

Tối ưu hóa điều kiện lên men cider từ chanh dây (*Passiflora edulis sims*) bằng mô hình phức hợp trung tâm

Nguyễn Thị Kiều Diễm¹, Lê Hoàng Thanh¹, Châu Văn Đan¹, Trần Bạch Long², Trần Chí Nhân²

¹Khoa Công nghệ – Thủy sản, Trường Cao đẳng Kinh tế – Kỹ thuật Cần Thơ

²Viện Công nghệ Sinh học và Thực phẩm, Trường Đại học Cần Thơ

*ntkdiem@ctec.edu.vn

Tóm tắt

Mục tiêu của nghiên cứu là xác định điều kiện lên men chanh dây ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm cider. Nghiên cứu đã tiến hành khảo sát (i) tỉ lệ dịch quả/nước ở các tỷ lệ 1/1; 1/2 và 1/3 (w/v) và (ii) sử dụng mô hình CCD (Central Composite Design) với các yếu tố được khảo sát bao gồm độ Brix (17-19) °Bx; pH của dịch lên men (3,0-5,0); tỉ lệ nấm men *Saccharomyces cerevisiae* BV818 (0,03-0,05) % (w/v) và thời gian lên men (3-5) ngày. Kết quả nghiên cứu đã xác định được tỉ lệ pha loãng dịch quả/nước là 1/2 (w/v), bên cạnh đó giá trị tối ưu để thực hiện quá trình lên men cider chanh dây với độ Brix của dịch lên men là 18,45; pH = 4,65; tỉ lệ nấm men là 0,038 % (w/v); thời gian là 3,36 (ngày), khi đó sản phẩm cider chanh dây thu được chất lượng tốt, với hàm lượng ethanol đạt được 4,72 % (v/v), các giá trị màu sắc (L^* , a^* , b^*), chỉ số hóa nâu BI, độ lệch màu (ΔE) lần lượt là 66,96; 0,73; 27,34; 50,46 và 2,87 và đạt giá trị cảm quan tốt với số điểm là 18,74.

Nhận 30/08/2024

Được duyệt 30/11/2024

Công bố 28/12/2024

Từ khóa

Cider, chanh dây, đồ uống có cồn, *Saccharomyces cerevisiae*, tối ưu

© 2024 Journal of Science and Technology - NTTU

1 Đặt vấn đề

Cider là loại đồ uống hàm lượng cồn tương đối thấp và thường được làm từ nước ép táo, tuy nhiên tùy thuộc vào khí hậu, thời tiết, điều kiện phát triển của từng loại rau quả mà cider có thể sản xuất từ các nguồn trái cây khác nhau với độ cồn thường trong khoảng (3-4) % (v/v) [1]. Cider là loại đồ uống có vị chua thanh, ngọt dịu, đồng thời tùy vào nguyên liệu mà cider mang nhiều hương vị và giá trị dinh dưỡng khác nhau. Đặc biệt, các loại cider khi uống lạnh mang lại trải nghiệm tuyệt vời về mặt cảm quan. Bên cạnh đó, Việt Nam là nước nhiệt đới có nền nông nghiệp phát triển thích hợp cho việc trồng các loại cây ăn quả, việc đa dạng hóa sản phẩm đồ uống có cồn từ trái cây trên thị trường hiện nay rất được quan tâm. Chanh dây tím được trồng nhiều ở Việt

Nam, nhưng lại là loại trái cây theo mùa, không có quanh năm. Thời gian bảo quản không quá 8 ngày ở 25°C [2]. Quả chanh dây tím (*Passiflora edulis Sims*) có giá trị dinh dưỡng cao với mùi vị và hương thơm đặc trưng, chứa đầy đủ nguồn vitamin A và vitamin C, sắt, kali và các thành phần dinh dưỡng khác cũng như các hoạt chất sinh học có lợi cho sức khỏe, được dùng như các loại trái cây thông thường hoặc được chế biến thành dịch quả cô đặc [3]. Việc nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình lên men trái cây cũng được quan tâm, việc lên men nước cam (*Citrus sinensis* L.) sử dụng nấm men *Saccharomyces cerevisiae* UFLA CA1174 với nồng độ giống là 7 log CFU/mL cho thấy cider lên men ở 16° Bx và pH = 4,5 cho sản phẩm có hàm lượng ethanol đạt 5,81% chỉ sau 24 giờ lên men [4]. Quá trình lên men dịch ép quả bưởi *Citrus maxima*

với nấm men *S. cerevisiae* thu được 5,2% ethanol sau 10 ngày lên men và sản phẩm được thanh trùng ở (68-70) °C [5]. Từ những vấn đề trên việc tối ưu hóa điều kiện lên men cider chanh dây nhằm tận dụng được nguồn nguyên liệu, đa dạng hóa sản phẩm, tạo ra sản phẩm mới phù hợp với xu hướng của người tiêu dùng và nâng cao giá trị sử dụng của chanh dây tím cần được quan tâm.

2 Nguyên liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1 Nguyên vật liệu

Chanh dây tím: được mua tại quận Ninh Kiều, thành phố Cần Thơ; chọn quả đạt cùng độ chín, màu tím đặc trưng, không bị dập nát hay trầy xước, vỏ bóng loáng và không bị nhiễm sâu bệnh. Sau khi mua về được bảo quản lạnh ở ngăn đông tủ lạnh để đảm bảo lô nguyên liệu được đồng nhất cho các thí nghiệm. Nguyên liệu được rửa sạch và để ráo, bỏ đôi lấy thịt quả, ép lượng thịt quả thu dịch quả.

Dòng nấm men *Saccharomyces cerevisiae* BV818 (Angel Yeast Co., Ltd.) được sử dụng trong nghiên cứu.

2.2 Phương pháp nghiên cứu

2.2.1 Khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ pha loãng đến quá trình lên men cider chanh dây

Chanh dây tím được tách để lấy thịt quả, chà qua rây để thu dịch quả. Sau đó dịch quả được pha loãng với nước theo tỉ lệ 1/1, 1/2 và 1/3 (w/v) và được điều chỉnh đến 18 °Bx và pH = (4,5-5,0) bằng acid citric và Na₂CO₃. Dịch quả được thanh trùng bằng NaHSO₃ (140 mg/L) cùng với enzyme pectinase ở nồng độ 0,2% (w/v) tiến hành gia nhiệt ở 40°C trong 2 giờ. Nấm men đã được hoạt hóa được bổ sung vào dịch quả với tỉ lệ 0,04%

(w/v). Nấm men *Saccharomyces cerevisiae* BV818 được hoạt hóa theo nồng độ nấm men:đường:nước là (1:2:10) trước khi cho vào dịch quả. Các bình tam giác chứa 100 mL dịch quả đã chủng nấm men được đậy bằng water-lock để lên men kỵ khí ở nhiệt độ 30°C (ở nhiệt độ phòng hoặc bằng tủ ấm) trong 5 ngày. Kết thúc quá trình lên men đánh giá các chỉ tiêu: các giá trị màu sắc (L*, a*, b*), chỉ số hóa nâu BI, độ lệch màu ΔE, hàm lượng ethanol và đánh giá cảm quan sản phẩm.

2.2.2 Tối ưu hóa các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình lên men cider chanh dây

Chanh dây tím được xử lý như Mục 2.2.1. Dịch quả sau khi thu hồi tiến hành pha loãng với nước theo tỉ lệ được lựa chọn ở Mục 2.2.1. Sau đó thanh trùng dịch quả bằng NaHSO₃ 140 mg/L cùng với enzyme pectinase ở nồng độ 0,2% (w/v) tiến hành gia nhiệt ở 40°C, ủ trong 2 giờ, dùng màng lọc để lọc lại dịch quả và tiến hành xác định mức độ ảnh hưởng của các yếu tố khảo sát đến các hàm mục tiêu là các chỉ tiêu theo dõi gồm hàm lượng ethanol (Y₁), các giá trị màu sắc, giá trị độ sáng L* (Y₂), giá trị a* (Y₃) giá trị b* (Y₄), chỉ số hóa nâu BI (Y₅) độ lệch màu ΔE (Y₆) và điểm chất lượng cảm quan (Y₇) với các biến: X₁- độ Brix (17-19) °Bx; X₂- pH của dịch lên men (3,0-5,0); X₃- tỉ lệ nấm men (0,03-0,05) % (w/v); X₄- thời gian lên men (3-5) ngày) được bố trí và mã hóa như Bảng 1 và Bảng 2. Nấm men *Saccharomyces cerevisiae* BV818 được hoạt hóa theo nồng độ nấm men/đường/nước là (1:10:2) trước khi cho vào dịch quả. Tiến hành lên men kỵ khí ở nhiệt độ 30°C (ở nhiệt độ phòng hoặc bằng tủ ấm) trong 5 ngày. Kết thúc quá trình lên men đánh giá các chỉ tiêu: các giá trị màu sắc (L*, a*, b*), chỉ số hóa nâu BI, độ lệch màu ΔE, hàm lượng ethanol và đánh giá cảm quan sản phẩm.

Bảng 1 Nhân tố và các mức độ được bố trí theo mô hình phức hợp trung tâm CCD

Ký hiệu	Nhân tố	Đơn vị	Mức độ				
			-α	-1	0	1	+α
X ₁	°Bx	-	16	17	18	19	20
X ₂	pH	-	2	3	4	5	6
X ₃	Nồng độ nấm men	% w/v	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06
X ₄	Thời gian lên men	Ngày	2	3	4	5	6

Bảng 2 Bố trí nghiệm thực theo mô hình phức hợp trung tâm CCD

STT	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	STT	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
1	0	0	-2	0	16	0	0	0	0



2	-1	-1	-1	-1	17	0	0	0	0
3	-1	1	-1	-1	18	0	0	0	0
4	1	-1	-1	-1	19	0	2	0	0
5	1	1	-1	-1	20	2	0	0	0
6	-1	-1	-1	1	21	0	0	0	2
7	-1	1	-1	1	22	-1	-1	1	-1
8	1	-1	-1	1	23	-1	1	1	-1
9	1	1	-1	1	24	1	-1	1	-1
10	0	0	0	-2	25	1	1	1	-1
11	0	-2	0	0	26	-1	-1	1	1
12	-2	0	0	0	27	-1	1	1	1
13	0	0	0	0	28	1	-1	1	1
14	0	0	0	0	29	1	1	1	1
15	0	0	0	0	30	0	0	2	0

Trong đó: (-α) = -2, (-1): giá trị cận dưới, (0): giá trị ở tâm, (1): giá trị cận trên, (+α) = 2. Để xác định giá trị tối ưu cho quá trình lên men, kết quả phân tích khớp với phương trình đa thức bậc 2 bao gồm phần tuyến tính bậc 1, bậc 2 và tương tác của các yếu tố bậc 1 bằng phương pháp hồi quy đa biến.

2.3 Phương pháp phân tích

- Giá trị pH được xác định bằng máy pH Hanna (Italia)
- Độ Brix được đo bằng khúc xạ kế Atago (Japan)
- Xác định nồng độ ethanol theo phương pháp chưng cất theo TCVN 8008:2009 [6].
- Giá trị (L*, a*, b*) được áp dụng theo phương pháp đo màu CIELAB và được xác định bằng máy đo màu (Model WR10, China) sử dụng hệ đo màu L* (đen-trắng), a* (xanh lục-đỏ), b* (xanh dương-vàng) [7].
- Chỉ số hóa nâu BI được tính theo công thức [39]:

$$BI = \frac{x-0,31}{0,172} \times 100, x = \frac{a+1,75.L}{5,645.L+a-3,012.b}$$

- Sai biệt màu sắc tổng thể ΔE [8] được tính theo công thức: $\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$
- Phương pháp đánh giá cảm quan (cho điểm) theo TCVN 3215-1979.

2.4 Phương pháp thu thập và xử lý số liệu

Kết quả được thu thập và xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel 2016 (Microsoft Corporation, USA). Dữ liệu được phân tích thống kê bằng phần mềm Statgraphics Centurion 19.1 và tối ưu hóa bằng phần mềm Design Expert 13.0 (Stat Ease Inc., USA).

3 Kết quả nghiên cứu và thảo luận

3.1 Khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ pha loãng đến quá trình lên men cider chanh dây

Hàm lượng chất khô hòa tan là một trong những nhân tố quan trọng, không chỉ tác động đến quá trình lên men mà còn ảnh hưởng đến chất lượng của sản phẩm sau lên men. Hơn nữa, việc xác định tỉ lệ phối chế dịch quả với nước cũng rất cần thiết vì nó ảnh hưởng đến hương vị của thành phẩm sau khi kết thúc quá trình lên men. Kết quả thí nghiệm khảo sát ảnh hưởng của tỉ lệ pha loãng giữa dịch quả và nước được thể hiện ở Bảng 3.

Bảng 3 Ảnh hưởng của tỉ lệ pha loãng dịch quả/nước (w/v) đến các chỉ tiêu đánh giá

Tỉ lệ dịch quả/nước (w/v)	Các chỉ tiêu đánh giá sau quá trình lên men						
	Ethanol (% v/v)	Cảm quan	Các giá trị màu sắc				
			L*	a*	b*	BI	ΔE
1/1	4,48 ± 0,03 ^a	18,18 ± 0,18 ^b	66,75 ± 0,03 ^a	0,65 ± 0,02 ^c	26,37 ± 0,04 ^a	48,92 ± 0,12 ^a	4,28 ± 0,06 ^a
1/2	4,45 ± 0,02 ^b	18,69 ± 0,05 ^a	66,68 ± 0,02 ^a	0,70 ± 0,01 ^b	26,24 ± 0,03 ^a	48,73 ± 0,06 ^a	4,21 ± 0,03 ^a
1/3	4,19 ± 0,02 ^c	17,20 ± 0,22 ^c	64,95 ± 0,07 ^b	0,76 ± 0,03 ^a	25,23 ± 0,12 ^b	48,06 ± 0,18 ^b	3,92 ± 0,05 ^b

Ghi chú: dữ liệu được trình bày dưới dạng trung bình ± độ lệch chuẩn của 3 lần lặp lại. Các trung bình nghiệm thức có cùng chữ cái đi kèm trong một cột thì không khác biệt có ý nghĩa thống kê (p < 0,05)



Kết quả ở Bảng 3 cho thấy tỉ lệ pha loãng ảnh hưởng đến hàm lượng ethanol sinh ra trong quá trình lên men khác biệt ý nghĩa ($p < 0,05$). Trong đó, hàm lượng ethanol sinh ra giảm từ tỉ lệ 1/1 đến 1/3 (w/v) với hàm lượng ethanol đạt cao nhất ở tỉ lệ pha loãng 1/1 (4,48% v/v) không khác biệt ý nghĩa thống kê so với tỉ lệ 1/2 (4,45% v/v) và đồng thời ở tỉ lệ 1/1 và 1/2 (w/v) khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$) với tỉ lệ 1/3 (4,19% v/v). Sự khác chênh lệch về hàm lượng ethanol sinh ra phần lớn nguyên nhân là do ở tỉ lệ 1/1 và 1/2 (w/v) thành phần dinh dưỡng như đạm, các chất khoáng, vitamin, các chất kích thích sinh trưởng cho tế bào nấm men trong dịch lên men giảm dần nên khi tỉ lệ pha loãng càng cao nấm men hoạt động yếu và ngược lại. Nấm men cần có nguồn dinh dưỡng để phát triển, trong đó đường đóng vai trò quan trọng trong sự trao đổi chất để duy trì sự sinh trưởng và phát triển của nấm men. Tuy nhiên, ở tỉ lệ pha loãng 1/3 (w/v) hàm lượng nước bổ sung gấp 3 lần dẫn đến thành phần các hợp chất dinh dưỡng có trong dịch quả bị loãng đi làm cho hàm lượng ethanol sinh ra bị giảm đáng kể, tạo điều kiện bất lợi cho sự phát triển của nấm men. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu [9]. khi nghiên cứu lên men thanh long ruột đỏ ở tỉ lệ pha loãng 1/2 (w/v) đã thu được hàm lượng ethanol cao nhất Bên cạnh đó, sản phẩm lên men tốt ở tỉ lệ dịch xoài và nước là 1/1,5 (w/v) [10], tỉ lệ cũng tương đối gần với nghiên cứu của bài báo. Có thể thấy rằng, tùy vào đặc tính của từng loại nguyên liệu mà lựa chọn tỉ lệ pha loãng cho phù hợp giúp quá trình lên men tốt, tạo ra sản phẩm đáp ứng được các tiêu chí chất lượng đặc trưng của sản phẩm.

Bảng 3 cũng cho thấy tỉ lệ dịch quả/nước ảnh hưởng đến các giá trị màu sắc của sản phẩm cider chanh dây. Ở các tỉ lệ dịch quả/nước từ 1/1 đến 1/3 (w/v) các giá trị màu sắc L^* , a^* , b^* của sản phẩm tác động đến chất lượng chung của sản phẩm. Kết quả cho thấy giá trị L^* và b^* có xu hướng giảm đáng kể khi tăng các tỉ lệ pha loãng ($p < 0,05$) từ 1/1 đến 1/3 với các giá trị đạt cao nhất ở tỉ lệ 1/1 (w/v) với giá trị L^* , b^* lần lượt là 66,75 và 26,37. Tuy nhiên, giá trị a^* lại có xu hướng tăng khi tăng các tỉ lệ pha loãng. Nguyên nhân là do khi tăng các tỉ lệ từ 1/1 đến 1/3 (w/v) dịch quả chanh dây bị loãng đi ở các mức độ pha loãng khác nhau dẫn đến các giá

trị như L^* , b^* giảm, màu vàng sáng kém đi đáng kể từ đó dẫn đến giá trị a^* tăng, kết quả cho thấy giá trị L^* , b^* tỉ lệ nghịch so với giá trị a^* khi thay đổi các tỉ lệ pha loãng. Màu vàng sáng của nước ép dịch quả thường bị ảnh hưởng bởi sự tồn tại của các sắc tố tự nhiên như carotenoid, và đặc tính chất lượng này bị ảnh hưởng bởi giai đoạn trưởng thành của quả, phương pháp chế biến như tỉ lệ pha loãng dịch quả, xử lý nhiệt độ, thời gian tác động, điều kiện bảo quản và phản ứng hóa nâu do enzyme hoặc không do enzyme hoạt động [11].

Ở các tỉ lệ pha loãng khác nhau từ 1/1 đến 1/3 (w/v) cũng có sự thay đổi về chỉ số hóa nâu BI cũng như độ lệch màu ΔE ở các mẫu nghiên cứu trong quá trình lên men sản phẩm cider chanh dây và có sự khác biệt ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Kết quả ở Bảng 3 cho thấy các giá trị BI và ΔE ở các tỉ lệ pha loãng từ 1/1 đến 1/3 (w/v) có xu hướng giảm và tỉ lệ thuận với nhau với kết quả cao nhất ở tỉ lệ pha loãng 1/1 (w/v) đạt lần lượt là (BI) 48,92 và (ΔE) 4,28 đồng thời khác biệt không có ý nghĩa thống kê so với tỉ lệ pha loãng 1/2 (dịch quả/nước) và giảm đáng kể ở tỉ lệ 1/3 (dịch quả/nước) với các giá trị đạt (BI) 48,06 và (ΔE) 3,92 với kết quả này phần nào cho thấy ảnh hưởng đáng kể của tỉ lệ pha loãng đến chất lượng sản phẩm cider chanh dây. Trong quá trình ép dịch quả, các hợp chất o-diphenolic được chuyển đổi thành quinon trong các tế bào bị tổn thương và điều này dẫn đến màu của nước ép chuyển sang màu nâu. Việc ức chế phản ứng oxy hóa này làm quá trình nước ép chuyển sang màu nâu dẫn đến kém về mặt cảm quan sản phẩm, đã có nhiều nghiên cứu về việc làm giảm sự thay đổi màu sắc trong nước ép táo lên men đã được báo cáo [12]. Đối với tổng giá trị sai biệt màu sắc (ΔE) ảnh hưởng đến sắc độ, sắc thái, độ sáng và cho thấy rõ xu hướng tăng giá trị sai biệt màu sắc (ΔE) trong nước ép khi tăng cường xử lý enzyme pectinase. Tuy nhiên giá trị (ΔE) giảm tương đối đã xác nhận khi tăng các tỉ lệ pha loãng trong dịch nước ép. Mật độ màu và màu polyme là các thông số quan trọng liên quan đến màu sắc, thường được áp dụng cho các sản phẩm có chứa anthocyanin, carotenoid [13].

Sau thời gian lên men ở các tỉ lệ pha loãng khác nhau, các mẫu được hội đồng đánh giá chất lượng, kết quả được thể hiện qua Bảng 3 với các điểm cảm quan đạt

loại tốt ở tỉ lệ 1/2 (w/v) và loại khá tốt ở tỉ lệ 1/1 và 1/3 (w/v). Điều này là do khi thêm nước vào ở một mức độ phù hợp thì nồng độ các chất dinh dưỡng còn lại vẫn tương đối cao, khả năng trao đổi chất ở nấm men diễn ra thuận lợi. Ở các tỉ lệ 1/1; 1/2 (w/v) dịch quả/nước nấm men vẫn phát triển tương đối tốt, điểm chất lượng cảm quan đạt được tốt hơn (18,69 ở tỉ lệ 1/2 (w/v) dịch quả/nước) là do màu sắc, mùi vị phù hợp với tiêu chí chất lượng của sản phẩm. Nấm men vẫn phát triển tương đối tốt ở các tỉ lệ pha loãng với sản phẩm cider dâu, điểm chất lượng cảm quan đạt được tốt ở tỉ lệ 1/2 (w/v) [14]. Đồng thời các kỹ thuật dựa trên các phương pháp xử lý nguyên liệu rất hiệu quả vì nước ép dịch quả có chất lượng dinh dưỡng và cảm quan rất tốt khi pha loãng với thông số phù hợp so với dịch quả ban đầu, đặc biệt là về việc giữ lại màu sắc tự nhiên tươi sáng và hương thơm dễ chịu, mà hầu như những yếu tố đó đều bị giảm đi đáng kể trong quá trình pha loãng dịch quả. Nhìn chung, khi bổ sung nước theo tỉ lệ 1/2 (w/v) (dịch quả/nước) là phù hợp nhất cho quá trình lên men cider chanh dây.

3.2 Tối ưu hóa các yếu tố ảnh hưởng trong quá trình lên men cider chanh dây

Tối ưu hóa quá trình lên men cider chanh dây bằng phương pháp bề mặt đáp ứng theo bốn yếu tố ảnh hưởng được lựa chọn cho quá trình là °Bx, pH, tỉ lệ nấm men và thời gian lên men. Tiến hành bố trí mô hình tối ưu hóa với 30 nghiệm thức được thiết kế và thực hiện thông qua thiết kế mô hình CCD nhằm tối ưu hóa các điều kiện ảnh hưởng đến khả năng lên men, chất lượng của nguyên liệu đồng thời đánh giá sự thay đổi màu sắc của sản phẩm. Quá trình lên men cider chanh dây với các kết quả thu nhận là các yếu tố của sản phẩm bị ảnh hưởng bởi các nhân tố khác nhau, tương ứng với mỗi nghiệm thức được mã hóa và các đáp ứng bao gồm: ethanol (Y₁), giá trị độ sáng L* (Y₂), giá trị a* (Y₃), giá trị b* (Y₄), chỉ số hóa nâu BI (Y₅), sai biệt màu sắc tổng thể ΔE (Y₆) và điểm chất lượng cảm quan (Y₇) với các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình lên men là độ Brix (X₁), pH (X₂), tỉ lệ nấm men (X₃) và thời gian lên men (X₄). Phân tích ANOVA được dùng để đánh giá mức độ phù hợp của mô hình. Từ mô hình thu nhận, tiến hành tối ưu hóa các thông số thực hiện với độ dao động của từng biến trong khoảng khảo

sát. Từ đó, chọn lựa các phương án ở mức độ tối ưu với hàm lượng ethanol (% v/v), các giá trị màu sắc (L*, a*, b*), chỉ số hóa nâu BI, sai biệt màu sắc tổng thể ΔE và đánh giá cảm quan thể hiện các mức độ ưa thích của người tiêu dùng sản phẩm.

Dữ liệu thí nghiệm được sử dụng để kiểm tra sự khác biệt có ý nghĩa thống kê và tính toán hệ số của phương trình hồi quy tuyến tính và đa thức bậc 2. Về cơ bản, p-value càng nhỏ thể hiện mức độ ý nghĩa càng cao về ảnh hưởng của các biến tự do lên các biến phụ thuộc. Thông qua loại bỏ các tương tác có mức độ ý nghĩa thấp (p > 0,05), mức độ chính xác của mô hình hồi quy có thể được cải thiện đáng kể. Trên thực tế, kết quả phân tích ANOVA cho thấy phương trình hồi quy tuyến tính đa thức bậc 2 đạt được mức độ tương quan tương đối cao với giá trị thu nhận có dạng:

$$Y_n = a_0 + \sum_{i=1}^k a_i X_i + \sum_{i=1}^k a_{ii} X_i^2 + \sum_{i \neq j=1}^k a_{ij} X_i X_j$$

Kết quả (Bảng 4) thể hiện mô hình hồi quy, hệ số R² và R²_{hiệu chỉnh} ứng

Bảng 4 Hệ số R², R²_{hiệu chỉnh} và giá trị P ứng với từng biến phụ thuộc

Biến phụ thuộc	Hệ số R ²	R ² _{hiệu chỉnh}	Giá trị P
Ethanol (% v/v)	0,9939	0,9882	*
L*	0,9738	0,9494	*
a*	0,8323	0,6759	*
b*	0,9949	0,9949	*
Chỉ số hóa nâu BI	0,9719	0,9458	*
Sai biệt màu sắc tổng thể ΔE	0,9849	0,9708	*
Cảm quan	0,9572	0,9172	*

Ghi chú: *khác biệt rất có ý nghĩa thống kê (p < 0,01)

Theo kết quả thống kê ANOVA (Bảng 4) cho thấy các giá trị P của hệ số, tương tác các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình lên men của cider chanh dây với khác biệt rất có ý nghĩa thống kê (p < 0,01), chứng tỏ các nhân tố này đều ảnh hưởng đến hàm lượng ethanol, các giá trị màu sắc (L*, a*, b*), chỉ số hóa nâu BI, sai biệt màu sắc tổng thể của sản phẩm ΔE, đánh giá cảm quan sản phẩm. Mô hình tương quan tốt khi hệ số xác định tương quan R² lớn hơn 0,80 thể hiện mức độ tương thích cao của các mô hình [15]. Mô hình tương quan được xây dựng từ thí nghiệm đối với hàm lượng ethanol, các giá trị màu sắc (L*, a*, b*), chỉ số hóa nâu BI, sai biệt màu



sắc tổng thể ΔE , giá trị cảm quan đã thỏa điều kiện với thông số R^2 khá cao lần lượt là 0,9939; 0,9738; 0,8323; 0,9949; 0,9719; 0,9849; và 0,9572 và giá trị $R^2_{\text{hiệu chỉnh}}$ đạt 0,9882; 0,9494; 0,6759; 0,9949; 0,9458; 0,9708; và 0,9172, tương ứng. Mặt khác, giá trị hệ số xác định tương quan R^2 của mô hình còn thể hiện sự tương thích cao giữa các giá trị thực nghiệm và các giá trị dự đoán. Điều này cũng chứng tỏ rằng, mô hình phù hợp với các đại diện đầy đủ của các mối quan hệ giữa các biến được lựa chọn.

$$(2) Y_1 = -78,16 + 7,38X_1 + 1,57X_2 + 468X_3 + 0,049X_4 + 0,006X_1X_2 - 9,88X_1X_3 + 0,086X_1X_4 + 0,5X_2X_3 + 0,01X_2X_4 - 9,5X_3X_4 - 0,198X_1^2 - 0,188X_2^2 - 2581,3X_3^2 - 0,132X_4^2$$

$$(3) Y_2 = -233,2 + 28,8X_1 + 3,8X_2 + 1049X_3 + 1,18X_4 - 0,059X_1X_2 - 21,44X_1X_3 + 0,34X_1X_4 + 18,06X_2X_3 + 0,24X_2X_4 - 5,56X_3X_4 - 0,8X_1^2 - 0,46X_2^2 - 7330X_3^2 - 0,89X_4^2$$

$$(4) Y_3 = -10,4 - 1,02X_1 + 0,056X_2 - 11,83X_3 - 0,051X_4 - 0,003X_1X_2 + 0,063X_1X_3 - 0,009X_1X_4 - 1,69X_2X_3 - 0,01X_2X_4 - 0,81X_3X_4 + 0,02X_1^2 + 0,01X_2^2 - 219,8X_3^2 - 0,033X_4^2$$

$$(5) Y_4 = -240,9 + 28,7X_1 + 2,76X_2 - 125,4X_3 + 0,22X_4 + 0,008X_1X_2 + 15,56X_1X_3 + 0,19X_1X_4 + 23,8X_2X_3 + 0,05X_2X_4 + 42,06X_3X_4 - 0,83X_1^2 - 0,46X_2^2 - 3819X_3^2 - 0,63X_4^2$$

$$(6) Y_5 = -290,1 + 39,5X_1 + 3,1X_2 - 1281,6X_3 - 0,73X_4 + 0,07X_1X_2 + 56,3X_1X_3 + 0,13X_1X_4 + 35,69X_2X_3 - 0,14X_2X_4 + 103,19X_3X_4 - 1,18X_1^2 - 0,63X_2^2 - 1786,5X_3^2 - 0,6X_4^2$$

$$(7) Y_6 = 288,9 - 27,71X_1 - 6,2X_2 - 509,4X_3 - 3,16X_4 + 0,12X_1X_2 + 4,44X_1X_3 - 0,14X_1X_4 - 3,44X_2X_3 + 0,11X_2X_4 - 13,06X_3X_4 + 0,76X_1^2 + 0,42X_2^2 + 4590,6X_3^2 + 0,65X_4^2$$

$$(8) Y_7 = -42,5 + 3,83X_1 + 5,14X_2 + 759,2X_3 - 0,28X_4 - 0,13X_1X_2 - 15,6X_1X_3 + 0,12X_1X_4 - 15,6X_2X_3 - 0,08X_2X_4 - 18,13X_3X_4 - 0,09X_1^2 - 0,17X_2^2 - 3406,3X_3^2 - 0,078X_4^2$$

Sự phân bố giữa giá trị giá trị như hàm lượng ethanol, các giá trị màu sắc và điểm cảm quan thu nhận từ thực nghiệm và từ phương trình dự đoán. Kết quả cho thấy sự phân bố của của các chỉ tiêu thực tế và lý thuyết tương đối đồng đều dựa trên các phương trình toán học được trình có thể dự đoán chính xác hàm lượng ethanol, các giá trị màu sắc (L^* , a^* , b^*), chỉ số hóa nâu BI, sai biệt màu sắc tổng thể ΔE , giá trị cảm quan trong khoảng giá trị được khảo sát.

Kết quả được trình bày ở (Bảng 5). Giá trị F-giá trị, p-giá trị và sự không tương thích của phương trình tương

Tương quan giữa hàm lượng ethanol (Y_1), giá trị độ sáng L^* (Y_2), giá trị a^* (Y_3), giá trị b^* (Y_4), chỉ số hóa nâu BI (Y_5), sai biệt màu sắc tổng thể ΔE (Y_6) và điểm chất lượng cảm quan (Y_7) với các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình lên men là độ Brix (X_1), pH (X_2), tỉ lệ nấm men (X_3) và thời gian lên men (X_4) được diễn tả theo phương trình 2, 3, 4, 5, 6, 7 và 8 thể hiện các phương trình hồi quy bậc 2 dự đoán mối quan hệ giữa các yếu tố khảo sát.

ứng là 174,69; 0,0001 ($p < 0,01$) và 0,1861 ($p > 0,05$), cho thấy phương trình bậc 2 có thể được sử dụng để phỏng đoán 95% ($R^2_{\text{hiệu chỉnh}}$) sự thay đổi của hàm lượng ethanol ở các điều kiện xử lý khác nhau. Trong đó cả giá trị ΔBx (Y_1), pH (Y_2), nồng độ nấm men (Y_3) và thời gian lên men (Y_4) đều là những thông số quan trọng của phương trình ($p < 0,01$), ảnh hưởng rất đáng kể đến hàm lượng ethanol (% v/v) trong quá trình lên men cider chanh dây. Sự tương tác giữa nhân tố có ảnh hưởng đáng kể đến hàm lượng ethanol (% v/v) ($p < 0,05$).

Bảng 5 Kết quả phân tích ANOVA đến sự hình thành ethanol theo mô hình CCD

Nhân tố	Tổng bình phương	Độ tự do	Trung bình phương	Giá trị F	Giá trị P
	12,53	14	0,8948	174,69	**

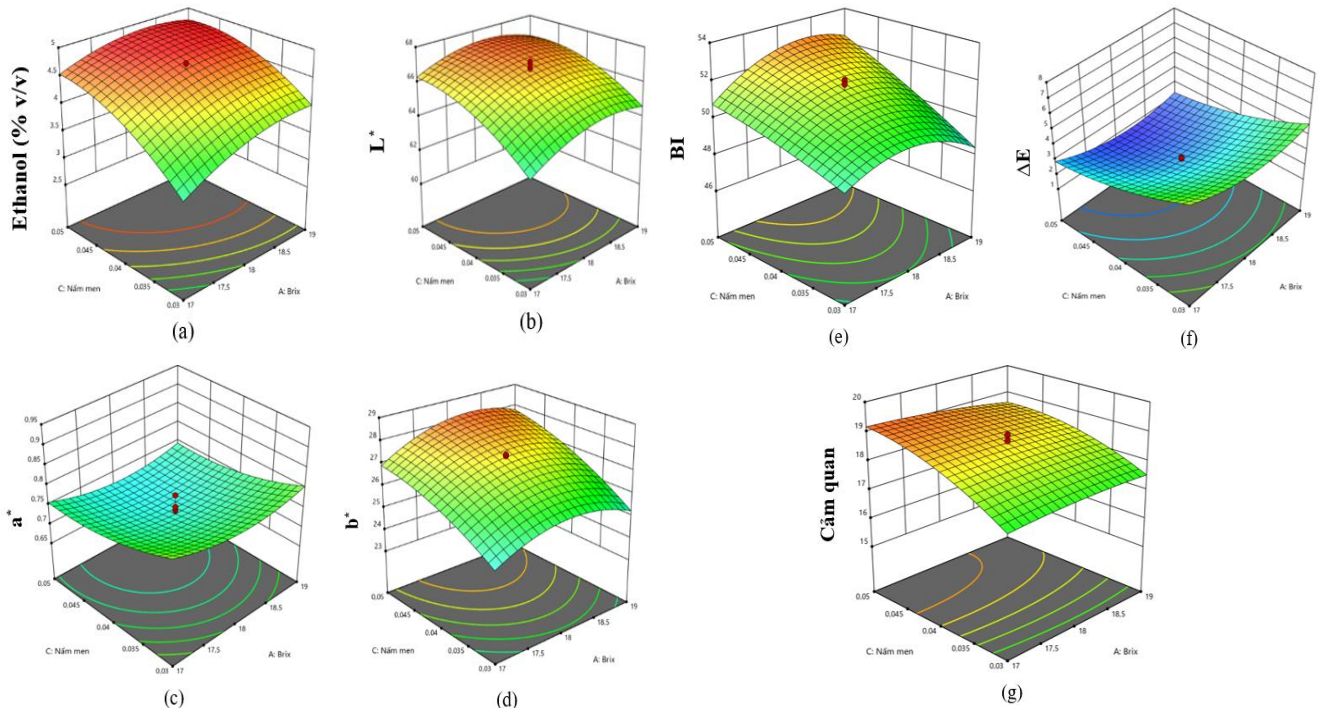


X ₁ -Brix	1,16	1	1,16	226,78	**
X ₂ -pH	1,30	1	1,30	253,28	**
X ₃ -Nấm men	5,47	1	5,47	1068,32	**
X ₄ -Ngày	1,03	1	1,03	200,12	**
X ₁ X ₂	0,0006	1	0,0006	0,1220	0,7317
X ₁ X ₃	0,1560	1	0,1560	30,46	**
X ₁ X ₄	0,1190	1	0,1190	23,24	**
X ₂ X ₃	0,0004	1	0,0004	0,0781	0,7837
X ₂ X ₄	0,0016	1	0,0016	0,3124	0,5845
X ₃ X ₄	0,1444	1	0,1444	28,19	**
X ₁ ²	1,08	1	1,08	210,20	**
X ₂ ²	0,9707	1	0,9707	189,51	**
X ₃ ²	1,83	1	1,83	356,78	**
X ₄ ²	0,4770	1	0,4770	93,13	**
Phần còn lại	0,0768	15	0,0051		
Sự phù hợp	0,0631	10	0,0063	2,29	0,1861
Sai số chuẩn	0,0138	5	0,0028		
Sai số	0,0716		R²		0,9939
Trung bình	4,01		Hiệu chỉnh R²		0,9882
Hệ số biến thiên (%)	1,78		Dự đoán R²		0,9696
			Độ chính xác		44,9209

Ghi chú: $R^2 = 0,99$, $R^2_{\text{hiệu chỉnh}} = 0,98$, hệ số biến thiên = 1,78 % và độ chính xác = 44,9209 *Khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$), **Khác biệt rất có ý nghĩa thống kê ($p < 0,01$).

Dựa vào kết quả phân tích ANOVA ở (Bảng 5), có thể thấy rằng mô hình thử nghiệm có ý nghĩa với p-giá trị < 0,01. Trong đó, các nhân tố khảo sát có tác động ý nghĩa đến quá trình hình thành ethanol của cider chanh dây với ($p < 0,01$) và hệ số biến thiên là 1,78%. Bên cạnh đó, giá trị $R^2 = 0,9939$ và $R^2_{\text{hiệu chỉnh}} = 0,9882$ cũng thể hiện mô hình thống kê có độ tin cậy cao. Hình 1a cho thấy sự tác động giữa tỉ lệ nấm men và độ Brix đến sự hình thành ethanol. Mỗi điểm trên bề mặt đáp ứng đại diện cho lượng ethanol tạo thành tương ứng với các yếu tố ảnh hưởng được khảo sát đến chiều hướng tạo ra ethanol ở mức cao nhất hay thấp nhất. Đối với sản phẩm cider nấm men đóng vai trò thiết yếu trong

quá trình sản xuất tất cả các loại đồ uống có cồn và việc lựa chọn chủng nấm men thích hợp là rất quan trọng để kiểm soát sản lượng cồn và bảo toàn chất lượng cảm quan của đồ uống [16]. Tuy nhiên, hoạt động của nấm men trong quá trình lên men không chỉ giới hạn ở việc chuyển hóa đường thành rượu. Quá trình trao đổi chất của nấm men tạo ra các chất chuyển hóa và sản phẩm phụ khác nhau có thể có tác động thiết yếu đến chất lượng cảm quan của sản phẩm lên men. Quá trình làm tăng sinh khối được hình thành (trên một đơn vị đường phân hủy), đồng thời làm giảm sản xuất ethanol và tiêu thụ đường. Đối với nồng độ glucose cao, *Saccharomyces cerevisiae* chỉ chuyển hóa đường bằng cách lên men [16].



Hình 1 Bề mặt đáp ứng đối với các yếu tố ảnh hưởng đến các chỉ tiêu sau quá trình lên men cider chanh dây

Ghi chú: (a) hàm lượng ethanol, (b) giá trị độ sáng L^* , (c) giá trị a^* , (d) giá trị b^* , (e) chỉ số hóa nâu BI, (f) sai biệt màu sắc tổng thể ΔE , (g) giá trị cảm quan

Hình 1a mô tả sự thay đổi hàm lượng ethanol (% v/v) khi có sự tác động của nhân tố độ Brix, pH, tỉ lệ nấm men và thời gian trong quá trình lên men, sự tương tác giữa các nhân tố cũng được thể hiện rõ trong (Hình 1a và Bảng 4). Phân tích Hình 1a và Bảng 4, có thể kết luận rằng các nhân tố trong quá trình lên men cider chanh dây đều có tác động mạnh mẽ đến hàm lượng ethanol trong dịch quả lên men đặc biệt là tỉ lệ nấm men, giá trị pH và độ Brix hiệu chỉnh (tỉ lệ đường bổ sung vào dịch quả). Trong quá trình lên men, một số loại như acid citric được chuyển hóa thành acid acetic, trong khi acid shikimic và quinic được chuyển hóa thành các phenol đơn lẻ, như catechol, ethylcatechol và các hợp chất khác đồng thời các acid hữu cơ có thể ảnh hưởng đến quá trình trao đổi chất của nấm men. Hoạt động của nấm men và các biến đổi hóa học cũng bị ảnh hưởng bởi độ acid của nước ép trong quá trình lên men. Nấm men *Saccharomyces cerevisiae* phần lớn được sử dụng để sản xuất đồ uống có cồn, do được kiểm soát cũng như để giải phóng các tiền chất tạo hương thơm của của sản phẩm [17]. Nồng độ glucose và fructose có thể ảnh hưởng đến sự phát triển của nấm men, tức là nồng độ đường cao sẽ làm giảm tốc độ phát triển của

một số chủng nấm men [3]. Hơn nữa, nồng độ đường cao làm tăng tác động đến nấm men đối với nitơ có thể đồng hóa, điều này cũng có thể ức chế quá trình lên men. Một số biến số, chẳng hạn như nhiệt độ và độ pH, có thể ảnh hưởng đến tốc độ tăng trưởng của nấm men và môi trường tăng trưởng cũng như khả năng thích nghi của các chủng nấm men [3]. Nhiều loại đồ uống có hàm lượng đường cao, độ pH thấp và được phân biệt với các vi khuẩn acid acetic khác ở khả năng oxy hóa glucose thành acid gluconic.

Kết quả Hình 1b, Hình 1c, Hình 1d cho thấy sự thay đổi các giá trị màu sắc (L^* , a^* , b^*) một cách rõ ràng khi có sự thay đổi của nhân tố độ Brix, pH, tỉ lệ nấm men và thời gian trong quá trình lên men, sự tương tác giữa các nhân tố cũng được thể hiện trong Hình 1b, Hình 1c, Hình 1d. Kết quả Bảng 4 kết luận rằng các nhân tố tác động mạnh mẽ đến sự thay đổi các giá trị màu sắc của sản phẩm có ý nghĩa về mặt thống kê ($p < 0,01$). Sự giảm giá trị độ sáng (L^*) là do tác động của tế bào vi khuẩn, trong khi sự tăng giá trị độ đỏ (a^*) giá trị độ vàng (b^*) tác động tích cực nước ép dâu tằm, cũng như tác động lên quá trình lên men đối với cả màu đỏ và màu vàng [18]. Giá trị L^* của nước vải giảm nhẹ khi xử lý

bằng nhiệt điều này có thể là do sự kết tụ của protein và chất xơ trong nước vôi sau khi xử lý nhiệt, nhưng giá trị a^* tăng chậm đã được quan sát thấy trong nước ép vôi thiều lên men điều này có thể là do phản ứng caramen hóa trong quá trình thanh trùng bằng nhiệt [19]. Điều này có thể là do các phản ứng không phải enzyme bao gồm phản ứng maillard diễn ra giữa các nhóm alpha-amino, đường khử và sự phân hủy acid ascorbic [20]. Quá trình oxy hóa các thành phần phenolic và sau đó dẫn đến sự hình thành màu vàng nâu, có thể là nguyên nhân chính gây ra sự gia tăng giá trị b^* trong nước ép dâu tây chưa lên men tương đồng với kết quả nghiên cứu [21]. Hơn nữa, carotenoid và các dẫn xuất của chúng, chẳng hạn như violaxanthin, β -carotene, lutein,... cũng có thể liên quan đến giá trị không gian màu b^* [22], ngụ ý rằng tính chất màu vàng của nước ép lên men sẽ được tăng cường vì các sắc tố này bị giải phóng nhiều hơn dưới tác động của các loại yếu tố vật lý hoặc hóa học. Theo cách này, màu vàng (giá trị b^*) của nước ép lên men sẽ là kết quả của sự kết hợp của nhiều yếu tố tác động đến sản phẩm.

Hình 1e, Hình 1f và Bảng 4 thể hiện sự tác động của các nhân tố độ Brix, pH, tỉ lệ nấm men và thời gian đến chỉ số hóa nâu BI và sai biệt màu sắc tổng thể ΔE khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,01$). Chỉ số hóa nâu BI có tác động tích cực đến sự thay đổi của sản phẩm cider chanh dây ở các yếu tố ảnh hưởng đến sự thay đổi màu sắc, chỉ số hóa nâu BI trong quá trình lên men là các chất chống oxy hóa và sắc tố có trong nguyên liệu. Các điều kiện có thể ảnh hưởng đến màu sắc, chỉ số hóa nâu trong quá trình lên men là nhiệt độ, ánh sáng, điều kiện bảo quản, oxy và những yếu tố khác tác động. Dưới ảnh hưởng của các yếu tố này, sự thay đổi màu sắc, trong phạm vi từ vàng sang vàng nâu, có thể tạo thành các hợp chất màu vàng, cuối cùng dẫn đến polyme màu

nâu, có thể là màu không mong muốn theo quan điểm của người tiêu dùng [9]. Đối với tổng thể sai biệt màu sắc ΔE có thể nhận định rằng việc xử lý nhiệt cùng với thời gian lên men có tác động rõ rệt đến màu sắc của nước ép do sự phân hủy các sắc tố màu. Một số nghiên cứu đã chỉ ra rằng quá trình oxy hóa phenol và trùng hợp quinon hoặc bán quinon có thể tạo ra các nhóm màu vàng-nâu có thể làm tăng tình trạng suy giảm màu của nước ép lên men [23].

Có thể thấy rằng, phần quan trọng để đánh giá mức độ ưa thích, chấp nhận của người tiêu dùng là chỉ tiêu cảm quan của sản phẩm, kết quả được thể hiện ở (Hình 1g). Do đó, nền tảng của của nhà sản xuất và nghiên cứu là có thể hỗ trợ phát triển các loại đồ uống lên men có lợi cho sức khỏe đáp ứng người tiêu dùng, bao gồm bia và rượu táo ít cồn và không cồn. Các hợp chất phenolic có tác động quan trọng đến các đặc tính cảm quan của rượu táo như màu sắc, vị đắng và sự cân bằng vị chất, mang lại cảm giác ngon miệng cho rượu táo [24]. Do đó, tiêu chí để lựa chọn chủng nấm men và tỉ lệ nấm men sử dụng trong đồ uống lên men bao gồm khả năng chi phối môi trường, cải thiện các đặc tính cảm quan tốt và khả năng không tạo ra các hợp chất không mong muốn như amin sinh học hoặc mùi lạ là tiêu chí quan trọng để cải thiện đặc tính sản phẩm.

3.3. Thử nghiệm xác nhận một số điều kiện tối ưu
 Tối ưu hóa quá trình lên men cider chanh dây bằng phương pháp bề mặt đáp ứng theo bốn yếu tố ảnh hưởng được lựa chọn cho quá trình là độ Brix, pH, nồng độ nấm men và thời gian lên men. Sử dụng phần mềm Design Expert 13.0 để tìm ra điều kiện tối ưu cho quá trình lên men sản phẩm cider chanh dây, hàm lượng từng đáp ứng phụ thuộc, hiệu quả lên men và hiệu quả duy trì chất lượng trong quá trình lên men ở điều kiện tối ưu và điều kiện thực nghiệm được trình bày ở (Bảng 6).

Bảng 6 Kết quả các chỉ tiêu theo dõi thu được ở các giá trị tối ưu và giá trị thực nghiệm

Giá trị	Thử nghiệm	Nhân tố				Các chỉ tiêu đánh giá sau quá trình lên men						
		Brix	pH	Nấm men (% w/v)	Thời gian (ngày)	Ethanol (% v/v)	L^*	a^*	b^*	BI	ΔE	Cảm quan
Tối ưu	1	18,77	4,30	0,039	3,43	4,49	65,71	0,78	26,54	50,43	3,55	18,34
	2	18,30	4,49	0,041	3,40	4,59	66,20	0,76	27,00	51,03	3,12	18,68
	3	18,31	4,42	0,040	3,41	4,48	65,91	0,76	26,79	50,81	3,38	18,50
	4	18,53	4,47	0,043	3,64	4,76	66,76	0,74	27,45	51,55	2,63	18,74
	5	18,45	4,65	0,038	3,36	4,71	66,94	0,72	27,27	50,87	2,81	18,68



Thực nghiệm	1	18,77	4,30	0,039	3,43	4,52 ^d	65,73 ^d	0,77 ^b	26,65 ^e	50,34 ^e	3,57 ^a	18,46 ^e
	2	18,30	4,49	0,041	3,40	4,55 ^c	66,18 ^b	0,77 ^b	27,12 ^c	50,97 ^b	3,23 ^c	18,62 ^c
	3	18,31	4,42	0,040	3,41	4,47 ^e	65,95 ^c	0,78 ^a	26,82 ^d	50,76 ^c	3,42 ^b	18,48 ^d
	4	18,53	4,47	0,043	3,64	4,77 ^a	55,78 ^e	0,75 ^c	27,47 ^a	51,34 ^a	2,68 ^e	18,67 ^b
	5	18,45	4,65	0,038	3,36	4,72 ^b	66,96 ^a	0,73 ^d	27,34 ^b	50,46 ^d	2,87 ^d	18,74 ^a

Ghi chú: giá trị trong bảng là giá trị trung bình của 3 lần lặp lại. Các trung bình nghiệm thức có cùng chữ cái đi kèm trong một cột thì không khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$)

Từ kết quả phân tích số liệu từ mô hình CCD, có 30 nghiệm thức với các thông số tối ưu được đề xuất bởi phần mềm Design-Expert 13.0. Năm nghiệm thức có hàm lượng ethanol, các giá trị màu sắc và chất lượng cảm quan tốt theo lý thuyết phù hợp nhất trong 30 nghiệm thức dự đoán từ mô hình được chọn để xác nhận kết quả tối ưu. Kết quả cho thấy các hàm mục tiêu ở các giá trị thực nghiệm sinh ra tương đồng với kết quả phần mềm dự đoán, đồng thời sự chênh lệch kết quả của các chỉ tiêu kiểm chứng giữa thực nghiệm và tối ưu là không đáng kể và nằm trong khoảng 0,03 % đến 2,14 % được tính toán thông qua Bảng 6. Từ kết quả nghiên cứu có thể nhận thấy rằng các nghiệm thức được đề xuất có độ tin cậy tương đối cao và được ứng dụng để thực hiện cho quá trình lên men cider chanh dây. Các thông số tốt nhất được lựa chọn lần lượt là độ Brix là 18,45; pH = 4,65; nồng độ nấm men 0,038% (w/v) và

thời gian 3,36 ngày lên men do có khả năng lên men ổn định, các giá trị màu sắc tốt và cảm quan được người tiêu dùng đánh giá cao phù hợp với sản phẩm cider CD.

4 Kết luận

Kết quả nghiên cứu đã xác định được tỉ lệ pha loãng dịch quả/nước là 1/2 (w/v) thích hợp cho quá trình lên men của cider CD. Điều kiện tối ưu cho quá trình lên men cider chanh dây với độ Brix của dịch lên men là 18,45; pH là 4,65; tỉ lệ nấm men là 0,038 (% w/v); thời gian là 3,36 (ngày) là tốt nhất. Điều kiện lên men tối ưu được khảo sát thực nghiệm cho thấy cider chanh dây có hàm lượng ethanol đạt 4,72 (% v/v), đồng thời mang lại màu sắc đặc trưng, giá trị màu sắc tốt, với giá trị độ sáng (L^* , a^* , b^*) chỉ số hóa nâu BI và độ lệch màu ΔE đạt được lần lượt là 66,96; 0,73; 27,34; 50,46 và 2,87. Sản phẩm cider chanh dây được hội đồng đánh giá cảm quan với 18,74 điểm.

Tài liệu tham khảo

1. Lea, A (2015). *The history of cider*, In: Andrew Lea: Craft Cider Making, 3rd Ed. Crowood Press: 9-14.
2. Phan Thị Việt Hà, Lê Văn Thuận, Nguyễn Thị Hồng Tinh. (2022). Nghiên cứu đề xuất quy trình sản xuất bột chanh dây (*Passiflora edulis*). *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Đại học Duy Tân* 1(50), 71-79.
3. Cung Thị Tố Quỳnh, Nghiêm Xuân Sơn, Bùi Quang Nhật. (2018). Nghiên cứu sơ bộ thu nhận và đánh giá chất lượng dầu từ hạt chanh leo. *Tạp chí Dinh dưỡng và Thực phẩm* 14 (5).
4. Santos, C. C. A. D. A., Duarte, W. F., Carreiro, S. C., & Schwan, R. F. (2013). Inoculated fermentation of orange juice (*Citrus sinensis* L.) for production of a citric fruit spirit. *Journal of the Institute of Brewing* 119(4), 280-287. DOI:10.1002/jib.89
5. Prakash, A. (2019). Evaluation of physicochemical and sensory properties of wine from Citrus maxima fruit. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology* 6, 24-31. DOI: 10.20546/ijcrbp.2019.604.004



6. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 8008:2009 về rượu chung cất – xác định độ cồn.
7. Cao, X., Bi, X., Huang, W., Wu, J., Hu, X., & Liao, X. (2012). Changes of quality of high hydrostatic pressure processed cloudy and clear strawberry juices during storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 16, 181-190.
8. Saidatul, S. W. K. W., Noriham, A., Zainal, S., Khairusy, S. Z., and Nurain, A. (2013). Impact of Non-thermal processing on antioxidant activity, phenolic content, ascorbic acid content and color of winter melon puree. *International Food Research Journal* 20(2), 633-638. DOI: 10.1016/j.ifset.2012.05.008
9. Hà Thanh Toàn, Lư Minh Châu, Nguyễn Ngọc My, Trần Thị Yến Nhi, Đào Tấn Phát, Nguyễn Ngọc Thanh và Huỳnh Xuân Phong. (2023). Tối ưu hóa điều kiện lên men cider thanh long ruột đỏ (*Hylocereus polyrhizus*) sử dụng nấm men *Saccharomyces cerevisiae* BV818. *Tạp chí Khoa học Đại học Cần Thơ* 59 (2), 94-103.
10. Trần Xuân Hiên, Đào Văn Thanh, Nguyễn Tấn Hùng (2020). Nghiên cứu tạo loại nước uống lên men lactic từ xoài ba màu. *Tạp chí Dinh dưỡng và Thực phẩm* 16 (3+4), 141-150.
11. Olivares-Tenorio, M.-L., Dekker, M., Verkerk, R., & van Boekel, M. A. J. S. (2016). Health-promoting compounds in cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.): Review from a supply chain perspective. *Trends in Food Science & Technology* 57, 83-92. DOI:10.1016/j.tifs.2016.09.009.
12. Sudha, G., Priya, M. S., Shree, R. I., & Vadivukkarasi, S. (2011). *In vitro* free radical scavenging activity of raw pepino fruit (*Solanum muricatum* aiton). *International Journal of Current Pharmaceutical Research* 3(2), 137-140.
13. Khandare, V., Walia, S., Singh, M., & Kaur, C. (2011). Black carrot (*Daucus carota* ssp. *sativus*) juice: processing effects on antioxidant composition and color. *Food and Bioproducts Processing* 89(4), 482-486. DOI: 10.1016/j.fbp.2010.07.007
14. Bùi Văn Tú (2019). Tối ưu hóa quá trình lên men nước giải khát cider dâu bằng phương pháp bề mặt đáp ứng bốn yếu tố. *Tạp chí Nghiên cứu Khoa học Trường Đại học Sao Đỏ* 2(65), 77-85.
15. Guan, X. and Yao, H. (2008). Optimization of viscozyme L-assisted extraction of oat bran protein using response surface methodology. *Food Chemistry*, 106, 345-351. DOI:10.1016/j.foodchem.2007.05.041
16. Al Daccache, M., Koubaa, M., Maroun, R. G., Salameh, D., Louka, N., & Vorobiev, E. (2020). Impact of the Physicochemical Composition and Microbial Diversity in Apple Juice Fermentation Process: A Review. *Molecules*, 25(16), 3698. DOI:10.3390/molecules25163698.
17. Pretorius, I. S. (2003). The genetic analysis and tailoring of wine yeasts. *In Functional Genetics of Industrial Yeasts*, 99-142. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
18. Kwaw E., Ma Y., Tchabo W., Apaliya M.T., Wu M., Sackey A.S., Xiao L., Tahir H.E. (2018). Effect of *Lactobacillus* strains on phenolic profile, color attributes and antioxidant activities of lactic-acid-fermented mulberry juice. *Food Chemistry*. 250, 148-154. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.01.009.
19. Zheng, X., Yu, Y., Xiao, G., Xu, Y., Wu, J., Tang, D., & Zhang, Y. (2014). Comparing product stability of probiotic beverages using litchi juice treated by high hydrostatic pressure and heat as substrates. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 23, 61-67. DOI:10.1016/j.ifset.2014.01.013.
20. Chen, X. D., and Mujumdar, A. S. (2008). *Drying Technologies in Food Processing*. Wiley-Blackwell; pp. 26 - 29.
21. Chen, W., Xie, C., He, Q., Sun, J., & Bai, W. (2023). Improvement in color expression and antioxidant activity of strawberry juice fermented with lactic acid bacteria: A phenolic-based research. *Food Chemistry: X*, 17, 100535.
22. Lu, C., Li, Y., Wang, J., Qu, J., Chen, Y., Chen, X., Dai, S. (2021). Flower color classification and correlation between color space values with pigments in potted multiflora chrysanthemum. *Scientia Horticulturae* 283, 110082. DOI:10.1016/j.scienta.2021.110082.

23. Li, H., Guo, A., & Wang, H. (2008). Mechanisms of oxidative browning of wine. *Food Chemistry* 108(1), 1-13. DOI:10.1016/j.foodchem.2007.
24. Alonso-Salces, R. M., Guyot, S., Herrero, C., Berrueta, L. A., Drilleau, J. F., Gallo, B., & Vicente, F. (2004). Chemometric characterisation of Basque and French ciders according to their polyphenolic profiles. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 379, 464-475. DOI: 10.1007/s00216-004-2625-y

Optimizing cider fermentation conditions from passion fruit (*passiflora edulis sims*) by CCD (central composite design)

Nguyen Thi Kieu Diem^{1,*}, Le Hoang Thanh¹, Chau Van Dan¹, Tran Bach Long², Tran Chi Nhan²

¹Faculty of Fisheries-Technology, Can Tho Technical Economic College, Can Tho, Viet Nam

²Institute of Food and Biotechnology, Can Tho University, Can Tho, Viet Nam

*ntkdiem@ctec.edu.vn

Abstract The present study determined the fermentation conditions of passion fruit (*Passiflora edulis Sims*) that affect the quality of cider products. The study conducted a survey various fruit/water ratios (1/1; 1/2;1/3 w/v), Brix (17-19) °Bx); pH of fermentation fluid (3.0-5.0); the ratio of *Saccharomyces cerevisiae* BV818 (0.03-0.05)% w/v) and the fermentation time (3-5) days) using the CCD center complex model. The results of the study showed that the optimal value for fermenting passion fruit cider included dilution ratio of fruit juice/water at 1/2(w/v), 18.45 °Brix ; pH 4.65; the yeast rate of 0.038% (w/v) for 3.36 days. The resulted passion fruit cider products was of good quality, with ethanol content of 4.72% (v/v), color values (L*, a*, b*), BI (browning index), color deviation (E) of 66.960.73; 27.34; 50.46 and 2.87, respectively, as well as achieved a good sensory value with a score of 18.74.

Keywords Alcoholic beverage, cider, passion fruit, *Saccharomyces cerevisiae*.