

Phương pháp xử lý nhiệt bằng hơi nước bão hòa ở 100°C , nhiệt độ được đo tại tâm quả bằng nhiệt kế điện tử Hanna HI147- 00 (Rumani). Thời

gian xử lý nhiệt được xác định từ thời điểm tâm mẫu chuối đạt mức nhiệt độ thực nghiệm. Chuối sau xử lý nhiệt, bóc vỏ, xay nhuyễn bằng máy (Philips HR2221) trong 1 phút ở điều kiện MA, sử dụng chất chống oxy hóa bằng axit ascorbic với cùng hàm lượng 0,06% cho các thí nghiệm tương ứng, điều chỉnh pH bằng axit citric với các mức hàm lượng khác nhau được tổng hợp số liệu nhật ký thí nghiệm. Mỗi thí nghiệm đa yếu tố được lặp lại 3 lần với khối lượng 100 g/mẫu.

2.2.2. Phương pháp thực nghiệm đa yếu tố

Tiến hành thực nghiệm đa yếu tố quá trình chế biến puree chuối với 3 yếu tố thực nghiệm tương ứng ký hiệu: X_1 - Nhiệt độ tiền xử lý nhiệt ($^\circ\text{C}$): 83 - 87, X_2 - thời gian tiền xử lý nhiệt (phút): 3 - 4 và X_3 - độ pH: 4 - 4,5. Cơ sở lập luận chọn biến và miền biến thiên của các yếu tố thực nghiệm từ kết quả thực nghiệm khảo sát [6].

Các hàm mục tiêu đa yếu tố gồm: Y_1 - Hàm lượng vitamin C (mg/100 g); Y_2 - Hoạt độ PPO (%); Y_3 - Chất lượng cảm quan (điểm).

Sử dụng quy hoạch trực giao đối xứng với 3 yếu tố là nhiệt độ tiền xử lý nhiệt, thời gian tiền xử lý nhiệt và độ pH. Mỗi yếu tố tiến hành tại 5 mức ($-\alpha, -1, 0, +1, +\alpha$) chi tiết (Bảng 1) với $\alpha = 1,215$ ($k = 3$), tổng số thí nghiệm $N = 2^k + 2k + n_0$. Cụ thể gồm 16 thí nghiệm, trong đó 8 thí nghiệm tại nhân (quy hoạch toàn phần 2^3), 6 thí nghiệm tại điểm sao (2 thí nghiệm cho mỗi biến) và 2 thí nghiệm lặp lại tại tâm.

Bảng 1. Bảng giá trị mã hóa và thực nghiệm của các yếu tố thực nghiệm

Biên số	Ký hiệu	Đơn vị	Mức				
			$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
Nhiệt độ	X_1	$^\circ\text{C}$	82,57	83	85	87	87,43
Thời gian	X_2	Phút	2,89	3,0	3,5	4,0	4,11
Độ pH	X_3	-	3,95	4,0	4,25	4,5	4,55

2.2.3. Phương pháp phân tích

2.2.3.1. Phương pháp xác định hoạt độ PPO

Enzyme PPO được chiết xuất theo phương pháp của Arpita và cs (2010) [1] và hoạt độ PPO được tính theo công thức của Nguyễn Thị Hạnh và cs (2021) [7]. Tiến hành trộn 10 g chuối nhuyễn với 10 mL dung dịch đệm natri photphat (pH 6,6)

ở 5°C , ly tâm 4.000 vòng/phút trong 40 phút ở 20°C . Phần nổi phía trên được lọc qua giấy Whatman số 1, thu nhận enzyme thô. Chuẩn bị hỗn hợp phản ứng gồm 2,2 mL dung dịch đệm, 0,5 mL catechol (0,175 mol/L) và 0,3 mL enzym thô. Hỗn hợp được giữ trong 5 phút ở nhiệt độ 30°C sau đó đo độ hấp thụ quang phổ ở bước sóng 420 nm sau mỗi 15 giây trong 3 phút bằng máy quang phổ

UV - Vis (USA). Mẫu đối chứng gồm 2,5 mL dung dịch đệm kali photphat và 0,5 mL catechol (0,175 mol/L). Một đơn vị hoạt động PPO được xác định là lượng enzyme gây ra sự thay đổi 0,01 độ hấp thụ trong một đơn vị thời gian (1 phút), hoạt động PPO được tính theo công thức:

$$A = \frac{\Delta Abs}{0,01 \times V1 \times \Delta t} \text{ (Abs/ml.phút)}$$

Trong đó: Δabs là kết quả đo độ hấp thụ OD; Δt là thời gian phản ứng (3 phút); $V1$ là thể tích enzyme đem phản ứng (0,3 ml).

2.2.3.2. Phân tích hóa lý:

Xác định pH theo TCVN 7806: 2007 [8], phạm vi đo pH (0,0 - 14,0); xác định hàm lượng vitamin C theo TCVN 6427-2: 1998 [9].

2.2.3.3. Đánh giá chất lượng cảm quan:

Theo TCVN 3215 - 1979 [10] bằng lập hội đồng chấm điểm. Với 4 chỉ tiêu đánh giá gồm màu sắc, trạng thái, mùi, vị. Các chỉ tiêu được đánh giá riêng rẽ bằng phương pháp 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. Mức độ quan trọng của từng chỉ tiêu thông qua hệ số quan trọng (HSQT) tương ứng: Màu sắc (0,8),

trạng thái (0,8), mùi (1,1) và vị (1,3). 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 $\leq 7,1$.

2.2.4. Thiết bị sử dụng

Sử dụng nồi hấp tiệt trùng DG-S280C (Dengguan, Trung Quốc) loại 24 lít làm nguồn cấp nhiệt bằng hơi bão hòa cho thiết bị tiền xử lý nguyên liệu. Thiết bị tiền xử lý được thiết kế bằng nồi áp suất 5 lít gắn đồng hồ áp suất và kết nối với nhiệt kế điện tử Hanna HI147-00 (Rumani) thông qua đầu sensor. Máy xay thịt chuối sử dụng loại Philips HR2221 được cải tiến bổ sung bộ phận cấp khí nitơ (N₂) trong quá trình xay.

2.2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Sử dụng phần mềm Excel SPSS 18 để phân tích và xử lý thống kê. Kết quả được xử lý số liệu thực nghiệm đa yếu tố và tối ưu hóa bằng phần mềm Design - Expert 7.1 [11], [12].

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.

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	83,00	4,00	4,50	12,06	15,20	14,89
2	87,00	3,00	4,50	12,13	0,88	19,17
3	83,00	4,00	4,00	12,53	13,74	13,96
4	87,00	4,00	4,50	11,03	0,53	17,21
5	83,00	3,00	4,50	12,41	17,36	14,06
6	87,43	3,50	4,25	11,62	0,63	19,08
7	85,00	3,50	4,25	12,33	3,44	18,17
8	87,00	4,00	4,00	11,52	0,53	15,47
9	85,00	3,50	4,25	12,24	3,02	17,74
10	85,00	3,50	3,95	12,52	2,71	15,40
11	85,00	4,11	4,25	11,75	2,79	16,55

12	85,00	2,89	4,25	12,51	3,96	17,67
13	82,57	3,50	4,25	12,31	18,13	15,46
14	85,00	3,50	4,55	12,13	3,73	17,39
15	87,00	3,00	4,00	12,31	1,40	18,43
16	83,00	3,00	4,00	12,38	15,96	14,26

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 3. Kết quả phân tích hồi quy của 3 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	98,78	< 0,0001	676,28	< 0,0001	58,49	< 0,0001
A	315,46	< 0,0001	5124,80	< 0,0001	311,61	< 0,0001
B	274,85	< 0,0001	39,30	0,0008	33,62	0,0012
C	75,93	< 0,0001	10,21	0,0187	32,20	0,0013
AB	118,35	< 0,0001	10,90	0,0164	41,34	0,0007
AC	2,19	0,1892	12,47	0,0124	4,26	0,0845
BC	27,19	0,0020	0,37	0,5668	6,31	0,0457
A^2	58,69	0,0003	832,50	< 0,0001	10,0	0,0195
B^2	10,35	0,0182	6,82	0,0401	15,62	0,0075
C^2	4,13	0,0882	3,74	0,1013	55,97	0,0003
Không tương thích	0,69	0,7163	1,36	0,5699	0,97	0,6444
Hệ số xác định R^2	0,9933		0,9990		0,9887	
Hệ số điều chỉnh R^2_{Adj}	0,9832		0,9975		0,9718	
Hệ số dự báo R^2_{Pred}	0,9407		0,9940		0,9177	

3.1.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ, thời gian xử lý nhiệt và độ pH đến hàm lượng Y_1

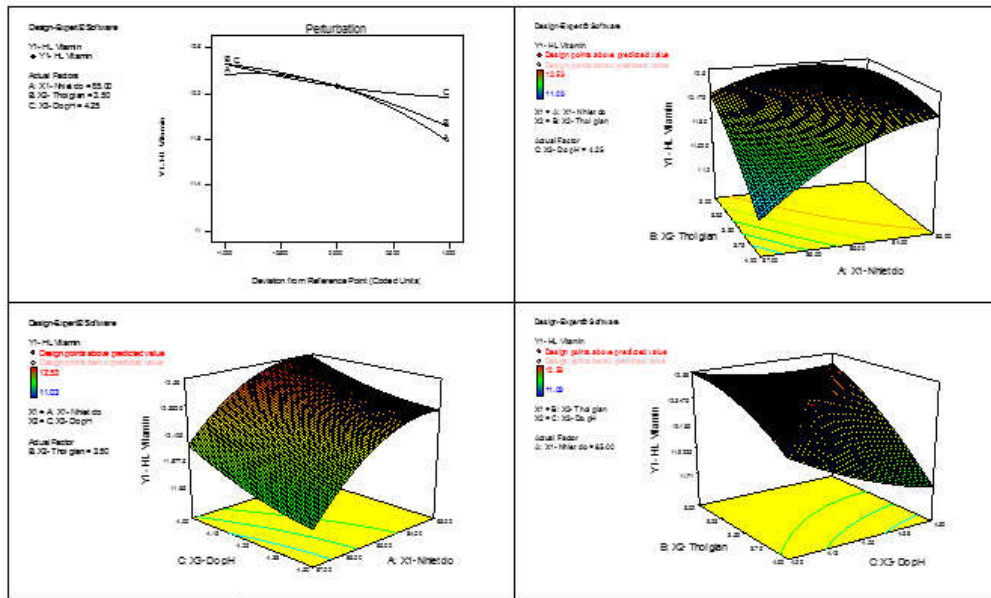
Kết quả phân tích hồi quy với F - value = 98,78 ($p < 0,05$) cho thấy, mô hình là có ý nghĩa thống kê với độ tin cậy 99,99% ($p < 0,0001$). Sự có nghĩa của các hệ số hồi quy được kiểm định bởi chuẩn F, các giá trị $P < 0,05$ thể hiện các hệ số hồi quy A, B, C, AB, BC, A^2 , B^2 là có ý nghĩa thống kê, trong khi các hệ số AC và C^2 ($p > 0,05$) là không có ý nghĩa, tuy vậy trong mô hình vẫn giữ lại các hệ số AC và C^2 để tiến hành tối ưu hóa. Mặt khác chuẩn F =

0,69 ($p > 0,05$) cho thấy sự không tương thích của mô hình Y_1 là không có nghĩa. Hệ số xác định (R^2) của mô hình Y_1 là 0,9933 đã mô tả 99,33% sự thay đổi của hàm mục tiêu Y_1 phụ thuộc vào các biến độc lập. Trong khi hệ số dự báo (Pred R - Squared 0,9407) là tương thích với hệ số điều chỉnh (Adj R - Squared 0,9832).

Phương trình hồi quy của hàm Y_1 - Hàm lượng vitamin C theo biến coded đã được mã hóa (1a) và theo biến thực (1b).

$$Y_1 = +12,26 - 0,29 A - 0,28 B - 0,014 C - 0,21 AB - 0,0029 AC - 0,1 BC - 0,19 A^2 - 0,081 B^2 + 0,051 C^2 \quad (1a)$$

$$Y_1 = -403,730 + 9,76298 X_1 + 23,115 X_2 + 0,18733 X_3 - 0,21125 X_1 X_2 - 0,0575 X_1 X_3 - 0,81 X_2 X_3 - 0,048178 X_1^2 - 0,32377 X_2^2 + 0,81844 X_3^2 \quad (1b)$$



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

Hình 1 cho thấy: Nhiệt độ là yếu tố có ảnh hưởng lớn nhất, tiếp theo là thời gian và pH đến hàm lượng vitamin C. Khi nhiệt độ tăng trong khoảng 85 - 87°C thì hàm lượng vitamin C có xu hướng giảm mạnh, trong khi thời gian tăng 3 - 4 phút và độ pH tăng 4,0 - 4,5 thì hàm lượng vitamin C có xu hướng giảm đều và gần như tuyến tính, tuy vậy tốc độ giảm do yếu tố thời gian là mạnh hơn so với độ pH. Quan hệ giữa 3 yếu tố thực nghiệm với hàm mục tiêu Y_1 có tương quan tỷ lệ nghịch, do vậy để ưu tiên duy trì được mức hàm lượng vitamin C của puree chuối ở mức cao thì cả 3 yếu tố thực nghiệm cần ưu tiên ở miền thấp dưới tâm thực nghiệm (85°C; 3,5 phút; pH 4,25).

3.1.2. Ảnh hưởng của nhiệt độ, thời gian xử lý nhiệt và độ pH đến hàm Y_2

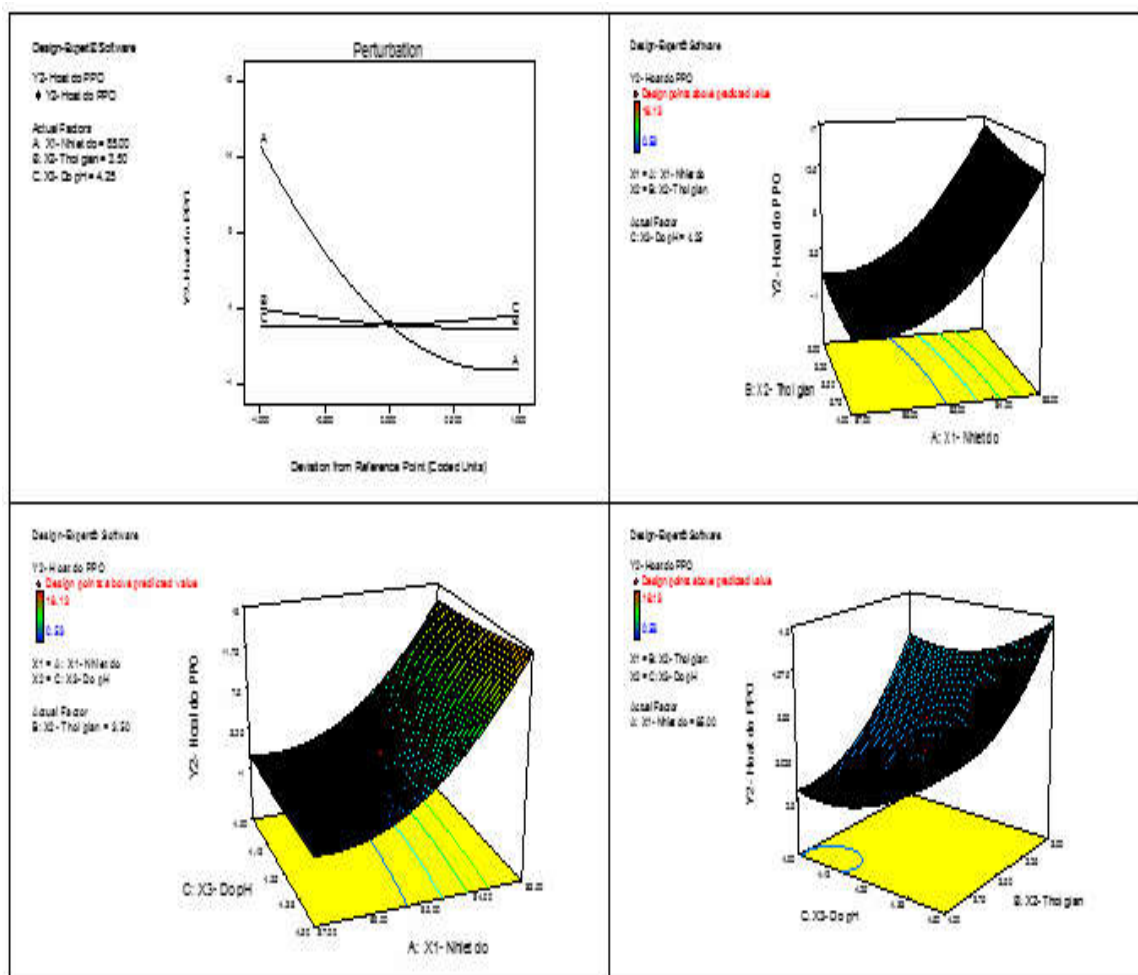
Kết quả phân tích hồi quy với F - value = 676,28 ($p < 0,05$) cho thấy, mô hình là có ý nghĩa

thống kê với độ tin cậy 99,99% ($p < 0,0001$). Sự có nghĩa của các hệ số hồi quy được kiểm định bởi chuẩn F, các giá trị $P < 0,05$ thể hiện các hệ số hồi quy A, B, C, AB, AC, A^2 , B^2 là có ý nghĩa thống kê, trong khi các hệ số AC và C^2 ($p > 0,05$) là không có ý nghĩa, tuy vậy, trong mô hình vẫn giữ lại các hệ số BC và C^2 để tiến hành tối ưu hóa. Mật khác chuẩn F = 1,36 ($p > 0,05$) cho thấy sự không tương thích của mô hình Y_2 là không có nghĩa. Hệ số xác định (R^2) của mô hình Y_2 là 0,999 đã mô tả 99,9% sự thay đổi của hàm mục tiêu Y_2 phụ thuộc vào các biến độc lập. Trong khi hệ số dự báo (Pred R - Squared 0,9940) là tương thích với hệ số điều chỉnh (Adj R - Squared 0,9975).

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

$$Y_2 = +2,96 - 7,32 A - 0,64 B + 0,33 C + 0,4 AB - 0,42 AC + 0,073 BC + 4,47 A^2 + 0,40 B^2 + 0,3 C^2 \quad (2a)$$

$$Y_2 = 8318,91 - 191,535 X_1 - 48,654 X_2 + 30,337 X_3 + 0,395 X_1 X_2 - 0,845 X_1 X_3 + 0,58 X_2 X_3 + 1,118 X_1^2 + 1,618 X_2^2 + 4,4795 X_3^2 \quad (2b)$$



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

Hình 2 cho thấy: Nhiệt độ là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất, tiếp theo đến thời gian và độ pH ảnh hưởng ít hơn đến hoạt độ PPO. Cụ thể nhiệt độ tăng trong khoảng 83 – 85°C thì hoạt độ PPO có xu hướng giảm mạnh, tiếp theo từ 85 - 87°C tốc độ giảm yếu dần, trong khi thời gian tăng 3 - 4 phút hoạt độ PPO có xu hướng giảm chậm đều, ngược lại khi độ pH tăng 4,0 - 4,5 hoạt độ PPO có xu hướng tăng chậm đều và gần như tuyến tính. Do vậy với mục tiêu của quá trình chế biến puree chuối cần định hoạt độ PPO đến mức thấp

nhất thì cần ưu tiên tăng nhiệt độ và thời gian xử lý nhiệt, đồng thời với giảm pH so với tâm thực nghiệm (85°C; 3,5 phút; pH 4,25).

3.1.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ, thời gian xử lý nhiệt và pH đến hàm Y_3

Kết quả phân tích hồi quy với F - value = 58,49 ($p < 0,05$) cho thấy, mô hình là có ý nghĩa thống kê với độ tin cậy 99,99% ($p < 0,0001$). Sự có nghĩa của các hệ số hồi quy được kiểm định bởi chuẩn F, các giá trị $P < 0,05$ thể hiện các hệ số hồi quy A, B, C, AB, BC, A^2 , B^2 , C^2 là có ý nghĩa thống kê, trong khi

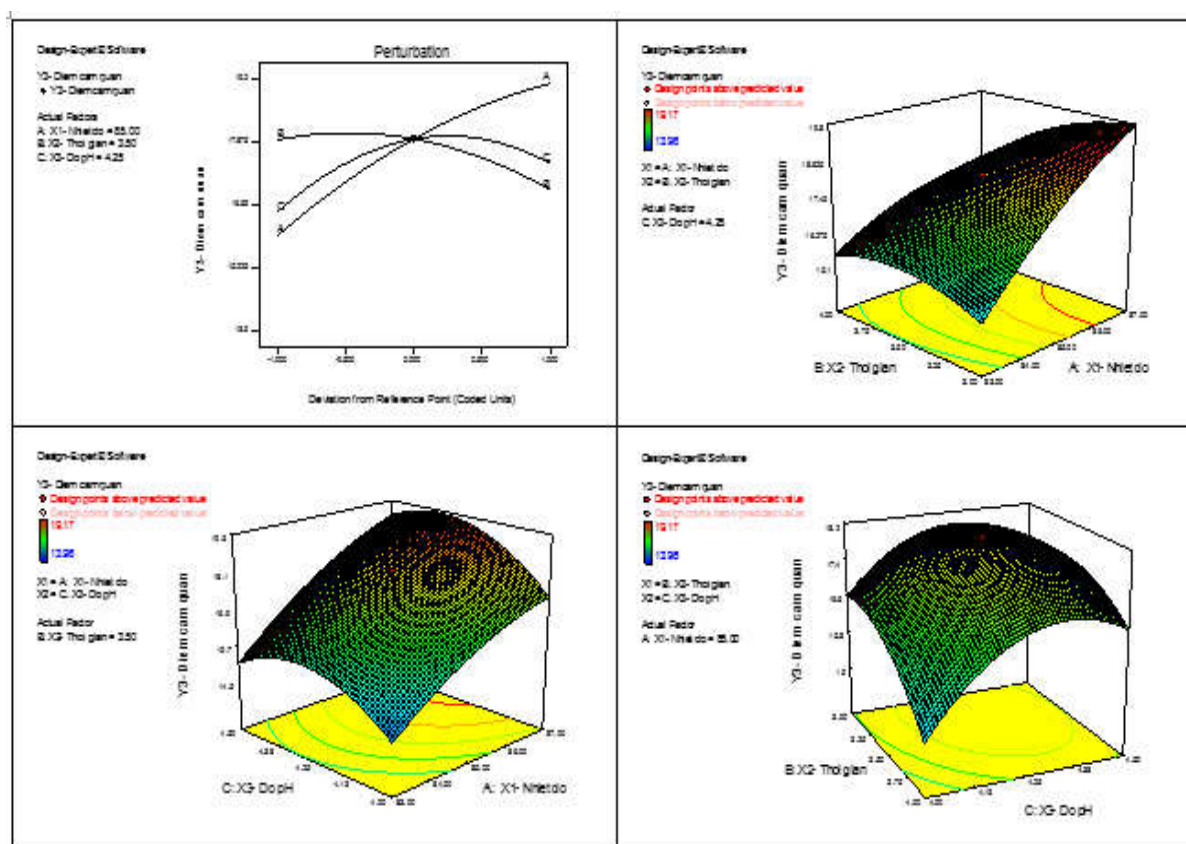
chỉ có hệ số AC ($p > 0,05$) là không có ý nghĩa, tuy vậy trong mô hình vẫn giữ lại các hệ số AC để tiến hành tối ưu hóa. Mặt khác chuẩn F = 0,97 ($p > 0,05$) cho thấy sự không tương thích của mô hình Y_3 là không có nghĩa. Hệ số xác định (R^2) của mô hình Y_3 là 0,9887 đã mô tả 98,87% sự thay đổi của hàm mục tiêu Y_3 phụ thuộc vào các biến độc lập.

$$Y_3 = +17,93 + 1,6 A - 0,53 B + 0,51 C - 0,68 AB + 0,22 AC + 0,27 BC - 0,43 A^2 - 0,54 B^2 - 1,03 C^2 \quad (3a)$$

$$Y_3 = -1175,558 + 19,775X_1 + 62,994 X_2 + 97,0689 X_3 - 0,68125 X_1X_2 + 0,4375 X_1X_3 + 2,13 X_2X_3 - 0,10854 X_1^2 - 2,17 X_2^2 - 16,43 X_3^2 \quad (3b)$$

Trong khi hệ số dự báo (Pred R - Squared 0,9177) là tương thích với hệ số điều chỉnh (Adj R - Squared 0,9718).

Phương trình hồi quy của hàm Y_3 - Chất lượng cảm quan theo biến coded đã được mã hóa (3a) và theo biến thực (3b):



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

Hình 3 cho thấy: Nhiệt độ là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất, tiếp đến là độ pH và thời gian xử lý nhiệt đến điểm cảm quan của puree chuối. Khi nhiệt độ tăng trong khoảng 83 – 85°C thì điểm cảm quan có xu hướng tăng mạnh, tiếp theo từ 85 – 87°C tốc độ tăng giảm dần, trong khi thời gian tăng 3 - 3,5 phút điểm cảm quan không có sự biến đổi đáng kể, tuy vậy từ 3,5 - 4 phút điểm cảm quan có xu hướng

giảm mạnh, ngược lại độ pH tăng 4,0 - 4,5 thì điểm cảm quan có xu hướng tăng liên tục trong khoảng 4,0 - 4,25 và tốc độ tăng chậm dần từ tâm thực nghiệm đến pH 4,5. Kết quả nghiên cứu cho thấy, để ưu tiên điểm cảm quan cao cần tăng nhiệt độ và giảm thời gian qua có thể bất hoạt khả năng hoạt động của PPO gây nâu hóa để cải thiện màu sắc cảm quan tốt hơn, mặt khác tăng pH có thể cải

thiện chỉ tiêu mùi và vị của puree chuối cao hơn (hệ số quan trọng của mùi và vị được ưu tiên mức cao 1,1 và 1,3).

3.2. Tối ưu hóa quá trình chế biến puree chuối

Kết quả khảo sát đa yếu tố (Mục 3.1) cho thấy, sự biến thiên của các yếu tố thực nghiệm tương ứng đến sự thay đổi các thuộc tính có liên quan đến các hàm mục tiêu theo chiều hướng mong muốn và ngược lại. Các điều kiện ràng buộc trên cơ sở thương lượng được đưa ra tại bảng 4.

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

Yếu tố và mục tiêu thực nghiệm	Mục tiêu mong đợi	Hệ số quan trọng
Nhiệt độ (°C)	Trong miền thực nghiệm (83 - 87)	5/5
Thời gian (phút)	Trong miền thực nghiệm (3 - 4)	5/5
Độ pH	Trong miền thực nghiệm (4,0 - 4,5)	5/5
Hàm lượng vitamin C (mg/100 g)	Giá trị lớn nhất	3/5
Hoạt độ PPO (%)	Giá trị nhỏ nhất	5/5
Chất lượng cảm quan (điểm)	Tối đa theo thang điểm 20	5/5

Thông qua hệ số quan trọng (thang 5) theo mức độ ảnh hưởng của các yếu tố thực nghiệm được lựa chọn nhiệt độ (5/5), thời gian (5/5) và pH (5/5). Đối với các hàm mục tiêu thì điểm cảm quan và hoạt độ PPO cùng được ưu tiên (5/5), trong khi hàm lượng vitamin C mức ưu tiên thấp (3/5), điều này đồng nghĩa với ưu tiên tăng nhiệt độ, giảm thời gian xử lý nhiệt và tăng pH so với tâm thực nghiệm (85°C; 3,5 phút, pH 4,25) nhằm duy trì được màu sắc, mùi vị của puree chuối ở mức điểm cao, mặt khác phải chấp nhận hàm lượng vitamin C không đạt được mức cao theo sự mong đợi.

Tiến hành xử lý số liệu tối ưu hóa bằng phần mềm Design - Expert 7, kết quả đã xác định được phương án tối ưu:

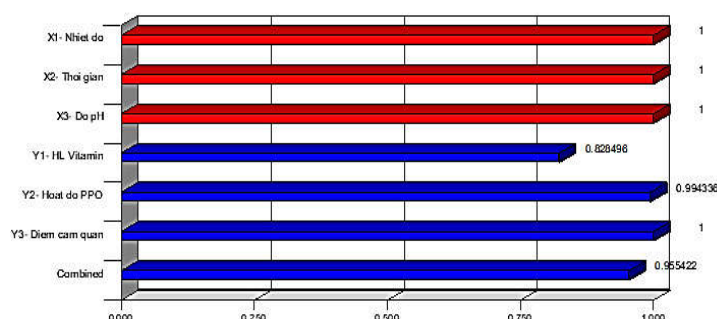
- Các yếu tố thực nghiệm: Nhiệt độ là 86,34°C; thời gian là 3,1 phút; độ pH là 4,22.

- Tương ứng các hàm mục tiêu đạt được: Hàm lượng vitamin C là 12,272 mg/100 g; hoạt độ PPO còn lại là 0,629%; điểm cảm quan là 19,17 điểm.

Với kết quả tối ưu hóa cho thấy, hàm lượng vitamin C 12,272 mg/100 g so với nguyên liệu ban đầu 16,12 mg/100 g thì mức tổn thất là 23,88%, so với kết quả nghiên cứu đơn yếu tố [1] có mức tổn thất thấp hơn là 20,24%, tuy vậy, các mục tiêu mong muốn ưu tiên về hoạt độ PPO còn lại ở mức thấp 0,629% và điểm cảm quan đạt mức cao 19,17 điểm so với kết quả đơn yếu tố tương ứng 0,78% và 18,86 điểm, mặt khác yếu tố pH đã được thỏa mãn đạt mức cao pH 4,22 tiệm cận miền tiêu chuẩn EU (4,3 - 4,5) đối với puree chuối chất lượng cao.

Trong khi mục tiêu mong đợi của mô hình thực nghiệm được thể hiện ở hình 4 với các yếu tố nhiệt độ, thời gian và pH đều đạt 100% theo mong đợi nằm trong miền thực nghiệm. Trong khi các

hàm mục tiêu về hàm lượng vitamin C đạt 82,84%, 100%, tương ứng mục tiêu chung của mô hình thực hoạt độ PPO đạt 99,43% và điểm cảm quan đạt gần nghiệm đạt 95,54% sự mong đợi.



Hình 4. Mức độ đáp ứng sự mong đợi

Tiến hành thực nghiệm lại với các yếu tố thực nghiệm được lựa chọn lần cận điểm tối ưu ở nhiệt độ 86,4°C, thời gian 3,1 phút, pH 4,3. Kết quả thực nghiệm với 3 lần lặp lại và lấy giá trị trung bình tương ứng các hàm mục tiêu đạt được hàm lượng vitamin C $12,256 \pm 0,004$ mg/100 g, hoạt độ PPO còn lại $0,612 \pm 0,003\%$ và điểm cảm quan $19,154 \pm 0,005$ điểm. So sánh giá trị thực nghiệm với mô hình tối ưu thì 3 hàm mục tiêu đều có sự sai lệch là không có nghĩa ($p > 0,05$), điều này cho thấy, mô hình tối ưu là phù hợp với thực nghiệm.

4. KẾT LUẬN

Kết quả thực nghiệm đa yếu tố và tối ưu hóa đã xác định được chế độ công nghệ tối ưu trong quy trình chế biến puree chuối chất lượng cao với nhiệt độ xử lý 86,4°C trong thời gian 3,1 phút ở độ pH 4,3 tương ứng hàm lượng vitamin C đạt được $12,256 \pm 0,004$ mg/100 g (mức tổn thất 23,97% so với nguyên liệu ban đầu là 16,12 mg/100 g), hoạt độ PPO còn lại $0,612 \pm 0,003\%$ và chất lượng cảm quan đạt $19,15 \pm 0,005$ điểm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Arpita, S., Subroto, D., Pinaki, B., & Bidyut, B. (2010). Inhibition of polyphenol oxidase in banana, apple and mushroom by using different anti - browning agents under different conditions. *Int. J. Chem. Sci.*, 8, S550 - S558.

2. Wang, S., Lin, T., Man, G., Li, H., Zhao, L., Wu, J., & Liao, X. (2014). Effects of anti-browning combinations of ascorbic acid, citric acid, nitrogen and carbon dioxide on the quality of banana smoothies. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 161 - 173.

3. Palou, E., López - Malo, A., Barbosa - Cánovas, G. V., Welti - Chanes, J., & Swanson, B. G. (1999). Polyphenoloxidase activity and color of blanched and high hydrostatic pressure treated banana puree. *Journal of food science*, 64 (1), 42 - 45.

4. Tapre, A. R., & Jain, R. K. (2016). Study of inhibition of browning of clarified banana juice. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 35 (2), 155 - 159.

5. Koffi, E. K., Sims, C. A., & Bates, R. P. (1991). Viscosity reduction and prevention of browning in the preparation of clarified banana juice 1. *Journal of Food Quality*, 14 (3), 209 - 218.

6. Trần Thị Thu Hoài, Phạm Anh Tuấn, Lê Hà Hải (2023). Nghiên cứu một số yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng puree chuối trong quá trình chế biến. *Tạp chí Nông nghiệp và PTNT*, số 7, 56 - 67.

7. Nguyễn Thị Hạnh, Trần Thị Mai, Nguyễn Văn Hưng (2021). Khảo sát sự biến đổi một số chỉ tiêu chất lượng của quả Nhãn lông Hưng Yên ở

giai đoạn cận thu hái. *Tạp chí Nông nghiệp và PTNT*, (1), 86 - 93.

8. Tiêu chuẩn Quốc gia TCVN 7806: 2007, ISO 1842: 1991, sản phẩm rau, quả - xác định độ pH.

9. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 6427-2: 1998, ISO 6557/2: 1984, rau, quả và các sản phẩm rau quả - xác định hàm lượng axit ascorbic – Phần 2: phương pháp thông dụng.

10. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 3215 -1979 - sản phẩm thực phẩm - phân tích cảm quan – phương pháp cho điểm.

11. Design - Expert version 7.1 (2007) Software for design of experiment, Stat - Ease, Inc., Minneapolis, USA.

12. Derringer G, Suich R, (1980) Simultaneous optimization of several responses variables. *Journal of quality technology*, 12 (4), 214 - 219.

OPTIMIZING SOME TECHNOLOGY SPECIFICATIONS OF THE PROCESS OF HIGH QUALITY BANANA PUREE PROCESSING

Tran Thi Thu Hoai, Pham Anh Tuan, Le Ha Hai

Summary

This study carried out a multi-factor experiment and optimized the processing technology of banana Puree in MA (Modified Atmosphere) environment. The multi - factor experimental plan uses a symmetrical orthogonal planning model with 3 experimental factors including temperature 83 – 87°C, time 3 - 4 minutes and pH 4.0 - 4.5. The respective experimental objectives include vitamin C content (mg/100 g), remaining polyphenol oxidase (PPO) enzyme activity (%) and sensory quality (point). Optimize using the expected function algorithm with the expectation that the vitamin C content reaches the maximum value, the PPO activity reaches the min value and the sensory point reaches the maximum value, respectively the important coefficient 3/5, 5/5, 5/5. The results have determined the optimal technology mode in the banana puree processing process with the pre - treatment temperature of 86,4°C in 3.1 minutes at pH 4.3, corresponding to the vitamin C content of 12.256 ± 0.004 mg/100 g (23.97% loss), remaining PPO activity $0.612 \pm 0.004\%$ and sensory quality reached 19.15 ± 0.005 points.

Keywords: *Banana puree, paradisiaca banana, multi - factor experiment, optimization.*

Người phản biện: TS. Vũ Hồng Sơn

Ngày nhận bài: 8/3/2023

Ngày thông qua phản biện: 11/4/2023

Ngày duyệt đăng: 25/4/2023