

THỰC NGHIỆM SẤY HÀNH LÁ TRÊN MÁY SẤY KHAY BẰNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI

Bùi Trung Thành - Khoa Công nghệ Nhiệt lạnh, Đại học Công nghiệp TP. Hồ Chí Minh

Trần Tiến Dũng - Khoa Cơ Khí, Đại học Công nghiệp TP. Hồ Chí Minh

Email: buitrungthanh@iuh.edu.vn

Ngày nhận bài: 6/11/2020

Ngày phản biện đánh giá và sửa chữa: 18/01/2021

Ngày bài được duyệt đăng: 25/01/2021

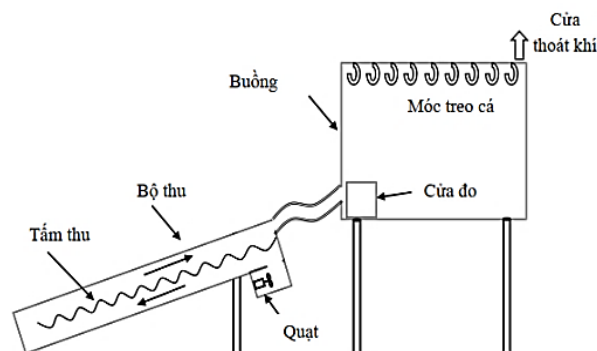
Tóm tắt: Bài báo trình bày kết quả thực nghiệm sấy hành lá bằng năng lượng mặt trời (NLMT) trên mô hình máy sấy khay có năng suất 1kg/m², được cấp nhiệt cho quá trình sấy từ bộ hấp thụ NLMT. Thực nghiệm được thực hiện cấp tác nhân sấy (TNS) ở 3 chế độ vận tốc: 0,5m/s, 0,8m/s và 1,1m/s, trong khi nhiệt độ tác nhân sấy được duy trì ổn định ở mức $39 \pm 1^\circ\text{C}$. Kết quả thực nghiệm cho kết quả: sấy hành lá có độ ẩm nguyên liệu 92% ở vận tốc tác nhân hợp lý là 0,8m/s, trong khoảng thời gian sấy 6,5h đạt độ ẩm sản phẩm 11,1%, tiêu hao điện năng riêng là 2,42kWh/kg ẩm.

Từ khóa: sấy hành lá, vận tốc tác nhân sấy, độ ẩm vật liệu sấy, thời gian sấy, tốc độ sấy, Năng lượng mặt trời.

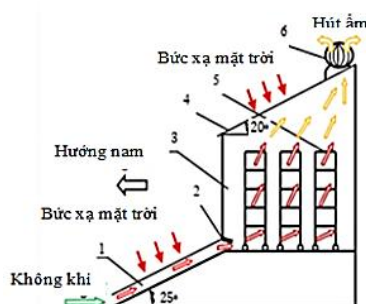
1. GIỚI THIỆU

Trong những năm gần đây, nghiên cứu sấy nông sản - thực phẩm bằng năng lượng mặt trời (NLMT) nhằm hướng đến khai thác, sử dụng hiệu quả nguồn NLMT vào cuộc sống con người đang được các nhà khoa học trên thế giới và Việt Nam quan tâm nghiên cứu, ứng dụng bước đầu đã mang lại hiệu quả [1]. Đối với trong nước có tác giả Trần Nghĩa Khang và các cộng sự 2 đã nghiên cứu hiệu quả của việc sấy khô cá tra bằng NLMT, nguồn nhiệt được cấp vào thiết bị sấy thông qua bộ hấp thụ nhiệt từ bức xạ mặt trời. Khí trời được một quạt ly tâm cấp cưỡng bức, thổi qua bộ hấp thụ nhiệt loại hai pass bao gồm cả mặt trên và mặt dưới của bộ hấp thụ nhằm làm tăng hiệu suất trao đổi nhiệt. Cá sấy được treo bằng các móc trong buồng sấy, nhiệt độ không khí nóng cấp vào buồng sấy cao hơn nhiệt độ môi trường 10°C . Kết quả sấy cho chất lượng cá sấy cao hơn phơi dưới nắng mặt trời, lượng peroxide trong mẫu cá phơi khô cao gấp 2 lần lượng peroxide trong mẫu cá sấy bằng máy sấy NLMT. Đinh Vương Hùng và các cộng sự 3 đã nghiên cứu thiết kế hệ thống sấy tỏi dùng NLMT kiểu hỗn hợp đối lưu tự nhiên. Kết quả thí nghiệm cho kết quả nhiệt độ trong buồng sấy có thể đạt đến $50 - 55^\circ\text{C}$ trong khoảng ba giờ trưa, tốc độ giảm ẩm đạt trung bình là 1,42kg ẩm/giờ, tương ứng tốc độ giảm ẩm đạt trung bình 0,31%/giờ. Tỏi sau sấy đạt độ ẩm phần thân củ là 55%, phần vỏ lụa là 8%, phù hợp với

yêu cầu bảo quản lâu dài. Đỗ Minh Cường, Phan Hòa 4 đã nghiên cứu quá trình sấy thóc bằng NLMT kiểu đối lưu tự nhiên với năng suất 200kg/m², mô hình đã mang lại hiệu quả cao so với việc phơi nắng tự nhiên, trong đó thời gian sấy nhanh gấp 1,5 - 2 lần nên cho phép giảm nhân công. Đối với công bố quốc tế về sấy bằng NLMT cũng đã được nhiều tác giả thực hiện như A. Fudholi và cộng sự 6 đã nghiên cứu và phát triển hệ thống sấy buồng được cấp nhiệt từ bộ thu NLMT, trong đó bề mặt hấp thụ bức xạ mặt trời được phủ sơn đen và bố trí cánh tản nhiệt bên trong nhằm tăng cường quá trình trao đổi nhiệt với khí trời thổi vào. Hệ thống sấy này được dùng để sấy rong biển, nhiệt độ trung bình trong buồng sấy đạt $57 - 64^\circ\text{C}$, lưu lượng khối lượng không khí 0,0536 kg/s, hiệu suất trung bình của bộ thu NLMT là 35%.



Hình 1. Sơ đồ và hình ảnh thiết bị sấy cá tra bằng năng lượng mặt trời 2



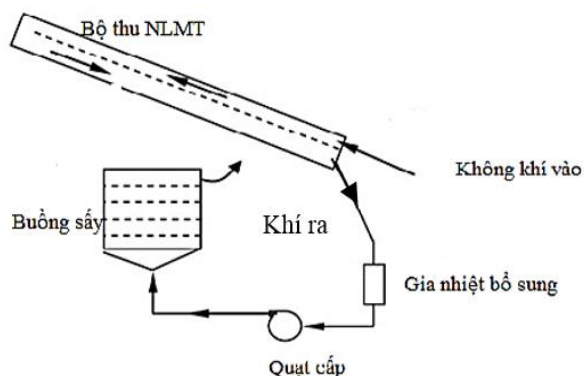
1. Bộ hấp thụ nhiệt từ năng lượng mặt trời; 2. Bộ phận điều khiển nhiệt độ; 3. Buồng sấy; 4. Mái kính; 5. Khay sấy; 6. Quả cầu hút khí ẩm

Hình 2. Sơ đồ và hình ảnh thiết bị sấy tỏi bằng năng lượng mặt trời 3



1. Tôn mạ kẽm sơn đen; 2. Tấm kính trong suốt; 3. Gõ tạt dày 3mm; 4. Tấm phủ trong suốt; 5. Khung sắt V

Hình 3. Mô hình sấy thóc năng suất 200kg/m² 4



Hình 4. Mô hình sấy sử dụng bộ hấp thụ NLMT tiếp xúc 2 mặt có cánh tản nhiệt 6

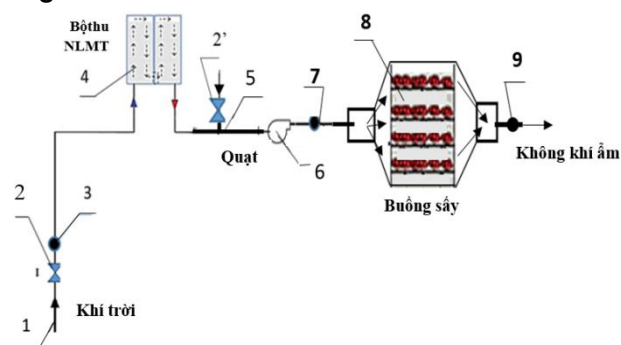
Đối với lĩnh vực sấy hành lá có tác giả Nguyễn Thị Út Hiền và Trần Đức Độ 3 đã công bố kết quả sấy hành lá bằng bơm nhiệt: nhiệt độ sấy hành lá thích hợp ở 40°C, vận tốc TNS là m/s, thời gian sấy là 9 giờ cho độ ẩm sản phẩm đạt yêu cầu bảo quản 11%, ngoài ra sản phẩm hành lá còn đạt chất lượng về màu sắc (xanh sáng tự nhiên), mùi vị thơm ngon.

Nhằm có cơ sở phát triển sấy rau củ quả bằng NLMT để tiết kiệm năng lượng, nhóm tác giả đã thực hiện nghiên cứu thiết kế chế tạo một mô hình

sấy rau củ quả bằng NLMT. Bài báo trình bày kết quả nghiên cứu thực nghiệm sấy hành lá trên mô hình sấy khay được cấp nhiệt từ bộ hấp thụ NLMT cũng có cấu trúc loại 2 pass, nhiệt độ tác nhân cấp vào được điều chỉnh ổn định mức 39±1°C trong khí vận tốc tác nhân sấy được thực nghiệm ở 3 mức: 0,5m/s, 0,8m/s và 1,1m/s. Thực nghiệm được thực hiện tại Đại học Công nghiệp Tp. Hồ Chí Minh vào thời điểm mùa khô, nhiệt độ môi trường trung bình ngoài trời 33°C, độ ẩm tương đối trung bình của không khí là 60%. Trong nghiên cứu thực nghiệm chỉ tập trung xác định vận tốc sấy hợp lý có ảnh hưởng đến tốc độ sấy, độ ẩm sản phẩm và tiêu hao điện năng riêng.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1 Nguyên lý hoạt động của mô hình sấy bằng NLMT



1. Đường ống chính cấp khí vào hệ thống; 2. Van bướm điều chỉnh lưu lượng khí vào hệ thống; 2'. Van bướm điều chỉnh khí hòa trộn điều chỉnh nhiệt độ tác nhân sấy; 3. Đồng hồ đo nhiệt độ khí tươi cấp vào; 4. Bộ thu năng lượng mặt trời và gia nhiệt không khí (KK-NKMT); 5. Ống 3 ngã; 6. Quạt ly tâm cấp khí vào buồng sấy; 7. Đồng hồ đo nhiệt độ tác nhân sấy; 8. Buồng sấy; 9. Đồng hồ đo nhiệt độ khí thải;

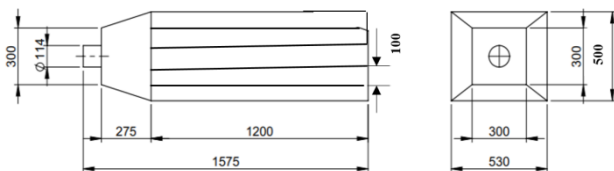
Hình 5. Sơ đồ nguyên lý mô hình thí nghiệm sấy hành lá bằng NLMT

Sơ đồ và nguyên lý làm việc của mô hình thực nghiệm được mô tả như Hình 5, vào ngày trời nắng, không khí tươi (1) đi qua van (2) vào bộ hấp thụ nhiệt NLMT (4) để được gia nhiệt đến nhiệt độ sấy rồi tiếp tục được quạt hút (6) cấp vào buồng sấy (9) để thổi ngang qua các khay chứa hành lá nguyên liệu để thực hiện truyền nhiệt và đưa ẩm từ hành lá ra ngoài qua ống thải khí (11). Trên đường ống cấp không khí vào hệ thống có lắp 01 đồng hồ (3) để đo nhiệt độ khí trời trước khi vào (4), 01 đồng hồ đo nhiệt độ (7) được lắp sau quạt (6) để đo và kiểm soát nhiệt độ tác nhân sấy cấp vào buồng sấy, ngoài ra trên đường ống thải của buồng sấy được lắp 01 đồng hồ (9) để đo

hiệu nhiệt độ khí thải sau buồng sấy để đánh giá hiệu quả truyền nhiệt. Đặc biệt để bảo đảm duy trì được nhiệt độ tác nhân sấy ổn định cấp cho buồng sấy, thì tại ống (5) bố trí một ống 3 ngã, trong đó một đầu nối với ống cấp khí nóng từ (4), một đầu thông với khí trời và một đầu nối với ống hút của quạt (6). Phần ống nối thông với khí trời bố trí 01 van bướm (2') nhằm giúp điều chỉnh lượng không khí ngoài trời vào để hòa trộn với dòng khí nóng cấp từ (4) thành tác nhân sấy có nhiệt độ ổn định (Hình 5).

2.2. Kết cấu buồng sấy vật liệu

Buồng sấy hành lá có kết cấu như Hình 6, kích thước tổng thể 1200 x 500mm bên trong bố trí 4 khay sấy, kích thước khay 400x400mm, khoảng cách giữa các khay sấy là 100mm. Năng suất thiết kế chứa trên 4 khay sấy được tính toán 01 kg, chia đều cho mỗi khay là 250gam.



Hình 6. Kết cấu buồng sấy và bố trí các khay sấy của mô hình

2.3 Các thông số công nghệ của quá trình sấy và cách xác định.

a) Chiều dày vật liệu (mm): Độ dày lớp vật liệu sấy ảnh hưởng đến thời gian sấy. Theo [8], mật độ nguyên liệu hành lá được bố trí trên khay phạm vi từ 2-5kg/m². Chiều dày lớp hành lá khi tính toán và kiểm chứng đo lại bằng thước lá.

b) Nhiệt độ tác nhân sấy (°C): là một trong các thông số chính của quá trình sấy, nhiệt độ tác nhân sấy trong thực nghiệm được chọn và duy trì ở mức 39±1°C [7]. Nhiệt độ tác nhân sấy này được hiệu chỉnh thông qua việc hòa trộn không khí vào bộ hấp thụ nhiệt (4) và được theo dõi bằng đồng hồ đo nhiệt độ (7) tại Hình 5. Thông số và độ chính xác các dụng cụ đo và kiểm tra theo Bảng 1.

c) Vận tốc tác nhân sấy (m/s): Vận tốc TNS cũng là một trong số thông số chính của chế độ sấy. Vận tốc tác nhân sấy được xác định bằng cách đo tại mặt cắt ngang của buồng sấy (9) bằng dụng cụ Testo 410-2 bố trí đo như tại Hình 5. Thông số và độ chính xác của các dụng cụ đo theo Bảng 1. Trong thực nghiệm, vận tốc tác nhân được điều chỉnh ở 3 chế độ vận hành: 0,5m/s; 0,8m/s; 1,1m/s bằng cách thay đổi tần số của mô tơ quạt (6).

d) Thời gian sấy (giờ): thời gian sấy trong nghiên cứu này là thời gian được tính từ lúc bắt đầu cấp TNS vào buồng sấy cho đến khi nhiệt độ tác nhân sấy không còn đạt mức yêu cầu 39±1°C được tính theo PT1.

$$\tau_s = \tau_{kt} - \tau_{bd} \quad (1)$$

Với:

τ_s - thời gian sấy(giờ);

τ_{bd} - thời gian bắt đầu cấp (TNS) (giờ);

τ_{kt} - thời gian mà TNS bắt đầu không đạt mức nhiệt độ theo yêu cầu (giờ).

2.4 Các kết quả đánh giá quá trình sấy

a) Độ ẩm sản phẩm (%): là thông số đánh giá chất lượng sản phẩm sấy. Độ ẩm của hành lá được tính theo độ ẩm tương đối, được xác định theo PT2

$$M_{wb} = \frac{G_1 - G_2}{G_1} (100\%) \quad (2)$$

Với:

M - độ ẩm tương đối (%);

G_1 - khối lượng hành lá ban đầu (g);

G_2 - khối lượng hành lá lúc đo kiểm (g).

b) Tiêu hao điện năng riêng (kWh/kg ẩm): là mức tiêu thụ điện năng để làm bay hơi 1 kg ẩm trong quá trình sấy, được xác định theo PT 3.

$$N_i = \frac{N}{W} \left(\frac{kWh}{kg \text{ ẩm}} \right) \quad (3)$$

Trong đó:

N_i - tiêu thụ điện năng riêng (kWh/kg ẩm);

W - tổng lượng nước bay hơi từ VLS (kg);

N - tổng tiêu thụ điện trên các thiết bị có trong mô hình thí nghiệm sấy (kWh).

2.5 Dụng cụ phục vụ đo đạc trong thí nghiệm

Sử dụng các dụng cụ đo để xác định các thông số công nghệ sấy của quá trình sấy theo Bảng 1

Bảng 1. Dụng cụ đo sử dụng trong thí nghiệm

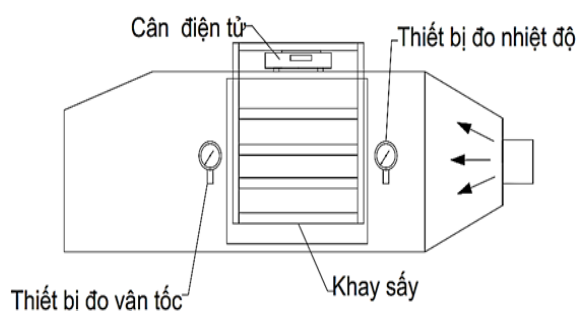
TT	Tên thiết bị	Độ phân giải	Model	Hãng sản xuất	Độ chính xác
1	Máy đo bức xạ mặt trời	0,1 W/m ²	TM-206	TENMARS - Đài Loan	±10W/m ²
2	Đồng hồ đo nhiệt độ	1 °C	TTM-004	TOHO - Nhật bản	± 0,3 %
3	Máy đo vận tốc gió	0,1 m/s	410-2	TESTO - Đức	±0,2 m/s
4	Cân điện tử	1g	SW-1	CAS - Mỹ	±1 g
5	Công tơ điện 1 pha	0,1 kWh	EMIC-01	EMIC - Việt Nam	±0,1 kWh

2.5 Mục đích nghiên cứu và thực nghiệm

Nghiên cứu được thực hiện nhằm xác định giá trị vận tốc TNS đến độ ẩm sản phẩm sấy và tiêu thụ điện năng riêng theo thời gian diễn ra quá trình sấy (số giờ sấy được tính theo công thức 2, trong đó nhiệt độ (TNS) đảm bảo duy trì).

2.6 Bố trí thí nghiệm

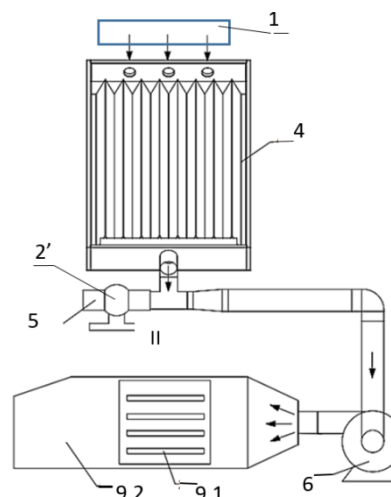
Hành là tươi được loại bỏ gốc, lá nhỏ, hỏng, được rửa sạch, để ráo, cắt khúc có kích thước từ 5-10mm và độ ẩm ban đầu đo được là 92%. Khối lượng nguyên liệu hành lá tươi là 01 kg, được chia đều cho 4 khay sấy (khối lượng nguyên liệu sấy trên mỗi khay là 250g), độ dày lớp hành lá trên mỗi khay được đo kiểm tra lại bằng thước lá có chiều cao $h = 92\text{mm}$; Nhiệt độ TNS cấp vào buồng sấy được điều chỉnh ổn định mức $39\pm 1^\circ\text{C}$. Các thông số liên quan đến thí nghiệm gồm cường độ bức xạ mặt trời, nhiệt độ không khí môi trường và nhiệt độ không khí trong buồng sấy, độ ẩm vật liệu sấy, vận tốc tác nhân sấy được đo 7 lần sau sau mỗi 60 phút sau đó lấy giá trị trung bình. Kết quả số liệu trong bảng thực nghiệm được xử theo phương pháp quy hoạch thực nghiệm bằng phần mềm Statgraphics.



Hình 7. Buồng sấy và các vị trí gắn dụng cụ đo nhiệt độ (TNS) và vận tốc tác nhân qua buồng sấy trong thực nghiệm

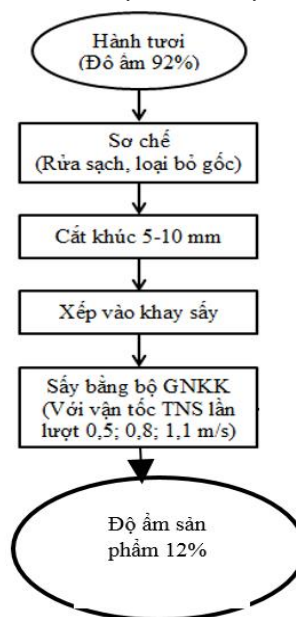


Hình 7. Hành lá được đưa vào khay và cân kiểm tra trước khi xếp vào buồng sấy



1. Ống cấp khí tươi vào hệ thống; 4. Bộ hấp thu nhiệt và trao đổi nhiệt (KK-NLMT); 2' Van bướm II cấp khí vào để hòa trộn thành (TNS); 5 ống cấp (TNS) cho buồng sấy; 6. Quạt ly tâm cấp (TNS); 9.1 khay sấy; 9.2 buồng khí thải sau buồng sấy.

Hình 8. Bố trí các thiết bị của máy sấy hành lá bằng năng lượng mặt trời thông qua bộ trao đổi nhiệt (KK-NLMT)



Hình 9. Lưu đồ thực nghiệm quá trình sấy hành lá bằng NLMT thông qua bộ hấp thu NLMT

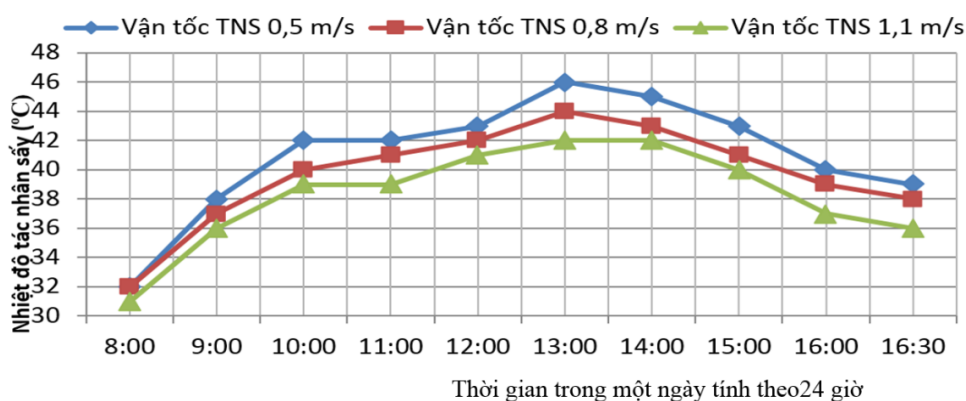
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1 Khảo sát xác định biến thiên của các thông số công nghệ sấy theo cường độ bức xạ mặt trời:

Sử dụng các dụng cụ đo tại Bảng 1 và thực hiện bảy (7) lần đo cho mỗi thời điểm đo sau mỗi giờ đo các thông số theo dõi và sau đó lấy giá trị trung bình đã cho kết quả tại Bảng 2.

Bảng 2. Kết quả giá trị trung bình của số liệu bức xạ mặt trời, nhiệt độ môi trường, nhiệt độ không khí sau bộ hấp thu nhiệt theo thời gian ứng với vận tốc không khí cấp vào buồng sấy thực nghiệm.

TT giờ theo đồng TN	Giờ trong ngày	Vận tốc TNS 0,5 m/s			Vận tốc TNS 0,8 m/s			Vận tốc TNS 1,1 m/s		
		BXMT (W/m ²)	Nhiệt độ môi trường (°C)	Nhiệt độ TNS (°C)	BXMT (W/m ²)	Nhiệt độ môi trường (°C)	Nhiệt độ TNS (°C)	BXMT (W/m ²)	Nhiệt độ môi trường (°C)	Nhiệt độ TNS (°C)
0	8h	216,5	29	32	440,6	29	32	235,4	29	31
1	9h	410,7	30	38	630,7	31	37	580,3	32	36
2	10h	546,4	31	42	780,6	32	40	816,6	33	39
3	11h	850,6	33	42	958,5	34	41	876,5	33	39
4	12h	946,5	34	43	992,4	35	42	932,4	34	41
5	13h	970,4	36	46	970,3	36	44	977,7	37	42
6	14h	810,3	34	45	790,2	35	43	750,2	36	42
7	15h	660,2	35	43	574,7	35	41	600,6	34	40
8	16h	402,4	34	40	335,4	34	39	400,4	33	37
9	16h30	280,6	33	39	264,2	33	38	235,7	33	36



Hình 10. Đồ thị hiển thị sự thay đổi nhiệt độ TNS theo thời gian ứng với 3 chế độ cấp vận tốc TNS vào bộ hấp thu NLMT.

Nhận xét kết quả: Kết quả thực nghiệm ở Bảng 2 và Hình 10 cho thấy:

- Cường độ bức xạ mặt trời (BXMT) bắt đầu tăng dần và đạt đỉnh lúc 13h sau đó giảm dần, trong các ngày thực nghiệm trung bình là từ 609W/m².

- Nhiệt độ TNS chênh lệch với nhiệt độ môi trường từ 5 - 10°C và chênh lệch cao nhất ở vận tốc TNS 0,5m/s, sau đó giảm dần ở vận tốc TNS 0,8 và 1,1m/s.

- Thời gian duy trì nhiệt độ TNS trên $\geq 39\pm 1^{\circ}\text{C}$ ở vận tốc TNS 0,5m/s là 7,5giờ (9h - 16h30); vận tốc TNS 0,8m/s là 6,5giờ (10h - 16h30); vận tốc TNS 1,1m/s là 5 giờ (10h - 15h).

- Tại vận tốc 1,1m/s cho nhiệt độ (TNS) cao nhất đạt 42°C, trong 2 giờ; tại vận tốc (TNS) 0,8m/s cho nhiệt độ cao nhất đạt 42°C - 44°C trong 3 giờ và tại vận tốc 0,5m/s cho nhiệt độ TNS 42°C - 46°C trong 6 giờ. Như vậy ta có thể thấy rằng khi vận tốc TNS thấp thì nhiệt độ TNS cao hơn, điều này được giải thích, khi vận tốc TNS thấp sẽ làm tăng thời gian lưu không khí trong bộ hấp thụ NLMT.

- Nếu chọn nhiệt độ (TNS) $39\pm 1^{\circ}\text{C}$, vận tốc (TNS) 1,1m/s, thì thời gian duy trì sấy được 5 giờ; nếu vận tốc (TNS) 0,8m/s thì thời gian duy trì sấy là 6,5 giờ; nếu vận tốc (TNS) $v = 0,5 \text{ m/s}$ thì thời gian duy trì sấy kéo dài được 8 giờ.

Vậy thực nghiệm chọn nhiệt độ sấy $39\pm 1^{\circ}\text{C}$ và sấy ở 3 chế độ vận tốc sấy 0,5m/s, 0,8m/s và 1,1m/s để có thời gian duy trì sấy lâu nhất, nhằm xác định được các mục tiêu đề ra. Để duy trì giữ nhiệt độ sấy ổn định $39\pm 1^{\circ}\text{C}$, nghiên cứu sử dụng van bướm 2' (Hình 1) cấp khí tươi vào hệ ống 5 để hòa trộn với dòng khí nóng từ bộ hấp thu nhiệt đưa vào để tạo ra nhiệt độ sấy ổn định cho buồng sấy (9).

3.2. Xây dựng đồ thị đường cong sấy ứng với 3 loại vận tốc TNS

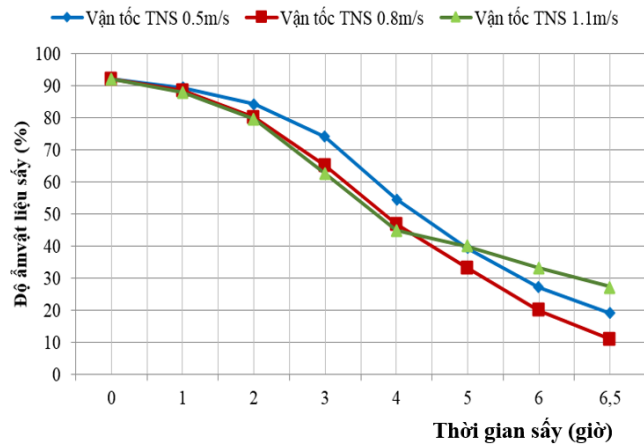
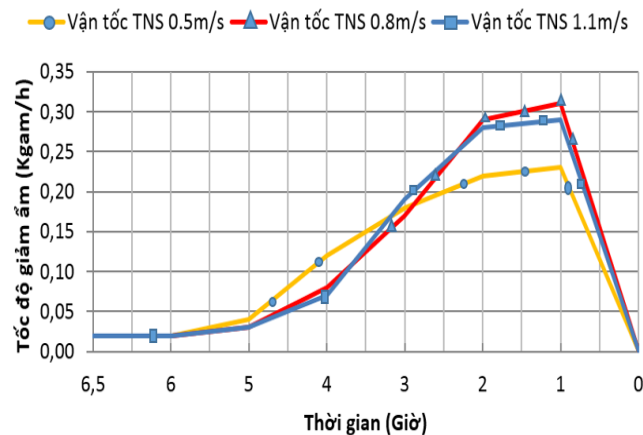
Kết quả thực nghiệm sấy tại 3 chế độ cấp tác nhân sấy được trình bày tại Bảng 3.

Từ kết quả số liệu tại Bảng 3 cho phép xây dựng được đồ thị đường cong sấy theo thời gian sấy tại Hình 11. Sử dụng phần mềm Statgraphics xử lý số liệu tại Bảng 3, thiết lập được các

Bảng 3. Kết quả thực nghiệm sấy hành lá ở 3 chế độ vận tốc sấy (lấy giá trị trung bình)

Giờ mặt trời	Thứ tự thời gian thực nghiệm	Vận tốc TNS 0,5 m/s		Vận tốc TNS 0,8 m/s		Vận tốc TNS 1,1 m/s	
		Độ chứa ẩm (kg ẩm/kgVLK)	Độ ẩm (%)	Độ chứa ẩm (kg ẩm/kgVLK)	Độ ẩm (%)	Độ chứa ẩm (kg ẩm/kgVLK)	Độ ẩm (%)
9h	0	11,50	92,00	11,50	92,00	11,50	92
10h	1	8,89	89,89	7,50	88,24	7,88	88
11h	2	5,32	84,17	4,00	80,00	4,38	79,5
12h	3	2,85	74,00	1,87	65,22	2,00	62,6
13h	4	1,20	54,50	0,87	46,67	1,13	44,94
14h	5	0,65	39,33	0,50	33,33	0,75	40,86
15h	6	0,37	27,20	0,25	20,00	0,50	33,33
16h	6,5	0,24	19,11	0,12	11,11	0,37	27,27

Ghi chú: VLK - vật liệu khô

**Hình 11.** Đồ thị đường cong sấy hành lá theo vận tốc (TNS) 0,5m/s, 0,8m/s và 1,1m/s ứng theo thứ tự giờ sấy thực nghiệm cho các ngày đủ nắng**Hình 12.** Đồ thị tốc độ sấy hành lá tại 3 chế độ cấp tác nhân vận tốc 0,5m/s, 0,8m/s và 1,1m/s

phương trình hồi quy xác định quan hệ độ ẩm của vật liệu hành lá sấy theo thời gian sấy ứng với mỗi chế độ vận tốc TNS như sau:

+ Tại vận tốc tác nhân $v = 0,5\text{m/s}$:

$$M_i = (9,5 - 0,12\tau^2)^2 \text{ với hệ số } R = 0,97 \quad (4)$$

+ Tại vận tốc tác nhân $v = 0,8\text{m/s}$:

$$M_i = (9,5 - 0,14\tau^2)^2 \text{ với hệ số } R = 0,96 \quad (5)$$

+ Tại vận tốc tác nhân $v = 1,1\text{ m/s}$:

$$M_i = \exp(4,5 - 0,28\tau^2) \text{ với hệ số } R = 0,98 \quad (6)$$

Trong đó:

M_i - độ ẩm vật liệu sấy tại thời điểm đo (%),

τ - thời gian sấy tính theo thứ tự giờ sấy,

R - hệ số tương quan đánh giá mức độ phù hợp của mô hình hồi quy tương quan giữa độ ẩm vật liệu sấy và thời gian sấy.

3.3 Xây dựng đồ thị đường cong tốc độ sấy hành lá theo thời gian sấy

Cũng dựa theo kết quả thực nghiệm tại Bảng 3, tiến hành xây dựng đồ thị tốc độ sấy hành lá bằng NLMT cũng tại 3 chế độ cấp vận tốc TNS 0,5m/s, 0,8m/s và 1,1m/s trong khi nhiệt độ TNS

duy trì ổn định $39 \pm 1^{\circ}\text{C}$ thể hiện tại Hình 12. Sử dụng phần mềm Statgraphics thiết lập được phương trình hồi quy tốc độ sấy tương ứng với mỗi vận tốc TNS như sau:

+ Vận tốc 0,5 m/s:

$$U = 0,58 \cdot \exp(-0,45\tau) \text{ với hệ số } R = 0,93 \quad (7)$$

+ Vận tốc 0,8 m/s:

$$U = \exp(-0,64\tau) \text{ với hệ số } R = 0,99 \quad (8)$$

+ Vận tốc 1,1 m/s:

$$U = 0,99 \cdot \exp(-0,61\tau) \text{ với hệ số an } R = 0,97 \quad (9)$$

Trong đó:

U - tốc độ sấy (% ẩm/h),

τ - thời gian sấy (giờ),

R - hệ số tương quan đánh giá mức độ phù hợp của mô hình hồi quy giữa tốc độ sấy và thời gian sấy.

Từ kết quả thực nghiệm nghiên cứu rút ra một số nhận xét như sau:

- Trong giờ sấy đầu tiên, tốc độ giảm ẩm ở cả 3 chế độ sấy đều giảm không đáng kể điều này phù hợp với quy luật giai đoạn đốt nóng vật liệu

- Đối với chế độ sấy vận tốc 0,5m/s và 0,8m/s, tốc độ sấy đẳng tốc xảy ra từ giờ sấy thứ nhất đến giờ sấy thứ tư và tốc độ giảm tốc xảy ra từ giờ thứ năm, trong khi chế độ sấy 1,1m/s thì giai đoạn tốc độ sấy đẳng tốc xảy ra từ giờ sấy thứ hai đến giờ sấy thứ ba.

- Trong cùng một khoảng thời gian sấy 6,5 giờ, ở chế độ vận tốc TNS 0,8m/s cho độ ẩm vật liệu sấy đạt độ ẩm bảo quản 11,1%, trong khi chế độ sấy vận tốc TNS 0,5 m/s thì độ ẩm mới chỉ đạt 19,1% và chế độ vận tốc TNS 1,1m/s độ ẩm vật liệu sấy mới chỉ đạt 27% điều này được giải thích đến giờ sấy thứ năm thì nhiệt độ (TNS) đã giảm đi nên dù vận tốc (TNS) ở 1,1m/s cũng không làm tăng được tốc độ sấy điều này cho thấy của nhiệt độ (TNS) ảnh hưởng đến tốc độ sấy hơn là vận tốc tác nhân sấy.

3.4. Xây dựng đồ thị so sánh tiêu hao điện năng riêng ở 3 chế độ sấy

Căn cứ vào tổng tiêu hao điện năng trong quá trình sấy với lượng ẩm bay hơi từ vật liệu sấy theo thời gian sấy, nghiên cứu đã xác định được tiêu hao điện năng riêng theo Bảng 4 và thiết lập được đồ thị so sánh tiêu hao điện năng tại tại Hình 13.

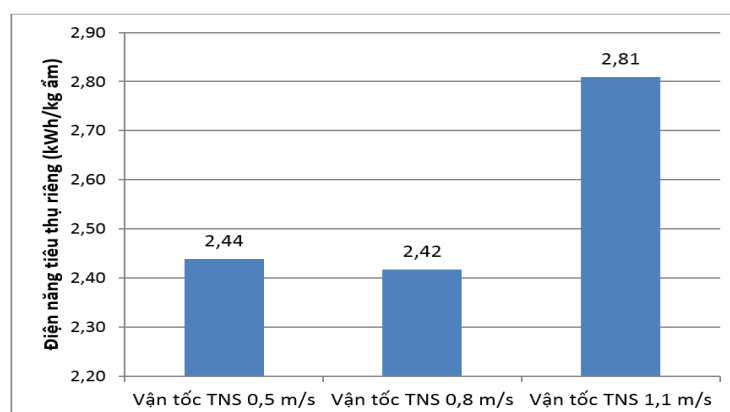
Dựa vào số liệu ở Bảng 4 và Hình 13 ta có nhận xét như sau:

- Điện năng tiêu thụ riêng ở vận tốc 0,8m/s là thấp nhất, tuy nhiên chênh lệch không lớn nhiều so với vận tốc TNS 0,5m/s. Vận tốc TNS 1,1m/s có mức điện năng tiêu thụ riêng cao nhất 2,81 (kWh/kg ẩm).

- Khi tăng vận tốc TNS thì mức tiêu hao điện năng càng tăng, điều này được giải thích là khi thay đổi vận tốc TNS thì phải thay đổi công suất

Bảng 4. Điện năng tiêu thụ riêng tương ứng với mỗi vận tốc TNS

Giá trị vận tốc	Độ ẩm (kg ẩm)	Tổng tiêu hao điện N (kWh)	Chi phí tiêu hao điện năng riêng N_i (kWh/kg ẩm)
Vận tốc TNS 0,5 m/s	0,82	2	2,44
Vận tốc TNS 0,8 m/s	0,91	2,2	2,42
Vận tốc TNS 1,1 m/s	0,89	2,5	2,81



Hình 13. Biểu đồ so sánh tiêu thụ điện năng riêng theo vận tốc tác nhân

4. KẾT LUẬN VÀ THẢO LUẬN

Thực nghiệm sấy hành lá bằng thông qua bộ hấp thụ NLMT được tiến hành trong thời gian mùa khô tại khu vực TP Hồ Chí Minh, trời không có mây, nhiệt độ không khí môi trường và độ ẩm tương đối của không khí trung bình tương ứng là 33°C và 65%, TNS được gia nhiệt mức ổn định $39\pm 1^{\circ}\text{C}$ và thời gian sấy trong phạm vi 6,5 giờ cho kết quả vận tốc TNS ở chế độ 0,8m/s là phù hợp nhất. Độ ẩm sản phẩm đạt yêu cầu bảo quản 11,1% và tiêu hao điện năng riêng thấp nhất là 2,42kWh/kg ẩm.

Thời gian sấy thích hợp vào mùa khô bắt đầu từ lúc 10h đến 16h.

Ứng với các vận tốc sấy 0,5m/s, 0,8m/s và 1,1m/s nghiên cứu thực nghiệm đã xây dựng

được các phương trình xác định độ ẩm vật liệu sấy theo thời gian sấy (4), (5), (6) và phương trình xác định tốc độ sấy theo thời gian sấy (7), (8), (9).

Ở chế độ vận tốc 0,5m/s và 1,1m/s sau 6,5 giờ sấy, độ ẩm hành lá vẫn chưa đạt độ ẩm bảo quản, trong khi năng lượng bức xạ của mặt trời cung cấp cho bộ hấp thụ giảm, nhiệt độ (TNS) xuống thấp, quá trình sấy bằng không khí nóng gần như chấm dứt. Như vậy vấn đề thực tiễn đặt ra cho nghiên cứu là cần phải có thêm nguồn nhiệt bổ sung, kết nối với mô hình sấy thực nghiệm nói trên để tiếp tục sấy hành lá đạt độ ẩm bảo quản. Nguồn nhiệt bổ sung này có thể sẽ là nguồn tích trữ năng lượng mặt trời dưới dạng nước nóng hoặc từ nguồn điện trở hoặc từ nguồn bơm nhiệt.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Hoàng Dương Hùng, *Năng lượng Mặt trời lý thuyết và ứng dụng*, Nhà xuất bản khoa học và kỹ thuật, 2007.
2. Trần Nghĩa Khang và cộng sự. "Khảo sát khả năng ứng dụng máy sấy năng lượng mặt trời vào quá trình sấy khô cá tra phồng tại An Giang," *Journal of Science*. Tập 7, số 3, trang 52 – 65, 2015.
3. Đình Vương Hùng và Nguyễn Xuân Trung. "Một số kết quả nghiên cứu sấy tỏi bằng hệ thống sấy dùng năng lượng mặt trời kiểu hỗn hợp đối lưu tự nhiên," *Tạp chí Công nghiệp nông thôn*. Số 02, trang 12-16, 2011.
4. Đỗ Minh Cường và Phan Hòa. "Nghiên cứu quá trình sấy thóc bằng thiết bị sấy năng lượng mặt trời kiểu sấy đối lưu tự nhiên," *Tạp chí Khoa học Đại học Huế*. Số 55, 2009.
5. Đỗ Minh Cường và cộng sự. "Ảnh hưởng của kết cấu và vật liệu tạo tấm hấp phụ đến thông số nhiệt của bộ thu năng lượng mặt trời," *Tạp chí Khoa học & Công nghệ nông nghiệp*. Tập 3, số 2, 2019.
6. Ahmad Fudholi et al. "Techno-economic analysis of solar drying system for seaweed in malaysia," *Recent Researches in Energy, Environment and Landscape Architecture*, 2009.
7. Nguyễn Thị Út Hiền, Trần Đức Độ, *nghiên cứu chế độ hoạt động máy sấy buồng đối với hành lá theo nguyên lý bơm nhiệt*, Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm Tp. HCM
8. Trần Văn Phú, *Tính toán thiết kế hệ thống sấy*. Nhà xuất bản Giáo dục, 2002.
9. Phan Hiếu Hiền, *Phương pháp bố trí thí nghiệm và xử lý số liệu thực nghiệm*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, 2001.

EXPERIMENTS OF SPRING ONION DRYING IN A MODEL OF TRAY DRYER BY SOLAR ENERGY

Bui Trung Thanh - *Faculty Of Heat and Refrigeration Engineering, Industrial University of Ho Chi Minh City*

Tran Tien Dung - *Faculty of Mechanical Engineering, Industrial University of Ho Chi Minh City*

Email: buitrungthanh@iuh.edu.vn

Abstract: The paper presents experimental results of the scallion drying on a tray dryer model with its capacity of one kg per batch that was supplied hot air by a solar heat absorber. Experiments were carried out three types of drying agent velocity including 0.5m/s, 0.8m/s and 1.1m/s while the temperature of the hot air was stable adjustment at 39 ± 1 Celsius degree. Experimental results showed that dried green onion at the drying agent velocity of 0.8 m/s with drying time of 6.5h has got the moisture content from 92% of wet material to 11, 1% of finish product reaches and the specific electricity consumption of 2.42kWh per kg moisture.

Keywords: scallion drying, agent velocity, moisture content, drying time, drying rate, solar energy.