NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM SẤY NHỘNG RUỒI LÍNH ĐEN LÀM NGUYÊN LIỆU SẢN XUẤT THỨC ĂN CHO GIA SÚC VÀ THỦY SẢN

Nguyễn Thanh Nghị[1], Trần Văn Tuấn [1],
Lê Quang Vinh [1], Nguyễn Văn Tuấn Anh [1]

TÓM TẮT

Để đảm bảo yêu cầu cho việc chế biến và bảo quản làm thức ăn cho cá hoặc cho gia cầm, nhộng ruồi lính đen cần được sấy khô đến ẩm độ từ 8 đến 10%. Mục tiêu của nghiên cứu này nhằm xác định chế độ động học quá trình sấy bằng phương pháp sấy bằng khí nóng. Trong quá trình sấy lớp mỏng trên máy sấy thí nghiệm, nhiệt độ không khí sấy được thí nghiệm ở 3 mức: 60, 70 và 80 °C; vận tốc khí sấy 0,21 m/s. Sau đó, nhộng được sấy ở nhiệt độ 70 °C bằng máy sấy vỉ ngang đảo chiều gió kết hợp với lò đốt củi cấp nhiệt theo nguyên lý gián tiếp. Nhộng cũng được thí nghiệm phơi nắng làm đối chứng. Từ kết quả thí nghiệm sấy lớp mỏng, 3 phương trình sấy đặc trưng cho động học quá trình sấy đã được xác định với hệ số hồi quy lớn hơn 0,97. Đối với máy sấy tĩnh vỉ ngang đảo chiều gió là 12,8 giờ, ẩm độ nhộng giảm từ 73,0 đến 8,6%, chi phí sấy 1.311 đ/kg. Trong khi đó, nhộng phơi nắng mất 5 ngày để giảm ẩm độ từ 63,6 (ẩm độ của nhộng sau khi được sốc nhiệt bằng khí nóng trước khi phơi) đến 8,9% với năng lượng bức xạ mặt trời trung bình và mức dao động trong ngày: 388 ± 221,4 W/m^2. Hàm lượng dinh dưỡng của nhộng sau khi sấy với thành phần protein từ 48,6 đến 50,1% và không có sự khác biệt giữa các phương pháp sấy.

Từ khóa: Nhộng ruồi lính đen , sấy lớp mỏng, sấy khí nóng, phơi nắng

EXPERIMENTAL STUDY ON DRYING BLACK SOLDIER FLY LARVAE USED IN PRODUCTION OF FISH AND POULTRY FEED

ABSTRACT

Larvae for fish or chicken feed must be dried to a moisture content of 8% to 10% to meet the requirements for feed milling and storage. The purpose of this study was to determine the drying kinetics of larvae under hot air drying methods. Three different drying temperatures (60, 70 and 80 °C) were used to dry larvae arranged in thin layers. Then, one batch of larvae drying was tested using a reversible air flatbed dryer coupled with an indirect wood furnace at a drying temperature of 70 °C. Opened sun drying was used as the control. Three drying equations were generated; these included one per drying temperature, and regression coefficients were greater than 0.97. Using a reversible air flatbed dryer at a drying temperature of 70 °C, the drying time was 12.8 hours to reduce the moisture content of larvae from 73.0% to 8.6%; the drying cost was US$56.7/ton. Meanwhile, sun drying took five days to reduce the moisture content from 63.6% (moisture content of larvae after it was shocked by hot air) to 8.9% with the average solar radiation intensity and the variation of 388 ± 221.4 W/m^2. Nutrient components were tested with the percentage of protein from 48.6% to 50.1% and with no difference between the drying methods.

Keywords: black soildier fly larvae, thin-layer drying, hot air drying, opened sun drying

[1]*Khoa Cơ khí – Công nghệ, trường Đại học Nông Lâm TPHCM*

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Nhộng ruồi lính đen *(Tên tiếng Anh: Black soldier fly larvae)* là một trong những lĩnh vực được quan tâm nghiên cứu. Thông thường, sau khoảng thời gian từ 18 đến 32 ngày sau khi đẻ thì trứng tiêu thụ đủ lượng protein để phát triển thành nhộng. Nhộng là nhân tố chuyển đổi từ thức ăn phế phẩm hoặc phụ phẩm trong trong sản xuất nông nghiệp thành loại sinh khối có giá trị [1]. Sau khoảng thời gian này, nhộng có thể sẽ được thu hoạch và làm thức ăn trong chăn nuôi [2]. Nhộng ruồi lính đen là nguồn thức ăn giàu hàm lượng dinh dưỡng (protein) 56% [3] trong chăn nuôi và nuôi trồng thủy sản. Nhộng trưởng thành có thể được dùng làm thức ăn sống cho thủy sản hoặc có thể được trộn với những nguyên liệu khác để làm thức ăn cho gia súc và gia cầm.

Sau khi thu hoạch, nhộng thường có ẩm độ từ 63 đến 73%, tùy thuộc vào độ lớn, thời gian trưởng thành của nhộng và loại con giống. Để đảm bảo yêu cầu cho việc nghiền làm thức ăn gia cầm, gia súc hoặc cho việc bảo quản, nhộng sau khi thu hoạch cần được sấy khô đến ẩm độ từ 8 đến 10%, với nhiệt độ không khí sấy giới hạn 60 °C ÷ 80 °C [2]. Ứng dụng cơ giới hóa mang tính cấp thiết trong khâu sấy không sản phẩn nhằm đảm bảo chất lượng và đáp ứng yêu cầu về vệ sinh thực phẩm, đáp ứng nhu cầu sản xuất mà không phụ thuộc vào thời tiết những ngày mưa hoặc không có nắng và giảm công lao động. Từ kết quả của những nghiên cứu khác, việc sử dụng nguồn năng lượng mặt trời làm nguồn nhiệt hỗ trợ đối với sấy vật liệu có ẩm độ cao có thể góp phần giảm chi phí sấy đến 43 - 78%, do giảm lượng nguyên liệu đốt [4]. Do đó đối với sấy nhộng, cũng loại máy sấy đảo chiều này nên được lắp đặt với bộ thu năng lượng mặt trời, khi đó chi phí sấy có thể giảm đến 44% tương tự những nghiên cứu khác [5].

Tuy nhiên, những nghiên cứu về sấy nhộng còn hạn chế, đặc biệt là trong việc xác định động học quá trình sấy đối với nhộng ruồi lính đen. Trong khi đó, máy sấy tĩnh vỉ ngang đảo chiều gió đã được ứng dụng rộng rãi trong việc sấy các nông sản như các loại hạt nông sản, nui hay cám viên làm thức ăn cho cá. Mục đích của nghiên cứu này là xác định động học quá trình sấy nhộng ruồi lính đen bằng phương pháp sấy khí nóng, từ đó áp dụng thực nghiệm sấy trên máy sấy tĩnh vỉ ngang và so sánh chất lượng nhộng với mẫu phơi nắng làm đối chứng.

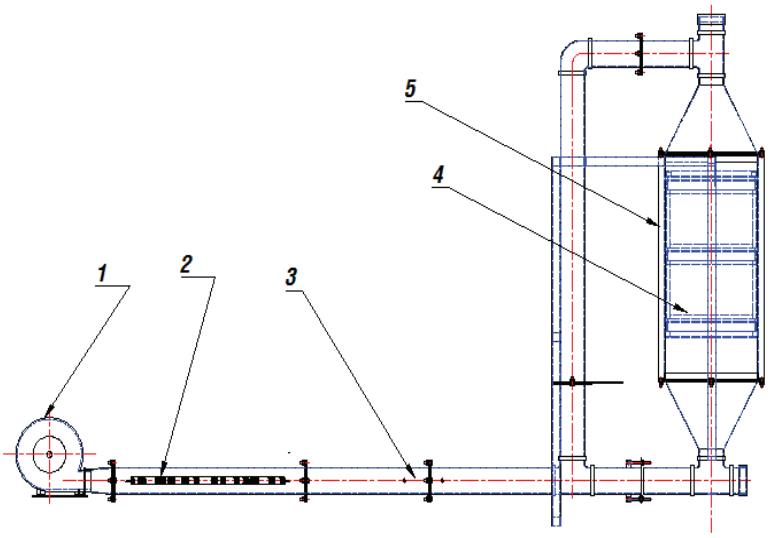
2. PHƯƠNG PHÁP VÀ PHƯƠNG TIỆN

Thí nghiệm được thực hiện trong phòng thí nghiệm với mô hình sấy theo phương pháp sấy khí nóng (Hình 1) và trong sản xuất với máy sấy tĩnh vỉ ngang đảo chiều gió (Hình 2). Đối với sấy trong phòng thí nghiệm, 3 loại thí nghệm được thực hiện ở 3 mức nhiệt độ khác nhau để theo dõi sự giảm ẩm của nhộng. Mẫu nhộng đối chứng cũng được phơi nắng và 4 thông số được theo dõi trong quá trình phơi bao gồm: mức độ giảm ẩm theo thời gian sấy, nhiệt độ môi trường, nhiệt độ nhộng và bức xạ mặt trời. Nhộng trước khi phơi nắng được sốc nhiệt với khí nóng có nhiệt độ 80 °C nhằm đảm bảo nhộng không di chuyển trong quá trình phơi nắng. Ẩm độ ban đầu của nhộng là 73% (cơ sở ướt), tương ứng với 270% (cơ sở khô).

2.1. Thực nghiệm sấy nhộng ruồi lính đen trên mô hình

Thí nghiệm được thực hiện với mô hình sấy thí nghiệm như trong Hình 1.

Quạt (1) cung cấp dòng tác nhân sấy được gia nhiệt bằng điện trở (2); buồng sấy (5) và ghi sấy (4) chế tạo bằng thép inox; lưu lượng không khí được xác định và theo dõi thông qua dụng cụ đo là bộ đĩa orifice (3).



Hình 1. *Mô hình sấy thí nghiệm*

1. Quạt sấy *2.* Điện trở *3.* Đĩa orifice
4. Ghi sấy *5. Buồng sấy*

Máy sấy thí nghiệm được cài đặt ở 3 mức nhiệt độ tác nhân sấy: 60°C, 70°C, và 80°C. Nhộng được rải một lớp trên ghi máy sấy với khối lượng 150 gram; lưu lượng khí sấy được xác định qua đĩa orifice và áp kế nghiêng và thiết bị đo vận tốc khí thoát, bố trí tại của thải khí ẩm của buồng sấy, sử dụng máy đó vận tốc gió với độ chính xác 0,01 m/s. Khối lượng nhộng được xác định sau mỗi 15 phút, sử dụng cân điện tử với sai số 0,01 gram.

Từ số liệu thực nghiệm, 3 phương trình sấy lớp mỏng, tương ứng với 3 mức nhiệt độ sấy khác nhau, được xác định để dự đoán ẩm độ của nhộng theo thời gian sấy. Ẩm độ của nhộng được xác định bằng tủ sấy mẫu ở nhiệt độ 100 °C đến khối lượng không đổi và tính toán khối lượng mẫu trước và sau khi sấy để xác định ẩm độ [6]. Đối với động học quá trình sấy, tỷ lệ ẩm được xác định theo mô hình sau [7], [8]:

$$\frac{M-M_e}{M_0-M_e} = e^{-k*t^n} \quad (1)$$

Trong đó:

M = Ẩm độ nhộng tại thời gian sấy t (% cơ sở khô)

M_e = Ẩm độ cân bằng của nhộng (% cơ sở khô)

M_0 = Ẩm độ ban đầu trước khi sấy (% cơ sở khô)

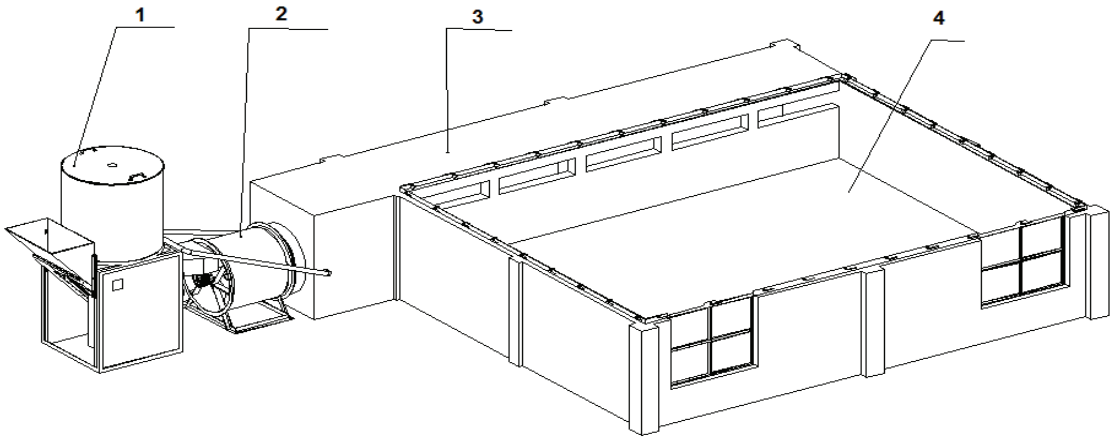
t = Thời gian sấy (h)

k, n = Hệ số giữa quá trình làm khô và quá trình hút ẩm được xác định từ số liệu thực nghiệm và phân tích hồi quy.

2.2. Máy sấy tĩnh vỉ ngang đảo chiều không khí sấy trong sản xuất

Máy sấy tĩnh vỉ ngang đảo chiều không khí sấy trong sản xuất được thiết kế với năng suất 200 kg/mẻ (Hình 2) để thực hiện thí nghiệm trong nghiên cứu là bước đệm cho việc thiết

kế những máy với năng suất lớn hơn. Máy sấy được liên hợp với lò đốt cấp nhiệt gián tiếp (1); quạt cung cấp khí sấy (2) với mức tĩnh áp trong buồng sấy 20 mmH_2O qua buồng gió hông (3) và đi vào buồng sấy (4). Nhộng được cho vào buồng sấy với lớp liệu cao 140 mm trên toàn mặt sàng diện tích 2 m^2.



Hình 2. *Máy sấy đảo chiều không khí sấy trong sản xuất*

1. Lò đốt 2. Quạt 3. Buồng gió hông 4. Buồng sấy

Với tính năng không cần đảo trộn vật liệu trong quá trình sấy, máy sấy này được lựa chọn thử nghiệm trong nghiên cứu này nhằm đảm bảo hình dạng ban đầu của nhộng sau khi sấy. Mẫu nhộng sấy được lấy ở 5 điểm tại 2 lớp (trên và dưới) sau mỗi 1,5 giờ và trước mỗi lần đảo chiều tác nhân sấy là không khí nóng để xác định ẩm độ trong quá trình sấy.

Đối với thí nghiệm mẫu nhộng phơi nắng, bức xạ mặt trời được ghi nhận sau mỗi 15 phút, bằng thiết bị đo bức xạ (Daystar solarimeter) với độ chính xác 3% ở thang bức xạ 1000 W/m^2. Nhiệt độ môi trường (bầu khô và bầu ướt) để xác định ẩm độ môi trường và nhiệt độ của nhộng cũng được ghi nhận sau mỗi 1 giờ, sử dụng nhiệt kế thủy ngân và nhiệt kế hồng ngoại với độ chính xác 0,5 °C.

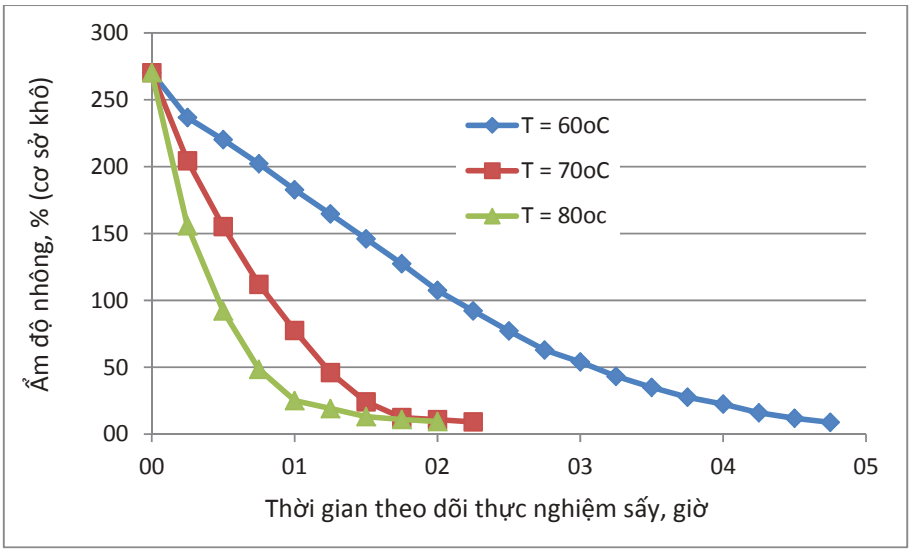
3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Kết quả thực nghiệm sấy lớp mỏng trên mô hình

Nhộng ruồi lính đen được sấy từ ẩm độ ban đầu 73% đến 8,1% (Hình 3). Vận tốc tác nhân sấy qua ghi máy sấy được điều khiển trong phạm vi 0,21 m/s, tương ứng với các nghiên cứu khác đối với sấy cá [5].

Hình 3. *Nhộng trước khi sấy (trái) và nhộng sau khi sấy (phải)*

Thời gian sấy nhộng sấy từ ẩm độ 270 % (cơ sở khô) đến 8,8 % (cơ sở khô) là 4,8; 2,3; và 2,0 giờ, tương ứng với 3 mức nhiệt độ là 60 °C, 70°C, và 80°C, (Hình 4).



Hình 4. Đường cong giảm ẩm của nhộng ứng với các mức nhiệt *tác nhân sấy khác nhau*

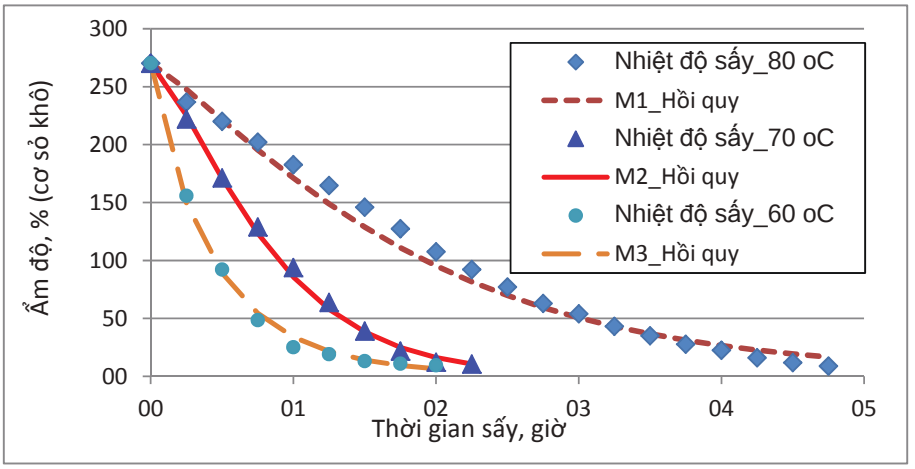
Từ số liệu thực nghiệm (Hình 4) và mô hình phân tích hồi quy được trình bày ở phương trình (1), 3 phương trình sấy lớp mỏng đã được xác định tương ứng với 3 mức nhiệt độ sấy (60 °C, 70 °C, và 80 °C) như sau:

$$M_1 = 3.2 + 267.1 * e^{-0.4644*t^{1.1971}} \quad , R^2 = 0.9720 \quad (2)$$

$$M_2 = 1.9 + 268.5 * e^{-1.1646*t^{1.33251}} \quad , R^2 = 0.9953 \quad (3)$$

$$M_3 = 1.4 + 269.0 * e^{-2.1118*t^{0.9143}} \quad , R^2 = 0.9823 \quad (4)$$

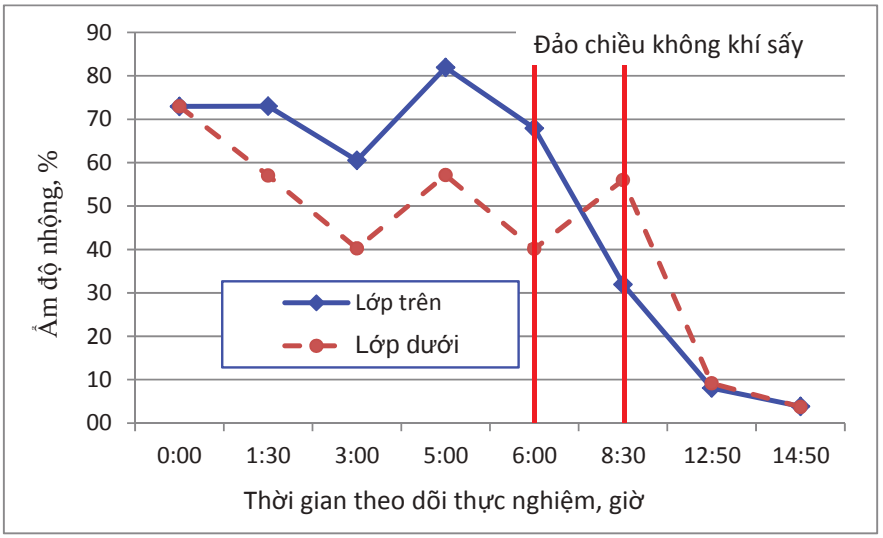
Trong đó, M_1, M_2, và M_3 (%, cơ sở khô) là ẩm độ nhộng theo thời gian sấy (t) tại các mức nhiệt độ sấy 60 °C, 70 °C, và 80 °C (Hình 5). Các phương trình sấy được xác định có giá trị hệ số hồi quy (R^2) cao, từ 0,97 đến 0,99.



Hình 5. Đường cong sấy của các phương trình sấy lớp mỏng

3.2. Máy sấy tĩnh vỉ ngang đảo chiều không khí sấy

Cùng với thí nghiệm sấy lớp mỏng, một mẻ sấy thử nghiệm với máy sấy tĩnh vỉ ngang đảo chiều không khí sấy với năng suất 178 kg (khối lượng nhộng trước khi sấy). Mẫu nhộng sấy cùng loại với nhộng được sử dụng trong các thí nghiệm trước. Nhiệt độ sấy được điều khiển ở nhiệt độ 68 ± 3,6 °C. Máy sấy hoạt động với lò đốt củi cấp nhiệt gián tiếp với lượng tiêu thụ 15,7 kg/h; và công suất tiêu thụ điện của quạt sấy là 0,5 kW với lưu lượng không khí sấy là 0,26 m^3/s.



Hình 6. Đường giảm của nhộng thí nghiệm trên máy sấy đảo chiều không khí

Ẩm độ nhộng được sấy từ 73% đến 8,6% ± 0.5% với tổng thời gian sấy là 12,8 giờ. Trong quá trình sấy, không khí sấy được đảo chiều 2 lần, tại 6,0 và 8,5 giờ sấy (Hình 6). Mặc dù độ chênh lệch ẩm độ lớn (24,8%) giữa lớp trên và lớp dưới sau khoảng thời gian ban đầu, nhưng với 2 lần đảo chiều không khí sấy, độ chênh lệch này giảm còn 1,1% khi kết thúc mẻ sấy. Điều này đã cho thấy được ưu điểm của máy sấy này với nguyên lý đảo chiều không khí sấy là vật liệu sấy đạt độ đồng đều ẩm độ cuối mà không cần đảo trộn vật liệu trong quá trình sấy.

3.3. Tính chi phí sấy đối với sử dụng máy sấy đảo chiều không khí

Từ số liệu thực nghiệm đã thu thập, chi phí sấy nhộng là 1310 đ/kg (Bảng 1). Chi phí sấy này được tính dựa trên máy được sử dụng trong nghiên cứu này có năng suất 178 kg/mẻ với chi phí cố định là 270 đ/kg và chi phí biến động là 1040 đ/kg. Tổng chi phí sấy này sẽ giảm còn 900 đ/kg khi tính cho máy có năng suất tăng, với giả định 1000 kg/mẻ.

Bảng 1. Chi phí sấy nhộng đối với máy sấy đảo chiều không khí

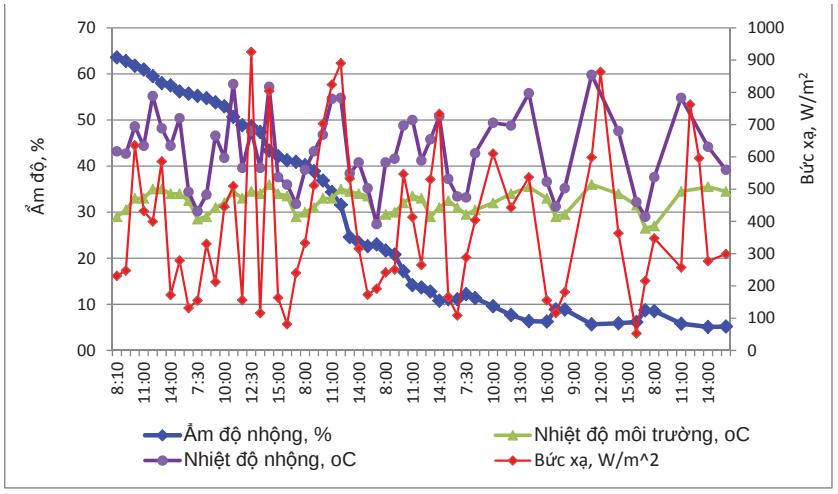
Thông số kỹ thuật	
Năng suất sấy, kg/mẻ	178
Thời gian sấy, giờ	13
Nhiệt độ sấy trung bình, ^oC	68

Bảng 1. Chi phí sấy nhộng đối với máy sấy đảo chiều không khí

Thông số kỹ thuật	
Lưu lượng khí sấy, m^3/s	0,26
Ẩm độ trước sấy, % (w.b.)	73,0
Ẩm độ sau sấy, % (w.b.)	8,6
Chi phí cố định, đ/kg	**270**
Chi phí đầu tư, đ	30.000.000
Lãi suất, %	12
Năng suất sấy, tấn/năm	35,6
Chi phí biến động, đ/kg	**1040**
Công suất điện tiêu thụ, kW	0,5
Lượng củi tiêu thụ, kg/giờ	15,7
Chi phí nhân công, đ/ngày	350.000
Chi phí sấy, đ/kg	**1310**

3.4. Thực nghiệm sấy nhộng ruồi lính đen bằng cách phơi nắng

Kết quả từ thí nghiệm phơi nắng cho thấy tổng thời gian phơi mẫu nhộng là 5 ngày để hạ ẩm độ từ 63,6% (là ẩm độ của cùng mẫu nhộng sau khi được sốc nhiệt) đến 8,9% với bức xạ mặt trời trung bình là 388 ± 221,4 W/m² (Hình 8). Ẩm độ hạ nhanh trong 3 ngày đầu từ 63,6% xuống 21,7%. Ngược lại, trong ngày cuối, ẩm độ giảm chậm và hầu như không giảm do đã tiệm cận với ẩm độ cân bằng là 6.62%, ứng với điều kiện môi trường tại nhiệt độ 40 °C và ẩm độ tương đối 55%, ẩm độ nhộng cao (8,9%) vào buổi sáng và thấp (6,2) vào buổi chiều. Giá trị bức xạ cao nhất vào buổi trưa là 925 W/m², khí đó nhiệt độ của nhộng là 59,8 °C và giá trị trung bình là 44 ± 7,3 °C. Hơn nữa, sự chênh lệch trung bình giữa nhiệt độ không khí ngoài môi trường và nhiệt độ đo trên bề mặt của nhộng là 10,2 °C.



Hình 8. Thí nghiệm với mẫu phơi nắng

3.5. Phân tích hàm lượng dinh dưỡng của nhộng sau khi sấy

Từ kết quả phân tích, hàm lượng đạm (protein) của các mẫu nhộng sấy từ 48,7 đến 50,1% (Bảng 2). Giá trị này thấp hơn một ít và cũng gần tương ứng với những kết quả từ những mẫu trong trong những nghiên cứu khác là 50,3% - 57,3% [6]. Sự khác nhau này chỉ có mục đích tham khảo vì giá trị về dinh dưỡng cần được so sánh trên cùng một mẫu vì nó phụ thuộc vào loại giống nhộng và độ tuổi nhộng khi thu hoạch. Kết quả cũng cho thấy hàm lượng béo (lipid) giảm khi nhiệt độ tăng, 24,3%, 23,1%, và 19,9%; tương ứng với các mức nhiệt độ sấy là 60 ^{0}C, 70 ^{0}C và 80 ^{0}C. Tuy nhiên, kết quả thí nghiệm sấy với máy sấy đảo chiều không khí đã không làm giảm hàm lượng đạm của nhộng sấy so với sấy lớp mỏng ở nhiệt độ 70 °C.

Bảng 2. Phân tích hàm lượng dinh dưỡng mẫu nhộng sau khi sấy

Thông số	Mẫu			
	S1	*S2*	*S3*	*S4*
Đạm (protein), %	50,1	48,6	49,2	48,7
Béo (lipid), %	24,3	23,1	19,9	21,7
Xơ (fiber), %	7,4	7,17	7,3	10,47
Lượng tro tổng, %	6,78	7,4	7,76	7,71

Ghi chú:S1 = sấy lớp mỏng ở nhiệt độ 60 ^{0}C S2 = sấy lớp mỏng ở nhiệt độ 70 ^{0}C

S3 = sấy lớp mỏng ở nhiệt độ 80 ^{0}C S4 = Máy sấy đảo chiều ở nhiệt độ 70 ^{0}C

4. KẾT LUẬN

Trong thí nghiệm sấy ở phòng thí nghiệm và sử dụng máy sấy đảo chiều không khí thì nhiệt độ khí sấy ảnh hưởng nhiều đến tốc độ giảm ẩm như đã mô tả trong 3 phương trình sấy. Qua kết quả sấy thực nghiệm trên máy sấy đảo chiều không khí cho thấy khả năng việc áp dụng máy sấy này trong sản xuất sẽ đáp ứng yêu cầu kỹ thuật và mang lại tính hiệu quả kinh tế. Hàm lượng dinh dưỡng của nhộng sau khi sấy đảm bảo yêu cầu làm nguyên liệu cho sản xuất thức ăn cho gia súc, gia cầm và thủy sản. Từ 3 phương trình sấy sấy lớp mỏng, nghiên cứu này sẽ là tiền đề cho những nghiên cứu tiếp theo khi ứng dụng để triển khai ở những máy sấy có quy mô và năng suất lớn hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1]. Park, H. H. (2016). *Black soldier fly larvae manual*. Student showcase, University of Massachusett Amherst.

[2]. Driemeyer, H. (2016). *Evaluation of black soldier fly (Hermetia illucens) larvae as an alternative protein source in pig creep diets in relation to production, blood and manure microbiology parameters*. Thesis of Master of Science in the Faculty of AgriScience, Stellenbosch University.

[3]. Al-Quazzaz, M. F., Ismail, A. D., Akit, H. and Idris, L. H. (2016). *Effect of using insect larvae meal as a complete protein source on quality and productivity characteristics*

of laying hens. Journal of Revista Brasileira de Zootecnia, 45(9):518-523.

[4]. Phan Hiếu Hiền, Lê Quang Vinh, Trần Thị Thanh Thuỷ, và Trần Văn Tuấn (2009). *Development of solar-assisted dryers for food and farm crops*. Transaction of the ASABE, Vol. 52(4): 1255-1259.

[5] Trương Quang Trường, Trần Văn Tuấn, Lê Quang Vinh, Lê Văn Tuấn, và Vương Thành Tiên (2017). *Implementation of a solar-assisted dryer for fish*. Proceedings of the International Conference on Agricultural & Bio-system Engineering, Nong Lam University, Ho Chi Minh City, Vietnam.

[6]. Ovie, S. I. and Ovie, S. O. (2006). *Moisture, protein, and amino acid contents of three freshwater zooplankton used as feed for aquacultured larvae and postlarvae*. The Israeli Journal of Aquaculture – Bamidgeh, 58(1), 29-33.

[7] Brooker, D. B, Bakker-Arkema, F. W., and Hall, C. W. (1992). *Drying and Storage of Grains and Oilseeds*. New York.

[8]. Chen, D. C., Yi-Zhang, and Xifeng, Z. (2012). *Drying kinetics of rice straw under isothermal and nonisothermal conditions: A comparative study by thermogravimetric analysis*. Journal of Energy and Fuel, 26: 4189 −4194.

Ngày nhận bài : 16/5/2024,

Người phản biện : PGS.TS Bùi Trung Thành - ĐH Công nghiệp thực phẩm TPHCM