

**NGHIÊN CỨU CÁC YẾU TỐ ẢNH HƯỞNG
ĐẾN SỰ THAY ĐỔI HÀM LƯỢNG ANTHOCYANIN CỦA KHOAI LANG TÍM
TRONG QUÁ TRÌNH SẢN XUẤT BẰNG PHƯƠNG PHÁP SẤY THĂNG HOA**
RESEARCH ON FACTORS AFFECTING CHANGES
IN ANTHOCYANIN CONCENTRATION OF SWEET PURPLE POTATOES DURING
PRODUCTION USING THE FREEZE-DRYING METHOD

Trương Thị Minh Hạnh

Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng

Lê Viết Triển

Nhà máy bánh kẹo Bicafun, Quảng Ngãi

TÓM TẮT

Anthocyanin là một hợp chất thuộc nhóm flavonoid, ngoài vai trò tạo màu cho khoai lang tím, anthocyanin còn là một chất có hoạt tính sinh học rất quý. Vì vậy chọn phương pháp sấy thăng hoa để chế biến sản phẩm khoai lang tím sấy không những lưu lại rất tốt các đặc tính cảm quan, chất lượng dinh dưỡng và kéo dài thời gian bảo quản, mà còn là biện pháp bảo toàn hàm lượng anthocyanin có trong sản phẩm. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu sự thay đổi hàm lượng anthocyanin ở các công đoạn của quá trình sản xuất như chần, hấp và sấy thăng hoa. Ở giai đoạn sấy thăng hoa, các yếu tố ảnh hưởng như nhiệt độ lạnh đông, nhiệt độ sấy, thời gian sấy được khảo sát bằng phương pháp qui hoạch thực nghiệm TĐY 2^3 . Với việc tối ưu hóa hàm đa mục tiêu bằng phương pháp thoát ly khỏi vùng cấm, đã xác định được các thông số tốt nhất cho quá trình sấy: nhiệt độ lạnh đông -60°C , nhiệt độ sấy 45°C và thời gian sấy 6 giờ, hàm lượng anthocyanin giữ được trong sản phẩm là cao nhất và độ ẩm khoai lang tím sấy thấp nhất.

ABSTRACT

Anthocyanin, a compound chemical substance in flavonoid group, that creates color for sweet purple potatoes has a valuable biologically active ingredient. Therefore, choosing the freeze-drying method to process sweet purple potatoes does not only preserve well sensory characteristics, nutrient quality and prolong preservation duration but also keep anthocyanin concentration intact in final products. This paper presents the research on changes in anthocyanin concentration in several phases of production such as grinding, streaming, and freeze-drying. In the freeze-frying phase, affecting factors such as freezing temperature, drying temperature, and drying duration are investigated using the experiment planning method of 2^3 total factors. By optimizing a multi-objective function using the restrictive area method, we have determined optimal technical parameters for the freeze-drying phase: freezing temperature at -60°C , drying temperature at 45°C , and drying duration of 6 hours. With these parameters, anthocyanin concentration in final products is maximized, and the humidity of dried sweet purple potatoes is minimized.

I. MỞ ĐẦU

Khoai lang tím (KLT) có nguồn gốc từ Nhật Bản có tên khoa học là Okinawan. Đây là một nguồn chất màu tím tốt và ổn định vì nó có sản lượng lớn với hàm lượng anthocyanin tương đối cao [1]. Cũng như các loại khoai lang khác, trong KLT có thành phần chủ yếu là tinh bột, dễ được cơ thể tiêu hoá và hấp thụ. Anthocyanin có trong KLT được xem như là một chất màu tự nhiên hấp dẫn và có nhiều tác dụng quý báu như: chống oxy hóa, chống ung thư, chống suy nhược thần kinh, phòng và chữa bệnh tiểu đường, chống các tia phóng xạ.. Anthocyanin còn được dùng để chống dị ứng,

viêm loét, kháng nhiều loại vi khuẩn khó tiêu diệt, tăng chức năng chống độc của gan, ngăn ngừa sự nhiễm mỡ gan và hoại tử mô gan, điều hòa lượng cholesterol trong máu, tránh nguy cơ tắc nghẽn xơ vữa động mạch, phục hồi trường lực tim, điều hòa nhịp tim và huyết áp, điều hòa chuyển hóa canxi, làm giảm đau do tác dụng cơ thắt cơ trơn. Chính điều này đã làm cho KLT có một giá trị dinh dưỡng và dược liệu cao [2].

Ở Nhật Bản, hiện nay có nhiều sản phẩm thực phẩm chế biến từ KLT được bán trong các cửa hàng tại các nhà ga, phi trường, khu du lịch ở Kyushu-Okinawa [1]. Trong khi đó, sản lượng KLT ở nước ta tương đối cao nhưng chủ

yếu là dùng để tiêu thụ trong nước và xuất khẩu ở dạng củ tươi sang các thị trường Nhật bản và Tây Âu. Vì vậy giá trị kinh tế thu được còn thấp. Do vậy việc chọn KLT làm nguyên liệu trong đề tài này sẽ góp phần làm tăng giá trị sử dụng, đồng thời tạo ra một sản phẩm thực phẩm mới đáp ứng nhu cầu tiêu dùng của xã hội.

II. NGUYÊN LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1 Nguyên liệu: Khoai lang tím (purple sweet potato) trồng trên đất Đà Lạt.

2.2 Phương pháp nghiên cứu

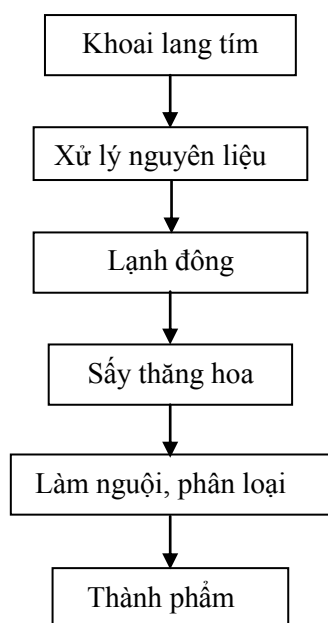
- Xác định hàm lượng anthocyanin của nguyên liệu bằng phương pháp pH vi sai [2]. Xác định protein bằng phương pháp Kjeldahl. Xác định glucit bằng phương pháp Bertrand. Xác định lipit bằng phương pháp Soxhlet. Xác định hàm lượng xơ của nguyên liệu. Xác định hàm lượng các kim loại nặng bằng máy cực phổ xung vi phân CPA-HH3.

- Xác định chất lượng KLT sấy thăng hoa bằng phương pháp đánh giá cảm quan.

- Tổ chức thí nghiệm theo phương pháp quy hoạch trực giao cấp I TYT 2^k [3]

- Tối ưu hóa hàm 2 mục tiêu bằng phương pháp miền cấm [4], thực hiện bằng phần mềm Solver và ngôn ngữ lập trình Pascal

2.3 Quy trình sản xuất KLT bằng phương pháp sấy thăng hoa tại phòng thí nghiệm



2.4 Thiết bị sấy thăng hoa thực hiện nghiên cứu



Hình 2. Tủ lạnh đông MDF 382



Hình 3. Thiết bị sấy thăng hoa

III. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN:

3.1 Khảo sát thành phần hóa học của nguyên liệu

Kết quả xác định thành phần hóa học của khoai lang tím được trình bày ở bảng 3.1.

Bảng 3.1 Kết quả tổng hợp thành phần hóa học của KLT trong 100g nguyên liệu tươi

Thành phần hoá học	Hàm lượng	Đơn vị
Nước	67,86	g
Anthocyanin	0,06	g
Protein	0,311	g
Gluxit	29,11	g
Lipit	0,26	g
Xơ	1,42	g
Kim loại nặng	Zn	0,8637 mg
	Cd	0,0012 mg
	Pb	0,0482 mg
	Cu	0,1420 mg
Các thành phần khác	0,978	g
Tổng	100	g

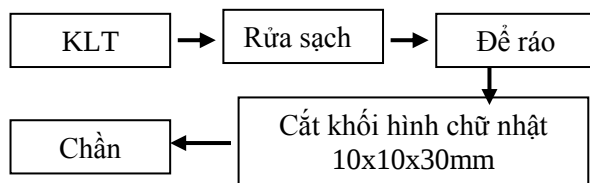
Nhận xét: Kết quả khảo sát cho thấy trong KLT có chứa nhiều thành phần dinh dưỡng, trong đó, hàm lượng anthocyanin xác định được là khá cao (0,06%). Ngoài ra, hàm lượng các kim loại nặng cũng dưới mức tối đa cho phép theo quyết định số 867/1998/ QĐ-BYT của Bộ

Y tế. Như vậy hoàn toàn có thể đưa KLT vào nghiên cứu và sản xuất.

3.2 Nghiên cứu sự thay đổi hàm lượng anthocyanin của KLT trong quá trình xử lý nguyên liệu trước khi sấy thăng hoa:

Xử lý nguyên liệu trước khi sấy thăng hoa có một vai trò quan trọng quyết định đến chất lượng thành phẩm. Chúng tôi đề xuất 2 quy trình xử lý sau:

Quy trình 1



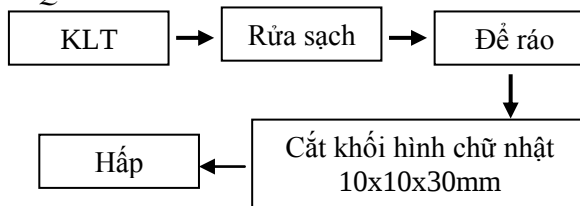
Kết quả xác định một số chỉ tiêu của bán thành phẩm KLT sau khi chần ở nhiệt độ 90°C như: độ ẩm, hàm lượng anthocyanin và đánh giá cảm quan được trình bày ở bảng 3.2.

Bảng 3.2 Kết quả xác định độ ẩm, hàm lượng anthocyanin và đánh giá cảm quan sau chần

Thời gian chần, phút	Độ ẩm, %	Hàm lượng anthocyanin, %	Đánh giá cảm quan
3	67,65	0,223	Bề mặt ngoài khô, chín không đều, màu không đậm
4	67,66	0,224	Bề mặt ngoài khô, chín không đều, màu tương đối đậm
5	67,70	0,226	Bề mặt ngoài khô, chín đều, màu đậm.
6	67,72	0,222	Bề mặt ngoài khô, màu nhạt, chín đều.
7	67,74	0,220	Bề mặt khô, màu nhạt, quá chín.

Sau khi tiến hành xử lý nguyên liệu theo quy trình 1 chúng tôi nhận thấy chất màu anthocyanin thất thoát vào nước chần khá nhiều. Do vậy chúng tôi khảo sát theo quy trình 2.

Quy trình 2



Kết quả đánh giá các chỉ tiêu chất lượng KLT sau hấp ở nhiệt độ 100°C trình bày ở bảng 3.3.

Bảng 3.3 Kết quả xác định độ ẩm, hàm lượng anthocyanin và đánh giá cảm quan sau hấp

Thời gian hấp, phút	Độ ẩm, %	Hàm lượng anthocyanin, %	Đánh giá cảm quan
3	67,85	0,228	Mẫu chưa chín, cứng, bề mặt còn mủ.
4	67,76	0,236	Mẫu chín, không quá mềm, bề mặt ướt, màu tím đẹp, đậm.
5	67,80	0,225	Mẫu quá chín, mềm, một vài mẫu bị bể, màu đậm
6	67,80	0,225	Mẫu quá chín, mềm, nhiều mẫu bị bể.
7	67,80	0,225	Mẫu quá chín, mềm, nhiều mẫu bị bể.

So sánh bảng 3.2 và 3.3, chúng tôi chọn quy trình 2 xử lý khoai lang tím trước khi sấy có giai đoạn hấp, trong đó nhiệt độ hấp là 100°C, thời gian hấp là 4 phút, lúc đó hàm lượng anthocyanin đạt cao nhất là 0,236%.

• Nhận xét: -Hàm lượng anthocyanin trong bán thành phẩm sau xử lý xác định được là 0,236 % tăng lên vượt trội hơn so với trong nguyên liệu tươi là 0,06 %. Như vậy quá trình xử lý không những vô hoạt được các enzym oxy hóa, làm chín nguyên liệu, tăng hiệu quả cho quá trình sấy mà còn làm tăng anthocyanin, tăng màu sắc, tăng giá trị dinh dưỡng và cảm quan cho sản phẩm. Sở dĩ như vậy là do trong quá trình xử lý nhiệt tinh bột bị hồ hóa, các tế bào bị phá vỡ tạo điều kiện giải phóng anthocyanin.

3.3 Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình sấy thăng hoa khoai lang tím

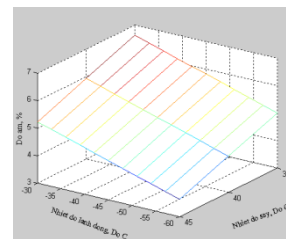
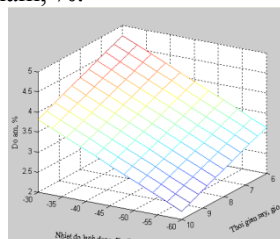
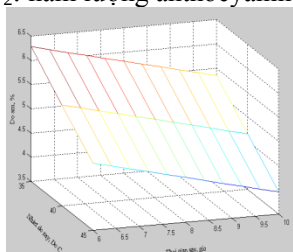
Chọn các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình sấy thăng hoa là: nhiệt độ lạnh đông, nhiệt độ sấy và thời gian sấy. Về chất lượng sản phẩm, chúng tôi quan tâm đến hàm lượng anthocyanin và độ ẩm của thành phẩm. Để rút ngắn thời gian nghiên cứu, tổ chức các thí nghiệm theo ma trận trực giao cấp I [3]. Tham khảo một số tài liệu đã công bố [5], [6], [7], thiết lập mô hình thí nghiệm, tiến hành thí nghiệm theo mô hình và thu được kết quả ở bảng 3.4.

Bảng 3.4 Ma trận quy hoạch với biến ảo TYT 2³ và kết quả thực nghiệm

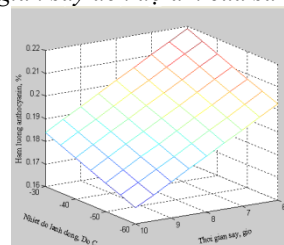
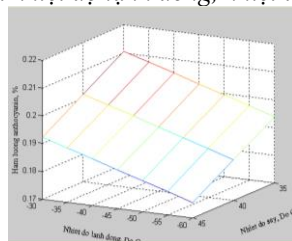
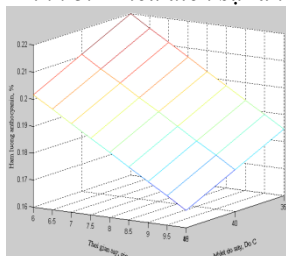
S T T	Biến thực			Biến mã			Y ₁	Y ₂
	Z ₁ , °C	Z ₂ , °C	Z ₃ , giờ	x ₁	x ₂	x ₃		
1	-30	45	10	+	+	+	4,48	0,168
2	-60	45	10	-	+	+	3,8	0,158
3	-30	35	10	+	-	+	5,69	0,19
4	-60	35	10	-	-	+	4,64	0,186
5	-30	45	6	+	+	-	5,58	0,215
6	-60	45	6	-	+	-	3,84	0,195
7	-30	35	6	+	-	-	7,95	0,233
8	-60	35	6	-	-	-	4,98	0,200
9	-45	40	8	0	0	0	4,78	0,203
10	-45	40	8	0	0	0	4,97	0,197
11	-45	40	8	0	0	0	4,68	0,194

trong đó:

- x₁: nhiệt độ lạnh đông, °C.
- x₂: nhiệt độ sấy, °C.
- x₃: thời gian sấy, giờ.
- y₁: độ ẩm của sản phẩm, %.
- y₂: hàm lượng anthocyanin của sản phẩm, %.



Hình 3.1 Biểu diễn sự ảnh hưởng của nhiệt độ lạnh đông, nhiệt độ sấy, thời gian sấy đến độ ẩm của sản phẩm



Hình 3.2 Biểu diễn sự ảnh hưởng của nhiệt độ lạnh đông, nhiệt độ sấy, thời gian sấy đến hàm lượng anthocyanin của sản phẩm

Sau khi tính toán, kiểm tra sự có nghĩa của các hệ số, kiểm tra sự tương thích của các phương trình hồi quy, chúng tôi đã xây dựng được phương trình hồi quy của hàm mục tiêu độ ẩm và hàm lượng anthocyanin như sau:

$$\hat{y}_1 = 5,12 + 0,805x_1 - 0,695x_2 - 0,4675x_3 - 0,3725x_1x_3 \quad (\text{pt 1})$$

$$\text{Và } \hat{y}_2 = 0,193125 + 0,008375x_1 - 0,009125x_2 - 0,017625x_3 \quad (\text{pt 2})$$

Dựa vào phương trình hồi quy của hàm mục tiêu độ ẩm sản phẩm (pt 1) ta thấy cả 3 yếu tố là nhiệt độ lạnh đông, nhiệt độ sấy, thời gian sấy đều ảnh hưởng đến độ ẩm của sản phẩm.

Các yếu tố trên cũng ảnh hưởng đến hàm lượng anthocyanin của sản phẩm được thể hiện trong phương trình thứ 2 (pt 2). Trong các khoảng của các yếu tố đã chọn, khi tăng nhiệt độ lạnh đông, giảm nhiệt độ sấy, giảm thời gian sấy xuống một mức nhất định thì hàm lượng anthocyanin sẽ tăng. Đó là vì: khi lạnh đông ở mức độ càng thấp thì các tinh thể đá hình thành trong bán thành phẩm càng ít không gây biến dạng, rách tế bào, do đó trong quá trình thăng hoa anthocyanin trong tế bào không bị cuốn theo hơi ẩm ra ngoài. Mặt khác, anthocyanin là một hợp chất dễ bị phá hủy bởi nhiệt độ và ánh sáng, do vậy khi sấy trong điều kiện nhiệt độ thấp và thời gian ngắn sẽ đỡ tổn thất anthocyanin hơn. Sự ảnh hưởng của các yếu tố trên đến độ ẩm và hàm lượng anthocyanin được thể hiện ở các hình 3.1 và 3.2.

Với những đồ thị này trong nghiên cứu cũng như sản xuất ta có thể kiểm soát sự ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ đến độ ẩm và hàm lượng anthocyanin của sản phẩm một cách nhanh chóng trong các khoảng xác định.

3.4. Tối ưu hóa các điều kiện công nghệ của quá trình sấy khoai lang tím

1. Tìm giá trị tối ưu của hàm mục tiêu độ ẩm và hàm lượng anthocyanin

Trong điều kiện nhất định với mục đích tạo ra sản phẩm có độ ẩm càng nhỏ và hàm lượng anthocyanin càng cao càng tốt, sau khi có các phương trình hồi quy trên chúng tôi áp dụng bài toán Solver để tìm ra y_{1min} , y_{2max} . Kết quả sau khi tối ưu được trình bày ở bảng 3.5 và 3.6.

Bảng 3.5 Kết quả sau khi tối ưu hàm mục tiêu độ ẩm bằng Solver

Biến thực			Biến mã			y_{1min}
$Z_1, ^\circ\text{C}$	$Z_2, ^\circ\text{C}$	$Z_3, \text{giờ}$	x_1	x_2	x_3	
-60	45	10	-	+	+	3,525

Bảng 3.6 Kết quả sau khi tối ưu hàm mục tiêu hàm lượng anthocyanin bằng Solver

Biến thực			Biến mã			y_{2max}
$Z_1, ^\circ\text{C}$	$Z_2, ^\circ\text{C}$	$Z_3, \text{giờ}$	x_1	x_2	x_3	
-30	35	6	+	-	-	0,228

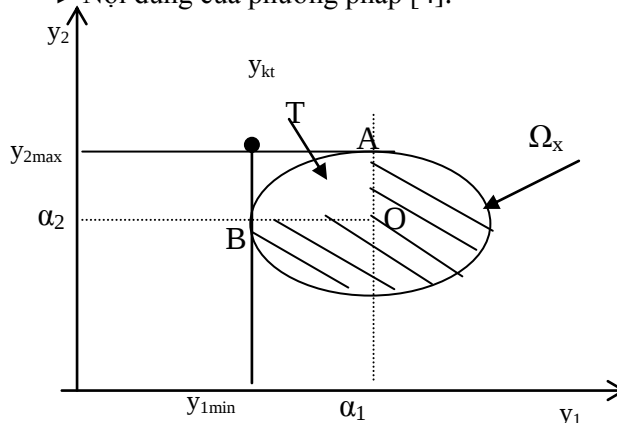
Nhận xét: Qua các kết quả này cho thấy ở điều kiện công nghệ để $y_1 \rightarrow \min$ thì không thể có được y_2 lớn nhất. Do vậy, không thể tìm được điều kiện tối ưu thỏa mãn một lúc hai mục tiêu nghiên cứu bằng phương pháp này.

2. Tối ưu hóa hàm đa mục tiêu tìm điều kiện công nghệ tốt nhất

Theo kết quả nhận được từ bài toán Solver ta thấy không thể có một nghiệm chung cho cả hai phương trình để đạt được y_{1min} , y_{2max} mà chỉ tìm được nghiệm thỏa hiệp (x_1, x_2, x_3) để các giá trị y_1, y_2 nằm gần y_{1min} , y_{2max} . Để tìm được nghiệm thỏa hiệp có thể dùng phương pháp chấp tuyến tính. Tuy nhiên trong phương pháp này phải tiến hành thêm các thí nghiệm leo dốc để tìm điều kiện tối ưu sau khi đã có hàm chấp đa mục tiêu. Để giảm bớt số thí nghiệm, rút ngắn thời gian nghiên cứu chúng tôi

đã áp dụng phương pháp thoát ly vùng cấm trong tổ hợp chấp phi tuyến.

► Nội dung của phương pháp [4]:



Hình 3.3 Đồ thị thể hiện nội dung của phương pháp

Trong đó:

- y_{1min} , y_{2max} là các giá trị tối ưu của hàm y_1, y_2 giải bằng Solver

- y_{kt} : hiệu quả không tương, $y_{kt} = \{y_{1opt}, y_{2opt}\}$;

- Ω_x : miền cấm

- Miền T (diện tích $AOBy_{kt}$): phạm vi tìm kiếm tối ưu của $R(x)$

- α_1 : giới hạn trên của hàm y_1 ,

- α_2 : giới hạn dưới của hàm y_2

Từ mỗi bài toán xây dựng một hàm mục tiêu chung:

$$\rho_1(\hat{y}_1) = \begin{cases} \alpha_1 - y_1 & y_1(x) < \alpha_1 \\ \alpha_1 - y_1^{kt} & y_1(x) > \alpha_1 \\ 0 & \end{cases}$$

$$\rho_2(\hat{y}_2) = \begin{cases} \frac{y_2 - \alpha_2}{y_2^{kt} - \alpha_2} & y_2(x) > \alpha_2 \\ 0 & y_2(x) < \alpha_2 \end{cases}$$

Hàm mục tiêu tổ hợp chấp $R(x)$ tính theo công thức: $R(x) = \rho_1(x) \cdot \rho_2(x) \rightarrow \max$

Bài toán được giải theo phương pháp luân phiên từng biến của Gauss Seidel với ngôn ngữ lập trình Pascal.

Ý nghĩa: $R(x) \rightarrow \max$, tức là cực đại hóa khoảng cách (thoát càng xa miền cấm thì càng gần điểm không tương).

Dạng bài toán: Tìm nghiệm tối ưu x_{opt} sao cho $R_{opt}(x) = R(x_{opt}) = \max R(x)$, $x \in \Omega_x$.

Sau khi chạy chương trình với 200 vòng lặp chúng tôi thu được kết quả ở bảng 3.7

Bảng 3.7 Kết quả thu được sau khi chạy chương trình

X_1 tối ưu, $^{\circ}\text{C}$	X_2 tối ưu, $^{\circ}\text{C}$	X_3 tối ưu, giờ	y_1 tối ưu, %	y_2 tối ưu, %
-60	44,95	6	3,7219	0,2005

3. Kiểm chứng các kết quả tối ưu bằng thực nghiệm

Từ kết quả tối ưu trên để đối chiếu kết quả giữa lý thuyết và thực nghiệm, tiến hành thí nghiệm tại điều kiện công nghệ tối ưu. Mẫu kiểm chứng được xác định độ ẩm và hàm lượng anthocyanin. Kết quả thu được ở bảng 3.8.

Bảng 3.8 Kết quả thí nghiệm kiểm chứng

	Lần 1	Lần 2	Lần 3	T/bình
Độ ẩm, %	3,72	3,78	3,75	3,75
Anthocyanin, %	0,198	0,202	0,203	0,201

Từ kết quả thực nghiệm tại điều kiện tối ưu chúng tôi nhận được sản phẩm có độ ẩm là 3,75% và hàm lượng anthocyanin là 0,201 %. Kết quả này cho thấy chúng ta không thể tìm được một điều kiện công nghệ mà tại đó cho ta sản phẩm có độ ẩm bằng $y_{1min} = 3,525$ % và hàm lượng anthocyanin đạt giá trị của $y_{2max} = 0,228$ %. Tuy nhiên, các giá trị tìm được cũng gần thỏa mãn giá trị của y_{1min} , y_{2max} . Do vậy có thể kết luận rằng phương án tối ưu có độ tin cậy khá cao và điều kiện tốt nhất để sấy thăng hoa khoai lang tím là: nhiệt độ lạnh đông -60°C , nhiệt độ sấy 45°C , thời gian sấy 6 giờ.

Cuối cùng, để kiểm tra chất lượng sản phẩm khách quan hơn, chúng tôi tổ chức một

cuộc thí nghiệm đánh giá cảm quan đối với mẫu kiểm chứng. Hội đồng đánh giá gồm 60 người là các bạn Sinh viên lớp 02H2AB, 03SH thực hiện tại hai phòng đánh giá cảm quan của trường Đại học Bách khoa, ĐH Đà Nẵng. Các thành viên sau khi được mời thử sẽ đánh giá mức độ ưa thích về màu sắc, ưa thích về độ khô giòn, ưa thích về vị và mức độ ưa thích chung theo thang 9 điểm. Thang 9 điểm qui định như sau: 1 điểm: hoàn toàn không thích, 2 điểm: rất không thích, 3 điểm: không thích, 4 điểm: tương đối không thích, 5 điểm: không ghét không thích, 6 điểm: tương đối thích, 7 điểm: thích, 8 điểm: rất thích và 9 điểm: hoàn toàn thích. Kết quả trung bình tổng hợp lại ở bảng 3.9.

Bảng 3.9 Tổng hợp kết quả điểm đánh giá cảm quan thị hiếu

	Điểm mức độ ưa thích về màu sắc	Điểm mức độ ưa thích về độ khô giòn	Điểm mức độ ưa thích về vị	Điểm mức độ ưa thích chung
Trung bình	8,01	6,71	6,23	6,5

Đối chiếu với thang điểm cho thấy: sản phẩm này được người tiêu dùng khá thích, màu sắc của sản phẩm được người tiêu dùng rất thích. Điều đó cho thấy KLT sấy theo phương pháp này bảo tồn gần như nguyên vẹn anthocyanin. Vì đây là sản phẩm hoàn toàn tự nhiên, không thêm gia vị mà vẫn được người tiêu dùng đánh giá tương đối cao Sản phẩm này sẽ rất tốt cho những người ăn kiêng vì hạn chế tối đa các chất béo và rất có lợi cho sức khỏe vì hạn chế được các hóa chất độc hại cũng như cung cấp cho con người một lượng anthocyanin quý giá và các chất dinh dưỡng có sẵn trong KLT.



Hình 3.4 KLT nguyên liệu nghiên cứu



Hình 3.5 Khoai lang tím sau xử lý trước khi sấy



Hình 3.6 Khoai lang tím sấy thăng hoa

IV. KẾT LUẬN

- Đã khảo sát được thành phần hóa học của khoai lang tím. Đây là loại thực phẩm có nhiều chất dinh dưỡng, hàm lượng các kim loại nặng như Zn, Pb, Cd, Cu đều ở dưới mức giới hạn cho phép của Bộ Y tế. Đặc biệt còn chứa một hàm lượng khá cao được chất anthocyanin (0,06%).

- Quá trình xử lý KLT trước khi sấy tốt nhất là tiến hành giai đoạn hấp ở 100°C trong thời gian 4 phút để thu nhận được hàm lượng anthocyanin cao nhất là 0,236%.

- Các điều kiện công nghệ của quá trình sấy thăng hoa như: nhiệt độ lạnh đông, nhiệt độ sấy, thời gian sấy ảnh hưởng rất lớn đến độ ẩm và hàm lượng anthocyanin của khoai lang tím sấy. Trong các khoảng đã khảo sát, khi giảm nhiệt

độ lạnh đông, tăng nhiệt độ sấy, tăng thời gian sấy thì độ ẩm sản phẩm sẽ giảm xuống còn hàm lượng anthocyanin sẽ bị tổn thất nhiều hơn, nó được biểu hiện qua 2 phương trình hồi quy:

$$\hat{y}_1 = 5,12 + 0,805x_1 - 0,695x_2 - 0,4675x_3 - 0,3725x_1x_3$$

$$\hat{y}_2 = 0,193125 + 0,008375x_1 - 0,009125x_2 - 0,017625x_3$$

- Thông số tốt nhất của quá trình sấy thăng hoa KLT là: nhiệt độ lạnh đông -60 °C, nhiệt độ sấy 45 °C, thời gian sấy 6 giờ. Sản phẩm thu được có độ ẩm là 3,75 % và hàm lượng anthocyanin là 0,201 %, được người tiêu dùng đánh giá khá cao, từ đó có thể định hướng tạo ra sản phẩm hoàn thiện hơn

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. M. K. Krokida, V. T. Karathanos và Z. B. Maroulis; Effect of Freeze-drying Conditions on Shrinkage and Porosity of Dehydrated Agricultural Products; Journal of Food Engineering, 35, 369-380,1998
2. Huỳnh Thị Kim Cúc, Phạm Châu Huỳnh, Nguyễn Thị Lan, Trần Khôi Uyên; Xác định hàm lượng anthocyanin trong một số nguyên liệu rau quả bằng phương pháp pH vi sai; Tạp chí khoa học và công nghệ, Đại học Đà Nẵng, 3(7), 47-54, 2004
3. Nguyễn Cảnh; Quy hoạch thực nghiệm; Đại học Bách Khoa TP. HCM,1993
4. Lê Xuân Hải, Nguyễn Thị Lan; Tối ưu đa mục tiêu với các chuẩn tối ưu tổ hợp S và R ứng dụng trong quá trình chiết tách chất màu anthocyanin; Tạp chí phát triển khoa học và công nghệ, 09/2008, tập 11, Đại học Quốc gia thành phố Hồ Chí Minh, 2008
5. Ikuo Suda, Tomoyuki Oki, Mami Masuda, Mio Kobayashi, Yoichi Nishiba, Shu Furuta; Physiological Funtionalty of Purlple-Fleshed Sweet Potatoes Containing Anthocyanin and Their Utilization in Foods; JARQ - (Vol. 37 No. 3),2003
6. M. K. Krokida, V. T. Karathanos và Z. B. Maroulis; Effect of Freeze-drying Conditions on Shrinkage and Porosity of Dehydrated Agricultural Products; Journal of Food Engineering, 35, 369-380,1998
7. Yeu-Pyng Lin, Jen-Horng Tsen, V. An-Erl King; Effect of far-infrared radiation on the freeze-drying of sweet potato; Journal of Food Engineering, 68, 249-255,2004
8. Luanda G. Marques, Maria C. Ferreisa, José T. Freice; Freeze-drying of acerola (Malpighia glabra L.); Chemical Engineering and Processing, 46, 451-457,2006

Địa chỉ liên hệ: Trương Thị Minh Hạnh - Tel: 0914.190.902, Email: tminhhanh2001@yahoo.com
Khoa Hóa, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng
54, Nguyễn Lương Bằng, Quận Liên Chiểu, Thành phố Đà Nẵng