

NGHIÊN CỨU SẢN XUẤT SYRUP MALTOSE TỪ TINH BỘT SẴN BẰNG ENZYME

STUDY ON THE PRODUCTION OF MALTOSE SYRUP FROM CASSAVA STARCH USING ENZYMES

Đỗ Thị Hạnh^{1,*}, Đặng Thu Bằng²

DOI: <http://doi.org/10.57001/huih5804.2025.198>

TÓM TẮT

Syrup maltose là nguyên liệu không thể thiếu trong sản xuất bánh kẹo. Mục tiêu của nghiên cứu này là sử dụng kết hợp hai enzyme α -amylase để sản xuất syrup maltose từ tinh bột sắn. Kết quả nghiên cứu cho thấy điều kiện thủy phân tinh bột sắn thích hợp bằng enzyme là: điều kiện dịch hóa: pH 6, tỷ lệ enzyme Termamyl SC DS 0,02%, thời gian 30 phút, nhiệt độ 85°C. Điều kiện đường hóa: Tỷ lệ enzyme Leaffaa 0,06%, thời gian đường hóa 17h, nhiệt độ 50°C. Syrup maltose thu được có hàm lượng maltose 42,61%, chỉ số DE 47,37.

Từ khóa: Syrup maltose, tinh bột sắn, enzyme α -amylase.

ABSTRACT

Maltose syrup is an indispensable ingredient in confectionery production. The objective of this study was to apply a combination of two α -amylase enzymes to produce maltose syrup from cassava starch. The study determined the optimal enzymatic hydrolysis conditions for cassava starch are as follows: Liquefaction conditions: pH 6, Termamyl SC DS enzyme dosage of 0.02%, 30 minutes, at 85°C. Saccharification conditions: Leaffaa enzyme dosage of 0.06%, 17 hours, at 50°C. The resulting maltose syrup contained 42.61% maltose and had a DE value of 47.37.

Keywords: Syrup maltose, cassava starch, enzyme α -amylase.

¹Khoa Công nghệ Hóa, Trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

²Sinh viên Khoa Công nghệ Hóa, trường Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: hanhdt1@hauai.edu.vn

Ngày nhận bài: 20/02/2025

Ngày nhận bài sửa sau phản biện: 17/5/2025

Ngày chấp nhận đăng: 28/5/2025

1. GIỚI THIỆU

Syrup maltose là sản phẩm thu được sau khi thủy phân tinh bột. Thành phần của syrup maltose thường chứa 28 - 70% maltose, còn lại là glucose, maltotriose và các loại đường cao hơn. Syrup maltose có chỉ số DE trong khoảng từ 40 - 50. Đây là nguyên liệu không thể thiếu trong sản

xuất bánh kẹo. Hiện nay, tinh bột ngô được sử dụng rộng rãi để sản xuất syrup maltose. Ở Việt Nam, tinh bột sắn đang dần được chú ý nhờ vào nguồn nguyên liệu dồi dào và giá thành rẻ. Tuy nhiên tinh bột sắn mới chỉ được sử dụng để sản xuất maltosedextrin bằng phương pháp hóa học gây khó khăn cho việc tinh chế, chất lượng không đồng đều và gây ô nhiễm môi trường. Hiện nay, ở Việt Nam đã có một số nghiên cứu ứng dụng enzyme α -amylase hoặc kết hợp đồng thời enzyme α -amylase và glucoamylase để thủy phân tinh bột sắn [1, 2]. Có nhiều nguồn thu enzyme α -amylase khác nhau, điều kiện và hiệu quả thủy phân của chúng cũng khác nhau. Trong nghiên cứu này, chúng tôi sử dụng enzyme Termamyl SC DS cho quá trình dịch hóa và enzyme Leaffaa cho quá trình đường hóa nhằm nâng cao chỉ số DE cho syrup maltose. Enzyme Termamyl SC DS được sản xuất bởi vi sinh vật *Bacillus licheniformis* có phạm vi hoạt động tối ưu ở điều kiện pH từ 5 - 6 và nhiệt độ tối ưu là 85 - 90°C. Đây là một enzyme endo α -amylase chịu nhiệt, thủy phân các liên kết 1,4- α -D-glucosidic trong amylose và amylopectin tạo thành các oligosaccharide nhỏ hơn và dextrin hòa tan, giúp làm giảm độ nhớt của dịch thủy phân [3]. Enzyme Leaffaa được sản xuất bởi chủng *Aspergillus.sp* có phạm vi hoạt động pH tối ưu là 5,5 - 6,5 và nhiệt độ khoảng 45 - 65°C, là một enzyme α -amylase thuộc loại endo amylase có khả năng thủy phân nhanh các liên kết 1,4- α -D-glucosidic trong amylose và amylopectin thành glucose, maltose và dextrin. Thủy phân tinh bột kéo dài với Leaffaa tạo ra syrup có hàm lượng maltose cao và glucose thấp.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Nguyên liệu

Tinh bột sắn: Nguyên liệu sử dụng là tinh bột sắn Apfco được thu mua tại phường Tây Tựu, quận Bắc Từ Liêm, thành phố Hà Nội, tinh bột có màu trắng sáng, mịn, hàm lượng tinh bột $\geq 85\%$, độ ẩm $\leq 13\%$.

2.2. Hóa chất

Enzyme α -amylase: Termamyl SC DS có hoạt độ 120 KNU-T/g; Leaffaa (Fungal α -amylase) có hoạt độ 200000 FAA u/g do công ty Novozymes (Đan Mạch) sản xuất.

2.3. Phương pháp thí nghiệm

2.3.1. Nghiên cứu ảnh hưởng của pH đến quá trình dịch hóa

Tiến hành dịch hóa tương tự như thí nghiệm của Quinlu Lin và cộng sự [4]. Quá trình tiến hành như sau: Hòa tan tinh bột sắn với nước theo tỷ lệ 1: 4 (w/v) (100g tinh bột: 400ml nước). Điều chỉnh giá trị pH của hỗn hợp về 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5, gia nhiệt đến 50°C sau đó thêm enzyme Termamyl SC DS với nồng độ 0,02%. Nâng nhiệt độ hỗn hợp đến nhiệt độ 85°C và giữ trong 20 phút để dịch hóa. Sau đó đun sôi dịch để vô hoạt enzyme. Dung dịch sau dịch hóa sẽ được đem đi xác định các thông số sau: nồng độ chất khô hòa tan, độ nhớt và DE.

2.3.2. Nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ enzyme đến quá trình dịch hóa

Chế độ dịch hóa được bố trí như mục 2.3.1, điều chỉnh giá trị pH của hỗn hợp về giá trị đã xác định ở thực nghiệm 2.3.1, các thí nghiệm nghiên cứu tỷ lệ enzyme: 0,01%; 0,02%; 0,03%; 0,04%; 0,05%. Dung dịch sau dịch hóa sẽ được đem đi xác định các thông số sau: nồng độ chất khô hòa tan, độ nhớt và DE.

2.3.3. Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình dịch hóa

Điều chỉnh giá trị pH của hỗn hợp về giá trị đã xác định ở thực nghiệm 2.3.1 và thêm tỷ lệ enzyme theo giá trị đã xác định ở thực nghiệm 2.3.2. Các thí nghiệm nghiên cứu nhiệt độ dịch hóa: 75; 80; 85; 90; 95°C. Dung dịch sau dịch hóa sẽ được đem đi xác định các thông số như mục 2.3.1.

2.3.4. Nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian đến quá trình dịch hóa

Tiến hành dịch hóa như mục 2.3.1. Các thông số tỷ lệ enzyme, pH, nhiệt độ dịch hóa được xác định ở các mục 2.3.1; 2,3,2; 2.3.3. Các thí nghiệm nghiên cứu thời gian: 10, 20, 30, 40 phút.

2.3.5. Nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ enzyme đến quá trình đường hóa

Sau khi hòa tan tinh bột sắn với nước theo tỷ lệ 1: 4 (w/v) (100g tinh bột: 400ml nước). Tiến hành hồ hóa và dịch hóa tinh bột theo các thông số đã lựa chọn ở các thực nghiệm 2.3.1, 2.3.2, 2.3.3, 2.3.4. Sau đó hạ nhiệt độ của hỗn hợp xuống 50°C và tiến hành bổ sung enzyme Leaffaa với các nồng độ khác nhau: 0,02%; 0,04%; 0,06%;

0,08%; 0,10%. Dung dịch sau đường hóa sẽ được đem đi cô đặc trong 1,5 giờ và xác định các thông số sau: hàm lượng đường maltose và chỉ số DE.

2.3.6. Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình đường hóa

Tiến hành thí nghiệm như mục 2.3.5, tiến hành bổ sung enzyme Leaffaa với nồng độ xác định ở thực nghiệm 2.3.5. Tiến hành đường hóa ở các nhiệt độ 45; 50; 55; 60; 65°C trong thời gian 17h. Vô hoạt enzyme và tiến hành cô đặc, xác định các thông số như mục 2.3.5.

2.3.7. Nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian đến quá trình đường hóa

Tiến hành thí nghiệm như mục 2.3.5. Các thông số tỷ lệ enzyme, nhiệt độ được xác định ở các mục 2.3.5, 2.3.6. Tiến hành đường hóa trong các khoảng thời gian 16, 17, 18, 19h. Vô hoạt enzyme và tiến hành cô đặc, xác định các thông số như mục 2.3.5.

2.4. Phương pháp phân tích

- Xác định hàm lượng chất khô hòa tan ($^{\circ}\text{Bx}$) bằng chiết quang kế cầm tay Brix 54, Bellingham & Stanley, Anh theo TCVN 4414-1987 [5].

- Xác định độ ẩm bằng phương pháp sấy đến trọng lượng không đổi ở 130°C với thiết bị sấy memmert (Đức) [6].

- Xác định độ tro bằng phương pháp nung ở nhiệt độ 900°C với lò nung Nabertherm, LE6/11/B150, Đức [7].

- Xác định pH bằng máy đo pH để bàn Mettler Toledo S220, Thụy Sĩ.

- Xác định độ nhớt bằng nhớt kế có $\phi = 0,78$ (Đức).

- Xác định hàm lượng đường khử bằng phương pháp Luff - schoorl theo TCVN 10327-2014 [8].

- Xác định hàm lượng đường maltose bằng phương pháp Luff-schoorl [1].

- Xác định chỉ số DE (Dextrose Equivalent) [1].

- Xác định hàm lượng đường khử

Cách tiến hành:

Chuẩn bị mẫu: Cân 5g mẫu vào cốc có mỏ sau đó lắc đều trong 3 phút để hòa tan mẫu trong 60ml nước cất đã đun nóng và đổ vào bình định mức. Thêm 5ml dung dịch Carrez I, lắc đều và thêm 5ml dung dịch Carrez II, lắc đều. Sau đó định mức đến vạch bằng nước cất và đem lọc lấy dịch.

Tiến hành chuẩn độ: Hút 10ml dung dịch lọc cho vào bình tam giác, thêm 20ml dung dịch luff - schoorl, 50ml nước cất và đun sôi 10 phút. Làm nguội đến nhiệt độ phòng, sau đó thêm 3g KI và cho từ từ 25ml dung dịch H_2SO_4 25%, lắc nhẹ cho hết bột. Cuối cùng đem chuẩn độ

bằng dung dịch $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N với chỉ thị là hồ tinh bột đến khi màu chuyển từ vàng sậm sang trắng đục thì dừng. Ghi số ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N đã sử dụng để chuẩn độ. Chuẩn độ tương tự với mẫu trắng (thay dịch mẫu bằng nước cất).

Tính kết quả:

X ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N = số ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N chuẩn độ mẫu trắng - số ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N chuẩn độ mẫu thử.

Dựa vào X ml $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 0,1N tra bảng Luff - Schoorl tính được hàm lượng đường khử.

$$\% \text{ đường khử} = \frac{\text{Hàm lượng đường khử (mg)} \times 10}{\text{Khối lượng mẫu (mg)}} \times 100$$

Công thức tính chỉ số DE

$$\text{DE} = \frac{\% \text{ đường khử}}{\text{Hàm lượng chất khô hòa tan (°Bx)}} \times 100$$

2.5. Phương pháp xử lý số liệu

Sự khác biệt về số liệu thực nghiệm được đánh giá bằng phương pháp phân tích phương sai ANOVA ($\alpha = 0,05$) bằng phần mềm Minitab 22; số liệu thực nghiệm được trình bày dưới dạng trung bình và độ lệch chuẩn, mỗi phép đo được lặp lại 3 lần ($n = 3$).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kiểm tra chất lượng tinh bột sẵn

Chất lượng nguyên liệu đầu vào ảnh hưởng lớn đến chất lượng của sản phẩm. Do đó ta cần kiểm tra chất lượng của tinh bột nguyên liệu ban đầu thông qua một số chỉ tiêu hóa lý như thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Một số chỉ tiêu hóa lý của nguyên liệu tinh bột

STT	Chỉ tiêu hóa lý	Giá trị
1	Hàm lượng tinh bột	86%
2	Độ ẩm	12,42%
3	Độ tro	0,13%
4	pH	5,705

Từ kết quả bảng 1 cho thấy, hàm lượng tinh bột trong nguyên liệu tinh bột sẵn đạt 86%, độ ẩm 12,42%, độ tro 0,13% và giá trị pH 5,705. Các chỉ số này đạt yêu cầu tiêu chuẩn chất lượng của tinh bột sẵn theo TCVN 10546:2014 về tinh bột sẵn [9] và phù hợp với số liệu tự công bố của sản phẩm tinh bột sẵn thuộc nhãn hàng Apfco. Tinh bột sẵn phù hợp làm nguyên liệu sản xuất syrup maltose.

3.2. Nghiên cứu ảnh hưởng của pH đến quá trình dịch hóa

pH là một trong những yếu tố ảnh hưởng đến sự hoạt động của enzyme. Mỗi enzyme sẽ có một khoảng pH mà ở đó hoạt độ của enzyme đạt cực đại. Theo hướng dẫn

của nhà sản xuất, enzyme hoạt động trong khoảng pH từ 3,5 - 8,5. Trong nghiên cứu này tiến hành dịch hóa ở pH lần lượt là 4,5; 5,0; 5,5; 6; 6,5. Kết quả thực nghiệm được thể hiện ở bảng 2.

Bảng 2. Ảnh hưởng của pH đến quá trình dịch hóa

STT	pH	Nồng độ chất khô hòa tan (°Bx)	Độ nhớt (cP)	DE
1	4,5	18,20 ^a ± 0,05	77,76 ^a ± 0,56	20,14 ^d ± 0,22
1	5	19,33 ^d ± 0,05	69,92 ^b ± 0,63	22,38 ^c ± 0,50
2	5,5	21,86 ^b ± 0,06	67,47 ^c ± 0,37	26,05 ^b ± 0,43
3	6,0	22,33 ^a ± 0,04	66,99 ^c ± 0,45	29,11 ^a ± 0,61
4	6,5	19,86 ^c ± 0,05	70,76 ^b ± 0,56	22,76 ^c ± 0,24

Ghi chú: Các giá trị trong cùng một cột có chỉ số mũ khác nhau thì khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$

Từ kết quả bảng 2 có thể thấy, pH có ảnh hưởng lớn đến hiệu quả của quá trình dịch hóa. Giá trị °Bx tăng dần theo pH từ 4,5 đến 6,0, giá trị cao nhất đạt 22,33 tại pH 6,0. Độ nhớt giảm mạnh khi pH tăng từ 4,5 (77,76 ± 0,56 cP) xuống 6,0 (66,99 ± 0,45 cP). Chỉ số DE tăng rõ rệt từ 20,14 ± 0,22 (pH 4,5) đến 29,11 ± 0,61 ở pH 6,0. Tại pH 6,5, độ nhớt có xu hướng tăng đạt 70,76 ± 0,56 và chỉ số DE đạt giá trị thấp nhất 22,76 ± 0,24. Điều này cho thấy enzyme bị ức chế hoạt động tại pH 6,5. Như vậy pH = 6,0 là điều kiện tối ưu, giúp đạt được nồng độ chất khô hòa tan và chỉ số DE cao nhất, đồng thời giảm độ nhớt hiệu quả. Điều này phù hợp với hoạt tính tối ưu của enzyme amylase trong điều kiện gần trung tính. Theo nghiên cứu của Tăng Thị Phụng, pH thích hợp cho hoạt động của enzyme Fungamyl 800L trong quá trình dịch hóa tinh bột sẵn là 5,5 [2]. Sự khác nhau này có thể do loại enzyme amylase khác nhau. Trong nghiên cứu của chúng tôi, sử dụng enzyme Termamyl SC DS cho quá trình dịch hóa.

3.3. Nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ enzyme đến quá trình dịch hóa

Trong quá trình thủy phân, tỷ lệ enzyme là một trong những yếu tố ảnh hưởng đến quá trình thủy phân. Nồng độ enzyme ảnh hưởng đến tốc độ của phản ứng thủy phân cũng như ảnh hưởng đến giá thành sản phẩm. Trong quá trình dịch hóa, bổ sung enzyme Termamyl SC DS với tỷ lệ thay đổi là 0,01; 0,02; 0,03; 0,04%; 0,05%. Kết quả thực nghiệm được thể hiện trong bảng 3.

Kết quả trong bảng 3 cho thấy nồng độ enzyme ảnh hưởng trực tiếp đến hiệu quả dịch hóa. Tăng nồng độ enzyme từ 0,01 đến 0,03% giúp cải thiện độ thủy phân tinh bột, biểu hiện qua việc tăng °Bx và DE, đồng thời

giảm độ nhớt. Nếu tăng nồng độ enzyme đến 0,04% và 0,05% thì sự thay đổi không có ý nghĩa thống kê ở mức $\alpha = 0,05$. Điều này có thể giải thích theo Lê Ngọc Tú, khi cơ chất thừa, nếu tăng nồng độ enzyme thì vận tốc phản ứng sẽ tăng, nhưng khi nồng độ enzyme đạt trạng thái bão hòa, tiếp tục tăng nồng độ thì vận tốc phản ứng sẽ không tăng. Tăng Thị Phụng và cộng sự đã xác định tỷ lệ enzyme Fungamyl 800L thích hợp cho dịch hóa tinh bột sắn là 0,1% [2]. Sự khác nhau nhau có thể do sự khác nhau về enzyme và hoạt độ enzyme. Chọn tỷ lệ enzyme Termamyl SC DS là 0,02% cho các thí nghiệm tiếp theo. Kết quả này cũng phù hợp với hướng dẫn của nhà sản xuất, termamyl SC DS có liều lượng sử dụng trong khoảng 0,13 - 0,22ml/kg [3].

Bảng 3. Ảnh hưởng của tỷ lệ enzyme đến quá trình dịch hóa

STT	Nồng độ enzyme (%)	Nồng độ chất khô hòa tan (°Bx)	Độ nhớt (cP)	DE
1	0,01	19,66 ^a ± 0,04	79,72 ^a ± 0,33	18,84 ^c ± 0,15
2	0,02	20,06 ^b ± 0,07	68,22 ^b ± 0,06	27,34 ^b ± 0,13
3	0,03	22,83 ^a ± 0,02	66,33 ^c ± 0,08	29,72 ^a ± 0,26
4	0,04	22,73 ^a ± 0,05	65,30 ^d ± 0,02	29,67 ^a ± 0,43
5	0,05	22,84 ^a ± 0,01	65,28 ^d ± 0,04	29,75 ^a ± 0,50

Ghi chú: Các giá trị trong cùng một cột có chỉ số mũ khác nhau thì khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$

3.4. Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình dịch hóa

Nhiệt độ cũng là một yếu tố ảnh hưởng đến hiệu quả hoạt động của enzyme. Khi nhiệt độ tăng thì độ nhớt của môi trường sẽ giảm, khả năng hòa tan, khuếch tán sẽ tăng. Đồng thời, nhiệt độ cũng ảnh hưởng đến tốc độ phản ứng của enzyme. Kết quả thực nghiệm được thể hiện ở bảng 4.

Bảng 4. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình dịch hóa

STT	Nhiệt độ (°C)	Nồng độ chất khô hòa tan (°Bx)	Độ nhớt (cP)	DE
1	75	18,25 ^e ± 0,05	72,76 ^a ± 0,55	23,79 ^c ± 0,17
2	80	20,73 ^b ± 0,01	68,76 ^b ± 0,27	25,32 ^b ± 0,32
3	85	22,00 ^a ± 0,03	66,49 ^c ± 0,19	29,52 ^a ± 0,25
4	90	19,16 ^c ± 0,04	58,54 ^d ± 0,32	22,23 ^d ± 0,12
5	95	18,21 ^d ± 0,03	55,25 ^e ± 0,12	19,81 ^e ± 0,13

Ghi chú: Các giá trị trong cùng một cột có chỉ số mũ khác nhau thì khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$

Từ kết quả bảng 4 ta thấy, ở mức nhiệt 75°C, quá trình dịch hóa diễn ra chưa hiệu quả, thể hiện qua giá trị °Bx

thấp nhất (17,73) và độ nhớt cao nhất (72,76cP). Khi nhiệt độ tăng lên 80°C, °Bx tăng lên 19,73, độ nhớt giảm nhẹ xuống 68,76 cP và DE tăng lên 25,32. Ở mức nhiệt 85°C, °Bx và DE đạt giá trị cao nhất tương ứng là 22,00 và 29,52. Khi nhiệt độ tăng đến 90 và 95°C nồng độ chất khô hòa tan và chỉ số DE giảm. Điều này có thể giải thích là do bản chất của enzyme là protein, ở nhiệt độ cao dễ bị biến tính và giảm hoạt tính. Đồng thời ở nhiệt độ cao và môi trường kiềm đường khử dễ bị phân hủy và tham gia vào phản ứng tạo màu dẫn đến chỉ số DE giảm. Do đó, chọn nhiệt độ thích hợp cho quá trình dịch hóa là 85°C. Theo hướng dẫn của nhà sản xuất, enzyme termamyl SC DS có khoảng nhiệt độ hoạt động trong khoảng 45 -95°C và hoạt động mạnh nhất ở nhiệt độ từ 85 - 90°C [3].

3.5. Nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian đến quá trình dịch hóa

Tiến hành ủ enzyme ở 10, 20, 30, 40 phút, tỷ lệ enzyme là 0,02%, nhiệt độ 85°C. Kết quả được thể hiện ở bảng 5.

Bảng 5. Ảnh hưởng của thời gian đến quá trình dịch hóa

STT	Thời gian (phút)	Nồng độ chất khô hòa tan (°Bx)	Độ nhớt (cP)	DE
1	10	20,06 ^c ± 0,06	72,89 ^a ± 0,43	24,45 ^d ± 0,25
2	20	21,66 ^b ± 0,07	70,91 ^b ± 0,59	26,70 ^c ± 0,45
3	30	22,50 ^a ± 0,04	68,05 ^c ± 0,68	30,47 ^a ± 0,37
4	40	22,76 ^a ± 0,05	68,07 ^c ± 0,16	28,36 ^b ± 0,62

Ghi chú: Các giá trị trong cùng một cột có chỉ số mũ khác nhau thì khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$

Kết quả bảng 5 cho thấy, ở thời điểm 10 phút, giá trị °Bx đạt 20,06, độ nhớt cao nhất (72,89cP) và DE thấp nhất (24,45). Điều này chứng tỏ enzyme mới bắt đầu hoạt động, quá trình phân cắt các liên kết α -1,4 trong phân tử tinh bột diễn ra chưa mạnh mẽ, dẫn đến sự tích tụ của các phân tử lớn chưa được thủy phân hoàn toàn, dịch thủy phân có độ nhớt cao và lượng đường khử thấp. Khi tăng thời gian lên 20 phút, độ nhớt giảm xuống 70,91cP và DE tăng lên 26,70. Giá trị °Bx và DE đạt cực đại tại thời gian 30 phút tương ứng là 22,50 và 30,47. Khi thời gian dịch hóa là 40 phút, mặc dù °Bx thay đổi không có ý nghĩa so với thời gian 30 phút nhưng giá trị DE lại giảm còn 28,36. Chọn thời gian dịch hóa thích hợp là 30 phút cho các thí nghiệm tiếp theo. Kết quả này cũng tương tự như nghiên cứu của Quinlu Lin và cộng sự, thời gian dịch hóa tối ưu của tinh bột gạo và tinh bột ngô bằng enzyme α -amylase lần lượt là 22 và 27 phút [4].

3.6. Nghiên cứu ảnh hưởng của tỷ lệ enzyme đến quá trình đường hóa

Các enzyme α -amylase giúp phân cắt các liên kết α -1,4 trong tinh bột tạo thành maltose, glucose, maltotriose, oligosaccharide. Nếu kéo dài thời gian tác động của enzyme, chúng sẽ chuyển phần lớn oligosaccharide thành maltose và glucose [10].

Trong nghiên cứu này, tiến hành đường hóa dịch tinh bột bằng enzyme Leaffaa. Đây là enzyme α -amylase được tạo ra từ chủng nấm *Aspergillus* sp giúp phân cắt các liên kết α -1,4 trong tinh bột tạo thành syrup maltose có chỉ số DE cao trong khoảng 40 - 60. Tiến hành đường hóa với tỷ lệ enzyme Leaffaa khác nhau: 0,02%; 0,04; 0,06%; 0,08; 0,10%. Kết quả thí nghiệm được thể hiện ở bảng 6.

Bảng 6. Ảnh hưởng của tỷ lệ enzyme đến quá trình đường hóa

STT	Nồng độ enzyme (%)	Hàm lượng đường maltose (%)	DE
11	0,02	$32,72^b \pm 0,32$	$35,59^c \pm 0,62$
22	0,04	$36,72^b \pm 0,12$	$40,59^b \pm 0,44$
33	0,06	$42,56^a \pm 0,13$	$47,33^a \pm 0,59$
44	0,08	$42,42^a \pm 0,26$	$47,53^a \pm 0,29$
55	0,10	$42,37^a \pm 0,26$	$46,98^a \pm 0,38$

Ghi chú: Các giá trị trong cùng một cột có chỉ số mũ khác nhau thì khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$

Kết quả trong bảng 6 cho thấy, nồng độ enzyme có ảnh hưởng rõ rệt đến hiệu quả của quá trình đường hóa, thể hiện qua sự biến động của hàm lượng maltose và chỉ số DE. Ở nồng độ enzyme 0,02%, hàm lượng maltose và DE đạt lần lượt là 32,72% và 35,59. Khi tăng nồng độ enzyme lên 0,04%, các chỉ tiêu này đều tăng đáng kể. Tại nồng độ enzyme 0,06%, hàm lượng maltose và DE đạt giá trị cao nhất, lần lượt là 42,56% và 47,33. Khi tiếp tục tăng nồng độ enzyme lên 0,08% và 0,10%, các giá trị maltose và DE không có sự khác biệt ở mức $\alpha = 0,05$ so với khi sử dụng nồng độ enzyme là 0,06%. Do đó để đạt hiệu quả đường hóa tốt nhất cũng như giảm chi phí enzyme và chi phí sản xuất chọn nồng độ enzyme là 0,06%. Kết quả này cũng tương tự như nghiên cứu của Tăng Thị Phụng [2].

3.7. Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình đường hóa

Do có bản chất là protein nên hoạt động của enzyme cũng bị ảnh hưởng bởi nhiệt độ. Vì vậy cần lựa chọn nhiệt độ thích hợp để enzyme có thể hoạt động tốt nhất. Theo hướng dẫn của nhà sản xuất, enzyme Leaffaa có thể hoạt động ở nhiệt độ lên tới 65°C. Trong nghiên cứu này, tiến hành đường hóa ở khoảng nhiệt độ từ 45, 50, 55, 60°C

trong thời gian 17 giờ. Kết quả thí nghiệm được thể hiện ở bảng 7.

Bảng 7. Ảnh hưởng của nhiệt độ đến quá trình đường hóa

STT	Nhiệt độ (°C)	Hàm lượng đường maltose (%)	DE
1	45	$37,42^c \pm 0,69$	$40,94^c \pm 0,61$
2	50	$42,93^a \pm 0,51$	$48,332^a \pm 0,70$
3	55	$39,59^b \pm 0,36$	$42,67^b \pm 0,59$
4	60	$35,88^d \pm 0,45$	$38,23^d \pm 0,41$

Ghi chú: Các giá trị trong cùng một cột có chỉ số mũ khác nhau thì khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$

Từ kết quả bảng 7 cho thấy, nhiệt độ là một yếu tố ảnh hưởng trực tiếp đến hoạt tính enzyme và hiệu suất của quá trình đường hóa tinh bột. Ở nhiệt độ 45°C, hàm lượng maltose và DE đạt lần lượt là 37,42% và 40,94. Khi tăng nhiệt độ lên 50°C, cả hai chỉ tiêu tăng rõ rệt và đạt cực đại. Khi tăng nhiệt độ lên 55°C và 60°C, hàm lượng maltose và DE đều có xu hướng giảm. Nguyên nhân là do ở các mức nhiệt cao, cấu trúc không gian của enzyme bị biến tính, dẫn đến giảm hoạt tính xúc tác. Chọn nhiệt độ đường hóa là 50°C cho các nghiên cứu tiếp theo.

3.8. Nghiên cứu ảnh hưởng của thời gian đến quá trình đường hóa

Thời gian đường hóa cũng là một trong những yếu tố ảnh hưởng đến quá trình thủy phân của enzyme. Tiến hành ủ enzyme ở các khoảng thời gian khác nhau: 16, 17, 18, 19 giờ, tỷ lệ enzyme là 0,06% ở nhiệt độ 50°C. Kết quả thí nghiệm được thể hiện ở bảng 8.

Bảng 8. Ảnh hưởng của thời gian đến quá trình đường hóa

STT	Thời gian (giờ)	Hàm lượng đường maltose (%)	DE
1	16	$39,42^c \pm 2,63$	$42,94^b \pm 0,42$
2	17	$42,61^a \pm 0,19$	$47,37^a \pm 0,48$
3	18	$42,86^a \pm 0,25$	$48,15^a \pm 0,51$
4	19	$41,84^b \pm 0,43$	$46,21^b \pm 0,39$

Ghi chú: Các giá trị trong cùng một cột có chỉ số mũ khác nhau thì khác nhau ở mức ý nghĩa $\alpha = 0,05$

Từ kết quả bảng 8 ta thấy, thời gian đường hóa thích hợp là 17 giờ, hàm lượng đường maltose đạt 42,61%, chỉ số DE là 47,37. Với thời gian 18 giờ, cho kết quả không có sự thay đổi ở mức $\alpha = 0,05$. Khi tăng thời gian đường hóa lên 19 giờ, hàm lượng maltose và chỉ số DE lại có xu hướng giảm. Điều này có thể do sự tích lũy sản phẩm

phản ứng và hiện tượng ức chế ngược. Kết quả này phù hợp với nghiên cứu của Ouassila Gaouar và cộng sự, khi khảo sát quá trình thủy phân tinh bột sắn bằng enzyme maltogenase. Nghiên cứu cho thấy sau 18 giờ, tốc độ hình thành maltose giảm dần do sự tích lũy sản phẩm phản ứng và hiện tượng ức chế ngược [11]. Tăng Thị Phụng và cộng sự đã sử dụng enzyme α -amylase (Fungamyl 800L) trong quá trình dịch hóa và đường hóa tinh bột sắn. Kết quả thu được maltose có chỉ số DE là 42,7, hàm lượng maltose sắn xi 43% [2]. Điều này cho thấy khi sử dụng enzyme Termamyl SC DS và Leaffaa để thủy phân tinh bột sắn thu được syrup maltose có chỉ số DE cao hơn.

Theo kết quả nghiên cứu của Quinlu Lin và cộng sự, sản phẩm syrup maltose thu được từ quá trình thủy phân tinh bột gạo và tinh bột ngô bằng enzyme α -amylase, β -amylase và pullulanase có chỉ số DE đạt lần lượt là 96,6 và 95,2 [4]. Theo kết quả nghiên cứu của Ye Lingling và cộng sự, sản phẩm syrup maltose thu được từ quá trình thủy phân tinh bột ngô bằng enzyme α -amylase, β -amylase và pullulanase có chứa hàm lượng đường maltose là 69,19% và chỉ số DE đạt 51 [12]. Kết quả nghiên cứu của Jei-Fu Shawab và cộng sự, trong sản phẩm syrup maltose thu được từ quá trình thủy phân tinh bột gạo bằng enzyme α -amylase, β -amylase và pullulanase cho ra sản phẩm có hàm lượng đường maltose đạt 74% [13]. Kết quả nghiên cứu của Sema Nur Cincik và cộng sự, hàm lượng đường maltose thu được khi thủy phân tinh bột ngô với α -amylase, β -amylase là 50% [14]. Như vậy, khi sản xuất syrup maltose từ tinh bột sắn bằng enzyme Termamyl SC DS và Leaffaa có hàm lượng maltose và chỉ số DE thấp hơn so với syrup maltose sản xuất từ tinh bột gạo và ngô với sự kết hợp của ba loại enzyme α -amylase, β -amylase và pullulanase.

3.9. Đề xuất quy trình sản xuất syrup maltose từ tinh bột sắn bằng enzyme

Từ nghiên cứu các yếu tố công nghệ chúng tôi đề xuất quy trình trên sơ đồ hình 1.

Thuyết minh quy trình

Chuẩn bị nguyên liệu: Nguyên liệu sử dụng là tinh bột sắn có màu trắng sáng, mịn, hàm lượng tinh bột $\geq 85\%$, độ ẩm $\leq 13\%$.

Phối trộn: Hòa tinh bột sắn với nước theo tỷ lệ 1: 4 (w/v), dùng acid citric điều chỉnh pH của hỗn hợp bằng 6.

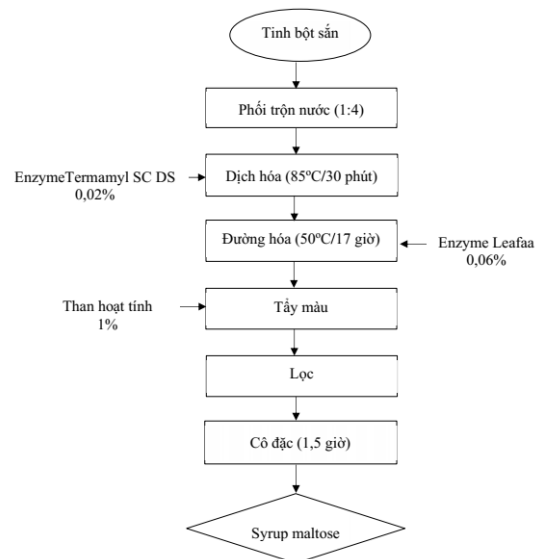
Dịch hóa: Gia nhiệt hỗn hợp đến 50°C, bổ sung 0,02% enzyme Termamyl SC DS. Tiếp tục nâng nhiệt độ hỗn hợp lên 85°C và giữ ổn định ở nhiệt độ này trong 30 phút. Vô hoạt enzyme bằng cách đun sôi hỗn hợp.

Đường hóa: Làm nguội dịch đến 50°C, bổ sung 0,06% enzyme Leaffaa và tiến hành đường hóa trong 17 giờ. Kết thúc quá trình đường hóa, nâng nhiệt độ lên 85°C trong 5 phút để vô hoạt enzyme.

Tẩy màu: Hạ nhiệt độ của hỗn hợp xuống 60°C, thêm 1% than hoạt tính và tẩy màu trong 1 giờ.

Lọc: Tiến hành lọc để loại bỏ các tạp chất

Cô đặc: Dịch đường sau khi lọc được tiến hành cô đặc ở 100°C trong khoảng 1,5 giờ đến nồng độ chất khô 80°Bx.



Hình 1. Sơ đồ quy trình sản xuất syrup maltose

4. KẾT LUẬN

Kết quả nghiên cứu cho thấy điều kiện thích hợp để thủy phân tinh bột sắn bằng enzyme α amylase trong sản xuất syrup maltose là: Điều kiện dịch hóa: pH 6, tỷ lệ enzyme Termamyl SC DS 0,02%, thời gian 30 phút, nhiệt độ 85°C. Điều kiện đường hóa: Tỷ lệ enzyme Leaffaa 0,06%, thời gian đường hóa 17 giờ, nhiệt độ 50°C. Syrup maltose thu được có hàm lượng maltose 42,61%, chỉ số DE 47,37.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Huỳnh Thị Phương Loan, Nguyễn Bảo Lộc, Lê Thanh Thúy, "Nghiên cứu sử dụng dịch thủy phân tinh bột bởi enzyme amylase thương mại trong chế biến kẹo mềm," *Tạp chí Công thương*, (21), 370 - 374, 2022.
- [2]. Tăng Thị Phụng, Vũ Thị Hồng, "Nghiên cứu, sản xuất đường maltose từ bột sắn bằng phương pháp enzyme," *Tạp chí Nghiên cứu khoa học, Đại học Sao đỏ*, 4(59), 2017.
- [3]. Novozymes, Termamyl SC DS, Product Data sheet. <https://matesratehomebrewsupplies.com.au/product/novozymes-termamyl-sc-ds-alpha-amylase/>

[4]. Quinlu, Huaxi Xiao, Gao-Qiang Liu, Zhonghua Liu, Lihui Li, Fengxiang Yu, "Production of Maltose Syrup by Enzymatic Conversion of Rice Starch," *Food Bioprocess Technology*, 6:242 - 248, 2013.

[5]. TCVN 4414-1987. Đồ hộp - Xác định hàm lượng chất khô hòa tan bằng khúc xạ kế.

[6]. TCVN 9934:2013 về Tinh bột - Xác định độ ẩm - Phương pháp dùng tủ sấy.

[7]. TCVN 9939:2013 về Tinh bột - Xác định hàm lượng tro.

[8]. TCVN 10327 - 2014 về xác định hàm lượng đường trong thức ăn chăn nuôi bằng phương pháp Luff-Schoorl.

[9]. TCVN 10546:2014. Tinh bột sắn.

[10]. Lê Ngọc Tú và cộng sự, *Giáo trình hóa sinh công nghiệp*. NXB Khoa học và Kỹ thuật, 2000.

[11]. Ouassila Gaouar, Christian Aymard, Nadine Zakhia, Gilbert M. Rios, "Kinetic Studies on the Hydrolysis of Soluble and Cassava Starches by Maltogenase," *Starch - Stärke*, 49, 6, 231-237, 1997.

[12]. Ye Lingling, Xiao Zhigang, Wang Limin, et al, "Process optimization for high maltose syrup preparation by extrusion of corn flour," *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 28(23): 277-285, 2012.

[13]. Jei-Fu Shaw, Jyh-Rong Sheu, "Production of High-maltose Syrup and High-protein Flour from Rice by an Enzymatic Method," *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 56:7, 1071-1073, 2014.

[14]. Sema Nur Cincik, F. Balci, M. Bayram, "Determination of optimum reaction and process control parameters of starch conversion in maltose syrup production," *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(2): 131-150, 2021.

AUTHORS INFORMATION

Do Thi Hanh¹, Dang Thu Bang²

¹Faculty of Chemical Technology, Hanoi University of Industry, Vietnam

²Student, Faculty of Chemical Technology, Hanoi University of Industry, Vietnam