

Nghiên cứu chế biến nước uống lên men lactic từ củ khoai lang tím Nhật Bản (giống *Murasakimasari*)

Hoàng Thị Lệ Hằng*, Nguyễn Thị Thu Hường

Viện Nghiên cứu Rau quả

Ngày nhận bài 1/11/2018; ngày gửi phản biện 5/11/2018; ngày nhận phản biện 3/12/2018; ngày chấp nhận đăng 6/12/2018

Tóm tắt:

Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm đưa ra quy trình công nghệ chế biến sản phẩm nước uống lên men lactic. Nghiên cứu ứng dụng công nghệ sinh học trong quy trình chế biến để tăng hiệu suất và chất lượng sản phẩm, đảm bảo ổn định tối đa hàm lượng các chất dinh dưỡng của nguyên liệu (đặc biệt là hợp chất anthocyanin) tạo ra sản phẩm có chất lượng tốt, đảm bảo an toàn thực phẩm, phù hợp thị hiếu người tiêu dùng. Trên cơ sở khảo sát các công đoạn chính trong quy trình chế biến, bao gồm: ứng dụng enzyme trong khi dịch hóa, đường hóa và khảo sát điều kiện lên men thông qua đánh giá các chỉ tiêu vật lý, hóa sinh và cảm quan của sản phẩm, kết quả nghiên cứu đã xác định được các thông số kỹ thuật công đoạn thủy phân tinh bột khoai lang bằng enzyme glucoamylase 0,15% ở nhiệt độ 60°C, thời gian 1,5 giờ và lên men bằng vi khuẩn *Lactobacillus bulgaricus* với tỷ lệ tiếp giống 3% (tương ứng mật độ vi khuẩn lactic là 10⁶ CFU/ml) trong điều kiện nhiệt độ 41±1°C, thời gian lên men là 6 giờ. Từ đó, xây dựng được sơ đồ quy trình công nghệ chế biến nước uống lên men lactic từ củ khoai lang tím.

Từ khóa: anthocyanin, khoai lang tím, nước uống lên men, quy trình chế biến.

Chỉ số phân loại: 4.6

Đặt vấn đề

Khoai lang tím giống Murasakimasari là loại nông sản hiện đang được trồng nhiều tại Đồng bằng sông Cửu Long, đây là giống khoai vượt trội về năng suất, chất lượng và thời vụ thu hoạch cũng như hiệu quả kinh tế mang lại cho người dân địa phương. Ngoài giá trị cung cấp năng lượng với nhiều loại vitamin A, B, C, E và các chất khoáng K, Ca, Mg, Fe, Se..., giàu chất xơ thực phẩm thì khoai lang tím còn có những ưu điểm vượt trội do chứa một hàm lượng cao các hợp chất có hoạt tính sinh học, bao gồm các hợp chất anthocyanin carotenoid, phenol - là các chất chống oxy hóa có tác dụng ngăn chặn sự phát triển của tế bào ung thư, chống lão hóa [1].

Công nghệ chế biến các sản phẩm từ củ khoai lang nói chung và củ khoai lang tím nói riêng chưa được quan tâm đúng mức. Hiện nay, ngoài mục đích ăn tươi, củ khoai lang mới chỉ được chế biến chủ yếu dưới dạng khoai lang sấy, chiên... Tuy nhiên quy mô còn nhỏ lẻ, người dân chủ yếu sấy bằng than củi, chiên bằng dầu mỡ đã qua sử dụng nên không đảm bảo an toàn thực phẩm. Điều đó đã đặt ra một vấn đề với công tác nghiên cứu là cần đưa ra và hoàn thiện quy trình chế biến một số sản phẩm từ củ khoai lang tím, trong đó có sản phẩm nước uống lên men lactic, tạo ra các sản phẩm có giá trị cao phục vụ nhu cầu trong nước và hướng tới xuất khẩu, đa dạng hóa các sản phẩm

thực phẩm từ khoai lang tím, góp phần giải quyết đầu ra, tạo công ăn việc làm cho người lao động, kích thích ngành trồng trọt phát triển.

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Vật liệu, địa điểm nghiên cứu

Vật liệu nghiên cứu: khoai lang tím Nhật Bản (giống Murasakimasari) được trồng tại huyện Bình Tân, tỉnh Vĩnh Long, thu hoạch ở độ già 4,5 tháng (kể từ lúc trồng). Nguyên liệu khác: chế phẩm enzyme Glucoamylase 300L, Hãng Novo Nodisk - Đan Mạch; vi khuẩn *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus platarum*, *Lactobacillus acidophilus* có mật độ 10¹¹ CFU/ml là chế phẩm thương mại được sản xuất bởi Công ty CHR-Hansen, Đan Mạch.

Thiết bị và địa điểm nghiên cứu: các thiết bị dùng cho nghiên cứu (nồi hấp thanh trùng, lên men...) tại Bộ môn Bảo quản chế biến - Viện Nghiên cứu Rau quả.

Phương pháp nghiên cứu

Phương pháp công nghệ: nghiên cứu này tập trung vào hai công đoạn trong quy trình chế biến sản phẩm là thủy phân và lên men, các thí nghiệm được thực hiện như sau:

Nghiên cứu xác định các thông số công nghệ trong quá

*Tác giả liên hệ: Email: hoangthilehang@yahoo.com

Study on processing lacto-fermented drinks from Japanese purple sweet potatoes (*Murasakimasari*)

Thi Le Hang Hoang*, Thi Thu Huong Nguyen

Research Institute of Fruits and Vegetables

Received 1 November 2018; accepted 6 December 2018

Abstract:

This study aims at developing a technology for processing lacto-fermented drinks. The study applied biotechnologies in the processing to enhance production efficiency and quality, stabilising and optimising the nutrition of materials (especially anthocyanins) so that the outputs had good quality, ensured food safety and also appealed to consumers. The main stages in the processing, including the experiment with enzyme hydrolysis of purple sweet potato starch and fermentation conditions, were tested by measuring physical, biochemical and sensory indicators of the products. The study identified appropriate technical specifications for the hydrolysis of purple sweet potato starch with glucoamylase enzyme 0.15% at 60°C and for 1.5 hours. Fermentation conditions: addition of *Lactobacillus bulgaricus* 3%, at 41±1°C and for 6 hours. As the results, a technical flow chart for processing lacto-fermented drinks from purple sweet potatoes was developed.

Keywords: anthocyanin, fermented drinks, processing, purple sweet potato.

Classification number: 4.6

trình thủy phân dịch tinh bột khoai lang tím bằng enzyme glucoamylase: khoai lang tím sau khi sơ chế, định hình được được hấp chín ở nhiệt độ 100°C trong thời gian 15 phút và nghiền nhuyễn với nước theo tỷ lệ khoai lang/nước là 1/4. Sau đó, tiến hành thủy phân bằng cách bổ sung enzyme glucoamylase ở các chế độ khảo sát với nồng độ 0,05; 0,1; 0,15; 0,2% và thời gian từ 0-3 giờ, bước nhảy 0,5 giờ. Trên cơ sở xác định một số chỉ tiêu chất lượng của dịch thu được, xác định điều kiện xử lý enzyme thích hợp.

Nghiên cứu lựa chọn chủng vi khuẩn lactic phù hợp cho quá trình lên men lactic dịch khoai lang tím: dịch khoai lang tím sau khi thủy phân được phối chế phụ gia, nồng độ cơ chất đạt 16°Bx rồi thanh trùng ở nhiệt độ 85°C trong thời gian 15

phút. Sau đó làm nguội và tiến hành khảo sát khả năng lên men của các chế phẩm vi khuẩn *Lactobacillus plantarum*, chế phẩm vi khuẩn *Lactobacillus bulgaricus* và chế phẩm vi khuẩn *Lactobacillus acidophilus* ở cùng một điều kiện. Kết thúc quá trình lên men, phân tích các chỉ tiêu chất lượng sản phẩm để lựa chọn chủng vi khuẩn thích hợp nhất.

Nghiên cứu xác định các điều kiện lên men lactic thích hợp cho dịch khoai lang tím: sau khi lựa chọn được chủng vi khuẩn thích hợp. Quá trình lên men được tiến hành khảo sát với các yếu tố như sau: tỷ lệ tiếp giống: 1, 2, 3, 4, 5% (so với dịch lên men); nhiệt độ lên men: 37±1, 41±1, 45±1°C; thời gian lên men: từ 0-10 giờ. Trên cơ sở xác định chất lượng của sản phẩm sau thời gian lên men để đưa ra điều kiện lên men thích hợp nhất.

Phương pháp phân tích hóa lý: xác định hàm lượng chất khô hòa tan tổng số theo TCVN 5533:1991. Xác định hàm lượng axit theo TCVN 6509: 2013 (ISO/TS 11869: 2012). Xác định hàm lượng anthocyanin theo phương pháp pH vi sai (AOAC 2005.02). Xác định hàm lượng đường khử theo phương pháp DNS. Mức độ thủy phân (DE) xác định bằng tỷ lệ % lượng đường khử trên tổng lượng tinh bột ban đầu. Xác định độ nhớt bằng máy đo độ nhớt DV-I+ Viscometer. Xác định pH bằng máy đo pH meter cầm tay theo TCVN 6492:1999.

Phương pháp vi sinh vật: kiểm tra tổng số vi khuẩn hiếu khí theo TCVN 4884:2005.

Phương pháp cảm quan: đánh giá chất lượng cảm quan theo phương pháp cho điểm Hedonic thang điểm 1-9 [2].

Phương pháp toán học: số liệu được xử lý bằng phần mềm Microsoft Excel và phần mềm SAS 9.0.

Kết quả nghiên cứu và thảo luận

Các thông số công nghệ trong quá trình thủy phân tinh bột khoai lang tím bằng enzyme glucoamylase

Nồng độ enzyme glucoamylase: dịch khoai lang tím được bổ sung enzyme glucoamylase với các nồng độ khác nhau. Kết quả xác định một số chỉ tiêu chất lượng chính của dịch thu được sau quá trình thủy phân thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Ảnh hưởng của nồng độ enzyme glucoamylase đến chất lượng dịch khoai lang tím sau khi thủy phân.

Nồng độ enzyme (%)	Độ nhớt (CP)	Hàm lượng đường khử (%)	Hàm lượng TSS (°Bx)	Hàm lượng anthocyanin (mg/100 g)	Mức độ thủy phân (DE)
0,05	38,42 ^a	6,3 ^c	6,4 ^c	7,91 ^b	52,50 ^c
0,1	32,54 ^b	8,7 ^b	9,1 ^b	8,59 ^b	72,50 ^b
0,15	25,50 ^c	11,01 ^a	12,2 ^a	9,88 ^a	91,75 ^a
0,20	24,66 ^c	11,03 ^a	12,3 ^a	9,92 ^a	91,92 ^a

Ghi chú: các giá trị trong cùng một cột có chỉ số mũ khác nhau thì khác nhau ở mức ý nghĩa α=0,05.

Kết quả cho thấy, sau khi thủy phân, hàm lượng chất khô hòa tan tổng số (TSS), anthocyanin và mức độ thủy phân (DE) tăng tỷ lệ thuận với nồng độ enzyme, nhưng khi tăng nồng độ enzyme trên 0,15% thì mức độ tăng không đáng kể, kết quả các giá trị này ở nồng độ 0,15 và 0,20% không có sự khác biệt. Điều này được giải thích là do khi tăng nồng độ enzyme thì số phân tử enzyme trên một đơn vị diện tích tăng lên, do đó chúng sẽ xúc tác phân cắt được nhiều liên kết glucosit [3], thủy phân tinh bột thành đường, phá vỡ cấu trúc tế bào, giải phóng các chất bên trong, từ đó làm tăng lượng chất khô hòa tan. Khi hàm lượng đường tăng khiến cho giá trị DE tăng, chỉ tiêu này thể hiện rõ nhất ở hiệu suất của quá trình thủy phân, đạt 91,75% khi nồng độ enzyme là 0,15%. Tuy nhiên, khi tăng lượng enzyme trên 0,15% thì hiệu suất thủy phân là 91,92% - gần như không tăng thêm, điều này chứng tỏ với lượng enzyme 0,15% là có thể đủ để xúc tác, phân giải hết toàn bộ cơ chất trong dịch khoai lang tím. Sự biến thiên về độ nhớt cũng diễn ra tương tự nhưng theo chiều hướng ngược lại, khi nồng độ enzyme càng tăng thì độ nhớt càng giảm, tương ứng với sự thủy phân tinh bột càng nhiều.

Từ những nhận xét trên, chúng tôi chọn nồng độ enzyme glucoamylase 0,15% là thích hợp nhất để tiến hành quá trình thủy phân dịch khoai lang tím.

Thời gian xử lý enzyme glucoamylase: kết quả phân tích một số chỉ tiêu chất lượng của dịch khoai lang tím sau quá trình thủy phân ở các khoảng thời gian khác nhau được trình bày ở bảng 2 và 3.

Bảng 2. Ảnh hưởng của thời gian xử lý enzyme glucoamylase đến chất lượng dịch khoai lang tím sau khi thủy phân.

Thời gian xử lý (giờ)	Độ nhớt (CP)	Hàm lượng đường khử (%)	Hàm lượng TSS (°Bx)	Hàm lượng anthocyanin (mg/100 g)	Mức độ thủy phân (DE)
0,5	36,42 ^a	6,5 ^c	6,9 ^c	7,98 ^c	54,17 ^c
1,0	30,54 ^b	9,2 ^b	9,6 ^b	8,75 ^b	76,67 ^c
1,5	25,76 ^c	11,04 ^a	12,3 ^a	9,93 ^a	91,93 ^b
2,0	25,07 ^c	11,05 ^a	12,4 ^a	9,98 ^a	92,01 ^a
2,5	24,88 ^c	11,07 ^a	12,4 ^a	9,82 ^a	92,24 ^a
3,0	24,43 ^c	11,06 ^a	12,4 ^a	9,76 ^a	92,36 ^a

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

Bảng 3. Ảnh hưởng của thời gian xử lý enzyme glucoamylase đến chất lượng cảm quan dịch khoai lang tím sau khi thủy phân.

Chỉ tiêu	Trạng thái	Màu sắc	Hương thơm
Thời gian (giờ)			
0,5	Phân lớp nhẹ	Tím hồng đặc trưng	Thơm đặc trưng
1,0	Phân lớp nhẹ	Tím hồng đặc trưng	Thơm đặc trưng
1,5	Phân lớp nhẹ	Tím hồng đặc trưng	Thơm đặc trưng
2,0	Phân lớp	Tím hồng đặc trưng	Thơm đặc trưng
2,5	Lắng cặn	Tím hồng đặc trưng	Thơm đặc trưng
3,0	Lắng cặn	Tím nhạt	Thơm đặc trưng

Bảng 2 cho thấy, chỉ tiêu TSS, DE (mức độ thủy phân tinh bột thành đường) và anthocyanin có sự biến thiên tỷ lệ thuận với thời gian xử lý. Mức độ tăng của chỉ số DE tương ứng với mức độ tăng của giá trị hàm lượng đường khử tạo ra trong dịch do sự thủy phân ngày càng nhiều các phân tử tinh bột. Đồng thời điều này làm cho độ nhớt của dịch giảm dần theo thời gian xử lý. Các chỉ tiêu đều có sự biến đổi mạnh trong khoảng thời gian xử lý từ 0,5-1,5 giờ, khi thời gian tăng lên sự biến đổi chậm lại và gần như không đáng kể. Điều này là do thời gian càng dài càng làm tăng khả năng tiếp xúc của cơ chất và enzyme, nhưng sau đó do lượng cơ chất không còn nhiều nên sản phẩm thủy phân tăng không đáng kể.

Về chất lượng cảm quan: kết quả bảng 3 cho thấy thời gian xử lý ảnh hưởng đến màu sắc và trạng thái dịch khoai lang. Khi thời gian xử lý kéo dài, màu sắc sản phẩm có chiều hướng sẫm màu hơn, màu tím nhạt dần. Sự biến màu của dịch một phần do hàm lượng anthocyanin giảm, nhưng phần lớn là do quá trình oxy hóa thành phân polyphenol bởi các hệ enzyme polyphenoloxidase có trong dịch. Cũng tương tự, trạng thái của dịch thu được phân lớp nhẹ khi thời gian xử lý ngắn (0,5-1,5 giờ) và bị phân lớp rõ rệt khi tăng thời gian trên 2 giờ. Từ đó, chúng tôi chọn thời gian thủy phân thích hợp là 1,5 giờ để chế biến sản phẩm nước uống lên men lactic.

Lựa chọn chủng vi khuẩn lactic phù hợp cho quá trình lên men dịch khoai lang tím

Kết quả phân tích chất lượng của dịch khoai lang tím sau thời gian lên men được trình bày ở bảng 4.

Bảng 4. Ảnh hưởng của các chủng vi khuẩn lactic khác nhau tới chỉ tiêu cảm quan của dịch khoai lang tím.

Chỉ tiêu	Cấu trúc, màu sắc	Mùi	Vị	Điểm chấp nhận	Thời gian lên men (giờ)
Chủng vi khuẩn					
<i>Lactobacillus plantarum</i>	Dịch không đồng nhất, chia 2 lớp: lớp trên trong màu tím nhạt, lớp dưới lắng cặn màu tím đậm.	Thơm nhẹ	Chua gắt	7,8	8
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	Dịch không đồng nhất, chia 3 lớp: lớp trên cùng trong, màu tím; lớp giữa cặn nhỏ màu nâu tím nhạt, lớp cặn màu tím đậm.	Không thơm	Chua gắt	7,5	10
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	Dịch đồng nhất, màu tím	Thơm	Chua ngọt hài hòa	8,2	8

Qua kết quả thu được, chúng tôi nhận thấy: tất cả các chủng vi khuẩn khảo sát đều có khả năng lên men rất tốt, tuy nhiên thời gian đạt đến giá trị pH theo yêu cầu (4,1-4,2) có khác nhau giữa các chủng. Chủng *Lactobacillus acidophilus* lên men trong thời gian dài nhất là 10 giờ, hai chủng còn lại lên men trong thời gian 8 giờ.

Kết quả đánh giá cảm quan cho thấy, các mẫu sử dụng chủng

vi khuẩn *Lactobacillus plantarum* và *Lactobacillus acidophilus* bị phân lớp, sản phẩm có vị chua gắt. Đối với mẫu sử dụng chủng vi khuẩn *Lactobacillus bulgaricus* cho vị tốt, dịch đồng nhất, điểm chấp nhận sản phẩm cao nhất trong 3 chủng khảo sát. Do vậy, chủng vi khuẩn *Lactobacillus bulgaricus* được lựa chọn sử dụng trong quá trình sản xuất nước uống lên men lactic từ khoai lang tím.

Các điều kiện lên men lactic thích hợp cho dịch khoai lang tím

Tỷ lệ tiếp giống thích hợp: kết quả xác định chất lượng của dịch khoai lang tím sau thời gian lên men với các tỷ lệ tiếp giống khác nhau được trình bày ở bảng 5.

Bảng 5. Ảnh hưởng của tỷ lệ tiếp giống đến chất lượng sản phẩm lên men.

Tỷ lệ tiếp giống (%)	Mật độ vi khuẩn lactic (CFU/ml)	Hàm lượng anthocyanin (mg/100 ml)	TSS (°Bx)	Hàm lượng axit lactic (%)	pH
1,0	4,8.10 ^{8d}	5,65 ^a	14,4 ^a	0,098 ^d	4,76 ^a
2,0	9,6.10 ^{8c}	5,64 ^a	14,0 ^a	0,112 ^c	4,57 ^b
3,0	1,4.10 ^{9b}	5,63 ^a	13,6 ^b	0,125 ^b	4,18 ^c
4,0	1,9.10 ^{9b}	5,65 ^a	13,1 ^b	0,130 ^b	4,12 ^c
5,0	2,4.10 ^{9a}	5,66 ^a	12,7 ^c	0,139 ^a	3,78 ^d

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 cho thấy, số lượng vi khuẩn *L. bulgaricus* có trong dịch lên men ở các công thức thí nghiệm đều tăng tỷ lệ thuận với tỷ lệ tiếp giống. Ngược lại với sự tăng sinh khối của vi khuẩn thì hàm lượng chất khô hòa tan tổng số có trong dịch lên men lại giảm dần và các mẫu có tỷ lệ tiếp giống càng cao thì mức độ suy giảm càng nhiều. Điều này là do vi khuẩn *L. bulgaricus* sử dụng nguồn cacbon làm nguyên liệu cho quá trình lên men, do đó khi tỷ lệ tiếp giống càng cao thì tốc độ lên men càng lớn, tức là nhu cầu sử dụng nguồn cacbon càng nhiều.

Đồng thời với sự tăng sinh khối vi khuẩn, hàm lượng axit hữu cơ trong dịch lên men cũng tăng dần ở tất cả các công thức thí nghiệm (đây chính là sản phẩm của quá trình lên men). Vi khuẩn lactic sử dụng đường để chuyển hóa thành axit lactic, do vậy hàm lượng axit lactic tạo thành tăng theo nồng độ vi khuẩn [4] (từ 0,098 đến 0,139%). Sau 8 giờ lên men, hàm lượng axit lactic tổng số trong nước khoai lang tím khi tiếp giống với tỷ lệ 3% là 0,125%, 4% là 0,130% và không có sự khác nhau lớn giữa hai công thức này. Ngược lại, giá trị pH của dịch lên men ở các công thức đều giảm tương ứng với sự tăng lên của hàm lượng axit lactic. Sau 8 giờ lên men, giá trị pH của dịch với tỷ lệ tiếp giống 3 và 4% (tương đương với mật độ vi khuẩn ban đầu là 10⁶ CFU/ml) lần lượt là 4,18 và 4,12, không có sự khác biệt có ý nghĩa thống kê.

Bảng 6. Ảnh hưởng của tỷ lệ tiếp giống đến chất lượng cảm quan sản phẩm lên men.

Tỷ lệ tiếp giống (%)	Trạng thái	Hương thơm	Vị	Màu sắc	Trung bình
1,0	8,8	8,1	7,1	8,6	8,2
2,0	8,7	8,3	7,2	8,7	8,2
3,0	8,7	8,5	8,5	8,7	8,6
4,0	8,7	8,3	8,2	8,5	8,4
5,0	8,7	7,7	7,0	7,9	7,8

Kết quả đánh giá cảm quan cho thấy, quá trình lên men tác động nhiều nhất đến vị, hương thơm và màu sắc của sản phẩm (bảng 6). Nước khoai lang tím lên men với tỷ lệ tiếp giống 3% đạt điểm cảm quan trung bình cao nhất sau 8 giờ lên men (điểm 8,6). Từ đó, chúng tôi lựa chọn tỷ lệ tiếp giống vi khuẩn *L. bulgaricus* phù hợp cho quá trình lên men dịch khoai lang tím là 3% để đảm bảo số lượng vi khuẩn *L. bulgaricus* trong nước khoai lang tím lên men lactic đạt trên 10⁸ CFU/ml sau lên men.

Nhiệt độ lên men: kết quả phân tích chất lượng của các mẫu sau thời gian lên men ở các nhiệt độ khác nhau trong thời gian 8 giờ được trình bày ở bảng 7.

Bảng 7. Ảnh hưởng của nhiệt độ lên men đến chất lượng sản phẩm lên men.

Nhiệt độ lên men (°C)	Mật độ vi khuẩn lactic (CFU/ml)	Hàm lượng anthocyanin (mg/100 ml)	TSS (°Bx)	Hàm lượng axit TS (%)	pH
37±1	4,7. 10 ^{8c}	5,65 ^a	14,5 ^a	0,117 ^a	4,53 ^a
41±1	1,4. 10 ^{9a}	5,64 ^a	13,7 ^b	0,126 ^a	4,21 ^b
45±1	7,5. 10 ^{8b}	5,60 ^a	13,9 ^b	0,115 ^a	4,39 ^b

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

Bảng 8. Ảnh hưởng của nhiệt độ lên men đến chất lượng cảm quan sản phẩm lên men.

Nhiệt độ lên men (°C)	Trạng thái	Hương thơm	Vị	Màu sắc	Trung bình
37±1	8,6	8,5	8,2	8,5	8,5
41±1	8,5	8,6	8,7	8,6	8,6
45±1	8,6	8,5	6,7	8,4	8,1

Kết quả cho thấy, về mật độ vi khuẩn, mẫu được lên men ở nhiệt độ 41±1°C có mật độ vi khuẩn cao nhất và có sự khác biệt rõ rệt so với hai mẫu được lên men ở nhiệt độ 45±1°C và 37±1°C (bảng 7). Ngược lại, về giá trị pH và hàm lượng chất khô hòa tan tổng số đạt thấp nhất ở chế độ nhiệt độ 41±1°C. Về giá trị cảm quan, mẫu được lên men ở nhiệt độ 41±1°C cho kết quả đánh giá cảm quan cao nhất (bảng 8). Điều này là do ở các nhiệt độ lên men khác nhau thì vi khuẩn lactic phát triển với tốc độ khác nhau, đồng thời quá trình lên men sinh axit lactic cũng khác nhau, ở nhiệt độ 41±1°C chủng vi khuẩn *L. bulgaricus* phát triển mạnh

nhất, phân giải cơ chất và tạo ra hàm lượng axit lactic cao nhất, lượng axit tạo ra ảnh hưởng trực tiếp đến độ chua ngọt hài hòa của sản phẩm. Khi ở nhiệt độ thấp, vi khuẩn lactic phát triển chậm hơn hoặc khi nhiệt độ cao gây ức chế sự phát triển của nó. Vì vậy, nhiệt độ thích hợp cho sản phẩm nước uống lên men lactic từ dịch khoai lang tím Nhật Bản được chọn là $41 \pm 1^\circ\text{C}$.

Thời gian lên men thích hợp: kết quả phân tích chất lượng của các mẫu sau các khoảng thời gian lên men khác nhau được trình bày ở bảng 9 và 10.

Bảng 9. Ảnh hưởng của thời gian lên men đến chất lượng sản phẩm.

Thời gian lên men (giờ)	Mật độ vi khuẩn lactic (CFU/ml)	Hàm lượng anthocyanin (mg/100 ml)	TSS ($^\circ\text{Bx}$)	Hàm lượng axit TS (%)	pH
0,0	$7,1 \cdot 10^{6c}$	$5,88^a$	$16,0^a$	$0,021^c$	$6,08^a$
2,0	$9,3 \cdot 10^{7d}$	$5,83^{ab}$	$14,8^b$	$0,096^d$	$5,03^b$
4,0	$2,6 \cdot 10^{8c}$	$5,76^b$	$14,3^c$	$0,109^c$	$4,75^c$
6,0	$1,1 \cdot 10^{9b}$	$5,68^c$	$13,6^d$	$0,123^b$	$4,28^d$
8,0	$1,4 \cdot 10^{9b}$	$5,65^c$	$13,5^d$	$0,125^b$	$4,20^d$
10,0	$1,8 \cdot 10^{9a}$	$5,60^d$	$13,3^d$	$0,139^a$	$3,63^e$

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

Bảng 10. Ảnh hưởng của thời gian lên men đến chất lượng cảm quan của sản phẩm.

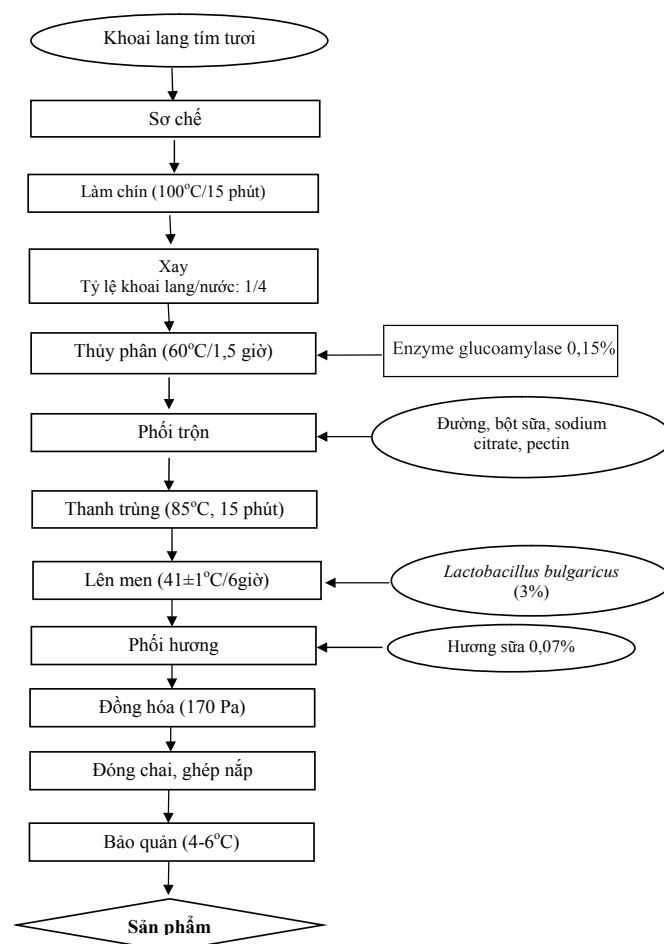
Thời gian lên men (giờ)	Trạng thái	Hương thơm	Vị	Màu sắc	Trung bình
0,0	8,6	7,5	6,7	8,1	7,7
2,0	8,6	7,6	6,9	8,2	7,8
4,0	8,7	8,1	7,1	8,6	8,1
6,0	8,7	8,5	8,9	8,7	8,7
8,0	8,6	8,5	8,7	8,6	8,6
10,0	7,8	7,7	7,0	7,9	7,6

Kết quả bảng 9 và 10 cho thấy, vi khuẩn *L. bulgaricus* trong dịch lên men tăng sinh khối theo thời gian. Số lượng vi khuẩn *L. bulgaricus* tăng lên rất nhanh trong 6 giờ đầu lên men, sau đó có xu hướng tăng chậm lại. Số lượng vi khuẩn *L. bulgaricus* đạt $1,1 \times 10^9$ CFU/ml sau 6 giờ và tăng lên chậm hơn sau 8 và 10 giờ lên men. Ngược lại, thời gian lên men càng dài thì độ pH, hàm lượng TSS càng giảm và tạo ra vị chua gắt khó chịu, ảnh hưởng tới chất lượng cảm quan của sản phẩm. Hàm lượng anthocyanin tuy có giảm dần do tác động của ánh sáng và oxy [5], nhưng mức độ giảm không nhiều. Các mẫu có thời gian lên men từ 6-8 giờ có trạng thái đồng nhất, hương vị tốt nhất và cho điểm cảm quan cao nhất. Khi kéo dài thời gian lên men (10 giờ) thì trạng thái sản phẩm bị thay đổi (có sự tách lớp), mùi vị không hài hòa và cho điểm cảm quan kém hơn. Như vậy, mẫu có thời gian lên men trong 6 giờ có điểm cảm quan được đánh giá là cao nhất, hương vị hài hòa, đạt mật độ tế bào vi khuẩn lactic trên 10^9 CFU/ml. Vì vậy, chúng tôi lựa chọn thời gian

này cho quá trình lên men.

Kết thúc quá trình lên men, sản phẩm có thể được bổ sung thêm chất gia hương, đồng hóa, đóng chai và bảo quản trong điều kiện lạnh nhiệt độ $4-6^\circ\text{C}$. Sự biến đổi số lượng tế bào vi khuẩn sống trong dịch lên men là yếu tố quan trọng nhất trong thời gian bảo quản sản phẩm. Sự sống của vi khuẩn lactic phụ thuộc vào sự có mặt của oxy trong sản phẩm, chất lượng của bao bì bảo quản, thời gian lên men và nhiệt độ tồn trữ, đồng thời còn phụ thuộc vào các chất ức chế như hàm lượng axit được tạo ra trong thời gian bảo quản [6]. Số lượng vi khuẩn theo dõi sau 30 ngày bảo quản vẫn đảm bảo đạt yêu cầu với số lượng trên 10^8 CFU/ml.

Tổng hợp các kết quả trên, chúng tôi đề xuất quy trình công nghệ chế biến sản phẩm nước uống lên men lactic từ khoai lang tím như hình 1.



Hình 1. Sơ đồ quy trình công nghệ chế biến nước uống lên men lactic từ khoai lang tím.

Thuyết minh quy trình:

➤ **Yêu cầu nguyên liệu:** củ khoai lang tím phải đạt chuẩn chất lượng (giá trị dinh dưỡng, giá trị cảm quan) cho mục đích chế biến. Khoai thường được thu hoạch ở độ già 4,5 tháng (kể

từ thời gian bắt đầu trồng). Hàm lượng tinh bột, đường đạt tối đa tương ứng 24,34 và 5,05%.

➤ **Sơ chế:** khoai lang tím được lựa chọn, loại bỏ những củ bị hư hỏng, phần dập nát..., rồi tiến hành rửa sạch, gọt vỏ, thái lát theo chiều ngang củ với chiều dày khoảng 40 mm.

➤ **Làm chín:** khoai lang tím tươi được tiến hành làm chín bằng phương pháp hấp ở nhiệt độ 100°C trong thời gian 15 phút. Yêu cầu các lát khoai sau khi làm chín ít bị gãy nát, có độ chín đồng đều và có màu tím thẫm.

➤ **Xay:** sau khi làm chín, nguyên liệu được nghiền nhỏ, sau đó bột khoai lang tím được phối trộn với nước theo tỷ lệ khoai lang/nước: 1/4.

➤ **Thủy phân:** mục đích để thủy phân tinh bột tạo ra đường glucose. Sử dụng chế phẩm enzyme glucoamylase với nồng độ 0,15% và tiến hành ở nhiệt độ 60°C trong 1,5 giờ.

➤ **Phối trộn:** với mục đích tạo cho sản phẩm có hương vị hấp dẫn và tạo điều kiện cho quá trình lên men. Tiến hành bổ sung các chất điều vị và phụ gia như sau: bột sữa 3%, sodium citrate 0,15%, hương sữa 0,07%, pectin 0,05% và đường cho tới khi hàm lượng chất khô hòa tan tổng số của dịch đạt 16°Bx.

➤ **Thanh trùng:** mục đích tiêu diệt vi sinh vật bị nhiễm tạp trong quá trình chế biến, tránh các hư hỏng không mong muốn. Dịch sau khi phối trộn được gia nhiệt đến 85°C và giữ trong 15 phút. Sau đó được làm nguội đến nhiệt độ lên men 41±1°C.

➤ **Lên men:** mục đích của quá trình lên men là tạo điều kiện cho các vi khuẩn có ích phát triển, sản sinh axit lactic làm tăng giá trị dinh dưỡng và tăng giá trị cảm quan.

➤ **Cấy giống:** chế phẩm vi khuẩn lactic *Lactobacillus bulgaricus* thuần khiết với tỷ lệ 3%. Tiến hành lên men ở nhiệt độ 41±1°C trong thời gian 6 giờ.

➤ **Đồng hóa:** sản phẩm được đồng hóa ở áp suất 170 Pa nhằm góp phần ổn định trạng thái cho sản phẩm.

➤ **Đóng bao bì:** sản phẩm được đóng trong bao bì PC 100

ml hoặc chai HDPE 100 ml và dán kín.

➤ **Sản phẩm:** đồ uống lên men lactic từ khoai lang tím Nhật Bản được bảo quản ở nhiệt độ 4-6°C với thời hạn sử dụng 30 ngày.

Kết luận

Quá trình nghiên cứu đã xác định được thông số công nghệ các công đoạn chính là thủy phân tinh bột khoai lang bằng enzyme glucoamylase 0,15% ở nhiệt độ 60°C, thời gian 1,5 giờ và lên men bằng vi khuẩn *Lactobacillus bulgaricus* với tỷ lệ tiếp giống 3% (tương ứng mật độ vi khuẩn lactic là 10⁶ CFU/ml) trong điều kiện nhiệt độ 41±1°C, thời gian lên men là 6 giờ cho nước uống lên men lactic đạt chất lượng yêu cầu. Từ đó, thiết lập được sơ đồ quy trình công nghệ chế biến nước uống lên men lactic từ khoai lang tím đạt chỉ tiêu chất lượng, đảm bảo an toàn thực phẩm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. Ikuro, O. Tomoyuki, M. Mami, K. Mio, N. Yoichi, F. Shu (2003), "Physiological functionality of purple-fleshed sweet potatoes containing anthocyanin and their utilization in foods", *JARQ*, **37(3)**, pp.25-28.
- [2] Hà Duyên Tư (2010), *Kỹ thuật phân tích cảm quan thực phẩm*, Nhà xuất bản Khoa học và Kỹ thuật.
- [3] Đỗ Thị Xuân Hương (1996), *Nghiên cứu ảnh hưởng của biến thiên hoạt độ enzym amylase đến hàm lượng đường trong củ khoai lang khi bảo quản và chế biến*, Luận văn thạc sỹ, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội.
- [4] Nguyễn Đức Lượng (2002), *Công nghệ vi sinh, tập I*, Nhà xuất bản Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh.
- [5] Thái Thị Ánh Ngọc (2011), *Nghiên cứu thành phần của chất màu anthocyanin chiết từ khoai lang tím*, Luận văn thạc sỹ, Đại học Đà Nẵng.
- [6] K.Y. Yoon, E.E. Woodams, and Y.D. Hang (2004), "Probiotication of tomato juice by lactic acid bacteria", *J. Microbiol.*, **42(4)**, pp.315-318.