

NGHIÊN CỨU LÝ THUYẾT VÀ XÂY DỰNG THỰC NGHIỆM BỘ GIA NHIỆT KHÔNG KHÍ BẰNG NĂNG LƯỢNG MẶT TRỜI ĐỂ SẤY TÔM KHÔ

PARAMETRIC STUDY AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF A SOLAR AIR HEATER TO DRY SHRIMP

KS. Lê Đình Quang¹, KS. Hoàng Trọng Trần Huy², TS. Nguyễn Minh Phú³

¹Trường Trung cấp Kinh tế - Kỹ thuật Quận 12

²Khoa Công nghệ Cơ khí, Trường Đại học Công nghiệp Thực phẩm TP. Hồ Chí Minh

³Khoa Cơ khí, Trường Đại học Bách khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Các bộ gia nhiệt không khí bằng năng lượng mặt trời (Solar air heater) của hệ thống sấy được sử dụng rộng rãi trong công nghệ sau thu hoạch. Trong bài báo này, chúng tôi phân tích ảnh hưởng của các thông số cấu tạo bộ gia nhiệt đến nhiệt độ không khí gia tăng sau bộ thu và hiệu suất nhiệt trong điều kiện khí hậu miền Nam, Việt Nam. Các thông số được khảo sát đó là của lưu lượng, góc nghiêng, tỷ số cạnh và khe hở giữa tấm kính và tấm hấp thụ. Từ đó đề xuất các thông số chế tạo bộ gia nhiệt ứng với 1 m² bề mặt hấp thụ. Các kết quả phân tích lý thuyết được so sánh với thực nghiệm để khẳng định độ chính xác. Nhiều đồ thị kết quả được trình bày như các bản đồ thiết kế trong quá trình thiết kế, vận hành bộ gia nhiệt. Một mô hình sấy được chế tạo và thử nghiệm, kết quả cho thấy sấy bằng bộ sấy đạt tốc độ nhanh hơn so với phơi nắng. Các phương trình tốc độ sấy được xây dựng từ dữ liệu thực nghiệm với hệ số hồi quy khá cao.

Từ khóa: Bộ gia nhiệt không khí, Collector, năng lượng mặt trời, sấy, solar drying curve.

ABSTRACT

Solar air heaters of the drying system have been widely used in postharvest technology. In this paper, we analyzed the effect of the heater structural parameters on air temperature leaving the solar air heater and its thermal efficiency in weather conditions of South Vietnam. The parameters investigated including the mass flow rate, inclination angle, aspect ratio and the gap between glass cover and absorber plate. The pertinent parameters were proposed corresponding to 1 m² of the absorber surface. The results of theoretical analysis were compared with those of empirical data to confirm the accuracy. Many results were presented as design-maps for design and operation of solar air heaters. An forced convection solar drier was then fabricated and tested for shrimp drying. The results showed that the drying rate in case of the drier is much more faster than that of sun drying. The drying rate equations were developed from experimental data with relatively high regression coefficient

Keywords: Solar air heater, Collector, solar energy, drying, solar drying curve.



1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Tôm là một thực phẩm quen thuộc và không thể thiếu trong mỗi bữa ăn của các gia đình tại Việt Nam. Trong lĩnh vực thủy hải sản và xuất khẩu ở Việt Nam, tôm luôn đóng vai trò mũi nhọn và là mặt hàng có giá trị kinh tế cao. Tôm có hàm lượng dinh dưỡng cao với các chất như Protein, Canxi, Selen, Lipid, Vitamin B12...Tuy nhiên, các lượng vitamin này sẽ bị phá hủy một cách nhanh chóng, do đó chúng phải được bảo quản nếu muốn giữ lại hàm lượng khoáng chất và vitamin nói trên.

Có hai phương pháp phổ biến ở Việt Nam để sấy tôm khô, phương pháp thứ nhất là sấy trực tiếp trong buồng sấy điện, phương pháp thứ 2 là gia nhiệt tôm khô bằng ánh nắng mặt trời đến một độ ẩm nhất định rồi sau đó được đưa vào lò sấy khói nóng.

Trên thế giới đã có các bài báo nghiên cứu thành công ứng dụng các collector mặt trời với dòng không khí cưỡng bức để nâng cao việc sản xuất các mặt hàng nông nghiệp [1-4]. Trong bài báo này, tác giả ứng dụng phương pháp này để nâng cao chất lượng cũng như hiệu suất của việc sấy tôm khô bằng năng lượng mặt trời.

2. LÝ THUYẾT TÍNH TOÁN

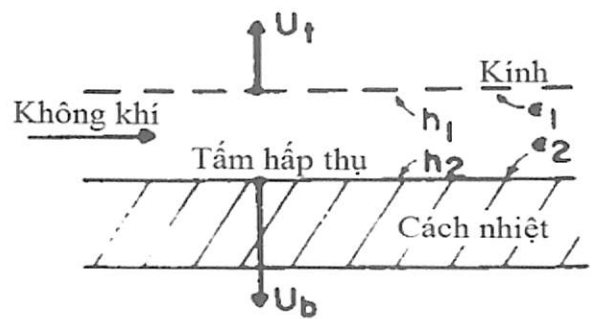
2.1. Sơ đồ nguyên lý

Trong sơ đồ này, không khí nhận nhiệt từ tấm hấp thụ và nóng lên nhờ hiệu ứng ở nhà kính ở bộ thu rồi đi vào buồng sấy nhờ quạt cưỡng bức. Sản phẩm tôm sấy được đặt trên khay và được sấy đến lúc độ ẩm đạt yêu cầu.

2.2. Mô hình toán học

Mô hình toán học phân tích bộ gia nhiệt

không khí bằng năng lượng mặt trời có tấm hấp thụ phẳng có thể xem trong tài liệu [5]. Hình 1, trình bày sơ đồ bộ gia nhiệt không khí bằng năng lượng mặt trời được khảo sát trong bài báo này. Mô hình toán được viết bằng ngôn ngữ Matlab, trình tự tính toán được tóm tắt như sau: Nhập các thông số hình học của bộ thu, giả sử nhiệt độ tấm kính và tấm hấp thụ, tính các thông số cần thiết, cuối cùng là kiểm tra lại các nhiệt độ đã giả sử. Ở đây, các tác giả trình bày một số phương trình cơ bản như sau:



Hình 1. Sơ đồ bộ gia nhiệt không khí bằng năng lượng mặt trời

Nhiệt lượng có ích của Collector:

$$Q_u = A_c \cdot F_R [S - U_L(T_{fm} - T_a)]$$

Trong đó:

F_R : Số thải nhiệt của collector.

$$F_R = F' \times F''$$

S là năng lượng bức xạ đến bề mặt hấp thụ.

U_L : Tổng tổn thất của bộ thu được.

Tính nhiệt độ không khí ra khỏi kênh dẫn.

$$T_o = T_{fi} + \frac{Q_u \times 3600}{\dot{m} \times C_p} - 273$$

Tính lại nhiệt độ trung bình của không khí qua kênh dẫn:

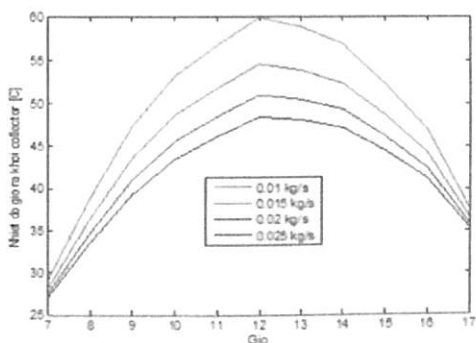
$$T_{fm} = T_{fi} + \frac{Q_u}{A_c} \times \left(\frac{1 - F''}{F_R \times U_L} \right) - 273$$

Tính lại nhiệt độ trung bình của tấm hấp thụ:

$$T_{pm} = T_{fi} + \frac{Q_u}{A_c} \times \left(\frac{1 - F_R}{F_R \times U_L} \right) - 273$$

2.3. Kết quả tính toán và lựa chọn thông số bộ thu

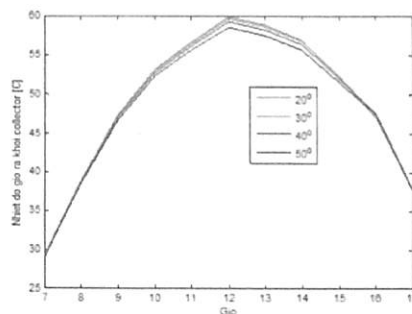
Từ mô hình toán học ở trên, bốn thông số gồm lưu lượng không khí, góc nghiêng của bộ thu, khe hở giữa tấm kính và tấm hấp thụ, tỷ số cạnh của tấm hấp thụ được chọn làm các thông số độc lập để phân tích nhiệt độ không khí ra khỏi bộ gia nhiệt, hiệu suất và độ chênh nhiệt độ không khí qua bộ gia nhiệt. Thông số thời tiết dùng để mô phỏng được lấy từ phần mềm TRNSYS 16 [6] cho địa điểm là TP. Hồ Chí Minh. Các kết quả trong các hình 4-7 sử dụng dữ liệu thời tiết tháng 3 để nghiên cứu tham số.



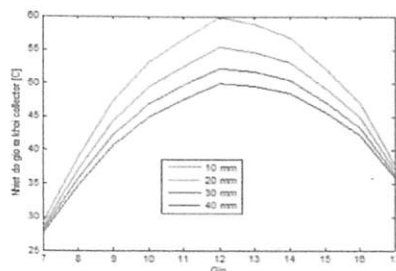
Hình 2. Ảnh hưởng của lưu lượng không khí (Góc nghiêng của bộ thu 20°, khe hở giữa tấm kính và tấm hấp thụ 10 mm, tỷ số cạnh 4).

Hình 2, trình bày ảnh hưởng của lưu lượng không khí đến các thông số phụ thuộc. Lưu lượng không khí tăng thì nhiệt độ không khí giảm đáng kể. Ở lưu lượng 0.01 kg/s nhiệt độ không khí ra khỏi bộ gia nhiệt tối đa có thể đạt đến 60°. Hình 3, trình bày ảnh hưởng của góc nghiêng bộ gia nhiệt đến các thông số phụ thuộc. Trong khảo sát này, góc nghiêng thay đổi từ 20 đến 50°. Ta thấy, tăng góc nghiêng thì nhiệt độ không khí ra khỏi bộ thu giảm, tuy nhiên, mức độ không lớn lắm. Do đó đề xuất chọn góc nghiêng quanh 20°. Hình 4, trình bày ảnh hưởng của khe hở giữa tấm kính và tấm hấp thụ. Hình 5, trình bày ảnh hưởng của tỷ số cạnh bộ gia nhiệt đến các thông số hoạt động.

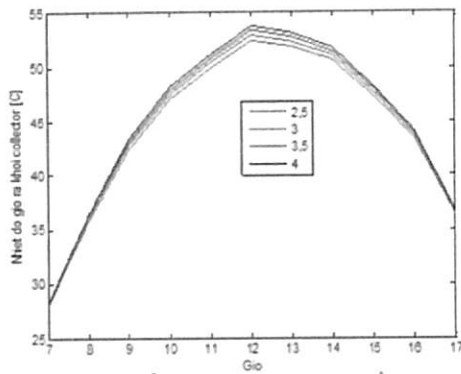
Qua phân tích ở trên, các thông số được chọn cho bộ gia nhiệt gió như sau: Lưu lượng khối lượng 0,01 kg/s, góc nghiêng collector 20°, bề rộng khe hở giữa tấm kính và tấm hấp thụ 25 mm, tỷ số cạnh 2,5. Hình học này tương ứng với vận tốc gió trong collector là 0,2 m/s.



Hình 3. Ảnh hưởng của góc nghiêng bộ gia nhiệt không khí (Lưu lượng khối lượng 0,01 kg/s, khe hở tấm kính và tấm hấp thụ 10 mm, tỷ số cạnh 4)



Hình 4. Ảnh hưởng của khe hở giữa tấm kính và tấm hấp thụ (Góc nghiêng 20°, lưu lượng khối lượng 0,01 kg/s, tỷ số cạnh 4)



Hình 5. Ảnh hưởng của tỷ số cạnh (Góc nghiêng 20°, lưu lượng 0,01 kg/s, khe hở tấm kính và tấm hấp thụ 25 mm)

3. THỰC NGHIỆM

Để so sánh hiệu quả của mô hình, tác giả thực hiện song song giữa phơi tôm dưới ánh nắng truyền thống và sấy bằng hệ thống như hình 6. Tôm được chọn là tôm sú tươi với khối lượng 13 – 15 con/100g. Độ ẩm ban đầu của tôm sú tươi được xác định bằng công thức:

$$M = [(W_0 - W_d) / W_d] \times 100(\%),$$

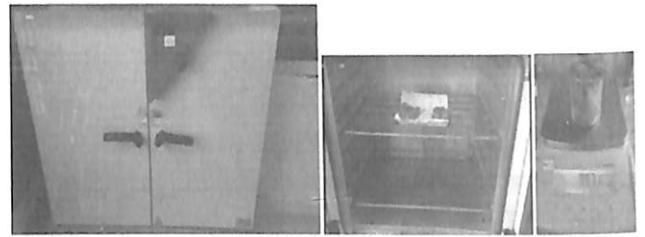
Trong đó:

- W_0 là khối lượng tôm khô ban đầu;
- W_d là khối lượng khô của tôm.

3.1. Quy cách thực hiện thí nghiệm



Hình 6. Mô hình thực nghiệm sấy tôm khô



Hình 7. Sấy tôm khô ở buồng sấy

Khối lượng khô của tôm (W_d) được xác định bằng cách sấy ở nhiệt độ 105°C ở buồng sấy (hình 7).

Với khối tôm ban đầu như nhau, tác giả thực hiện với mô hình thực nghiệm và phơi nắng truyền thống. Khối lượng tôm khô của hai phương pháp được tác giả đo với tần suất 60 phút mỗi lần đo. Độ ẩm tức thời được xác định bằng công thức:

$$M_t = \left[\frac{(M_0 + 1)W_t}{W_0} - 1 \right] \times 100(\%),$$

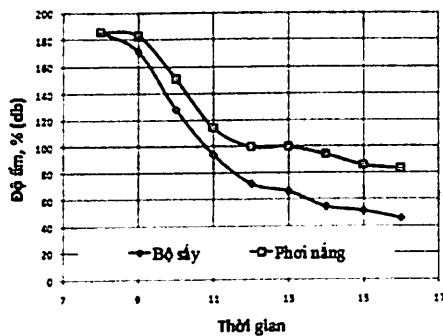
Với:

- M_0 : Độ ẩm ban đầu;
- W_t : Khối lượng tôm tại thời điểm đo.

4. KẾT QUẢ THỰC NGHIỆM

Thực nghiệm được thực hiện ngày 4/3/2017, tại Trường Trung cấp Kinh tế - Kỹ thuật Quận 12 TP. Hồ Chí Minh, từ 8 đến 16 giờ.

Hình 8, biểu diễn độ ẩm của hai phương pháp theo thời gian. Từ đồ thị ta thấy độ ẩm tôm khô sấy bằng bộ sấy đối lưu cưỡng bức không khí giảm nhanh so với sấy bằng phơi nắng.



Hình 8. Độ ẩm của sấy tôm khô theo thời gian

Độ ẩm cuối ngày của sấy bằng bộ sấy và phơi nắng lần lượt là 46% và 83% (d.b.). Độ ẩm sấy bằng bộ sấy gần đạt với yêu cầu sấy tôm khô thành phẩm (25% d.b.). Do đó các công đoạn sấy tiếp theo bằng khối nóng sẽ tiêu hao ít nhiên liệu hơn. Hai phương trình sau là phương trình tốc độ sấy ở hai trường hợp trên:

- Bộ sấy (theo mô hình toán của Midilli và Kucuk [7]):

$$MR = 1.3032 \exp(-0.3666t^{0.972}) + 0.0217t$$

- Phơi nắng:

$$MR = 1.3079 - 0.3673t + 0.0575t^2 - 0.0031t^3$$

$$R^2 = 98.7\%$$

Trong đó: MR là tỷ số ẩm; $MR = M_t/M_0$.

4. KẾT LUẬN

Bài báo thành lập mô hình toán học để phân tích các thông số hoạt động của bộ gia nhiệt không khí bằng năng lượng mặt trời. Một số kết quả quan trọng được rút ra như sau: Ảnh hưởng của lưu lượng không khí và khe hở giữa collector và tấm hấp thụ là đáng kể. Để đạt được nhiệt độ gió ra càng lớn, nên sử dụng lưu lượng nhỏ và khe hở nhỏ. Các thông số thích hợp ứng với 1 m² bề mặt hấp thụ để chế tạo bộ gia nhiệt gió như sau: Lưu lượng khối lượng 0,01 kg/s, góc nghiêng collector 20°, bề rộng

khe hở giữa tấm kính và tấm hấp thụ 25 mm, tỷ số cạnh 2,5. Hình học này tương ứng với vận tốc gió trong collector là 0,5 m/s. Nên sấy từ 9 đến 15 giờ trong ngày khi đó nhiệt độ gió ra khỏi collector là hơn 10°C. Trong khoảng từ 11 đến 14 giờ nhiệt độ gió ra khỏi collector có thể tăng hơn 15°C. Một mô hình sấy được chế tạo và thử nghiệm, kết quả cho thấy sấy bằng bộ sấy đạt tốc độ nhanh hơn so với phơi nắng. Các phương trình tốc độ sấy được xây dựng từ dữ liệu thực nghiệm với hệ số hồi quy khá cao. Nghiên cứu được tài trợ bởi Trường Đại học Bách Khoa, Đại học Quốc gia TP. Hồ Chí Minh trong khuôn khổ Đề tài mã số T-CK-2016-102. ❖

Ngày nhận bài: 16/3/2017

Ngày phản biện: 20/4/2017

Tài liệu tham khảo:

- [1]. M. Mohanaraj, P. Chandrasekar, Drying of copra in a forced convection solar drier, Biosystems Engineering, 2008.
- [2]. A. A. El – Sebaei, S. M. Shalaby, Experimental investigation of an indirect mode forced convection solar dryer for drying thymus and mint, Energy Conversion and Management, 2013.
- [3]. M. Mohanaraj, P. Chandrasekar, Performance of a forced convection solar drier integrated with gravel as heat storage material for chili drying. Journal of Engineering Science and Technology, 2009.
- [4]. Nguyễn Văn Hạp (2006); *Thiết kế và xác định các thông số công nghệ sấy của một số nông sản và được liệu bằng năng lượng mặt trời*, Luận văn thạc sĩ, Đại học Bách khoa TP. Hồ Chí Minh.
- [5]. John A. Duffie, William A. Beckman, Solar engineering of thermal process 2nd Ed., Wiley.
- [6]. Solar Laboratory of Energy (USA): Manuals of TRNSYS ver.16, University of Wisconsin-Madison, USA, 1994.
- [7]. Midilli A, Kucuk H, Yapar Z. A new model for single layer drying. Dry Technology, 2002;20:1503-1.