

Nghiên cứu chế biến rượu chưng cất từ mít Thái thứ phẩm (*Artocarpus heterophyllus* Lam.)

Nguyễn Văn Ngọc Phương*, Nguyễn Tân Hùng
Trường Đại học Tiền Giang, Tiền Giang, Việt Nam

*nguyenvannhocphuong@tgu.edu.vn

Tóm tắt

Nghiên cứu được thực hiện để khảo sát ảnh hưởng của 3 yếu tố bao gồm tỷ lệ nấm men (0,4 % - 1,2 % (w/v), độ Brix (22-30) và pH = (3,6-4,5) đến độ rượu của sản phẩm rượu từ mít Thái. Thử nghiệm được thiết kế theo mô hình Box-Behnken để xác định các điều kiện tối ưu cho quá trình lên men dịch mít. Dịch mít sau lên men được chưng cất để đánh giá một số chỉ tiêu chất lượng của rượu (methanol, aldehyde và cảm quan). Kết quả cho thấy hàm lượng ethanol của dịch mít sau lên men đạt 15,31 % (v/v) khi lên men 9 ngày ở các điều kiện thích hợp được xác định tỷ lệ men 0,799 %, dịch quả ở 26,71 °Bx và pH = 4,06. Chất lượng mít sau chưng cất đạt Tiêu chuẩn Việt Nam theo TCVN 7045: 2013 và có chất lượng cảm quan khá. Kết quả nghiên cứu cho thấy, có thể tận dụng nguồn mít Thái thứ phẩm làm nguyên liệu lên men rượu nhằm tạo ra sản phẩm có giá trị gia tăng cũng như góp phần đa dạng hóa sản phẩm và nâng cao giá trị kinh tế cho mít thứ phẩm.

Nhận 04/09/2024
Được duyệt 03/12/2024
Công bố 28/12/2024

Từ khóa
điều kiện tối ưu,
lên men rượu, mít Thái,
rượu mít

© 2024 Journal of Science and Technology - NTTU

1 Đặt vấn đề

Mít (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) có nguồn gốc từ Ấn Độ là loại quả lớn nhất trong số các loại quả ăn được thuộc họ *Moraceae* [1]. Khi trái chín, thịt mít chứa khoảng (7-15) % đường sucrose theo trọng lượng với hương vị rất đặc biệt [2]. Tại Việt Nam, mít được trồng từ Bắc vào Nam, từ ven biển, đồng bằng lên miền núi. Ở miền Nam mít được trồng nhiều ở Đồng Nai, Bình Dương, Vĩnh Long, Đồng Tháp, Tiền Giang,...., với mít tố nữ, mít nghệ, mít dứa,... Trong đó, mít Thái là giống cây dễ trồng, ít công chăm sóc, thời gian sinh trưởng ngắn, cho thu hoạch nhanh, năng suất cao, đậu trái quanh năm, múi mọng và giòn ngọt, đặc biệt giá tăng cao trong thời gian gần đây nên được người nông dân trồng nhiều. Trong quá trình thu mua phục vụ cho xuất khẩu dạng tươi, thương lái thường chọn các trái mít lớn, tròn, màu sắc đẹp và đồng đều. Mít rớt hạng, không đủ

quy cách hay còn gọi là mít chợ, đặc biệt là mít xơ đen (ít) được thu mua với giá rất thấp. Mặc dù là mít thứ phẩm, sau khi loại bỏ thành phần không ăn được, nguồn nguyên liệu này có thành phần hóa học tương tự với nguyên liệu sử dụng cho ăn tươi và là nguồn nguyên liệu rẽ tiền thích hợp cho quá trình chế biến các sản phẩm từ mít. Các công bố trước đây về sử dụng quả mít trong chế biến, đa phần sử dụng nguyên liệu chính phẩm và chưa quan tâm nhiều đến mít thứ phẩm như mít xơ đen, mít chợ để chế biến thành các sản phẩm có giá trị kinh tế.

Quá trình chưng cất dựa trên sự khác nhau về nhiệt độ sôi của các cấu tử trong hỗn hợp ở một áp suất nhất định. Người ta dùng nhiệt để chuyển hỗn hợp lỏng sang pha hơi và thu chất lỏng ở khoảng nhiệt độ thích hợp bằng cách cho hơi ngưng tụ [3]. Quá trình chưng cất được tiến hành bằng cách đun sôi hỗn hợp dịch lên men, hỗn hợp hơi bay lên được qua hệ thống làm lạnh



và ngưng tụ thành rượu. Rượu được chưng cất nhằm loại bỏ một số tạp chất độc hại được sinh ra trong quá trình lên men và làm tăng độ cồn [4].

Phương pháp bề mặt đáp ứng (RSM) là một kỹ thuật thống kê hiệu quả để tối ưu hóa các quá trình phức tạp. RSM đã được sử dụng thành công cho nhiều ứng dụng công nghệ sinh học và nông nghiệp [5, 6]. Ưu điểm chính của RSM là giảm số lượng các thử nghiệm thực nghiệm cần thiết để đánh giá nhiều tham số và tương tác của chúng. Phương trình mô tả cách các biến kiểm tra ảnh hưởng đến phản ứng, xác định mối tương quan giữa các biến thử nghiệm và mô tả các hiệu ứng kết hợp của tất cả các biến thử nghiệm trong các phản ứng [5]. Với mục đích xác định các điều kiện lên men thích hợp cho quá trình lên men rượu từ mứt Thái thứ phẩm, nghiên cứu tiến hành khảo sát ảnh hưởng của tỷ lệ nấm men, pH và tổng hàm lượng chất khô hòa tan ($^{\circ}\text{Bx}$) ban đầu trong dịch mứt thích hợp cho quá trình lên men. Các thông số tối ưu sẽ là cơ sở hỗ trợ cho quá trình thu nhận rượu mứt chưng cất qua đó góp phần đa dạng hóa sản phẩm, nâng cao giá trị nguyên liệu sẵn có và gia tăng lợi ích kinh tế cho người trồng ở địa phương.

2 Nguyên liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1 Nguyên liệu

Mứt Thái thứ phẩm (mứt xơ đen), chín đều, được mua từ huyện Cai Lậy, tỉnh Tiền Giang, được vận chuyển về Phòng thí nghiệm và tồn trữ ở nhiệt độ phòng. Nấm men Mauripan (AB Mauri Viet Nam) và đường Biên Hòa.

2.2 Phương pháp nghiên cứu

2.2.1 Quy trình lên men rượu mứt

Mứt → Xử lý → Trữ đông → Tan giá → Nghiền với nước (1:2) → Thanh trùng (NaHSO_3 , 200 ppm, 2 giờ) → Điều chỉnh Brix, pH, nấm men → Lên men → Phân tích chất lượng.

2.2.2. Bố trí thí nghiệm

Sử dụng phương pháp bề mặt đáp ứng (RSM) để thiết kế thí nghiệm và bố trí tối ưu hóa các nhân tố khảo sát bao gồm tỷ lệ nấm men (0,4 % đến 1,2 %, w/v), tổng chất khô hòa tan (22-30) $^{\circ}\text{Bx}$ và pH = (3,6-4,5). Thí nghiệm được thiết kế theo mô hình Box-Behnken (Bảng 1), mỗi nhân tố được mã hóa với 3 mức độ (-1;

0; +1) với tổng số nghiệm thức là 15, bao gồm 3 điểm tâm. Dịch quả mứt thu được sau khi nghiền với nước theo tỷ lệ (1:2) được điều chỉnh lần lượt về các độ Brix và pH theo bố trí thí nghiệm. Sau đó, hỗn hợp được thanh trùng bằng NaHSO_3 với nồng độ 200 mg/L trong 2 giờ. Cho hỗn hợp dung dịch đã được thanh trùng vào bình, sau đó bổ sung nấm men với các tỷ lệ được bố trí. Lên men 9 ngày ở nhiệt độ (28 ± 2) $^{\circ}\text{C}$. Tất cả các mẫu được phân tích độ rượu (%) sau khi kết thúc quá trình lên men.

Bảng 1 Bố trí thí nghiệm tối ưu hóa quá trình lên men theo mô hình Box-Behnken

Biến (yếu tố)	Mức và mã hóa mức của biến		
	-1	0	+1
Tỷ lệ nấm men (%)	0,4	0,8	1,2
Độ brix ($^{\circ}\text{Bx}$)	22	26	30
pH	3,6	4,05	4,5

Trên cơ sở kết quả thực nghiệm lại mô hình, dịch mứt sau lên men được chưng cất để đánh giá chất lượng. Dịch lên men được cho vào bình cầu 2 000 mL và đun sôi. Hơi rượu được dẫn qua hệ thống làm lạnh bằng nước để thu hồi rượu. Lượng rượu được thu trong bình tam giác để trong nước đá đến khi rượu có nồng độ khoảng 29 % (đo bằng cồn kế cầm tay, AL-21 α , Atago, Japan). Sản phẩm rượu chưng cất được làm mát 20 $^{\circ}\text{C}$ để xác định thể tích và nồng độ rượu.

2.2.3 Phương pháp phân tích

Định lượng đường tổng bằng ferricyanua: với một lượng nhất định ferricyanua ($\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$) phản ứng với đường khử, có mặt dung dịch NaOH, sản phẩm thu được là ferrocyanua. Dựa vào lượng ferricyanua đã dùng để xác định lượng đường tổng có trong nguyên liệu cần phân tích. Việc chuẩn độ được thực hiện trong môi trường kiềm, khi đun nóng với chỉ thị methylen blue [7].

Xác định hàm lượng acid tổng: vì các acid trong thực phẩm đều là acid hữu cơ (acid yếu) nên khi được trung hòa và hoàn toàn bằng kiềm mạnh (NaOH hay KOH 0,1N) với chất chỉ thị là phenolphthalein có khoảng chuyển màu ở pH = 8,2 [7].

Xác định hàm lượng tro: dùng sức nóng (550-600) $^{\circ}\text{C}$ nung cháy hoàn toàn các chất hữu cơ. Phần còn lại được cân và tính ra tỷ lệ tro (%) có trong thực phẩm. Thành phần nhiều nhất trong tro chính là các chất khoáng.



Định lượng vitamin C bằng iodine: tất cả ascorbic acid sẽ bị oxi hóa bởi iod. Phần iod còn thừa sẽ cho màu xanh tím với dung dịch tinh bột và phản ứng sẽ kết thúc [7].

Hàm lượng chất khô hòa tan ($^{\circ}$ Brix): khúc xạ kế Atago 0-32 (Japan).

Đo pH: pH kế, Hana HI210-02 (Japan).

Hàm lượng cồn (% v/v): chưng cất một lượng dịch lên men để tách ethanol ra. Xác định tỷ trọng của dịch cất bằng bình tỷ trọng. Tra bảng tỷ trọng của hỗn hợp ethanol-nước để xác định hàm lượng ethanol (TCVN 5562-2009).

Hàm lượng methanol trong rượu (% v/v): cho phần mẫu thử tác dụng với thuốc thử fucsin sulfite sau khi đã oxi hóa methanol thành aldehyde formic. So màu của dung dịch với màu của dung dịch chuẩn (TCVN 8010:2009).

Hàm lượng aldehyde trong rượu (mg/L cồn 100 %): Cho phần mẫu thử tác dụng với thuốc thử fucsin sulfite và rượu có hàm lượng aldehyde chuẩn. So màu của dung dịch thu được với màu của dung dịch chuẩn (TCVN 8009:2009).

Cảm quan: theo TCVN 8011:2009

Phương pháp xử lý số liệu: thí nghiệm được bố trí hoàn toàn ngẫu nhiên, lặp lại 3 lần, các số liệu được xử lý bằng phần mềm Statgraphics Centurion 15.1 (Statgraphics Technologies, Inc.).

Mô hình phù hợp được chọn cho bộ dữ liệu được thu thập. Mô hình (1) được đề xuất (giá trị Y) trong trường hợp này: $Y = b_0 + b_n X_n + b_{nn} X_n^2 + b_{nm} X_n X_m + \dots$ (1) Trong đó: b_0 là hệ số; b_n , b_{nn} và b_{nm} là các hệ số bậc 1, bậc 2 của phương trình hồi quy; X_n , X_m là các giá trị của biến độc lập. Kiểm định sự tương thích của dữ liệu theo mô hình và dữ liệu thực nghiệm được thực hiện.

3 Kết quả và thảo luận

3.1 Đặc tính chất lượng của thịt mít Thái thứ phẩm

Tính chất của nguyên liệu là một trong những chỉ tiêu quan trọng quyết định trực tiếp đến chất lượng sản phẩm cũng như khả năng phát triển của nấm men và đặc tính của sản phẩm [8]. Do đó, việc xác định thành phần nguyên liệu là điều kiện cần thiết giúp việc điều chỉnh các thông số điều kiện ban đầu của dịch lên men để thu được sản phẩm mong muốn. Kết quả phân tích thành phần nguyên liệu được trình bày ở Bảng 2.

Bảng 2 Một vài chỉ tiêu hóa lý của thịt mít Thái thứ phẩm

Thành phần	Hàm lượng
Độ ẩm (%)	73,96 ± 2,34
Hàm lượng đường tổng (%)	11,32 ± 1,01
Hàm lượng acid tổng (%)	0,14 ± 0,00
Tro (%)	0,88 ± 0,03
Vitamin C (mg/100 g)	3,50 ± 0,13
Brix	18,01 ± 1,24
pH	6,5 ± 0,35

Ghi chú: các giá trị trung bình của 3 lần lặp lại

Kết quả phân tích cho thấy nguyên liệu mít có hàm lượng đường tổng là 11,32 %, lượng vitamin C là 3,50 mg/100 g, hàm lượng ẩm là 73,96 %. Theo [9], phần ăn được của mít có độ ẩm là 73,23 %, tro 1 % và vitamin C là 6,7 mg, do đó có thể thấy độ ẩm và tro trong mít Thái thứ phẩm tương đương với phần ăn được của múi mít, hàm lượng vitamin C thì thấp hơn. Với hàm lượng chất khô hòa tan cao (18,01 $^{\circ}$ Bx), đây là nguyên liệu thích hợp cho quá trình lên men rượu. Kết quả phân tích này cũng phù hợp với kết quả nghiên cứu trước đây lần lượt là (15,5-21,8) $^{\circ}$ Bx, và (16-29,9) $^{\circ}$ Bx. [10, 11].

3.2 Ảnh hưởng của các yếu tố thử nghiệm đến hàm lượng rượu sau lên men

Thiết kế Box-Behnken được thực hiện để tối ưu hóa quá trình lên men dịch mít Thái thứ phẩm và xác định mối tương tác giữa các yếu tố với nhau. Ba nhân tố được chọn trong thí nghiệm này là tỷ lệ nấm men (A), hàm lượng chất khô hòa tan (B) và pH (C) với 3 mức mã hóa (-1, 0, +1) được khảo sát mức độ ảnh hưởng đến sự hình thành ethanol (% v/v). Kết quả thí nghiệm tối ưu 3 nhân tố theo mô hình Box-Behnken được thể hiện trong Bảng 3.

Bảng 3 Ma trận thí nghiệm và độ cồn (% v/v) được thiết kế theo mô hình Box-Behnken

Tổ hợp	Tỷ lệ men (%) A	Độ Brix B	pH C	Hàm lượng rượu (% v/v)
1	0,4	26,0	4,50	10,51
2	1,2	22,0	4,05	12,17
3	1,2	30,0	4,05	12,85
4	0,8	22,0	3,60	11,42
5	0,4	22,0	4,05	13,18



6	0,4	30,0	4,05	12,97
7	1,2	26,0	3,60	10,67
8	1,2	26,0	4,50	11,43
9	0,8	26,0	4,05	15,24
10	0,8	30,0	3,60	12,84
11	0,8	26,0	4,05	15,24
12	0,4	26,0	3,60	10,92
13	0,8	22,0	4,50	13,80
14	0,8	26,0	4,05	13,67
15	0,4	26,0	4,50	10,51

Nồng độ rượu là một trong những chỉ tiêu quan trọng nhất trong việc đánh giá khả năng lên men rượu của nấm men, chất lượng rượu cũng như điều kiện bảo quản [12]. Kết quả cho thấy, nồng độ rượu của dịch mứt lên men đạt giá trị trung bình khoảng (10,51-15,24) % v/v. Kết quả ở Bảng 3 cho thấy nghiệm thức 9 (pH = 4,05, 26,0 °Bx và 0,8 % nấm men) cho hàm lượng ethanol

cao nhất (đạt 15,24 % v/v); nghiệm thức 1, nghiệm thức 15 (pH = 4,5, 26,0 °Bx và 0,4 % nấm men) cho hàm lượng ethanol thấp nhất (10,51 % v/v).

Để xác định mức độ phù hợp của mô hình thì hệ số xác định R² là một thước đo quan trọng [13]. Giá trị càng gần với 1 thì mối tương quan giữa giá trị thực nghiệm và giá trị dự đoán càng tốt [14]. Trong mô hình này, giá trị R² là 92,28 % (Bảng 4). Bên cạnh chỉ số R² thì chỉ số R² hiệu chỉnh thường được sử dụng vì giá trị này phản ánh sát hơn mức độ phù hợp của mô hình hồi quy. Với giá trị R² hiệu chỉnh là 78,39 % thì có nghĩa là các nhân tố như độ Brix, pH, tỷ lệ nấm men giải thích được 78,39 % sự biến thiên của hàm lượng rượu và còn lại ảnh hưởng bởi các nhân tố khác ngoài mô hình cũng như sai số ngẫu nhiên. Để đánh giá hiệu quả của mô hình thì không chỉ đánh giá R² mà còn đánh giá R² điều chỉnh, R² dự đoán và tổng sai số dự đoán của bình phương (PRESS) [15].

Bảng 4 Bảng phân tích mối tương quan của các biến với giá trị P trong mô hình bề mặt đáp ứng của độ rượu

Biến	Tổng bình phương	Bậc tự do	Trung bình bình phương	Giá trị F	Giá trị P
A: Tỷ lệ men	0,02645	1	0,02645	0,06	0,8234
B: Brix	0,03125	1	0,03125	0,07	0,8085
C: pH	0,66125	1	0,66125	1,38	0,2927
AB	0,198025	1	0,198025	0,41	0,5484
AC	0,342225	1	0,342225	0,72	0,4363
BC	1,97403	1	1,97403	4,13	0,0980
A ²	12,3595	1	12,3595	25,83	0,0038
B ²	0,0330314	1	0,0330314	0,07	0,8032
C ²	14,837	1	14,837	31,01	0,0026
Lack-of-fit	0,733655	2	0,366828	0,67	0,5748
Total error	2,39247	5	0,478493		
Total (corr.)	31,0084	14	R ² = 92,28 % R ² hiệu chỉnh = 78,39 %		

Bảng 4 cho thấy ảnh hưởng của từng biến độc lập riêng lẻ (A, B, C) là thể hiện khác biệt không ý nghĩa (P > 0,05), giá trị bậc hai (A² và C²) thể hiện có ý nghĩa (P < 0,05). Hệ số xác định tương quan R² cao (R² = 92,28 %) cho thấy mô hình thể hiện mức độ tương quan cao. Mô hình tương quan được đánh giá tốt khi hệ số xác định tương quan R² lớn hơn 0,8 [16]. Mô hình hồi quy

đa chiều mô tả mối quan hệ giữa các biến độc lập và hàm lượng rượu trong dịch mứt sau khi lên men được thiết lập theo phương trình:

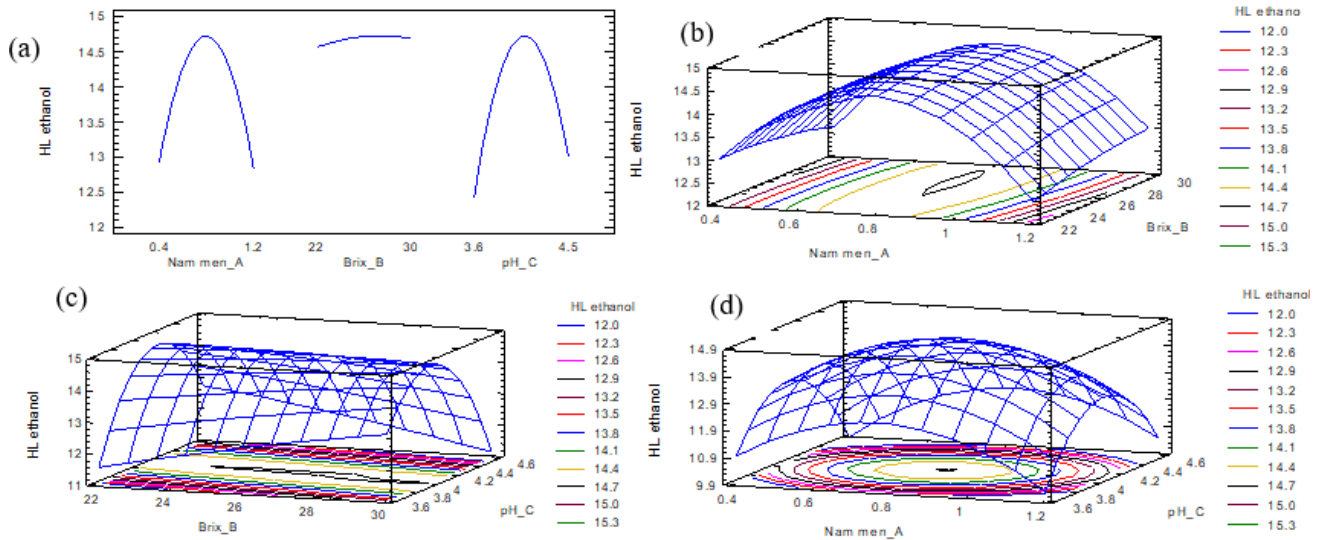
$$Y = -194,787 + 7,95521A + 1,7924B + 89,6694C - 11,4349A^2 + 0,139063AB + 1,625AC - 0,00591146B^2 - 0,390278BC - 9,89918C^2.$$

Trong đó, Y là nồng độ



còn trong dịch sau khi lên men (%), A là tỷ lệ nấm men (%), B là độ Brix ban đầu (%) và C là pH ban đầu. Khi xét về tác động của các yếu tố thí nghiệm, đường là nguồn cơ chất để nấm men thực hiện quá trình lên men tạo thành rượu nên hàm lượng ethanol sinh ra cao hay thấp sẽ phụ thuộc vào hàm lượng đường sử dụng trong dịch lên men [17]. Do đó, độ Brix ban đầu phải phù hợp để đủ cơ chất cho sự hoạt động của nấm men. Hình 1 cho thấy, khi nồng độ đường càng tăng thì rượu tạo thành tăng. Tuy nhiên, mức tăng này đạt đến một mức độ nhất định và sau đó không tăng và giảm dần, thậm chí ngừng hẳn quá trình lên men do tạo thành áp suất thẩm thấu lớn gây phá vỡ tế bào nấm men, ảnh hưởng xấu đến hiệu quả lên men, hàm lượng đường còn lại sẽ tăng [18]. Nấm men có thể hoạt động trong dịch đường có nồng độ (25-30) %. Khi lượng cơ chất (đường) không đủ cho nhu cầu tăng sinh khối nấm men và chuyển hóa đường thành rượu, nấm men có thể chết đi do cạnh tranh dinh dưỡng lẫn nhau làm cho hàm lượng rượu sinh ra thấp [19]. Kết quả này khá tương

đồng khi nghiên cứu lên men rượu vang khóm [20]. Ở mức đường ban đầu thấp, nấm men đạt được điều kiện tối ưu cho hoạt động của chúng mà không bị ức chế do tốc độ chuyển hóa đường thành rượu rất nhanh. Ở điều kiện này, nấm men có thể chuyển hóa một cách hiệu quả và hoàn toàn lượng đường ban đầu thấp thành rượu. Do đó, rượu thu được chứa hàm lượng rượu cao và lượng đường dư không đáng kể [21]. Kết quả thực nghiệm cho thấy khi lên men trong cùng điều kiện pH và tỷ lệ nấm men, như trong trường hợp của các cặp thí nghiệm thứ 2, 3, 4 và 10 thì hàm lượng ethanol đạt được ghi nhận là khác nhau. Điều này có thể giải thích rằng, khi hàm lượng đường thấp, nấm men sẽ bị thiếu nguồn carbon cho quá trình tăng sinh khối, dẫn đến phải cạnh tranh dinh dưỡng lẫn nhau và cuối cùng là lượng rượu sinh ra thấp. Tuy nhiên, nếu tăng hàm lượng đường quá cao, nồng độ rượu cũng bị giảm vì hàm lượng đường quá cao sẽ làm tăng áp suất thẩm thấu, mất cân bằng trạng thái sinh lý và quá trình trao đổi chất của tế bào của nấm men.



Hình 1 Đồ thị biểu diễn ảnh hưởng của các nhân tố (a) và mô hình bề mặt đáp ứng thể hiện tương quan giữa nấm men và Brix (b), pH và Brix (c) và nấm men và pH (d) đến hàm lượng độ rượu

Bên cạnh đó, Hình 1 cũng cho thấy tại khoảng pH = 4,0 thì hàm lượng cồn sau lên men đạt cao nhất điều này có thể là do khoảng pH này là thích hợp để nấm men phát triển và tiến hành lên men rượu. pH ảnh hưởng lớn đến hoạt tính của nấm men, có khả năng làm thay đổi điện tích các chất của vỏ tế bào, làm tăng hoặc giảm mức độ thẩm thấu các chất dinh dưỡng và chiều hướng lên men

[22]. Quá trình lên men rượu nên thực hiện pH = (3,8-4,0), vì ở pH này nấm men có thể phát triển nhưng vi khuẩn và nấm men dại khác bị ức chế [18]. pH hoạt động của nấm men *Saccharomyces cerevisiae* là (3,5-6,0), ở khoảng pH này nấm men chuyển hoá đường theo con đường EMP, sản phẩm pyruvate tạo thành sẽ bị decarboxyl hoá cho ra acetaldehyde, chất này nhận

H⁺ tạo thành ethanol [23]. Kết quả này cũng tương đồng khi lên men rượu xơ mít và khi lên men rượu vang chôm chôm Java [24, 25]. Độ pH sau lên men có thể giảm do sự hoạt động của nấm men trong quá trình lên men kỵ khí sinh ra CO₂ và một số acid hữu cơ làm giảm pH của dịch lên men [18]. Độ pH sau lên men càng thấp (3,5-3,8) cải thiện được độ ổn định của rượu, ức chế được sự phát triển của vi khuẩn và cũng tạo điều kiện tốt cho quá trình lên men đường. Ở khoảng pH = (4,2-4,5) tạo điều kiện cho vi khuẩn phát triển nhanh chóng và dẫn đến quá trình lên men không mong muốn, rượu vang có chất lượng kém và màu sắc xấu

Bên cạnh nguồn đường và pH thì mật độ nấm men cũng là yếu tố ảnh hưởng đến sự lên men. Nếu lượng tế bào nấm men cho vào thích hợp thì quá trình lên men diễn ra tốt, hiệu suất thu hồi cao và chất lượng sản phẩm cũng tốt hơn. Nếu lượng tế bào nấm men cho vào quá ít thì tốc độ lên men chậm, sinh khối tế bào nấm men quá nhiều thì môi trường dịch lên men không đủ cho nấm men phát triển, tế bào nấm men sẽ chết dần, sản phẩm sinh ra mùi vị lạ, đồng thời hao phí một lượng men đáng kể [18]. Bảng 3 cho thấy, khi lên men trong cùng điều kiện pH và độ Brix, ở các nghiệm thức có tỷ lệ nấm men thấp là 0,4 % và cao là 1,2 % đều cho hàm lượng rượu thấp hơn so với các nghiệm thức có tỷ lệ nấm men 0,8 %. Có thể giải thích rằng, với tỷ lệ nấm

men thấp khi vào môi trường mới cần có thời gian thích nghi để phát triển đến tỷ lệ thích hợp và thực hiện quá trình lên men. Ngược lại, tỷ lệ nấm men càng cao thì tốc độ tạo rượu càng nhanh do quá trình chuyển hóa đường thành rượu được thực hiện nhanh chóng, nhưng với lượng nấm men ban đầu quá cao cũng làm tổn thất nguồn carbon, dẫn đến hàm lượng rượu không những không tăng mà còn giảm [17]. Với tỷ lệ nấm men ban đầu quá cao, sẽ gây ra sự cạnh tranh về dinh dưỡng trong môi trường dịch quả lên men và nồng độ chất khô hòa tan dùng cho tổng hợp ethanol ít, tế bào nấm men sẽ chết dần [24].

3.3 Kiểm định giá trị tối ưu và thực nghiệm

Đồ thị bề mặt đáp ứng (Hình 1b, Hình 1c và Hình 1d) thể hiện sự tương quan giữa các yếu tố đến hàm lượng cồn. Đồ thị bề mặt đáp ứng cho thấy hàm lượng ethanol tăng khi độ Brix tăng từ (22-26) °Bx thì đạt giá trị cực đại và sau đó giảm khi Brix tiếp tục tăng đến 30 °Bx. Tương tự, hàm lượng ethanol cũng tăng khi tỷ lệ tế bào nấm men tăng và đạt giá trị cực đại ở tỷ lệ khoảng 0,8 %, sau đó lại giảm khi tỷ lệ nấm men tăng đến 1,2 %. Thử nghiệm được thực hiện với các thông số tối ưu được đề xuất sau khi dữ liệu thí nghiệm được phân tích bằng phần mềm Statgraphics Centurion XVI. Dịch mứt Thái thứ phẩm được điều chỉnh để tiến hành thực nghiệm kiểm chứng theo Bảng 5.

Bảng 5 Bảng tối ưu hóa các nhân tố ảnh hưởng đến độ cồn

Nhân tố	Thấp	Cao	Tối ưu	Hàm lượng ethanol (% v/v)	
				Lý thuyết	Thực nghiệm
Tỷ lệ nấm men (A)	0,4	1,2	0,799	15,24	15,31
Độ Brix (B)	22,0	30,0	26,712		
pH ©	3,6	4,5	4,062		

Bảng 5 cho thấy để rượu đạt được độ cồn cao nhất (15,24 % v/v) thì tỷ lệ nấm men, nồng độ chất khô và pH lần lượt là 0,8 %, 26,71 và 4,06. Kiểm định T-test được thực hiện cho thấy không có sự khác biệt ý nghĩa giữa các giá trị tối ưu lý thuyết (15,24 % v/v) và thực nghiệm (15,31 % v/v). Kết quả thu được thấp hơn khi lên men dịch mãng cầu xiêm khi sử dụng kết hợp *Pleurotus pulmonarius* và *S. cerevisiae* và tối ưu hóa 4 yếu tố gồm pH, nhiệt độ, thời gian và tỷ lệ nuôi cấy với các giá trị lần lượt là pH 4,99, 28,29 °C, 131 giờ và 0,42

% (42:58 *P. pulmonarius mycelia* và *S. cerevisiae*) cho nồng độ rượu đạt 22,29 % (v/v) [27]. Kết quả này cao hơn khi lên men rượu vang khóm có số lượng tế bào nấm men 10³ CFU/mL, hàm lượng chất khô hoà tan 24 °Bx và pH = 4, hàm lượng ethanol thu được đạt 13,67 % (v/v) sau 12 ngày lên men [26].

3.4 Đánh giá chất lượng rượu mứt sau chưng cất

Dịch mứt sau khi được lên men được chưng cất trong bình cầu có dung tích 2 000 mL để thu sản phẩm rượu, trong quá trình chưng cất, sản phẩm rượu được loại bỏ

phần rượu đầu và rượu cuối. Tỷ lệ rượu đầu và cuối được loại bỏ là 10 % và 20 % so với dung tích rượu được sử dụng để chưng cất. Thực hiện đánh giá cảm

quan rượu thành phẩm theo TCVN 3217-79. Hội đồng đánh giá gồm 15 thành viên với kết quả đánh giá được thể hiện ở Bảng 6.

Bảng 6 Chất lượng rượu mít sau chưng cất

Chỉ tiêu chất lượng		Giới hạn cho phép		Kết quả
Hàm lượng ethanol (% v/v)		-		28,04
Hàm lượng methanol (mg/L)		< 100 mg/L		17,19
Hàm lượng aldehyde (mg/L)		< 50 mg/L		36,60
Chỉ tiêu cảm quan	Điểm trung bình chưa có trọng lượng	Hệ số quan trọng	Điểm trung bình có trọng lượng	Mô tả: chất lỏng trong suốt, không vẩn đục và vật thể lạ nhỏ, màu hoàn toàn đặc trưng cho sản phẩm; mùi hòa hợp, thơm đặc trưng của sản phẩm; vị hòa hợp, êm dịu, hậu vừa phải, đặc trưng cho sản phẩm bình thường.
Độ trong và màu sắc	4,71	0,8	3,80	
Mùi	4,14	1,2	5,00	
Vị	4,14	2,0	8,28	
Tổng điểm			17,08	

Bảng 6 cho thấy hàm lượng methanol được ghi nhận rất thấp (17,19 mg/L) và đạt tiêu chuẩn cho phép theo TCVN 7043:2013 và QCVN 6-3:2010/BYT (< 100 mg/L). Bên cạnh đó, aldehyde là một trong các chỉ tiêu quan trọng trong rượu trắng và trong thực tế sản xuất thì aldehyde thường vượt quá quy định (50 mg/L) nếu chưng cất không phù hợp. Hàm lượng aldehyde tổng số được tính bằng tổng của aldehyde dạng tự do và aldehyde dạng bảo vệ (hemiacetal và acetal) - sản phẩm của phản ứng thuận nghịch giữa aldehyde liên kết với alcohol trong rượu. Hàm lượng aldehyde được ghi nhận trong điều kiện thí nghiệm là 36,60 mg/L và đáp ứng được quy định cho phép của sản phẩm rượu qua chưng cất theo TCVN 7043:2002 (< 50 mg/L). Điểm trung bình có trọng lượng của rượu mít chưng cất là 17,08. Theo TCVN 3217-79 thì sản phẩm đạt chất lượng khá. Như vậy, với tỷ lệ loại bỏ rượu đầu là 10 % theo điều kiện thí nghiệm này đối rượu mít chưng

cất thì sản phẩm đạt chất lượng cảm quan cao và đạt tiêu chuẩn theo TCVN 7043:2002 (rượu trắng – Quy định kỹ thuật).

4 Kết luận

Phương pháp bề mặt đáp ứng theo mô hình Box-Behnken đã xác định được các thông số tối ưu (pH = 4,062, nồng độ chất khô ban đầu là 26,712 °Bx và tỷ lệ nấm men 0,799 %) cho quá trình lên men tạo ra dịch lên men có nồng độ cồn là 15,37 % trong thời gian lên men là 9 ngày ở nhiệt độ phòng. Dịch mít sau lên men được chưng cất (loại bỏ tỷ lệ rượu đầu là 10 % và 20 % rượu cuối) thu sản phẩm rượu cất có hàm lượng ethanol 28,04 %. Trong sản phẩm rượu sau chưng cất, các chỉ tiêu về hàm lượng aldehyde và methanol đều đạt chất lượng theo TCVN 7043:2013, QCVN 6-3:2010/BYT và TCVN 7043:2002.

Tài liệu tham khảo

1. Hossain M. T.(2014). Development and quality evaluation of bread supplemented with jackfruit seed flour. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*, 3 (5), 484-487.
2. Shamsudin, R., C.S. Ling, C.N. Ling, N. Muda and O. Hassan. (2009). Chemical compositions of the jackfruit juice (*Artocarpus*) cultivar J33 during storage. *Journal of Applied Sciences*, 9(17): 3202-3204.
3. Đặng Như Tại, Trần Quốc Sơn (1999). *Hóa học hữu cơ*, NXB Đại học Quốc gia Hà Nội.
4. Jacques K.A, Lyons T.P, Kelsal D. R. (2003). *The Alcohol Textbook-A Reference for the Beverage, Fuel and Industrial Alcohol Industrie*. Nottingham University Press. Nottingham, UK.
5. Giovanni M (1983). Response surface methodology and product optimization. *Food Tech*, 37(11): 41-45.
6. Popa O, Babeanu N, Vamanu A, Vamanu E. (2007). The utilization of the response surface methodology for the optimization of cultivation medium and growth parameters in the cultivation of the yeast strain *S. cerevisiae* 3.20 on ethanol. *African Journal of Biotechnology*, Vol 6 (23): 2700-2707.
7. Nguyễn Văn Mùi (2001). *Thực hành hóa sinh học*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội.
8. Phan Tại Huân. (2019). Optimization of alcoholic fermentation of custard apple juice by *Saccharomyces cerevisiae* using response surface methodology. *The Journal of Agriculture and Development*, 18(5), 70-78.
9. USDA. (2006). *National Nutrient Database for Standard Reference*. Release 19
10. Lê Trí Nhân, Trần Thị Doãn Xuân và cộng sự. (2016). Đặc điểm ra hoa, phát triển trái và thời điểm xuất hiện hiện tượng đen xơ mít Thái siêu sớm (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) tại quận Cái Răng, thành phố Cần Thơ. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 3, tr.79-87.
11. Avani Pebbuli and F.K. Bauri. (2018). Assessment of different quality characters of twenty jackfruit genotypes under new alluvial zone of West Bengal. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*., Vol 7, No 12, p 2621-2626.
12. Nguyễn Minh Thủy, Bùi Thanh Trúc, Nguyễn Thành Thư, & Ngô Văn Tài. (2019). Tối ưu hóa điều kiện lên men rượu vang thanh trà sử dụng phương pháp bề mặt đáp ứng. *Tạp chí Dinh dưỡng và Thực phẩm*, 15(5,6), 43-49.
13. Osório, N. M., Ferreira-Dias, S., Gusmão, J. H., & Da Fonseca, M. M. R. (2001). Response surface modeling of the production of ω -3 polyunsaturated fatty acids-enriched fats by a commercial immobilized lipase. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 11(4-6), 677-686.
14. Liu, J. Z., Weng, L. P., Zhang, Q. L., Xu, H., & Ji, L. N. (2003). Optimization of glucose oxidase production by *Aspergillus niger* in a benchtop bioreactor using response surface methodology. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 19(3), 317-323.
15. Myers, R. H., Montgomery, D. C., & Anderson-Cook, C. M. (2016). *Response Surface Methodology: Process and Product Optimization Using Designed Experiments*. John Wiley & Sons.
16. Guan, X. and Yao, H. (2008). Optimization of viscozyme L-assisted extraction of oat bran protein using response surface methodology. *Food Chemistry*, 106(1): 345-351.
17. Phong, H. X., Kiet, H. Van, Hung, L. T., Ai, T. K., & Chau, L. M. (2021). Tối ưu hóa điều kiện lên men rượu vang mãng cầu xiêm (*Annona muricata* L.) sử dụng nấm men *Saccharomyces cerevisiae* FBY015. *Tạp chí Khoa học và Công nghệ - Đại học Thái Nguyên*, 226(05), 95-103.
18. Lương Đức Phẩm. (2006). *Nấm men công nghiệp*. NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.
19. Nguyễn Đình Thường, Nguyễn Thanh Hằng. (2007). *Công nghệ sản xuất và kiểm tra cồn ethylic*. NXB Khoa học và Kỹ thuật Hà Nội.

20. Nguyễn Văn Thành, Nguyễn Minh Thủy, Trần Thị Quế và Nguyễn Thị Mỹ Tuyền. (2013). Phân lập, tuyển chọn và định danh nấm men trong lên men rượu vang khóm. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, 25:27-35.
21. Dimerio, F. N., & Tepora, T. F. (2018). Processing and Development of Dragon Fruit Wine. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 3(5), 1943-1947.
22. M. E. Pampulha and M. C. Loureiro-Dias. (2007). Combined effect of acetic acid, pH and ethanol on intracellular pH of fermenting yeast. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 31(5) 547-550, 1989.
23. Trần Thị Ngọc Mai. (2020). Nghiên cứu chế biến nước giải khát lên men từ quả sơ ri (Vol. 19, Issue 2020, p. 99-105
24. Ngọc, T. T. Á., Ngọc, B. T. Á., Ngọc, N. T. M., & Quang, N. M. (2018). Ảnh hưởng của pH và chất khô hòa tan đến quá trình lên men rượu từ xơ mít (*Artocarpus heterophyllus*) giống Thái Lan. *Can Tho University, Journal of Science*, 54, 211-218.
25. Nguyễn Thị Thanh Hồng. (2013). Phân lập và tuyển chọn nấm men tự nhiên lên men rượu vang chôm chôm Java (*Nephelium lappaceum*). Luận văn Cao học. *Trường Đại học Cần Thơ*.
26. C. W. Ho, A. Lazim, S. Fazry, U. K. H. Zaki, H. Massa, and S. J. Lim. (2019). Alcoholic fermentation of soursop (*Annona muricata*) juice via an alternative fermentation technique. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol. 100, No. 3, p. 1012-1021
27. Nguyễn Minh Thủy, Nguyễn Phú Cường, Nguyễn Thị Mỹ Tuyền và Nguyễn Hữu Phước. (2011). Biện pháp làm trong và ổn định sản phẩm rượu vang khóm. *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ* 18b:73-82

Research on processing distilled wine from Thai Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* Lam.) by – product

Nguyen Van Ngoc Phuong*, Nguyen Tan Hung
 Tien Giang University, Tien Giang Province, Viet Nam
 *nguyenvanngocphuong@tgu.edu.vn

Abstract Juice from Thai jackfruit by-products contains high minerals, vitamins and sugar content that are suitable for wine fermentation. This study investigated the effects of yeast ratio (0,4-1,2% w/v), Brix degree (22-30) and pH = (3,6-4,5) on the alcohol content of jackfruit wine. The experiments were carried out according to the Box-Behnken design to establish the optimum conditions for the main fermentation process of jackfruit wine. The quality of fermented jackfruit juice was evaluated based on the concentrations of ethanol, aldehyde, methanol and sensory attributes under laboratory conditions. The results showed that ethanol content of jackfruit wine reached 15,31 % v/v after 9 days of fermentation under the appropriate conditions, including 26,70 °Bx, pH = 4,06 and yeast ratio of 0,799 %. The quality of distilled jackfruit wine (methanol, aldehyde) has met the Vietnamese Standard (TCVN 7045: 2013) and good sensory values (aroma and taste). The results of this study showed that the utilization of secondary Thai jackfruit, black spot jackfruit are used as alcohol fermentation materials to create value-added products as well as contribute to product diversification and valuable economic enhancement for jackfruit products.

Keywords Optimal conditions, wine fermentation, jackfruit, jack fruit wine.

