

MỤC LỤC

	Trang
Lời mở đầu.....	3
Chương I: Tổng quan tài liệu.....	5
1.1. Nguyên liệu.....	5
1.2. Thành phần hoá học của nguyên liệu.....	7
1.3. Công nghệ sấy nông sản.....	8
1.3.1. Các tính chất hoá lý và công nghệ sấy nông sản	8
1.3.2. Một số chỉ tiêu đánh giá chất lượng sản phẩm sấy	10
1.4. Phương pháp sấy thăng hoa và ý nghĩa của nó trong công nghiệp thực phẩm.....	12
1.4.1. Giới thiệu về phương pháp sấy thăng hoa.....	12
1.4.2. Các giai đoạn của sấy thăng hoa.....	13
1.4.3. Tốc độ truyền nhiệt	14
1.4.4. Tốc độ truyền khối	15
1.4.5. Thiết bị sấy thăng hoa	16
1.4.5.1. Phân loại thiết bị sấy thăng hoa	16
1.4.5.2. Nguyên tắc làm việc	16
1.4.6. Ảnh hưởng của quá trình sấy thăng hoa đến chất lượng sản phẩm...	19
1.4.7. Những biến đổi chính trong quá trình sấy thăng hoa.....	19
1.4.8. Tình hình nghiên cứu ứng dụng sấy thăng hoa trong thực phẩm và các sản phẩm từ khoai lang tím	19
Chương II: Đối tượng và phương pháp nghiên cứu	24
2.1. Đối tượng nghiên cứu.....	24
2.1.1. Nguyên liệu.....	24
2.1.2. Hoá chất.....	24
2.1.3. Thiết bị.....	24
2.1.4. Bao bì để bao gói sản phẩm.....	26
2.2. Phương pháp nghiên cứu.....	26
2.2.1. Phương pháp vật lý.....	26
2.2.2. Phương pháp hoá sinh	26
2.2.3. Phương pháp hóa phân tích máy (xác định hàm lượng các kim loại nặng).....	31
2.2.4. Phương pháp cảm quan	33
2.2.5. Phương pháp toán học	33
Chương III: Kết quả và thảo luận	35

3.1. Xác định thành phần hóa học của khoai lang tím.....	35
3.1.1. Xác định độ ẩm	35
3.1.2. Xác định anthocyanin bằng phương pháp pH vi sai	35
3.1.3. Xác định protit bằng phương pháp Kjeldahl	36
3.1.4. Xác định gluxit tổng, đường, tinh bột bằng phương pháp Bertrand...37	
3.1.5. Xác định hàm lượng lipit bằng phương pháp Soxhlet	38
3.1.6. Xác định hàm lượng xơ	38
3.1.7. Xác định hàm lượng các kim loại nặng.....	39
3.2. Nghiên cứu sản xuất khoai lang tím sấy bằng phương pháp sấy thăng hoa.....	40
3.2.1. Nghiên cứu lựa chọn quá trình xử lý nguyên liệu trước khi sấy thăng hoa.....	40
3.2.1.1. Quy trình 1	41
3.2.1.2. Quy trình 2	42
3.2.2. Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình sấy thăng hoa khoai lang tím.....	44
3.2.2.1. Chọn yếu tố ảnh hưởng và hàm mục tiêu.....	44
3.2.2.2. Các bước thực hiện bài toán quy hoạch	45
3.2.3. Tối ưu hóa các điều kiện công nghệ sấy thăng hoa khoai lang tím....52	
3.2.3.1. Tối ưu hóa các điều kiện công nghệ để sản phẩm có độ ẩm nhỏ nhất và hàm lượng anthocyanin lớn nhất	52
3.2.3.2. Tối ưu hóa hàm đa mục tiêu bằng phương pháp thoát ly khỏi vùng cấm.....	54
3.2.4. Thực nghiệm kiểm chứng.....	55
3.2.5. Đánh giá cảm quan.....	56
3.2.6. Đề xuất qui trình công nghệ sản xuất khoai lang tím sấy bằng phương pháp sấy thăng hoa ở quy mô pilot	57
Kết luận.....	60
Hướng phát triển đề tài.....	61
Tài liệu tham khảo.....	62
Phụ lục	

LỜI MỞ ĐẦU

Kỹ thuật sấy đóng vai trò vô cùng quan trọng trong công nghiệp và đời sống. Trong quy trình công nghệ của rất nhiều sản phẩm đều có công đoạn sấy khô để bảo quản dài ngày. Công nghệ này ngày càng phát triển trong ngành hải sản, rau quả và các thực phẩm khác.

Sấy thăng hoa là quá trình tách ẩm ra khỏi vật sấy bằng sự thăng hoa của nước. Quá trình thăng hoa là quá trình chuyển trực tiếp từ thể rắn sang thể hơi. Ở điều kiện bình thường, ẩm trong thực phẩm ở dạng lỏng nên để thăng hoa chúng cần được chuyển sang thể rắn bằng phương pháp lạnh đông. Chính vì vậy nên còn gọi là phương pháp sấy lạnh đông (Freeze Drying hay Lyophilization). Đây là một trong những phương pháp sấy cho chất lượng sản phẩm tốt nhất. Sản phẩm sấy thăng hoa lưu lại rất tốt các đặc tính cảm quan, chất dinh dưỡng và thời gian bảo quản dài lâu khi được bao gói đúng cách. Vì do giá thành đầu tư ban đầu và chi phí vận hành cao nên từ trước đến nay việc áp dụng công nghệ sấy thăng hoa vào sản xuất ở nước ta vẫn còn gặp nhiều khó khăn.

Theo các chuyên gia thương mại cho rằng Việt Nam có tiềm năng xuất khẩu rau, quả nhiệt đới, và nhu cầu nhập khẩu mặt hàng này trên thế giới hầu như không hạn chế. Tuy nhiên xuất khẩu của Việt Nam vẫn còn những yếu điểm mà điển hình là sản xuất phân tán, năng suất thấp, chưa giải quyết dứt điểm được khâu tạo giống, thu hoạch, bảo quản và chế biến rau quả xuất khẩu cũng như khâu kiểm dịch và công nhận lẫn nhau giữa VN và các thị trường nhập khẩu. Ngoài ra, theo các chuyên gia, phải xây dựng các vùng nguyên liệu tập trung chất lượng cao, phát triển công nghệ bảo quản rau quả tươi, đầu tư xây dựng các nhà máy chế biến công suất 10.000 - 50.000 tấn/năm đối với các vùng sản xuất lớn, phát triển các nhà máy công suất 1.000 - 2.000 tấn/năm với thiết bị chủ yếu do trong nước chế tạo. Bên cạnh đó, cần đa dạng hoá các sản phẩm chế biến như: bột quả, nước quả cô đặc, quả ngâm đường, sấy khô, sấy thăng hoa, mứt quả... nhằm tăng tỷ lệ chế biến rau quả từ 10% hiện nay lên 20% vào năm 2010 và 30% vào năm 2020 [24].

Những năm gần đây, nông nghiệp nước ta đã đạt được những thành tựu to lớn. Ngoài nhu cầu trong nước chúng ta đã xuất khẩu nông sản và chế phẩm của nó đóng góp không nhỏ vào thu nhập quốc dân của cả nước. Nguồn nguyên liệu rau củ ở nước ta rất phong phú và rẻ tiền nhưng có giá trị dinh dưỡng rất cao. Khoai lang tím là một ví dụ. Đây là một giống khoai lang có nguồn gốc từ Nhật Bản mới được nhập về trồng ở nước ta và đã cho kết quả rất khả quan, đem lại thu nhập ổn định cho người nông dân. Trong khoai lang tím có chứa anthocyanin, đây là một chất màu

không những tạo ra màu sắc đẹp mà còn có nhiều tác dụng có lợi đối với sức khỏe của con người.

Khoa học kỹ thuật ngày càng phát triển, đời sống của con người ngày một nâng cao, nền kinh tế nước ta đã có những chuyển đổi đáng kể. Trước sức ép cạnh tranh lớn và những yêu cầu về chất lượng sản phẩm rất khắt khe một khi đã hòa nhập với thế giới thì ngành công nghiệp sản xuất nói chung và ngành công nghiệp sản xuất thực phẩm nói riêng buộc phải đầu tư thay đổi công nghệ sản xuất để nâng cao chất lượng sản phẩm, đáp ứng nhu cầu ngày càng cao của người tiêu dùng và xuất khẩu.

Với tất cả những lý do trên cùng mong muốn giải quyết đầu ra cho ngành nông nghiệp, tăng giá trị sử dụng của khoai lang tím, tìm hiểu nghiên cứu áp dụng kỹ thuật sản xuất thực phẩm hiện đại của thế giới để tạo ra những sản phẩm có chất lượng cao nên em quyết định chọn đề tài nghiên cứu tốt nghiệp của mình là: **“Nghiên cứu sản xuất khoai lang tím sấy bằng phương pháp sấy thăng hoa”**.

CHƯƠNG I TỔNG QUAN TÀI LIỆU

1.1. Nguyên liệu:

Khoai lang có tên khoa học là *Ipomoea batatas* (L.) Lamk là một loại thực phẩm gần gũi với người dân Việt. Khoai lang là loại cây sống nhiều năm, thân có nhựa mủ. Lá khoai lang là một loại rau dân dã rất ngon, lại mát và bổ. Củ và rau khoai lang còn là vị thuốc phòng chữa bệnh đã được dùng từ lâu trong dân gian, có nơi còn gọi nó là “sâm nam”. Theo Đông y, củ khoai lang tính bình, vị ngọt, có tác dụng bồi bổ cơ thể, ích khí, cường thận, kiện vị, tiêu viêm, thanh can, lợi mật, sáng mắt. Rau lang tính bình, vị ngọt, dùng chữa tì hư, kém ăn, thận âm bất túc. Ngọn khoai lang luộc hoặc xào với tỏi là một món ăn ngon, có nhiều vitamin và chất khoáng, giàu chất xơ... Các nhà khoa học đã chứng minh rằng chất xơ trong thực phẩm có tác dụng hạn chế hấp thu cholesterol trong ruột vào máu, hạn chế tỉ lệ mắc bệnh ung thư đại tràng. Theo Tây y, khoai lang có chứa loại các chất dinh dưỡng tương đối nhiều. Thành phần chủ yếu là carbohydrate tinh bột, dễ được cơ thể tiêu hoá, hấp thu và tận dụng. Khoai lang có chứa nhiều nucoprotein, có khả năng cản trở cholesterol lắng đọng trên thành mạch, tránh xơ cứng động mạch, đồng thời giữ được tính đàn hồi của mạch máu, lại còn có thể tránh teo mô liên kết trong gan, thận... Trong khoai lang chứa một số chất đặc thù phòng bệnh ung thư ruột kết, ung thư vú. Khoai lang có thể thúc đẩy nhu động ruột, tránh bị táo bón [19].

Khoai lang tím là một loại khoai lang được nghiên cứu đưa vào sản xuất bởi Viện nghiên cứu nông nghiệp quốc gia Nhật Bản có tên là Okinawan. Đây là một nguồn chất màu tím tốt và ổn định vì nó có sản lượng lớn với hàm lượng anthocyanin cao [16].



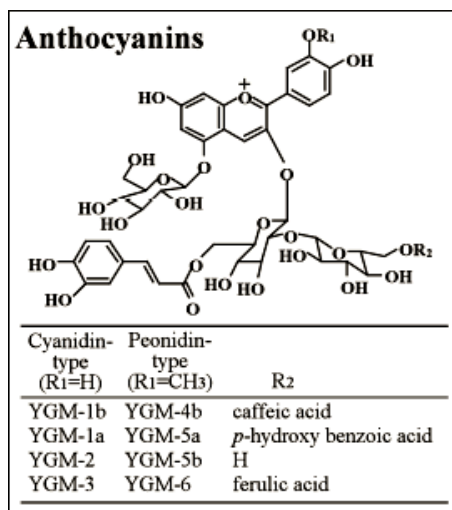
Hình 1.1: Củ khoai lang



Ayamurasaki

Hình 1.2: Khoai lang tím giống Ayamurasaki [16]

Trong khoai lang tím có chứa anthocyanin đây là một hợp chất thuộc nhóm flavonoid. Anthocyanin là chất màu tự nhiên có nhiều tính chất, tác dụng quý báu, bởi vậy nó được sử dụng ngày càng rộng rãi trong công nghiệp thực phẩm cũng như trong y học. Trong sản xuất thực phẩm cùng với các chất màu tự nhiên khác như carotenoid, chlorofil, anthocyanin giúp sản phẩm hồi phục lại màu tự nhiên ban đầu, tạo ra màu sắc hấp dẫn cho mỗi sản phẩm.



Hình 1.3: Công thức [16] và chất màu anthocyanin từ khoai lang tím [17]

Đồng thời do có khả năng kháng oxy hóa nên chúng còn được dùng để làm bền chất béo. Trong y học tác dụng của anthocyanin rất đa dạng nên được ứng dụng rộng rãi: do khả năng làm giảm tính thấm thành mạch và thành tế bào nên được sử dụng trong trường hợp chảy máu, hoặc có nguy cơ chảy máu, do có khả năng chống oxy hóa nên được sử dụng để chống lão hóa, hạn chế sự giảm sức đề kháng do sự suy giảm của hệ thống miễn dịch, nhờ có tác dụng chống tia phóng xạ nên có thể hỗ trợ cho cơ thể sống trong môi trường có những bức xạ điện từ.

Với nhiều đặc thù quý báu anthocyanin còn được dùng để chống dị ứng, viêm loét do nguyên nhân nội sinh hay ngoại sinh, 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 trương lực tim, điều hòa nhịp tim và huyết áp, điều hòa chuyển hóa canxi, làm giảm đau do tác dụng co thắt cơ trơn, làm giảm các đám xuất huyết nhỏ trong bệnh tiểu đường. Ngoài ra anthocyanin còn có thể có nhiều ứng dụng khác do các phản ứng đa dạng của chúng trong các enzyme và các quá trình trao đổi chất

khác nhau, chính vì vậy việc quan tâm đến thực phẩm giàu anthocyanin ngày càng được tăng cường vì nó có lợi cho sức khỏe con người [2].

Ở nước ta khoai lang tím chủ yếu được trồng ở Đà Lạt và một số tỉnh miền Nam như: An Giang, Vĩnh Long, Kiên Giang cho sản lượng khá lớn đem lại thu nhập ổn định cho nông dân ở các tỉnh này. Tuy nhiên đa số người tiêu dùng hiện nay vẫn chưa có thói quen sử dụng khoai lang tím trong khẩu phần ăn hằng ngày một mặt vì nó chưa phổ biến trên thị trường và người tiêu dùng chưa biết được giá trị dinh dưỡng của khoai lang tím. Mặt khác khoai lang tím cũng chỉ có nhiều vào mùa vụ nhất định chứ không có quanh năm. Do vậy việc chọn khoai lang tím làm nguyên liệu trong đề tài nghiên cứu này sẽ góp phần làm tăng giá trị sử dụng của khoai lang tím đồng thời tạo ra một sản phẩm thực phẩm mới đáp ứng nhu cầu tiêu dùng của người tiêu dùng.

1.2. Thành phần hoá học của nguyên liệu:

Bảng 1.1: Thành phần hóa học của khoai lang (tính cho 100g sản phẩm) [22]

Thành phần \ Sản phẩm		Củ tươi	Khoai lang khô	Rau khoai lang
Nước (g)		68	11	91,9
Lipit (g)		0,2	0,5	
Đạm (g)		0,8	2,2	2,6
Gluxit (g)	Tổng	28,5	80	2,8
	Đường	4		
	Tinh bột	24,5		
Xơ (g)		1,3	3,6	1,4
Khoáng (mg)	Ca	34		48
	P	49,4		54
	Fe	1		
Vitamin (mg)	Caroten	0,3		
	B ₁	0,05		
	B ₂	0,05		
	PP	0,6		

	C	23		11
--	---	----	--	----

Bảng 1.2 : Các axit amin có trong protein toàn phần (tính theo 16g N) [12]

Thành phần	Hàm lượng	Thành phần	Hàm lượng
Arginin	2,9	Methionin	1,7
Histidin	1,4	Threonin	3,8
Lysine	1,3	Leucin	4,8
Tryptophan	1,8	Isoleucin	3,6
Phenylalanin	4,33	Valin	5,6

Ngoài các thành phần hóa học trên trong khoai lang tím còn có chứa một thành phần quan trọng là anthocyanin tạo nên giá trị về dinh dưỡng cho củ khoai lang tím. Chất màu này gồm các dạng mono hoặc di-acylated của cyanidin (YGM-1a, -1b, -2 and -3) và peonidin (YGM-4b, -5a, -5b and -6) [16].

1.3. Công nghệ sấy nông sản [7]:

Sấy là một trong những khâu quan trọng trong công nghệ sau thu hoạch, chế biến và bảo quản nông sản.

Sấy nông sản là một quá trình công nghệ phức tạp. Nó có thể thực hiện trên những thiết bị sấy khác nhau. Ứng với một loại nông sản ta cần chọn chế độ sấy thích hợp nhằm đạt năng suất cao, chất lượng sản phẩm sấy tốt và tiết kiệm năng lượng.

1.3.1. Các tính chất hoá lý và công nghệ sấy nông sản:

1. Phân loại nông sản:

Nông sản và các chế phẩm của nó rất đa dạng. Với tính chất là một đối tượng sấy ta có thể chia nông sản ở Việt Nam ra làm mấy dạng sau đây:

- Dạng hạt: lúa, ngô, các loại đậu, lạc và cà phê...
- Dạng củ: khoai lang, sắn, khoai tây... Khi sấy các nông sản loại này thường tiến hành dưới dạng lát hoặc sợi.
- Dạng quả: chuối, mơ, mận... Khi sấy các loại này người ta vẫn để nguyên cả quả hoặc chỉ bóc vỏ như chuối.

- Dạng rau, lá: su hào, chè, thuốc lá... Khi sấy các loại nông sản này thường để nguyên dạng (thuốc lá) hoặc băm nhỏ (bắp cải).

- Dạng tinh bột hay nhũ tương hoặc purê. Đây là những chế phẩm từ nông sản. Sấy các sản phẩm này thường dùng các loại sấy phun hoặc sấy tầng sôi.

2. Tính chất hoá - lý của một số nông sản:

- Độ ẩm của vật sấy:

Trong kỹ thuật người ta sử dụng hai khái niệm độ ẩm: độ ẩm tương đối ω và độ ẩm tuyệt đối ω_t . Độ ẩm tương đối là số kg ẩm chứa trong 1 kg vật liệu. Độ ẩm tuyệt đối là tỉ số giữa lượng ẩm trong vật liệu và thành phần khô của nó. Từ định nghĩa đó ta có:

$$\omega = \frac{G_a}{G} = \frac{G_a}{G_k + G_a} \cdot 100, \%$$

$$\omega_t = \frac{G_a}{G_k} = \frac{G_a}{G - G_a} \cdot 100, \%$$

G: khối lượng của sản phẩm.

G_a : khối lượng ẩm chứa trong G kg sản phẩm.

G_k : khối lượng của vật liệu khô trong G kg sản phẩm.

Vật liệu sấy để trong không khí sẽ hút ẩm hoặc nhả ẩm để đạt đến trạng thái cân bằng ẩm với môi trường. Độ ẩm của vật sấy lúc bấy giờ gọi là độ ẩm cân bằng. Như vậy, độ ẩm cân bằng của một sản phẩm phụ thuộc vào cấu trúc của sản phẩm đó và độ ẩm φ của không khí. Do đó, nếu sản phẩm sau khi sấy được bảo quản hoặc để lâu mới gia công tiếp tục thì chúng ta chỉ sấy tới đa đến độ ẩm cân bằng.

- Các tính chất nhiệt vật lý của nông sản:

Trong các tính chất nhiệt vật lý của nông sản thường dùng khi tính toán nhiệt quá trình sấy là nhiệt dung riêng và hệ số dẫn nhiệt.

Nhiệt dung riêng của nông sản cũng như của vật liệu ẩm nói chung tính theo công thức:

$$C_v = \frac{C_k(100 - \omega) + C_a \cdot \omega}{100}$$

C_k : nhiệt dung riêng của vật liệu khô.

C_a : nhiệt dung riêng của ẩm.

ω : độ ẩm của vật liệu.

Xác định hệ số dẫn nhiệt nông sản nói riêng và vật liệu ẩm nói chung rất phức tạp, có thể có hai giá trị: hệ số dẫn nhiệt của một hạt hay hệ số dẫn nhiệt của khối hạt. Trong thực tế ta thường dùng hệ số dẫn nhiệt của khối hạt λ_v .

Hệ số dẫn nhiệt λ_v chủ yếu phụ thuộc vào chính bản thân và cấu trúc của một hạt, mật độ khối hạt, nhiệt độ và độ ẩm của vật liệu. Do đó hệ số dẫn nhiệt của vật liệu ẩm có dạng: $\lambda_v = f(t, \omega, \rho)$.

1.3.2. Một số chỉ tiêu đánh giá chất lượng sản phẩm sấy [6]:

Chất lượng sản phẩm là một khái niệm rộng. Chẳng hạn, chỉ tiêu sinh học hoá lý, cấu trúc cơ học, thành phần hóa học và các vi lượng v.v... phải đảm bảo trong quá trình sấy. Tuy nhiên trong thực tế ta xét các chỉ tiêu đó qua một vài đặc trưng quan trọng nhất.

- Hình dạng, kích thước và thể tích sản phẩm:

Các sản phẩm sấy thường ở dạng khô, dạng ngâm nước trở lại (sau khi ngâm) hay dạng nấu chín đều phải đồng nhất về hình dáng và giống nhau về kích thước.

Hình dáng của sản phẩm phụ thuộc vào mục đích sử dụng. Ví dụ: cà rốt sấy khô dùng cho các loại súp (canh) khác nhau: súp hỗn hợp, nước canh có thể dùng ở dạng hạt, dạng quân cờ, dạng sợi, nhưng nếu dùng làm gia vị thường dùng dạng bột.

Thể tích là đặc tính thứ ba xác định phạm vi sử dụng của sản phẩm sấy. Sản phẩm khô giống nhau về hình dạng, kích thước nhưng có thể khác nhau về thể tích. Với hình dạng và kích thước giống nhau thì thể tích của sản phẩm sấy còn phụ thuộc vào loại nguyên liệu, hàm lượng chất khô, phương pháp sấy (thể tích sản phẩm sấy thăng hoa khác với sản phẩm sấy bằng phương pháp nhiệt ở áp suất bình thường) và điều kiện chế biến. Sự xuất hiện các đặc tính khác nhau của sản phẩm sấy có thể làm thay đổi điều kiện đóng gói sản phẩm. Ví dụ: trộn đều các thành phần theo khối lượng nhưng khác nhau về thể tích sẽ dẫn đến sự thay đổi về màu sắc của sản phẩm.

- Màu sắc:

Màu sắc là một trong những tính chất quan trọng của thực phẩm sấy khô. Riêng đối với một số sản phẩm thì có ý nghĩa lớn hơn cả đặc tính của vị, phải tuân theo những nguyên tắc thương mại quốc tế, các loại thực phẩm khô chỉ được bán ra thị trường sau khi đã trưng cầu ý kiến bằng các mẫu chuẩn. Tính chất và chất lượng của sản phẩm không được phép khác biệt so với tính chất và chất lượng của mẫu chuẩn. Một trong những đặc điểm đó là màu sắc. Màu mờ nhạt, màu “chết”, hoặc có sự khác biệt về màu sắc dẫn đến hư hại lớn cho chất lượng sản phẩm. Đối với các sản phẩm màu trắng có thể biến đổi thành màu vàng, đỏ, đen, xám; đối với sản phẩm màu đỏ có thể bị biến thành màu vàng, gạch nâu, đối với sản phẩm màu xanh có thể thành màu vàng hoặc màu xanh đen. Việc kiểm tra màu sắc cần tiến hành đầy đủ từ nguyên liệu ban đầu, trong quá trình bảo quản, làm sạch nguyên liệu, chần làm nguội, sấy và bảo quản thành phẩm, cũng như trước khi đem sử dụng.

- Nồng độ vị, chất thơm và các chất khác:

Mùi và vị của sản phẩm khô thường được đánh giá sau khi ngâm nước trở lại, nấu chín và làm nguội đến nhiệt độ thường. Nguyên tắc cơ bản của người sản xuất cũng như người tiêu thụ sản phẩm là: chất lượng của sản phẩm đó phải được kiểm tra thường xuyên sau khi đưa chúng về trạng thái thích hợp để sử dụng.

- Nồng độ đường và muối: Trong các đặc điểm chất lượng các loại bột, hoa quả... thì đường, axit, muối đóng vai trò đặc trưng về vị của sản phẩm. Trên cơ sở phân tích chuẩn người ta xác định hàm lượng phần trăm của các chất đó tương ứng với khối lượng chất khô toàn phần.

Những khâu cần kiểm tra sự thay đổi mùi vị và nồng độ các chất trong quá trình sản xuất như sau: sau khi vận chuyển, bảo quản, làm sạch vỏ bên ngoài bằng hơi nước hay bằng xút, chần, làm nguội, sấy và kiểm tra thường xuyên hay định kỳ trong thời gian bảo quản sản phẩm.

- Sự ngâm nước:

Mức độ và thời gian ngâm nước là một trong những yêu cầu cơ bản về kinh tế và thời gian chuẩn bị sản phẩm ăn liền.

Mức độ thấm nước hoặc hút nước cho ta biết khả năng của sản phẩm sấy khô tăng khối lượng lên bao nhiêu lần sau khi cho thấm nước. Đại lượng này là cơ sở cho phép tính toán với các khối lượng cần thiết để trộn với các thành phần khác và khối lượng gia vị.

Về phương diện sử dụng sản phẩm thì thời gian ngâm nước là yếu tố rất quyết định bởi vì biết được nó người ta có thể đề ra mọi thời gian chuẩn bị món ăn từ sản phẩm sấy đó.

Mức độ và thời gian ngâm nước của sản phẩm phụ thuộc vào tính chất của nguyên liệu (mô gỗ hay mô xốp), điều kiện bảo quản, chế độ sấy thích hợp. Bởi vậy phải kiểm tra chất lượng sản phẩm trong suốt quá trình sản xuất.

- Độ ẩm:

Độ ẩm cuối cùng còn lại trong sản phẩm sấy là một đặc tính kỹ thuật quan trọng đối với khả năng bảo quản và hiệu suất thành phẩm.

- Tạp chất cơ học và hoá học: Các sản phẩm sấy có thể bảo quản bằng các phương pháp khác nhau, trong quá trình bảo quản có thể lẫn các tạp chất cơ học hoặc hoá học. Bởi vậy yêu cầu đặt ra là giới hạn hàm lượng các tạp chất đó. Ví dụ: hàm lượng khoáng, tro không hoà tan trong axit, aren, thiếc chì... Đối với hành tây đôi khi người ta quy định lượng xenluloza.

- Hoá chất dùng trong sản xuất:

Người ta có thể dùng các hoá chất khác nhau để xử lý nguyên liệu ở những khâu cần thiết trong sản xuất. Yêu cầu của các hoá chất này không làm ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm và không độc hại đối với cơ thể con người, hàm lượng hoá chất còn lại phải nằm trong khoảng giới hạn cho phép.

- Những tạp chất và phần tử lạ:

Muốn giải quyết vấn đề tạp chất đòi hỏi phải tổ chức tốt quá trình sản xuất định kỳ kiểm tra bao bì và thường xuyên kiểm tra kho tàng v.v... Tạp chất có thể gây nguy hiểm đến sức khoẻ, có nhiều tạp chất khác nhau: đá, kính, gỗ, kim loại, đất, sâu bọ, dấu vết của loài gặm nhấm. Tất cả những chất khác không phải là thực phẩm đều phải tuyệt đối loại trừ khỏi các sản phẩm sấy. Còn tạp chất thực vật thường là các loại cỏ dại hoặc các sản phẩm khô khác nhưng hàm lượng không được vượt quá 0,2%. Những phần tử lạ là những phần của nguyên liệu không phải đối tượng sấy. Ví dụ: rễ, phần gốc, thân, ruột quả, hạt vỏ, lá, vỏ cây, phần rau và quả hỏng... Cùng các thứ kể trên còn phải nói đến những phần tử lạ do quá trình sản xuất đưa lại, như các phần tử bẩn còn sót lại trên bề mặt nguyên liệu do rửa không sạch hay những phần tử bị biến màu.

- Những yêu cầu về vi sinh vật:

Rau quả sấy sẽ là những thành phần của các loại súp, nước sốt các gia vị làm kem và các hỗn hợp nước quả. Ngoài ra rau quả sấy còn cho vào các sản phẩm đồ hộp, công nghiệp thịt, sản phẩm thực phẩm, thức ăn nguội, sản phẩm của công nghiệp bánh kẹo. Do đó về phương diện vi sinh vật, rau quả sấy phải bảo đảm tất cả các yêu cầu đã được quy định do các cơ quan y tế và các xí nghiệp đặt ra. Giới hạn cho phép số lượng và loại vi sinh vật phụ thuộc vào phạm vi sử dụng sản phẩm sấy.

1.4. Phương pháp sấy thăng hoa và ý nghĩa của nó trong công nghiệp thực phẩm:

1.4.1. Giới thiệu về phương pháp sấy thăng hoa:

Phương pháp sấy thăng hoa hay sấy lạnh đông (Freeze Drying hay Lyophilization) do kỹ sư G.I. Lappa-Stajenhexki phát minh năm 1921. Sấy thăng hoa là quá trình tách ẩm ra khỏi vật liệu, ẩm ở trạng thái rắn (băng, nước đá) thành hơi không qua trạng thái lỏng. Ở điều kiện bình thường, ẩm trong thực phẩm ở dạng lỏng nên để thăng hoa chúng cần được chuyển sang thể rắn bằng phương pháp lạnh đông. Muốn vậy phải sấy vật liệu ở trong môi trường có độ chân không cao (áp suất tuyệt đối từ 0,1÷1,0 mmHg), nhiệt độ sấy có thể đạt tới -18°C.

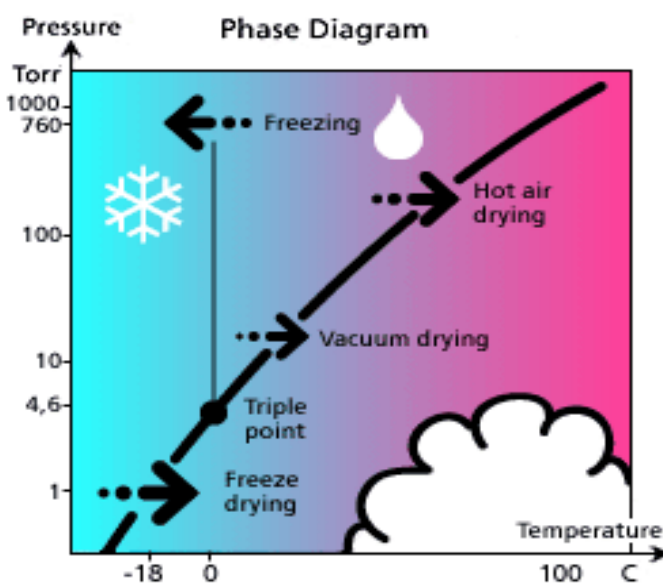
Phương pháp này bao gồm 2 giai đoạn là làm lạnh đông và sấy khô bằng chân không thấp. Cả 2 hệ thống này đều hoạt động rất tốn kém nên được sử dụng tương đối hạn chế. Nó chỉ thường được sử dụng để sấy các sản phẩm có giá trị cao, những

sản phẩm mà không thể sấy được bằng phương pháp khác. Bên cạnh đó, không phải bất kỳ nguyên liệu nào cũng đều có thể sấy được bằng phương pháp này, đặc biệt là những loại có cấu trúc dễ bị hư hại trong quá trình lạnh đông [6]. Đây là một phương pháp sấy nhanh (ADF: Accelerated Freeze Drying) được áp dụng rộng rãi ở Mỹ để sấy các loại nguyên liệu đắt tiền như thịt gia súc, gia cầm... Ngoài ra nó còn được sử dụng để sấy các loại sản phẩm khác như: cà phê, gia vị, trong dược phẩm...

1.4.2. Các giai đoạn của sấy thăng hoa [6]:

Quá trình sấy thăng hoa gồm 2 giai đoạn:

- **Giai đoạn làm lạnh đông:** giai đoạn đầu tiên của quá trình sấy thăng hoa là làm lạnh đông sản phẩm. Quá trình làm lạnh đông thực hiện bằng hai cách. Cách thứ nhất thực hiện trong thiết bị làm lạnh đông thông thường hoặc nitrơ lỏng để làm lạnh đông sản phẩm bên ngoài buồng sấy thăng hoa. Cách thứ hai là vật sấy tự lạnh đông ngay trong buồng sấy thăng hoa khi buồng sấy được hút chân không. Sản phẩm cần được làm lạnh đông rất nhanh để hình thành các tinh thể băng nhỏ ít gây hư hại đến cấu trúc tế bào của sản phẩm. Đối với những sản phẩm dạng lỏng, phương pháp làm lạnh đông chậm được sử dụng để băng tạo thành từng lớp, các lớp này tạo nên các kênh giúp cho hơi nước dịch chuyển dễ dàng.



Hình 1.4: Sơ đồ 3 pha của nước [18]

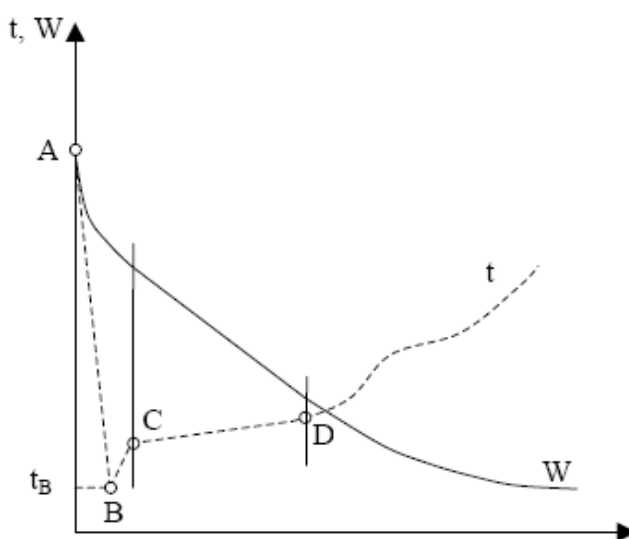
- **Giai đoạn thăng hoa:** giai đoạn kế tiếp là tách nước trong suốt quá trình sấy tiếp theo để làm khô sản phẩm. Nếu áp suất hơi nước được giữ dưới 4,58mmHg (610,5 Pa) và nước ở dạng băng, khi sản phẩm được cung cấp nhiệt thì băng rắn sẽ thăng hoa trực tiếp hơi mà không bị tan chảy. Hơi nước tiếp tục được tách ra khỏi sản phẩm bằng cách giữ cho áp suất trong buồng sấy thăng hoa thấp hơn áp suất hơi nước trên bề mặt của băng, đồng thời tách hơi nước bằng bơm chân không và ngưng tụ nó bằng các ống xoắn ruột gà lạnh, các bản dẹt lạnh hoặc bằng hóa chất. Khi quá trình tiếp diễn, bề mặt thăng hoa di chuyển vào bên trong sản phẩm đông lạnh, làm cho sản phẩm được sấy khô. Nhiệt lượng cần thiết để dịch chuyển bề mặt thăng hoa (ẩn nhiệt thăng hoa) được truyền đến sản phẩm do sự dẫn nhiệt hoặc do vi sóng

cung cấp. Hơi nước di chuyển ra khỏi sản phẩm qua các kênh được hình thành do băng thăng hoa và được lấy đi.

Như vậy, nếu không tính quá trình mất ẩm trong phương pháp để vật ẩm tự lạnh đông trong buồng sấy khi hút chân không thì sản phẩm được sấy trong hai giai đoạn: trước tiên do quá trình thăng hoa xuống khoảng 15% độ ẩm và sau đó do bay hơi của phần nước không đóng băng đến 2% độ ẩm bằng quá trình nhả ẩm đẳng nhiệt. Quá trình nhả ẩm đẳng nhiệt đạt được bằng cách nâng nhiệt độ máy sấy lên gần nhiệt độ môi trường xung quanh trong khi vẫn giữ áp suất thấp giống như quá trình sấy ở các thiết bị sấy chân không thông thường.

• Đường cong sấy:

Hình 1.5 là đường cong sấy và đường cong nhiệt độ của vật sấy trong quá trình sấy thăng hoa trong đó vật sấy tự lạnh đông trong buồng sấy. Khi hút chân không, áp suất trong buồng sấy giảm xuống, ẩm tự do bay hơi mạnh làm giảm nhanh nhiệt độ của nó xuống đến nhiệt độ đóng băng t_b (đường A-B). Quá trình đóng băng của ẩm có tỏa nhiệt nên nhiệt độ của vật sấy tăng lên một chút (đường B-C). Quá trình thăng hoa ẩm diễn ra khác với quá trình sấy thứ nhất (tốc độ sấy không đổi) trong sấy đối lưu là nhiệt độ tăng lên một ít theo thời gian sấy (đoạn C-D dốc lên). Điều đó được giải thích là ở lớp sâu bên trong vật sấy còn có ẩm đang đóng băng. Giai đoạn sấy tiếp theo là giai đoạn bay hơi ẩm liên kết, nhiệt độ của vật sấy tăng nhanh.



Hình 1.5: Đường cong sấy và nhiệt độ sấy trong sấy thăng hoa

Trong một số sản phẩm (ví dụ nước ép trái cây, dịch chiết cà phê cô đặc), sự hình thành nên trạng thái thủy tinh trong quá trình đóng băng gây ra nhiều khó khăn cho việc di chuyển hơi nước. Vì vậy, chất lỏng cần được đóng băng ở dạng bột (phương pháp sấy thăng hoa bột: vacuum puff freeze drying), hoặc là nước ép trái cây để sấy cùng với phần thịt (cái). Cả hai phương pháp đều tạo nên các kênh dẫn nhờ đó hơi nước có thể thoát đi được. Ở phương pháp thứ ba, nước trái cây sau khi đóng băng được nghiền thành cục, nhờ đó sấy nhanh hơn và cho phép kiểm soát kích cỡ của hạt bột tốt hơn.

Tốc độ sấy phụ thuộc phần lớn vào tính cản trở nhiệt của sản phẩm và ở mức độ thấp hơn vào độ cản trở dòng hơi (dịch chuyển khối) ra khỏi bề mặt thăng hoa.

1.4.3. Tốc độ truyền nhiệt:

Có ba phương pháp truyền nhiệt đến bề mặt thăng hoa: nhiệt truyền xuyên qua các lớp băng, nhiệt truyền qua lớp khô, truyền nhiệt bằng vi sóng.

Nhiệt truyền xuyên qua các lớp băng: tốc độ truyền nhiệt phụ thuộc vào độ dày và độ dẫn nhiệt của lớp băng. Khi quá trình sấy xảy ra, chiều dày của lớp băng giảm xuống và tốc độ truyền nhiệt tăng lên. Nhiệt độ bề mặt của thiết bị cấp nhiệt được giới hạn để tránh làm tan băng.

Nhiệt truyền qua lớp khô: tốc độ truyền nhiệt đến bề mặt thăng hoa phụ thuộc vào chiều dày và diện tích bề mặt của sản phẩm, độ dẫn nhiệt của lớp khô và chênh lệch nhiệt độ giữa bề mặt sản phẩm và bề mặt băng. Khi áp suất buồng sấy không đổi nhiệt độ của bề mặt băng duy trì không đổi. Lớp khô của sản phẩm có độ dẫn nhiệt rất thấp (tương tự như vật liệu cách nhiệt) và vì thế gây ra sự cản trở lớn đối với dòng nhiệt. Khi quá trình sấy tiếp diễn, lớp này trở nên dày hơn và sự cản trở nhiệt tăng lên. Làm giảm kích thước nguyên liệu và tăng chênh lệch nhiệt độ sẽ làm tăng tốc độ truyền nhiệt. Tuy nhiên, ở sấy thăng hoa nhiệt độ bề mặt bị giới hạn đến 40 - 65 °C để tránh sự biến tính protein và thay đổi hóa học khác, có thể làm giảm chất lượng của sản phẩm.

Truyền nhiệt bằng vi sóng: nhiệt được tạo ra trên bề mặt băng và tốc độ truyền nhiệt không bị ảnh hưởng bởi độ dẫn nhiệt của băng và chất khô hay độ dày của lớp khô. Tuy nhiên, nhiệt vi sóng khó kiểm soát và có nguy cơ bị tình trạng quá nóng cục bộ dẫn đến sự tan chảy băng.

1.4.4. Tốc độ truyền khối:

Khi nhiệt truyền tới bề mặt thăng hoa, nhiệt độ và áp suất của băng sẽ được tăng lên. Hơi nước di chuyển xuyên qua chất khô đến vùng có áp suất hơi thấp trong buồng sấy. Ở áp suất 67 Pa, 1 g băng hình thành 2 m³ hơi và do đó máy sấy thăng hoa cần phải lấy đi hàng trăm mét khối hơi trong 1 giây qua các lỗ hồng của chất khô. Các yếu tố kiểm soát chênh lệch áp suất hơi nước là:

- áp suất trong buồng sấy.
- nhiệt độ của thiết bị ngưng tụ hơi, cả hai cần để thấp đến mức chi phí cho phép.
- nhiệt độ của băng ở bề mặt thăng hoa, cần càng cao càng tốt nhưng không để tan chảy.

Trong thực tế để đảm bảo tính kinh tế, áp suất buồng sấy thấp nhất vào khoảng 13 Pa và nhiệt độ thiết bị ngưng tụ thấp nhất là khoảng -35 °C. Về lý thuyết, nhiệt độ của băng cần nâng lên mức chỉ vừa dưới điểm đóng băng. Tuy nhiên, ở trên một

hiệt độ tới hạn nhất định, gọi là nhiệt độ sụp đổ (collapse temperature), cấu trúc sản phẩm sẽ bị phá hủy ngay lập tức. Trong thực tế vì thế tồn tại nhiệt độ đóng băng tối đa, nhiệt độ ngưng tụ tối thiểu và áp suất buồng sấy tối thiểu và những thông số này kiểm soát tốc độ chuyển khối. Trong quá trình sấy, độ ẩm hạ xuống từ mức ban đầu rất cao trong vùng lạnh đông đến mức thấp hơn ở lớp khô, phụ thuộc vào áp suất hơi nước trong buồng sấy. Khi nhiệt chuyển qua lớp khô, quan hệ giữa áp suất trong buồng sấy và áp suất trên bề mặt là:

$$P_i = P_s + \frac{k_d}{b \cdot \lambda_s} (t_s - t_i)$$

Trong đó: P_i : áp suất riêng phần của hơi nước ở bề mặt thăng hoa, Pa; P_s : áp suất riêng phần của hơi nước ở bề mặt, Pa; k_d : độ dẫn nhiệt của lớp khô, $W \cdot m^{-1} K^{-1}$; b : độ thấm của lớp khô, $kg \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$; λ_s : ẩn nhiệt thăng hoa, $J \cdot kg^{-1}$; t_s , t_i : nhiệt độ bề mặt và bề mặt thăng hoa, $^{\circ}C$. Thời gian sấy được tính bằng công thức sau:

$$T_d = \frac{x^2 \rho (M_1 - M_2) \lambda_s}{8 k_d (t_s - t_i)}$$

Trong đó: t_d : thời gian sấy, s; x : chiều dày sản phẩm, m; ρ : tỷ trọng của chất khô, $kg \cdot m^{-3}$; M_1 , M_2 : độ ẩm ban đầu và độ ẩm cuối cùng. Chú ý rằng thời gian sấy tỷ lệ với bình phương độ dày sản phẩm, do đó gấp đôi chiều dày sản phẩm sẽ kéo dài thời gian sấy gấp 4 lần.

1.4.5. Thiết bị sấy thăng hoa:

Các thiết bị sấy thăng hoa bao gồm một buồng chân không có chứa các khay đựng sản phẩm và thiết bị đun nóng để cấp ẩn nhiệt thăng hoa. Các ống xoắn ruột gà lạnh hoặc các bản dẹt lạnh được sử dụng để ngưng tụ hơi nước trực tiếp thành băng. Chúng được gắn với thiết bị tự động làm tan băng để giữ cho bề mặt của các dây xoắn ruột gà được trống tối đa cho việc ngưng tụ hơi nước. Điều này là cần thiết bởi vì phần lớn năng lượng đầu vào được dùng làm lạnh đông ở các thiết bị ngưng tụ và vì thế tính kinh tế của sấy thăng hoa được xác định bởi hiệu suất của thiết bị ngưng tụ:

$$\text{Hiệu suất} = \frac{\text{Nhiệt ẩn thăng hoa}}{\text{Nhiệt ẩn nóng chảy + Nhiệt ẩn nóng chảy + Nhiệt ẩn nóng chảy + Nhiệt ẩn nóng chảy}}$$

Và bơm chân không dùng để tách đi các thành phần hơi không ngưng tụ.

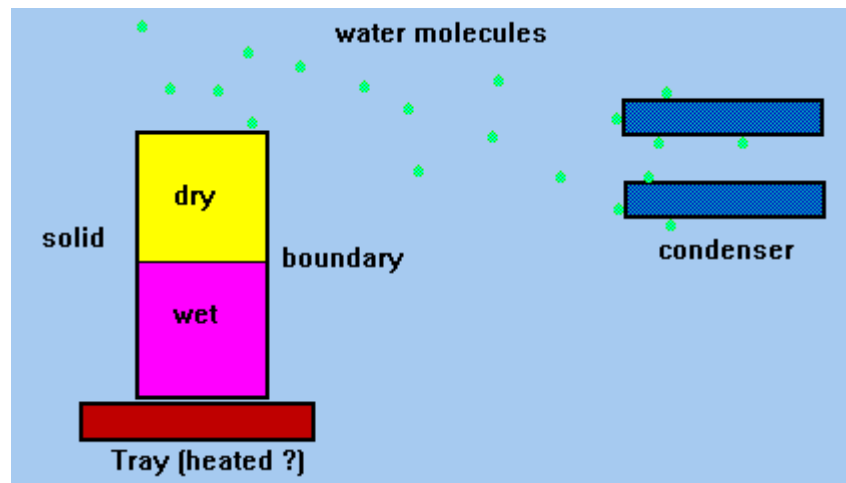
1.4.5.1. Phân loại thiết bị sấy thăng hoa:

- Thiết bị sấy thăng hoa gián đoạn.
- Thiết bị sấy thăng hoa liên tục: gồm thiết bị sấy thăng hoa băng tải tạo hạt khí đông lạnh, thiết bị sấy thăng hoa băng tải rung tạo hạt bằng phun, thiết bị sấy thăng hoa vít tải.

1.4.5.2. Nguyên tắc làm việc:

Sơ đồ nguyên tắc thiết bị sấy lạnh đông bao gồm buồng sấy thăng hoa, buồng ngưng tụ, hệ thống làm lạnh và bơm chân không.

● **Buồng sấy thăng hoa:** buồng sấy thăng hoa gồm những khay chứa sản phẩm đồng thời cấp nhiệt trực tiếp cho sản phẩm thăng hoa.



Hình 1.6: Sơ đồ nguyên tắc làm việc của quá trình thăng hoa [18]

● **Buồng ngưng tụ:** Hơi ẩm thoát ra từ buồng sấy đi sang thiết bị ngưng tụ. Thiết bị này có tác dụng làm ngưng tụ hơi ẩm và làm đóng băng do thiết bị ngưng tụ được làm lạnh bằng dung dịch nước muối có nhiệt độ $-10^{\circ}\text{C} \div -40^{\circ}\text{C}$. Trên thành ống truyền nhiệt của thiết bị ngưng tụ luôn luôn có một lớp băng (tuyết) làm giảm hiệu quả của quá trình truyền nhiệt, do đó phải luôn luôn làm sạch bề mặt truyền nhiệt hoặc dùng hai thiết bị ngưng tụ làm việc thay phiên nhau hoặc gắn với thiết bị tự động làm tan băng để nâng cao hiệu quả làm việc. Dùng bình ngưng sẽ làm nhẹ sự làm việc của bơm chân không.

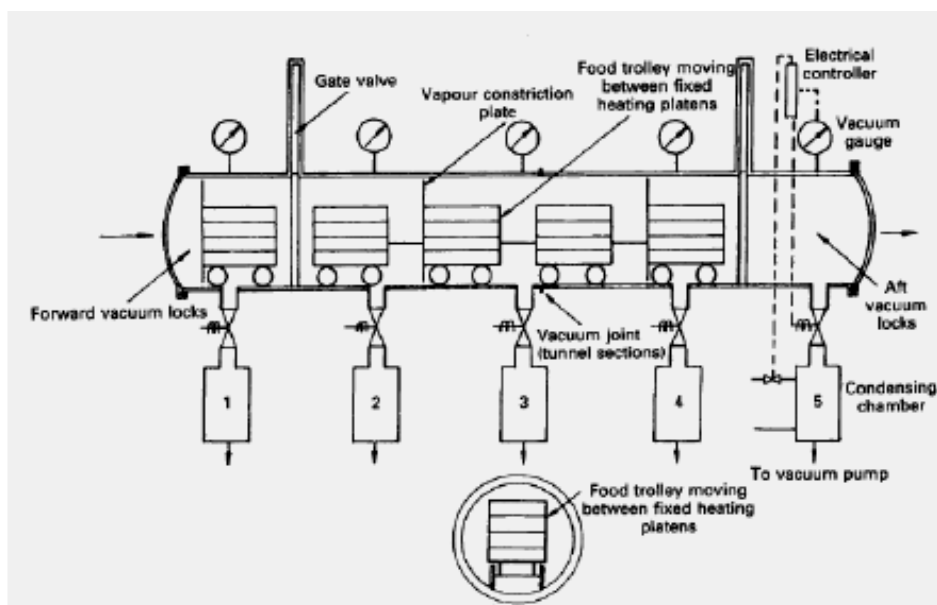
● **Bơm chân không:** Bơm chân không có nhiệm vụ hút khí tạo độ chân không ban đầu cho buồng thăng hoa và trong thời gian sấy có nhiệm vụ hút hết khí không ngưng tạo ra trong quá trình làm việc của thiết bị.

● **Hệ thống làm lạnh:** Nhiệm vụ của hệ thống làm lạnh là làm lạnh sản phẩm đến nhiệt độ yêu cầu và làm lạnh bình ngưng để ngưng tụ và đóng băng hơi ẩm thoát ra, tạo điều kiện duy trì độ chân không và chế độ làm việc trong hệ thống.

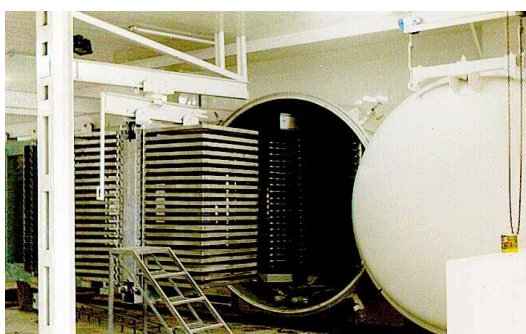
Quá trình lạnh đông vật sấy có thể thực hiện bằng hai cách:

- Dùng máy lạnh đông hoặc nito lỏng để làm lạnh đông vật sấy bên ngoài buồng sấy thăng hoa để rút ngắn thời gian.

- Vật sấy tự lạnh đông ngay trong buồng sấy thăng hoa bằng cách hút chân không.



Hình 1.7: Sơ đồ cấu tạo hầm sấy thăng hoa [6]



Hình 1.8: Hệ thống hầm sấy thăng hoa dùng trong công nghiệp

1.4.6. Ảnh hưởng của quá trình sấy thăng hoa đến chất lượng sản phẩm:

Sản phẩm sấy thăng hoa lưu lại rất tốt các đặc tính cảm quan, chất lượng dinh dưỡng và thời gian bảo quản dài khi được bao gói đúng cách. Các chất dễ bay hơi không bị cuốn vào hơi nước sinh ra trong quá trình thăng hoa mà bị mắc lại trong khung sản phẩm. Kết quả là 80 – 90 % mùi được giữ lại.

Kết cấu của sản phẩm được tốt: ít bị co ngót và không bị hiện tượng cứng vỏ. Cấu trúc xốp cho phép quá trình làm ướt trở lại nhanh chóng và hoàn toàn, nhưng nó dễ vỡ và cần bảo vệ tránh bị hư hại cơ học. Chỉ có những thay đổi nhỏ về chất lượng protein, tinh bột và các hydrocacbon khác. Tuy nhiên cấu trúc xốp của sản phẩm có thể dễ cho oxy xâm nhập và gây oxy hóa lipid. Vì vậy, sản phẩm phải được bao gói trong khí trơ. Những thay đổi của thiamin và axit ascorbic trong quá trình sấy thăng hoa ở mức độ vừa phải và sự thất thoát của các vitamin khác không đáng kể. Tuy nhiên, sự thất thoát các dinh dưỡng do các quá trình chuẩn bị trước khi sấy, đặc biệt là quá trình chần hấp rau có thể ảnh hưởng đáng kể đến chất lượng của sản phẩm sấy thăng hoa.

1.4.7. Những biến đổi chính trong quá trình sấy thăng hoa: Đây là những biến đổi chủ yếu do quá trình lạnh đông.

- Những biến đổi hóa học, sinh hóa trong quá trình lạnh đông:

- Khi làm lạnh đông nước trong dịch bào đóng băng làm biến tính prôtít.
- Hoạt động của enzyme giảm nhưng không bị đình chỉ.
- Với vi sinh vật do nước trong cơ thể bị đóng băng hoàn toàn nên sự sống bị đình chỉ hoàn toàn. Vi sinh vật đa phần sẽ chết 90 – 95%, nhưng một số sẽ chuyển sang trạng thái tiềm sinh.
- Ngoài ra trong quá trình lạnh đông còn xảy ra biến đổi nhiệt – lý học.

- Những biến đổi xảy ra trong quá trình lạnh đông: Chủ yếu là sự bay hơi ẩm dẫn đến làm giảm khối lượng tự nhiên, làm khô sản phẩm. Tốc độ lạnh đông được coi là một tham số để đánh giá chất lượng sản phẩm trong quá trình đông lạnh hoặc sấy thăng hoa. Tốc độ đông lạnh khác nhau tác động đến quá trình phân bố lại nước trong sản phẩm khác nhau do đó ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm đông lạnh cũng như động học của quá trình thăng hoa.

1.4.8. Tình hình nghiên cứu ứng dụng sấy thăng hoa trong thực phẩm và các sản phẩm từ khoai lang tím:

Sấy thăng hoa trong thực phẩm là một lĩnh vực nhận được nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học vì những ưu điểm vượt trội của nó.

Trên thế giới đã có các công trình nghiên cứu về sấy thăng hoa như:

- Năm 1998, các tác giả M. K. Krokida, V. T. Karathanos và Z. B. Maroulis đã có nghiên cứu: “Sự phụ thuộc của các điều kiện sấy thăng hoa vào tính co rút và thấm nước trở lại của các sản phẩm nông nghiệp”. Nghiên cứu này nói lên sự khác nhau về tính co rút, tính thấm nước trở lại của táo, cà rốt, khoai tây, chuối khi được sấy thăng hoa ở các nhiệt độ và áp suất khác nhau [14].

- Năm 2004, các tác giả Yeu-Pyng Lin, Jen-Horng Tsen, V. An-Erl King đã có nghiên cứu: “Sự phụ thuộc của bức xạ hồng ngoại đối với quá trình sấy thăng hoa khoai lang”. Trong đề tài này các tác giả đã cho thấy việc kết hợp bức xạ hồng ngoại vào sấy thăng hoa làm giảm thời gian sấy khi so sánh với các phương pháp sấy khác như: sấy bằng không khí, sấy thăng hoa [13].

- Năm 2006, các tác giả Luanda G. Marques, Maria C. Ferreisa, José T. Freice đã có nghiên cứu: “Quá trình sấy thăng hoa acerola (*Malpighia glabra* L.)”. Trong đó các tham số như: độ ẩm sản phẩm, hàm lượng vitamin C, sự co rút của sản phẩm được kiểm tra trong quá trình sấy thăng hoa quả acerola. Các tác giả cũng nghiên cứu đến sự khác nhau của thời gian sấy cũng như các tham số trên của các mẫu được làm lạnh đông với các phương pháp khác nhau như: làm lạnh trong nitơ lỏng, nitơ khí và của các mẫu có kích thước khác nhau [15].

Riêng ở nước ta cũng đã có nhiều đề tài nghiên cứu khoa học về sấy thăng hoa áp dụng vào các sản phẩm thực phẩm như:

- Chế biến cơm gác sấy thăng hoa của TS. Trần Đức Ba và tập thể, trường Đại học dân lập Văn Lang [29].

- Sấy thăng hoa các đặc sản của Võ Thụy Thủy Chung, lớp K7Đ, trường Đại học dân lập Văn Lang [28].

- Nghiên cứu sấy thăng hoa đặc sản có đặc tính sinh học và thiết kế lắp đặt máy sấy thăng hoa pilot BS-2, Nghiên cứu triển khai sấy thăng hoa nước cốt dừa của Võ Duy Khâm, lớp K5Đ, trường Đại học dân lập Văn Lang [28].

- Nghiên cứu sấy thăng hoa tôm, nghêu của Trịnh Thị Hồng Thanh, lớp K6Đ, trường Đại học dân lập Văn Lang [28].

- Nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến quá trình đông khô rau quả của Hoàng Nữ Thu San, lớp 99H2A, trường Đại học Bách khoa Đà Nẵng.

Trên thế giới có rất nhiều công ty ở nhiều nước khác nhau đã áp dụng công nghệ sấy thăng hoa vào sản xuất. Ví dụ: ở Trung Quốc có các công ty: Beijing Yshiyuan Food Co., Ltd; Ningbo J&D International Trade Co., Ltd; Shandong Tonghai Food Co., Ltd; Damin Foodstuff (Zhangzhou) Co., Ltd; Xinghua Natural Foods Co., Ltd; Sinochem Qingdao Co., Ltd; Oriental (Zhangzhou) Co., Ltd; Qingdao Farmland Food Co., Ltd; Qingdao Xinmeixiang Foods Co., Ltd; Guangzhou Abana Co., Ltd;

ở Thái Lan có các công ty: Cha-Liang Co., Ltd; Thiptipa Co., Ltd; Philippines: Amley Food Co., Ltd; Taiwan: Howenia Enterprise Co., Ltd [27]. Ở nước ta hiện nay chỉ có công ty Asuzacfoods là công ty duy nhất sử dụng công nghệ sấy thăng hoa trên mặt hàng rau quả [24] và công ty Acecookvietnam với những gói súp chiết xuất từ thịt và các loại rau củ qua công nghệ sấy thăng hoa [25]. Các sản phẩm sấy thăng hoa rau quả hiện nay trên thị trường thế giới khá phong phú. Ví dụ : khoai lang tím, xoài, táo, khoai tây, dâu tây, nấm, bắp, chuối, đậu nành, khoai mỡ, bí ngô, cần tây, nho, cải bắp, hạt dẻ, gừng, khoai sọ, hành tây, tỏi, hạt ngũ cốc, đậu Hà Lan, bó xôi, viên rau, đậu hũ, quả kiwi...[30]



Khoai lang tím
FD



Quả đào FD



Bắp FD



Chuối FD



Quả kiwi FD



Xoài FD



Đậu hũ FD



Viên rau FD



Khoai tây FD



Dứa FD



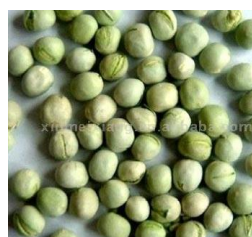
Dâu tây FD



Táo FD



Nấm FD



Đậu Hà Lan FD



Bó xôi FD



Mìchuba FD



Bí ngô FD



Đậu nành FD



Táo gai FD



Rau Spinage FD

Hình 1.9: Các sản phẩm sấy thăng hoa (FD) [21], [23]

Ở Nhật Bản kết quả sự phát triển của ngành công nghiệp thực phẩm và đồ uống sử dụng khoai lang tím là hiện nay có nhiều sản phẩm thực phẩm đã qua chế biến được bán trong các cửa hàng tại các nhà ga, phi trường, khu du lịch ở Kyushu-Okinawa [16].



Hình 1.10: Các sản phẩm đồ uống ứng dụng từ khoai lang tím [16]

Riêng đối với khoai lang tím ở nước ta thì chủ yếu hiện nay được trồng để xuất khẩu ở dạng củ tươi sang các thị trường như Nhật Bản và Tây Âu.



Hình 1.11: Thu hoạch khoai lang tím ở trang trại anh Ba Hạo [26]

● **Ưu điểm của thực phẩm sấy thăng hoa so với các loại thực phẩm sấy bằng phương pháp khác:**

- Thực phẩm thăng hoa có thể cất giữ bình thường trong nhiều năm ở điều kiện khí hậu nhiệt đới.
- Khối lượng sản phẩm nhẹ nên thuận tiện trong vận chuyển.
- Khi hoàn nguyên trở lại thì thực phẩm đông khô phục hồi nguyên vẹn tính chất tươi sống, màu sắc và cả hương vị ban đầu.
- Sản phẩm sau khi sấy thăng hoa có chất lượng cao, không làm biến chất albumin.
- Không xảy ra các quá trình vi sinh, bảo toàn lượng vitamin trong quá trình sấy rau quả.
- Giữ nguyên thể tích ban đầu của vật liệu nhưng xốp hơn nên dễ hấp phụ nước để trở lại dạng ban đầu.
- Kết cấu của sản phẩm tốt, ít bị co ngót và không có hiện tượng cứng vỏ
- Thời gian sấy nhanh.
- Thời gian bảo quản lâu dài nếu thực phẩm chứa trong bao bì chống ẩm và không phụ thuộc vào điều kiện bên ngoài.

● **Nhược điểm của phương pháp sấy thăng hoa:**

- Giá thành thiết bị cao, tiêu hao năng lượng lớn nên giá thành sản phẩm cao.
- Vận hành phức tạp, thao tác kỹ thuật cao.

Qua phân tích trên ta thấy sấy thăng hoa là một phương pháp sấy có rất nhiều ưu điểm. Đây là một trong những phương pháp tốt nhất đối với các sản phẩm sấy khô. Nhưng giá thành đắt chính là nguyên nhân chủ yếu khiến từ trước đến nay phương pháp này chỉ được áp dụng để sấy các loại thực phẩm đắt tiền và không thể sấy bằng phương pháp khác. Tuy nhiên, đời sống của con người ngày càng được nâng lên theo đó mà nhu cầu được sử dụng những loại thực phẩm có chất lượng cao và an toàn cho sức khỏe ngày càng trở nên phổ biến. Chính vì vậy mà em mạnh dạn áp dụng phương pháp này trong nghiên cứu của mình với mong muốn được vận dụng những kỹ thuật hiện đại đã được học để tạo ra những sản phẩm mới đáp ứng thị hiếu của người tiêu dùng; mở rộng việc sử dụng các thiết bị phục vụ cho nhu cầu học tập và nghiên cứu.

CHƯƠNG II

ĐỐI TƯỢNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu:

2.1.1. Nguyên liệu:

Nguyên liệu nghiên cứu là khoai lang tím (purple sweet potato) có nguồn từ Đà Lạt mua tại chợ Hòa Khánh-Đà Nẵng. Chọn nguyên liệu với những tiêu chuẩn như sau:

- Màu: vỏ và bên trong có màu tím.
- Hình dạng bề ngoài: da trơn, củ không bị trầy xước, không sâu bệnh, chưa mọc mầm.



Hình 2.1: Khoai lang tím làm đối tượng nghiên cứu

2.1.2. Hoá chất:

- Dung dịch Feling A, Feling B, dung dịch sắt (III) sunfat, dung dịch KMnO_4 0,1N, NaOH đậm đặc.
- Cồn tuyệt đối, HCl đậm đặc, dung dịch đệm pH = 1 (KCl và HCl), pH = 4,5 (CH_3COONa và HCl).
- H_2SO_4 đặc, NaOH 40%, dung dịch NaOH 0,1N, dung dịch chuẩn H_2SO_4 0,1N, hỗn hợp chất xúc tác $\text{CuSO}_4 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4$ (1:9).
- Ete dầu hỏa.
- Dung dịch KOH 10%, dung dịch CH_3COOH 2%.
- Dung dịch $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ hay $\text{Hg}(\text{CH}_3\text{COO})_2$ nồng độ 10^{-2}M
- Kali clorua bão hòa
- Axit clohydric 1:1 (~5M)
- Dung dịch chuẩn: Dung dịch gốc $\text{Zn}^{2+} = 1\text{g/L}$, $\text{Cu}^{2+} = 1\text{g/L}$, $\text{Cd}^{2+} = 1\text{g/L}$, $\text{Pb}^{2+} = 1\text{g/L}$.

2.1.3. Thiết bị:

- Máy phân tích độ ẩm MB45 – Thụy Điển.
- Tủ lạnh đông MDF-382 của hãng SANYO - Nhật Bản.
- Máy sấy đông khô ALPHA 2-4 của hãng CHRIST – Đức.
- Máy đóng gói chân không tự động J-V002 của hãng New Diamond Vac - Triều Tiên.
- Máy ly tâm MIKRO 22R của hãng Hettick Zentifugen - Đức.
- Máy so màu 6305 của hãng Jenway.
- Máy so màu UV/VIS - DR 2400 của hãng HACH – Mỹ.
- Máy cực phổ xung vi phân CPA - HH3, Viện Khoa học và kỹ thuật Việt Nam.



Hình 2.2: Máy phân tích độ ẩm MB45



Hình 2.3: Máy đóng gói chân không tự động J-V002



Hình 2.4: Tủ lạnh đông MDF-382



Hình 2.5: Máy đông khô ALPHA 2-4



Hình 2.6: Máy so màu 6305



Hình 2.7: Máy ly tâm MIKRO 22R



Hình 2.8: Máy đo màu UV/VIS - DR 2400



Hình 2.9: Máy cực phổ xung vi phân CPA - HH3

2.1.4. Bao bì để bao gói sản phẩm:

Sử dụng loại bao bì PE. Kích thước 18 x 26cm.

2.2. Phương pháp nghiên cứu:

2.2.1. Phương pháp vật lý (xác định độ ẩm):

Sử dụng máy phân tích độ ẩm.

Nguyên lý:

Máy phân tích độ ẩm bằng đèn halogen sử dụng để xác định hàm lượng ẩm của bất kỳ chất nào cần phân tích. Hoạt động của thiết bị dựa trên nguyên tắc đo trọng lực bằng nhiệt: khi bắt đầu đo máy sẽ xác định khối lượng mẫu trước rồi nhanh chóng làm nóng bằng bộ phận làm nóng toàn bộ bằng halogen và làm bay hơi ẩm. Trong suốt quá trình phân tích, thiết bị tiếp tục xác định khối lượng của mẫu và hiển thị kết quả. Sau khi hoàn tất làm khô sản phẩm, kết quả hiển thị gồm: thành phần phần trăm độ ẩm, phần trăm chất rắn, khối lượng hay phần trăm khối lượng thu được. Dùng sức nóng làm bay hết hơi nước trong thực phẩm. Cân trọng lượng thực phẩm trước và sau khi sấy khô, từ đó tính ra phần trăm nước có trong thực phẩm.

Cách tiến hành:

Đối với mẫu phân tích là khoai lang tím tươi thì thái mỏng, đối với mẫu khoai sau khi sấy cần nghiền nhỏ. Các mẫu phải cân đủ khối lượng được lập sẵn trong chương trình phân tích của máy phân tích độ ẩm. Sau đó bỏ mẫu vào máy, đóng nắp lại và nhấn Start/Stop.

Kết quả ở phần kết quả và thảo luận.

2.2.2. Phương pháp hoá sinh (xác định anthocyanin, glucit tổng, đường tự do, protit, lipid, xơ, tinh bột):

► Xác định anthocyanin bằng phương pháp pH vi sai [3]:

Nguyên lý:

Chất màu anthocyanin thay đổi theo pH. Tại pH = 1 các anthocyanin tồn tại ở dạng oxonium hoặc flavium có độ hấp thụ cực đại, còn ở pH = 4,5 thì chúng lại ở dạng carbinol không màu. Đo mật độ quang của mẫu tại pH = 1 và pH = 4,5 tại bước sóng hấp thụ cực đại so với độ hấp thụ tại bước sóng 700 nm.

Dựa trên công thức của định luật

$$\text{Lambert-Beer: } \lg \frac{I_0}{I} = \varepsilon.l.C$$

Trong đó: $\lg \frac{I_0}{I}$ đặc trưng cho mức độ ánh sáng yếu dần khi đi qua dung dịch hay còn gọi là mật độ quang, ký hiệu là A, I: cường độ ánh sáng khi đi qua dung dịch, I_0 : cường độ ánh sáng chiếu vào dung dịch, C: nồng độ chất nghiên cứu, l: chiều dày của lớp dung dịch mà ánh sáng đi qua, ε : hệ số hấp thụ phân tử.

Hàm lượng anthocyanin xác định theo công thức:

$$a = \frac{A.M.K.V}{\varepsilon.l}, \text{ g } (*)$$

Trong đó: $A = (A_{\lambda_{\max_pH=1}} - A_{700nm_pH=1}) - (A_{\lambda_{\max_pH=4,5}} - A_{700nm_pH=4,5})$, với $A_{\lambda_{\max}}$, A_{700nm} : độ hấp thụ tại bước sóng cực đại và 700nm ở pH = 1 và pH = 4,5; a: lượng anthocyanin, g; M: khối lượng phân tử của anthocyanin, g/mol; l: chiều dày cuvet, cm; K: độ pha loãng; V: thể tích chiết, l.

Từ đó tính ra được hàm lượng anthocyanin theo phần trăm:

$$\% \text{ anthocyanin toàn phần} = \frac{a}{m(100-w).10^{-2}}.100\% (**)$$

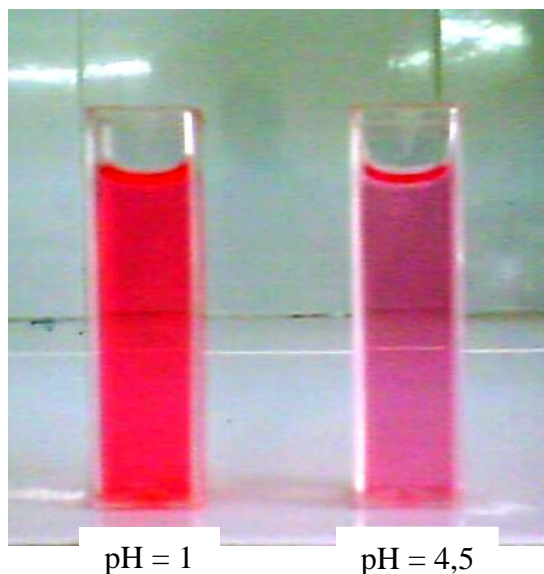
Trong đó: a: lượng anthocyanin tính được theo công thức (*), g; m: khối lượng nguyên liệu ban đầu, g; w: độ ẩm nguyên liệu, %.

Cách tiến hành:

- Xác định độ ẩm và chiết tách anthocyanin thô:

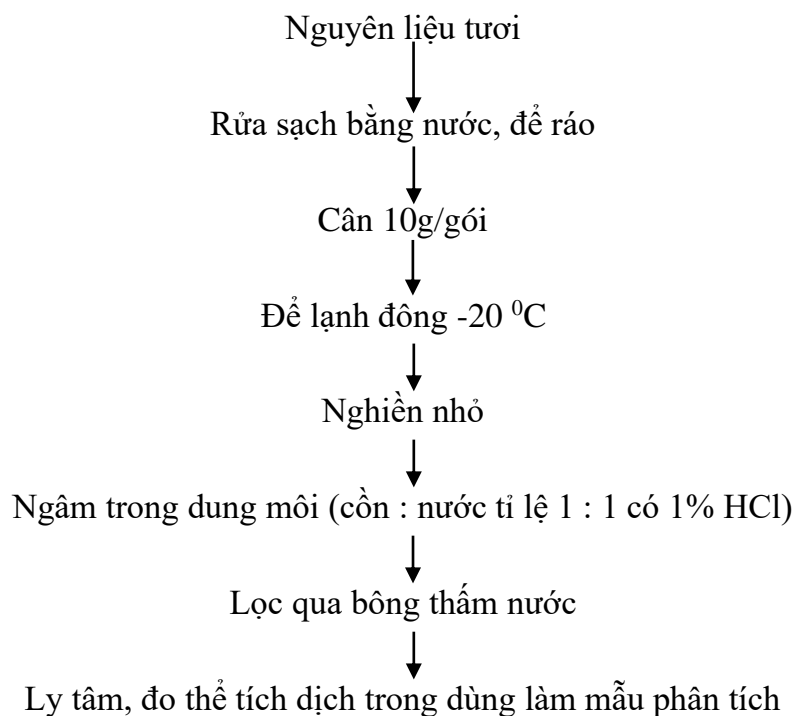
Xác định độ ẩm bằng máy phân tích độ ẩm.

Quá trình chiết tách anthocyanin được thực hiện theo sơ đồ sau:

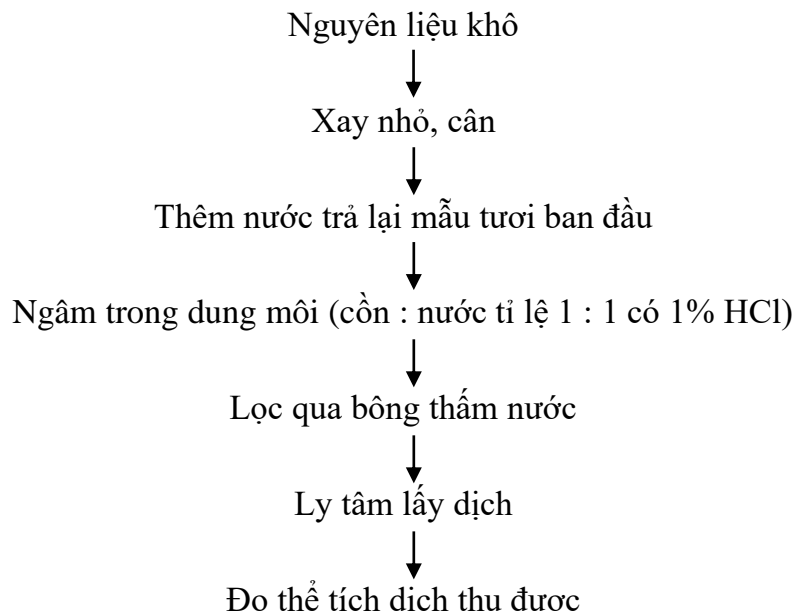


Hình 2.10: Màu của anthocyanin trong khoai lang tím tại pH = 1 và pH = 4,5

Đối với nguyên liệu tươi:



Đối với nguyên liệu khô:



- Xác định bước sóng hấp thụ cực đại:

Lấy 5 ml dịch chiết pha loãng với dung dịch đệm pH = 1,0 trong bình định mức 25 ml, quét phổ hấp thụ trong vùng khả kiến ($\lambda = 450 - 720$) trên máy quang phổ UV – VIS.

Tính toán kết quả ở phần kết quả và thảo luận.

► **Xác định glucit tổng, đường tự do, tinh bột bằng phương pháp Bertrand [9]:**

Nguyên lý:

- Gluxit trực tiếp khử oxy có tính chất khử $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ở môi trường kiềm mạnh, làm cho có kết tủa dưới thể Cu_2O màu đỏ gạch. Số lượng Cu_2O tương ứng với số lượng glucit khử oxy.



- Cu_2O có tính khử oxy, tác dụng với muối sắt ba (Fe^{3+}) làm cho muối này chuyển thành muối sắt hai (Fe^{2+}) ở trong môi trường axit.



- FeSO_4 có tính khử oxy có tác dụng với KMnO_4 là chất oxy hóa, do đó dùng KMnO_4 để chuẩn độ FeSO_4 ở môi trường axit.



Từ số ml KMnO_4 0,1N dùng để chuẩn độ FeSO_4 hình thành tra bảng để có số mg đường glucoza, maltoza, lactoza, hoặc saccaroza nhân với hệ số pha loãng ta có hàm lượng đường trong 100g thực phẩm.

Cách tiến hành

- **Chuẩn bị dung dịch phân tích:** Cân khoảng 2g nguyên liệu đã nghiền nhỏ cho vào bình nón với nước cất và 10ml HCl đậm đặc. Tiến hành thủy phân trong nồi cách thủy đến khi thử hết tinh bột bằng dung dịch iốt (không thấy xuất hiện màu xanh khi cho một giọt dịch thủy phân tác dụng với một giọt dung dịch iốt). Làm nguội rồi trung hòa axit bằng NaOH đậm đặc rồi NaOH 1% cho đến pH = 5,5 – 6,0 (thử bằng giấy quỳ). Lắc đều và lọc thu lấy dung dịch cho vào bình định mức 100 ml. Tiến hành khử tạp chất bằng cách cho 5 ml dung dịch kẽm feroxyanua 15%, lắc đều, để yên 2-3 phút. Tiếp theo thêm 5 ml kẽm axetat 30%, lắc mạnh. Cho thêm nước cất vừa đủ 100 ml, lắc đều và lọc qua giấy lọc được dung dịch phân tích.

- **Xác định hàm lượng đường:** Cho vào bình nón 250ml 10ml dung dịch Feling A, 10ml dung dịch Feling B, 10ml mẫu dịch đã chuẩn bị. Đun sôi hỗn hợp trong 3 phút, sau khi sôi dung dịch phải có màu xanh biếc. Để lắng yên, lọc tách phần dịch lỏng màu xanh sao cho lượng kết tủa Cu_2O còn lại phần lớn nằm ở trong bình nón. Cho nước sôi vào bình nón và tiếp tục gạn lọc vào phễu cho đến khi nước trong bình hết màu xanh. Trong quá trình gạn lọc chú ý tránh đừng để kết tủa rơi vào phễu và luôn giữ một lớp nước đã đun sôi trên mặt kết tủa trong bình nón và trên phễu. Hoà tan Cu_2O ở trong bình nón và trong phễu bằng sắt (III) sunfat trong môi trường H_2SO_4 . Lọc và rửa hết kết tủa bám trên giấy lọc thu được dung dịch. Chuẩn độ dung dịch thu được bằng dung dịch KMnO_4 0,1N cho tới khi xuất hiện màu hồng

nhặt bền vững trong 15 giây. Đọc số ml KMnO_4 0,1N đã dùng và đem tra bảng 3 [tr 225, 9] để có lượng đường glucose, lactose, maltose hoặc đường nghịch đảo theo yêu cầu.

Tính toán kết quả ở phần kết quả và thảo luận.

► **Xác định protit bằng phương pháp Kjeldahl [9]:**

Nguyên lý: Vô cơ hóa thực phẩm bằng H_2SO_4 đậm đặc và chất xúc tác. Dùng một kiềm mạnh (NaOH hoặc KOH) đẩy NH_3 từ muối $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ hình thành ra thể tự do. Định lượng NH_3 bằng một axit.

Cách tiến hành:

Cân thật chính xác khoảng 0,5g nguyên liệu cho vào bình Kjeldahl với 10ml H_2SO_4 đậm đặc và khoảng 5g chất xúc tác $\text{CuSO}_4:\text{K}_2\text{SO}_4$ (1:9).

Để nghiêng bình Kjeldahl trên bếp và đun từ từ. Nếu thực phẩm chứa nhiều nước, đun cho đến khi nước bốc hơi và hình thành khói trắng SO_2 . Khi bọt tan, đun sôi cho đến khi dung dịch trong suốt không màu hoặc có màu xanh lơ của CuSO_4 . Để nguội, chuyển dung dịch đã vô cơ hoá vào bình cầu của máy cất đạm, rửa bình Kjeldahl 2 lần với nước cất nước rửa chuyển cả vào bình cầu. Trung hoà bằng NaOH 50% với chỉ màu metyl da cam. Cất kéo hơi nước và định lượng gián tiếp NH_3 bằng cách để NH_3 hoà tan vào một thể tích H_2SO_4 0,1N xác định, sau khi cất kéo hơi nước hết NH_3 chuẩn độ H_2SO_4 thừa bằng NaOH 0,1N.

Tính toán kết quả ở phần kết quả và thảo luận.

► **Xác định lipit bằng phương pháp Soxhlet [9]:**

Nguyên lý:

Dùng ete nóng để hòa tan tất cả chất béo tự do trong thực phẩm. Sau khi để bay hơi hết ete, cân chất béo còn lại và tính ra hàm lượng lipit trong 100g thực phẩm.

Cách tiến hành:

Sấy khô nguyên liệu đến khối lượng không đổi. Cân thật chính xác 5g nguyên liệu đã được nghiền nhỏ, cho vào bao giấy đã được sấy khô. Chú ý gói mẫu phải có bề rộng nhỏ hơn đường kính ống trụ và chiều dài ngắn hơn chiều cao ống chảy tràn. Đặt bao giấy vào trụ chiết. Lắp trụ chiết vào bình cầu và gắn ống sinh hàn. Bình cầu được sấy đến khối lượng không đổi để nguội trong bình hút ẩm và cân biết khối lượng. Qua đầu ống sinh hàn dùng phễu cho dung môi vào trụ chiết sao cho một lượng dung môi đã chảy xuống bình cầu và một lượng trên phễu chiết còn đủ ngập mẫu. Dùng bông làm nút đầu ống sinh hàn. Mở nước lạnh vào ống sinh hàn. Đặt bình cầu vào nồi cách thủy, điều chỉnh nhiệt độ sao cho chu kỳ trích ly hoàn lưu của dung môi đạt từ 5 – 8 lần trong một giờ. Chiết trong 8 – 12 giờ cho đến khi trích ly hoàn toàn hết chất béo. Thử bằng cách lấy vài giọt ether ở cuối ống xiphông nhỏ lên

giấy lọc, dung môi bay hơi không để lại vết dầu loang thì kết thúc. Cho ether chảy xuống hết bình cầu. Lấy bình cầu ra đặt vào tủ hotte cho bay hơi hết ether rồi cho vào tủ sấy ở nhiệt độ $100 - 105^{\circ}\text{C}$ trong 1,5h. Để nguội trong bình hút ẩm, cân xác định khối lượng.

Tính toán kết quả ở phần kết quả và thảo luận.

► **Xác định hàm lượng xơ:**

Nguyên lý:

Xenluloza là chất xơ bã còn lại sau khi các glucit khác như tinh bột, lignin và các sắc tố, các tạp chất bị thủy phân bởi axit và kiềm. Sau khi lọc, rửa sạch xơ bã này, sấy khô đến khối lượng không đổi và nung thành tro, trừ hàm lượng tro tính được lượng xenluloza trong mẫu.

Cách tiến hành:

Khoai lang tím được nghiền mịn, sấy đến khối lượng không đổi. Cân 5g cho vào bình tam giác 500ml có lắp ống sinh hàn khí. Cho vào 50ml nước cất, thêm vào 10ml dung dịch HCl đậm đặc, đun sôi kỹ cho đến khi tinh bột bị thủy phân hoàn toàn, thử điểm kết thúc thủy phân bằng cách chấm một giọt dung dịch thủy phân lên lam kính, nhỏ vào vài giọt thuốc thử Liugon đến mất màu xanh.

Lấy bình tam giác ra khỏi bếp, lọc qua giấy lọc lấy bã. Rửa bã nhiều lần bằng nước cất. Dùng bình tia nước chuyển hết bã vào lại bình tam giác đã dùng trên.

Thêm vào bình cầu 10ml KOH 10%. Đặt bình cầu lên bếp, đun sôi 20 – 30 phút nữa.

Lấy ra lọc qua giấy lọc không tro, lấy bã. Rửa bã nhiều lần bằng nước cất. Sau đó rửa 3 lần bằng dung dịch CH_3COOH 2% rồi bằng cồn tuyệt đối. Sau khi rửa, bã có màu trắng trong là được.

Đặt giấy lọc và bã vào đĩa Petri rồi đưa vào tủ sấy ở 105°C trong 2h, lấy ra để nguội trong bình hút ẩm và cân.

Đưa giấy lọc và bã vào chén nung, chén đã được nung trong lò nung ở $400 - 500^{\circ}\text{C}$, để nguội và cân trên cân phân tích. Tiến hành nung bã trong lò nung ở nhiệt độ 450°C đến khối lượng không đổi.

Lấy ra để nguội trong bình hút ẩm và cân chén nung chứa tro sau khi nung.

Tính toán kết quả ở phần kết quả và thảo luận.

2.2.3. Phương pháp hoá phân tích máy (xác định hàm lượng các kim loại nặng):

Nguyên lý: Các kim loại Zn, Cd, Pb, Cu được làm giàu trên điện cực than “siêu vết” hay than thủy tinh với màng thủy ngân Insitu, tức là màng thủy ngân được kết tủa lên bề mặt điện cực đồng thời với các nguyên tố cần xác định. Dòng đo được

trong dạng xung vi phân tỷ lệ thuận với nồng độ các kim loại quan tâm trong dung dịch.

Cách tiến hành:

- **Phá mẫu:** Để có được mẫu dung dịch để phân tích chúng tôi lấy 1g khoai lang tím tươi đã nghiền nhỏ cho vào bình tam giác, thêm vào đó 5 ml dung dịch H_2SO_4 đậm đặc và 5 ml dung dịch HNO_3 đậm đặc. Đặt bình tam giác lên bếp điện đun sôi. Quá trình phá mẫu được tiến hành trong tủ hút khí độc cho đến khi dung dịch trở nên trong thì ngừng đun, để nguội hẳn rồi lấy ra làm dung dịch phân tích.

- **Phân tích mẫu trắng:**

Lấy 40 ml dung dịch nước cất vào bình điện phân.

Thêm vào đó:

- 0,1 ml dung dịch Hg^{2+}
- 0,1 ml dung dịch HCl
- 0,1 ml dung dịch KCl bão hoà

Tiến hành điện phân ở điều kiện sau:

- Phương pháp: xung vi phân (DDP)
- Thế ban đầu (U_1): -1,1V
- Thế cuối (U_2): 0,2V
- Thế điện phân ($U_{striking}$): -1,1V
- Thời gian điện phân: 120s
- Thời gian nghỉ (U_{rest}): 10s

Các thông số khác đã được mặc định (không nên thay đổi).

Phổ thu được không có các pic lạ (trừ pic thủy ngân tại thế $\sim 0,1-0,2V$), có thể bắt đầu phép phân tích mẫu thực. Nếu có, cần trừ đường nền khi tính toán kết quả đo.

- **Phân tích mẫu thực:**

a. Điện phân:

- *Đối với phân tích chì, đồng, cadimi:*

- Thay nước cất bằng mẫu thực cần phân tích, tiến hành các bước như với mẫu trắng.

- Riêng thời gian điện phân, có thể thay đổi từ 120-300s tùy thuộc vào nồng độ mẫu (với mẫu có nồng độ chất cần phân tích thấp, cần tăng thời gian điện phân).

- Thế đỉnh pic:

- + Đồng: $-0,3V \pm 0,05V$
- + Chì: $-0,4V \pm 0,05V$
- + Cadimi: $-0,6V \pm 0,05V$
- + Kẽm: $-0,90V \pm 0,05V$

Ngoài các bước điện phân như trên, trong dung dịch phân tích cần cho thêm 0,1 ml $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ 12M. Nồng độ mẫu được xác định bằng phương pháp thêm chuẩn. Các bước thêm chuẩn được tiến hành như sau:

b. Thêm chuẩn:

- Đánh bóng điện cực bằng giấy lọc.
- Thêm trực tiếp 0,1 ml mỗi dung dịch chuẩn kim loại cần phân tích vào dung dịch vừa điện phân.
- Ghi phổ theo các bước như điện phân mẫu.

Kết quả được trình bày ở phần kết quả và thảo luận.

2.2.4. Phương pháp cảm quan: Đánh giá màu sắc, độ khô dòn, mùi vị của sản phẩm sấy.

Màu sắc, hình dạng sản phẩm là một trong những chỉ tiêu hàng đầu đối với sản phẩm sấy vì nó ảnh hưởng lớn đến giá trị cảm quan, thị hiếu của người tiêu dùng.

Để tiến hành đánh giá cảm quan dùng phép thử thị hiếu cho điểm theo thang cường độ vì đây là phép thử cho ta đánh giá được mức độ ưa thích của người tiêu dùng về sản phẩm khách quan nhất.

2.2.5. Phương pháp toán học:

- Tiến hành các thí nghiệm theo phương án quy hoạch trực giao cấp I TYT 2³ để nghiên cứu ảnh hưởng của ba yếu tố: nhiệt độ lạnh đông và nhiệt độ sấy, thời gian sấy đến chất lượng sản phẩm với 2 hàm mục tiêu: hàm lượng anthocyanin và độ ẩm sản phẩm.

- Tối ưu hóa thực nghiệm.

► Các bước tiến hành của phương pháp TYT 2^k:

- Chọn yếu tố ảnh hưởng.
- Chọn mức các yếu tố.
- Xây dựng 2^k thí nghiệm cần thiết.
- Tiến hành làm thí nghiệm theo ma trận.
- Chọn dạng phương trình hồi quy.
- Kiểm tra ý nghĩa hệ số b.
- Kiểm tra tương thích giữa phương trình hồi quy và thực nghiệm.
- Viết phương trình hồi quy.

► Quy hoạch phương án tối ưu:

- Dùng công cụ Tools - Solver (chức năng mở rộng của Excel) để tìm giá trị tối ưu cho từng hàm mục tiêu.

- Dùng phương pháp thoát ly khỏi vùng cấm (giải với ngôn ngữ lập trình Pascal) để tìm điều kiện công nghệ tối ưu của hàm chập đa mục tiêu độ ẩm và hàm lượng anthocyanin.

CHƯƠNG III

KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Xác định thành phần hóa học của khoai lang tím:

Tùy thuộc vào nguồn gốc và chủng loại khoai lang tím mà thành phần hóa học có thể dao động khác nhau. Do đó nguyên liệu mua về làm thí nghiệm được xác định một số chỉ tiêu ban đầu như: độ ẩm, anthocyanin, protein, glucit, lipid, xơ, các kim loại nặng.

3.1.1. Xác định độ ẩm:

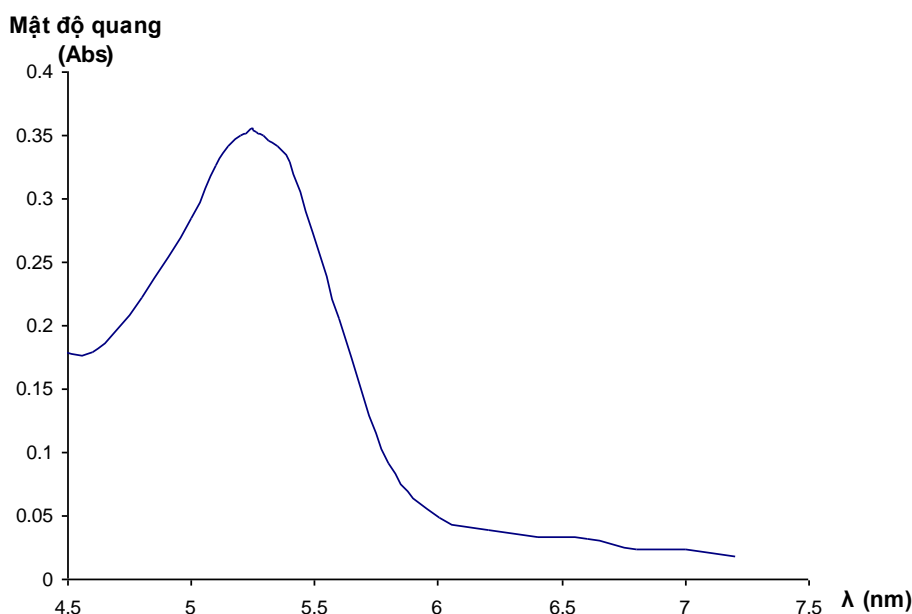
Mẫu sau khi chuẩn bị như phần 2.2.1 chương 2 được xác định độ ẩm 3 lần trên máy phân tích độ ẩm lấy kết quả trung bình. Kết quả được thể hiện ở bảng 3.1.

Bảng 3.1: Kết quả đo độ ẩm của nguyên liệu

Lần đo	Lần 1	Lần 2	Lần 3	Trung bình
Độ ẩm, %	67,85	68,05	67,68	67,86

3.1.2. Xác định anthocyanin bằng phương pháp pH vi sai:

Sau khi tiến hành quét mật độ quang của dung dịch chứa anthocyanin ở các bước sóng từ 400-700nm trên máy so màu UV/VIS – DR 2400 chúng tôi thu được kết quả ở hình 3.1.



Hình 3.1: Đồ thị xác định bước sóng cực đại của anthocyanin trong khoai lang tím

Qua đồ thị cho thấy phổ hấp thụ của dịch chiết từ khoai lang tím nằm trong khoảng bước sóng 510 – 540nm, vì vậy có thể thấy rằng các dịch chiết của mẫu khoai lang tím rất giàu anthocyanin. Bước sóng hấp thụ cực đại của anthocyanin trong khoai lang tím xác định được là 524nm.

► **Xác định hàm lượng anthocyanin:**

Đo mật độ quang của các mẫu nghiên cứu tại các bước sóng hấp thụ cực đại 524nm và bước sóng 700nm, ở pH = 1 và pH = 4,5, từ đó áp dụng công thức (*) và (**) mục 2.2.2 ta tính được hàm lượng anthocyanin trong nguyên liệu.

Kết quả được thể hiện ở bảng 3.2.

Bảng 3.2: Kết quả xác định anthocyanin trong nguyên liệu

Lần đo	Mật độ quang, Abs				Hàm lượng anthocyanin, %
	pH = 1		pH = 4,5		
	λ_{\max}	700nm	λ_{\max}	700nm	
Lần 1	0,202	-0,017	0,192	0,002	0,058
Lần 2	0,278	-0,031	0,180	0,001	0,06
Lần3	0,354	-0,045	0,168	0,003	0,062
Trung bình					0,06

3.1.3. Xác định protit bằng phương pháp Kjeldahl:

Tính kết quả:

Tiến hành xác định 3 lần rồi lấy kết quả trung bình. Mỗi lần xác định lấy khoảng 0,5g nguyên liệu, cách tiến hành như mục 2.2.2 chương 2. Hàm lượng nitơ toàn phần theo phần trăm tính bằng công thức:

$$\text{Nitơ toàn phần (g/100g)} = \frac{0,0014(N - n)}{P} \cdot 100$$

trong đó:

N: số ml H₂SO₄ 0,1N cho vào bình nón trước để kết hợp với NH₃.

n: số ml NaOH 0,1N dùng để chuẩn độ H₂SO₄ thừa.

P: trọng lượng mẫu thử tính bằng g.

Muốn tính ra protit nhân kết quả nitơ toàn phần với 6,25.

Kết quả được thể hiện ở bảng 3.3.

Bảng 3.3: Kết quả xác định protein, nitơ toàn phần

	Lần 1	Lần 2	Lần 3	Trung bình
N, ml	10	10	10	10
n, ml	9,75	9,9	9,84	9,83
P, g	0,5132	0,4654	0,4375	0,4720
Ni tơ toàn phần, %	0,068	0,03	0,0512	0,0497
Protein, %	0,425	0,188	0,32	0,311

3.1.4. Xác định glucit tổng, đường tự do, tinh bột bằng phương pháp Bertrand:

Tính kết quả:

Cách tiến hành như mục 2.2.2 chương 2, xác định 3 lần lấy kết quả trung bình. Hàm lượng đường toàn phần biểu thị bằng đường glucose hoặc đường nghịch chuyển (g) trong 100g nguyên liệu được tính bằng công thức:

$$X = \frac{G_1 \cdot 100}{G \cdot 1000} \cdot \text{độ pha loãng}$$

trong đó:

G_1 : trọng lượng đường nghịch chuyển hoặc đường glucose (mg) tương ứng với số ml KMnO_4 0,1N đọc ở bảng 3 [tr 225, 9].

G: trọng lượng nguyên liệu cân lúc đầu, tính bằng g.

1000: chuyển từ mg sang g.

Lượng tinh bột = lượng glucose x 0,9.

Kết quả được thể hiện ở bảng 3.4.

Bảng 3.4: Kết quả xác định glucit tổng, đường tự do và tinh bột

	Lần 1	Lần 2	Lần 3	Trung bình
G, g	2,0033	2,0611	2,0038	2,0227
V_{KMnO_4} , ml	17,9	17,1	18,5	17,83
G_1 , mg	60,67	57,67	63	60,45
Glucit tổng, %	29,19	28,78	29,36	29,11
Đường tự do, %	2,92	3,04	2,86	2,94
Tinh bột, %	26,27	25,74	26,5	26,17

3.1.5. Xác định hàm lượng lipid bằng phương pháp Soxhlet:

Tính kết quả:

Sau khi tiến hành xác định 3 lần như ở mục 2.2.2 chương 2 chúng tôi lấy kết quả trung bình để tính hàm lượng lipid có trong nguyên liệu. Hàm lượng phần trăm chất béo tính theo công thức:

$$X = \frac{M_1 - M_2}{m} \cdot 100, \%$$

trong đó: M_1 : khối lượng bình cầu, g

M_2 : khối lượng bình cầu và lipid sau khi trích ly và sấy khô, g

m : khối lượng mẫu ban đầu, g

Kết quả được thể hiện ở bảng 3.5.

Bảng 3.5: Kết quả xác định lipid

	Lần 1	Lần 2	Lần 3	Trung bình
m, g	4,5862	4,3904	4,6883	4,55496
M_1, g	56,9904	65,0795	60,7294	60,9331
M_2, g	57,0023	66,0684	62,0575	61,7094
$X, \%$	0,26	0,24	0,28	0,26

3.1.6. Xác định hàm lượng xơ:

Tính kết quả:

Cách tiến hành như ở mục 2.2.2 chương 2, xác định 3 lần sau đó lấy kết quả trung bình để tính hàm lượng xơ có trong nguyên liệu. Lượng xơ có trong mẫu tính theo công thức:

$$X = \frac{[m_1 - (m_2 - m_3)]}{m} \cdot 100, \%$$

trong đó: m_1 : khối lượng bã sau khi sấy, g

m_2 : khối lượng tro và chén nung sau khi nung, g

m_3 : khối lượng chén nung, g

m : khối lượng mẫu, g

Kết quả được thể hiện ở bảng 3.6.

Bảng 3.6: Kết quả xác định xơ

	Lần 1	Lần 2	Lần 3	Trung bình
m, g	2,0033	2,0611	2,0038	2,0227
m ₁ , g	0,8390	0,8547	0,8482	0,8473
m ₂ , g	18,5342	21,6915	21,1105	20,4454
m ₃ , g	17,7285	20,8751	20,8876	19,8304
X, %	1,42	1,4	1,44	1,42

3.1.7. Xác định hàm lượng các kim loại nặng:

Tiến hành phân tích các kim loại nặng theo qui trình như mục 2.2.3 chương 2. Trong đó các kim loại Zn, Cd, Pb, Cu được xác định trên máy cực phổ xung vi phân CPA-HH3. Kết quả được thể hiện ở bảng 3.7.

Bảng 3.7: Kết quả xác định kim loại nặng

Tên chỉ tiêu	Đơn vị	Thiết bị thử	Kết quả
Zn	mg/kg	Cực phổ CPA-HH3	8,637
Cd	mg/kg	Cực phổ CPA-HH3	0,012
Pb	mg/kg	Cực phổ CPA-HH3	0,482
Cu	mg/kg	Cực phổ CPA-HH3	1,420

Theo kết quả khảo sát cho thấy hàm lượng một số các kim loại nặng (Zn, Pb, Cu, Cd) trong khoai lang tím nằm dưới mức giới hạn tối đa cho phép theo quyết định số 867/ 1998/ QĐ-BYT của Bộ Y tế (phụ lục 2).

Thành phần hoá học của nguyên liệu được tổng hợp lại ở bảng 3.8.

Bảng 3.8: Kết quả tổng hợp thành phần hóa học của khoai lang tím 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
Glucid		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: Theo kết quả khảo sát cho thấy trong khoai lang tím có chứa nhiều thành phần dinh dưỡng. Trong đó, hàm lượng anthocyanin xác định được là khá cao khi so sánh với các loại khoai lang khác (0,06%). Ngoài ra, hàm lượng các kim loại nặng cũng nằm dưới mức giới hạn tối đa cho phép theo quyết định số 867/ 1998/QĐ-BYT của Bộ Y tế.

3.2. Nghiên cứu sản xuất khoai lang tím sấy bằng phương pháp sấy thăng hoa:

3.2.1. Nghiên cứu lựa chọn qui trình xử lý nguyên liệu trước khi sấy thăng hoa:

Trong quá trình xử lý nguyên liệu trước khi sấy thường có các khâu như: chần hấp, xử lý hóa chất. Đây là những nhân tố chính ảnh hưởng đến hiệu quả sấy.

Quá trình chần hấp đem lại những biến đổi hóa lý có lợi cho sự thoát ẩm trong nguyên liệu. Dưới tác dụng nhiệt trạng thái keo biến đổi, mô thực vật mềm ra, tế bào trương nở, không khí thoát ra, chất nguyên sinh đông tụ tách ra khỏi màng tế bào, làm độ thấm hút của tế bào tăng lên. Do vậy khi sấy nước thoát ra dễ dàng. Đối với rau quả giàu glucit quá trình chần hấp làm tăng độ xốp, đối với rau quả có lớp sáp mỏng làm mất lớp sáp tạo ra vết nứt nhỏ trên bề mặt. Ngoài ra quá trình chần hấp còn có tác dụng tiêu diệt vi sinh vật, vô hoạt các enzym.

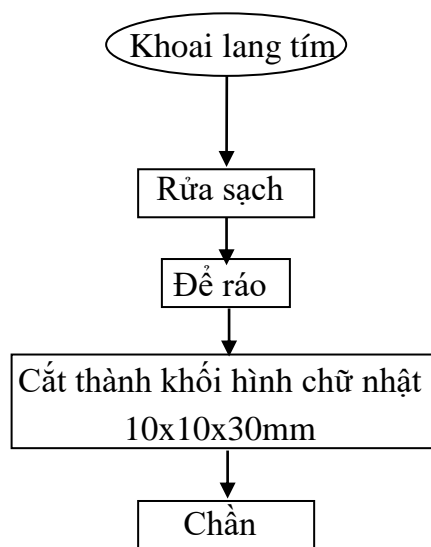
Những hóa chất thường sử dụng trong xử lý nguyên liệu là: axit xitric, axit sunfurơ, muối sunfit, chất tạo nhũ tương (monostearat, glycerin, albumin), CaCl_2 . Axit xitric có tác dụng làm kìm hãm sự biến màu phi enzym. Axit sunfurơ, muối sunfit có tính khử mạnh, tác dụng với nhóm hoạt động của enzym oxy hóa (ascobinaza, peroxidaza) làm chậm các phản ứng sẫm màu, ngăn ngừa sự tạo thành melanoidin, ổn định vitamin C. Chất tạo nhũ tương được ứng dụng trong kỹ thuật sấy màng bột, tăng chất lượng sản phẩm sấy. CaCl_2 làm chậm lại quá trình sẫm màu, ngăn ngừa hiện tượng nhũn trong quá trình nấu chín, cải thiện tốc độ hồi nguyên và tăng độ cứng của sản phẩm hồi nguyên (tạo phức pectat canxi) [6].

Tuy nhiên mặt trái của các quá trình xử lý trên hoặc là làm tổn thất các chất dinh dưỡng của nguyên liệu hoặc là để lại trong sản phẩm những thành phần không có lợi cho sức khỏe của con người. Sự tổn thất các chất dinh dưỡng có thể khác nhau đáng kể trong các quá trình chuẩn bị trước khi sấy, các điều kiện của quá trình sấy thăng hoa như: nhiệt độ lạnh đông, nhiệt độ sấy, thời gian sấy cũng như điều kiện bảo quản. Tuy nhiên đối với rau quả sự thất thoát các chất dinh dưỡng xảy ra trong quá trình chuẩn bị thường vượt xa so với quá trình sấy. Ví dụ: thất thoát vitamin C trong quá trình chuẩn bị sấy táo (dạng khối) là 8% do quá trình cắt gọt, 6% do chần hấp, 10% do quá trình nghiền pu rê và 5% do quá trình sấy [6].

Do vậy nghiên cứu để lựa chọn ra quy trình xử lý hợp lý nhằm giảm tối thiểu những tổn thất dinh dưỡng do quá trình chuẩn bị gây ra đồng thời tăng hiệu suất của quá trình sấy là một hướng đi cần thiết.

3.2.1.1. Quy trình 1:

• Sơ đồ qui trình:



• Thuyết minh qui trình:

- Khoai lang tím phải đạt những tiêu chuẩn như phần 2.1.1 chương 2.
- Rửa sạch: những củ khoai lang tím đạt tiêu chuẩn sẽ được loại bỏ hết đất cát bám trên vỏ củ.
- Tiếp theo dùng dao cắt thành khối hình chữ nhật có kích thước 10x10x30mm. Quá trình này yêu cầu phải tiến hành nhanh tránh sự tác dụng của các enzyme oxy hóa làm biến màu sản phẩm. Trong công nghiệp quá trình này được thực hiện bằng máy cắt.
- Chần: trên cơ sở tham khảo các tài liệu [13], [14] chúng tôi tiến hành các thí nghiệm khảo sát cụ thể trên nguyên liệu khoai lang tím. Sau khi chần xong tiến hành xác định một số chỉ tiêu của bán thành phẩm như: độ ẩm, hàm lượng anthocyanin và đánh giá cảm quan. Kết quả thể hiện ở bảng 3.9.

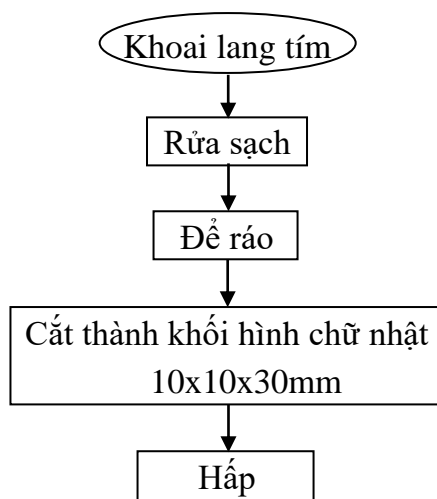
Bảng 3.9: Kết quả xác định độ ẩm, hàm lượng anthocyanin và đánh giá cảm quan sau chần

Nhiệt độ nước chần, °C	Thời gian chần, phút	Độ ẩm, %	Hàm lượng anthocyanin, %	Đánh giá cảm quan
90	3	67,65	0,223	Bề mặt ngoài khô, chín không đều.
90	5	67,70	0,226	Bề mặt ngoài khô, chín đều, màu đậm.
90	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 tiếp tục chuyển sang khảo sát theo quy trình 2.

3.2.1.2. Quy trình 2:

• Sơ đồ quy trình:



• **Thuyết minh qui trình:**

- Khoai lang tím làm nguyên liệu cùng loại với quy trình 1.

- Rửa sạch: giống quy trình 1.

- Cắt thành khối hình chữ nhật: giống quy trình 1.

- Hấp: khoai lang tím sau khi được cắt thành dạng khối hình chữ nhật sẽ được hấp ở những thời gian khảo sát khác nhau. Sau khi hấp xong chúng tôi tiến hành xác định một số chỉ tiêu của bán thành phẩm như: độ ẩm, hàm lượng anthocyanin và đánh giá cảm quan. Kết quả thể hiện ở bảng 3.10.

Bảng 3.10: Kết quả xác định độ ẩm, hàm lượng anthocyanin và đánh giá cảm quan sau hấp

Nhiệt độ hơi nước, °C	Thời gian hấp, phút	Độ ẩm, %	Hàm lượng anthocyanin, %	Đánh giá cảm quan
100	3	67,85	0,228	Mẫu chưa chín, cứng, bề mặt còn mủ.
100	4	67,76	0,23	Mẫu chín, không quá mềm, bề mặt ướt.
100	5	67,80	0,225	Mẫu quá chín, mềm, một vài mẫu bị bể.

Dựa vào kết quả thu được cho thấy sự tổn thất anthocyanin khi xử lý theo quy trình này ít hơn so với qui trình 1, quan sát các hình 3.2, 3.3 chúng ta có thể thấy được điều này.

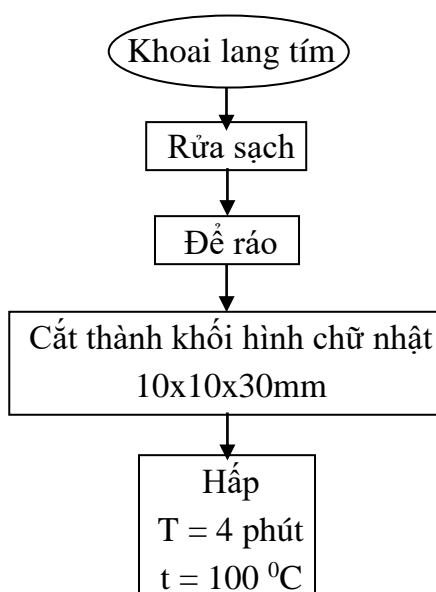


Hình 3.2: Mẫu khoai lang tím sau chần



Hình 3.3: Mẫu khoai lang tím sau hấp

Từ các kết quả khảo sát theo trên chúng tôi đưa ra qui trình xử lý nguyên liệu tốt nhất như sau:



• **Nhận xét:**

- Hàm lượng anthocyanin trong bán thành phẩm sau xử lý xác định được là 0,23 % 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 giá trị dinh dưỡng của 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.

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

Với mục đích là nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố công nghệ đến quá trình sấy thăng hoa khoai lang tím chúng tôi tiến hành tối ưu hoá các thông số kỹ thuật của công nghệ sấy thăng hoa bằng các thí nghiệm. Để tiến hành các thí nghiệm khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến chất lượng của khoai lang tím sấy tôi sử dụng phương pháp toán học vì đây là công cụ giúp chúng tôi giảm bớt số thí nghiệm mà vẫn có thể xác định được điều kiện công nghệ thích hợp.

3.2.2.1. Chọn yếu tố ảnh hưởng và hàm mục tiêu:

Trong công nghệ sấy thăng hoa chất lượng sản phẩm chịu tác động của nhiều yếu tố nhưng ở đây chúng tôi chọn 3 yếu tố:

- Z_1 : nhiệt độ lạnh đông, $^{\circ}\text{C}$
- Z_2 : nhiệt độ sấy, $^{\circ}\text{C}$
- Z_3 : thời gian sấy, giờ

Đối với sản phẩm sấy thì có rất nhiều chỉ số để đánh giá chất lượng của nó nhưng trong đề tài này chúng tôi chọn độ ẩm và hàm lượng anthocyanin làm hàm mục tiêu:

- Y_1 : hàm mục độ ẩm của sản phẩm, %
- Y_2 : hàm mục tiêu hàm lượng anthocyanin của sản phẩm, %

Trong điều kiện công nghệ nhất định mục tiêu đặt ra là độ ẩm sản phẩm càng thấp càng tốt và hàm lượng anthocyanin càng ít tổn thất càng tốt. Vì vậy chúng tôi biểu diễn mối quan hệ giữa các yếu tố ảnh hưởng và hàm mục tiêu như sau:

$$Y_1 = f(Z_1, Z_2, Z_3) \quad Y_1 \longrightarrow \text{Min}$$

$$Y_2 = f(Z_1, Z_2, Z_3) \quad Y_2 \longrightarrow \text{Max}$$

3.2.2.2. Các bước thực hiện bài toán quy hoạch:

► Chọn phương án quy hoạch:

Để xác định hướng đi của đề tài và nhanh chóng tiến tới miền tối ưu tôi chọn phương án quy hoạch trực giao cấp I (TYT 2^k) thực nghiệm yếu tố toàn phần hai mức, k yếu tố ảnh hưởng.

Từ quá trình khảo sát và tham khảo các tài liệu [13], [14], [15] chúng tôi chọn mức quy hoạch cho 3 yếu tố như sau:

- Nhiệt độ lạnh đông (Z_1): $-60 \div -30$ °C.
- Nhiệt độ sấy (Z_2): $30 \div 45$ °C.
- Thời gian sấy (Z_3): $6 \div 10$ giờ.

► Tổ chức các thí nghiệm trực giao cấp I:

Theo [1] số thí nghiệm trong phương án là $2^k = 8$ ($k = 3$) và 3 thí nghiệm tại tâm, điều kiện thí nghiệm được ghi ở bảng 3.11.

Bảng 3.11: Các mức của các yếu tố ảnh hưởng

Các mức	Các yếu tố ảnh hưởng		
	$Z_1, ^\circ\text{C}$	$Z_2, ^\circ\text{C}$	Z_3, h
Mức trên (+1)	-30	45	10
Mức cơ sở (0)	-45	40	8
Mức dưới (-1)	-60	35	6
Khoảng biến thiên	15	5	2

Từ cách chọn phương án và điều kiện thí nghiệm, chúng tôi xây dựng ma trận thực nghiệm theo biến mã và tiến hành thí nghiệm theo ma trận. Kết quả ở bảng 3.12.

Bảng 3.12: Ma trận quy hoạch với biến ảo TYT 2³ và kết quả thực nghiệm

STT	Biến thực			Biến mã			y ₁	y ₂
	Z ₁ , °C	Z ₂ , °C	Z ₃ , h	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, %.

► **Xây dựng mô tả toán học cho hàm mục tiêu độ ẩm của sản phẩm:**

- Chọn phương trình hồi quy:

Phương trình hồi quy có dạng:

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3 \quad (3.1)$$

trong đó: b₀: hệ số hồi quy.

b₁, b₂, b₃: hệ số tuyến tính.

b₁₂, b₁₃, b₂₃: hệ số tương tác đôi.

b₁₂₃: hệ số tương tác ba.

- Tính hệ số b:

Vì phương án được chọn là quy hoạch trực giao cấp I, theo [1] các hệ số b trong phương trình hồi quy (3.1) được xác định theo công thức sau:

$$\left. \begin{aligned} b_j &= \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N (x_{ju} y_u) && \text{với: } j = (1, k) \\ b_{ij} &= \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N (x_{iu} x_{ju}) y_u && i \neq j = (1, k) \\ b_{ijk} &= \frac{1}{N} \sum_{u=1}^N (x_{iu} x_{ju} x_{ku}) y_u && i \neq j \neq k = (1, k) \end{aligned} \right\} (3.2)$$

Từ số liệu thực nghiệm bảng 3.12, áp dụng công thức (3.2) ta tính được các hệ số b :

$$\begin{aligned} b_0 &= 5,12 && b_{12} = -0,2 \\ b_1 &= 0,805 && b_{13} = -0,3725 \\ b_2 &= -0,695 && b_{23} = 0,1825 \\ b_3 &= -0,4675 && b_{123} = 0,1075 \end{aligned}$$

- Kiểm định mức ý nghĩa của các hệ số b trong phương trình 3.1:

Các hệ số được kiểm định theo chuẩn Student (t)

$$t_j = \frac{|b_j|}{S_{b_j}} \quad (3.3)$$

- So sánh t_j với $t_p(f)$.

trong đó: $t_p(f)$ là chuẩn Student tra bảng ứng với xác suất tin cậy p và bậc tự do f ,
 $f = n_0 - 1$

b_j : hệ số trong phương trình hồi quy đã chọn.

S_{b_j} : độ lệch của các hệ số b_j

Nếu $t_j > t_p(f)$ thì hệ số b_j có nghĩa.

Nếu $t_j < t_p(f)$ thì hệ số b_j bị loại khỏi phương trình.

- Xác định S_{b_j} :
$$S_{b_j} = \sqrt{\frac{S_{th}^2}{N}} \quad (3.4)$$

trong đó: S_{th}^2 là phương sai tái hiện
$$= \frac{\sum_{u=1}^n (y_u^0 - \bar{y}^0)^2}{f} \quad (3.5)$$

f : số bậc tự do, $f = m - 1 = 2$.

m : số thí nghiệm tại tâm, $m = 3$.

Để xác định phương sai tái hiện tôi dùng 3 thí nghiệm tại tâm:

$$y_1^0 = 4,78 \quad ; y_2^0 = 4,97 \quad ; y_3^0 = 4,68 \quad \text{với } \overline{y^0} = \frac{\sum_{u=1}^3 y_u^0}{3} = 4,81$$

Thay các giá trị vào các công thức (3.4), (3.5) ta có:

$$S_{th}^2 = 0,0217; \quad S_{bj}^2 = 0,002713; \quad S_{bj} = 0,052082$$

Để kiểm định theo chuẩn Student (t) ta thay hệ số b_j , S_{bj} vào công thức (3.3) ta có các giá trị t_j :

$$\begin{aligned} t_0 &= 98,30652 & t_{12} &= 3,840098 \\ t_1 &= 15,4564 & t_{13} &= 7,152183 \\ t_2 &= 13,34434 & t_{23} &= 3,50409 \\ t_3 &= 8,97623 & t_{123} &= 2,064053 \end{aligned}$$

Tra bảng 2, [1, tr 152] ta có $t_p(f_{th}) = t_{0,05}(2) = 4,3$

Do $t_{12} < t_p(f_{th})$, $t_{23} < t_p(f_{th})$, $t_{123} < t_p(f_{th})$ nên các hệ số b_{12} , b_{23} , b_{123} loại ra khỏi phương trình.

Vậy phương trình hồi quy của độ ẩm sản phẩm có dạng:

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

- Kiểm định sự phù hợp của phương trình hồi quy với thực nghiệm:

Sự tương thích của phương trình với thực nghiệm được kiểm định theo chuẩn Fisher (F).

$$F = \frac{S_{d\hat{a}e}^2}{S_{th}^2} \quad (3.6)$$

Trong đó: $S_{d\hat{a}e}^2$ là phương sai dư = $\frac{\sum_{u=1}^8 (Y_u - \hat{Y}_u)^2}{f_{d\hat{a}e}} \quad (3.7)$

Y_u : giá trị thực nghiệm ở thí nghiệm thứ u được ghi ở bảng 3.12.

\hat{Y}_u : giá trị theo phương trình ứng với điều kiện thứ u.

$f_{dur} = N - 1 = 8 - 5 = 3$, N: số thí nghiệm, l: số hệ số có nghĩa trong phương trình hồi quy.

Thay các giá trị vào công thức (3.6), (3.7) ta có: $S_{d\hat{a}e}^2 = 0,2263$; $F = 10,42857$

Tra bảng 4 [1] ta được $F_{1-p}(f_1, f_2) = F_{0,95}(3, 2) = 19,2$ với $f_1 = N - 1 = 3$, $f_2 = m - 1 = 2$

Ta có $F < F_{1-p}$. Vậy mô hình toán học đã chọn phù hợp với thực nghiệm.

Phần tính toán xem mục 3.1 phụ lục 3.

Phương trình hồi quy ở trên có dạng tuyến tính, cả 3 yếu tố là nhiệt độ lạnh đông, nhiệt độ sấy, thời gian sấy đều ảnh hưởng đến độ ẩm của sản phẩm. Vậy phương trình hồi quy này mô tả được là trong các khoảng của các yếu tố đã chọn khi giảm nhiệt độ lạnh đông, tăng nhiệt độ sấy, tăng thời gian sấy thì độ ẩm của sản phẩm sẽ giảm. Điều này có thể giải thích như sau: khi nhiệt độ lạnh đông càng thấp tức là mức độ lạnh đông càng sâu sẽ làm cho nước trong nguyên liệu chuyển thành đá triệt để hơn do đó sau giai đoạn sấy chính, ẩm còn lại sẽ ít hơn, còn khi sấy ở nhiệt độ càng cao và thời gian sấy càng dài thì ẩn nhiệt thăng hoa cấp cho sản phẩm càng lớn do vậy ẩm trong bán sản phẩm sẽ được tách ra nhiều hơn.

- Biểu diễn các yếu tố tương tác đối với độ ẩm trên đồ thị Matlab:

Để biểu diễn mối quan hệ bằng đồ thị thông qua phương trình hồi quy ta phải biến đổi về dạng chưa mã hóa như sau:

Thay các giá trị: $X_1 = L$, $X_2 = S$, $X_3 = T$; $X_1^0 = L^0 = -45$; $X_2^0 = S^0 = 40$; $X_3^0 = T^0 = 8$ ta có :

$$x_1 = \frac{L + 45}{15} ; \quad x_2 = \frac{S - 40}{5} ; \quad x_3 = \frac{T - 8}{2}$$

Thay các giá trị x_1 , x_2 , x_3 , vào phương trình hồi quy (*) ta được :

$$\hat{y}_1 = 5,12 + 0,805 \cdot \frac{L + 45}{15} - 0,695 \cdot \frac{S - 40}{5} - 0,4675 \cdot \frac{T - 8}{2} - 0,3725 \cdot \frac{L + 45}{15} \cdot \frac{T - 8}{2}$$

Để biểu diễn hàm \hat{y}_1 trên đồ thị không gian 3 chiều ta cố định một trong 3 yếu tố là nhiệt độ lạnh đông, nhiệt độ sấy, thời gian sấy. Để biểu diễn sự ảnh hưởng của nhiệt độ sấy và thời gian sấy đến độ ẩm sản phẩm ta cố định $L = -45$ °C và được phương trình :

$$\hat{y}_{1L} = 5,12 - 0,695 \cdot \frac{S - 40}{5} - 0,4675 \cdot \frac{T - 8}{2}$$

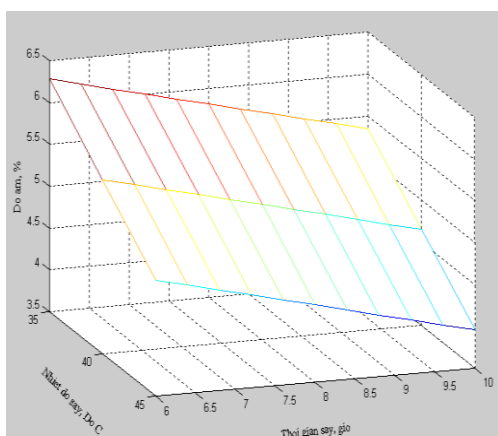
Tương tự để biểu diễn sự ảnh hưởng của nhiệt độ lạnh đông và thời gian sấy đến độ ẩm sản phẩm ta cố định $S = 40$ °C và được phương trình :

$$\hat{y}_{1S} = 5,12 + 0,805 \cdot \frac{L + 45}{15} - 0,4675 \cdot \frac{T - 8}{2} - 0,3725 \cdot \frac{L + 45}{15} \cdot \frac{T - 8}{2}$$

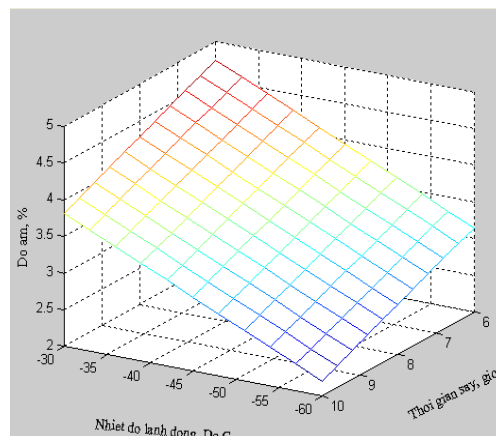
Và để biểu diễn sự ảnh hưởng của nhiệt độ lạnh đông và nhiệt độ sấy đến độ ẩm sản phẩm ta cố định $T = 8$ giờ và được phương trình:

$$\hat{y}_{1T} = 5,12 + 0,805 \cdot \frac{L + 45}{15} - 0,695 \cdot \frac{S - 40}{5}$$

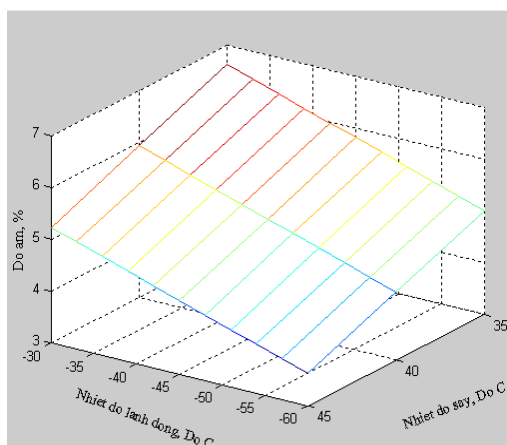
Dùng phần mềm Matlab (phần 4.1 phụ lục 4) để biểu diễn \hat{y}_{1L} , \hat{y}_{1S} , \hat{y}_{1T} ta được các đồ thị ở hình 3.4a, 3.4b, 3.4c.



Hình 3.4a: Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy và thời gian sấy đến độ ẩm sản phẩm



Hình 3.4b: Ảnh hưởng của nhiệt độ lạnh đông và thời gian sấy đến độ ẩm sản phẩm



Hình 3.4c: Ảnh hưởng của nhiệt độ sấy và nhiệt độ lạnh đông đến độ ẩm sản phẩm

Ý nghĩa: Với những đồ thị này trong nghiên cứu cũng như trong sản xuất ta có thể kiểm soát sự ảnh hưởng của các điều kiện công nghệ đến độ ẩm và hàm lượng anthocyanin của sản phẩm một cách nhanh chóng. Ví dụ: ở hình 3.4a ứng với nhiệt độ lạnh đông là -45°C ta có thể xác định được độ ẩm của sản phẩm tại nhiệt độ sấy và thời gian sấy bất kỳ trong khoảng khảo sát một cách dễ dàng bằng cách từ nhiệt độ sấy và thời gian sấy dóng các đường thẳng lên mặt phẳng biểu diễn hàm lượng ẩm sẽ có một điểm trên mặt phẳng này. Từ điểm này dóng một đường thẳng lên mặt phẳng độ ẩm của hệ trục tọa độ không gian 3 chiều ta sẽ xác định được độ ẩm của sản phẩm.

► **Xây dựng mô tả toán học với hàm mục tiêu hàm lượng anthocyanin:**

- Chọn phương trình hồi quy:

Phương trình hồi quy được chọn theo phương trình 3.1 ở mục 3.2.2.2. Các hệ số b_1, b_2, \dots, b_{123} được tính theo số liệu thực nghiệm hàm mục tiêu hàm lượng anthocyanin (y_2) và theo công thức (3.2).

Kết quả tính các hệ số b trong phương trình hồi quy của hàm anthocyanin:

$$b_0 = 0,193125$$

$$b_{12} = - 0,000875$$

$$b_1 = 0,008375$$

$$b_{13} = 0,004875$$

$$b_2 = - 0,009125$$

$$b_{23} = -0,003375$$

$$b_3 = - 0,017625$$

$$b_{123} = 0,002375$$

- Kiểm tra mức ý nghĩa của các hệ số b trong phương trình hồi quy:

Các bước kiểm tra tương tự như đối với các hệ số b trong phương trình hồi quy hàm mục tiêu độ ẩm.

Kết quả tính các t_j :

$$t_0 = 119,1994$$

$$t_{12} = 0,540062$$

$$t_1 = 5,169163$$

$$t_{13} = 1,465882$$

$$t_2 = 5,632073$$

$$t_{23} = 2,083095$$

$$t_3 = 10,87839$$

$$t_{123} = 1,465882$$

Sau khi kiểm tra mức ý nghĩa của các hệ số b ta có: $t_{12}, t_{13}, t_{23}, t_{123} < t_p(f_{th}) = t_{0,05}(2) = 4,3$ nên các hệ số $b_{12}, b_{13}, b_{23}, b_{123}$ đều bị loại ra khỏi phương trình.

Vậy phương trình hồi quy của hàm lượng anthocyanin trong sản phẩm có dạng:

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

- Kiểm định sự phù hợp của phương trình hồi quy với thực nghiệm:

Các bước kiểm tra cũng tương tự như đối với hàm mục tiêu là độ ẩm.

Thay các giá trị vào công thức (3.4), (3.5), (3.6), (3.7) ta có: $S_{th}^2 = 0,000021$;

$$S_{bj}^2 = 0,000002625 ; S_{bj} = 0,001620185 ; S_{d\infty}^2 = 0,000111 ; F = 5,277778$$

Tra bảng 4 [1] ta được $F_{1-p}(f_1, f_2) = F_{0,95}(3,2) = 19,2$ với $f_1 = N - 1 = 3, f_2 = m-1 = 2$

Ta có $F < F_{1-p}$. Vậy mô hình toán học đã chọn phù hợp với thực nghiệm.

Phân tích toán xem mục 3.2 phần phụ lục 3.

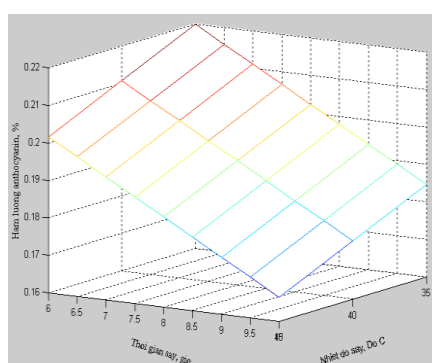
Phương trình hồi quy ở trên có dạng tuyến tính, cả 3 yếu tố là nhiệt độ lạnh đông, nhiệt độ sấy, thời gian sấy đều ảnh hưởng đến chất lượng của sản phẩm mà trực tiếp là hàm lượng anthocyanin. Trong các khoảng của các yếu tố đã chọn khi tăng nhiệt độ lạnh đông, giảm nhiệt độ sấy, giảm thời gian sấy thì hàm lượng anthocyanin sẽ tăng. Sở dĩ như vậy 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.

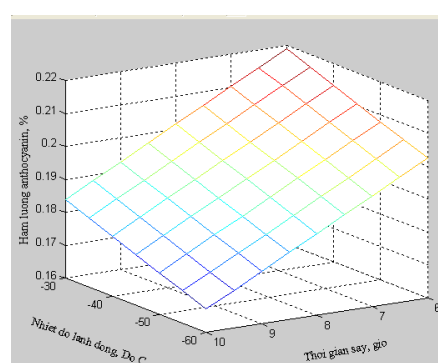
- Biểu diễn các yếu tố tương tác đối với hàm lượng anthocyanin

Tương tự như cách biểu diễn các yếu tố tương tác đối với độ ẩm của sản phẩm ta cũng biểu diễn được sự ảnh hưởng của các yếu tố nhiệt độ lạnh đông, nhiệt độ sấy, thời gian sấy đến hàm lượng anthocyanin của sản phẩm trên đồ thị không gian 3 chiều. Những đồ thị này cũng có ý nghĩa trong nghiên cứu và sản xuất tương tự như những đồ thị của độ ẩm.

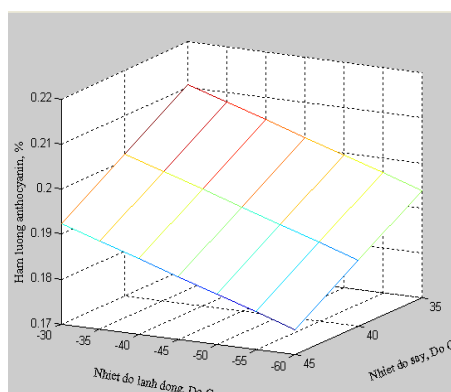
Chương trình vẽ ở phần 4.2 phụ lục 4. Kết quả được thể hiện ở hình 3.5a, 3.5b, 3.5c.



Hình 3.5a: Ảnh hưởng của thời gian sấy và nhiệt độ sấy đến hàm lượng anthocyanin



Hình 3.5b: Ảnh hưởng của thời gian sấy và nhiệt độ lạnh đông đến hàm lượng anthocyanin



Hình 3.5c: Ảnh hưởng của nhiệt độ lạnh đông và nhiệt độ sấy đến hàm lượng anthocyanin

3.2.3. Tối ưu hoá các điều kiện công nghệ sấy thăng hoa khoai lang tím:

3.2.3.1. Tối ưu hóa các điều kiện công nghệ để sản phẩm có độ ẩm nhỏ nhất và hàm lượng anthocyanin lớn nhất:

Sau khi đã có phương trình hồi quy của độ ẩm sản phẩm và hàm lượng anthocyanin của sản phẩm chúng tôi tiến hành tối ưu các điều kiện công nghệ sấy

thăng hoa để thu được sản phẩm có độ ẩm nhỏ nhất và hàm lượng anthocyanin là lớn nhất.

Để nhanh chóng tìm ra các giá trị tối ưu đó chúng tôi sử dụng công cụ Solver để tìm giá trị cực trị của từng hàm (phụ lục 5).

Kết quả được thể hiện ở bảng 3.13 và 3.14.

Bảng 3.13: 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, h	x_1	x_2	x_3	
-60	45	10	-	+	+	3,525

Nhìn vào bảng 3.13, kết quả tối ưu bằng Solver trùng với thí nghiệm thứ 2 với các điều kiện công nghệ: nhiệt độ lạnh đông -60°C , nhiệt độ sấy 45°C , thời gian 10 giờ và xác định được độ ẩm nhỏ nhất là 3,525 %. Tại điều kiện công nghệ này chúng tôi xác định được hàm lượng anthocyanin của sản phẩm theo hàm y_2 là 0,158 %. Đây chưa phải là hàm lượng anthocyanin cao nhất. Vì vậy chúng tôi tiến hành tìm điều kiện công nghệ tối ưu để thu được sản phẩm có hàm lượng anthocyanin cao nhất.

Bảng 3.14: 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, h	x_1	x_2	x_3	
-30	35	6	+	-	-	0,228

Từ bảng 3.14 chúng tôi nhận thấy kết quả tối ưu bằng Solver cho điều kiện công nghệ trùng thí nghiệm thứ 7 với điều kiện công nghệ tương ứng là: nhiệt độ lạnh đông -60°C , nhiệt độ sấy 35°C , thời gian sấy 6 giờ và hàm lượng anthocyanin đạt giá trị cao nhất tìm được là 0,228 %, Tại điều kiện công nghệ này chúng tôi xác định được độ ẩm của sản phẩm theo hàm y_1 là 7,46 %, sản phẩm chưa đạt độ ẩm nhỏ nhất.

Qua các kết quả tối ưu trên cho thấy ở điều kiện công nghệ mà hàm lượng anthocyanin đạt max thì độ ẩm không thể đạt min và điều kiện công nghệ làm cho độ ẩm nhỏ nhất ta lại không thể có hàm lượng anthocyanin của sản phẩm lớn nhất. Như vậy không thể tìm được điều kiện tối ưu thỏa mãn một lúc hai mục tiêu nghiên cứu bằng phương pháp này. Do vậy, chúng tôi tiến hành tối ưu hóa hàm đa mục tiêu bằng phương pháp thoát ly khỏi vùng cấm để tìm ra một nghiệm thỏa hiệp.

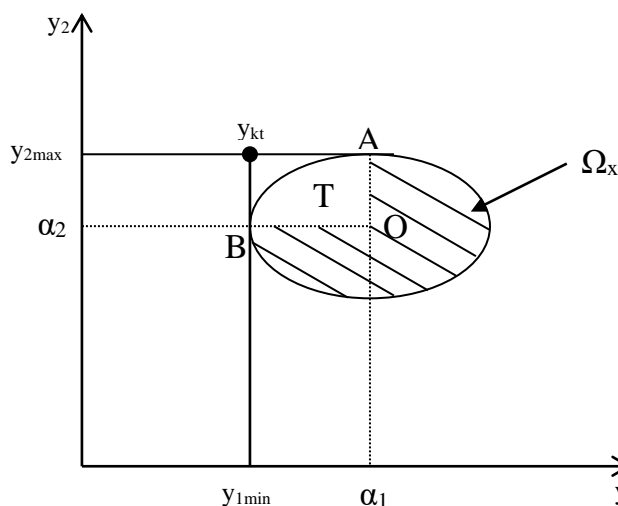
3.2.3.2. Tối ưu hóa hàm đa mục tiêu bằng phương pháp thoát ly khỏi vùng cấm:

Quá trình sấy thăng hoa khoai lang tím được đặc trưng bởi hai phương trình (*) và (**) mục 3.2.2.2. Hai phương trình này thể hiện sự tác động của các yếu tố công nghệ đến độ ẩm và hàm lượng anthocyanin của sản phẩm khoai lang tím sấy. Khi có sự thay đổi của bộ ba số liệu (x_1, x_2, x_3) trong bảng 3.12 thì cho các giá trị thực nghiệm y_1, y_2 khác nhau và y_{1min}, y_{2max} cũng khác nhau.

Với mục đích sản xuất ra được sản phẩm khoai lang tím sấy có độ ẩm thấp nhất và hàm lượng anthocyanin cao nhất nhiệm vụ của chúng tôi là phải tối ưu hóa hàm đa mục tiêu để tìm giải pháp công nghệ thực tiễn tốt nhất cho cả hai hàm mục tiêu, đồng thời nâng cao tính toàn diện và tính thuyết phục cho kết quả thu được.

Theo kết quả tối ưu ở mục 3.2.3.1 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 chúng ta có thể dùng phương pháp chấp tuyến tính. Tuy nhiên trong phương pháp này chúng ta 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 khỏi vùng cấm trong tổ hợp chấp phi tuyến.

► Nội dung của phương pháp [5]:



Hình 3.6: 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 $AOB_{y_{kt}}$): 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:

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

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

Hàm mục tiêu tổ hợp chấp $R(x)$ tính theo công thức:

$$R(x) = \rho_1(x) \cdot \rho_2(x) \longrightarrow \max$$

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

Ý nghĩa: $R(x) \longrightarrow \max$, 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 như phần phụ lục 6 chúng tôi thu được kết quả ở bảng 3.15.

Bảng 3.15: Kết quả sau khi chạy chương trình tổng hợp từ phụ lục 6

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

Nhận xét: Theo kết quả trên, điều kiện tối ưu (nghiệm thỏa hiệp) tìm được đều nằm trong khoảng đã chọn và các giá trị $y_{1\text{tối ưu}} = 3,7219$ và $y_{2\text{tối ưu}} = 0,2005$ cũng nằm gần với giá trị của $y_{1\min} = 3,525$ và $y_{2\max} = 0,228$. Do vậy, có thể kết luận rằng kết quả trên hoàn toàn chấp nhận được.

3.2.4. Thực nghiệm kiểm chứng:

Sau khi tìm được nghiệm thỏa hiệp cho cả hai hàm mục tiêu độ ẩm và hàm lượng lượng anthocyanin ở trên, chúng tôi tiến hành làm thí nghiệm tại các điều kiện công nghệ tương ứng để kiểm chứng.

Theo kết quả tối ưu ở mục 3.2.3.2, thí nghiệm kiểm chứng ứng được thực hiện với các thông số kỹ thuật sau:

- Nhiệt độ lạnh đông: -60°C .
- Nhiệt độ sấy: $44,95^{\circ}\text{C}$.
- Thời gian sấy: 6 giờ.

Vì trong thực tế không thể có được những thông số trên nên chúng tôi làm tròn các thông số như sau:

- Nhiệt độ lạnh đông: -60°C .
- Nhiệt độ sấy: 45°C .
- Thời gian sấy: 6 giờ.

Sau khi có mẫu kiểm chứng chúng tôi tiến hành xác định độ ẩm và hàm lượng anthocyanin của sản phẩm để so sánh với kết quả tìm được theo phương pháp toán học. Các thí nghiệm được lặp lại 3 lần và kết quả được thể hiện ở bảng 3.16.

Bảng 3.16: Kết quả thí nghiệm kiểm chứng

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

Nhận xét:

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 $y_{1\min} = 3,525\%$ và hàm lượng anthocyanin đạt giá trị của $y_{2\max} = 0,228\%$. Tuy nhiên, các giá trị tìm được cũng gần thỏa mãn giá trị của $y_{1\text{tối ưu}}$, $y_{2\text{tối ưu}}$. Do vậy, có thể kết luận rằng độ tin cậy của phương pháp tối ưu là 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.

3.2.5. Đánh giá cảm quan:

Đây là một sản phẩm mới, để biết được mức độ ưa thích của người tiêu dùng chúng tôi tổ chức ra một hội đồng đánh giá cảm quan thị hiếu 60 người bao gồm các bạn lớp 02H2A, 03SH, 05MT trường đại học Bách Khoa Đà Nẵng. Thí nghiệm được tổ chức tại phòng thí nghiệm đánh giá cảm quan của bộ môn Công nghệ thực phẩm thuộc Khoa Hóa, chia làm 3 lượt thử: 2 lượt mỗi lượt 28 người và 1 lượt cho 4 người còn lại. Trong đó, sản phẩm sẽ được đánh giá mức độ ưa thích về màu sắc, độ khô giòn, vị và mức độ ưa thích chung trên thang 9 điểm theo phiếu hướng dẫn ở mục 7.1 phụ lục 7.

Kết quả được tổng hợp ở bảng 3.17.

Bảng 3.17: Tổng hợp kết quả đánh giá cảm quan từ phần 7.3 phụ lục 7

	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
Điểm trung bình	8,01	6,71	6,23	6,5

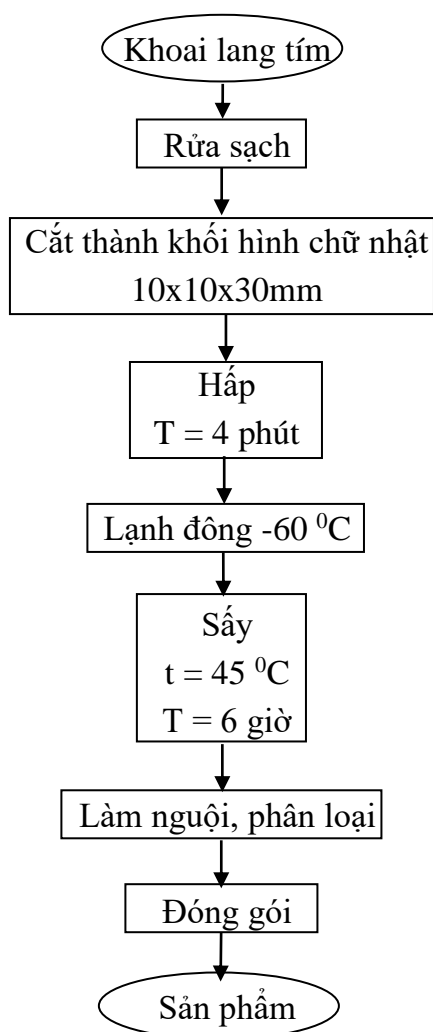
Nhận xét: Theo kết quả nhận được đối chiếu với thang đo của phiếu hướng dẫn thí nghiệm ở mục 7.1 phụ lục 7 ta thấy:

- Sản phẩm này được người tiêu dùng khá thích.
- Người tiêu dùng rất thích màu sắc của khoai lang tím sấy. Điều đó cho thấy khoai lang tím sấy theo phương pháp này bảo tồn gần như nguyên vẹn anthocyanin.
- Về độ khô giòn và vị của sản phẩm cũng được người tiêu dùng tương đối thích.
- Vì đây là sản phẩm hoàn toàn tự nhiên trong quá trình chế biến hoàn toàn không bổ sung một gia vị và phụ gia nào nên chưa được người tiêu dùng đánh giá cao. Nhưng 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 cùng với các chất dinh dưỡng có sẵn trong khoai lang tím.

3.2.6. Đề xuất qui trình sản xuất khoai lang tím sấy bằng phương pháp sấy thăng hoa ở quy mô pilot:

Dựa trên nguyên tắc làm việc của quá trình sấy thăng hoa và kết quả nghiên cứu chúng tôi đề xuất qui trình công nghệ sấy thăng hoa khoai lang tím như sau:

► Qui trình sản xuất khoai lang tím sấy thăng hoa ở quy mô pilot:



► Thuyết minh qui trình công nghệ:

Khoai lang tím dùng để sản xuất khoai lang tím sấy phải đạt những tiêu chuẩn như phần 2.1.1 chương 2.

Nguyên liệu sau khi rửa sạch được đưa vào máy cắt để cắt thành những khối hình chữ nhật có kích thước 10x10x30mm. Tiếp theo, khoai lang tím được hấp trong các nồi hấp ở điều kiện áp suất bình thường trong khoảng thời gian là 4 phút.

Quá trình hấp kết thúc, khoai lang tím sẽ được dần đều đưa đi lạnh đông ở nhiệt độ -60 °C. Sau khi đạt nhiệt độ yêu cầu khoai lang tím sẽ được chuyển ngay vào máy sấy thăng hoa thực hiện quá trình làm khô sản phẩm ở nhiệt độ 45 °C trong 6 giờ.

Sản phẩm sau khi sấy khô được làm nguội trước khi đóng gói nhằm tránh hiện tượng đổ mồ hôi trong bao bì dẫn đến làm hư hỏng sản phẩm. Vì sản phẩm sấy thăng hoa có cấu trúc xốp dễ bị oxy xâm nhập gây phá hủy lipid do đó cần phải

được bao gói trong khí trơ. Quá trình bao gói được thực hiện nhờ máy đóng gói chân không tự động với bao bì PE có kích thước 18x26cm. Mỗi gói thành phẩm có khối lượng khoảng 50-70g.

KẾT LUẬN

Sau quá trình thực hiện đề tài này chúng tôi đã rút ra được những kết luận như sau:

1. Đã khảo sát được thành phần của khoai lang tím. Đây là một loại thực phẩm rất bổ 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%).
2. Đã lựa chọn được quy trình xử lý nguyên liệu thích hợp trước khi sấy thăng hoa: nguyên liệu qua quá trình hấp ở điều kiện áp suất bình thường trong 4 phút sẽ giảm tối thiểu tổn thất về anthocyanin và tăng hiệu quả cho quá trình sấy.
3. Bằng phương pháp toán học kết hợp với thực nghiệm đã chứng minh được 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:
- $\hat{y}_1 = 5,12 + 0,805x_1 - 0,695x_2 - 0,4675x_3 - 0,3725x_1x_3$
- $\hat{y}_2 = 0,193125 + 0,008375x_1 - 0,009125x_2 - 0,017625x_3$
4. Điều kiện tốt nhất đối với quá trình sấy thăng hoa khoai lang tím là: nhiệt độ lạnh đông $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ sấy $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, thời gian sấy 6 giờ. Ở điều kiện này sản phẩm thu được có độ ẩm là 3,75 % và hàm lượng anthocyanin là 0,201 %.
5. Qua điều tra thị hiếu cho thấy sản phẩm này chỉ được người tiêu dùng đánh giá tương đối cao. Điều đó giúp chúng tôi có định hướng để có thể tạo ra sản phẩm khoai lang tím sấy hoàn thiện hơn.
6. Đã đề xuất được quy trình công nghệ sản xuất khoai lang tím sấy thăng hoa ở quy mô pilot.

HƯỚNG PHÁT TRIỂN ĐỀ TÀI

1. Khảo sát toàn bộ thành phần hóa học của khoai lang tím sau khi sấy.
2. Tiếp tục nghiên cứu hoàn thiện sản phẩm khoai lang tím sấy ngon hơn thích hợp với nhiều đối tượng người tiêu dùng.
3. Tiếp tục nghiên cứu các điều kiện kỹ thuật và thiết bị trong các công đoạn của qui trình công nghệ sản xuất khoai lang tím sấy thăng hoa ở quy mô phòng thí nghiệm.
4. Nghiên cứu ảnh hưởng của chiều dày, hình dạng nguyên liệu đến hiệu quả của quá trình sấy thăng hoa và chất lượng của sản phẩm.
5. Mở rộng nghiên cứu sản xuất một số sản phẩm sấy thăng hoa trên những nguyên liệu rau quả khác.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Nguyễn Cảnh (1993), *Quy hoạch thực nghiệm*, Đại học Bách Khoa TP. HCM.
2. Hoàng Thị Kim Cúc (2004), *Nghiên cứu thu nhận và ứng dụng anthocyanin trong thực phẩm*, Trường Cao đẳng lương thực- thực phẩm Đà Nẵng.
3. Hoàng Thị Kim Cúc, Phạm Châu Huỳnh, Nguyễn Thị Lan, Trần Khôi Uyên (2004), “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.
4. Trần Bích Lam, Tôn Nữ Minh Nguyệt, Đinh Trần Nhật Thu (2004), *Thí nghiệm hóa sinh thực phẩm*, NXB Đại học quốc gia TP. HCM.
5. Nguyễn Thị Lan (2006), *Bài giảng quy hoạch thực nghiệm*, Đại học Bách Khoa Đà Nẵng.
6. Đặng Minh Nhật (2006), *Giáo án kỹ thuật sấy nông sản thực phẩm*, Đại học Bách Khoa Đà Nẵng.
7. Trần Văn Phú, Lê Nguyên Dương (1991), *Kỹ thuật sấy nông sản*, NXB Khoa học và kỹ thuật.
8. Nguyễn Xuân Phương (2003), *Kỹ thuật lạnh thực phẩm*, NXB Khoa học và kỹ thuật.
9. Phạm Văn Sở, Bùi Thị Như Thuận, Bùi Minh Đức (1975), *Kiểm nghiệm lương thực thực phẩm*, NXB Khoa học và kỹ thuật.
10. Lê Ngọc Tú (2000), *Hóa sinh thực phẩm*, NXB Khoa học và kỹ thuật.
11. Hà Duyên Tư (1991), *Kỹ thuật phân tích cảm quan*, Tổng cục tiêu chuẩn – đo lường – chất lượng.
12. Viện dược liệu (2004), *Cây thuốc và động vật làm thuốc ở Việt Nam-tậpII*, NXB Khoa học và kỹ thuật.
13. Yeu-Pyng Lin, Jen-Horng Tsen, V. An-Erl King (2004), “Effect of far-infrared radiation on the freeze-drying of sweet potato”, *Journal of Food Engineering*, 68, 249-255.
14. M. K. Krokida, V. T. Karathanos và Z. B. Maroulis (1998), “Effect of Freeze-drying Conditions on Shrinkage and Porosity of Dehydrated Agricultural Products”, *Journal of Food Engineering*, 35, 369-380.
15. Luanda G. Marques, Maria C. Ferreisa, José T. Freice (2006), “Freeze-drying of acerola (*Malpighia glabra* L.)”, *Chemical Engineering and Processing*, 46, 451-457.

16. Ikuo SUDA, Tomoyuki OKI, Mami MASUDA, Mio KOBAYASHI, Yoichi NISHIBA, Shu FURUTA (2003), “Physiological Funtionalty of Purlple-Fleshed Sweet Potatoes Containing Anthocyanin and Their Utilization in Foods”, *JARQ* - (Vol. 37 No. 3).
17. http://www.tradekey.com/index.html?action=feedback_post&uid=269387&return_url=/sellofer_view/id/133435.htm.
18. <http://www.rpi.edu/dept/chem-eng/Biotech-Environ/DOWNSTREAM/fig2.htm>.
19. <http://www.vinamit.com>.
20. <http://www.niroinc.com>.
21. http://xinmeixang.en.alibaba.com/group/50034177/Freeze_Dried_Vegetables.html
22. http://www.quangngai.gov.vn/quangngai/tiengviet/chuyennganh/soyte/133481_946/#top#top.
23. <http://www.asuzacfoods.com.vn/sp.html>
24. <http://www.rauhoaquavietnam.vn>
25. http://www.acecookvietnam.vn/index.php?option=com_content&task=blogsection&jd=12&Itemid=175&lang=vi.
26. http://www.sggp.org.vn/phongsudieutra/thang12/nam2004/30473images/images37654_29B.jpg.
27. http://www.alibaba.com/manufacture/229c3pthf/Frozen_Dried_Fruit.html.
28. <http://www.dhdlvanlang.edu.vn/news/tintucsukien.aspx?id=265>.
29. http://www.doste.hochiminhcity.gov.vn/tintuc/news_detail.asp?period_id=1&cat_id=344&news_id=1117.
30. http://jd-trade.en.alibaba.com/group/50160209/Frozen_Dried_Food.html.

PHỤ LỤC 1

(Xác định anthocyanin trong khoai lang tím)

1.1. Pha dung dịch đệm pH = 1:

- + Lấy 25 ml dung dịch gốc HCl 0,2M.
- + Lấy 67 ml dung dịch KCl 0,2M (14,9g/l).
- + Định mức thành 100 ml.

1.2. Pha dung dịch đệm pH = 4,5:

- + Lấy 400 ml dung dịch CH₃COONa 1M (136g/l).
- + Lấy 240 ml dung dịch HCl 1N (83ml/l).
- + Định mức thành 1000 ml.

PHỤ LỤC 2

Mức giới hạn tối đa cho phép của một số kim loại nặng và độc tố trong sản phẩm rau tươi (Theo Quyết định số 867/ 1998/ QĐ-BYT của Bộ Y tế)

STT	TÊN NGUYÊN TỐ VÀ ĐỘC TỐ	Mức giới hạn (mg/ kg)
1	Asen (As)	≤ 0.2
2	Chì (Pb)	≤ 0.5 – 1.0
3	Thủy Ngân (Hg)	≤ 0.005
4	Đồng (Cu)	≤ 5.0
5	Cadimi (Cd)	≤ 0.02
6	Kẽm (Zn)	≤ 10.0
7	Bo (B)	≤ 1.8
8	Thiếc (Sn)	≤ 1.00
9	Antimon	≤ 0.05
10	Patulin (độc tố)	≤ 0.005
11	Aflatoxin (độc tố)	≤ 150

PHỤ LỤC 3

(Tính toán các phương trình hồi quy)

3.1. Tính toán phương trình hồi quy của hàm mục tiêu độ ẩm sản phẩm:

3.1.1. Tính các hệ số b:

$$b_0 = \frac{1}{8} (3,8 + 4,48 + 4,64 + 5,69 + 3,84 + 5,58 + 4,98 + 7,95) = 5,12.$$

$$b_1 = \frac{1}{8}(4,48 - 3,8 + 5,69 - 4,64 + 5,58 - 3,84 + 7,95 - 4,98) = 0,805.$$

$$b_2 = \frac{1}{8}(4,48 + 3,8 - 5,69 - 4,64 + 5,58 + 3,84 - 7,95 - 4,98) = -0,695.$$

$$b_3 = \frac{1}{8}(4,48 + 3,8 + 5,69 + 4,64 - 5,58 - 3,84 - 7,95 - 4,98) = -0,4675.$$

$$b_{12} = \frac{1}{8}(4,48 - 3,8 - 5,69 + 4,64 + 5,58 - 3,84 - 7,95 + 4,98) = -0,2.$$

$$b_{13} = \frac{1}{8}(4,48 - 3,8 + 5,69 - 4,64 + 5,58 - 3,84 + 7,95 - 4,98) = -0,3725.$$

$$b_{23} = \frac{1}{8}(4,48 + 3,8 - 5,69 - 4,64 - 5,58 - 3,84 + 7,95 + 4,98) = 0,1825.$$

$$b_{123} = \frac{1}{8}(4,48 - 3,8 - 5,69 + 4,64 - 5,58 + 3,84 + 7,95 - 4,98) = 0,1075.$$

3.1.2. Tính các chuẩn Student t_j :

$$\overline{y^0} = \frac{\sum_{u=1}^3 y_u^0}{3} = y_1^0 + y_2^0 + y_3^0 = 4,78 + 4,97 + 4,68 = 4,81.$$

$$S_{th}^2 = \frac{\sum_{u=1}^n (y_u^0 - \overline{y^0})^2}{f} = \frac{1}{2}[(4,78 - 4,81)^2 + (4,97 - 4,81)^2 + (4,68 - 4,81)^2] = 0,0217.$$

$$S_{bj} = \sqrt{\frac{S_{th}^2}{N}} = \sqrt{\frac{0,0217}{8}} = 0,052082.$$

$$t_0 = \frac{|b_0|}{S_{b_j}} = \frac{5,12}{0,052082} = 98,30652;$$

$$t_1 = \frac{|b_1|}{S_{b_j}} = \frac{0,805}{0,052082} = 15,4565$$

$$t_2 = \frac{|b_2|}{S_{b_j}} = \frac{0,695}{0,052082} = 13,34434;$$

$$t_3 = \frac{|b_3|}{S_{b_j}} = \frac{0,4675}{0,052082} = 8,97623$$

$$t_{12} = \frac{|b_{12}|}{S_{b_j}} = \frac{0,2}{0,052082} = 3,840098;$$

$$t_{13} = \frac{|b_{13}|}{S_{b_j}} = \frac{0,3725}{0,052082} = 7,152183$$

$$t_{23} = \frac{|b_{23}|}{S_{b_j}} = \frac{0,1825}{0,052082} = 3,50409;$$

$$t_{123} = \frac{|b_{123}|}{S_{b_j}} = \frac{0,1075}{0,052082} = 2,064053$$

3.1.3. Tính giá trị chuẩn Fisher:

$$\hat{Y}_1 = 5,12 + 0,805 - 0,695 - 0,4675 - 0,3725 = 4,39$$

$$\hat{Y}_2 = 5,12 + 0,805 - 0,695 - 0,4675 - 0,3725 = 3,525$$

$$\hat{Y}_3 = 5,12 + 0,805 + 0,695 - 0,4675 - 0,3725 = 5,78$$

$$\hat{Y}_4 = 5,12 - 0,805 + 0,695 - 0,4675 + 0,3725 = 4,915$$

$$\hat{Y}_5 = 5,12 + 0,805 - 0,695 + 0,4675 + 0,3725 = 6,07$$

$$\hat{Y}_6 = 5,12 - 0,805 - 0,695 + 0,4675 - 0,3725 = 3,715$$

$$\hat{Y}_7 = 5,12 + 0,805 + 0,695 + 0,4675 + 0,3725 = 7,46$$

$$\hat{Y}_8 = 5,12 - 0,805 + 0,695 + 0,4675 - 0,3725 = 5,105$$

$$S_{\text{dur}}^2 = \frac{1}{3} ((3,8 - 3,525)^2 + (4,48 - 4,39)^2 + (4,64 - 4,915)^2 + (5,69 - 5,78)^2 + (3,84 - 3,715)^2 + (5,58 - 6,07)^2 + (4,98 - 5,105)^2 + (7,95 - 7,46)^2) = 0,2263.$$

$$F = \frac{S_{\text{dæ}}^2}{S_{\text{th}}^2} = \frac{0,2263}{0,0217} = 10,42857.$$

3.2. Tính toán phương trình hồi quy của hàm mục tiêu hàm lượng anthocyanin của sản phẩm:

3.2.1. Tính các hệ số b_j :

$$b_0 = \frac{1}{8} (0,169 + 0,158 + 0,19 + 0,186 + 0,215 + 0,195 + 0,233 + 0,2) = 0,193125.$$

$$b_1 = \frac{1}{8} (0,169 - 0,158 + 0,19 - 0,186 + 0,215 - 0,195 + 0,233 - 0,2) = 0,008375.$$

$$b_2 = \frac{1}{8} (0,169 + 0,158 - 0,19 - 0,186 + 0,215 + 0,195 - 0,233 - 0,2) = -0,009125.$$

$$b_3 = \frac{1}{8} (0,169 + 0,158 + 0,19 + 0,186 - 0,215 - 0,195 - 0,233 - 0,2) = -0,017625.$$

$$b_{12} = \frac{1}{8} (0,169 - 0,158 - 0,19 + 0,186 + 0,215 - 0,195 - 0,233 + 0,2) = 0,000875.$$

$$b_{13} = \frac{1}{8} (0,169 - 0,158 + 0,19 - 0,186 - 0,215 + 0,195 - 0,233 + 0,2) = 0,004875$$

$$b_{23} = \frac{1}{8} (0,169 + 0,158 - 0,19 - 0,186 - 0,215 - 0,195 + 0,233 + 0,2) = -0,003375.$$

$$b_{123} = \frac{1}{8} (0,169 - 0,158 - 0,19 + 0,186 - 0,215 + 0,195 + 0,233 - 0,2) = 0,002375.$$

3.2.2. Tính các chuẩn Student t_j :

$$\overline{y^0} = \frac{\sum_{u=1}^3 y_u^0}{3} = y_1^0 + y_2^0 + y_3^0 = 0,203 + 0,197 + 0,194 = 0,198.$$

$$S_{\text{th}}^2 = \frac{\sum_{u=1}^n (y_u^0 - \overline{y^0})^2}{f} = \frac{1}{2} [(0,203 - 0,198)^2 + (0,197 - 0,198)^2 + (0,194 - 0,198)^2]$$

$$= 0,000021.$$

$$S_{bj} = \sqrt{\frac{S_{th}^2}{N}} = \sqrt{\frac{0,000021}{8}} = 0,00162.$$

$$t_0 = \frac{|b_0|}{S_{b_j}} = \frac{0,193125}{0,00162} = 119,199351;$$

$$t_1 = \frac{|b_1|}{S_{b_j}} = \frac{0,008375}{0,052082} = 5,169162$$

$$t_2 = \frac{|b_2|}{S_{b_j}} = \frac{0,009125}{0,00162} = 5,632072;$$

$$t_3 = \frac{|b_3|}{S_{b_j}} = \frac{0,017625}{0,00162} = 10,878387$$

$$t_{12} = \frac{|b_{12}|}{S_{b_j}} = \frac{0,000875}{0,00162} = 0,540061;$$

$$t_{13} = \frac{|b_{13}|}{S_{b_j}} = \frac{0,004875}{0,00162} = 3,009259$$

$$t_{23} = \frac{|b_{23}|}{S_{b_j}} = \frac{0,003375}{0,00162} = 2,083095;$$

$$t_{123} = \frac{|b_{123}|}{S_{b_j}} = \frac{0,002375}{0,00162} = 1,465881.$$

3.2.3. Tính giá trị chuẩn Fisher :

$$\hat{Y}_1 = 0,193125 + 0,008375 - 0,009125 - 0,017625 = 0,17475$$

$$\hat{Y}_2 = 0,193125 - 0,008375 - 0,009125 - 0,017625 = 0,158$$

$$\hat{Y}_3 = 0,193125 + 0,008375 + 0,009125 - 0,017625 = 0,193$$

$$\hat{Y}_4 = 0,193125 - 0,008375 + 0,009125 - 0,017625 = 0,17625$$

$$\hat{Y}_5 = 0,193125 + 0,008375 - 0,009125 + 0,017625 = 0,21$$

$$\hat{Y}_6 = 0,193125 - 0,008375 - 0,009125 + 0,017625 = 0,19325$$

$$\hat{Y}_7 = 0,193125 + 0,008375 + 0,009125 + 0,017625 = 0,22825$$

$$\hat{Y}_8 = 0,193125 - 0,008375 + 0,009125 + 0,017625 = 0,2115$$

$$S_{du}^2 = \frac{1}{3}((0,158 - 0,158)^2 + (0,168 - 0,17475)^2 + (0,186 - 0,17625)^2 + (0,19 - 0,193)^2 + (0,195 - 0,19325)^2 + (0,215 - 0,21)^2 + (0,2 - 0,2115)^2 + (0,233 - 0,22825)^2) = 0,000111.$$

$$F = \frac{S_{dae}^2}{S_{th}^2} = \frac{0,000111}{0,000021} = 5,277778.$$

PHỤ LỤC 4

(Vẽ đồ thị hàm mục tiêu bằng phần mềm Matlab)

4.1. Chương trình Matlab vẽ đồ thị hàm mục tiêu độ ẩm của sản phẩm:

```
l = -60:3:-30; s = 35:5:45; t = 6:0.4:10
h1 = figure(1)
[S T] = meshgrid(s,t);
y1 = 5.12 - 0.139*(S - 40) - 0.23375*(T - 8);
```

```

Mesh(S,T,yl);
Xlabel('Nhiệt độ say, Do C','FontSize',10,'Fontname','Times New
      Roman','Rotation',-40);
Ylabel('Thời gian say, giờ','FontSize',10,'Fontname','Times New
      Roman','Rotation',5);
Zlabel('Độ ẩm, %','FontSize',10,'Fontname','Times New Roman');

h2 = figure(2)
[L T] = meshgrid(l,t);
ys = 5.12 + 0.05367*(L+45) - 0.23375*(T-8) - 0.0124*(L+45)*(T-8);
Mesh(L,T,ys);
Xlabel('Nhiệt độ lạnh đông, Do C','FontSize',10,'Fontname','Times
      New Roman','Rotation',-5);
Ylabel('Thời gian say, giờ','FontSize',10,'Fontname','Times New
      Roman','Rotation',25);
Zlabel('Độ ẩm, %','FontSize',10,'Fontname','Times New Roman');

h3 = figure(3)
[L S] = meshgrid(l,s);
yt = 5.12 + 0.05367*(L+45) - 0.139*(S-40);
Mesh(L,S,yt);
Xlabel('Nhiệt độ lạnh đông, Do C','FontSize',10,'Fontname','Times
      New Roman','Rotation',-20);
Ylabel('Nhiệt độ say, Do C','FontSize',10,'Fontname','Times New
      Roman','Rotation',20);
Zlabel('Độ ẩm, %','FontSize',10,'Fontname','Times New Roman');

```

4.2. Chương trình Matlab vẽ đồ thị hàm mục tiêu hàm lượng anthocyanin của sản phẩm:

```

l = -60:5:-30; s = 35:5:45; t = 6:0.5:10
h1 = figure(1)
[S T] = meshgrid(s,t);
yl = 0.193125 - 0.001825*(S - 40) - 0.0088125*(T - 8);
Mesh(S,T,yl);
Xlabel('Nhiệt độ say, Do C','FontSize',10,'Fontname','Times New
      Roman','Rotation',15);
Ylabel('Thời gian say, giờ','FontSize',10,'Fontname','Times New
      Roman','Rotation',-15);
Zlabel('Hàm lượng anthocyanin, %','FontSize',10,'Fontname','Times
      New Roman');

h2 = figure(2)
[L T] = meshgrid(l,t);
ys = 0.193125 + 0.0005583*(L + 45) - 0.0088125*(T - 8);
Mesh(L,T,ys);
Xlabel('Nhiệt độ lạnh đông, Do C','FontSize',10,'Fontname','Times
      New Roman','Rotation',10);
Ylabel('Thời gian say, giờ','FontSize',10,'Fontname','Times New
      Roman','Rotation',-10);
Zlabel('Hàm lượng anthocyanin, %','FontSize',10,'Fontname','Times
      New Roman');

h3 = figure(3)
[L S] = meshgrid(l,s);
yt = 0.193125 + 0.0005583*(L + 45) - 0.001825*(S - 40);
Mesh(L,S,yt);
Xlabel('Nhiệt độ lạnh đông, Do C','FontSize',10,'Fontname','Times
      New Roman','Rotation',5);

```

```
Ylabel('Nhiệt độ sấy, Do C','FontSize',10,'Fontname','Times New  
Roman','Rotation',-20);  
Zlabel('Hàm lượng anthocyanin, %','FontSize',10,'Fontname','Times  
New Roman');
```

PHỤ LỤC 5

(Quy hoạch phương án tối ưu bằng công cụ Tools – Solver)

Bảng 5.1. Bảng tính các điều kiện công nghệ

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Tìm điều kiện công nghệ tối ưu để y_1 min							
2	Các yếu tố công nghệ	Đơn vị	Kết quả	Ràng buộc		Hàm mục tiêu		
3				Lowlim	Uplim			
4	Nhiệt độ lạnh đông	$^{\circ}\text{C}$	-60	-60	-30	3.525		
5	Nhiệt độ sấy	$^{\circ}\text{C}$	45	35	45			
6	Thời gian sấy	giờ	10	6	10			
7								
8								
9	Tìm điều kiện công nghệ tối ưu để y_2 max							
10	Các yếu tố công nghệ	Đơn vị	Kết quả	Ràng buộc		Hàm mục tiêu		
11				Lowlim	Uplim			
12	Nhiệt độ lạnh đông	$^{\circ}\text{C}$	-30	-60	-30	0.228		
13	Nhiệt độ sấy	$^{\circ}\text{C}$	35	35	45			
14	Thời gian sấy	giờ	6	6	10			
15								

Bảng 5.2. Bảng thực hiện phương án tối ưu của hàm mục tiêu độ ẩm

Solver Parameters

Set Target Cell:

Equal To: ☐ Max ☒ Min ☐ Value of:

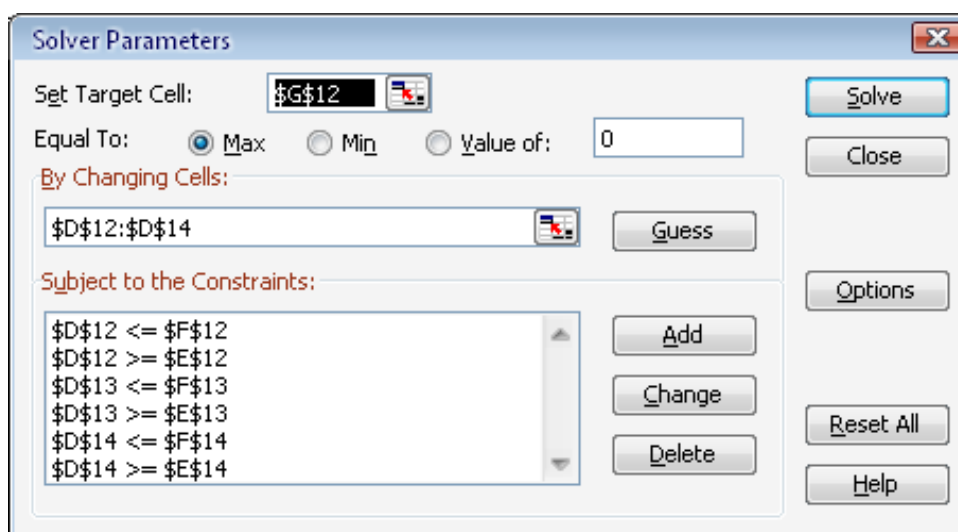
By Changing Cells:

Subject to the Constraints:

-
-
-
-
-
-

Buttons: Solve, Close, Options, Add, Change, Delete, Reset All, Help

Bảng 5.3: Bảng thực hiện phương án tối ưu của hàm mục tiêu hàm lượng anthocyanin



PHỤ LỤC 6

(Chương trình tối ưu hóa hàm đa mục tiêu)

program TOI_UU_HOA_DA_MUC_TIEU;

```
Uses crt;
Const
  Lamda=0.001;
Type
  Solieu=record
    a,b:array[0..3,0..3] of real;
  End;
Var
  f1:Text;
  i,j,k:integer;
  Tam:Solieu;
  x:array[0..3] of real;
  Rmax,X1,X2,X3:real;
  Y1,Ybig1,Y2,Ybig2:real;
  Ykt1,Ykt2,alpha1,alpha2,Ro1,Ro2,R:real;
  f:file of Solieu;
  vong:integer;
  chon:byte;
```

```
Procedure nhap;
Begin
  .....
END;

Procedure Tinh;
Begin
  .....
End;
```

```

End;

Procedure Ketqua;
Begin
  ClrScr;
  Write(' Nhap Ykt1: '); Readln(Ykt1);
  Write(' Nhap Ykt2: '); Readln(Ykt2);
  Write(' Nhap alpha1: '); Readln(alpha1);
  Write(' Nhap alpha2: '); Readln(alpha2);
  .....

  Writeln(fl, ' Nhap Ykt1: ', Ykt1:5:3);
  Writeln(fl, ' Nhap Ykt2: ', Ykt2:5:3);
  Writeln(fl, ' Nhap alpha1: ', Alpha1:5:3);
  Writeln(fl, ' Nhap alpha2: ', alpha2:5:3);

  Writeln(fl, ' ');
  Writeln(fl, ' KET QUA THU DUOC SAU GHAY CHUONG TRINH');
  Writeln(fl, ' ');
  Writeln(fl, ' Y1 toi uu = ', Ybig1:6:4);
  Writeln(fl, ' Y2 toi uu = ', Ybig2:6:4);
  Writeln(fl, ' X1 toi uu = ', X1:6:3);
  Writeln(fl, ' X2 toi uu = ', X2:6:3);
  Writeln(fl, ' X3 toi uu = ', X3:6:3);
  Writeln(fl, ' Rmax = ', Rmax:6:4);
  Readln;
End;

{-----}

BEGIN
  k:=12; Assign(fl, 'C:\TRIỂN 02 H2A\BIN\Ketqua.pas'); Rewrite(fl);
  Writeln(fl, ' CHAY CHUONG TRINH TOI UU HOA HAM DA MUC TIEU ');
  Writeln(fl, ' Voi cac so lieu cua bai toan toi uu ');
  Writeln(fl, ' ');
  Writeln(fl, ' Lamda = ', Lamda:5:4);
  Repeat
  ClrScr;
  Writeln(' ---- Menu ----');
  Writeln(' [1] Nhap so lieu');
  Writeln(' [2] Tinh & Ket qua');
  Writeln(' [3] Ra khoi chuong trinh');
  Write(' CHON CONG VIEC: ');
  Readln(Chon);
  Case Chon of
  1:Nhap;
  2:Begin
    assign(f, 'Solieu.dat'); reset(f);
    If k=9 then
    Begin
      Write('Phai nhap so lieu truoc khi tinh'); Readln;
      Halt;
      End;
      Read(f, tam);
      Close(f);
      Ketqua;
    End;
  End;

```

```
End;
Until chon=3;
Close(f1);
END.
```

CHẠY CHƯƠNG TRÌNH TỐI ƯU HOA HÀM ĐA MỤC TIÊU
Với các số liệu của bài toán tối ưu

```
Lamda = 0.010
x1max=1
x1min=-1
x2max=1
x2min=-1
x3max=1
x3min=-1
nhap cac he so a,b...,
a[0,0]=5.12
a[0,1]=0.805
a[0,2]=-0.695
a[0,3]=-0.4675
a[1,1]=0.0
a[1,2]=0.0
a[1,3]=-0.3725
a[2,2]=0.0
a[2,3]=0.0
a[3,3]=0.0
b[0,0]=0.193125
b[0,1]= 0.008375
b[0,2]=-0.009125
b[0,3]=-0.017625
b[1,1]=0.000
b[1,2]=0.000
b[1,3]=0.000
b[2,2]=0.000
b[2,3]=0.000
b[3,3]=0.000
Nhap Ykt1: 3.525
Nhap Ykt2: 0.228
Nhap alpha1: 4
Nhap alpha2: 0.15
dang tinh vong thu:1
dang tinh vong thu:2
dang tinh vong thu:3
dang tinh vong thu:4
dang tinh vong thu:5
dang tinh vong thu 6
dang tinh vong thu 7
dang tinh vong thu 8
dang tinh vong thu 9
dang tinh vong thu 10
dang tinh vong thu 11
dang tinh vong thu 12
dang tinh vong thu 13
dang tinh vong thu 14
dang tinh vong thu 15
.....
.....
```


dang tinh vong thu 190
 dang tinh vong thu 191
 dang tinh vong thu 192
 dang tinh vong thu 193
 dang tinh vong thu 194
 dang tinh vong thu 195
 dang tinh vong thu:196
 dang tinh vong thu:197
 dang tinh vong thu:198
 dang tinh vong thu:199
 dang tinh vong thu:200
 KET QUA THU DUOC SAU GHAY CHUONG TRINH
 Y1 toi uu = 3.7219
 Y2 toi uu = 0.2005
 X1 toi uu = - 1.000
 X2 toi uu = 0.990
 X3 toi uu = -1.000
 Rmax = 0.3788

PHỤ LỤC 7

(Đánh giá cảm quan-thị hiếu)

7.1. Phiếu hướng dẫn đánh giá cảm quan-thị hiếu:

PHIẾU HƯỚNG DẪN ĐÁNH GIÁ CẢM QUAN- THỊ HIẾU

Trình tự thử mẫu

Anh/Chị được nhận 1 mẫu Khoai lang tím sấy và đánh giá *mức độ ưa thích về độ khô giòn, mức độ ưa thích về vị, mức độ ưa thích về màu sắc và mức độ ưa thích chung* của sản phẩm Khoai lang tím sấy bằng cách đánh dấu X vào ô tương ứng về mức độ ưa thích. Các bước tiến hành như sau:

Bước 0:

- Bạn nhận được tờ **PHIẾU HƯỚNG DẪN, PHIẾU ĐÁNH GIÁ CẢM QUAN** và đọc kỹ.
- Nếu chưa hiểu rõ, bạn hỏi lại người điều khiển thí nghiệm rồi mới bắt đầu tiến hành thí nghiệm.

Bước 1:

- Bạn tiến hành thử 1 miếng Khoai lang tím mẫu do người chuẩn bị thí nghiệm đưa.
- Sau đó bạn thanh vị bằng nước.

Bước 2:

- Bạn tiến hành đánh giá mẫu được đưa ra lần lượt theo *mức độ ưa thích về độ khô giòn, mức độ ưa thích về vị, mức độ ưa thích về màu sắc và mức độ ưa thích chung* của sản phẩm.

- Ví dụ sau khi bạn đã tiến hành xong bước 1, bạn tiến hành đánh giá như sau:
 - Bạn cắn mẫu và tiến hành nhai trong 5 s và đánh giá mức độ ưa thích về độ khô bằng cách đánh dấu X vào **Mức độ ưa thích về độ khô dòn** theo thang điểm tương ứng.
 - Sau đó bạn được nhận phiếu đánh giá về **Mức độ ưa thích về vị** và bạn tiến hành nhai tiếp và đánh dấu X vào Mức độ ưa thích về vị theo thang điểm tương ứng.
 - Tiếp theo bạn được nhận phiếu đánh giá về **Mức độ ưa thích về màu sắc** và đánh dấu X vào Mức độ ưa thích về màu sắc theo thang điểm tương ứng
 - Cuối cùng bạn nhận được phiếu đánh giá về **Mức độ ưa thích chung** và bạn đánh vào dấu X vào Mức độ ưa thích chung theo thang điểm tương ứng.

Thang đo

Anh/Chị nhận mẫu Khoai lang tím đánh giá mức độ ưa thích về vị, độ khô dòn, màu sắc và mức độ ưa thích chung của sản phẩm theo thang 9 điểm.

- 1- Hoàn toàn không thích
- 2- Rất không thích
- 3- Không thích
- 4- Tương đối không thích
- 5- Không ghét không thích
- 6- Tương đối thích
- 7- Thích
- 8- Rất thích
- 9- Hoàn toàn thích

7.2. Phiếu đánh giá cảm quan-thị hiếu:

PHIẾU ĐÁNH GIÁ CẢM QUAN- THỊ HIẾU								Phiếu số 1
Mức độ ưa thích về độ khô giòn								
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9
PHIẾU ĐÁNH GIÁ CẢM QUAN- THỊ HIẾU								Phiếu số 2
Mức độ ưa thích về vị								
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9
PHIẾU ĐÁNH GIÁ CẢM QUAN- THỊ HIẾU								Phiếu số 3
Mức độ ưa thích về màu sắc								
<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> 2	<input type="checkbox"/> 3	<input type="checkbox"/> 4	<input type="checkbox"/> 5	<input type="checkbox"/> 6	<input type="checkbox"/> 7	<input type="checkbox"/> 8	<input type="checkbox"/> 9

PHIẾU ĐÁNH GIÁ CẢM QUAN- THỊ HIỆU

**Phiếu
số 4**

Mức độ ưa thích chung

☐ 1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐ 8 ☐ 9

7.3. Tổng hợp kết quả đánh giá cảm quan-thị hiếu:

Kết quả được tổng hợp ở bảng 3.1.

Bảng 3.1: Tổng kết đánh giá cảm quan thị hiếu đối với sản phẩm khoai lang tím

Thành viên	Điểm			
	Độ khô giòn	Vị	Màu sắc	Chung
1	8	5	8	6
2	9	7	9	8
3	8	6	9	7
4	8	5	7	7
5	7	7	9	6
6	6	6	8	8
7	7	6	8	7
8	6	5	8	6
9	6	5	8	6
10	4	6	9	5
11	5	5	8	5
12	8	6	7	5
13	6	5	9	5
14	5	6	7	7
15	4	7	6	6
16	7	6	8	7
17	8	5	7	7
18	8	7	9	7
19	6	7	8	7
20	8	6	8	6
21	6	6	7	5

22	7	8	8	7
23	8	7	8	8
24	5	5	8	5
25	7	5	8	7
26	4	7	7	6
27	6	6	8	6
28	7	7	8	7
29	6	5	8	6
30	4	7	8	6
31	5	7	8	6
32	6	5	9	6
33	7	6	8	6
34	7	6	8	6
35	7	5	7	6
36	9	8	9	7
37	9	7	8	7
38	5	5	8	5
39	9	9	9	9
40	8	7	7	8
41	4	6	8	4
42	5	6	9	5
43	9	8	8	8
44	7	5	8	5
45	8	6	8	7
46	7	5	7	7
47	8	6	7	7
48	6	8	8	8
49	5	6	8	5
50	7	6	8	6
51	8	9	8	8
52	7	9	7	8
53	9	8	9	9
54	8	7	9	8
55	6	5	8	6
56	7	7	8	6
57	7	6	8	6
58	4	5	8	6
59	7	5	9	7
60	8	5	9	7
Tổng điểm	403	374	481	390

Trung bình	6,71	6,23	8,01	6,5
-----------------------	-------------	-------------	-------------	------------