

Nghiên cứu công nghệ sản xuất rượu trắng từ hạt tam giác mạch thu hoạch tại Hà Giang

Đặng Hồng Anh^{1*}, Phạm Thị Thu¹, Nguyễn Thu Vân¹, Giang Thế Việt¹, Nguyễn Thị Thanh Mai², Trần Bảo Trâm²

¹Viện Công nghiệp Thực phẩm, 301 Nguyễn Trãi, phường Thanh Xuân Trung, quận Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

²Trung tâm Sinh học Thực nghiệm, Viện Ứng dụng Công nghệ, C6, phường Thanh Xuân Bắc, quận Thanh Xuân, Hà Nội, Việt Nam

Ngày nhận bài 30/7/2024; ngày chuyển phản biện 1/8/2024; ngày nhận phản biện 15/8/2024; ngày chấp nhận đăng 18/8/2024

Tóm tắt:

Tam giác mạch hiện đang được trồng rộng rãi tại tỉnh Hà Giang phục vụ du lịch, trong đó hạt được sử dụng chế biến một số sản phẩm như bánh, rượu. Rượu tam giác mạch nấu theo phương pháp truyền thống thường phối hợp nguyên liệu hạt tam giác mạch với ngô nên hương vị sản phẩm kém đặc trưng, dễ bị lẫn với rượu ngô. Nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định các thông số công nghệ sản xuất rượu trắng chưng cất hoàn toàn từ hạt tam giác mạch. Kết quả đã lựa chọn được các thông số công nghệ như sau: hạt tam giác mạch tách vỏ được bổ sung nước theo tỷ lệ 1,2 l/kg nguyên liệu và nấu chín trong 60 phút; tỷ lệ bánh men lá sử dụng là 13 g/kg nguyên liệu; độ dày khối ủ ẩm là 9 cm; tỷ lệ nước bổ sung khi lên men lỏng là 1,1 l/kg nguyên liệu và nhiệt độ lên men là 25°C trong thời gian 5 ngày, ngoài ra bổ sung $K_2S_2O_5$ với tỷ lệ 100 mg/l để chống nhiễm tạp cho quá trình lên men. Kết thúc quá trình lên men, nồng độ rượu trong dịch giấm chín đạt 10,2% Vol., hiệu suất thu hồi rượu sau chưng cất (35% Vol.) đạt 0,6 l/kg nguyên liệu. Sản phẩm có chất lượng cảm quan đặc trưng và đạt tiêu chuẩn về vệ sinh an toàn thực phẩm.

Từ khóa: Hà Giang, rượu trắng, tam giác mạch.

Chỉ số phân loại: 2.8, 2.10

Research on the technology for producing spirit from buckwheat grains harvested in Ha Giang province

Hong Anh Dang^{1*}, Thi Thu Pham¹, Thu Van Nguyen¹, The Viet Giang¹, Thi Thanh Mai Nguyen², Bao Tram Tran²

¹Food Industries Research Institute, 301 Nguyen Trai Street, Thanh Xuan Trung Ward, Thanh Xuan District, Hanoi, Vietnam

²Center for Experimental Biology, National Center for Technological Progress, C6, Thanh Xuan Bac Ward, Thanh Xuan District, Hanoi, Vietnam

Received 30 July 2024; revised 15 August 2024; accepted 18 August 2024

Abstract:

Buckwheat plants are being widely grown in Ha Giang province for tourism and grains are processed to make products like cakes and spirits. Buckwheat spirit is produced by the traditional method often necessary to combine buckwheat grains with corn grains, and products have less characteristic flavour and are easily confused with corn spirit. This research aims to create a distilled white spirit made entirely from buckwheat grains. The technological parameters selected are as follows: buckwheat grains without husks were cooked with water with the ratio of 1.2 l/kg of buckwheat grains in 60 minutes; the ratio of start culture used was 13 g/kg of grains; the thickness of the incubation block was 9 cm; the ratio of water added for liquid fermentation was 1.1 l/kg of buckwheat grains and fermented at 25°C for 5 days. In addition, $K_2S_2O_5$ is added at a ratio of 100 mg/l to prevent contamination during fermentation. At the end of the fermentation, the alcohol concentration in the wort reached 10.2% Vol., the alcohol recovery efficiency reached 0.6 litres of alcohol 35% Vol./kg of buckwheat grains. The product has distinctive sensory quality and meets food hygiene and safety standards.

Keywords: buckwheat, Ha Giang province, spirit.

Classification numbers: 2.8, 2.10

*Tác giả liên hệ: Email: anhdh@firi.vn

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, rượu làm từ tam giác mạch phổ biến trên thế giới là whisky, shochu và vodka. Ở một số nước, tam giác mạch được sử dụng để sản xuất đồ uống có cồn [1]. Nhìn chung, rượu whisky tam giác mạch hoàn toàn tương tự như sản phẩm whisky thông thường ngoại trừ nguyên liệu malt đại mạch được thay thế bằng cách cho hạt tam giác mạch nảy mầm làm nguyên liệu sản xuất whisky. Sau khi nảy mầm, hạt tam giác mạch được làm khô, đây là quá trình giúp tạo ra hệ enzyme trong hạt tam giác mạch để biến tinh bột thành đường lên men. Hạt tam giác mạch nảy mầm được nghiền nhỏ, bổ sung nước và thủy phân thành đường, bổ sung nấm men để thực hiện quá trình lên men rượu [2]. Dịch sau lên men được chưng cất để tạo thành sản phẩm rượu mạnh không màu. Rượu này sau đó được ngâm trong gỗ sồi để tạo độ màu và hương vị đặc trưng của whisky. Tại Nhật Bản, tam giác mạch được chế biến để làm đồ uống có tên là Soba shochu [3]. Rượu Soba shochu có đặc điểm là có hương thơm hạt dẻ đặc trưng, vị nhẹ và dễ uống. Công nghệ sản xuất rượu Soba shochu thông thường sử dụng thêm gạo, đại mạch trong quá trình lên men để tạo hương dịu hơn hương từ tam giác mạch [4]. Trong công nghệ sản xuất rượu Soba shochu, gạo hoặc hạt soba được nấu chín và bổ sung nấm mốc để ủ tạo hệ enzyme đường hóa gọi là Koji [5]. Khối Koji sau đó được bổ sung nước và nấm men rượu để thực hiện quá trình lên men. Dịch giấm chín sau đó được chưng cất để tạo thành rượu shochu với độ rượu 25-45% Vol. Rượu vodka tam giác mạch thường được chưng cất qua thiết bị nồi cất thông thường chứ không sử dụng tháp cất tinh sạch như các loại vodka làm từ nguyên liệu tinh bột khác. Đối với công nghệ sản xuất rượu vodka thì nguyên liệu bột tam giác mạch được thủy phân thành dịch đường nhờ một số loại enzyme thương mại, bổ sung nấm men để thực hiện quá trình lên men rượu. Sau đó, dịch lên men được chưng cất trên thiết bị nồi cất, thu được sản phẩm có độ rượu tối thiểu là 37,5% Vol. [6].

Cùng với việc phát triển cây tam giác mạch trở thành biểu tượng du lịch của tỉnh Hà Giang, bên cạnh đặc sản rượu ngô men lá truyền thống nổi tiếng thì sản phẩm rượu tam giác mạch đang được địa phương ưu tiên phát triển. Rượu tam giác mạch hiện được nấu theo phương pháp truyền thống và thường kết hợp giữa tam giác mạch và ngô, do vậy sản phẩm có hương vị rất dễ bị lẫn với rượu ngô. Hơn nữa, việc sử dụng bánh men lá bản địa có hoạt lực không cao, các công đoạn trong quy trình sản xuất đều thủ công, chưa được chuẩn hóa nên dễ bị nhiễm tạp, dẫn tới hiệu suất lên men tạo rượu thấp. Do vậy, nghiên cứu này được thực hiện nhằm xác định các thông số công nghệ phù hợp cho sản xuất rượu trắng chưng cất từ 100% hạt tam giác mạch

qua, đó tạo ra được loại rượu tam giác mạch của Việt Nam có hương vị đặc trưng, làm tiền đề cho việc phát triển rượu tam giác mạch thành một đặc sản gắn liền với du lịch của tỉnh Hà Giang.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu

Nguyên liệu: Hạt tam giác mạch thu hoạch tại Hà Giang được xát vỏ, sấy khô đến độ ẩm không đổi và dùng cho nghiên cứu trong thời gian bảo quản 6 tháng. Thành phần hạt tam giác mạch sau xát vỏ có độ ẩm 7,69%, hàm lượng tinh bột 57,1% được sử dụng làm nguyên liệu cho các thí nghiệm nghiên cứu.

Bánh men lá là sản phẩm nghiên cứu thuộc đề tài mã số ĐTĐL.CN-06/20 của Viện Công nghiệp Thực phẩm, gồm 3 chủng nấm mốc *Aspergillus niger*, *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus tubingensis*, và 1 chủng nấm men *Saccharomyces cerevisiae*. Bánh men lá có mật độ tế bào nấm mốc đạt $3,4 \times 10^6$ (CFU/g) và nấm men đạt $5,2 \times 10^7$ (CFU/g).

Sử dụng các loại hóa chất dùng trong môi trường nuôi cấy vi sinh vật và phân tích động học/chất lượng sản phẩm rượu như cao nấm men, glucose, agar, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, K_2HPO_4 , MgSO_4 , $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_5$, DNS, KNa tartrate, NaOH... có xuất xứ Nhật Bản, Hoa Kỳ, Liên minh châu Âu có độ tinh khiết trên 99%.

Thiết bị sử dụng là các thiết bị thông dụng trong phòng thí nghiệm, trong đó có một số thiết bị, dụng cụ chính như: tủ âm lạnh Sanyo MIR-254 (Nhật Bản), bộ chưng cất cồn Dujardin Salleron (Pháp), buồng đếm Thomas (Đức), máy đo pH (Hoa Kỳ), bình lên men inox thể tích 5 l (Việt Nam)...

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Xác định độ rượu: Sử dụng bộ chưng cất cồn Dujardin Salleron: Đưa dịch lên men vào trong thiết bị và đốt đến khi nhiệt độ sôi không thay đổi thì đọc kết quả và tra bảng thực nghiệm để biết được độ cồn trong dịch lên men theo % thể tích.

- Xác định pH: Sử dụng máy đo pH Fisher Scientific AR15.

- Xác định hoạt độ α -amylase bằng phản ứng thủy phân hồ tinh bột [7]: Hoạt độ α -amylase là số gam tinh bột tan được chuyển hóa thành các dextrin có phân tử lượng khác nhau khi sử dụng 1 g chế phẩm enzyme ở 30°C, thời gian 1 giờ tại pH 4,7.

- Xác định hoạt độ glucoamylase bằng phương pháp DNS [8].

- Xác định mật độ tế bào nấm men bằng buồng đếm Thomas [9].

- Xác định hàm lượng methanol theo Hiệp hội Các nhà hóa học phân tích chính thống (AOAC) 972.11.

- Xác định hàm lượng aldehyde theo TCVN 8009:2009.

- Hiệu suất lên men được tính bằng độ cồn thực tế/độ cồn lý thuyết $\times 100\%$, trong đó độ cồn lý thuyết được tính theo lượng tinh bột có trong dịch lên men.

2.3. Phương pháp bố trí thí nghiệm

Thí nghiệm được thực hiện với lượng nguyên liệu 1 kg/thí nghiệm và lặp lại 3 lần.

2.3.1. Xác định tỷ lệ nước/nguyên liệu trong giai đoạn nấu chín hạt tam giác mạch

Nước được bổ sung vào nguyên liệu (hạt tam giác mạch) với các tỷ lệ 1,0, 1,1, 1,2 và 1,3 l/kg nguyên liệu. Sử dụng phương pháp nấu chín trực tiếp hạt tam giác mạch với nước trong thời gian 60 phút để đảm bảo hạt tam giác mạch chín hoàn toàn. Lên men ẩm được thực hiện với tỷ lệ bánh men lá 15 g/kg nguyên liệu, độ dày khối ủ 12 cm, nhiệt độ 30-35°C trong thời gian 48 giờ. Lên men lỏng với tỷ lệ nước bổ sung là 1,2 l/kg nguyên liệu, nhiệt độ lên men 25°C trong thời gian 5 ngày. Chỉ tiêu theo dõi gồm độ rượu của dịch giấm chín (% Vol.) và hiệu suất lên men (%).

2.3.2. Xác định các thông số công nghệ của giai đoạn lên men ẩm

Thực hiện quá trình lên men ẩm với tỷ lệ nước/nguyên liệu đã được lựa chọn và giữ nguyên các điều kiện thực hiện như mục 2.3.1, khi nghiên cứu thông số công nghệ nào thì thay đổi như mô tả dưới đây:

+ Nghiên cứu lựa chọn tỷ lệ bánh men lá/nguyên liệu: Bánh men lá được bổ sung vào khối ủ ẩm với các tỷ lệ 12, 13, 14, 15 g/kg nguyên liệu. Quá trình lên men ẩm được thực hiện ở nhiệt độ 30-35°C trong thời gian 48 giờ. Trên cơ sở theo dõi sự thay đổi các chỉ tiêu độ rượu của dịch giấm chín (% Vol.) và hiệu suất lên men (%), từ đó xác định tỷ lệ men lá bổ sung thích hợp nhất sử dụng cho nghiên cứu tiếp theo.

+ Nghiên cứu lựa chọn độ dày của khối ủ: Hạt tam giác mạch sau nấu chín được trộn đều với bánh men theo tỷ lệ đã lựa chọn, hỗn hợp này được đưa vào các khay với độ dày khối ủ khác nhau: 6, 9, 12 và 15 cm. Quá trình lên men ẩm được thực hiện ở nhiệt độ 30-35°C trong thời gian 48 giờ. Trên cơ sở theo dõi sự thay đổi độ rượu của dịch giấm chín (% Vol.) và hiệu suất lên men (%) xác định được độ dày khối ủ thích hợp nhất để sử dụng cho nghiên cứu tiếp theo.

2.3.3. Xác định các thông số công nghệ của giai đoạn lên men lỏng

Quá trình nấu nguyên liệu và lên men ẩm được thực hiện theo các kết quả đã được lựa chọn từ các thí nghiệm mục

2.3.1 và 2.3.2. Thực hiện quá trình lên men lỏng với tỷ lệ nước bổ sung là 1,2 l/kg nguyên liệu, nhiệt độ lên men 25°C trong thời gian 5 ngày. Đánh giá chất lượng dịch giấm chín khi kết thúc quá trình lên men.

+ Nghiên cứu lựa chọn tỷ lệ nước/nguyên liệu: Tiến hành bổ sung nước vào khối ủ sau lên men ẩm với các tỷ lệ 1/1, 1,1/1, 1,2/1, 1,3/1 (l/kg nguyên liệu). Quá trình lên men được tiến hành ở nhiệt độ 25°C trong thời gian 5 ngày. Chỉ tiêu theo dõi gồm độ rượu của dịch giấm chín (% Vol.) và hiệu suất lên men (%).

+ Nghiên cứu ảnh hưởng của $K_2S_2O_5$: Sử dụng SO_2 ở dạng muối $K_2S_2O_5$ bổ sung vào quá trình lên men lỏng. Tỷ lệ bổ sung $K_2S_2O_5$ lần lượt là: 75 (M1), 100 (M2), 125 (M3), 150 (M4) mg/l [10]. Nhiệt độ lên men 25°C trong thời gian 5 ngày. Xác định mật độ tế bào nấm men và độ rượu tạo thành theo thời gian lên men.

2.3.4. Thử nghiệm sản xuất rượu tam giác mạch quy mô phòng thí nghiệm

Từ các kết quả nghiên cứu thu được, tiến hành lựa chọn các thông số công nghệ thích hợp cho sản xuất rượu trắng từ hạt tam giác mạch. Thực hiện sản xuất thử 5 mẻ, quy mô 10 kg nguyên liệu/mẻ. Quá trình lên men ẩm được thực hiện lên trong các khay gỗ đặt trong tủ ẩm và lên men lỏng được thực hiện trong các bình lên men bằng inox thể tích 5 l đặt trong các tủ ẩm lạnh duy trì nhiệt độ 25°C. Đánh giá tính ổn định của công nghệ về hiệu suất thu hồi và chất lượng rượu qua các mẻ thử nghiệm.

2.4. Phương pháp xử lý số liệu

Sử dụng phương pháp thống kê trên phần mềm Excel 2016.

3. Kết quả và bàn luận

3.1. Xác định tỷ lệ nước/nguyên liệu trong giai đoạn nấu chín hạt tam giác mạch

Tỷ lệ nước bổ sung vào nguyên liệu trong giai đoạn nấu chín sẽ ảnh hưởng rất lớn đến toàn bộ các quá trình lên men rượu. Nghiên cứu tiến hành đánh giá một số chỉ tiêu đặc trưng trong dịch giấm chín khi kết thúc quá trình lên men ẩm hạt tam giác với các tỷ lệ nước bổ sung khác nhau trong giai đoạn nấu, kết quả thu được như ở bảng 1.

Bảng 1. Ảnh hưởng của tỷ lệ nước bổ sung trong giai đoạn nấu chín nguyên liệu đến hiệu suất lên men rượu.

Chỉ tiêu	Tỷ lệ nước/nguyên liệu (l/kg)			
	1,0	1,1	1,2	1,3
Độ rượu của dịch giấm chín (% Vol.)	8,57 $\pm$ 0,54	9,09 $\pm$ 0,73	9,82$\pm$0,68	8,93 $\pm$ 0,62
Hiệu suất lên men (%)	67,90 $\pm$ 1,95	72,01 $\pm$ 2,23	79,34$\pm$2,44	74,88 $\pm$ 2,48

Kết quả bảng 1 cho thấy, tỷ lệ nước bổ sung vào quá trình nấu trực tiếp hạt tam giác mạch phù hợp nhất là 1,2 l/kg nguyên liệu với độ rượu trong giấm chín đạt cao nhất 9,82 %Vol., hiệu suất lên men đạt 79,34%. Với các mẫu thí nghiệm mà lượng nước bổ sung cao hơn hoặc thấp hơn thì độ rượu tạo thành đều bị giảm, do lượng nước bổ sung sẽ ảnh hưởng đến mức độ chín/độ ẩm ban đầu của nguyên liệu. Từ đó, sẽ ảnh hưởng đến sự phát triển của nấm mốc và việc tạo enzyme thủy phân trong quá trình ủ ẩm. Trong sản xuất rượu, độ cồn là chỉ tiêu quan trọng hàng đầu đối với chất lượng của các sản phẩm rượu trong quá trình lên men. Do đó, tỷ lệ nước bổ sung trong giai đoạn nấu chín 1,2 l/kg nguyên liệu được lựa chọn cho các nghiên cứu tiếp theo.

3.2. Xác định các thông số công nghệ của giai đoạn lên men ẩm

3.2.1. Lựa chọn tỷ lệ bánh men lá/nguyên liệu

Thí nghiệm được tiến hành nhằm lựa chọn tỷ lệ bánh men bổ sung phù hợp vào nguyên liệu trong quá trình ủ ẩm. Dịch giấm chín khi kết thúc quá trình lên men được đánh giá, kết quả được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Ảnh hưởng của tỷ lệ bánh men lá/nguyên liệu trong giai đoạn lên men ẩm đến quá trình lên men rượu.

Chỉ tiêu	Tỷ lệ bánh men/nguyên liệu (g/kg)			
	12	13	14	15
Độ rượu của dịch giấm chín (% Vol.)	9,52±0,41	10,0±0,45	9,67±0,53	9,17±0,39
Hiệu suất lên men (%)	80,91±2,22	84,98±2,56	82,18±2,50	78,81±2,68

Kết quả bảng 2 cho thấy, với tỷ lệ bánh men là 12 g/kg nguyên liệu thì quá trình lên men khởi động chậm hơn và độ rượu tạo ra sau 5 ngày lên men thấp hơn so với các mẫu còn lại. Với tỷ lệ bánh men là 13 g/kg nguyên liệu tam giác mạch thì độ rượu trong dịch giấm chín đạt cao nhất 10,0% Vol. N.V. Hue và cs (2022) [11] đã sử dụng tỷ lệ bánh men lá/nguyên liệu là 8:1 (g/kg) trong lên men rượu gạo cho chất lượng rượu thành phẩm tốt nhất. Khi tăng tỷ lệ bánh men không những không có lợi cho quá trình lên men mà độ rượu bị giảm, độ axit tăng nhẹ. Điều này có thể thấy rằng khi mật độ tế bào vi sinh vật quá cao có thể đã gây ảnh hưởng đến sự cạnh tranh dinh dưỡng trong quá trình lên men. Do vậy, tỷ lệ bánh men lá phù hợp cho quá trình lên men ẩm rượu tam giác mạch là 13 g/kg nguyên liệu.

3.2.2. Xác định độ dày thích hợp của khối ủ

Nấm mốc phát triển tốt khi có mặt oxy, trong quá trình lên men ẩm thì độ dày của khối ủ sẽ ảnh hưởng đến nhiệt độ, độ ẩm cũng như mức độ thoáng khí của khối ủ do vậy sẽ ảnh hưởng lớn đến sự phát triển của hệ vi sinh vật và hoạt lực của hệ enzyme thủy phân tạo thành. Thí nghiệm được

bố trí khối ủ có độ dày khác nhau, kết quả đánh giá hoạt độ enzyme tạo thành trong quá trình ủ ẩm được thể hiện ở bảng 3.

Bảng 3. Ảnh hưởng của độ dày khối ủ đến hoạt độ enzyme tạo thành trong giai đoạn lên men ẩm.

Độ dày khối ủ (cm)	Hoạt độ enzyme (U/g)	Thời gian ủ ẩm (giờ)				
		12	24	36	48	60
6	α -amylase tổng số	91,6±4,5	392,6±12,7	487,5±15,3	526,3±18,7	509,7±18,0
	glucoamylase	15,9±1,12	44,2±1,98	75,8±2,74	71,8±2,49	62,2±2,12
9	α -amylase tổng số	195,3±7,7	761,0±16,8	988,5±19,2	985,6±19,9	729,7±15,6
	glucoamylase	38,4±1,8	84,7±3,7	159,8±6,9	161,5±7,2	92,6±4,8
12	α -amylase tổng số	196,8±8,1	745,5±15,9	926,4±18,2	934,0±18,8	662,7±13,7
	glucoamylase	31,8±1,5	80,7±3,2	146,3±6,1	151,5±6,3	87,9±4,5
15	α -amylase tổng số	126,3±5,7	392,6±10,9	487,5±13,6	526,3±17,3	509,7±15,1
	glucoamylase	25,9±1,3	65,1±2,2	95,5±3,7	101,8±4,2	70,2±3,3

Kết quả bảng 3 cho thấy, độ dày khối ủ 9-12 cm là phù hợp nhất cho việc tạo enzyme thủy phân tinh bột, trong đó độ dày 9 cm đạt cao nhất với hoạt độ α -amylase đạt 988,5 U/g và glucoamylase đạt 159,8 U/g sau 36 giờ lên men ẩm. Khi khối ủ quá dày hoặc quá mỏng sẽ ảnh hưởng rõ rệt đến hoạt lực enzyme thủy phân tinh bột do ảnh hưởng đến nhiệt độ của khối ủ. Hệ enzyme hình thành trong khối ủ giúp thúc đẩy quá trình thủy phân gạo trong quy trình sản xuất rượu [12]. W. Guo và cs (2021) [13] đã xác định được các enzyme chủ yếu góp phần vào quá trình đường hóa tinh bột là glucoamylase, α -amylase trong số 29 enzyme glycoside hydrolase từ sản phẩm lên men 6 ngày của nấm *A. niger* O1. Trong quá trình thủy phân, α -amylase và pullulanase làm giảm hàm lượng tinh bột và làm tăng hàm lượng protein, flavonoid. Đồng thời, quá trình thủy phân α -amylase đóng vai trò quan trọng trong việc cải thiện chất lượng hương vị của tam giác mạch tartary [14]. Kết quả đánh giá dịch giấm chín sau quá trình lên men lỏng khối ủ ẩm có độ dày khác nhau (bảng 4).

Bảng 4. Ảnh hưởng độ dày khối ủ trong giai đoạn lên men ẩm đến quá trình lên men rượu.

Chỉ tiêu	Độ dày khối ủ (cm)			
	6	9	12	15
Độ rượu của dịch giấm chín (% Vol.)	8,32±0,46	10,11±0,58	9,75±0,52	8,65±0,48
Hiệu suất lên men (%)	70,08±2,04	85,16±2,43	82,13±2,61	72,86±2,32

Quan sát sinh trưởng của nấm mốc trong quá trình lên men ẩm cho thấy, độ dày khối ủ 6 cm nấm mốc phát triển mạnh, tạo nhiều sinh khối do thoáng khí và sớm hình thành nhiều bào tử trên bề mặt, độ rượu tạo ra thấp chỉ đạt 8,32% Vol. khi kết thúc lên men lỏng. Khi độ dày của khối ủ 15 cm thì hiệu suất lên men tạo rượu trong quá trình lên men lỏng giảm, độ rượu đạt 8,65% Vol. Với độ dày khối ủ 9 cm

cho độ rượu tạo thành và hiệu suất lên men cao nhất, tương ứng đạt 10,11 và 85,16% Vol. sau giai đoạn lên men lỏng. Kết quả này hoàn toàn phù hợp với khi hoạt độ enzyme tạo thành trong khối ủ ẩm dày 9 cm đạt cao nhất. Vì vậy, chúng tôi đã lựa chọn độ dày khối ủ 9 cm cho những nghiên cứu tiếp theo.

3.3. Xác định các thông số công nghệ của giai đoạn lên men lỏng

3.3.1. Lựa chọn tỷ lệ nước/nguyên liệu

Để xác định lượng nước bổ sung thích hợp vào khối ủ sau lên men ẩm, chúng tôi tiến hành bố trí thí nghiệm như mô tả tại mục 2.3.3. Kết quả đánh giá dịch giấm chín sau quá trình lên men lỏng thu được ở bảng 5.

Bảng 5. Ảnh hưởng của tỷ lệ nước bổ sung vào khối ủ ẩm đến hiệu suất lên men rượu trong giai đoạn lên men lỏng.

Chỉ tiêu	Tỷ lệ nước/nguyên liệu (l/kg)			
	0,9	1,0	1,1	1,2
Độ rượu của dịch giấm chín (%Vol.)	10,51±0,51	10,35±0,48	10,3±0,40	9,42±0,38
Hiệu suất lên men (%)	73,77±2,15	80,72±2,68	88,36±3,13	88,16±3,46

Kết quả bảng 5 cho thấy, trong giai đoạn lên men lỏng nếu lượng nước bổ sung ít tuy độ rượu tạo ra lớn nhưng hiệu suất lên men thấp, trong khi tỷ lệ nước cao thì sẽ làm hiệu suất lên men tăng lên nhưng giảm độ rượu, điều này lại làm lãng phí nhiên liệu trong quá trình chưng cất. Do vậy, với nguyên liệu là hạt tam giác mạch, chúng tôi lựa chọn bổ sung 1,1 l nước/kg nguyên liệu là phù hợp, độ rượu trong dịch giấm chín thu được sau lên men vẫn đạt ở mức cao và hiệu suất lên men là cao nhất.

3.3.2. Nghiên cứu ảnh hưởng của $K_2S_2O_5$ đến giai đoạn lên men lỏng

SO_2 thường được sử dụng để ức chế các hoạt động của nhiều loại vi khuẩn trong dịch lên men ở quy mô lớn, tuy nhiên việc sử dụng SO_2 không phù hợp sẽ làm giảm hiệu suất lên men, giảm chất lượng sản phẩm [15]. Với các thử nghiệm quy mô phòng thí nghiệm trong nghiên cứu này gần như không có sự nhiễm vi sinh vật khác. Tuy nhiên, để có thể ứng dụng kết quả của nghiên cứu này vào sản xuất, chúng tôi bổ sung SO_2 dưới dạng muối $K_2S_2O_5$ vào môi trường lên men lỏng và đánh giá ảnh hưởng lên sự sinh trưởng của nấm men cũng như hiệu quả lên men nhằm lựa chọn được nồng độ $K_2S_2O_5$ phù hợp cho sản xuất rượu tam giác mạch.

Để chọn được nồng độ $K_2S_2O_5$ phù hợp trong lên men rượu tam giác, chúng tôi tiến hành thí nghiệm như mục 2.3.3, kết quả đánh giá dịch giấm chín với các nồng độ $K_2S_2O_5$ bổ sung khác nhau thu được như trong bảng 6.

Bảng 6. Ảnh hưởng của nồng độ $K_2S_2O_5$ đến động học giai đoạn lên men lỏng.

Thời gian lên men (ngày)	Mật độ tế bào nấm men (CFU/ml)				Độ rượu (%Vol.)			
	M1	M2	M3	M4	M1	M2	M3	M4
1	4,1x10 ⁷ ±0,16	4,2x10 ⁷ ±0,18	2,3x10 ⁶ ±0,09	2,5x10 ⁶ ±0,12	5,96±0,30	5,67±0,35	5,45±0,27	5,02±0,25
2	4,5x10 ⁷ ±0,18	2x10 ⁷ ±0,08	7,5x10 ⁶ ±0,23	5,5x10 ⁶ ±0,20	7,42±0,41	7,50±0,45	7,02±0,36	6,78±0,32
3	1,4x10 ⁸ ±0,06	1,6x10 ⁸ ±0,10	6,5x10 ⁷ ±0,19	4,5x10 ⁷ ±0,17	8,55±0,48	8,29±0,42	8,05±0,40	7,89±0,37
4	3x10 ⁸ ±0,13	3,4x10 ⁸ ±0,14	6,5x10 ⁷ ±0,21	4,5x10 ⁷ ±0,19	10,1±0,53	10,2±0,55	9,30±0,49	9,2±0,45
5	3,5x10 ⁸ ±0,14	3,6x10 ⁸ ±0,14	5,5x10 ⁷ ±0,19	4,5x10 ⁷ ±0,16	10,3±0,55	10,3±0,54	9,52±0,48	9,2±0,45

Kết quả thử nghiệm cho thấy, khi bổ sung $K_2S_2O_5$ ở nồng độ 75-100 mg/l mật độ tế bào nấm men trong quá trình lên men không bị ảnh hưởng, khi bổ sung với nồng độ trên 100 mg/l thì mật độ tế bào nấm men bị giảm đáng kể, đây chính là nguyên nhân dẫn tới độ rượu tạo thành cũng giảm chỉ còn 9,2-9,52% Vol. (so với 10,3% Vol. khi bổ sung 75-100 mg/l $K_2S_2O_5$). Kết quả này cũng phù hợp với công bố của N.M. Thuy và cs (2011) [10] khi sử dụng $K_2S_2O_5$ với nồng độ 100 mg/l để làm trong và ổn định sản phẩm rượu vang khóm, cũng như của các nghiên cứu khác khi sử dụng SO_2 từ $K_2S_2O_5$ với nồng độ tối đa không nên vượt quá 490 ppm [10, 16]. Do đó, để đảm bảo an toàn cho quá trình lên men rượu tam giác mạch, chúng tôi lựa chọn bổ sung $K_2S_2O_5$ trong giai đoạn lên men lỏng với nồng độ 100 mg/l.

Từ các kết quả thu được, chúng tôi lựa chọn các thông số công nghệ thích hợp để sản xuất rượu tam giác như bảng 7.

Bảng 7. Thông số công nghệ thích hợp trong sản xuất rượu tam giác mạch.

TT	Thông số kỹ thuật	Đơn vị tính	Giá trị
1	Tỷ lệ nước/nguyên liệu giai đoạn nấu chín	l/kg	1,2
2	Bánh men lá/nguyên liệu	g/kg	13
3	Độ dày khối ủ	cm	9
4	Tỷ lệ nước/nguyên liệu giai đoạn lên men lỏng	l/kg	1,1
5	$K_2S_2O_5$	mg/l	100
6	Nhiệt độ lên men ẩm	°C	30-35
7	Nhiệt độ lên men lỏng	°C	25
8	Thời gian lên men ẩm	giờ	48
9	Thời gian lên men lỏng	ngày	5

3.4. Thử nghiệm sản xuất rượu tam giác mạch quy mô phòng thí nghiệm

Tiến hành lên men thử nghiệm quy mô 10 kg nguyên liệu/mẻ với các điều kiện, thông số công nghệ trong bảng 7 để đánh giá tính ổn định và hiệu suất thu hồi, kết quả thu được ở bảng 8.

Bảng 8. Đánh giá tính ổn định của công nghệ sản xuất rượu tam giác mạch quy mô phòng thí nghiệm.

Chỉ tiêu	Mô					
	1	2	3	4	5	Trung bình
Độ rượu dịch lên men (%Vol.)	10,2	10,0	10,3	10,3	10,2	10,2±0,12
Nồng độ chất khô dịch lên men (°Bx)	6,6	6,7	6,5	6,5	6,6	6,58±0,08
Aldehyde(mg/l EtOH 100°) trong rượu sau chưng cất	41,3	42,2	40,1	38,8	40,6	40,6±1,28
Methanol (%v/v EtOH 100°) trong rượu sau chưng cất	KPH	KPH	KPH	KPH	KPH	KPH
Hiệu suất lên men (%)	88,02	87,03	88,35	88,27	88,16	87,97±0,54
Lượng rượu (35% Vol.) thu được sau chưng cất	6,0	5,90	6,05	6,04	6,03	6,0±0,06

Ghi chú: KPH: không phát hiện.

Kết quả bảng 8 cho thấy, với các thông số công nghệ thích hợp đã lựa chọn cho sản phẩm có chất lượng khá ổn định, độ rượu tạo ra khi kết thúc lên men đạt từ 10 đến 10,3% Vol. Từ 10 kg nguyên liệu thu được trung bình 6 l rượu tam giác mạch có độ rượu 35% Vol., đạt hiệu suất lên men trung bình xấp xỉ 88%. Sản phẩm rượu tam giác mạch sau chưng cất không chứa methanol, hàm lượng aldehyde trong khoảng từ 38,8 đến 42,2 mg/l, đạt yêu cầu về vệ sinh an toàn thực phẩm.

4. Kết luận

Nghiên cứu đã lựa chọn được các thông số công nghệ thích hợp cho sản xuất rượu trắng từ hạt tam giác mạch thu hoạch tại Hà Giang: tỷ lệ nước/nguyên liệu giai đoạn nấu chín 1,2 l/kg nguyên liệu; tỷ lệ bánh men lá/nguyên liệu 13 g/kg; độ dày khối ủ 9 cm; tỷ lệ nước/nguyên liệu giai đoạn lên men lỏng 1,1 l/kg; bổ sung 100 mg/l $K_2S_2O_5$. Hiệu suất lên men đạt xấp xỉ 88% và lượng rượu thu hồi sau chưng cất (35% Vol.) đạt 0,6 l/kg nguyên liệu ở quy mô phòng thí nghiệm. Sản phẩm có chất lượng cảm quan đặc trưng và đạt tiêu chuẩn về vệ sinh an toàn thực phẩm.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được thực hiện trong khuôn khổ đề tài cấp quốc gia do Bộ Khoa học và Công nghệ cấp kinh phí: “Nghiên cứu giải pháp khoa học và công nghệ phát triển sản xuất và chế biến một số sản phẩm từ tam giác mạch tại tỉnh Hà Giang”, mã số ĐTĐL.CN-46/23. Nhóm tác giả xin trân trọng cảm ơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Lugowoj, M. Balcerek, K.P. Przybylska (2020), “Buckwheat as an interesting raw material for agricultural distillate production”, *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, **70(2)**, pp.125-137, DOI: 10.31883/pjfn/113533.
- [2] P. Phouthaxay, I. Sitthivohane (2024), “Fermenting buckwheat seeds (*Fagopyrum esculentum*) with *Aspergillus* and subsequent amylase treatments enhance phenolic content and antioxidant activities”, *World Journal of Advanced Research and Reviews*, **22(2)**, pp.1080-1094, DOI: 10.30574/wjarr.2024.22.2.1452.

- [3] C.M. Haros, J.M. Sanz-Penella (2017), “Food uses of whole pseudocereals”, *Pseudocereals: Chemistry and Technology*, pp.163-192, DOI: 10.1002/9781118938256.ch8.

- [4] H. Sakaida, N. Nakahara, N. Watashi, et al. (2003), “Characteristic flavor of buckwheat shochu and comparison of volatile compounds from variety cereal shochu”, *Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, **50(12)**, pp.555-562, DOI: 10.3136/nskkk.50.555 (in Japanese).

- [5] K. Hayashi, Y. Kajiura, T. Futagami, et al. (2021), “Making traditional Japanese distilled liquor, shochu and awamori, and the contribution of white and black koji fungi”, *Journal of Fungi*, **7(7)**, pp.517-526, DOI: 10.3390/jof7070517.

- [6] P. Wiśniewska, M. Śliwińska, T. Dymerski, et al. (2015), “The analysis of vodka: A review paper”, *Food Analytical Methods*, **8**, pp.2000-2010, DOI: 10.1007/s12161-015-0089-7.

- [7] G.I. Kvesitadze, M.S. Dvali (1982), “Immobilization of mold and bacterial amylases on silica carriers”, *Biotechnology and Bioengineering*, **24(8)**, pp.1765-1772, DOI: 10.1002/bit.260240804.

- [8] G.L. Miller (1959), “Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar”, *Analytical Chemistry*, **31(3)**, pp.426-428, DOI: 10.1021/ac60147a030.

- [9] L.T. Mai (2006), *Analytical Methods for Fermentation Technology Industry*, Science and Technics Publishing House, 336pp (in Vietnamese).

- [10] N.M. Thuy, N.P. Cuong, N.H. Phuoc, et al. (2011), “Clarification and stabilization of pineapple wine”, *Can Tho University Journal of Science*, **18b**, pp.73-82 (in Vietnamese).

- [11] N.V. Hue, N.D. Chung, T.T.P. Nga, et al. (2022), “Effect of addition rate of yeast strains NML04 and NML02 isolated from rice starter “Ba Nang” on fermentation ability and rice wine quality”, *Hue University Journal of Science: Agriculture and Rural Development*, **131(3A)**, pp.119-130, DOI: 10.26459/hueunijard.v131i3A.6331 (in Vietnamese).

- [12] L. Yang, Y. Zhou, J. Li, et al. (2021), “Effect of enzymes addition on the fermentation of Chinese rice wine using defined fungal starter”, *LWT*, **143**, DOI: 10.1016/j.lwt.2021.111101.

- [13] W. Guo, J. Yang, T. Huang, et al. (2021), “Synergistic effects of multiple enzymes from industrial *Aspergillus niger* strain O1 on starch saccharification”, *Biotechnology for Biofuels*, **14**, DOI: 10.1186/s13068-021-02074-x.

- [14] M. Li, J. Yang, L. Li, et al. (2023), “Effect of enzymatic hydrolysis on volatile flavor compounds of *Monascus*-fermented tartary buckwheat based on headspace gas chromatography-ion mobility spectrometry”, *Food Research International*, **163**, DOI: 10.1016/j.foodres.2022.112180.

- [15] C.X. Thuy, V.T. Pham, T.T.N.H. Nguyen, et al. (2024), “Effect of fermentation conditions (dilution ratio, medium pH, total soluble solids, and *Saccharomyces cerevisiae* yeast ratio) on the ability to ferment cider from tamarillo (*Solanum betaceum*) fruit”, *Journal of Food Processing and Preservation*, **2024(1)**, pp.1-17, DOI: 10.1155/2024/8841207.

- [16] N.V. Quyen, N.Q. Thao, N.T. Anh, et al. (2018), “The influence of some factors on the production of alcohol whisky by *Saccharomyces cerevisiae* MS42 from barley malt”, *Vietnam Journal of Biotechnology*, **16(3)**, pp.525-532, DOI: 10.15625/1811-4989/16/3/13475 (in Vietnamese).