

TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ TỦ NUÔI NẤM ĐÔNG TRÙNG HẠ THẢO QUY MÔ HỘ GIA ĐÌNH

TRẦN VIỆT HÙNG¹, NGUYỄN NHÂN SÂM², PHẠM QUANG PHÚ¹, BÙI TRUNG THÀNH¹,
LÊ THỊ BÍCH NGUYỆT^{1*}

¹Khoa Công nghệ Nhiệt lạnh, Trường Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh

²Trung tâm Nghiên cứu & Phát triển Công nghệ Máy công nghiệp, Trường Đại học Công nghiệp thành phố Hồ Chí Minh

*Tác giả liên hệ: lethibichnguyet@iuh.edu.vn

DOIs: <https://doi.org/10.46242/jstiuh.v61i07.4720>

Tóm tắt. Nấm đông trùng hạ thảo chứa các hợp chất có hoạt tính sinh học có tác dụng tốt đến sức khỏe con người. Nghiên cứu hướng đến việc hoàn thiện quy trình công nghệ và thiết kế tủ vi khí hậu để nuôi nấm đông trùng hạ thảo, đưa sản phẩm tiếp cận rộng rãi đến người tiêu dùng và giảm giá thành sản phẩm nuôi trồng. Nghiên cứu thực hiện tính toán, thiết kế tủ nuôi tạo lập môi trường nhân tạo quy mô hộ gia đình có sản lượng nuôi 1 kg nấm đông trùng hạ thảo tươi *Cordyceps militaris* trong mỗi đợt nuôi trồng cùng với các thông số môi trường trong tủ nuôi có nhiệt độ đạt 20°C - 21.3 °C, độ ẩm tương đối của không khí phạm vi 78% - 92% và cường độ chiếu sáng phạm vi 500lx - 1000lx.

Từ khóa. Đông trùng hạ thảo, tủ nuôi, nấm dược liệu, môi trường nhân tạo.

1. GIỚI THIỆU

Nhu cầu bảo vệ sức khỏe luôn là một trong những nhu cầu cấp thiết của con người từ xưa đến nay. Sự phát triển của khoa học công nghệ, sự gia tăng thu nhập là điều kiện thuận lợi cho con người tiếp cận với các sản phẩm dinh dưỡng, đặc biệt là các sản phẩm có nguồn gốc tự nhiên. WHO ước tính rằng khoảng 3/4 dân số thế giới, hiện đang sử dụng các loại thảo mộc và các loại thuốc truyền thống khác để điều trị bệnh bao gồm ung thư vú, bệnh gan (21%), HIV (22%), hen suyễn (24%) và rối loạn thấp khớp (26%) [1]. Trong đó đông trùng hạ thảo là một trong những đối tượng được sử dụng phổ biến. Mặc dù giá bán Đông trùng hạ thảo hiện nay rất cao nhưng nhu cầu về loại nấm này không hề suy giảm. Nhu cầu lớn về đông trùng hạ thảo kéo theo tình trạng khai thác quá mức loại dược liệu này trong tự nhiên. Hiện nay, công nghệ nuôi trồng nhân tạo Đông trùng hạ thảo được phát triển rộng rãi trên thế giới đặc biệt tại các nước Trung Quốc, Mỹ, Nhật Bản, Hàn Quốc, Thái Lan, Việt Nam và được ứng dụng trong nhiều lĩnh vực khác nhau như y học, thực phẩm, mỹ phẩm [2].

Phetpraputsorn và cộng sự thực hiện thiết kế tủ nuôi nấm đông trùng hạ thảo kích thước $d \times r \times c = 54 \times 47 \times 80$ (cm) tích hợp công nghệ IoT kiểm soát các thông số môi trường của tủ nuôi. Môi trường trong tủ nuôi được thiết lập ở nhiệt độ khoảng 19 °C, độ ẩm 70-90% và được chiếu sáng bởi hệ thống đèn LED. Kết quả nuôi trồng thử nghiệm cho thấy điều kiện môi trường tạo ra bên trong tủ là phù hợp cho sự sinh trưởng và phát triển của nấm đông trùng hạ thảo *Cordyceps militaris* (*C. militaris*) [3]. Các nghiên cứu về điều kiện nuôi trồng *C. militaris* chỉ ra nhiệt độ môi trường từ 18 °C – 22 °C là phù hợp cho sự phát triển của nấm. Khi tăng nhiệt độ môi trường lên trên 23 °C, sự phát triển của của nấm bị suy giảm [4]. Theo kết quả nghiên cứu của Kryukov và cộng sự đa số chủng *C. militaris* nuôi cấy phát triển tối ưu ở nhiệt độ 20 °C, và chỉ một trong số các chủng phân lập của Trung Quốc có mức tối ưu là 25 °C. Sự phát triển sợi nấm bị giảm xuống ở nhiệt độ 27,5 °C và ở nhiệt độ trên 30 °C thì sự sinh trưởng và phát triển của nấm ngừng lại [5]. Đối với nấm đông trùng hạ thảo tại Việt Nam, các nghiên cứu cũng chỉ ra loại nấm này phát triển tốt ở nhiệt độ 20 °C – 25 °C và độ ẩm 80% - 90% [6].

Nghiên cứu, thiết kế tủ nuôi đông trùng hạ thảo quy mô hộ gia đình cho phép kiểm soát điều kiện nhiệt độ, độ ẩm, ánh sáng phù hợp với sự sinh trưởng và phát triển của nấm là cấp thiết trong việc giải quyết vấn đề về giảm giá thành sản phẩm đông trùng hạ thảo, đưa sản phẩm tiếp cận đến tất cả mọi đối tượng khách hàng có nhu cầu sử dụng thường xuyên nhằm mục đích chữa trị bệnh và bồi bổ sức khỏe. Mục tiêu của nghiên

cứu là tính toán thiết kế tủ nuôi tạo môi trường phù hợp nuôi trồng nấm đông trùng hạ thảo *C. militaris* cho năng suất 1kg/đợt nuôi, phù hợp với quy mô nuôi trồng hộ gia đình.

2. VẬT LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP

2.1. Tính toán kích thước tủ dựa trên năng suất nuôi trồng

Kết quả khảo sát tại các đơn vị nuôi trồng nấm đông trùng hạ thảo *C. militaris* quy mô công nghiệp cho thấy các lọ nấm tại thời điểm thu hoạch có khối lượng trung bình (gồm giá thể tươi, chân đế và lọ nhựa) khoảng 180 g. Trong đó khối lượng quả thể nấm trong khoảng từ 50 g đến 60 g, với loại lọ nuôi có đường kính đáy (x) × đường kính trên (y) × chiều cao (z) = (105 x 130 x 78) mm.

Năng suất của tủ nuôi được lựa chọn là 1 kg thành phẩm nấm đông trùng hạ thảo tươi/ đợt nuôi. Đi từ bài toán năng suất nuôi trồng cần đạt được trong một đợt nuôi, ta tính ra số lượng lọ phôi nấm cần nuôi trong mỗi đợt theo công thức sau:

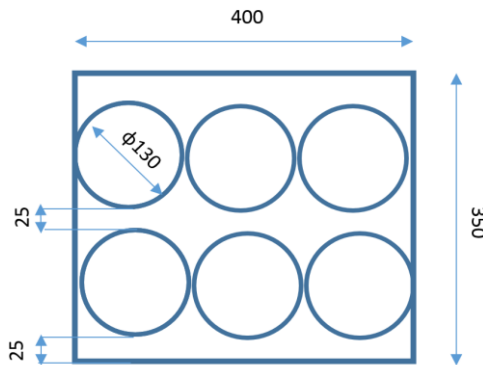
$$x = \frac{M}{m} (l\phi) \quad (1)$$

M: tổng khối lượng quả thể nấm đông trùng hạ thảo tươi/đợt nuôi, g;

m: khối lượng quả thể nấm đông trùng hạ thảo tươi/lọ, g;

x: số lượng lọ phôi nấm đông trùng hạ thảo/đợt nuôi, lọ.

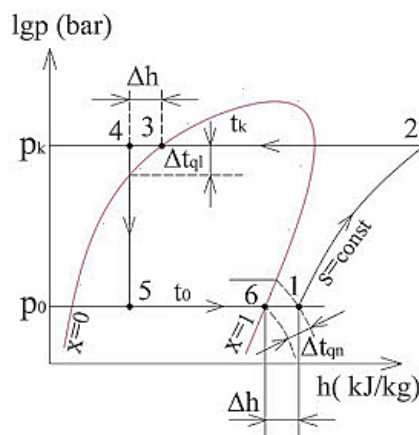
Với yêu cầu số lượng lọ phôi nấm cần nuôi là 18 lọ/mỗi đợt, kết hợp các yêu cầu tủ cần có kết cấu nhỏ gọn, sự phân bố của các lọ trên khay được thể hiện trên **hình 1**. Kích thước khay cần đạt $d \times r = 400 \times 350$ mm.



Hình 1: Thiết kế bố trí các lọ phôi nấm trên 1 khay nuôi của thiết bị

2.2. Tính toán chu trình lạnh

Tính toán chu trình lạnh cho tủ nuôi trồng sử dụng môi chất R600A:



Hình 2: Đồ thị lgp-h biểu diễn chu trình lạnh sử dụng môi chất R600A cho tủ nuôi theo thiết kế

Các công thức tính toán chu trình:

Công kỹ thuật của máy nén (kJ/kg):

$$l_s = h_2 - h_1 \quad (2)$$

Nhiệt lượng riêng ở dàn ngưng tụ (dàn nóng của thiết bị) (kJ/kg):

$$q_K = h_2 - h_3 \quad (3)$$

Nhiệt lượng riêng nhận được ở dàn bay hơi (dàn lạnh của thiết bị) (kJ/kg):

$$q_0 = h_6 - h_5 \quad (4)$$

Công suất ở dàn ngưng tụ của thiết bị (kW):

$$Q_K = m(h_2 - h_3) \quad (5)$$

Công suất ở dàn bay hơi của thiết bị (kW):

$$Q_0 = m(h_6 - h_5) \quad (6)$$

Công suất máy nén (kW):

$$N_s = m(h_2 - h_1) \quad (7)$$

l_s : công nén riêng đoạn nhiệt, kJ/kg;

q_K : Năng suất giải nhiệt riêng của thiết bị ngưng tụ, kJ/kg;

q_0 : Năng suất lạnh riêng, kJ/kg;

Q_K : Năng suất giải nhiệt của thiết bị ngưng tụ, kW;

Q_0 : Năng suất lạnh, kW;

N_s : Công suất nén đoạn nhiệt của máy nén, kW;

$h_1; h_2; h_3; h_4; h_5; h_6$: Nhiệt lượng riêng của môi chất tại các điểm nút trên đồ thị lgp-h tại **hình 2**.

Các thông số trạng thái của môi chất R600A trong chu trình thể hiện tại **bảng 1**.

Bảng 1: Các thông số điểm nút của chu trình trên đồ thị lgp-h tại Hình 2

Điểm	1	2	3	4	5	6
t (°C)	5	41	40	36.8	0	0
p (bar)	1.581	5.357	5.357	5.357	1.581	1.581
h (kJ/kg)	451.84	499.48	183.39	174.98	174.98	443.43
s (kJ/kgK)	1.679	1.679	0.670	0.645	0.666	1.648
v (m ³ /kg)	0.23898	0,07328	0.00195	0.00186	0.05848	0.23367

2.3. Tính toán hệ thống cấp sáng

Các thông số đầu vào của hệ thống cấp sáng đối với tủ nuôi đồng trùng hạ thảo: Độ rọi: 500 lx – 1000 lx;

Diện tích chiếu sáng trên 1 ngăn: 0,16 m²; Chiều cao từ đèn đến giá thể: 0,2 m.

Tính toán thiết kế hệ thống cấp sáng áp dụng theo tài liệu [7, 8].

Độ rọi tiêu chuẩn cần thiết kế:

$$E_{tb} = \frac{I \cdot \cos \alpha}{h^2} = 1000 \text{ (lx)} \quad (8)$$

Trong đó:

Góc xiên từ nguồn sáng đến bề mặt so với phương thẳng đứng $\alpha = 45^\circ$;

h : chiều cao từ nguồn sáng đến bề mặt, m.

Cường độ của nguồn sáng (đơn vị là candela có ký hiệu cd):

$$I = \frac{E_{tb} \cdot h^2}{\cos \alpha} = 57 \quad (9)$$

TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ TỦ NUÔI NẤM ĐÔNG TRÙNG HẠ THẢO...

Quang thông do nguồn sáng phát theo một hướng (chỉ thị là lumen, ký hiệu lm):

$$\phi = I * \Omega = 228 \quad (10)$$

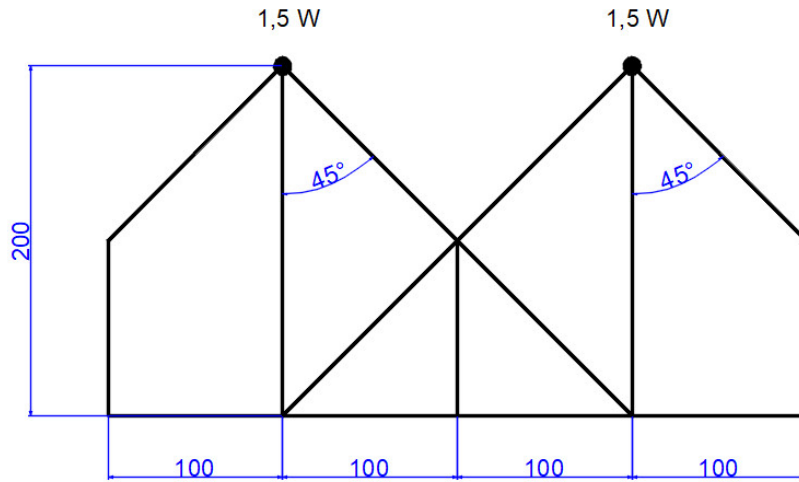
Ω : đơn vị góc khối.

Công suất của nguồn LED chiếu sáng trên một ngăn (W):

$$P = \frac{\phi}{H} = 2.5 \quad (11)$$

H : quang hiệu.

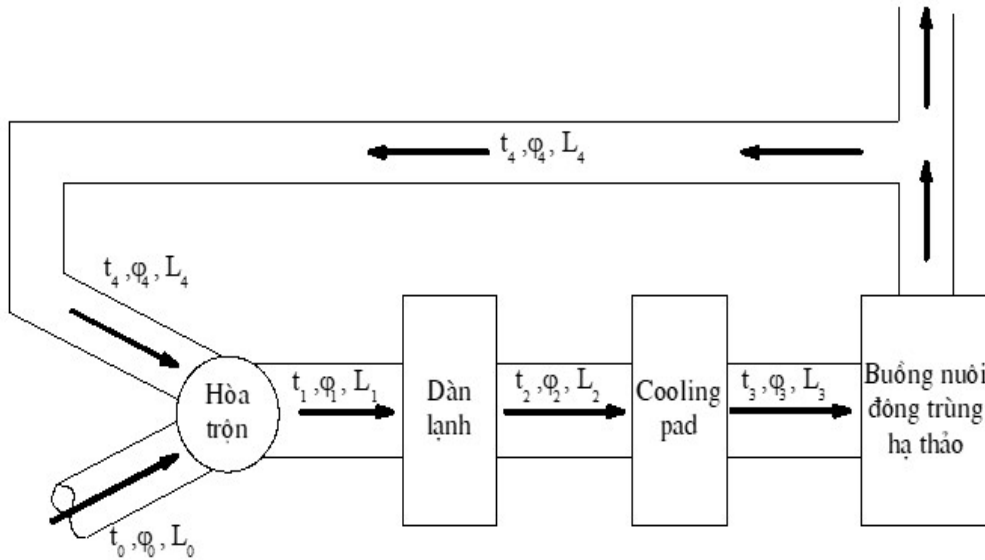
Chọn loại đèn LED với quang hiệu $H = 90 \text{ lm/W}$ là đảm bảo được yêu cầu cấp sáng của hệ thống. Đèn được bố trí trên mỗi ngăn theo sơ đồ tại **hình 3**.



Hình 3: Sơ đồ bố trí đèn LED

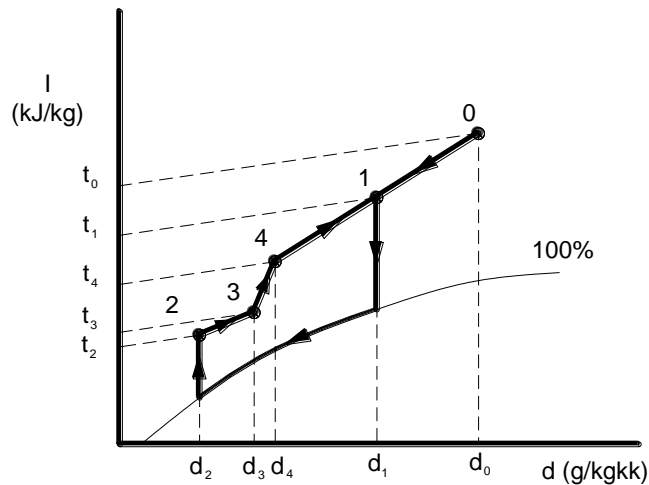
2.4. Tính toán hệ thống cấp ẩm

Sơ đồ nguyên lý của hệ thống làm lạnh - tạo ẩm được thể hiện ở **hình 4**.



Hình 4: Sơ đồ nguyên lý của hệ thống làm lạnh - tạo ẩm

Đồ thị I-d của quá trình được thể hiện ở **hình 5**.



Hình 5: Đồ thị I-d của quá trình

Các quá trình xảy ra:

Quá trình 0-4-1: hòa trộn giữa dòng không khí tươi ngoài trời với dòng không khí hồi về từ buồng nuôi.

Quá trình 1-2: làm lạnh dòng không khí sau khi hòa trộn tại dàn lạnh.

Quá trình 2-3: tăng ẩm dòng không khí sau khi làm lạnh tại tấm CoolingPad.

Quá trình 3-4: không khí trao đổi nhiệt-ẩm với sản phẩm trong buồng nuôi.

Tính toán quá trình làm lạnh - tạo ẩm:

❖ Thông số tính toán ban đầu:

Điểm 0: $t_0 = 30\text{ }^\circ\text{C}$, $\phi_0 = 80\%$

Điểm 2: $t_2 = 7\text{ }^\circ\text{C}$, $\phi_2 = 56\%$

Điểm 3: $t_3 = 15\text{ }^\circ\text{C}$, $\phi_3 = 85\%$

Điểm 4: $t_4 = 18\text{ }^\circ\text{C}$, $\phi_4 = 85\%$

Lưu lượng thể tích: $V_0 = V_4 = 6\text{ CFM}$ hay $10\text{ m}^3/\text{h}$.

❖ Điểm sau hòa trộn (điểm 1): tại quá trình hòa trộn, ta có:

Phương trình cân bằng khối lượng:

$$L_0 + L_4 = L_1 \quad (12)$$

Phương trình cân bằng ẩm:

$$L_0 d_0 + L_4 d_4 = L_1 d_1 \quad (13)$$

Phương trình cân bằng nhiệt:

$$L_0 I_0 + L_4 I_4 = L_1 I_1 \quad (14)$$

Giải hệ 3 phương trình trên ta được thông số trạng thái của điểm 1:

$$d_1 = \frac{L_0 d_0 + L_4 d_4}{(L_0 + L_4)} \quad \text{và} \quad I_1 = \frac{L_0 I_0 + L_4 I_4}{(L_0 + L_4)} \quad (15)$$

Các thông số trạng thái của không khí thể hiện tại **bảng 2**.

TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ TỦ NUÔI NẤM ĐÔNG TRÙNG HẠ THẢO...

Bảng 2: Các thông số trạng thái của không khí trên đồ thị I-d theo Hình 5

Điểm	t (°C)	φ ₃ (%)	d (g/kgKK)	I (kJ/kg)	ρ (kg/m ³)	V (m ³ /h)	L (kg/h)
0	30	80	21,7	85,6	1,136	10	11,36
1	24,2	85,3	16,3	65,8	1,162	19,55	22,72
2	7	56	3,5	15,8	1,243	18,28	22,72
3	15	85	9,1	38,1	1,205	18,85	22,72
4	18	85	11,0	46,1	1,191	9,54	11,36

Lưu lượng nước ngưng tụ tại dàn lạnh (kg/h):

$$G_{ng} = L_1(1 + \rho_1)(d_1 - d_2) = 0,629 \left(\frac{kg}{h}\right) \quad (16)$$

Lưu lượng nước cần để tăng ẩm (kg/h):

$$G_w = L_2(1 + \rho_2)(d_3 - d_2) = 0,285 \left(\frac{kg}{h}\right) \quad (17)$$

Lưu lượng bơm:

- Khối lượng riêng của nước ở nhiệt độ trung bình $t = 11^\circ\text{C}$ tại tấm Cooling Pad: $w = 999,7 \text{ kg/m}^3$
- Tốc độ tăng ẩm của tấm Cooling Pad (l/phút)

$$V_p = \frac{G_w}{w} = 17,1 \text{ (LPM)} \quad (18)$$

- Tốc độ truyền ẩm (kg ẩm/h)

$$G_w = h_m A_p \Delta \rho_{lm} \left(\frac{kg}{h}\right) \quad (19)$$

h_m : hệ số truyền ẩm, m/s;

A_p : diện tích bề mặt trao đổi ẩm, m²;

$\Delta \rho_{lm}$: chênh lệch khối lượng riêng trung bình logarit, kg/m³;

$$\Delta \rho_{lm} = \frac{|\rho_o - \rho_{inwb} - (\rho_i - \rho_{inwb})|}{\ln\left(\frac{\rho_o - \rho_{inwb}}{\rho_i - \rho_{inwb}}\right)} = 0,03 \left(\frac{kg}{m^3}\right) \quad (20)$$

Với: ρ_o và ρ_i là khối lượng riêng của hơi nước trong luồng không khí trước và sau tấm Cooling Pad ($\rho_o = \rho_3$ và $\rho_i = \rho_2$) và ρ_{inwb} là khối lượng riêng của hơi nước ở nhiệt độ bầu ướt đầu vào ($\rho_{inwb} = \rho_{2wb} = 1,26 \text{ kg/m}^3$, nhiệt độ bầu ướt điểm 2 là 3°C).

Theo Laknizi và cộng sự, hệ số truyền ẩm của tấm Cooling Pad có độ dày 10 cm là 0,0114 m/s với $G_w = 0,35 \text{ kg/h}$. Theo tính toán trên, $G_w = 0,285 \text{ kg/h}$ nên chọn $h_m = 0,0114 \text{ m/s}$ để tính diện tích [9].

Khi đó diện tích cần thiết của tấm Cooling Pad có độ dày 10 cm là:

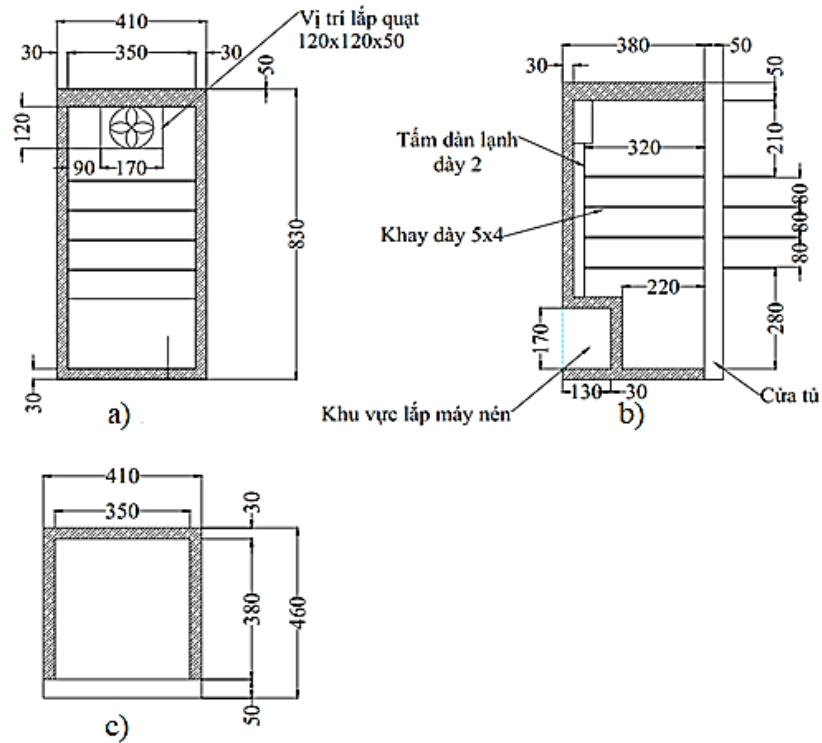
$$A_p = \frac{G_w}{h_m \Delta \rho_{lm}} = 0,23 \text{ (m}^2\text{)} \quad (21)$$

Với độ dày của tấm Cooling Pad được lắp đặt trên thực tế là 4 cm, nên diện tích cần thiết của tấm Cooling Pad để lắp đặt là $A_p = 0,09 \text{ m}^2$. Do đó, chọn tấm Cooling Pad có kích thước (dài x rộng x dày): (300x300x40) mm.

3. KẾT QUẢ

3.1. Thiết kế tổng thể của tủ nuôi đông trùng hạ thảo

Từ các dữ liệu tính toán, thiết kế tổng thể của tủ nuôi được thể hiện ở hình 6, trong đó hình 6a là hình chiếu đứng; hình 6b - hình chiếu cạnh; hình 6c - hình chiếu bằng của tủ nuôi. Tủ được thiết kế có kích thước tổng thể $d \times r \times c = 460 \times 410 \times 830 \text{ mm}$. Quạt đối lưu không khí được bố trí phía trên và bên trong thân tủ như hình 6a, bộ nguồn tạo động lực cấp nhiệt lạnh cho tủ được lắp đặt tại khu vực lắp máy nén, ba khay nuôi trồng được bố trí bên trong tủ như hình 6b. Với bố trí quạt và các thiết bị như thiết kế sẽ giúp giảm thiểu kích thước tủ làm cho thiết bị nhỏ gọn đồng thời đảm bảo được khả năng đối lưu không khí bên trong môi trường nuôi trồng.



Hình 6: Kích thước tổng thể 3 hình chiếu của tủ nuôi trồng
a) hình chiếu đứng; b) hình chiếu cạnh; c) hình chiếu bằng

Hệ thống điều khiển nhiệt độ, độ ẩm và ánh sáng đạt được các thông số thiết kế yêu cầu, đảm bảo cho sự sinh trưởng và phát triển của đông trùng hạ thảo *C. militaris*, bao gồm:

Nhiệt độ: mức nhiệt độ thích hợp cho sinh trưởng của đông trùng hạ thảo nằm trong phạm vi 18 – 22 °C. Nhiệt độ dưới 10 °C hoặc cao hơn 30 °C, đông trùng hạ thảo không thể phát triển [2 -6].

Độ ẩm: Yêu cầu về độ ẩm tương đối của không khí trong khu vực nuôi trồng đông trùng hạ thảo tương đối cao khoảng 80% - 90% [2-6].

Ánh sáng là yếu tố quan trọng ảnh hưởng đến sự phát triển của đông trùng hạ thảo: độ rọi yêu cầu của tủ nuôi là 500lx – 1000 lx, thời gian chiếu sáng 12h và thời gian tối 12h [2].

3.2. Thực nghiệm các chế độ vận hành của tủ nuôi đông trùng hạ thảo

Thực hiện khảo sát các thông số nhiệt độ và độ ẩm của tủ bằng các chế độ vận hành khác nhau.

- Chế độ 1: Chế độ làm lạnh, nhưng không sử dụng tầng ẩm.
- Chế độ 2: Chế độ làm lạnh kết hợp sử dụng tầng ẩm bằng Cooling Pad và kết hợp sử dụng bơm nước tuần hoàn.
- Chế độ 3: Chế độ làm lạnh và sử dụng máy tạo độ ẩm siêu âm.

Thông số nhiệt độ và độ ẩm được thu thập từ 4 cảm biến kết nối với máy tính. Cảm biến được đặt tại 3 khay nuôi trồng và một cảm biến được đặt ở thành tủ. Các thông số được ghi nhận ở thời điểm chưa mở máy và sau khi tủ đã hoạt động ổn định và đạt được các thông số yêu cầu (khoảng 2 giờ sau khi mở máy). Các thông số được đo trong 80 phút với khoảng cách thời gian là 5 phút.

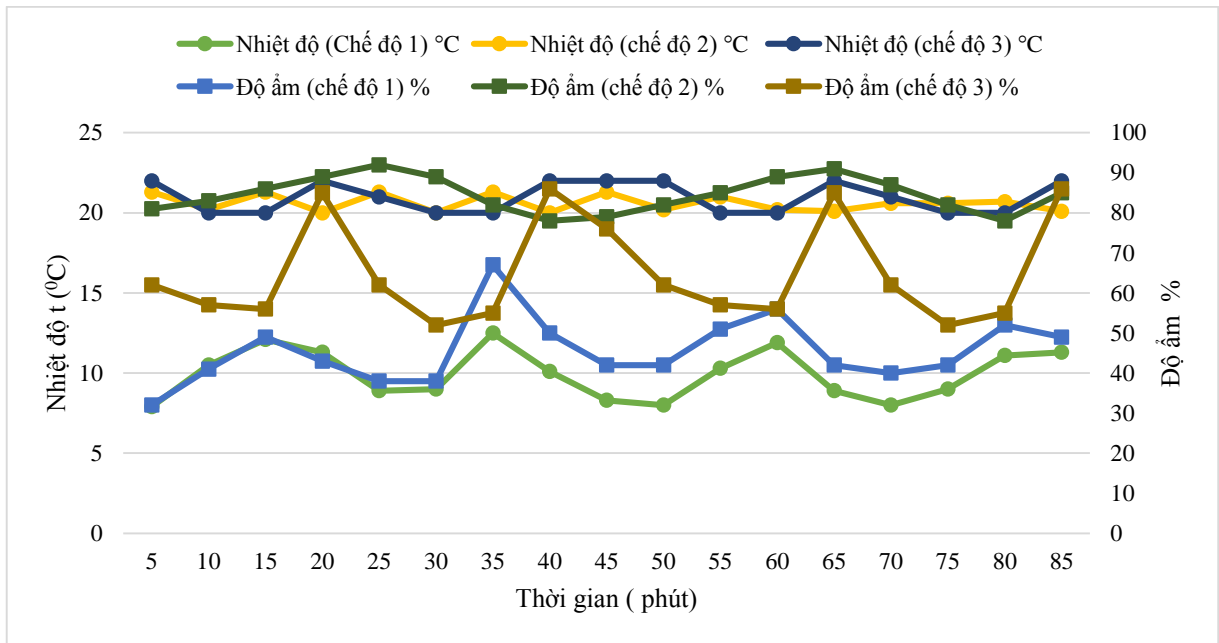
Kết quả đo nhiệt độ và độ ẩm của tủ ở các chế độ vận hành khác nhau

Ở chế độ 2 và 3, thông số cài đặt điều kiện làm việc của tủ ở mức nhiệt độ là (20 ± 2) °C, và độ ẩm (80 ± 5) % , số liệu thực nghiệm về thông số nhiệt độ và độ ẩm của tủ thể hiện ở **bảng 3** và **hình 7**.

TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ TỦ NUÔI NẤM ĐÔNG TRÙNG HẠ THẢO...

Bảng 3: Nhiệt độ và độ ẩm của tủ nuôi hoạt động các chế độ làm việc khác nhau

Thời gian	Chế độ 1		Chế độ 2		Chế độ 3	
	Nhiệt độ (t)	Độ ẩm tương đối của không khí (φ)	Nhiệt độ (t)	Độ ẩm tương đối của không khí (φ)	Nhiệt độ (t)	Độ ẩm tương đối của không khí (φ)
	°C	%	°C	%	°C	%
Chưa mở máy	29.8	76	30.1	85	29.6	76
5	7.9	32	21.3	81	22	62
10	10.5	41	20.2	83	20	57
15	12.1	49	21.3	86	20	56
20	11.3	43	20	89	22	85
25	8.9	38	21.3	92	21	62
30	9	38	20	89	20	52
35	12.5	67	21.3	82	20	55
40	10.1	50	20	78	22	86
45	8.3	42	21.3	79	22	76
50	8	42	20.2	82	22	62
55	10.3	51	21	85	20	57
60	11.9	56	20.2	89	20	56
65	8.9	42	20.1	91	22	85
70	8	40	20.6	87	21	62
75	9	42	20.6	82	20	52
80	11.1	52	20.7	78	20	55
85	11.3	49	20.1	85	22	86



Hình 7: Nhiệt độ và độ ẩm tương đối của không khí bên trong tủ nuôi ở 3 chế độ hoạt động

Kết quả thực nghiệm cho thấy nhiệt độ và độ ẩm tương đối của không khí bên trong tủ ở trạng thái ban đầu là cao vì các giá trị này được ghi nhận ngay sau khi cửa tủ được đóng lại và thiết bị chưa hoạt động. Sau khi hoạt động 2h các thông số của tủ nuôi đạt ổn định. Ở cả 3 chế độ làm việc, có thể quan sát thấy các thông số nhiệt độ và độ ẩm của môi trường tủ nuôi thay đổi có tính chu kỳ (hình 7).

Ở chế độ 1, nhiệt độ bên trong tủ dao động trong khoảng 8 °C – 12.5 °C, và độ ẩm tương đối của không khí bên trong tủ là từ 32% đến 67%. Với chế độ 2 và 3, nhiệt độ bên trong tủ ổn định trong khoảng 20 °C - 22 °C. Tuy nhiên, có sự khác biệt rõ rệt về độ ẩm tương đối của không khí bên trong tủ, cụ thể ở chế độ 2 độ ẩm tương đối của không khí bên trong tủ dao động từ 78 – 92 %. Độ ẩm này có chu kỳ thay đổi tương ứng với thời gian làm việc của quạt thải ẩm và máy bơm nước vào hệ thống Cooling Pad. Ở độ ẩm 92% quạt hoạt động để thải ẩm, ở độ ẩm 78 % quạt ngưng, chế độ tăng ẩm hoạt động. Tuy nhiên, ở chế độ 3 độ ẩm tương đối của không khí bên trong tủ dao động ở khoảng giá trị thấp hơn, từ 52 % đến 86 %, độ ẩm trung bình là 65% . Ở chế độ 3 hiệu số giữa giá trị lớn nhất và nhỏ nhất của độ ẩm tương đối của không khí trong tủ là 32 %, cao hơn 2 lần so với hiệu số này so với chế độ 2. Độ ẩm trung bình thấp dưới mức thông số yêu cầu, ngoài ra khoảng dao động lớn của độ ẩm tương đối của không khí trong tủ khi tủ hoạt động ở chế độ 3 là không phù hợp cho sinh trưởng và phát triển của nấm đông trùng hạ thảo [4-5].

Kết quả so sánh các thông số môi trường vi khí hậu đạt được trong tủ nuôi thể hiện ở **bảng 4**.

Bảng 4: Các thông số môi trường của tủ nuôi

Chế độ 1	Chế độ 2	Chế độ 3
Độ ẩm đạt 32% – 67%	Độ ẩm đạt 78% – 92%	Độ ẩm đạt 52% – 86%
Nhiệt độ đạt 8 °C – 12.5 °C	Nhiệt độ đạt 20°C - 21.3 °C	Nhiệt độ đạt 20°C - 22 °C
Tính ổn định không cao, nhiệt độ ổn định, độ ẩm thấp và lên xuống liên tục không duy trì được lượng ẩm	Tính ổn định cao và duy trì được độ ẩm và nhiệt độ	Tính ổn định không cao, nhiệt độ ổn định, độ ẩm lên xuống liên tục không duy trì được lượng ẩm nhất định

TÍNH TOÁN, THIẾT KẾ TỦ NUÔI NẤM ĐÔNG TRÙNG HẠ THẢO...

Không đáp ứng được yêu cầu môi trường nhân tạo	Đáp ứng được yêu cầu môi trường nhân tạo	Đáp ứng được yêu cầu môi trường nhân tạo nhưng không ổn định
--	--	--

Từ những so sánh trên có thể thấy chế độ làm lạnh kết hợp sử dụng tầng ẩm bằng Cooling Pad và kết hợp sử dụng bơm nước tuần hoàn là phù hợp cho sự sinh trưởng và phát triển của Đông trùng hạ thảo:

- Đáp ứng được yêu cầu về thông số môi trường nhân tạo nuôi nấm Đông trùng hạ thảo *C. militaris*: nhiệt độ 20°C - 21.3 °C, độ ẩm 78% – 92% và, độ rọi 500lx -1000 lx.
- Độ ổn định cao, duy trì được lượng ẩm và nhiệt độ cần thiết.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã thực hiện tính toán, thiết kế và hiện thực hóa được một loại tủ nuôi nấm Đông trùng hạ thảo hoạt động theo chế độ làm lạnh tầng ẩm bằng tấm Cooling Pad đáp ứng được các thông số nuôi trồng nấm *C. militaris*. Tủ nuôi khi làm việc đã đạt được các thông số gồm: nhiệt độ 20°C - 21.3 °C, độ ẩm tương đối của không khí phạm vi 78% – 92% và ánh sáng tủ nuôi có độ rọi điều chỉnh phạm vi 500lx -1000 lx. Tủ nuôi hoạt động ổn định và duy trì được các thông số theo yêu cầu đặt ra.

LỜI CẢM ƠN

Nhóm nghiên cứu chân thành cảm ơn trường Đại học Công nghiệp Thành phố Hồ Chí Minh đã cung cấp kinh phí cho nhóm nghiên cứu thực hiện đề tài NCKH cấp trường có Mã số đề tài: 21/ICGCN01.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] S. K. Das, M. Masuda, A. Sakurai, and M. Sakakibara, “Medicinal uses of the mushroom *Cordyceps militaris*: current state and prospects”, *Fitoterapia*, vol. 81, no. 8, pp. 961-968, 2010.
- [2] “Đông trùng hạ thảo – công dụng, xu hướng sản xuất và thương mại”, *Báo cáo phân tích xu hướng công nghệ*, Trung tâm Thông tin Khoa học và Công nghệ TP. HCM, 2014.
- [3] C. Phetpraputsorn, B. Sapsom, C. Chuenkul, and S. Ngamlamai, “Control system for planting *Cordyceps militaris* developed with IoT”, in *Proc. Int. Conf. on Science, Technology and Education*, 2020, pp. 105-109.
- [4] M. Basith, and M. F. Madelin, “Studies on the production of perithecial stromata by *Cordyceps militaris* in artificial culture”, *Canadian Journal of Botany*, vol. 46, no. 4, pp. 473-480, 1968.
- [5] V. Y. Kryukov, O. G. Tomilova, O. N. Yaroslavtseva, T. C. Wen, N. A. Kryukova, O. V. Polenogova, Ting-Chi Wen, N. A. Kryukovaa, O. V. Polenogovaa, Y. S. Tokarevc, and V. V. Glupova, “Temperature adaptations of *Cordyceps militaris*, impact of host thermal biology and immunity on mycosis development”, *Fungal Ecology*, vol. 35, pp. 98-107, 2018.
- [6] T.T. Trần, và V.V Lê, “Nghiên cứu môi trường thích hợp nhân nuôi nấm *Cordyceps militaris* trên vật chủ”, *Tạp chí Khoa học Trường Đại học Cần Thơ*, tập 56, số 5B, tr. 125-134, 2020.
- [7] L. H. Dương, *Giáo trình kỹ thuật chiếu sáng*. NXB Đại học Quốc gia Thành phố Hồ Chí Minh, 2018.
- [8] Patrick Vandeplanque. *Kỹ thuật chiếu sáng*. NXB Khoa học kỹ thuật, 2003.
- [9] A. Laknizi, A. B. Abdellah, M. Faqir, E. Essadiqi, and S. Dhimdi, “Performance characterization of a direct evaporative cooling pad based on pottery material”, *International Journal of Sustainable Engineering*, vol. 14, no. 1, pp. 46-56, 2021.

CALCULATION AND DESIGN ON A CORDYCEPS MUSHROOM NOURISHED CABINET FOR THE HOUSEHOLD SCALE

TRAN VIET HUNG¹, NGUYEN NHAN SAM², PHAM QUANG PHU¹, BUI TRUNG THANH¹,
LE THI BICH NGUYET^{1*}.

¹Faculty of Heat and Refrigeration Engineering, Industrial University of Ho Chi Minh City

²Center of Research & Development for Industrial Technology – Machinery (R&DTech)

*Corresponding author: lethibichnguyet@iuh.edu.vn

Abstract. Cordyceps mushrooms contain biologically active compounds that have a beneficial effect on human health. The research aims to perfect the technological process and design of microclimate cabinets to raise cordyceps mushrooms to bring products to widely reach consumers and reduce the cost of cultivated products. The research has calculated and designed a cordyceps mushroom nourished cabinet for the household scale with its yield of 1 kg of fresh *Cordyceps militaris* in a farming batch. The microclimate parameters in the nourished cabinet obtained the temperature parameters of 20°C - 21.3 °C , the relative humidity of 78% - 92% and the lighting intensity of 500lx – 1000lx. All there parameters are suitable for the development of cordyceps mushroom.

Keywords. Cordyceps, nourished cabinet, medicinal mushrooms, artificial environment.

Ngày nhận bài: 14/01/2023

Ngày chấp nhận đăng: 22/02/2023