

ẢNH HƯỞNG CỦA CHẤT KHÔ HÒA TAN, pH, HÀM LƯỢNG NẤM MEN ĐẾN QUÁ TRÌNH LÊN MEN RƯỢU TỪ CHUỐI GIÀ (*Musa × paradisiaca*)

Võ Thị Kiên Hào*, Nguyễn Kiều Trang,
Nguyễn Thị Thu Thảo và Lâm Thị Huỳnh Trân
Trường Đại học Tây Đô
(*Email: vtkhao@tdu.edu.vn)

Ngày nhận: 19/11/2024

Ngày phản biện: 27/11/2024

Ngày duyệt đăng: 10/3/2025

TÓM TẮT

Chuối già (*Musa × paradisiaca*) là một loại trái cây có hương vị thơm ngon và bổ dưỡng nhưng lại rất dễ hư hỏng và khó bảo quản. Chuối già chủ yếu được tiêu thụ khi chín với giá trị thương phẩm không cao. Việc tận dụng chuối già ở giai đoạn chín mùi trong quá trình lên men rượu được nghiên cứu nhằm tạo ra sản phẩm giá trị gia tăng cũng như góp phần giảm ô nhiễm môi trường. Nghiên cứu được tiến hành nhằm mục tiêu xác định tác động của ba yếu tố gồm hàm lượng chất khô hòa tan, pH và hàm lượng nấm men bổ sung đến chất lượng rượu vang chuối già. Kết quả nghiên cứu cho thấy các yếu tố này đều ảnh hưởng đáng kể đến các chỉ tiêu như độ cồn, pH sau lên men, hàm lượng chất khô hòa tan sau lên men và hàm lượng đường sót trong sản phẩm rượu vang. Rượu vang chuối già đạt độ cồn cao (13,3%), hàm lượng đường sót thấp (1,19 g/l), pH thấp và Brix thấp khi các thông số lên men được thiết lập ở mức pH 4,5, hàm lượng chất khô hòa tan 20°Bx và bổ sung 0,04% nấm men. Kết quả nghiên cứu cung cấp cơ sở khoa học cho triển vọng phát triển rượu vang chuối già, với chất lượng tốt như rượu vang từ các nguyên liệu trái cây khác tại Đồng bằng sông Cửu Long.

Từ khóa: Độ đường Brix, hàm lượng nấm men, lên men, pH, rượu vang chuối già

Trích dẫn: Võ Thị Kiên Hào, Nguyễn Kiều Trang, Nguyễn Thị Thu Thảo và Lâm Thị Huỳnh Trân, 2025. Ảnh hưởng của chất khô hòa tan, pH, hàm lượng nấm men đến quá trình lên men rượu từ chuối già (*Musa × paradisiaca*). Tạp chí Nghiên cứu khoa học và Phát triển kinh tế Trường Đại học Tây Đô. 22: 96-110.

*ThS. Võ Thị Kiên Hào – Giảng viên Khoa Sinh học ứng dụng, Trường Đại học Tây Đô

1. GIỚI THIỆU

Chuối là loại trái cây phổ biến ở vùng nhiệt đới và thu hoạch quanh năm nhưng là loại trái cây có thời hạn sử dụng ngắn và nhanh chóng suy giảm chất lượng sau thu hoạch. Chuối chứa hàm lượng chất khô hòa tan khoảng 19,25 °Bx, trong đó đường khử chiếm 14,61% (Nguyễn Minh Thủy, 2010). Chuối chín chứa hàm lượng vitamin A (carotene), C (axit ascorbic) và nhóm B (niacin, thiamine và riboflavin) tương đối cao trong khi chúng lại khá giàu vitamin B6, tức là pyridoxine (Qamar and Shaikh, 2018). Các enzyme có lợi cho sức khỏe gồm malate dehydrogenase, starch phosphorylase và pectate lyase được hình thành trong quá trình chín của chuối (Netshiheni et al., 2019). Thịt và vỏ chuối chứa một số chất chuyển hóa thứ cấp, như catecholamine (Kanazawa et al., 2000), phenolic (Méndez et al., 2003), carotenoid (Van den Berg et al., 2000), flavonoid, amin sinh học, phytosterol và các hợp chất thực vật khác (Pereira et al., 2015). Các chất có hoạt tính sinh học này thúc đẩy sự phát triển của lợi khuẩn và giúp giảm nguy cơ ung thư và bệnh tim mạch (Kris-Etherton et al., 2002). Chuối có tiềm năng chống oxy hóa lớn hơn nhiều loại quả mọng, thảo mộc và rau (Moongngarm et al., 2014). Trong số các carotenoid hiện có trong quả chuối, α -carotene, β -carotene và β -cryptoxanthin có hoạt tính tiền vitamin A, trong khi những carotenoid khác như lycopene và lutein có khả năng chống oxy hóa (Erdman et al., 1993). Chuối và các sản phẩm phụ của chuối đã

được chứng minh có hoạt tính kháng khuẩn, chống ung thư và chống oxy hóa, mở ra tiềm năng ứng dụng trong lĩnh vực y học và dinh dưỡng (Kumari et al., 2023).

Tuy nhiên, do tính chất dễ chín và nhanh hỏng, chuối già thường bị lãng phí khi không được tiêu thụ kịp thời. Với hàm lượng đường cao sẵn có, chuối rất phù hợp để sản xuất các sản phẩm lên men như rượu vang (Nguyễn Minh Thủy và ctv., 2013). Việc chế biến rượu vang từ chuối già không chỉ giúp tận dụng hiệu quả nguồn nguyên liệu dồi dào mà còn giảm thiểu lãng phí thực phẩm, tạo ra giá trị kinh tế, đa dạng hóa sản phẩm, mang lại lợi ích sức khỏe và thúc đẩy sự phát triển bền vững. Đây là một hướng đi tiềm năng trong việc khai thác tối đa giá trị của chuối già trong ngành công nghiệp thực phẩm.

Trong lên men rượu, pH đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm soát các vi khuẩn có thể bị nhiễm và ảnh hưởng lên sự phát triển của nấm men. Năng suất lên men ethanol cao nhất thường dao động ở pH 4,5 - 4,7 (Wang et al., 2001). Theo Tống Thị Ánh Ngọc và ctv. (2018) điều kiện thích hợp cho quá trình lên men rượu từ xơ mít là pH 4,0 và 23 °Bx, sản phẩm thu được có độ cồn cao (15%) cũng như lượng đường sót trong dịch lên men thấp (0,47%) sau 9 ngày lên men. Đối với rượu vang từ trái chùm ruột, sản phẩm thu được tốt nhất khi bổ sung nấm men với tỷ lệ 0,2% từ dịch nấm men đã được hoạt hóa đạt mật độ 11,55 log CFU/ml vào dịch lên men có nồng độ chất khô 20 °Bx,

pH 3,5 và tiến hành lên men chính trong 5 ngày (Phạm Thị Cẩm Hoa và ctv., 2017). Tương tự, Nguyễn Thị Hiền (2011) đã nghiên cứu sản xuất rượu vang nhãn, với các thông số của dịch quả ban đầu là 26 °Brix, pH 3,5 và mật số nấm men là 5 log CFU/mL. Kết quả thu được rượu vang nhãn có độ cồn cao (13% v/v), hàm lượng đường sót thấp và chất lượng cảm quan tốt. Do đó, đối với các quá trình lên men rượu sử dụng các loại nguyên liệu khác nhau, điều kiện lên men được sử dụng có thể rất khác nhau, ảnh hưởng đến chất lượng rượu. Vì vậy rất cần thiết tìm ra điều kiện thích hợp cho quá trình lên men thích hợp với loại nguyên liệu được sử dụng để tạo ra sản phẩm rượu đạt chất lượng tốt.

Mục tiêu của đề tài là xác định ảnh hưởng của nồng độ chất khô hòa tan, pH, hàm lượng nấm men bổ sung trong dịch thủy phân đến quá trình lên men rượu vang chuối già, tạo cơ sở khoa học cho việc tiếp tục nghiên cứu chế biến hoàn thiện sản phẩm rượu vang chuối già.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Thiết bị, dụng cụ và nguyên liệu

- *Thiết bị, dụng cụ*: Cân đồng hồ, cân phân tích 4 số lẻ (Model PA213, Trung Quốc), máy xay sinh tố (Model NS-929, Malaysia), thiết bị chưng cất (Model MS-E105, Trung Quốc), bếp đun cách thủy (Model HH-2, Trung Quốc), thiết bị đóng nắp chai, pH điện cực (Hanna), chiết quang kế (Atago, Nhật), cồn kế, nhiệt kế điện tử (Model SK-250WP11-N, Nhật), bình tam giác 250 mL và một số dụng cụ

thông dụng của phòng thí nghiệm Công nghệ thực phẩm.

- *Phụ gia*: Đường saccharose (đường Biên Hòa), enzyme Pectinex Ultra SP-L (Đan Mạch), acid citric (Đức), NaHSO₃ (Đức).

- *Nguồn nấm men*: Nấm men khô Saf Instant.

- *Nguyên liệu*: Chuối già được mua tại huyện Kế Sách, tỉnh Sóc Trăng.

2.2. Phương pháp phân tích

- *Đo pH*: Sử dụng máy đo pH Hanna (model: HI 2020 – 02).

- *Hàm lượng ethanol* (% , v/v): sử dụng phương pháp chưng cất và đo độ rượu (ethanol) bằng cồn kế ở 20°C (Nguyễn Đình Thuởng và Nguyễn Thanh Hằng, 2007).

- *Hàm lượng đường sót* (g/l): theo phương pháp Lane and Eynon (1924). Hàm lượng đường khử được xác định dựa trên quá trình khử bởi đường, Cu²⁺ trong hỗn hợp thuốc thử Fehling bị khử thành Cu⁺ (Cu₂O) không tan, có màu đỏ. Thể tích dung dịch đường khử cần để khử hoàn toàn một thể tích nhất định hỗn hợp thuốc thử Fehling được xác định bằng phương pháp nội chuẩn với chất chỉ thị xanh metylen.

Tổng chất khô hòa tan (°Brix) được đo bằng chiết quang kế (Atago, Nhật).

2.3. Phương pháp thí nghiệm

Thí nghiệm được bố trí theo phương thức thừa số với 3 nhân tố, 3 mức độ và 3 lần lặp lại. Chuối được tách vỏ, cắt lát

mỏng (0,5 cm) và hấp trong 20 phút sau đó xay nhuyễn với dung dịch acid citric 0,15% theo tỷ lệ chuối : dung dịch là 1 : 1,5. Puree chuối được thủy phân bằng pectinase (6 g/l) và ủ trong bếp đun cách thủy ở 40°C trong 60 phút, sau đó lọc qua vải để thu dịch chuối trong. Dịch chuối được phối chế với đường saccharose đến các nồng độ chất khô hòa tan tương ứng là 18, 20, và 22 °Brix, điều chỉnh pH bằng acid citric đến các giá trị 4, 4,5, và 5. Dịch lên men được thanh trùng bằng NaHSO₃ (122 mg/l, 2 giờ) sau đó phân phối vào các bình tam giác 250 mL, bổ sung nấm men khô (Saf Instant) đã hoạt hóa được với các tỷ lệ 0,02%, 0,04%, và 0,06%, gắn waterlock và tiến hành lên men ở nhiệt độ phòng trong thời gian 10 ngày. Kết thúc quá trình lên men rượu vang chuối già tiến hành phân tích các chỉ tiêu hóa lý gồm: độ cồn, hàm lượng đường sót, pH và °Brix.

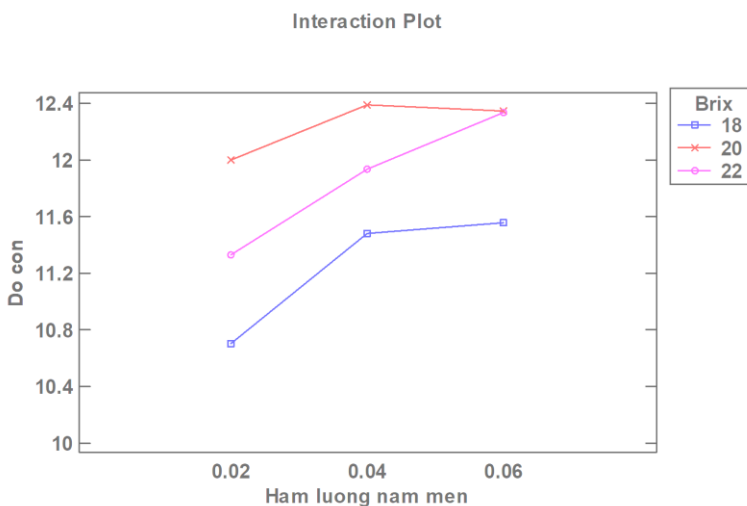
2.4. Phương pháp thu thập và xử lý số liệu

Các số liệu thu thập được xử lý thống kê, thể hiện giá trị trung bình và độ lệch chuẩn, đánh giá sự khác biệt trung bình của các nghiệm thức bằng phân tích ANOVA và phép thử Duncan ($p < 0,05$), vẽ đồ thị mặt đáp ứng và contour bằng phần mềm thống kê Statgraphics XVIII.

3. KẾT QUẢ THẢO LUẬN

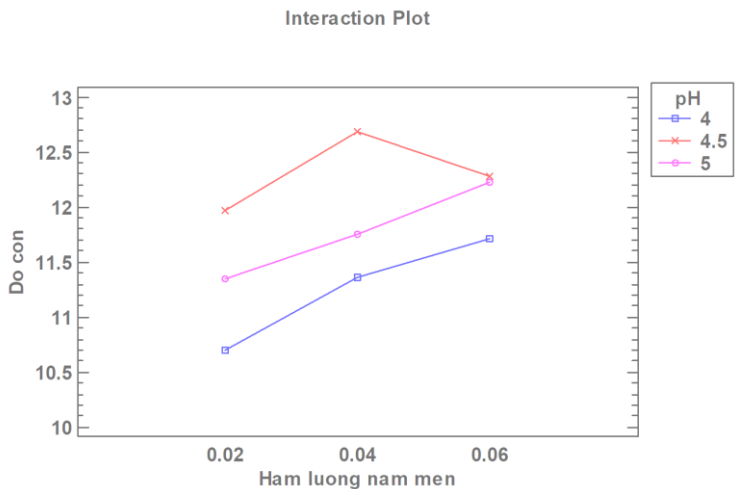
3.1. Ảnh hưởng của các yếu tố đến độ cồn trong quá trình lên men

Kết quả phân tích cho thấy pH, hàm lượng chất khô hòa tan và hàm lượng nấm men bổ sung đều có ảnh hưởng đáng kể đến độ cồn, với sự khác biệt có ý nghĩa thống kê. Kết quả trình bày ở Hình 1 cho thấy hàm lượng nấm men bổ sung và pH dịch lên men có ảnh hưởng đến độ cồn. Độ cồn cao đều nằm ở giá trị pH 4,5, cao nhất là 12,7% ở giá trị pH 4,5 và hàm lượng nấm men là 0,04%.



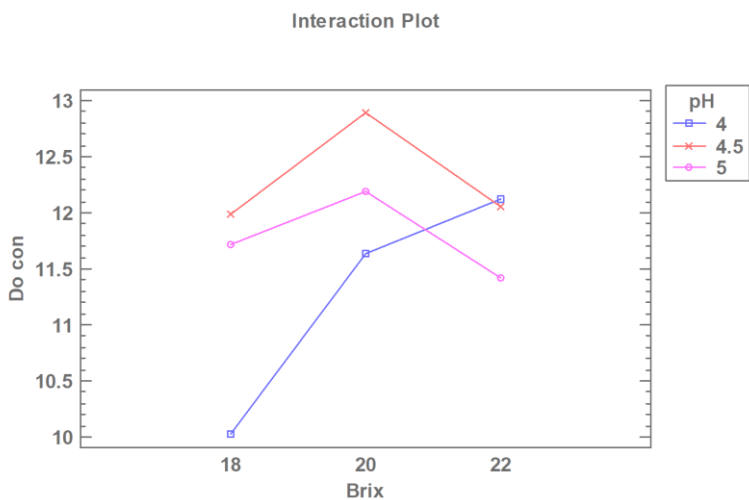
Hình 1. Hàm lượng nấm men và pH ảnh hưởng đến độ cồn của sản phẩm rượu vang chuối già

Hình 2 cho thấy hàm lượng chất khô hòa tan và hàm lượng nấm men có ảnh hưởng, độ cồn cao đều ứng với hàm lượng chất khô hòa tan 20 °Bx, cao nhất là 12,4% ở hàm lượng nấm men 0,04%.



Hình 2. Hàm lượng chất khô hòa tan và hàm lượng nấm men ảnh hưởng đến độ cồn của sản phẩm

Hình 3 cho thấy pH dịch lên men và hàm lượng chất khô hòa tan là 12,9% và hàm lượng chất khô hòa tan là 20 °Bx. Độ cồn cao ở giá trị pH 4,5, cao nhất



Hình 3. pH và hàm lượng chất khô hòa tan ảnh hưởng đến độ cồn của sản phẩm

3.2. Ảnh hưởng của hàm lượng chất khô hòa tan ban đầu đến thông số cuối

Kết quả đánh giá ảnh hưởng của hàm lượng chất khô hòa tan đến hàm lượng

chất khô hòa tan sau lên men, độ cồn, pH sau lên men và hàm lượng đường sót trong sản phẩm rượu vang chuối già được thể hiện ở bảng 1.

Bảng 1. Ảnh hưởng của hàm lượng chất khô hòa tan ban đầu đến các thông số cuối của quá trình lên men

Brix ban đầu (°Bx)	Brix sau lên men (°Bx)	pH sau lên men	Độ cồn (%)	Hàm lượng đường sót (g/l)
18	6,18±0,65 ^a	4,14±0,20 ^b	11,24±1,00 ^a	1,23±0,15 ^a
20	7,70±1,05 ^b	4,08±0,13 ^a	12,24±0,59 ^c	1,25±0,21 ^b
22	9,21±1,18 ^c	4,17±0,18 ^c	11,86±0,57 ^b	1,42±0,23 ^c

(Ghi chú: các chữ cái a,b,c trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ở mức ý nghĩa 5%)

Từ kết quả của Bảng 1 cho thấy độ Brix và pH sản phẩm giảm sau quá trình lên men, do trong quá trình lên men, nấm men sử dụng đường trong dung dịch lên men để thực hiện quá trình chuyển hóa đường thành rượu, đồng thời sản sinh ra một lượng acid hữu cơ làm giảm pH dịch lên men. Giá trị pH sau lên men dao động trong khoảng 4,08 đến 4,17. Đồng thời, đường trong dịch lên men được nấm men sử dụng để tăng sinh khối và tổng hợp một số sản phẩm làm giảm Brix của sản phẩm (Singh and Kaur, 2009; Toda et al., 2013). Với độ Brix trong dịch lên men tăng từ 18 °Bx đến 20 °Bx thì độ Brix còn lại thấp từ 6,18 °Bx đến 7,70 °Bx và độ cồn sinh ra tăng từ 11,24% đến 12,24% (Bảng 1). Đường bổ sung càng tăng thì độ cồn sản sinh càng tăng, tuy nhiên lượng đường bổ sung quá nhiều làm cho quá trình lên men chậm là do đường tạo áp suất thẩm thấu lớn ức chế một phần sự sinh trưởng và quá trình tạo rượu của nấm men khiến cho quá trình lên men chậm lại

thậm chí quá trình này sẽ bị ức chế (Tahir et al., 2010). Điều này có thể thấy rõ khi hàm lượng chất khô hòa tan của dịch lên men tăng lên 22 °Bx thì sản phẩm có độ Brix còn lại cao (9,21 °Bx) nhưng độ cồn sinh ra giảm từ 12,24% xuống còn 11,86%.

Hàm lượng đường phù hợp cho quá trình lên men là 12 - 20%, còn ở hàm lượng đường 25% sẽ ức chế quá trình lên men (Graham, 1993). Tuy nhiên, hàm lượng đường quá thấp lại cho hiệu quả lên men thấp. Theo Dhakane and Bornare (2016), ở nồng độ đường là 16,9% thì tổn thất đường do tăng sinh khối là 6%, trong khi tổn thất đường do tăng sinh khối là 8,6% khi nồng độ đường là 9,84%. Brix của các mẫu sau lên men trong khoảng 6,18 - 9,21 cho thấy nấm men có khả năng lên men kiệt đường trong dịch lên men. Nguyễn Minh Thủy và ctv. (2013) cũng đưa ra kết quả thu nhận tương tự khi đo độ Brix của sản phẩm sau khi lên men chỉ còn trong khoảng 4 - 11 °Bx.

Độ còn của sản phẩm sau 10 ngày lên men đạt cao nhất ở nghiệm thức có hàm lượng chất khô hòa tan ban đầu là 20 °Bx và khác biệt có ý nghĩa thống kê ở mức ý nghĩa 5% so với các nghiệm thức còn lại. Kết quả này cũng khá phù hợp với cơ sở lý thuyết khi nấm men được sử dụng để lên men là *Saccharomyces cerevisiae* thương mại, đây là loại nấm men có khả năng hoạt động và sinh rượu tốt ở nồng độ chất khô khoảng 18 - 22 °Bx và tối ưu nhất ở 20 - 22 °Bx (Nguyễn Đức Lương, 1996; Lương Đức Phẩm, 2006). Nguyễn Ngọc Thạch và ctv. (2021) đã ứng dụng dòng nấm men phân lập để lên men rượu vang mãng cầu xiêm với hàm lượng chất khô hòa tan ban đầu là 25 °Bx và pH 4, độ rượu cao nhất đạt 10,70%, thấp hơn so với độ còn thu nhận từ sản phẩm rượu vang chuối già ở tất cả các nghiệm thức khảo sát.

Hàm lượng chất khô hòa tan ban đầu khác nhau thì hàm lượng đường sót trong sản phẩm cũng khác nhau. Hàm lượng đường sót cũng tăng từ 1,23 g/l ở mẫu có nồng độ chất khô hòa tan là 18 °Bx lên đến 1,42 g/l ở mẫu 22 °Bx. Theo Lương Đức Phẩm (2009), trong dịch quả hàm lượng đường không lên men chiếm tới 20% tổng lượng đường. Như vậy, hàm lượng đường còn sót lại là khá cao trong lên men và làm chất ức chế cho việc tạo thành rượu. Tuy nhiên, trong lên men rượu vang chuối già, hàm lượng đường sót trong sản phẩm tương đối thấp. Các nghiên cứu trước đây của Nguyễn Văn

Thành và ctv. (2013) cũng nhận thấy sản phẩm rượu vang khóm có hàm lượng đường sót thấp (chỉ ở dạng vết) và Brix còn lại là 6 - 10 °Bx sau 10-14 ngày lên men. Nghiên cứu của Hoàng Thị Lệ Thương và ctv. (2016) cũng cho thấy hàm lượng đường trong dịch lên men càng cao thì hàm lượng đường sót trong sản phẩm rượu vang dứa càng tăng, đặc biệt các nghiệm thức có hàm lượng đường ban đầu từ 220 g/l trở lên có hàm lượng đường sót tăng cao (trên 8,5%), làm giảm hiệu quả kinh tế.

Nghiệm thức có giá trị pH sau lên men thấp nhất (4,08) là nghiệm thức có độ Brix ban đầu là 20 °Bx và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại ($p < 0,05$), đây cũng là nghiệm thức có độ còn đạt cao nhất. Vì vậy độ Brix ban đầu là 20 °Bx thích hợp cho quá trình lên men rượu vang chuối già.

3.3. Ảnh hưởng của pH đến độ Brix, pH, độ còn và hàm lượng đường sót của sản phẩm

Quá trình phát triển và lên men rượu của *Saccharomyces cerevisiae* chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố trong đó có pH môi trường. Quá trình sinh trưởng và lên men của nấm men thích ứng với pH axit nhẹ của dịch quả (Hoàng Thị Lệ Thương và ctv., 2016). Tuy nhiên, khoảng pH ban đầu từ 4 đến 5 của dịch quả (Bảng 2) cũng có ảnh hưởng nhất định đến quá trình lên men vang chuối già.

Bảng 2. Ảnh hưởng của pH trong dịch lên men đến các thông số cuối của quá trình lên men rượu vang chuối già

Giá trị pH	Brix sau lên men (°Brix)	pH sau lên men	Độ cồn (%)	Hàm lượng đường sót (g/l)
4	7,57±1,43 ^b	3,92±0,05 ^a	11,26±1,02 ^a	1,29±0,21 ^b
4,5	7,22±1,14 ^a	4,18±0,09 ^b	12,31±0,55 ^b	1,19±0,17 ^a
5	8,30±1,95 ^c	4,30±1,00 ^c	11,78±1,53 ^a	1,42±0,20 ^c

(Ghi chú: các chữ cái a,b,c trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ở mức ý nghĩa 5%)

Giá trị pH của sản phẩm đều giảm so với giá trị pH ban đầu của dịch lên men, sản phẩm có pH thấp nhất (3,92) ứng với giá trị pH ban đầu là 4,0 và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với các nghiệm thức còn lại ($p < 0,05$). Giá trị pH giảm được giải thích là do quá trình lên men cũng tạo ra một số acid hữu cơ (như acid acetic, lactic, citric, pyruvic và succinic) trong dung dịch (Nguyễn Đình Thương và Nguyễn Thanh Hằng, 2007). Khi pH tăng từ 4 lên 4,5, sản phẩm rượu vang chuối già có Brix và hàm lượng đường sót giảm ứng với độ cồn tăng và khác biệt có ý nghĩa thống kê ($p < 0,05$). Tuy nhiên, khi pH ban đầu tiếp tục tăng từ 4,5 lên 5 thì Brix và hàm lượng đường sót trong sản phẩm lại tăng, độ cồn của sản phẩm giảm. Độ cồn đạt cao nhất ở nghiệm thức lên men với pH ban đầu là 4,5 và khác biệt có ý nghĩa thống kê với các nghiệm thức còn lại (Bảng 2). Giá trị pH này cũng tương đồng với kết quả nghiên cứu của Nguyễn Văn Thành và ctv. (2013) nhưng cao hơn so với pH ban đầu trong lên men rượu vang chôm chôm của Nguyễn Thị Thanh Hồng (2013) (pH 4,0 cho sản phẩm rượu vang chôm chôm có độ cồn cao nhất). Bên cạnh pH, lượng ethanol sinh ra trong quá trình lên men rượu còn phụ thuộc vào các yếu tố khác như: loại dịch quả,

phương pháp chuẩn bị, loại nấm men và lượng chất khô hòa tan ban đầu (Singh et al., 1998; Akubor et al., 2003). pH thấp đóng vai trò quan trọng trong việc kiểm soát các vi khuẩn có thể bị nhiễm và ảnh hưởng lên sự phát triển của nấm men (Yajing Wu et al., 2022). Năng suất lên men ethanol cao nhất thường dao động ở pH 4,5 - 4,7 (Wang et al., 2001). Trong nghiên cứu này giá trị pH 4,5 thích hợp cho quá trình lên men rượu vang chuối già do sản phẩm có độ cồn cao, hàm lượng đường sót thấp.

3.4. Ảnh hưởng của hàm lượng nấm men đến độ Brix, pH, độ cồn và hàm lượng đường sót của sản phẩm

Kết quả tổng hợp ở Bảng 3 cho thấy nồng độ chất khô hòa tan còn lại ở mẫu bổ sung 0,02% nấm men (8,16 °Bx) cao hơn so với hàm lượng nấm men 0,04% (7,12 °Bx) và 0,06% (7,82 °Bx) và khác biệt có ý nghĩa thống kê ở độ tin cậy 95%. Đồng thời, ở hàm lượng nấm men 0,04% sản phẩm thu nhận có giá trị pH sau lên men thấp (4,09), độ rượu cao (11,90%) và hàm lượng đường sót thấp (1,20 g/l) và khác biệt có ý nghĩa thống kê so với hai hàm lượng nấm men còn lại ($p < 0,05$), tuy nhiên độ cồn của mẫu bổ sung 0,04% nấm men và mẫu bổ

sung 0,06% nấm men lại khác biệt không có ý nghĩa thống kê ($p > 0,05\%$).

Nguyễn Minh Thủy và ctv. (2013) cho rằng quá trình sản xuất rượu vang phụ thuộc nhiều vào mật số nấm men giống, do đây chính là tác nhân quan trọng của quá trình lên men. Theo Lương Đức Phẩm (2006), khi sử dụng nấm men ở nồng độ thấp thì khả năng nảy chồi tiếp và thời gian đạt được định mức là rất dài sẽ ảnh hưởng đến hoạt động trao đổi chất của nấm men. Tuy nhiên nếu bổ sung nấm men quá nhiều thì tốc độ lên men ở thời gian đầu nhanh nhưng về sau lại có thể cản trở quá trình lên men tiếp theo. Thêm vào đó với

cùng thời gian lên men, hàm lượng nấm men quá thấp (0,02%) thì cơ chất không được sử dụng triệt để, ngược lại còn ở hàm lượng nấm men cao (0,06%) thì tốc độ lên men nhanh nhưng về sau cản trở quá trình lên men do sự cạnh tranh về dinh dưỡng. Theo Attri (2009) khi lên men rượu vang trái điều cũng đã nhận định rằng khi dịch lên men không đủ lượng đường cho nấm men tăng sinh khối thì nấm men có thể chết đi do cạnh tranh dinh dưỡng lẫn nhau và cuối cùng là lượng rượu sinh ra thấp. Trong nghiên cứu này, hàm lượng nấm men 0,04% là thích hợp cho quá trình lên men rượu vang chuối già.

Bảng 3. Ảnh hưởng của hàm lượng nấm men đến các thông số cuối của quá trình lên men rượu vang chuối già

Hàm lượng nấm men (% , w/v)	Brix sau lên men (°Brix)	pH sau lên men	Độ còn (%)	Hàm lượng đường sót (g/l)
0,02	8,16±1,68 ^c	4,14±0,184 ^b	11,34±0,89 ^a	1,43±0,22 ^c
0,04	7,12±1,50 ^a	4,09±0,163 ^a	11,90±0,86 ^b	1,20±0,18 ^a
0,06	7,82±1,450 ^b	4,16±0,187 ^b	12,07±0,60 ^b	1,27±0,18 ^b

(Ghi chú: các chữ cái a,b,c trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ở mức ý nghĩa 5%)

Khi đánh giá ảnh hưởng của tổ hợp các nhân tố độ Brix, pH và hàm lượng nấm men đến độ còn của sản phẩm, kết quả thực nghiệm thể hiện ở Bảng 4 cho thấy nghiệm thức 14 với pH = 4,5, 20°Bx và tỷ lệ nấm men là 0,04% cho rượu vang đạt chất lượng tốt nhất với độ còn cao nhất là 13,31%. Các sản phẩm rượu vang lên men từ một số loại trái cây tại Đồng bằng sông Cửu Long có độ còn dao động trong khoảng từ 10,7% đến 15,8% điển hình như rượu

vang nhãn là 13% (Nguyễn Thị Hiền, 2011), rượu vang táo là 15,8% (Nguyễn Trọng Thảo, 2012), rượu vang từ xơ mít thái là 15% (Tống Thị Ánh Ngọc và ctv., 2018) và rượu vang măng cầu xiêm là 10,7% (Nguyễn Ngọc Thạch và ctv., 2021). Điều này cho thấy triển vọng phát triển sản phẩm rượu vang chuối già đạt chất lượng tốt, tương đương rượu vang từ các loại trái cây khác tại Đồng bằng sông Cửu Long.

Bảng 4. Kết quả ảnh hưởng của tổ hợp các nhân tố pH, độ Brix và hàm lượng nấm men đến độ cồn của sản phẩm

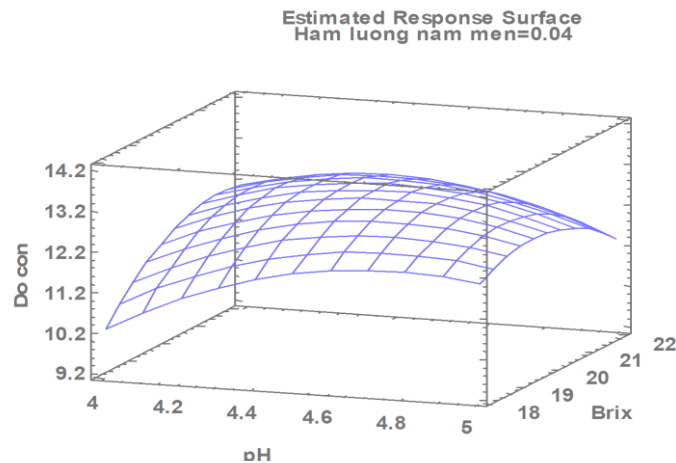
Nghiem thức	Tổ hợp pH – Brix-Hàm lượng nấm men	Độ cồn (%)
1	4-18-0,02	9,36±0,13 ^a
2	4-18-0,04	10,83±0,14 ^b
3	4-18-0,06	10,65±0,10 ^c
4	4-20-0,02	11,30±0,04 ^{de}
5	4-20-0,04	11,72±0,03 ^{gh}
6	4-20-0,06	11,86±0,02 ^h
7	4-22-0,02	11,46±0,03 ^f
8	4-22-0,04	12,29±0,09 ^{kl}
9	4-22-0,06	12,61±0,08 ^m
10	4,5-18-0,02	11,48±0,03 ^f
11	4,5-18-0,04	12,64±0,12 ⁿ
12	4,5-18-0,06	11,82±0,02 ^{gh}
13	4,5-20-0,02	12,58±0,12 ^{lm}
14	4,5-20-0,04	13,31±0,19 ^p
15	4,5-20-0,06	12,79±0,06 ^o
16	4,5-22-0,02	11,85±0,03 ^{gh}
17	4,5-22-0,04	12,08±0,10 ⁱ
18	4,5-22-0,06	12,24±0,02 ^{ijkl}
19	5-18-0,02	11,27±0,04 ^d
20	5-18-0,04	11,71±0,03 ^g
21	5-18-0,06	12,18±0,02 ^{ijk}
22	5-20-0,02	12,10±0,21 ^{ij}
23	5-20-0,04	12,13±0,08 ^{ij}
24	5-20-0,06	12,35±0,03 ^l
25	5-22-0,02	10,68±0,06 ^d
26	5-22-0,04	11,43±0,03 ^{ef}
27	5-22-0,06	12,13±0,10 ^{ij}

(Ghi chú: các chữ cái a,b,c trong cùng một cột thể hiện sự khác biệt có ý nghĩa thống kê giữa các nghiệm thức ở mức ý nghĩa 5%)

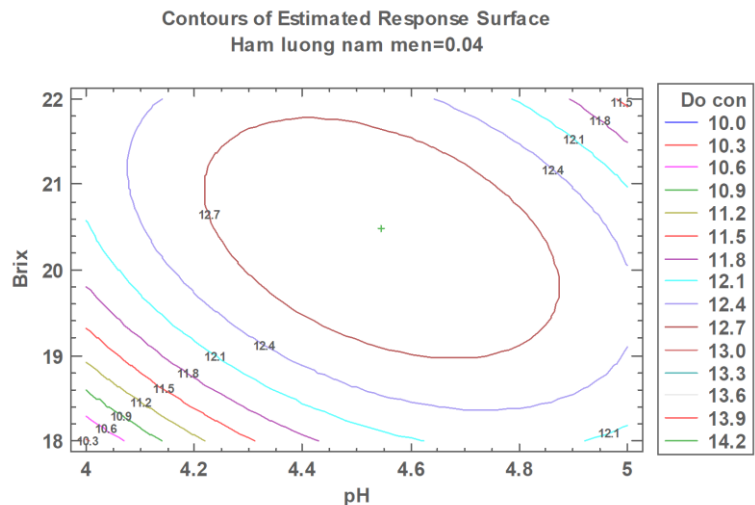
Để đánh giá giá trị của các nhân tố độ Brix, pH và hàm lượng nấm men cho nồng độ rượu cao nhất, phương trình hồi quy nhiều chiều tìm được qua phần mềm Statgraphics XVII với hệ số tương quan bội $R^2 = 0,88$ như sau:

$$\begin{aligned} \text{Độ cồn} = & -178,95 + 40,95 \cdot \text{pH} + 9,70 \cdot \text{Brix} - 17,46 \cdot \text{Hàm lượng nấm men} - 3,17 \cdot \text{pH}^2 - \\ & 0,60 \cdot \text{pH} \cdot \text{Brix} + 5,02 \cdot \text{pH} \cdot \text{Hàm lượng nấm men} - 0,17 \cdot \text{Brix}^2 + 306 \cdot \text{Brix} \cdot \text{Hàm lượng nấm men} - 637,77 \cdot \text{Hàm lượng nấm men}^2 \quad (1) \end{aligned}$$

Qua phương trình (1), dùng phần mềm Statgraphics vẽ được đồ thị mặt đáp ứng (surface plotting) (Hình 4), chọn đồ thị có hàm lượng nấm men là 0,04% vì có độ cồn cao nhất và có dạng vòm để vẽ đồ thị đường mức (contour) (Hình 5).



Hình 4. Đồ thị mặt đáp ứng độ cồn theo pH (X), hàm lượng chất khô hòa tan và hàm lượng nấm men ở 0,04%



Hình 5. Đồ thị đường mức độ cồn theo pH, hàm lượng chất khô hòa tan và hàm lượng nấm men ở 0,04%

Hình 5 cho thấy để đạt độ cồn là 12,7% (đường mức trong cùng), thì giá trị hàm lượng chất khô hòa tan, pH của dịch lên men lần lượt ứng với khi chiếu lên trục tung là 20%, chiếu xuống trục hoành là 4,3 ứng với hàm lượng nấm men bổ sung là 0,04%.

Khi giải phương trình hồi quy nhiều chiều (phương trình 1) để có trị số bằng

số của các biến cho thấy muốn có độ cồn tối ưu là 13,10% thì hàm lượng nấm men phải bổ sung là 0,053%, hàm lượng chất khô hòa tan ban đầu là Brix phải là 20,49 °Bx và pH dịch lên men là 4,55. Như vậy, độ cồn tối ưu được tính toán từ mô hình là 13,10% gần bằng với độ cồn đạt được từ kết quả thực nghiệm là 13,31%. Kết quả này cho thấy bố trí thí nghiệm đã gần tối ưu với nghiệm thức 14 (pH = 4,5,

°Brix = 20 và hàm lượng nấm men là 0,04%) và lượng rượu đạt được xem như tối ưu 13,31%.

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy pH dịch lên men, nồng độ chất khô hòa tan ban đầu và hàm lượng nấm men bổ sung có ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng rượu vang chuối già. Thông số tối ưu cho quá trình lên men rượu vang chuối già được xác định với hàm lượng chất khô hòa tan ban đầu là 20°Bx, pH là 4,5 và hàm lượng

nấm men bổ sung là 0,04% cho sản phẩm có độ cồn đạt cao nhất là 13,3%, hàm lượng đường sót thấp, ứng với độ Brix và pH của sản phẩm thấp. So với các loại rượu vang từ trái cây khác, rượu vang chuối già mang hương vị đặc trưng và mới lạ, góp phần đa dạng hóa thị trường rượu vang trái cây. Việc phát triển sản xuất rượu vang chuối già tại Đồng bằng sông Cửu Long là một hướng đi tiềm năng, giúp tận dụng hiệu quả nguồn nguyên liệu sẵn có, giảm thiểu lãng phí và mang lại lợi ích kinh tế cho vùng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- Akubor P.I., S.O. Obio, K.A. Nwodomere and E. Obiomah, 2003. Production and quality evaluation of banana wine. *Plant Foods for Human Nutrition*, 58(3): 1-6.
- Attri B. L., 2009. Effect of initial sugar concentration on physico-chemical characteristics and sensory quality of cashew apple wine. *Natural product radiance*. Vol 8 (4): 374-379.
- Chanprasartsuk OO, Pheanudomkitlert K, Toonwai D., 2012. Pineapple wine fermentation with yeasts isolated from fruit as single and mixed starter cultures. 3rd International Symposium on Tropical Wine, Chiang Mai, Thailand. *Asian journal of Food and Agro Industry* , 5(02): 104-111.
- de Toda F.M., Sancha J.C. and Balda P., 2013. Reducing the sugar and pH of the grape (*Vitis vinifera* L. cvs. 'Grenache' and 'Tempranillo') through a single shoot trimming. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 34(2): 246-251.
- Dhakane A. S. and Bornare D. T., 2016. Process optimization of low alcoholic beverage from guava using different yeast and temperature combination of fermentation. *International Journal of Food and Fermentation Technology* 6(2):467 DOI:10.5958/2277-9396.2016.00073.8
- Erdman J.W., Jr., Bierer T.L., Gugger E.T., 1993. Absorption and transport of carotenoids. *Ann. N. Y. Acad*, 691: 76–85.
- Graham H. F., 1993. *Wine Microbiology and Biotechnology*. Taylor and Francis publishers, USA.
- Hoàng Thị Lệ Thương, Trần Thị Thúy, Nguyễn Quang Hào, 2016. Nghiên cứu ảnh hưởng của một số yếu tố môi trường và dinh dưỡng đến quá trình lên men vang để sản xuất brandy từ dứa Queen bằng chủng *Saccharomyces cerevisiae* D8. *Tạp chí Khoa học Công nghệ Nông nghiệp Việt Nam*, 12(73): 23-28.
- Kanazawa K. & Sakakibara H., 2000. High content of dopamine, a strong

- antioxidant, in cavendish banana. *J. Agric. Food Chem*, 48: 844–848.
- Kris-Etherton P.M., Hecker K.D., Bonanome A., Coval S.M., Binkoski A.E., Hilpert K.F., Griel A.E., Etherton T.D., 2002. Bioactive compounds in foods: Their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *Am. J. Med*, 113: 71–88.
- Kumari P., Supriya S. Gaur, Ravindra K. Tiwari, 2023. Banana and its by-products: A comprehensive review on its nutritional composition and pharmacological benefits. *eFood*, 4(5), e 110.
<https://doi.org/10.1002/efd2.110>.
- Lane J.H. and Eynon L., 1924. Estimation of sugar in urine by means of Fehling's solution with methylene blue as internal indicator. *Analyst*, 49(581): 366-371.
- Lương Đức Phẩm, 2006. Nấm men công nghiệp. Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật. Hà Nội, 332 trang.
- Méndez C.D.M.V., Forster M.P., Rodríguez-Delgado M.Á., Rodríguez-Rodríguez E.M., Romero C.D., 2003. Content of free phenolic compounds in bananas from tenerife (canary islands) and ecuador. *Eur. Food Res. Technol*, 217: 287–290.
- Moongngarm A., Tiboonbun W., Sanpong M., Sriwong P., Phiewtong L., Prakitrum R., Huychan, N., 2014. Resistant starch and bioactive contents of unripe banana flour as influenced by harvesting periods and its application. *Am. J. Agric. Biol. Sci.*, 9: 457–465.
- Netshiheni R. K., Omolola A. O., Anyasi T. A., & Jideani A. I., 2019. Banana bioactives: Absorption, utilisation and health benefits. *Banana Nutrition-Function and Processing*, 1–20.
- Nguyễn Đình Thường, Nguyễn Thanh Hằng, 2007. Công nghệ sản xuất & kiểm tra cồn etylic. NXB Khoa học và kỹ thuật, Hà Nội.
- Nguyễn Lâm Dũng, 1999. Vi sinh vật học. Nhà xuất bản Giáo dục.
- Nguyễn Minh Thủy, 2010. Giáo trình Công nghệ sau thu hoạch ra quả. Nhà xuất bản nông nghiệp. Trường Đại học Cần Thơ.
- Nguyễn Minh Thủy, Dương Thị Phượng Liên, Nhan Minh Trí và Nguyễn Chí Linh, 2013. Kỹ Thuật sau thu hoạch nông sản. Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ.
- Nguyễn Minh Thủy và Nguyễn Thị Mỹ Tuyền, 2016. Kỹ thuật sau thu hoạch (Bảo quản và chế biến) một số loại nông sản ở Đồng bằng sông Cửu Long. Nhà xuất bản Đại học Cần Thơ.
- Nguyễn Ngọc Thạch, Huỳnh Xuân Phong, 2021. Phân lập và tuyển chọn nấm men ứng dụng trong lên men rượu vang măng cầu xiêm (*Annona muricata* L.). Tạp chí khoa học Trường đại học Cần Thơ. Số 04, trang 131:138.
- Nguyễn Thị Hiền, 2011. Phân lập và tuyển chọn nấm men tự nhiên lên men rượu vang nhãn. Luận văn tốt nghiệp thạc sĩ. Trường Đại học Cần Thơ.
- Nguyễn Trọng Thảo, 2012. Phân lập và tuyển chọn nấm men tự nhiên ứng dụng trong sản xuất rượu vang táo tây. Luận văn cao học. Trường Đại học Cần Thơ.
- Pereira A., 2015. Maraschin, M. Banana (*Musa spp.*) from peel to pulp:

- Ethnopharmacology, source of bioactive compounds and its relevance for human health. *J. Ethnopharmacol*, 160: 149–163.
- Phạm Thị Cẩm Hoa, Nguyễn Phan Khánh Hòa, Nguyễn Bảo Toàn và Nguyễn Thị Tố Nga, 2017. Khảo sát ảnh hưởng của một số yếu tố đến quá trình lên men rượu vang từ trái chùm ruột (*Phyllanthus acidus*). Kỷ yếu kỷ niệm 35 năm thành lập Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm Thành phố Hồ Chí Minh (1982-2017). Thành phố Hồ Chí Minh.
- Qamar S., & Shaikh A., 2018. Therapeutic potentials and compositional changes of valuable compounds from banana—A review. *Trends in Food Science & Technology*, 79: 1–9.
- Singh M., P.S. Panesar and S.S. Marwaha, 1998. Studies on the suitability of kinnow fruits for the production of wine. *Journal of Food Science and technology*, 35(5): 455-457.
- Singh, R.S. and Kaur, P., 2009. Evaluation of litchi juice concentrate for the production of wine. *NISCAIR Online Periodicals Repository NPR*, 8(4): 386-391.
- Tahir, A., M. Aftab and Farasat, T., 2010. Effect of cultural conditions on ethanol production by locally isolated *Saccharomyces cerevisiae* bio-07. *Journal of Applied Pharmaceutical*. 3(2): 72-78.
- Tổng Thị Ánh Ngọc, Bùi Thị Ánh Ngọc, Nguyễn Thị Mỹ Ngọc và Ngô Minh Quang, 2018. Ảnh hưởng của pH và chất khô hòa tan đến quá trình lên men rượu từ xơ mít (*Artocarpus heterophyllus*) giống Thái Lan. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 54 (Số chuyên đề: Nông nghiệp): 211-218.
- Van den Berg H., Faulks R., Granado H.F., Hirschberg J., Olmedilla B., Sandmann, G., Southon S., Stahl W., 2000. The potential for the improvement of carotenoid levels in foods and the likely systemic effects. *J. Sci. Food Agric.*, 80: 880–912.
- Wang Z.X., J. Zhuge, H. Fang and B. A. Prior, 2001. Glycerol production by microbial fermentation: A review. *Biotechnology Advances*, 19: 201-223.
- Yajing Wu, Bo Li, Bu Miao, Caiyun Xie, Yue-Qin Tang, 2022. *Saccharosemyces cerevisiae* employs complex regulation strategies to tolerate low pH stress during ethanol production. *Microbial Cell Factories*, 21 (247): 21(1):247. doi: 10.1186/s12934-022-01974-3.

EFFECT OF TOTAL SOLUBLE SOLIDS, pH AND YEAST CONTENT ON FERMENTATION PROCESS OF BANANA WINE (*Musa × paradisiaca*)

Vo Thi Kien Hao*, Nguyen Kieu Trang,
Nguyen Thi Thu Thao and Lam Thi Huynh Tran
Tay Do University
(*Email: vtkhao@tdu.edu.vn)

ABSTRACT

Vietnamese Cavendish banana (*Musa × paradisiaca*) is a flavorful and nutritious fruit; however, it is highly perishable and difficult to preserve. It is primarily consumed when fully ripe, but its commercial value remains relatively low. The utilization of fully ripened Vietnamese Cavendish banana in winemaking was studied to produce higher value-added products and partly solve the environmental pollution issues. The study was conducted to determine the effect of three factors: soluble solids content (18, 20, and 22 °Bx), pH (4, 4.5, and 5), and yeast concentration (0.02%, 0.04%, and 0.06%, w/v) on the quality of banana wine. The results indicated that these factors significantly influenced parameters such as alcohol content, post-fermentation pH, post-fermentation soluble solids content, and residual sugar in the wine product. Banana wine achieved high alcohol content (13.3%), low residual sugar (1.19 g/l), low pH, and low Brix when fermentation parameters were set at pH 4.5, soluble solids content of 20 °Bx, and 0.04% added yeast. The results provide a scientific basis for the potential development of *Musa × paradisiaca* banana wine, with quality comparable to wines from other fruits in the Mekong Delta.

Keywords: Banana wine, Brix degree, fermentation, pH, yeast content.