

**NGHIÊN CỨU QUÁ TRÌNH SẤY TỎI
BẰNG HỆ THỐNG SẤY DÙNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI
KIỂU HỖN HỢP ĐỐI LƯU TỰ NHIÊN**

Đinh Vương Hùng¹, Phạm Xuân Phương¹, Nguyễn Xuân Trung²

¹*Trường Đại học Nông Lâm, Đại học Huế*

²*Trường Trung học Giao thông vận tải Huế*

Tóm tắt. Bài báo này trình bày việc thiết kế, xây dựng và khảo nghiệm hệ thống sấy tỏi dùng năng lượng mặt trời kiểu hỗn hợp đối lưu tự nhiên. Không khí đi qua bộ thu nhiệt (collector) được nung nóng rồi đi qua giá sấy có các khay sấy được xếp tầng trong buồng sấy. Đồng thời, buồng sấy hấp thụ trực tiếp năng lượng mặt trời qua mái kính trong suốt. Không khí đối lưu tự nhiên qua hệ thống sấy nhờ sự chênh lệch nhiệt độ, cách bố trí luồng khí và hai quạt cầu trên mái buồng sấy. Trong ngày nắng, kết quả thí nghiệm cho thấy nhiệt độ không khí ra khỏi bộ thu nhiệt và trong buồng sấy cao hơn so với nhiệt độ môi trường 10-20⁰C. Sự gia tăng nhiệt độ trong buồng sấy đạt đến 50-55⁰C trong khoảng ba giờ từ giữa trưa. Với 240 kg tỏi, lượng hơi ẩm mất đi trung bình là 1,42kg/giờ tương ứng với tốc độ sấy 0,31%/giờ. Tỏi sau sấy đạt độ ẩm trung bình phần thân củ là 55%, phần vỏ lụa là 8%, phù hợp với yêu cầu bảo quản lâu dài.

Từ khóa: kiểu hỗn hợp, năng lượng mặt trời, sấy tỏi, quạt cầu, nhiệt độ, độ ẩm.

1. Mở đầu

Nhiều loại nông sản dạng củ, quả, hạt nói chung sau thu hoạch thường phải trải qua quá trình phơi, sấy để đạt độ ẩm cân bằng thích hợp cho bảo quản lâu dài. Độ ẩm cân bằng của sản phẩm quyết định rất lớn đến thời gian bảo quản. Sấy nông sản bằng nhiệt thu được từ điện năng hay các nguồn năng lượng hóa thạch đáp ứng được các yêu cầu về chất lượng sản phẩm nhưng nhìn chung chi phí năng lượng cao.

Những năm gần đây, năng lượng bức xạ mặt trời được các nhà khoa học trên thế giới đặc biệt chú ý khi mà nguồn năng lượng hóa thạch truyền thống đang dần cạn kiệt và được đánh giá như một nguồn năng lượng vô tận. Việc ứng dụng năng lượng mặt trời để sấy nông sản cũng đang được nhiều nhà khoa học quan tâm nghiên cứu. Tuy nhiên, vấn đề đặt ra trong việc sử dụng nguồn năng lượng được cho là vô tận và “miễn phí” này là chi phí đầu tư ban đầu, nguyên lý và hiệu suất của thiết bị thu nhiệt, khả năng chủ

động trong quá trình sử dụng do tính chất thất thường của thời tiết. Do vậy, việc nghiên cứu chế tạo nhằm nâng cao hiệu quả các thiết bị sử dụng năng lượng mặt trời và triển khai ứng dụng chúng vào thực tế là vấn đề có tính cấp thiết.

Tỏi (*Alliumsativum L*, họ hành *Alliaceac*) là một loại nông sản chứa tinh dầu có hương vị đặc biệt được sử dụng rộng rãi trên toàn thế giới như một loại gia vị. Tinh dầu từ tỏi có chứa chất alicine có khả năng kháng sinh, diệt khuẩn, chống viêm nhiễm, giảm cholesterol và huyết áp. Ngoài ra, tỏi còn chứa hàm lượng lớn các vitamin A, B, C, D, PP ... và các khoáng chất cần thiết cho cơ thể như i-ốt, can-xi, phốt-pho, ma-giê và các nguyên tố vi lượng nên nó còn được biết đến như một vị thuốc quý và phổ biến. Tại huyện đảo Lý Sơn, tỉnh Quảng Ngãi, do đặc thù về khí hậu và thổ nhưỡng rất phù hợp với sự sinh trưởng và phát triển của cây tỏi nên từ lâu đã trở thành loại cây trồng truyền thống. Sản phẩm cây tỏi Lý Sơn đã được công nhận thương hiệu quốc gia với sản lượng hàng năm lên đến khoảng 2.000 tấn. Tuy nhiên, hiện tại nông dân Lý Sơn vẫn làm khô tỏi sau khi thu hoạch bằng phơi nắng trực tiếp, vì vậy thời gian phơi kéo dài (thường từ 15-20 ngày/mẻ), sản phẩm thu được không đảm bảo chất lượng.

Hệ thống sấy tỏi dùng năng lượng mặt trời kiểu hỗn hợp đối lưu tự nhiên với năng suất 240kg/mẻ được chọn nghiên cứu bởi những lý do sau:

- Huyện đảo Lý Sơn là nơi có cường độ bức xạ mặt trời lớn với gần 2000 giờ nắng trong năm, rất phù hợp với hệ thống sấy dùng năng lượng mặt trời (NLMT). Mặt khác, do điều kiện cách xa đất liền nên hiện nay nguồn điện và các loại nhiên liệu ở Lý Sơn chỉ đủ cung cấp cho tiêu dùng và sinh hoạt tối thiểu của người dân với giá thành cao. Do đó, sấy tỏi bằng NLMT kiểu hỗn hợp đối lưu tự nhiên là một chọn lựa phù hợp.

- Hệ thống sấy dùng năng lượng mặt trời kiểu hỗn hợp (thu nhiệt trực tiếp và gián tiếp) có ưu điểm về tăng tốc độ làm nóng vật ẩm, nhiệt lượng thu được lớn do đó nâng cao được hiệu suất thu nhiệt và tốc độ sấy.

- Hệ thống sấy dùng năng lượng mặt trời có kết cấu đơn giản; dễ dàng trong vận hành và bảo dưỡng. Quy trình thi công, lắp ráp thuận tiện bằng các vật liệu sẵn có tại địa phương, phù hợp với quy mô nông hộ sản xuất và kinh doanh hành, tỏi.

2. Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

2.1. Vật liệu nghiên cứu

Hệ thống sấy được tính toán thiết kế với năng suất 240kg/mẻ và nguyên liệu sấy là tỏi đã qua phơi nắng đạt độ ẩm phần vỏ lụa là 13%, phần thân củ là 60%. Do khối lượng của phần vỏ lụa so với phần thân của củ tỏi là không đáng kể, để thuận lợi cho việc tính toán ta coi củ tỏi là vật ẩm với độ ẩm trung bình ban đầu là $\omega_1 = 60\%$ và độ ẩm sau sấy là $\omega_2 = 55\%$ (độ ẩm cân bằng cho bảo quản).

2.2. Phương pháp nghiên cứu

- Phương pháp điều tra, thu thập và xử lý thông tin, số liệu: Dựa vào các số liệu về điều kiện tự nhiên, kinh tế, xã hội, các thí nghiệm đo bức xạ mặt trời để xác định các thông số như cường độ bức xạ, nhiệt độ và độ ẩm môi trường, áp suất khí quyển, tốc độ gió... trước, trong và sau thời vụ thu hoạch tỏi. Các thông tin này được dùng làm cơ sở cho việc tính toán các thông số về chế độ làm việc cũng như kết cấu cho hệ thống sấy.

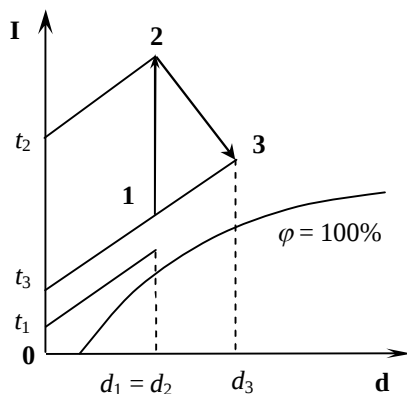
- Phương pháp tính toán lý thuyết: Việc tính toán lý thuyết cho quá trình sấy được dựa trên cơ sở lý thuyết quá trình trao đổi nhiệt - ẩm của vật sấy và không khí sấy để xác định các thông số cơ bản cho quá trình sấy và các thông số kích thước cho buồng sấy.

- Phương pháp thực nghiệm: Nhằm đánh giá khả năng làm việc và khả năng ứng dụng của hệ thống sấy, một hệ thống sấy tối sử dụng NLMT ký hiệu SMT-01LS được chế tạo và lắp đặt trên địa bàn huyện Lý Sơn, Quảng Ngãi. Quá trình thực hiện thí nghiệm để xác định các thông số như nhiệt độ, độ ẩm của buồng sấy, thời gian sấy, độ ẩm của sản phẩm sau khi sấy và hiệu suất hấp thụ nhiệt của thiết bị.

3. Tính toán lý thuyết quá trình sấy và thiết bị sấy

Từ các số liệu về khí hậu tỉnh Quảng Ngãi, chọn nhiệt độ môi trường $t_1=30^\circ\text{C}$, độ ẩm tương đối $\varphi_1=75\%$ với áp suất bão hòa của hơi nước ở 30°C là $p_{s1}=0,0425\text{bar}$, áp suất không khí ẩm là $p = 0,9933\text{ bar}$. Chọn thời gian sấy là $\tau=16$ giờ với tốc độ sấy tương ứng là $0,31\%/ \text{giờ}$. Lượng ẩm cần bốc hơi $W_m=26,67\text{ kg/mẻ}$. Lượng ẩm trung bình cần bốc hơi trong một giờ: $W_h=1,67\text{ kg/giờ}$. Dựa vào đồ thị I-d (thể hiện trên hình 1) tính cân bằng nhiệt ẩm trong quá trình sấy như sau:

3.1. Trạng thái không khí trước bộ thu nhiệt (điểm 1)



Hình 1. Đồ thị I-d

$$\text{Độ chứa ẩm của không khí: } d_1 = 0,622 \cdot \frac{\varphi_1 p_{s1}}{p - \varphi_1 p_{s1}} = 0,021 \text{ kg/kgkkk}$$

Entanpi của không khí : $I_1 = C_{pk}t_1 + d_1 (r + C_{ph}t_1) = 83,72 \text{ kJ/kgkk}$

Trong đó: $r \approx 2500 \text{ kJ/kg}$ là nhiệt ẩm hóa hơi của nước,

$C_{pk} \approx 1 \text{ kJ/kgkk}$ là nhiệt dung riêng của không khí khô,

$C_{ph} \approx 1,93 \text{ kJ/kgkk}$ là nhiệt dung riêng của hơi nước.

3.2. Trạng thái không khí sau bộ thu nhiệt (điểm 2)

Với nhiệt độ không khí sấy là $t_2 = 50^\circ\text{C}$ thì áp suất bão hòa của hơi nước là $p_{s2}=0,1235\text{bar}$. Coi hệ thống là kín thì $d_1 = d_2$, ta tính được: $I_2 = C_{pk}t_2 + d_2 (r + C_{ph}t_2) = 104,53 \text{ kJ/kgkk}$.

Độ ẩm tương đối của không khí:
$$\varphi_2 = \frac{d_2 p}{(0,622 + d_2)p_{s2}} 100\% = 26\%$$

3.3. Trạng thái không khí cuối quá trình sấy (điểm 3)

Ở trạng thái này $I_3 = I_2$, chọn nhiệt độ cuối quá trình sấy $t_3 = 38^\circ\text{C}$, với $p_{s3} = 0,0663\text{bar}$.

Ta tính được:
$$d_3 = \frac{I_3 - C_{pk}t_3}{r + C_{ph}t_3} = 0,026 \text{ kg/kgkk}$$

và:
$$\varphi_3 = \frac{d_3 p}{(0,622 + d_3)p_{s3}} 100\% = 60\%$$

3.4. Tiêu hao không khí lý thuyết

Tiêu hao riêng không khí trong quá trình sấy lý thuyết được xác định:

$$l_0 = \frac{1}{d_3 - d_1} = 200 \text{ kgkk/kg ẩm}$$

Giả thiết hệ thống là kín thì lượng không khí khô cần thiết để sấy 240kg tải từ độ ẩm 60% đến độ ẩm 55% là: $L_o = W_m l_0 = 5334 \text{ kgkk}$. Vậy, thể tích không khí ẩm qua bộ thu nhiệt là:

$$V = 5334 \cdot 0,951 = 5072,6 \text{ m}^3$$

Do đó, lưu lượng dòng khí đi qua bộ thu nhiệt là: $v_o = V/\tau = 0,088 \text{ m}^3/\text{s}$

Khối lượng riêng của không khí trong buồng sấy:

$$\rho = \frac{99333}{\left(287 + 462 \frac{d_2}{1000}\right)(273 + t_2)} = 1,07 \text{ kg/m}^3$$

3.5. Tiêu hao nhiệt cho quá trình sấy

Tiêu hao nhiệt riêng trong quá trình sấy lý thuyết được tính theo biểu thức:

$$q_o = l_o(I_2 - I_1) = 4162 \text{ kJ/kg ẩm}$$

Tiêu hao nhiệt trong quá trình sấy lý thuyết là:

$$Q = q_o \cdot W_m = 4162 \cdot 26,67 = 111000,5 \text{ kJ}$$

3.6. Tính toán diện tích bộ thu nhiệt và buồng sấy

Với hệ thống sấy NLMT, buồng sấy cũng là bộ thu nhiệt phụ. Do đó, diện tích thu nhiệt bao gồm cả diện tích của bộ thu nhiệt chính và buồng sấy. Giả thiết hệ thống là kín, tiêu hao nhiệt trong quá trình sấy Q cũng chính là lượng nhiệt hữu ích mà dòng khí nhận được Q_g . Chọn hiệu suất chung của bộ thu nhiệt và buồng sấy là $\eta_c = 0,3$. Sử dụng phần mềm HOMER version 2.76, ta có tính được $I_T = 5763 \text{ kWh/m}^2/\text{ngày}$. Thời gian cần sấy là 2 ngày, do vậy diện tích thu nhiệt được xác định theo công thức:

$$A_c = \frac{Q_g}{\eta_c 2I_T} = \frac{111000,5}{0,3 \times 2 \times 5763} = 32,1 \text{ m}^2$$

Diện tích buồng sấy cần đảm bảo năng suất 240 kg/mẻ, với kích thước thửa đất sẵn có tại địa điểm nghiên cứu, ta chọn:

- Diện tích buồng sấy: $4,0\text{m} \times 3,15\text{m} = 12,6\text{m}^2$
- Diện tích hấp thụ nhiệt chính: $4,0\text{m} \times 3,42\text{m} \times 1,42 = 19,42\text{m}^2$

4. Kết quả và thảo luận

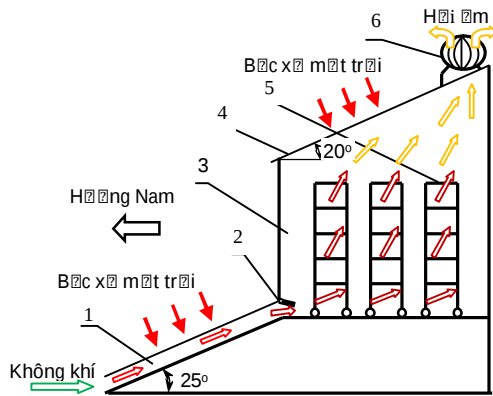
Dựa trên kết quả tính toán lý thuyết, một hệ thống sấy tôi đã được thiết kế như sơ đồ trên hình 2. Không khí môi trường đi qua bộ thu nhiệt chính 1 được làm nóng trở thành dòng khí sấy. Bên cạnh đó, do có cấu tạo là mái kính cho tia bức xạ mặt trời đi trực tiếp vào buồng sấy nên không khí trong buồng sấy cũng được làm nóng lên đáng kể. Dựa vào nguyên lý đối lưu, dòng khí nóng sẽ đi qua các khung có chứa các khay đựng tôi để hướng lên phía trên, tại đây sẽ trao nhiệt và lấy ẩm từ vật sấy. Sau khi đi qua các khay sấy, dòng khí mang theo ẩm và thoát ra ngoài qua các quạt hút cầu.

Nhiệt độ trong buồng sấy được điều chỉnh bằng cách tăng hay giảm lưu lượng không khí nóng đi vào, nhờ sự thay đổi độ mở cửa bộ thu nhiệt từ 0° đến 90° .

Mô hình nhà sấy tôi đã được chế tạo, thi công và lắp đặt tại xã An Vĩnh, Lý Sơn, Quảng Ngãi (hình 3) từ tháng 04/2010 để phục vụ cho quá trình khảo nghiệm nhằm đánh giá khả năng làm việc và hiệu quả của hệ thống.

Bộ thu nhiệt chính 1 được thiết kế dựa trên nguyên lý hiệu ứng nhà kính có cấu

tạo như trên sơ đồ hình 2. Phần khung là một hộp xây bằng gạch, có nắp đậy bằng kính trong suốt dày 5mm, mặt trên của đáy là tấm hấp thụ bằng fibro-cement lượn sóng được sơn đen không bóng. Khoảng cách giữa mặt kính và tấm thu nhiệt là 20cm. Dưới mặt đáy có lớp cách nhiệt bằng xốp. Bộ thu nhiệt chính có diện tích phẳng 13,68 m² được đặt nghiêng một góc 25° so với mặt phẳng ngang về hướng Nam, là hướng có tia chiếu của mặt trời vuông góc với mặt kính.



Hình 2. Sơ đồ cấu tạo của hệ thống sấy khô
1- Tấm thu nhiệt chính; 2- Phần phân phối khí
chính nhiệt độ; 3- Buồng sấy; 4- Mái kính;



Hình 3. Hệ thống sấy khô SMT-01LS
xây dựng tại An Vĩnh, Lý Sơn, Quảng Ngãi

Buồng sấy có kích thước trong là 4,0m x 3,15m được xây bằng gạch cách nhiệt; mái được lắp kính dày 5mm để sử dụng hiệu ứng nhà kính từ bức xạ mặt trời nhận được. Trong buồng sấy đặt 3 giá sấy, trên mỗi giá có 4 khay sấy để chứa tỏi được xếp tầng. Các khay sấy xếp cách nhau 300 mm để đảm bảo không cản trở quá trình nhận nhiệt và thoát ẩm.

4.1. Bố trí thí nghiệm



Hình 4a. Các giá và khay chứa tỏi sấy



Hình 4b. Hình ảnh tỏi sau khi sấy

Quá trình thí nghiệm được thực hiện trong hai ngày 29 và 30 tháng 7 năm 2010 tại An Vĩnh, với 240kg tòi cắt bỏ thân đã được nông hộ phơi nắng từ 10 -12 ngày có độ ẩm trung bình của thân củ là 59,08%, độ ẩm trung bình của vỏ lụa 12,97%. Tòi hoặc hành được rải đều trên mười hai khay sấy của ba giá sấy, mỗi khay 20kg (hình 4a). Phía trên cùng mỗi giá được che lại bằng bao PP để hạn chế ánh nắng trực tiếp vào củ tòi gây “chín”.

Thiết bị đo đạc gồm: 01 cân đồng hồ, 01 cân đo độ ẩm điện tử, 01 máy đo độ ẩm điện tử cầm tay, 02 đồng hồ đo độ ẩm và nhiệt độ môi trường, 05 nhiệt kế. Các thiết bị này đảm bảo độ chính xác theo tiêu chuẩn dùng cho các phòng thí nghiệm.

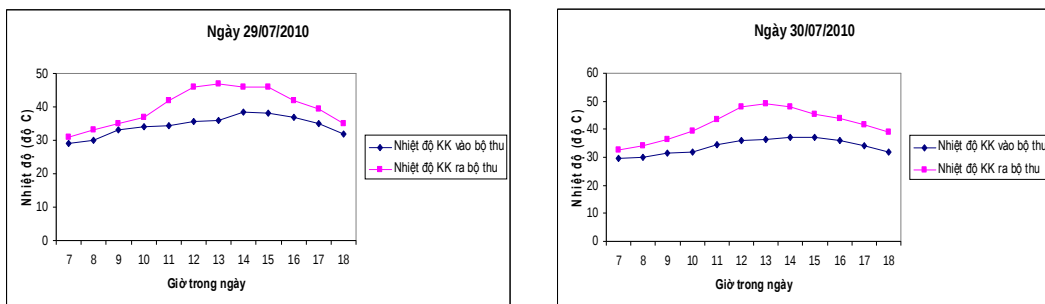
Các số liệu về nhiệt độ, độ ẩm được thu thập mỗi giờ một lần, bắt đầu từ 7 giờ và kết thúc vào 16 giờ, tương ứng với thời gian nắng trong ngày.

4.2. Kết quả thí nghiệm

4.2.1. Thay đổi nhiệt độ không khí trong quá trình sấy

Sự chênh lệch nhiệt độ dòng khí tại cửa vào và cửa ra của bộ thu nhiệt chính được thể hiện trên đồ thị hình 5.

Qua kết quả đo cho thấy độ chênh lệch nhiệt độ lớn nhất là 12,5°C và nhỏ nhất là 2°C. Với tấm hấp thụ bằng vật liệu fibro-cement, khả năng nâng nhiệt của bộ thu nhiệt là không cao, tuy vậy, lại phù hợp với yêu cầu của vật sấy.



Hình 5. Nhiệt độ không khí vào và ra bộ thu nhiệt chính

Sự chênh lệch nhiệt độ tại các vị trí khác nhau trong buồng sấy qua 2 ngày khảo nghiệm được trình bày trên các đồ thị hình 6.

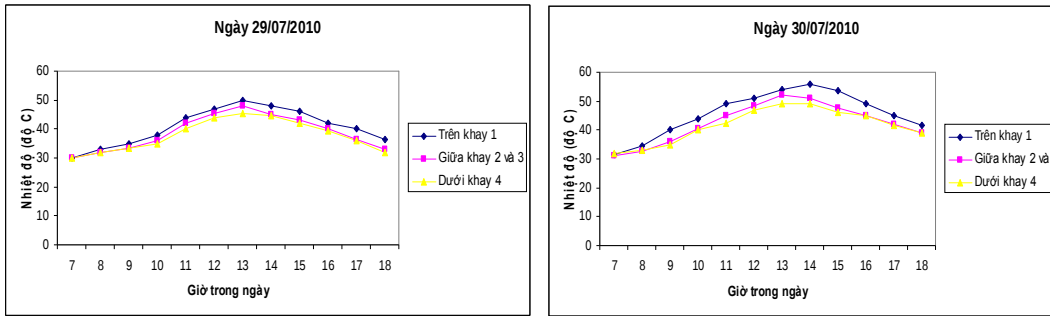
Dựa trên các đồ thị hình 6 ta có thể nhận xét:

- Nhiệt độ không khí ở vị trí dưới khay số 4 thấp hơn nhiệt độ không khí ra bộ thu từ 0,50C đến 3,50C. Nhiệt độ không khí ở vị trí giữa khay số 2 và 3 chênh lệch với nhiệt độ không khí ra bộ thu trong phạm vi $\pm 30C$. Nhiệt độ không khí ở vị trí trên khay số 1 cao hơn nhiệt độ không khí ra bộ thu từ 00C tới 80C. Thứ tự đánh số khay theo hình 4a.

- Sự gia tăng chênh lệch nhiệt độ lớn xảy ra trong khoảng ba giờ, bắt đầu từ giữa trưa.

- Như vậy, có thể nói, một lượng lớn năng lượng mặt trời qua mái buồng sấy được nền và thành buồng sấy hấp thụ. Một phần lượng nhiệt này tỏa ra vào ban đêm, thực tế đến khoảng 20 giờ nhiệt độ trong buồng sấy mới cân bằng với nhiệt độ môi trường.

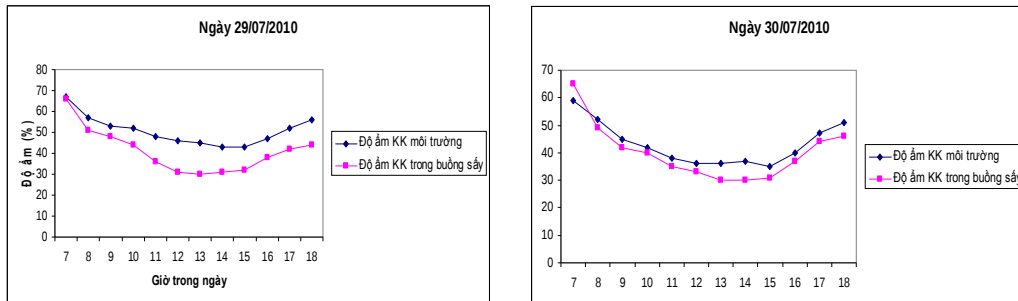
- Sự chênh lệch nhiệt độ của các khay sấy là không lớn, vì vậy, không ảnh hưởng nhiều đến độ đồng đều của mẻ sấy.



Hình 6. Nhiệt độ không khí trong buồng sấy ở ba vị trí đo

4.2.2. Thay đổi độ ẩm không khí trong quá trình sấy

Trên các đồ thị hình 7 thể hiện độ ẩm của không khí bên trong và bên ngoài buồng sấy được đo trong hai ngày khảo nghiệm.



Hình 7. Độ ẩm tương đối của không khí môi trường và trong buồng sấy

Qua đồ thị cho thấy, sự chênh lệch độ ẩm giữa môi trường và buồng sấy không lớn, độ ẩm trong buồng sấy nhỏ hơn môi trường. Điều này chứng tỏ quá trình thoát ẩm diễn ra chậm. Với tốc độ sấy nhỏ, theo tính toán là 0,3%/giờ, quá trình chuyển ẩm từ phần thân củ ra vỏ lụa diễn ra bình thường, đảm bảo chất lượng sản phẩm sấy.

4.2.3. Độ ẩm của sản phẩm sau khi sấy

Độ ẩm tương đối của thân củ và lớp vỏ lụa sau khi sấy được trình bày trên bảng 1.

Bảng 1. Độ ẩm tương đối của củ tỏi sau khi sấy

STT	Mẫu	Độ ẩm thân củ (%)	Độ ẩm vỏ lụa (%)
1	Mẫu 1	54,08	6,72
2	Mẫu 2	54,31	6,89
3	Mẫu 3	55,27	7,11
4	Trung bình	54.55	6,91

Các mẫu đo được lựa chọn ngẫu nhiên tại các vị trí khác nhau trên các giá sấy. Sản phẩm tỏi được lấy để đo độ ẩm sau khi đã được làm nguội hoàn toàn.

Kết quả khảo nghiệm cũng cho thấy, trọng lượng tỏi của toàn bộ mẻ sấy sau khi sấy giảm xuống còn 217,2kg và lượng ẩm đã bay hơi là 22,8kg. Điều đó chứng tỏ, kết quả này là khá phù hợp với mô hình tính toán lý thuyết.

4.3. Nhận xét và thảo luận

- Hệ thống sấy SMT – 01LS có khả năng làm việc tốt, khi trời nắng vận hành dễ dàng.

- Hiệu suất hấp thụ năng lượng mặt trời khoảng 30%, phù hợp để sấy các sản phẩm tỏi, hành, vốn có khả năng thoát ẩm chậm.

- Sản phẩm sấy có độ ẩm đồng đều, trong phạm vi cho phép; không bị nhiễm bẩn, đảm bảo yêu cầu để bảo quản lâu dài.

- Hệ thống sấy ngoài việc sấy tỏi, hành ở huyện đảo Lý Sơn, còn có khả năng áp dụng sấy các nông hải sản khác.

5. Kết luận

5.1. Hệ thống sấy SMT-01LS có cấu tạo đơn giản, tiết kiệm chi phí năng lượng, góp phần bảo vệ môi trường và nâng cao chất lượng sản phẩm sấy. Đồng thời, hệ thống sấy này cũng rất phù hợp với điều kiện khí hậu, kinh tế, kỹ thuật của huyện đảo Lý Sơn, Quảng Ngãi nói riêng và các vùng trồng tỏi khác ở nam miền Trung nói chung (Phan Rang, Phú Yên,...).

5.2. Chi phí đầu tư phù hợp với nông hộ, có thể thu hồi vốn trong khoảng ba năm.

5.3. Đã nghiên cứu cơ sở lý thuyết của quá trình sấy, cơ sở lý thuyết tính toán bộ thu nhiệt và áp dụng để tính toán thiết kế hệ thống sấy tỏi sử dụng năng lượng mặt trời có năng suất 240kg/m².

5.4. Kết quả nghiên cứu quá trình trao đổi nhiệt ẩm giữa vật liệu sấy và tác nhân sấy, quá trình thu nhiệt mặt trời bằng hiệu ứng nhà kính đã xác định được các thông số

cơ bản của quá trình sấy làm cơ sở cho việc thiết kế hệ thống thiết bị sấy.

5.5. Do điều kiện kinh phí và thời gian, thí nghiệm chỉ thực hiện được với tôi đã qua phơi nắng sơ bộ của nông hộ. Tuy vậy, kết quả thí nghiệm bước đầu đã xác định được các thông số ảnh hưởng đến độ ẩm sản phẩm sấy và thời gian sấy thể hiện trên các đồ thị.

Để nâng cao hiệu quả sử dụng, hệ thống sấy SMT-01LS còn được lắp đặt thiết bị sấy cưỡng bức bằng khối lò (đốt bằng than tổ ong) để sử dụng sấy hành, rong biển, mực khô... về mùa mưa. Việc lắp đặt các thiết bị này không ảnh hưởng đến việc sấy bằng năng lượng mặt trời trong mùa nắng.

Kết quả nghiên cứu trên là cơ sở quan trọng để tiếp tục nghiên cứu và hoàn thiện hệ thống sấy tôi dùng năng lượng mặt trời áp dụng cho sản xuất.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Đỗ Minh Cường. *Nghiên cứu quá trình sấy hạt nông sản bằng thiết bị sấy sử dụng năng lượng mặt trời kiểu đối lưu tự nhiên*. Luận văn thạc sĩ kỹ thuật. Trường Đại học Nông Lâm Huế, 2008.
2. Phạm Lê Dân, Đặng Quốc Phú. *Cơ sở kỹ thuật nhiệt*. Nxb. Giáo dục, 2005.
3. Hoàng Dương Hùng. *Năng lượng mặt trời lý thuyết và ứng dụng*. Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, 2007.
4. Nguyễn Văn May. *Giáo trình Kỹ thuật sấy nông sản thực phẩm*. Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, 2007.
5. Nguyễn Công Vân. *Năng lượng mặt trời quá trình nhiệt và ứng dụng*. Nxb. Khoa học và Kỹ thuật, 2006.
6. Bukola O. Bolaji and Ayoola P. Olalusi. *Performance Evaluation of a Mixed-Mode Solar Dryer*. Technical Report. AU J. T. 11(4), (Apr. 2008), 225-231
7. Ajay Chandak & Sunil K. Somani, Deepak Dubey PRINCE. *Design of Solar Dryer with Turboventilator and fireplace*. International Solar Food Processing Conference 2009.
8. A.O. Fagunwa, O.A. Koya, and M.O. Faborode. *Development of an Intermittent Solar Dryer for Cocoa Beans*. Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal. Manuscript number 1292. Vol. XI, July, 2009.
9. P.H. Hien, L.Q. Vinh, T.T.T. Thuy, T.V. Tuan. *Development of solar- assisted dryer for food and farm crops*. Food & Process Engineering Institute Division of ASABE. Vol. 52(4): (2009), 1255-1259.
10. Arun S. Mujumdar. *Hanbook of Industrial Drying*. CRC Press, 2007.

PERFORMANCE EVALUATION OF A MIXED-MODE SOLAR DRYER WITH TURBOVENTILATOR

Dinh Vuong Hung¹, Pham Xuan Phuong¹, Nguyen Xuan Trung²

¹College of Agriculture and Forestry, Hue University,

² Hue Intermediate School of Transport

Abstract. This paper presents an evaluation on the design, construction and performance of a mixed-mode solar dryer with turboventilator for galic preservation. In the dryer, the heated air from a separate solar collector is passed through a grain bed, and at the same time, the drying cabinet absorbs solar energy directly through the transparent roof. The results obtained during the test period revealed that the temperatures inside the dryer and solar collector were much higher than the ambient temperature during most hours of the day-light. The temperature rise inside the drying cabinet was up to 32% for about three hours immediately after 12:00 pm. The drying rate and system efficiency were 0,62 kg/h and 57,5% respectively. The rapid rate of drying in the dryer reveals its ability to dry food items reasonably rapidly to a safe moisture level.

Keywords: garlic dryer, mixed-mode, performance evaluation, solar energy, turboventilator.