

TỐI ƯU HÓA MỘT SỐ THÔNG SỐ CÔNG NGHỆ TÁCH CHIẾT NƯỚC CHUỐI TRONG TỪ QUẢ CHUỐI TIÊU HỒNG

PGS.TS. Phạm Anh Tuấn¹, ThS. Trần Thị Thu Hoài¹, TS. Lê Hà Hải¹

TÓM TẮT

Mục đích của nghiên cứu này là thực nghiệm đa yếu tố và tối ưu hóa một số yếu tố ảnh hưởng chính đến quá trình tách chiết nước chuối trong từ sản phẩm puree của nguyên liệu chuối tiêu hồng. Nghiên cứu đã kế thừa các kết quả thực nghiệm tối ưu hóa quá trình chế biến puree chuối và thực nghiệm đơn yếu tố quá trình tách chiết nước chuối trong từ sản phẩm puree chuối. Kế hoạch thực nghiệm đa yếu tố sử dụng mô hình quy hoạch trực giao đối xứng với 3 yếu tố thực nghiệm tương ứng miền khảo sát gồm nhiệt độ lạnh đông puree (- 20°C đến - 30°C), nhiệt độ xử lý enzyme pectinase Utral SP - L (45°C đến 55°C) và thời gian xử lý enzyme (150 phút đến 210 phút). Mục tiêu thực nghiệm đa yếu tố gồm hiệu suất thu hồi nước chuối trong (%), độ trong (%T) và chất lượng cảm quan (điểm) của nước chuối nguyên chất. Tối ưu hóa sử dụng thuật toán hàm mong đợi với hiệu suất thu hồi nước chuối, độ trong và điểm cảm quan đạt giá trị tối đa, tương ứng hệ số quan trọng 5/5, 4/5, 4/5. Kết quả đã xác định được chế độ công nghệ tối ưu để tách chiết nước chuối trong với nhiệt độ xử lý lạnh đông - 29,74 °C, nhiệt độ xử lý enzyme 54,79 °C và thời gian xử lý enzyme 206,45 phút, tương ứng hiệu suất thu hồi nước chuối trong đạt 56,56 %, độ trong đạt 99,08 %T và chất lượng cảm quan đạt 18,8 điểm.

Từ khóa: Chuối tiêu hồng, tách chiết nước chuối, độ trong, lạnh đông, enzyme pectinase Utral SP – L, tối ưu hóa.

OPTIMIZED SEVERAL PARAMETERS OF BANANA JUICE EXTRACTION TECHNOLOGY IN FROM A BANANA WITH A PINK PEPPER

ABSTRACT

The purpose of this study was to test and optimize several factors that influence the extraction process of clear banana juice from the puree product of pink pepper banana raw material. The research inherited the experimental results of optimizing the banana puree processing process and single-factor experimental extraction process of banana juice extract from the banana puree product. The multi-factor experimental plan used a symmetrical orthogonal planning model with three corresponding experimental elements survey domains, including cryogenic puree temperature (-20°C to -30°C), pectinase SP-L Ultra enzyme processing temperature (45°C to 55°C), and enzyme processing time (150 minutes to 210 minutes). The multi-factor experimental goals included internal banana water recovery performance (%), transparency (%T) and sensory quality (point of view) of pure banana water. Optimization was done using the expected function algorithm with the maximum value of banana water recovery performance, clarity, and sensory points, corresponding to important factors 5/5, 4/5, 4/5. The results determined the optimal technology mode for the extraction of the clear banana water extract with the cryogenic processing temperature of -29.74°C, enzyme processing temperature of 54.79°C, and enzyme processing time of 206.45 minutes, corresponding to the yield efficiency of the clear banana water reaching 56.56%, the transparency reaching 99.08%T, and the quality of the sensory reaching 18.8 points.

Keywords: Pink Banana, Banana Juice Extraction, Clarity, Freezing, Ultra SP-L Pectinase Enzyme, Optimization.

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

I. ĐẶT VẤN ĐỀ

Cây chuối (*Musa cavendish*) được trồng phổ biến ở vùng nhiệt đới và cận nhiệt đới, chủ yếu ở châu Mỹ Latinh, châu Phi và châu Á. Việt Nam đứng thứ 8 trên thế giới về sản lượng chuối với 2,194 triệu tấn (FAO 2020). Chuối có giá trị dinh dưỡng cao là nguồn cung cấp năng lượng, vitamin A, vitamin C và khoáng chất (kali, canxi, natri và magiê) đối với sức khỏe con người. Đặc tính chuối là loại quả chín sau thu hoạch, nhanh bị hư hỏng trong quá trình vận chuyển và tiêu thụ ở dạng quả tươi nên tổn thất sau thu hoạch khá cao. Trong khi phần thịt quả dễ bị nâu hóa do enzyme polyphenol oxydaza và oxy hóa nhanh khi tiếp xúc với không khí. Xu hướng nghiên cứu phát triển các công nghệ tiên tiến ứng dụng trong chế biến đa dạng hóa sản phẩm từ quả chuối đang được nhiều nhà khoa học quan tâm, đây cũng là giải pháp hiệu quả nhằm giảm tổn thất sau thu hoạch và gia tăng giá trị sản phẩm từ cây chuối.

Một công trình nghiên cứu có hệ thống về công nghệ chế biến puree chuối và tách chiết nước chuối trong từ quả chuối tiêu hồng của NCS.Trần Thị Thu Hoài đã công bố: Nghiên cứu sự biến đổi một số chỉ tiêu lý hóa và cấu trúc của thịt quả chuối tiêu hồng trong quá trình chín bằng xử lý khí ethylene đã xác định được độ chín 7 là phù hợp cho chế biến puree chuối và độ chín 6,5 (sau 12 giờ khi đạt độ chín 6 ở nhiệt độ 20°C) phù hợp cho tách chiết nước chuối [1]. Đã nghiên cứu đơn yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng puree chuối trong quá trình chế biến [2], từ đó đã tiến hành thực nghiệm đa yếu tố và tối ưu hóa quá trình chế biến puree chuối: chuối chưa bóc vỏ được tiền xử lý nhiệt bằng hơi nước bão hòa ở 86,4°C trong 3,1 phút, xay nghiền đồng thời điều chỉnh pH 4,3

bằng axit citric có bổ sung axit ascorbic 0,06% trong môi trường MA (N₂) [3]. Tiếp theo kết quả nghiên cứu một số yếu tố ảnh hưởng đến quá trình tách chiết nước chuối trong từ sản phẩm puree chuối tiêu hồng [4] đã kế thừa các nghiên cứu [1, 2, 3] với các yếu tố thực nghiệm gồm: Nhiệt độ tiền xử lý bằng lạnh đông (- 20°C đến - 35°C), nồng độ enzyme pectinase Utral SP - L (0,02% - 0,035%), nhiệt độ xử lý enzyme (40°C - 55°C), và thời gian xử lý enzyme (120 phút - 210 phút), công suất (100W - 250W) và thời gian xử lý bằng siêu âm (2 phút - 8 phút). Tương ứng mục tiêu thực nghiệm: hiệu suất tách chiết nước chuối nguyên chất (%), độ trong (%T) và hàm lượng chất rắn hòa tan (°Bx). Kết quả thực nghiệm đơn yếu tố đã xác định được chế độ phù hợp: Nhiệt độ xử lý lạnh đông ở - 30°C trong 24 giờ, rã đông và xử lý bằng enzyme pectinase Utral SP - L nồng độ 0,03% ở nhiệt độ 50°C trong thời gian 180 phút và đình hoạt enzyme ở 90°C trong 5 phút. Tiếp theo xử lý bằng siêu âm với mức công suất 2 W/g trong 6 phút trước khi ly tâm tách nước chuối nguyên chất. Tương ứng mục tiêu đạt được với hiệu suất nước chuối nguyên chất 53,87%, độ trong 98,52%T, hàm lượng TSS là 28,9°Bx [4].

Trong phạm vi nghiên cứu này chúng tôi tiến hành thực nghiệm đa yếu tố và tối ưu hóa một số yếu tố ảnh hưởng chính đến quá trình tách chiết nước chuối trong bao gồm: nhiệt độ lạnh đông puree (°C), nhiệt độ xử lý enzyme pectinase Utral SP - L (°C) và thời gian xử lý enzyme (phút). Mục tiêu thực nghiệm đa yếu tố gồm hiệu suất thu hồi nước chuối trong (%), độ trong (%T) và chất lượng cảm quan (điểm) của nước chuối nguyên chất. Trong khi các yếu tố còn lại được kế thừa từ các kết quả nghiên cứu [1, 2, 3, 4].

2. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Chuối tiêu hồng được 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 9 - 11/2022.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp chuẩn bị mẫu thí nghiệm

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 6,5 xác định theo thang màu PCI. Chuẩn bị mẫu puree chuối cho các thực nghiệm tách chiết nước chuối sử dụng kết quả tối ưu hóa quy trình chế biến puree chuối [3]. Các mẫu puree chuối được định lượng đóng bao hút chân không (100 g/mẫu).

2.2.2. Phương pháp thực nghiệm đa yếu tố

Cơ sở lập luận chọn biến và miền biến

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 lạnh đông	X_1	$^\circ\text{C}$	-31,07	-30	-25	-20	-18,93
Nhiệt độ xử lý enzyme	X_2	$^\circ\text{C}$	43,92	45	50	55	56,08
Thời gian xử lý enzyme	X_3	Phút	143,55	150	180	210	216,45

2.2.3. Phương pháp xác định hiệu suất tách chiết nước chuối nguyên chất

Được tính theo công thức:

$$H (\%) = \frac{m_2}{m_1} \times 100\%$$

Trong đó: m_1 là khối lượng mẫu puree chuối ban đầu (g); m_2 là khối lượng nước chuối nguyên chất sau ly tâm (g).

2.2.4. Phương pháp xác định độ trong

Độ trong của nước chuối xác định theo phương pháp của Tapre và Jain (2014) [5]. Nước chuối sau khi tách chiết ly tâm ở tốc

thiên của các yếu tố thực nghiệm từ kết quả thực nghiệm đơn yếu tố [4]. Kế hoạch thực nghiệm đa yếu tố gồm 3 yếu tố ảnh hưởng: Nhiệt độ xử lý lạnh đông (-30°C đến -20°C), nhiệt độ xử lý enzyme (45°C đến 55°C), thời gian xử lý enzyme (150 - 210 phút), trong đó kế thừa kết quả nghiên cứu bằng cố định nồng độ enzyme pectinase Utral SP - L (0,03%), chế độ tách chiết nước chuối sau quá trình xử lý lạnh đông và enzyme bằng siêu âm ở mức công suất 2W/gam trong thời gian 6 phút và ly tâm tách bã thu hồi nước chuối nguyên chất.

Mỗi yếu tố tiến hành tại 5 mức ($-\alpha$, -1, 0, +1, $+\alpha$) (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. Các hàm mục tiêu gồm: Y_1 - Hiệu suất thu hồi nước chuối trong (%); Y_2 - Độ trong (%T); Y_3 - Chất lượng cảm quan (điểm).

độ 4.000 vòng/phút trong 25 phút. Độ trong của nước chuối xác định bằng cách đo độ truyền qua ở bước sóng 660 nm sử dụng máy quang phổ Shimadzu UV-VIS (Mỹ). Nước cất được sử dụng làm đối chứng.

2.2.5. Đánh giá chất lượng cảm quan:

Theo TCVN 3215 - 1979 bằng lập Hội đồng chấm điểm. Với 4 chỉ tiêu đánh giá gồm màu sắc, trạng thái, mùi, vị của nước chuối nguyên chất. 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 (1,2) và vị (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 $\leq 7,1$.

2.3. Hóa chất và thiết bị sử dụng

2.3.1. Thiết bị và dụng cụ

Thiết bị tạo khí ethylen từ cồn ethanol 90° (VIAEP); cân kỹ thuật và cân phân tích điện tử cấp chính xác 0,01; máy đo pH Hanna HI98107; nồi hấp tiệt trùng DG-S280C (Dengguan, Trung Quốc) loại 24 lít. Thiết bị tiền xử lý dạng nồi áp suất 5 lít và kết nối nhiệt kế điện tử Hanna HI147-00. Máy xay Philips HR2221 (Trung Quốc). Thiết bị cô quay chân không RE100-Pro (Trung Quốc); máy siêu âm Misonix (Hoa Kỳ); tủ đông So-Low (USA) nhiệt độ từ 0 – 40°C; máy ly tâm Rotofix 32A (Đức) với 4 ống

ly tâm 50 ml, tốc độ 4.000 vòng/phút; máy quang phổ Shimadzu UV-VIS (Mỹ).

2.3.2. Hóa chất

Cồn ethanol 90°; axit citric, axit ascorbic, nước cất 2 lần; chế phẩm enzyme Pectinex® Ultra SP-L (Novozymes, Đan Mạch), hoạt tính 26,000 PG/ml (PG-polygalacturonase).

2.4. 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 [6], [7].

3. KẾT QUẢ 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	-25,00	50,00	180,00	52,92	97,35	18,75
2	-30,00	45,00	150,00	51,25	97,35	18,33
3	-31,07	50,00	180,00	55,76	97,25	19,15
4	-25,00	50,00	180,00	52,63	97,07	19,02
5	-30,00	45,00	210,00	53,55	96,95	17,42
6	-30,00	55,00	210,00	56,56	99,41	18,64
7	-30,00	55,00	150,00	52,91	96,83	18,91
8	-25,00	56,08	180,00	52,87	97,65	19,22
9	-20,00	45,00	210,00	52,53	95,52	17,35
10	-25,00	50,00	143,55	50,92	96,77	18,52
11	-20,00	55,00	150,00	51,34	96,94	18,35
12	-18,93	50,00	180,00	53,07	96,21	18,25
13	-20,00	55,00	210,00	53,75	98,42	18,53
14	-25,00	50,00	216,45	54,52	98,32	18,25
15	-20,00	45,00	150,00	51,76	95,75	17,65
16	-25,00	43,92	180,00	50,95	95,45	18,15

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	27,91	0,0003	39,87	0,0001	22,25	0,0006
A	39,36	0,0008	41,37	0,0007	24,62	0,0025
B	36,00	0,0010	167,84	< 0,0001	96,67	< 0,0001
C	107,84	< 0,0001	67,56	0,0002	10,33	0,0183
AB	12,13	0,0131	6,67	0,0416	0,034	0,8595
AC	6,21	0,0470	6,01	0,0497	6,00	0,0499
BC	7,24	0,0360	45,36	0,0005	6,69	0,0414
A^2	29,60	0,0016	2,25	0,1841	6,94	0,0388
B^2	15,91	0,0072	7,46	0,0341	7,73	0,0320
C^2	0,88	0,3837	16,59	0,0066	32,25	0,0013
Không tương thích	4,21	0,3535	1,23	0,5911	0,57	0,7569
Hệ số xác định R^2	0,9767		0,836		0,9709	
Hệ số điều chỉnh R^2_{Adj}	0,9417		0,9589		0,9273	
Hệ số dự báo R^2_{Pred}	0,8149		0,8682		0,8079	

3.1.1. Khảo sát sự biến thiên của hàm Y_1

Kết quả phân tích hồi quy với F - value = 27,91 ($p < 0,05$) cho thấy, mô hình là có ý nghĩa thống kê với độ tin cậy 99,97% ($p = 0,0003$). 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, BC, A^2 , B^2 là có ý nghĩa thống kê, trong khi hệ số C^2 ($p > 0,05$) là không có ý nghĩa, tuy vậy trong mô hình vẫn giữ lại hệ số C^2 để tiến hành tối ưu hóa. Mặt khác chuẩn F = 4,21 ($p > 0,05$) 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 0,9767 đã mô tả 97,67% sự thay đổi của hàm mục tiêu Y_1 phụ thuộc vào các biến độc lập. Trong khi hệ số dự báo ($Pred R^2$ - Squared 0,8149) là tương thích với hệ số điều chỉnh ($Adj R^2$ - Squared 0,9417).

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

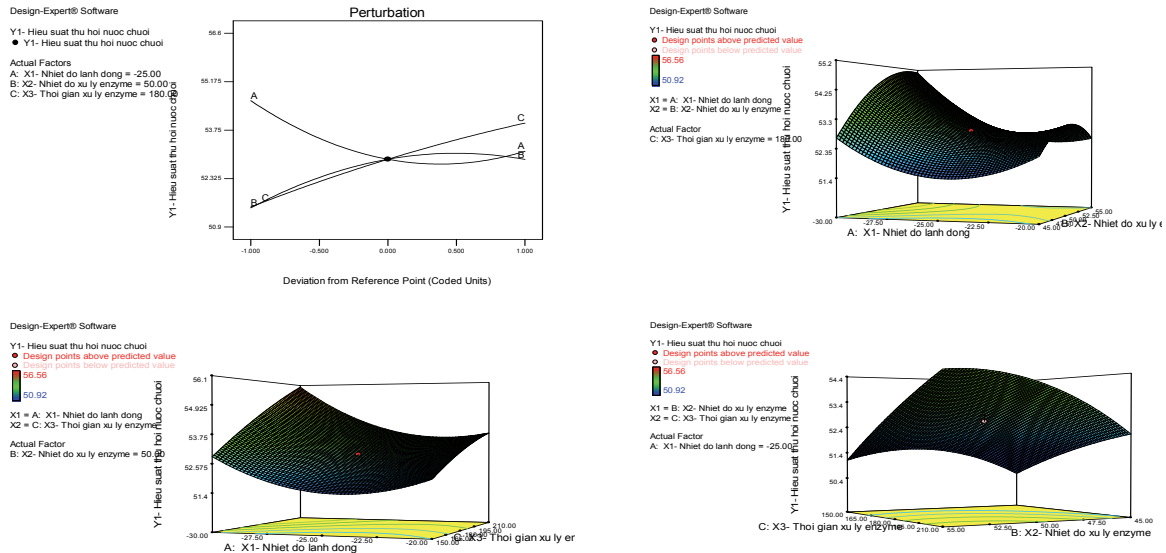
$$Y_1 = +52,89 - 0,74 A + 0,71 B + 1,23 C - 0,48 AB - 0,35 AC + 0,37 BC + 0,98 A^2 - 0,72 B^2 + 0,17 C^2 \quad (1a)$$

$$Y_1 = + 38,256 + 3,1922 X_1 + 2,08143 X_2 - 0,073552 X_3 - 0,1935 X_1 X_2 - 0,0023 X_1 X_3 + 0,00249 X_2 X_3 + 0,03916 X_1^2 - 0,02871 X_2^2 - 0,000187 X_3^2 \quad (1b)$$

Quan sát hình 1 cho thấy: Nhiệt độ xử lý lạnh đông là yếu tố có ảnh hưởng lớn nhất đến hiệu suất thu hồi nước chuối, tiếp theo đến thời gian và nhiệt độ xử lý enzyme. Khi nhiệt độ lạnh đông giảm trong khoảng từ - 25°C đến - 30°C thì hiệu suất có xu hướng tăng mạnh. Thời gian xử lý enzyme từ 150 phút đến 180 phút hiệu suất thu hồi tăng đều và có xu hướng giảm dần

khí kéo dài thời gian xử lý đến 210 phút, trong khi nhiệt độ xử lý enzyme từ - 45°C đến - 50°C thì hiệu suất tăng mạnh và có xu hướng giảm khi nhiệt độ tăng dần đến 55°C. Điều này chứng tỏ rằng nhiệt độ xử lý lạnh đông có khả năng phá cấu trúc mô

tế bào và tạo điều kiện cho công đoạn xử lý enzyme có hiệu quả hơn. Trong khi thời gian và nhiệt độ xử lý enzyme có tác động đến hoạt lực của enzyme và ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu suất thu hồi nước chuối.



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

3.1.2. Khảo sát sự biến thiên của hàm Y_2

Kết quả phân tích hồi quy với F - value = 39,87 ($p < 0,05$) 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, BC, B^2 , C^2 là có ý nghĩa thống kê, trong khi hệ số A^2 ($p > 0,05$) là không có ý nghĩa, tuy vậy, trong mô hình vẫn giữ lại để tiến hành tối ưu hóa. Mặt khác chuẩn F = 1,23 ($p > 0,05$) 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 0,836 đã mô tả 83,6% 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 0,8682) là tương thích với hệ số điều chỉnh (Adj R - Squared 0,9589).

Phương trình hồi quy hàm Y_2 theo biến

coded đã được mã hóa (2a) và theo biến thực (2b):

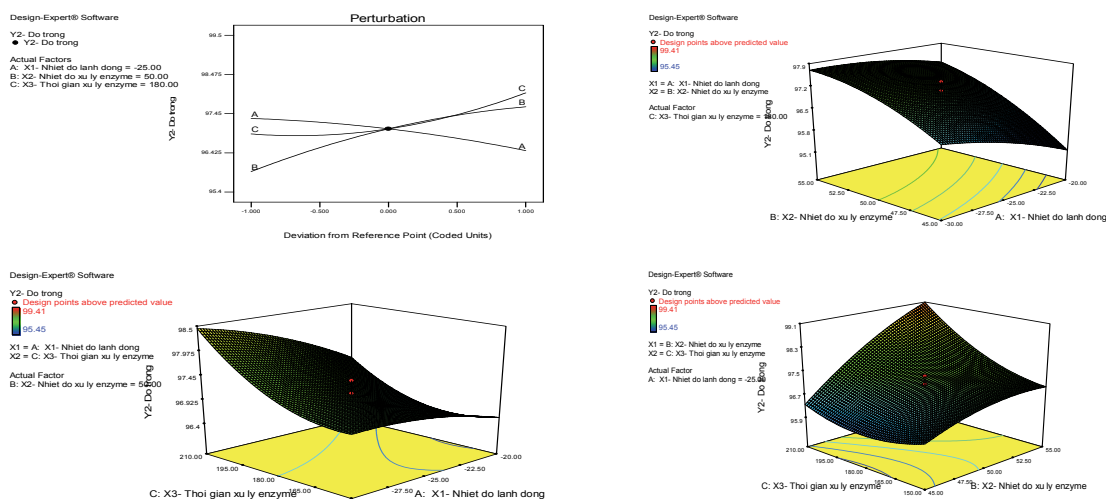
$$Y_2 = +97,05 - 0,42 A + 0,85 B + 0,54 C + 0,2 AB - 0,19 AC + 0,52 BC - 0,15 A^2 - 0,27 B^2 + 0,4 C^2 \quad (2a)$$

$$Y_2 = 93,662 - 0,5513 X_1 + 0,8311 X_2 - 0,3464 X_3 + 0,0079 X_1 X_2 - 0,00125 X_1 X_3 + 0,0034 X_2 X_3 - 0,00595 X_1^2 - 0,0108 X_2^2 + 0,0045 X_3^2 \quad (2b)$$

Quan sát hình 2 cho thấy: Nhiệt độ xử lý enzyme là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến độ trong của nước chuối, tiếp theo là nhiệt độ lạnh đông và thời gian xử lý enzyme. Nhiệt độ lạnh đông giảm thì độ trong nước chuối tăng, ngược lại nhiệt độ xử lý enzyme tăng thì độ trong tăng và có xu hướng giảm khi nhiệt độ tăng gần mốc 55°C. Trong khi thời gian xử lý enzyme tăng từ 150 phút đến 180 phút độ trong ít có sự thay đổi, tuy vậy từ khoảng 180

phút độ trong có xu hướng tăng mạnh và giảm dần khi thời gian kéo dài đến 210 phút. Điều này chứng tỏ enzyme hoạt động mạnh trong khoảng nhiệt độ 50°C - 55°C,

tương ứng thời gian xử lý 180 phút - 210 phút có tác động tích cực đến độ trong của nước chuối.



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

3.1.3. Khảo sát sự biến thiên của hàm Y_3

Kết quả phân tích hồi quy với F - value = 22,25 ($p < 0,05$) cho thấy, mô hình là có ý nghĩa thống kê với độ tin cậy 99,94% ($p = 0,0006$). 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, AC, BC, A^2 , B^2 , C^2 là có ý nghĩa thống kê, trong khi hệ số AB ($p > 0,05$) là không có ý nghĩa, tuy vậy trong mô hình vẫn giữ lại để tiến hành tối ưu hóa. Mặt khác chuẩn F = 0,57 ($p > 0,05$) 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 0,9709 đã mô tả 97,09% sự thay đổi của hàm mục tiêu Y_3 phụ thuộc vào các biến độc lập. Trong khi hệ số dự báo (Pred R - Squared 0,8079) là tương thích với hệ số điều chỉnh (Adj R - Squared 0,9273).

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

thực (3b):

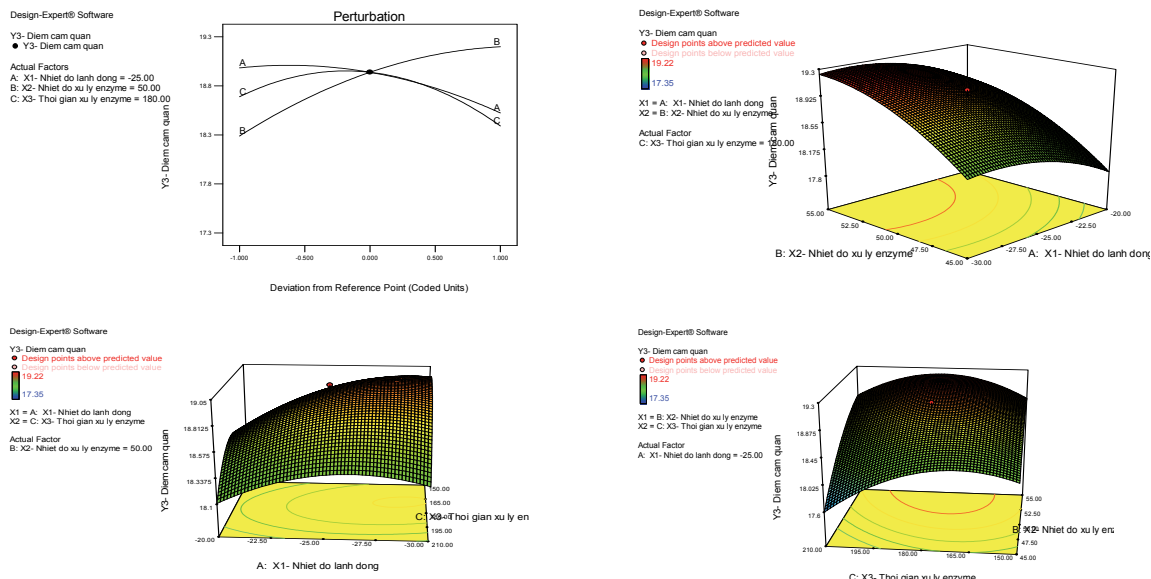
$$Y_3 = +18,94 - 0,23 A + 0,45 B - 0,15C + 0,02AB + 0,13 AC + 0,14 BC - 0,18 A^2 - 0,19 B^2 - 0,4 C^2 \quad (3a)$$

$$Y_3 = - 20,371 - 0,5942X_1 + 0,7123 X_2 + 0,1296 X_3 + 0,0004 X_1X_2 + 0,00088X_1X_3 + 0,00093 X_2X_3 - 0,00738 X_1^2 - 0,00779X_2^2 - 0,00044 X_3^2 \quad (3b)$$

Hình 3 cho thấy: Nhiệt độ xử lý enzyme là yếu tố ảnh hưởng lớn nhất đến chất lượng cảm quan của nước chuối, tiếp theo là thời gian xử lý enzyme và nhiệt độ lạnh đông. Khi nhiệt độ xử lý enzyme tăng từ 45°C đến 50°C điểm cảm quan tăng mạnh, tiếp theo có xu hướng tăng chậm dần từ 50°C đến 55°C. Thời gian xử lý từ 150 phút đến 180 phút điểm cảm quan tăng dần đều, tiếp sau giảm dần đều khi thời gian tăng từ 180 phút đến 210 phút. Trong khi nhiệt độ lạnh đông càng giảm thì điểm cảm quan càng tăng. Điều này cho thấy thời gian xử

lý kéo dài có thể nâng cao hiệu suất thu hồi nước chuối, tuy vậy điểm cảm quan giảm do chỉ tiêu mùi và vị của nước chuối thấp,

quá trình tối ưu hóa cần thương lượng giữa các mục tiêu hiệu quả thu hồi nước chuối và điểm cảm quan.



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

3.2. Tối ưu hóa quá trình tách chiết nước chiết nước chuối

Kết quả khảo sát 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 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

<i>Yếu tố và mục tiêu</i>	<i>Mục tiêu mong đợi</i>	<i>Hệ số quan trọng</i>
Nhiệt độ lạnh đông (°C)	Trong miền thực nghiệm (-30°C đến -20°C)	Hệ số quan trọng 4/5
Nhiệt độ xử lý enzyme (°C)	Trong miền thực nghiệm (45°C đến 55°C)	Hệ số quan trọng 5/5
Thời gian xử lý enzyme (phút)	Trong miền thực nghiệm (150 - 210)	Hệ số quan trọng 5/5
Hiệu suất thu hồi nước chuối (%)	Giá trị lớn nhất	Hệ số quan trọng 5/5
Độ trong (%T)	Giá trị lớn nhất	Hệ số quan trọng 4/5
Chất lượng cảm quan (điểm)	Tối đa theo thang điểm 20	Hệ số quan trọng 4/5

Thông qua hệ số quan trọng theo mức độ ảnh hưởng của các yếu tố thực nghiệm được lựa chọn nhiệt độ lạnh đông (4/5), nhiệt độ xử lý enzyme (5/5) và thời gian xử lý enzyme (5/5). Đối với các hàm mục tiêu

thì hiệu suất thu hồi nước chuối được ưu tiên (5/5), trong khi độ trong và chất lượng cảm quan cùng chọn mức ưu tiên thấp hơn (4/5), điều này đồng nghĩa với ưu tiên hiệu suất thu hồi nước chuối cao và chấp nhận

giá trị thấp hơn của các chỉ tiêu về độ trong và điểm cảm quan.

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:

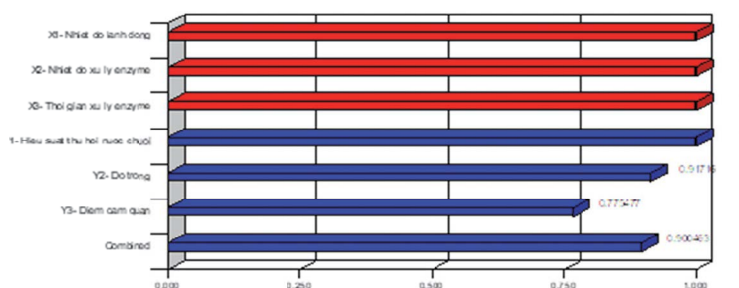
Các yếu tố thực nghiệm	Các hàm mục tiêu đạt được
- Nhiệt độ lạnh đông: - 29,83 °C - Nhiệt độ xử lý enzyme: 54,79 °C - Thời gian xử lý enzyme: 206,45 phút	- Hiệu suất thu hồi nước chuối: 56,56 % - Độ trong: 99,08 %T - Chất lượng cảm quan: 18,8 điểm

Với kết quả nghiên cứu thực nghiệm đơn yếu tố ở cùng điều kiện (xử lý bằng enzyme pectinase Utral SP - L nồng độ 0,03%) nhiệt độ xử lý enzyme 50°C, thời gian xử lý 180 phút, nhiệt độ lạnh đông -30°C tương ứng hiệu suất nước chuối nguyên chất 53,87%, độ trong 98,52%T. So với kết quả tối ưu hóa nhiệt độ xử lý enzyme tăng 54,74°C, thời gian xử lý tăng 206,45 phút và *nhiệt độ lạnh đông gần tương đương là - 29,83°C*, tương ứng hiệu suất thu hồi nước chuối cao hơn (56,56 %) và độ trong cao hơn (99,08 %T), trong khi chất lượng cảm quan vẫn đạt mức tốt (18,8 điểm).

Kết quả thực nghiệm đơn yếu tố đã

xác định được chế độ phù hợp: Nhiệt độ xử lý lạnh đông ở - 30°C trong 24 giờ, rửa đông và xử lý bằng enzyme pectinase Utral SP - L nồng độ 0,03% ở nhiệt độ 50°C trong thời gian 180 phút và đình hoạt enzyme ở 90°C trong 5 phút. Tiếp theo xử lý bằng siêu âm với mức công suất 2 W/g trong 6 phút trước khi ly tâm tách nước chuối nguyên chất. Tương ứng mục tiêu đạt được với hiệu suất nước chuối nguyên chất 53,87%, độ trong 98,52%T, hàm lượng TSS là 28,9°Bx [4].

Trong khi mục tiêu mong đợi của mô hình thực nghiệm thể hiện ở hình 4:



Hình 4. Mức độ đáp ứng sự mong đợi

Với 3 yếu tố nhiệt độ lạnh đông, nhiệt độ và thời gian xử lý enzyme đều đạt 100% theo mong đợi nằm trong miền thực nghiệm. Trong khi các hàm mục tiêu về hiệu suất thu hồi nước chuối đạt gần 100 %, độ trong nước chuối đạt 91,7 % và chất lượng cảm quan đạt 77,5 % so với mong

đợi, tương ứng mục tiêu chung của mô hình thực nghiệm đạt 90,1% sự mong đợi.

4. KẾT LUẬN

Kết quả thực nghiệm đa yếu tố và tối ưu hóa đã xác định được chế độ công nghệ tối ưu tách chiết nước chuối từ sản phẩm puree chuối tiêu hồng với nhiệt

độ xử lý lạnh đông - 29,83°C, nhiệt độ xử lý enzyme 54,79°C, thời gian xử lý enzyme 206,45 phút (sử dụng enzyme pectinase Utral SP - L ở nồng độ 0,03%), tương ứng hiệu suất thu hồi nước chuối đạt 56,56 %, độ trong đạt 99,08 %T và chất lượng cảm quan đạt 18,8 điểm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Thị Thu Hoài, Phạm Anh Tuấn, Lê Hà Hải (2022). Nghiên cứu sự biến đổi một số chỉ tiêu lý hóa và cấu trúc của thịt quả chuối tiêu hồng trong quá trình chín bằng xử lý khí ethylene. *Tạp chí Nông nghiệp và phát triển nông thôn* (24), 80-85.

2. 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 phát triển nông thôn* (7), 57-67

3. Trần Thị Thu Hoài, Phạm Anh Tuấn, Lê Hà Hải (2023). Tối ưu hóa một số thông số công nghệ của quá trình chế biến puree chuối chất lượng cao. *Tạp chí Nông nghiệp và phát triển nông thôn* 9/ 2023, 63-72.

4. Trần Thị Thu Hoài, Phạm Anh Tuấn, Lê Hà Hải (2023). Nghiên cứu một số yếu tố công nghệ ảnh hưởng đến quá trình tách chiết nước chuối trong từ chuối tiêu hồng. *Tạp chí Nông nghiệp và phát triển nông thôn* 12/2023, 69-79.

5. Tapre, A. R., & Jain, R. K. (2014). Effect of enzymatic treatment on juice yield, viscosity and clarity of banana juice. *Asian Journal of Dairying & Foods Research*, 33 (1), 25 - 31.

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

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

Ngày nhận bài: 05/12/2023

Người phản biện: PGS.TS Hoàng Thị Lê Hằng - Viện Khoa học Nông nghiệp VN