

THE CHANGE OF BIOACTIVE COMPOUNDS DURING CIDER FERMENTATION OF CAT CHU MANGO (*MANGIFERA INDICA* L.) JUICE

Nguyen Bao Loc, Tran Chi Nhan, Nguyen Nhat Minh Phuong*

Institute of Food and Biotechnology - Can Tho University

ARTICLE INFO	ABSTRACT
Received: 20/7/2023	Cat Chu mango is one of the tropical fruits with high nutritional value, which is grown in the Mekong Delta region. However, there are several problems with this fruit in terms of post-harvest technology and processing. The present study evaluated the effects of cider fermentation on the content of some bioactive compounds in mango juice. The research content concluded the inoculation of yeasts, total soluble content and pH of mango juice. Cider quality was evaluated via the content of carotenoid, vitamin C, polyphenol and antioxidant activity (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). During the fermentation process, the content of these compounds was maintained and even increased at the proper fermentation conditions (pH 4, yeast inoculum of 10^6 cfu/ml, and high total soluble content of Brix 18). Besides, the vitamin C content decreased while the increase in pH, total soluble content of mango juice and yeast inoculum was used. The result of this study can be used on an industrial scale for producing mango cider.
Revised: 15/8/2023	
Published: 18/8/2023	
KEYWORDS	
Carotenoid	
Cider	
Fermentation	
Vitamin C	
Cat Chu mango	

KHẢO SÁT SỰ THAY ĐỔI CÁC HỢP CHẤT SINH HỌC TRONG QUÁ TRÌNH LÊN MEN CIDER NƯỚC ÉP XOÀI CÁT CHU (*MANGIFERA INDICA* L.)

Nguyễn Bảo Lộc, Trần Chí Nhân, Nguyễn Nhật Minh Phương*

Viện Công nghệ sinh học và Thực phẩm - Trường Đại học Cần Thơ

THÔNG TIN BÀI BÁO	TÓM TẮT
Ngày nhận bài: 20/7/2023	Xoài Cát Chu là một loại trái cây nhiệt đới giàu dinh dưỡng được trồng nhiều ở các tỉnh đồng bằng sông Cửu Long. Tuy nhiên, xoài Cát Chu đang đối mặt với việc bảo quản sau thu hoạch và chế biến đa dạng hóa các sản phẩm từ xoài. Nghiên cứu được thực hiện nhằm đánh giá sự ảnh hưởng của quá trình lên men cider đến một số hợp chất sinh học trong nước ép xoài Cát Chu. Nội dung nghiên cứu bao gồm tỉ lệ nấm men bổ sung, ảnh hưởng của nồng độ chất khô hòa tan và pH đến các hợp chất sinh học trong nước ép xoài lên men. Các chỉ tiêu theo dõi bao gồm carotenoid, vitamin C, polyphenol và hoạt tính chống oxy hóa (sử dụng 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl). Kết quả nghiên cứu cho thấy hàm lượng carotenoid, polyphenol và hoạt tính chống oxy hóa được duy trì tốt hoặc thậm chí tăng lên khi quá trình lên men được thực hiện ở điều kiện thích hợp (pH lên men khoảng 4, mật số nấm men là 10^6 cfu/ml và hàm lượng chất khô ban đầu cao 18 Brix). Trong khi đó, hàm lượng vitamin C giảm khi tăng pH, hàm lượng chất khô hòa tan của dịch lên men và mật số nấm men. Kết quả của nghiên cứu có thể áp dụng ở qui mô lớn trong việc sản xuất thức uống cider từ nước ép xoài Cát Chu.
Ngày hoàn thiện: 15/8/2023	
Ngày đăng: 18/8/2023	
TỪ KHÓA	
Carotenoid	
Cider	
Lên men	
Vitamin C	
Xoài Cát Chu	

DOI: <https://doi.org/10.34238/tnu-jst.8363>

* Corresponding author. Email: nmmpuong@ctu.edu.vn

1. Giới thiệu

Nhiều năm trước đây, nước uống có gas được sản xuất từ nước ép trái cây đã xuất hiện trên thị trường nước giải khát và được nhiều người tiêu dùng ưa chuộng. Ngày nay, loại nước giải khát này du nhập vào nước ta và trở thành một thức uống yêu thích của nhiều người, đặc biệt là giới trẻ. Thức uống lên men này ít gây say cho người sử dụng ở cùng một liều lượng so với rượu bia khác bởi vì độ cồn thấp. Thức uống này có vị chua chua, ngọt ngọt, tùy vào nguyên liệu trái cây và mang nhiều giá trị dinh dưỡng. Đặc biệt, khi uống lạnh mang lại trải nghiệm tuyệt vời về mặt cảm quan. Nước trái cây lên men hay một cách gọi khác là cider, được sản xuất từ nhiều loại hoa quả lên men như táo, dứa và dâu tây.

Xoài (*Mangifera indica* L.) có nguồn gốc từ vùng Indo-Miến Điện [1]. Xoài là một nguyên liệu dồi dào được trồng nhiều ở Việt Nam với gần 60 tỉnh thành. Tổng diện tích xoài cả nước năm 2020 là 115.000 ha với sản lượng xoài đạt 968.000 tấn. Đồng bằng sông Cửu Long là vùng trồng xoài lớn nhất cả nước với 43.100 ha, chiếm trên 49% so với diện tích cả nước, kế đến là vùng Đông Nam Bộ với 21.500 ha. Hiện nay, Việt Nam đứng thứ 13 về năng lực sản xuất và cung ứng xoài trên thế giới. Xoài là một nguồn dinh dưỡng quan trọng, thịt xoài chứa nhiều carbohydrate, lipid, acid béo, protein, amino acid và acid hữu cơ. Ngoài ra, xoài còn có các vi chất dinh dưỡng như vitamin A, B₁, B₂, B₆, C, E, biotin, pantotenic acid, niacin, folacin; khoáng chất như sắt, phospho, kali, natri, đồng, magie; và các hợp chất dinh dưỡng như hợp chất polyphenol, flavonoid, chất diệp lục, carotenoid và các hợp chất dễ bay hơi [2].

Việc sản xuất và tiêu thụ xoài của người nông dân vẫn gặp khó khăn do còn hạn chế trong công nghệ sau thu hoạch, chế biến và bảo quản; chưa có doanh nghiệp mạnh chuyên về kinh doanh xoài bao tiêu; sản xuất nhỏ lẻ và ứng dụng công nghệ còn thấp. Do vậy, để có thể nâng cao giá trị cho trái xoài thì sản xuất cider vừa tiện lợi, vừa tận dụng lượng xoài chưa tiêu thụ được và giải quyết được vấn đề cấp bách. Hơn nữa, xoài là một loại quả khá phù hợp để chế biến nước uống lên men và là một sản phẩm rất phù hợp với khí hậu nắng nóng ở miền nam Việt Nam.

Trong quá trình lên men, rượu etylic không phải là sản phẩm duy nhất. Sử dụng phương pháp sắc ký khí - lỏng để chứng minh rằng có hàng trăm thành phần khác nhau được hình thành trong quá trình lên men rượu. Một trong số đó đóng góp tích cực vào hương vị của sản phẩm [3]. Phong phú nhất là các rượu bậc cao, được tạo ra đồng thời với rượu etylic. Tuy nhiên, có nhiều hợp chất với hàm lượng nhỏ hơn cũng không kém phần quan trọng trong việc phát triển mùi vị cho sản phẩm. Cụ thể, các acid mạch ngắn như acetic cùng với acid mạch dài như capronic, caprylic trực tiếp hình thành este, tạo hương vị đặc trưng cho sản phẩm. Ngoài ra còn có các hợp chất carbonyl như acetaldehyde và diacetyl với nồng độ thấp, các hợp chất của lưu huỳnh do nấm men hình thành trong quá trình lên men cũng góp phần không nhỏ trong việc tạo mùi vị cho đồ uống có cồn [4]. Khi nấm men thực hiện quá trình chuyển hóa này thì ngoài việc sử dụng đường, nấm men còn sử dụng các thành phần dinh dưỡng khác trong dịch lên men để phục vụ cho sự phát triển của tế bào. Nhiều nghiên cứu cho thấy rằng, các tế bào nấm men đã sử dụng carotenoid và polyphenol như một vi chất dinh dưỡng để thích ứng và chống lại sự ức chế của các sản phẩm được tạo thành trong quá trình lên men, hay dưới tác động của oxy, nhiệt độ, ánh sáng cũng góp phần làm giảm hàm lượng các chất này trong sản phẩm [5]-[7]. Ngược lại, các tác giả này cũng cho rằng chính quá trình lên men rượu sẽ góp phần phóng thích các carotenoid và polyphenol từ trong cấu trúc của tế bào thực vật, góp phần bảo toàn hoặc tăng lượng các chất này trong quá trình lên men. Bên cạnh đó, sự suy giảm hàm lượng vitamin C trong suốt quá trình lên men rượu cũng được nhận thấy [8].

Vì vậy, nghiên cứu hướng đến đa dạng hóa cũng như phát triển sản phẩm nước giải khát lên men từ xoài Cát Chu và theo dõi sự thay đổi các hợp chất dinh dưỡng trong quá trình lên men. Trên cơ sở đó, khảo sát sự ảnh hưởng của các điều kiện lên men như mật số nấm men, pH và hàm lượng chất khô hòa tan (°Brix) của nước ép xoài đến các hợp chất sinh học trong quá trình lên men được cũng nghiên cứu chi tiết.

2. Nguyên liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Nguyên liệu

Xoài Cát Chu chín thương mại được thu mua tại chợ ở quận Ninh Kiều, thành phố Cần Thơ tại cùng một địa điểm. Khối lượng trái dao động từ 350 – 450g, kích thước, màu sắc đồng đều, nguyên vẹn, không bị dập nát, sau đó đem về xử lý để làm nguyên liệu sản xuất cider.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

2.2.1. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Xoài chín được gọt vỏ, cắt miếng và chần (100°C trong thời gian 2 phút), xay nhuyễn thành pure. Tiếp theo, pure xoài được pha loãng với nước (1:1,5), sau đó điều chỉnh pH (3,5, 4,0, 4,5, và 5,0) (thí nghiệm 1) và nồng độ chất khô hòa tan Brix (14, 16, và 18) (thí nghiệm 2). Hỗn hợp sau đó được thanh trùng với NaHSO₃ (122 mg/l) trong thời gian 2 giờ. Tiếp theo, nấm men được cấy vào với các nồng độ (10⁵, 10⁶, 10⁷ cfu/ml), lên men ở nhiệt độ phòng trong thời gian 4 ngày. Sau lên men, hỗn hợp được lọc trong, bão hòa CO₂, rót chai, ghép nắp. Cuối cùng sản phẩm được thanh trùng tại 85°C trong 10 phút.

2.2.2. Phương pháp phân tích

a. Phương pháp xác định hàm lượng carotenoid tổng

Tổng hàm lượng carotenoid được xác định theo phương pháp đo quang phổ được mô tả bởi Ordoñez-Santos, Ledezma-Realpe, Potosí-Calvache cùng cộng sự với một số điều chỉnh [9], [10]. Dung môi được sử dụng để chiết xuất carotenoid là một hỗn hợp bao gồm ethanol (99,5%) và hexane (98,5%) theo tỷ lệ 4:3 ethanol: hexane.

b. Phương pháp xác định hàm lượng vitamin C

Hàm lượng vitamin C được xác định bằng phương pháp chuẩn độ với 2,6 – dichlorophenol-indophenol [11]. Sự hiện diện của vitamin C trong dung dịch làm cho triiodua được chuyển hóa thành ion iodua rất nhanh chóng. Khi tất cả vitamin C đã bị oxy hóa thì iod và triiodua sẽ hiện diện trong dung dịch và phản ứng với tinh bột tạo nên hỗn hợp màu xanh đen, là điểm dừng cho phản ứng chuẩn độ.

c. Phương pháp xác định hàm lượng polyphenol tổng

Dựa trên nguyên tắc của phản ứng oxy hóa khử với gallic acid là chất chuẩn, thuốc thử Folin-Ciocalteu là chất oxy hóa. Hàm lượng polyphenol sẽ bị giảm do nhóm hydroxy polyphenol dễ dàng bị oxy hóa tạo thành màu xanh lam với độ hấp thụ cực đại ở bước sóng 760 nm [12].

d. Phương pháp xác định hoạt tính chống oxy hóa DPPH

Sử dụng phương pháp xác định gốc tự do với chất chuẩn là Trolox và DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) đóng vai trò là tác nhân oxy hóa. Gốc tự do trong nguyên tử nitrogen của DPPH sẽ phản ứng với hợp chất có khả năng cho nguyên tử hydrogen trong dung dịch ban đầu và làm mất màu tím của dung dịch DPPH (có thể chuyển dần sang màu vàng nhạt). Hàm lượng DPPH còn lại trong dung dịch sẽ được xác định bằng phương pháp so màu ở bước sóng 517 nm [13].

2.2.3. Phương pháp xử lý số liệu

Các thí nghiệm được bố trí ngẫu nhiên với 3 lần lặp lại. Kết quả của các thí nghiệm được phân tích thống kê theo chương trình Stagraphics Centurion 19. Số liệu được thu thập, xử lý và vẽ biểu đồ bằng phần mềm Microsoft Excel 2019. Phân tích phương sai (ANOVA) và kiểm định LSD để kết luận về sự sai biệt giữa các trung bình nghiệm thức ở mức độ tin cậy 95%.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Ảnh hưởng của mật số nấm men đến hàm lượng các hợp chất sinh học trong quá trình lên men

Trong quá trình lên men, mật số nấm men ban đầu cấy vào dịch lên men sẽ ảnh hưởng đến quá trình lên men và chất lượng của sản phẩm lên men đạt được. Kết quả hàm lượng các chất dinh dưỡng sau quá trình lên men tại tỷ lệ mật số nấm men khác nhau được thể hiện trong Bảng 1.

Bảng 1. Ảnh hưởng của mật số nấm men đến hàm lượng các hợp chất sinh học trong sản phẩm cider xoài

Mật số nấm men (cfu/ml)	Carotenoid tổng (µg/g)	VitaminC (mg/100g)	Polyphenol tổng (mg GAE/ml)	Hoạt tính chống oxy hóa (mg TE/ml)
10 ⁵	39,08±0,14 ^{b*}	20,53±0,21 ^a	0,21±0,001 ^a	3,19±0,005 ^a
10 ⁶	40,78±0,16 ^a	19,65±0,18 ^b	0,20±0,001 ^b	3,17±0,005 ^b
10 ⁷	38,41±0,17 ^c	18,48±0,15 ^c	0,19±0,001 ^c	3,16±0,007 ^b

Ghi chú: *Mean±STDEV (n=3), chữ cái khác nhau trong cùng một cột biểu thị khác biệt có ý nghĩa của các nghiệm thức khảo sát ở mức độ tin cậy 95% theo phép thử LSD.

Kết quả ở Bảng 1 cho thấy có sự thay đổi khác biệt có ý nghĩa về hàm lượng carotenoid tổng khi nguyên liệu được lên men với các mật số nấm men khác nhau. Theo số liệu thống kê, hàm lượng carotenoid tổng tăng lên rồi sau đó giảm xuống khi tăng mật số nấm men từ 10⁵ đến 10⁷ (cfu/ml). Điều này có thể do trong quá trình lên men ở mật số thích hợp đã góp phần phá vỡ cấu trúc tế bào thực vật, giúp gia tăng sự hòa tan carotenoid trong tế bào thực vật của thịt quả ra bên ngoài môi trường lên men [7]. Do đó, ở mật số 10⁶ (cfu/ml) hàm lượng carotenoid tổng cao nhất (40,78 µg/g), thấp nhất ở mật số nấm men 10⁷ (cfu/ml) (38,41 µg/ml). Lý giải là do khi mật số nấm men quá cao sẽ có sự cạnh tranh dinh dưỡng ngay từ đầu của quá trình lên men, sẽ gây hạn chế sự khuếch tán của carotenoid ra ngoài môi trường. Bên cạnh đó, cộng thêm tác động của ánh sáng, oxy sẽ làm phân hủy một phần carotenoid sẵn có trong nguyên liệu [7].

Về hàm lượng vitamin C trong quá trình lên men, kết quả ở Bảng 1 cho thấy có sự khác biệt ý nghĩa thống kê về hàm lượng Vitamin C khi mật số nấm men sử dụng cho quá trình lên men khác nhau. Theo kết quả thống kê, hàm lượng vitamin C giảm dần khi tăng mật số nấm men. Theo Otegbayo et al. [8] mẫu rượu được lên men với mật số nấm men càng cao thì hàm lượng đường còn sót lại càng thấp, đồng thời vitamin C như một vi chất cần thiết cho quá trình phát triển của tế bào nấm men, nên sự tiêu hao lượng hợp chất này càng nhiều khi mật số nấm men trong dịch lên men càng nhiều. Hàm lượng vitamin C cao nhất (20,53 mg/100g) ở mật số 10⁵ (cfu/ml) và thấp nhất là 18,48 mg/100g với mật số nấm men là 10⁷ (cfu/ml).

Khi nghiên cứu về sự thay đổi hàm lượng polyphenol trong sản phẩm, Bảng 1 cho thấy sự thay đổi của hàm lượng chất này và có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê khi thay đổi mật số nấm men ban đầu trong quá trình lên men. Theo kết quả thống kê, hàm lượng polyphenol tổng thay đổi tỷ lệ nghịch với mật số nấm men ban đầu. Cụ thể, khi mật số nấm men ban đầu tăng lên thì hàm lượng polyphenol tổng giảm xuống trong quá trình lên men. Điều này là do các tế bào nấm men đã tiếp nhận các hợp chất polyphenol từ môi trường để có thể thích ứng và chống chịu với các điều kiện ức chế của môi trường [5]. Ở mật số 10⁵ (cfu/ml), hàm lượng polyphenol tổng cao nhất (0,21 mg GAE/ml), thấp nhất ở mật số nấm men 10⁷ (cfu/ml) (0,19 mg GAE/ml). Hoạt tính chống oxy hóa là một đặc tính thể hiện chức năng của các hợp chất sinh học trong sản phẩm, đặc biệt là polyphenol. Vì vậy, sự biến thiên của chỉ tiêu này tỉ lệ thuận với sự biến thiên của hàm lượng polyphenol trong quá trình lên men (Bảng 1).

3.2. Ảnh hưởng của pH và nồng độ chất khô hòa tan đến hàm lượng các hợp chất sinh học trong quá trình lên men

3.2.1. Ảnh hưởng của pH và nồng độ chất khô hòa tan đến hàm lượng carotenoid tổng số

Trong tiến trình lên men rượu, pH và nồng độ chất khô hòa tan (Brix) của dịch lên men ảnh hưởng mạnh mẽ đến kết quả của quá trình lên men. Vì cả hai nhân tố này ảnh hưởng đến khả năng phát triển của nấm men, đối tượng trực tiếp tạo ra sản phẩm của quá trình lên men. Sự ảnh hưởng của hai yếu tố này đến hàm lượng carotenoid được thể hiện trong Bảng 2.

Kết quả ở Bảng 2 cho thấy, khi điều chỉnh pH tăng thì hàm lượng carotenoid tổng số tăng, rồi sau đó giảm xuống, hàm lượng carotenoid tổng số cao nhất ở pH 4 và thấp nhất ở pH 5. Khi điều chỉnh nồng độ chất khô hòa tan tăng thì hàm lượng carotenoid tổng số có xu hướng tăng lên, hàm lượng carotenoid tổng số cao nhất ở Brix là 18 (39,89 $\mu\text{g/g}$), thấp nhất ở Brix là 14 (39,40 $\mu\text{g/g}$). Điều này được giải thích là do pH 4 tương đương với pH của quả xoài khi chín, nên giữ được hàm lượng carotenoid tốt hơn. Hơn nữa, tại pH 4 và nồng độ đường càng tăng như bố trí thí nghiệm thì nấm men hoạt động tốt và hạn chế được sự xuất hiện và cạnh tranh của vi sinh vật tạp nhiễm khác [14]. Do đó quá trình lên men rượu được diễn ra tốt, làm cho sự hòa tan carotenoid trong dịch bào thực vật ra ngoài môi trường lên men tốt hơn [7].

Bảng 2. Ảnh hưởng của pH và nồng độ chất khô hòa tan (Brix) đến hàm lượng carotenoid tổng số ($\mu\text{g/g}$)

Nồng độ chất khô hòa tan (%)	pH				Trung bình thực nghiệm
	3,5	4,0	4,5	5,0	
14	39,41 $\pm$ 0,42*	42,48 $\pm$ 0,17	38,89 $\pm$ 0,10	36,81 $\pm$ 0,16	39,40 ^c
16	39,65 $\pm$ 0,16	42,20 $\pm$ 0,16	39,27 $\pm$ 0,17	37,28 $\pm$ 0,17	39,60 ^b
18	39,93 $\pm$ 0,16	41,94 $\pm$ 0,20	39,83 $\pm$ 0,16	37,85 $\pm$ 0,17	39,89 ^a
Trung bình thực nghiệm	39,66 ^b	42,21 ^a	39,33 ^c	37,31 ^d	

Ghi chú: *Mean $\pm$ STDEV (n=3), chữ cái khác nhau trong cùng một cột hoặc một hàng biểu thị khác biệt có ý nghĩa của các trung bình thực nghiệm ở mức độ tin cậy 95% theo phép thử LSD.

3.2.2. Ảnh hưởng của pH và nồng độ chất khô hòa tan đến hàm lượng Vitamin C

Kết quả sự ảnh hưởng của pH và nồng độ chất khô hòa tan của dịch lên men ban đầu đến hàm lượng vitamin C của sản phẩm sau quá trình lên men rượu được thể hiện qua Bảng 3.

Bảng 3. Ảnh hưởng của pH và nồng độ chất khô hòa tan đến hàm lượng Vitamin C (mg/100g)

Nồng độ chất khô hòa tan (%)	pH				Trung bình thực nghiệm
	3,5	4	4,5	5	
14	21,41 $\pm$ 0,51*	18,77 $\pm$ 0,51	17,31 $\pm$ 0,29	12,91 $\pm$ 0,51	17,60 ^a
16	20,24 $\pm$ 0,17	18,19 $\pm$ 0,24	15,55 $\pm$ 0,51	11,73 $\pm$ 0,35	16,43 ^b
18	19,65 $\pm$ 0,42	16,43 $\pm$ 0,35	14,67 $\pm$ 0,35	10,85 $\pm$ 0,55	15,40 ^c
Trung bình thực nghiệm	20,44 ^a	17,80 ^b	15,84 ^c	11,83 ^d	

Ghi chú: *Mean $\pm$ STDEV (n=3), chữ cái khác nhau trong cùng một cột hoặc một hàng biểu thị khác biệt có ý nghĩa của các trung bình thực nghiệm ở mức độ tin cậy 95% theo phép thử LSD.

Kết quả ở Bảng 3 cho thấy hàm lượng vitamin C giảm dần khi tăng pH dịch lên men ban đầu của quá trình lên men, hàm lượng vitamin C cao nhất ở pH 3,5 (20,44 mg/100g) và thấp nhất ở pH 5 (11,83 mg/100g). Otegbayo và cộng sự cũng đưa ra nhận định rằng pH cao sẽ góp phần làm thất thoát vitamin C [8]. Tương tự, Sapeia và Hwa đã báo cáo rằng sự phân hủy acid ascorbic phụ thuộc vào pH, pH càng cao thì sự phân hủy vitamin C diễn ra càng mạnh mẽ [15]. Khi điều chỉnh tăng nồng độ chất khô hòa tan, hàm lượng vitamin C có xu hướng giảm xuống, hàm lượng vitamin C cao nhất ở Brix 14 (17,6 mg/100g) và thấp nhất ở Brix 18 (14,40 mg/100g). Nồng độ chất khô hòa tan càng cao (trong phạm vi nghiên cứu) thì hoạt động của nấm men diễn ra càng tốt, nên việc sử dụng vitamin C cho sự phát triển của nấm men càng nhiều. Điều đó làm cho hàm lượng chất này thay đổi tỷ lệ nghịch với hàm lượng chất tan ban đầu của dịch lên men.

3.2.3. Ảnh hưởng của pH và nồng độ chất khô hòa tan đến hàm lượng polyphenol tổng số

Bảng 4 thể hiện sự ảnh hưởng của pH và nồng độ chất khô hòa tan ban đầu đến hàm lượng polyphenol của sản phẩm sau quá trình lên men rượu. Kết quả ở Bảng 4 cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa về hàm lượng polyphenol khi lên men rượu ở pH khác nhau. Hàm lượng polyphenol giảm xuống khi điều chỉnh pH tăng lên. Nguyên nhân do các hợp chất polyphenol thực vật bao gồm các stilben, các lignan, các acid phenolic, các flavonoid và các tannin có tính acid, nên dễ bị trung hòa khi tăng pH cao lên [8].

Bảng 4. Ảnh hưởng của pH và nồng độ chất khô hòa tan đến hàm lượng polyphenol tổng số (mg GAE/ml)

Nồng độ chất khô hòa tan (%)	pH				Trung bình nghiệm thức
	3,5	4	4,5	5	
14	0,204±0,003*	0,205±0,003	0,200±0,002	0,198±0,001	0,200 ^b
16	0,207±0,003	0,207±0,002	0,203±0,002	0,199±0,001	0,204 ^a
18	0,206±0,001	0,204±0,001	0,200±0,001	0,196±0,001	0,204 ^a
Trung bình nghiệm thức	0,206 ^a	0,205 ^a	0,201 ^b	0,197 ^c	

Ghi chú: *Mean±STDEV (n=3), chữ cái khác nhau trong cùng một cột hoặc một hàng biểu thị khác biệt có ý nghĩa của các trung bình nghiệm thức ở mức độ tin cậy 95% theo phép thử LSD.

Hàm lượng polyphenol cao nhất ở pH 3,5 (0,206 mg GAE/ml) và thấp nhất ở pH 5 (0,197 mg GAE/ml). Hàm lượng polyphenol gần như bằng nhau ở pH 3,5 (0,206 mg GAE/ml) và pH 4 (0,205 mg GAE/ml). Khi điều chỉnh nồng độ chất khô hòa tan tăng thì hàm lượng polyphenol có xu hướng tăng lên và đạt cao nhất ở Brix 16 và Brix 18. Khi tăng hàm lượng chất khô hòa tan trong dịch lên men ban đầu thì sẽ kích thích quá trình lên men rượu diễn ra tốt hơn. Kết quả của hiện tượng này là giúp quá trình trích ly và hòa tan các chất polyphenol trong dịch bào của tế bào thực vật ra môi trường tốt hơn [7].

3.2.4. Ảnh hưởng của pH và nồng độ chất khô hòa tan đến hoạt tính chống oxy hóa của sản phẩm

Hoạt tính chống oxy hóa DPPH của sản phẩm thay đổi tỷ lệ thuận với một số hợp chất sinh học trong sản phẩm và được thể hiện trong Bảng 5.

Kết quả nghiên cứu ở Bảng 5 cho thấy có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê về hoạt tính chống oxy hóa của sản phẩm khi lên men ở các mức pH khác nhau. Hoạt tính chống oxy hóa cao nhất khi lên men ở pH 4 (3,146 mg TE/ml) và thấp nhất khi lên men ở pH 5 (3,027 mg TE/ml). Kết quả này cũng phù hợp với kết quả trong nghiên cứu trước đó [16], khi trích ly hợp chất có khả năng kháng oxy hóa cao nhất ở pH 4. Khi tăng nồng độ chất tan thì hoạt tính chống oxy hóa trong quá trình lên men có xu hướng tăng lên, hoạt tính chống oxy hóa cao nhất khi lên men ở Brix 18 (3,099 mg TE/ml) và thấp nhất khi lên men ở Brix 14 (3,01 mg TE/ml). Sự thay đổi này tỷ lệ thuận với sự thay đổi của hàm lượng polyphenol trong quá trình lên men (Bảng 4).

Bảng 5. Ảnh hưởng của pH và nồng độ chất khô hòa tan đến hoạt tính chống oxy hóa của sản phẩm (mgTE/ml)

Nồng độ chất khô hòa tan (%)	pH				Trung bình nghiệm thức
	3,5	4	4,5	5	
14	2,981±0,007*	3,105±0,005	2,960±0,007	2,991±0,007	3,010 ^c
16	3,046±0,013	3,146±0,020	2,975±0,005	3,026±0,005	3,048 ^b
18	3,139±0,009	3,186±0,003	3,007±0,007	3,063±0,017	3,099 ^a
Trung bình nghiệm thức	3,056 ^b	3,146 ^a	2,981 ^d	3,027 ^c	

Ghi chú: *Mean±STDEV (n=3), chữ cái khác nhau trong cùng một cột hoặc một hàng biểu thị khác biệt có ý nghĩa của các trung bình nghiệm thức ở mức độ tin cậy 95% theo phép thử LSD.

4. Kết luận

Kết quả nghiên cứu cho thấy quá trình lên men rượu ảnh hưởng tới sự thay đổi các hợp chất sinh học trong sản phẩm. Cụ thể, hàm lượng carotenoid, polyphenol và hoạt tính chống oxy hóa được duy trì tốt hoặc thậm chí tăng lên khi quá trình lên men được thực hiện ở điều kiện thích hợp nhất. Riêng hàm lượng vitamin C thay đổi tỷ lệ nghịch với pH, hàm lượng chất khô hòa tan và mật độ nấm men sử dụng.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu được thực bởi sự hỗ trợ kinh phí từ đề tài “Phát triển sản phẩm dinh dưỡng và gia tăng giá trị kinh tế cho phụ phẩm từ quả xoài Cát Chu” (Mã số B2022-TCT-12) do Bộ Giáo dục và Đào tạo tài trợ.

TÀI LIỆU THAM KHẢO/ REFERENCES

- [1] H. Subramanyam, S. Krishnamurthy, and H. A. Parpia, "Physiology and biochemistry of mango fruit," *Advances in Food Research*, vol. 21, pp. 223-305, 1975.
- [2] M. E. Maldonado-Celis, E. M. Yahia, R. Bedoya, P. Landázuri, N. Loango, J. Aguillón, B. Restrepo, and J. C. G. Ospina, "Chemical Composition of Mango (*Mangifera indica* L.) Fruit: Nutritional and Phytochemical Compounds," *Frontiers in Plant Science*, vol. 10, pp. 1-21, 2019.
- [3] C. Liu, M. Li, T. Ren, J. Wang, C. Niu, F. Zheng, and Q. Li, "Effect of *Saccharomyces cerevisiae* and non-*Saccharomyces* strains on alcoholic fermentation behavior and aroma profile of yellow-fleshed peach wine," *Food Science and Technology*, vol. 155, pp. 1-11, 2022.
- [4] A. Alberti, M. Santos, A. A. Ferreira Zielinski, C. M. Eleutério dosSantos, C. M. Braga, I. M. Demiate, and A. Nogueira, "Impact on chemical profile in apple juice and cider made from unripe, ripe and senescent dessert varieties," *Food Science and Technolgy*, vol. 65, pp. 436-443, 2016.
- [5] M. Rizzo, D. Ventrice, M. A. Varone, R. Sidari, and A. Caridi, "HPLC determination of phenolics adsorbed on yeasts," *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, vol. 41, no. 1, pp. 46-55, 2006.
- [6] M. R. Pérez-Gregorio, J. Regueiro, E. Alonso-González, L. M. Pastrana-Castro, and J. Simal-Gándara, "Influence of alcoholic fermentation process on antioxidant activity and phenolic levels from mulberries (*Morus nigra* L.)," *Food Science and Technology*, vol. 44, pp. 1793-1801, 2011.
- [7] B. A. dos Reis, A. Kosińska-Cagnazzo, R. Schmitt, and W. dlauer, "Fermentation of Plant Material – Effect on Sugar Content and Stability of Bioactive Compounds," *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, vol. 64, no. 4, pp. 235-241, 2014.
- [8] B. O. Otegbayo, I. M. Akwa, and A. R. Tanimola, "Physico-chemical properties of beetroot (*Beta vulgaris* L.) wine produced at varying fermentation days," *Scientific African*, vol. 8, pp. 1-9, 2020.
- [9] L. E. Ordoñez-Santos and D. P. Ledezma-Realpe, "Lycopene Concentration and Physico-Chemical Properties of Tropical Fruits," *Food and Nutrition Sciences*, vol. 4, pp. 758-762, 2013.
- [10] D. C. Potosí-Calvache, P. Vanegas-Mahecha, and H. A. Martínez-Correa, "Convective drying of squash (*Cucurbita moschata*): Influence of temperature and air velocity on effective moisture diffusivity, carotenoid content and total phenols," *Universidad Nacional de Colombia*, vol. 84, no. 202, pp. 112-119, 2017.
- [11] O. Zenebon, N. S. Pascuet, and P. Tinglea (Eds.), *Adolfo Lutz – Métodos químicos e físicos para análise de alimentos (in Portuguese) Normas analíticas do Instituto*. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2005, p. 433.
- [12] N. T. Huynh, G. Smagghe, G. B. Gonzales, J. Van Camp, and K. Raes, "Enzyme-assisted extraction enhancing the phenolic release from cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) outer leaves," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 62, no. 30, pp. 7468-7476, 2014.
- [13] W. Brand-Williams, M. E. Cuvelier, and C. Berset, "Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity," *Food Sci. Technol.-Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie U Technol.*, vol. 28, no. 1, pp. 25-30, 1995.
- [14] V. T. Bui and N. T. Nguyen, "Appication of *Saccharomyces cerevisiae* RV002 in wine fermentation from Sim fruit (*Rhydomurtus tomentosa*)," *Sao Do University*, vol. 72, pp. 107-114, 2021.
- [15] L. Sapeia and L. Hwa, "Study on the Kinetics of Vitamin C Degradation in Fresh Strawberry Juices," *Procedia Chemistry*, vol. 9, pp. 62-68, 2014.
- [16] T. N. T. Nguyen, T. T. H. Nguyen, Q. D. Truong, H. T. N. Phan, and T. C. T. Cao, "Effect of solvent and pH value on extract of antioxydant activity compounds from Perilla (*Perilla frutescens*)," *Journal of Science Technology and Food*, vol. 14, no. 1, pp. 66-74, 2018.