

Một số kết quả nghiên cứu thực nghiệm sấy tỏi trong hệ thống thiết bị sấy SBOG-150 sử dụng năng lượng biogas

Some experimental results of garlic drying in SBOG-150 drying system using biogas energy

Nguyễn Văn Thịnh^{1,*}, Nguyễn Quốc Mạnh¹, Phạm Thị Minh Huệ²

¹Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

²Đại học Công nghiệp Hà Nội

*Email: thinhspkt@gmail.com

Tel: 0975.335.768

Tóm tắt

Từ khóa:

Sấy đối lưu; Tỏi thái lát, Tinh dầu;
Vitamin; Chất lượng sản phẩm

Máy sấy đối lưu cưỡng bức sử dụng năng lượng biogas đã được thiết kế, chế tạo và thử nghiệm để sấy tỏi thái lát nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ sấy, vận tốc dòng khí sấy tới thời gian sấy, khả năng tách ẩm, hàm lượng tinh dầu và hàm lượng vitamin. Qua nghiên cứu được thực hiện trên nhiều thí nghiệm cho thấy rằng, sấy sử dụng năng lượng khí biogas biến đổi thành nhiệt năng nhờ sự trao đổi giữa nhiệt đốt và không khí trong calorife, dùng quạt thổi cưỡng bức đẩy khí nóng sạch vào buồng sấy làm tăng chất lượng sản phẩm sấy, giảm thời gian và giảm chi phí năng lượng, tăng hiệu quả kinh tế trong sản xuất.

Abstract

Keywords:

Convection dryer; Sliced garlic;
Essential oils; Vitamins; Product
quality.

The forced convection heaters using biogas have been designed, manufactured and tested to dry sliced garlics in order to study the effect of drying temperature, air flow velocity on drying time, moisture removal capacity, oil and vitamin content. Through experimental research, it was found that drying using biogas energy generated heat by the exchange of heat and air in the calorife, and used a forced draft fan to push fresh air into the chamber in order to increase the quality of the products, reduce the time and energy costs, and increase the economic efficiency of production.

Ngày nhận bài: 23/7/2018

Ngày nhận bài sửa: 08/9/2018

Ngày chấp nhận đăng: 15/9/2018

1. GIỚI THIỆU

Tỏi có tên khoa học là *Allium sativum L*, thuộc họ *Alliace*, trong đông y gọi là đại toán. Năm 1951, các nhà khoa học Arthur Stoll và Ewall Seebeck đã tìm ra trong thành phần hóa học của tỏi có 2 chất chính là allicin và men allinase tạo cho tỏi có hàm lượng tinh dầu đặc biệt hăng cay khi cắt ra [3]. Tỏi cũng có nhiều chất đạm acid amin và các vitamin A, B, C và E, các khoáng chất như cali, mangan, nhôm. Là loại cây được trồng khắp nơi để làm gia vị hàng ngàn

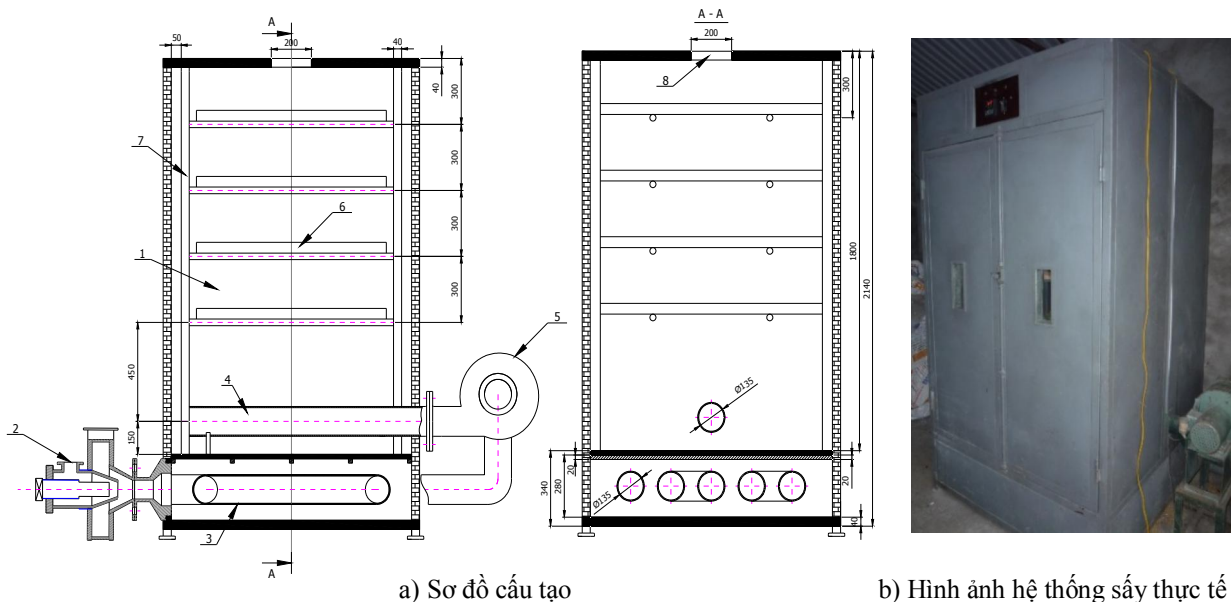
năm nay từ cổ Hy Lạp và La Mã, ở Châu Á đến Trung Đông, luôn ở tuyến đầu điều trị chống vi khuẩn, làm giảm huyết áp cao, phòng bệnh tim mạch, chống ung thư dạ dày,.. [2] Tuy nhiên trong quá trình làm khô dưới tác dụng của nhiệt độ làm cho hàm lượng tinh dầu, vitamin trong tỏi dễ tổn thất, độ giảm ẩm của tỏi tăng, ảnh hưởng đến màu sắc, mùi vị của tỏi sấy. Để đáp ứng yêu cầu này, phải dùng công nghệ sấy sạch ở nhiệt độ thấp, thời gian sấy hợp lý để hạn chế sự biến đổi của chất lượng tỏi sấy. Thiết bị sấy dễ vận hành, sử dụng nguồn năng lượng tái tạo như biogas thay thế cho nguồn năng lượng hóa thạch đang ngày càng cạn kiệt, giảm chi phí cho quá trình sấy, tăng hiệu suất sử dụng của thiết bị.

2. VẬT LIỆU, THIẾT BỊ VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Sấy sử dụng năng lượng khí sinh học (biogas) là quá trình trao đổi nhiệt giữa khí đốt biogas và không khí tạo thành không khí nóng đưa vào buồng sấy nhằm làm bốc hơi ẩm trong sản phẩm sấy, tức là chuyển nước từ trong sản phẩm sang dạng thoát hơi ra bên ngoài làm giảm cả khối lượng và thể tích tăng hàm lượng chất khô của sản phẩm, độ bền vững cơ học và sinh học thuận lợi hơn cho quá trình vận chuyển, bao gói. Đồng thời tăng thời gian bảo quản, giảm tổn thất và mở rộng không gian tiêu thụ của sản phẩm.

2.1. Thiết bị nghiên cứu

Máy sấy sử dụng năng lượng biogas do khoa Cơ khí trường Đại học Công nghiệp Hà Nội thiết kế, chế tạo để sấy tỏi. Để tiến hành thí nghiệm thăm dò nhằm xác định quy trình công nghệ sấy bằng năng lượng khí sinh học, chúng tôi đã tính toán thiết kế và chế tạo máy sấy bằng năng lượng khí sinh học, làm việc gián đoạn theo nguyên tắc đối lưu cưỡng bức với năng suất 12-15 kg nguyên liệu tươi/m² [1],[6]. Sản phẩm sấy đặt trên khay như hình 1.



Hình 1. Sơ đồ nguyên lý và mô hình hệ thống thiết bị sấy SBOG-150

1. buồng sấy; 2- mô đốt; 3- ống xoắn ruột gà; 4- ống phân phối khí vào buồng sấy; 5- quạt;
6- các khay đựng vật liệu sấy; 7- khung đỡ các khay đựng vật liệu sấy; 8- cửa thoát ẩm.

Đây là loại thiết bị sấy sử dụng năng lượng khí sinh học (KSH) được sinh ra trong hệ thống xử lý chất thải chăn nuôi với 3 phần chính: buồng sấy, bộ phận đốt khí gas và thiết bị trao đổi nhiệt.

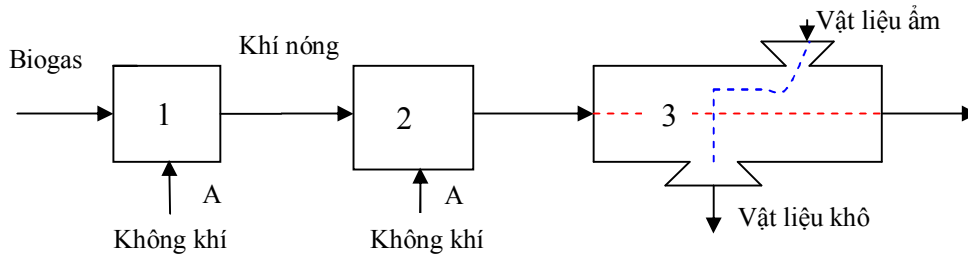
2.1.1. Cấu tạo

Buồng sấy có dạng hình hộp chữ nhật, bên trong có lắp khung sấy 7, để đỡ các thanh đặt khay đựng nhân. Trong máy có 4 ÷ 5 tầng và mỗi tầng. Khoảng cách giữa các tầng có thể điều chỉnh được.

Bộ phận chuyển đổi năng lượng khí sinh học thành năng lượng nhiệt gồm bộ phận đổi KSH và thiết bị trao đổi nhiệt gồm có tấm gia nhiệt bức xạ 8 được làm bằng thép tấm ngăn cách buồng sấy và buồng đốt, bộ phận gia nhiệt bổ sung kiểu ống xoắn ruột gà được đặt trong buồng đốt. Bộ phận đốt khí sinh học bao gồm có mỏ đốt kiểu lồng xoắn và buồng lửa đặt ở dưới buồng sấy. Thiết bị trao đổi nhiệt dạng “ống xoắn” có nhiệm vụ chuyển năng lượng nhiệt từ khói của quá trình đốt thành năng lượng nhiệt “sạch” của dòng không khí đi trong ống xoắn qua quạt hút 5 và bộ phận phân phối khí 4 đưa vào buồng sấy.

2.1.2. Nguyên lý hoạt động

Quá trình làm việc của hệ thống sấy như sau: Khí sinh học được đưa vào mỏ đốt 1, sử dụng bộ phận đánh lửa để đốt khí. Không khí môi trường chuyển động trong ống xoắn ruột gà 3 được đốt nóng lên trong buồng đốt. Hệ thống quạt hút khí nóng từ ống xoắn ruột gà 3 thổi vào ống phân phối nhiệt 4, sau đó dòng khí nóng qua các lỗ nhỏ thổi vào buồng sấy, không khí nhận nhiệt từ tấm gia nhiệt và ống phân phối khí phân bố nhiệt, hòa trộn đều trong buồng sấy. Nhiệt độ trong buồng đốt được duy trì ổn định nhờ bộ phận điều khiển nhiệt độ, độ ẩm. Khi nhiệt độ sấy cao hơn mức quy định, hệ thống bảo vệ và báo hiệu bằng chuông điện sẽ tự động hoạt động.



Hình 2. Sơ đồ nguyên lý sử dụng khối lò làm tác nhân sấy trong thiết bị sấy đối lưu.
1- Buồng đốt; 2- Quạt hút vào bộ phận phân phối khí; 3- buồng sấy

Nhiệt độ dòng khí ra khỏi thiết bị trao đổi nhiệt được duy trì ở giá trị ổn định nhờ đóng mở van lưu lượng khí gas. Khi nhiệt độ dòng khí ra khỏi thiết bị trao đổi nhiệt cao hơn nhiệt độ quy định thì điều chỉnh van đóng bớt lưu lượng KSH, cho một lượng nhỏ lưu lượng không khí đi vào buồng đốt để duy trì quá trình cháy và khi nhiệt độ dòng khí ra khỏi thiết bị trao đổi nhiệt thấp thì phải điều chỉnh ngược lại, nhờ đó tiết kiệm được lượng KSH trong quá trình đốt.

2.2. Nguyên vật liệu nghiên cứu

Tỏi thí nghiệm là tỏi được trồng tại Kinh Môn (Hải Dương). Tỏi sau khi thu hoạch và phơi nắng đạt độ ẩm vỏ lụa 15%, độ ẩm tép tỏi 60 ÷ 63%. Được cắt gốc, ngọn, bỏ vỏ lụa, thái lát trước khi đưa vào buồng sấy (hình 3).



a) Tỏi sau thu hoạch



b) Tỏi thái lát

Hình 3. Tỏi nguyên liệu đưa vào sấy

2.3. Thiết bị đo, phương pháp nghiên cứu

Để đo nhiệt độ và độ ẩm trong buồng sấy chúng tôi sử dụng thiết bị đo điện tử hiện số: Fox 301A với thang đo từ $0 \div 200^{\circ}\text{C}$ và độ chính xác $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$. Hàm lượng tinh dầu tổng số, hàm lượng Vitamin C được xác định theo phương pháp sắc ký lỏng HPLC mã SPD - H10AVP. Hàm lượng protein xác định theo HPLC bằng máy đo sắc ký lỏng hiệu năng cao mã RID - 10A hình 5.



Hình 4. Máy đo sắc ký lỏng hiệu năng cao mã SPD - H10AVP



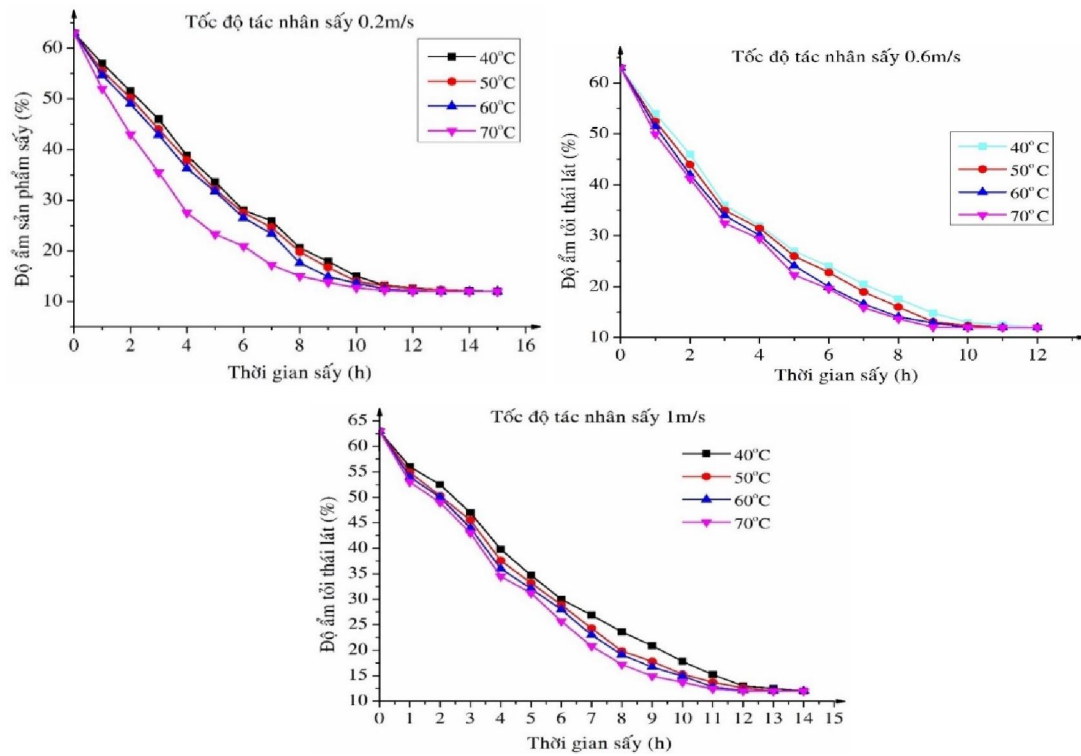
Hình 5. Máy đo sắc ký lỏng hiệu năng cao mã RID - 10A (Nhật Bản)

Thời gian sấy mỗi mẻ t (h) là khoảng thời gian từ khi bắt đầu sấy cho đến khi sản phẩm đạt độ ẩm bảo quản. Số liệu thí nghiệm được xử lý trên phần mềm Excel và đồ thị chạy trên phần mềm OriginLab 9.0. Đây là phần mềm có chức năng phân tích thí nghiệm, quản lý, phân tích thống kê cơ bản, các số liệu trong các kết quả thực nghiệm. Để gia công và xử lý số liệu thực nghiệm ta dùng phương pháp thống kê toán học. Một thí nghiệm được lặp lại 5 lần và lấy giá trị trung bình của mỗi lần đo.

3. KẾT QUẢ NGHIÊN CỨU VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của nhiệt độ và vận tốc dòng khí sấy đến khả năng tách ẩm và chất lượng sản phẩm

Điều kiện thí nghiệm: Nhiệt độ có được điều khiển tự động trong khoảng $40 \div 70^{\circ}\text{C}$. Tốc độ gió điều khiển trong khoảng từ $0,2 \div 1\text{m/s}$. Năng suất $15 \div 20\text{kg/m}^2$. Độ ẩm tương đối của không khí 25% và xếp thành lớp mỏng trên khay với khoảng cách giữa các sàng sấy là 25cm. Kết quả nhiệt độ và vận tốc dòng khí sấy đến khả năng tách ẩm và chất lượng sản phẩm thể hiện trên các đồ thị hình 6.



Hình 6. Đồ thị biểu diễn đặc tính giảm ẩm của tòi thái lát khi sấy ở nhiệt độ 40⁰C÷70⁰C với tốc độ tác nhân sấy 0,2m/s, 0,6 m/s và 1m/s.

Từ kết quả nghiên cứu trên hình 5 ta thấy:

- Khi ở cùng tốc độ sấy khi nhiệt độ sấy tăng thì thời gian sấy giảm. Khi nhiệt độ tăng lên 10⁰C thì thời gian sấy giảm khoảng 60 phút. Giai đoạn đầu tốc độ thoát ẩm diễn ra nhanh hơn do năng lượng dùng tách nước ra khỏi sản phẩm là nước tự do. Còn giai đoạn sau tốc độ thoát ẩm giảm dần do lực liên kết ẩm trong tòi chặt chẽ hơn. Khi độ ẩm của tòi sấy giảm tới 38% trên bề mặt xuất hiện lớp keo dính hạn chế sự co ngót về thể tích. Khi sấy ở nhiệt độ 60÷70⁰C thời gian sấy ngắn nhất nhưng lại giảm chất lượng cảm quan của sản phẩm.

- Ở cùng nhiệt độ sấy, khi tăng vận tốc dòng khí sấy thì tốc độ giảm ẩm cũng nhanh hơn, tốc độ thoát ẩm từ vật liệu sấy vào buồng sấy và từ buồng sấy ra ngoài được thực hiện nhanh hơn. Nhưng khi tiếp tục tăng vận tốc dòng khí sấy trên 1m/s thì tốc độ giảm ẩm lại có xu hướng giảm kéo dài thời gian sấy. Thời gian lưu dòng khí ở trong buồng sấy ngắn, nhiệt độ dòng khí sấy thoát ra ngoài cao nên hiệu suất sử dụng nhiệt thấp. Tốc độ giảm ẩm và chất lượng sản phẩm tốt nhất ở nhiệt độ 50⁰C với vận tốc dòng khí sấy $v = 0,6m/s$ cho thời gian sấy là ngắn nhất.

3.2. Xác định quy luật biến đổi độ ẩm tương đối của không khí, nhiệt độ và độ ẩm của tòi thái lát

Qua phân tích ảnh hưởng của nhiệt độ và vận tốc dòng khí sấy phía trên ta chọn chế độ sấy tối ưu nhất là



Hình 7. Tòi thái lát trong buồng sấy

nhệt độ dòng khí sấy được duy trì ổn định $T = 50^{\circ}\text{C}$ nhờ bộ phận điều khiển nhiệt tự động gắn liền trong tủ sấy, vận tốc dòng khí sấy $v = 0,6\text{m/s}$, khoảng cách giữa các khay đựng sản phẩm sấy $h=25\text{ cm}$, nhiệt độ tối thái lát trong buồng sấy $\theta = 48,5^{\circ}\text{C}$, độ ẩm tuyệt đối của tối $W = 1,924\text{ kg ẩm/kg vck}$. Độ ẩm tương đối của không khí $\phi = 30\%$ đến độ giảm hàm lượng nước trong tối thái lát và độ khô đồng đều của sản phẩm trên bốn khay sấy $h = 25\text{cm}$ (hình 7).

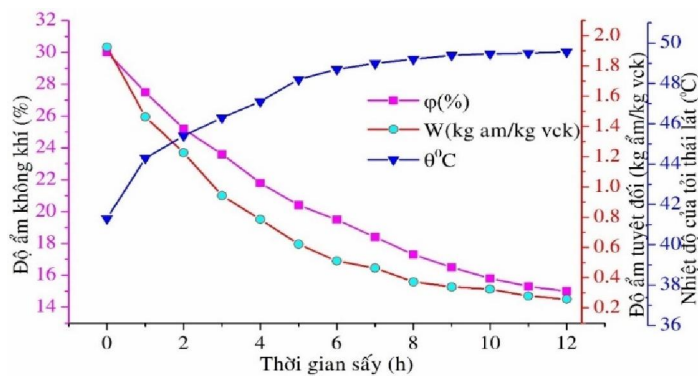
Chúng tôi tiến hành thí nghiệm sấy 12kg tối tươi được dàn đều thành lớp mỏng 4 khay đặt một trên khay sấy. Trước khi làm thí nghiệm, máy sấy được chạy trước 10 phút để có nhiệt độ ổn định. Cứ sau 1 giờ ghi lại các thông số trạng thái của sản phẩm sấy và dòng khí sấy. Các số liệu đo đạc như nhiệt độ, độ ẩm tuyệt đối của tối thái lát, độ ẩm tương đối của dòng khí sấy như trong bảng 1.

Bảng 1. Kết quả thí nghiệm sấy vải quả lớp mỏng trong tủ sấy thí nghiệm

Thời gian sấy t [h]	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Độ ẩm không khí $\phi(\%)$	30	27,5	25,2	23,6	21,8	20,4	19,5	18	17,3	16,5	15,8	15,3	15
Độ ẩm tuyệt đối của tối W (kg ẩm/kg vck)	1,924	1,463	1,227	0,942	0,786	0,621	0,511	0,5	0,372	0,339	0,325	0,279	0,258
Nhiệt độ tối $\theta (^{\circ}\text{C})$	41,3	44,3	45,4	46,3	47,1	48,2	48,7	49	49,2	49,4	49,46	49,5	48,5

Dựa vào bảng 1 ta vẽ được đồ thị trạng thái của không khí sấy, nhiệt độ, độ ẩm tuyệt đối của tối sấy theo thời gian như hình 8.

Qua bảng 1 và hình 8 cho thấy rằng: Sau 12h độ ẩm tuyệt đối của tối giảm từ $4,917 \div 0,258\text{ kg ẩm/kg vck}$. Nhiệt độ sấy tối tăng từ $41,3^{\circ}\text{C} \div 48,5^{\circ}\text{C}$, độ ẩm tương đối của không khí sấy giảm từ $30 \div 15,0\%$ (không khí lúc này đóng vai trò là dòng khí sấy, nghĩa là nó vừa mang nhiệt đến cho vật liệu sấy đồng thời lại mang ẩm từ vật liệu sấy ra ngoài). Vì vậy, nhiệt độ tối sấy tăng lên còn dòng khí sấy giảm xuống. Độ giảm ẩm của tối và độ giảm ẩm tương đối của không khí trong buồng sấy cũng phù hợp với quy luật giảm ẩm khi sấy tối của của tác giả Phạm Anh Tuấn 2010 [8],[9].

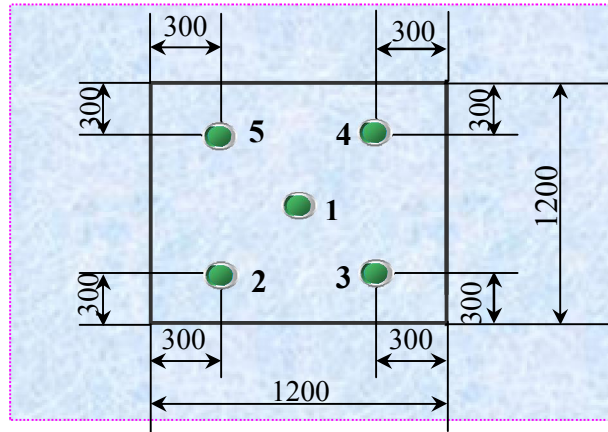


Hình 8. Quy luật thay đổi độ ẩm tương đối của không khí sấy, nhiệt độ, độ ẩm tuyệt đối của tối sấy theo thời gian

3.3. Xác định độ đồng đều về nhiệt độ của tối thái lát trong buồng sấy

Trong tủ sấy nhiều tầng, độ khô đồng đều là yếu tố cơ bản ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm sấy. Để đảm bảo tính chất đại diện cho khối tối sau khi sấy, chúng tôi lấy 20 mẫu ở các vị trí khác nhau theo chiều cao và chiều ngang buồng sấy. Theo chiều cao lấy mẫu ở 4 tầng (2 khay

giữa, trên cùng và dưới cùng), theo chiều ngang lấy 5 mẫu theo đường chéo. Sơ đồ lấy mẫu điểm theo mặt cắt ngang buồng sấy được thể hiện trên hình 9.



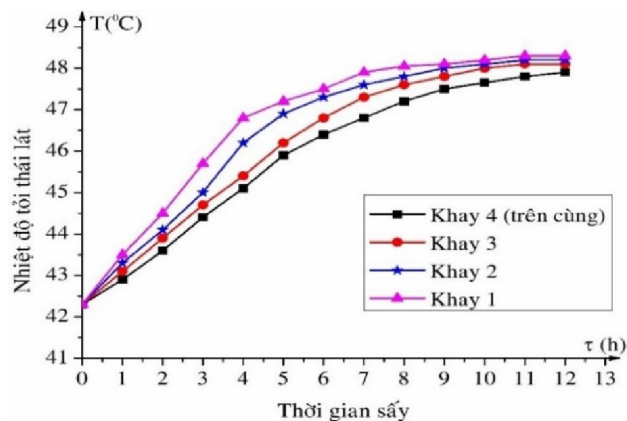
Hình 9. Sơ đồ vị trí lấy mẫu vải quả theo mặt cắt ngang buồng sấy

Các tác giả đã tiếp tục thí nghiệm có chế độ sấy tối ưu $T = 50^{\circ}\text{C}$; $v = 0,6\text{m/s}$; $h = 25\text{cm}$ đến độ khô đồng đều của sản phẩm trên bốn khay sấy (bảng 2) và hình 9:

Bảng 2. Nhiệt độ tối thái lát trong buồng sấy

Thời gian sấy (h)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Khay 1	42,3	42,9	43,6	44,4	45,1	45,9	46,4	46,8	47,2	47,5	47,65	47,8	47,9
Khay 2	42,3	43,1	43,9	44,7	45,4	46,2	46,8	47,3	47,6	47,8	48	48,1	48,1
Khay 3	42,3	43,3	44,1	45	46,2	46,9	47,3	47,6	47,8	48	48,1	48,2	48,2
Khay 4	42,3	43,5	44,5	45,7	46,8	47,2	47,5	47,9	48,05	48,1	48,2	48,3	48,3

Sự chênh lệch nhiệt độ tại các vị trí khác nhau trong buồng sấy được trình bày trên các đồ thị hình 10.



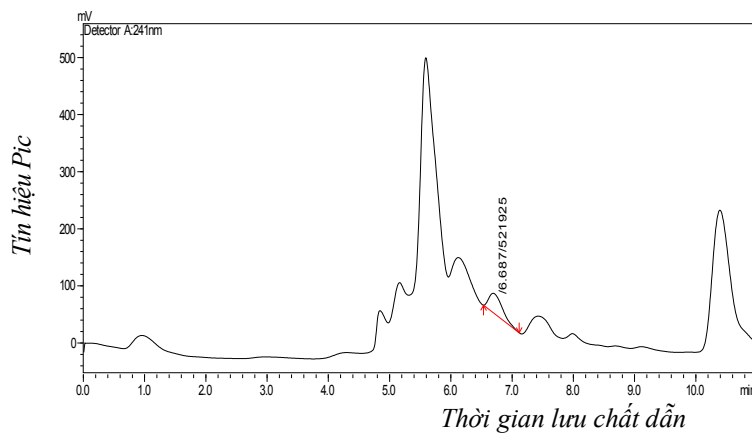
Hình 10. Nhiệt độ tối trên các khay theo thời gian

Dựa vào số liệu trong bảng 2 và đồ thị hình trên các đồ thị hình 9 ta có thể nhận xét như sau: Nhiệt độ tối thái lát ở khay hai và khay ba có sự chênh lệch với nhau không đáng kể. Sự chênh lệch khay 4 (trên cùng) lớn nhất so với nhiệt độ đặt ban đầu của dòng khí sấy $1,7^{\circ}\text{C}$ ÷

2,7⁰C. Sự chênh lệch khay 1 (dưới cùng) là nhỏ nhất từ 2,1⁰C ÷ 2,7⁰C. Qua đồ thị cho thấy, sự chênh lệch nhiệt độ giữa các khay với nhau, giữa các khay và nhiệt độ đặt ban đầu này là không lớn. Vì vậy, không ảnh hưởng nhiều đến độ đồng đều của mẻ sấy cũng như chất lượng của sản phẩm sấy tương đồng với kết quả nghiên cứu [5] .

3.4. Phân tích chỉ tiêu lý hóa của tỏi

Để đánh giá chất lượng tỏi khô sau khi sấy, chúng tôi phối hợp với Trung tâm Phân tích và Giám định thực phẩm Quốc gia - Viện Công nghiệp thực phẩm Hà Nội tiến hành phân tích xác định một số thành phần hoá học của mẫu sản phẩm tỏi sau khi sấy quy về dạng khô tuyệt đối. Sắc ký đồ hàm lượng Vitamin B₁ được xác định trên máy đo sắc ký lỏng hiệu năng cao như trên hình 11.



Hình 11. Sắc ký đồ hàm lượng Vitamin B1

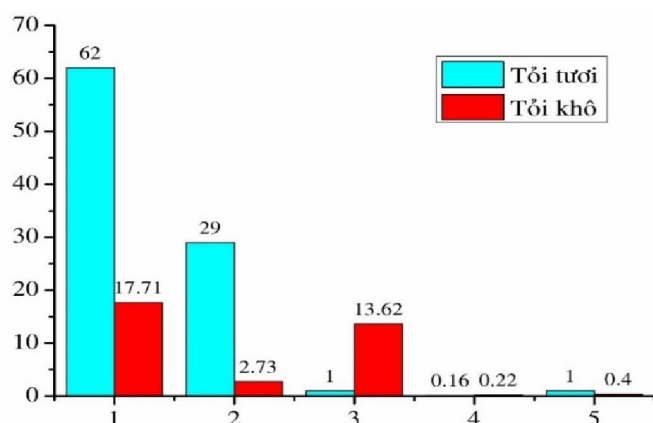
Kết quả phân tích thành phần hóa học của tỏi tươi và khô được ghi trong bảng 3.

Bảng 3. Kết quả phân tích chỉ tiêu lý hóa của tỏi

Thành phần hóa học	Nước	Hydrat Cacbon	Protein	VitaminB1	Chất béo
Tươi	62	29	1	0,16	1
Khô	17,71	2,73	13,62	0,22	0,4

Qua bảng số liệu ta vẽ được đồ thị biểu diễn sự so sánh thành phần hóa học của tỏi sau khi sấy. Qua đồ thị hình 12, ta thấy, các thành phần hóa học có sự biến đổi đáng kể: hàm lượng hydrat Cacbon giảm 29% xuống còn 2,73%, hàm lượng vitamin B₁ tăng từ 0,16mg/100g lên 0,22mg/100g, lượng nước giảm xuống rất nhiều và đặc biệt là không còn nấm men, nấm mốc nhờ đó đã kéo dài thời gian bảo quản.

Hình ảnh tỏi sấy khô hình 13 cho thấy màu sắc của tỏi sấy trắng ngả vàng đều, tỏi vẫn giữ được mùi hăng đặc trưng, hàm lượng tinh dầu diallyl trisulfide có tồn thất do nhiệt nhưng so với nguyên liệu tươi 0,13% tương ứng với 0,39% hàm lượng chất khô là không đáng kể vì sấy nhiệt độ thấp phù hợp với khuyến cáo hàm lượng tinh dầu coi là mất mát đáng kể tới 41% khi sấy nhiệt [3], [7].



Hình 12. Thành phần hóa học của tỏi tươi và tỏi sấy khô



Hình 13. Tỏi sấy khô

4. KẾT LUẬN

Qua kết quả khảo nghiệm đã xác định được chế độ sấy tỏi ưu với nhiệt độ dòng khí sấy 50°C vận tốc dòng khí sấy 0,6m/s, khoảng cách giữa các khay đựng sản phẩm sấy 25cm khi đó tỏi có độ khô đồng đều tốt nhất, thời gian sấy là 12h, tỏi có màu trắng ngả vàng, mùi hăng tự nhiên của tỏi, giữ được hàm lượng tinh dầu diallyl trisulfide trong giới hạn tồn thất cho phép.

Việc nghiên cứu ứng dụng công nghệ sấy sử dụng năng lượng biogas ra đời đã tạo ra một hướng ứng dụng mới trong công nghiệp chế biến có thể sấy nhiều loại nông sản thực phẩm khác nhằm nâng cao chất lượng sản phẩm, giảm được đáng kể thời gian sấy, tận dụng được nguồn năng lượng khí sinh học góp phần tiết kiệm năng lượng hoá thạch và giảm ô nhiễm môi trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Hoàng Văn Chước (1999), *Kỹ thuật sấy*, NXB Khoa học kỹ thuật, Hà Nội.
- [2]. Quốc Dương (2008), *Phòng chữa bệnh nhờ rau, củ, quả quanh ta*, NXB Từ điển Bách Khoa, Hà Nội.
- [3]. Harunnobu Amagase, Brenda L.Petes, etc (2001), *Intake of Garlic and Its Bioactive components*, Journal of Nutrition, pp 955 -962.
- [4]. Hein rich P.Koch–larry D. lawson (2000) - Trần Việt Thắng dịch - *Tỏi - Khoa học ứng dụng và chữa bệnh*, Nhà xuất bản Khoa học kỹ thuật.
- [5]. Đinh Vương Hùng, Phạm Xuân Phương, Nguyễn Xuân Trung, (2012), *Nghiên cứu quá trình sấy tỏi bằng hệ thống sấy dùng năng lượng mặt trời kiểu hỗn hợp đối lưu tự nhiên*, Tạp chí khoa học đại học Huế, tập 71 số 2 năm 2012, pp153 – 162.
- [6]. Trần Văn Phú (2001), *Tính toán và thiết kế tính toán hệ thống sấy*, NXB Giáo dục.
- [7]. Rahman,M.S.and Prera (2017), *Handbook Of food Preservation*, Second Edition, pp 403–427.
- [8]. Phạm Anh Tuấn (2010), “*Nghiên cứu quá trình công nghệ sấy để nâng cao chất lượng sản phẩm một số rau quả Việt Nam bằng công nghệ sấy bơm nhiệt*”, luận án Tiến sỹ kỹ thuật, Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Hà Nội, pp 63 -71
- [9]. Phạm Anh Tuấn và nhóm cộng sự (2009), “*Tối ưu hóa quá trình sấy tỏi bằng phương pháp sấy bơm nhiệt kiểu thùng quay*”, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, tập 47, số 3, pp 47-56.