

Đại Học Quốc Gia Tp. Hồ Chí Minh  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA**

**BÙI QUỐC KHOA**

**NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CHẾ TẠO MÔ HÌNH MÁY SẤY  
PHÂN HOA BẰNG PHƯƠNG PHÁP SẤY CHÂN KHÔNG**

Chuyên ngành: Công Nghệ Nhiệt

**LUẬN VĂN THẠC SĨ**

TP. HỒ CHÍ MINH, tháng 07 năm 2010

Đại Học Quốc Gia Tp. Hồ Chí Minh  
**TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA**

**BÙI QUỐC KHOA**

**NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CHẾ TẠO MÔ HÌNH MÁY SẤY  
PHÂN HOA BẰNG PHƯƠNG PHÁP SẤY CHÂN KHÔNG**

Chuyên ngành: Công Nghệ Nhiệt

**LUẬN VĂN THẠC SĨ**

TP. HỒ CHÍ MINH, tháng 07 năm 2010

**CÔNG TRÌNH ĐƯỢC HOÀN THÀNH TẠI  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA  
ĐẠI HỌC QUỐC GIA TP HỒ CHÍ MINH**

Cán bộ hướng dẫn khoa học 1: .....  
(Ghi rõ họ, tên, học hàm, học vị và chữ ký)

Cán bộ hướng dẫn khoa học 2: .....  
(Ghi rõ họ, tên, học hàm, học vị và chữ ký)

Cán bộ chấm nhận xét 1: .....  
(Ghi rõ họ, tên, học hàm, học vị và chữ ký)

Cán bộ chấm nhận xét 2: .....  
(Ghi rõ họ, tên, học hàm, học vị và chữ ký)

Luận văn thạc sĩ được bảo vệ tại HỘI ĐỒNG CHẤM BẢO VỆ LUẬN VĂN THẠC  
SĨ  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA, ngày . . . . . tháng . . . . . năm . . . . .

Tp. HCM, ngày 02 tháng 07 năm 2010.

## NHIỆM VỤ LUẬN VĂN THẠC SĨ

Họ tên học viên: BÙI QUỐC KHOA ..... Phái: Nam .....

Ngày, tháng, năm sinh: 12/07/1983 ..... Nơi sinh: Tp.HCM .....

Chuyên ngành: Công nghệ nhiệt ..... MSHV: 00608418.....

**I- TÊN ĐỀ TÀI:** Nghiên cứu thiết kế chế tạo mô hình máy sấy phấn hoa bằng phương pháp sấy chân không .....

.....

.....

.....

### II- NHIỆM VỤ VÀ NỘI DUNG:

- Tính toán thiết kế và chế tạo mô hình máy sấy chân không sấy phấn hoa với năng suất 5 kg/mẻ .....

- Nghiên cứu thực nghiệm và xác định chế độ sấy phấn hoa trong máy sấy chân không.. .

.....

.....

**III- NGÀY GIAO NHIỆM VỤ** (Ngày bắt đầu thực hiện LV ghi trong Quyết định giao đề tài): 25/01/2010.....

**IV- NGÀY HOÀN THÀNH NHIỆM VỤ:** 02/07/2010 .....

**V- CÁN BỘ HƯỚNG DẪN** (Ghi rõ học hàm, học vị, họ, tên):.....

Cán bộ 1: PGS.TS Nguyễn Hay      Cán bộ 2: TS. Lê Anh Đức.....

**CÁN BỘ HƯỚNG DẪN**

(Học hàm, học vị, họ tên và chữ ký)

**CN BỘ MÔN**

**QL CHUYÊN NGÀNH**

PGS.TS Nguyễn Hay

TS. Lê Anh Đức

PGS.TS Lê Chí Hiệp

Nội dung và đề cương luận văn thạc sĩ đã được Hội đồng chuyên ngành thông qua.

Ngày tháng năm

TRƯỜNG PHÒNG ĐT – SĐH

TRƯỜNG KHOA QL NGÀNH

## NHIỆM VỤ LUẬN VĂN THẠC SĨ

Họ và tên học viên: .BÙI QUỐC KHOA.....Phái: Nam.....  
Ngày, tháng, năm sinh: 12/07/1983..... Nơi sinh: .Tp.HCM ..  
Chuyên ngành: . Công nghệ nhiệt ..  
MSHV: . 00608418.....

**1- TÊN ĐỀ TÀI:** . Nghiên cứu thiết kế chế tạo mô hình máy sấy phấn hoa bằng phương pháp sấy chân không .....

**2- NHIỆM VỤ LUẬN VĂN:** .....

- Tính toán thiết kế và chế tạo mô hình máy sấy chân không sấy phấn hoa với năng suất 5 kg/mé
- Nghiên cứu thực nghiệm và xác định chế độ sấy phấn hoa trong máy sấy chân không. ....

**3- NGÀY GIAO NHIỆM VỤ :** . 25/01/2010.....

**4- NGÀY HOÀN THÀNH NHIỆM VỤ :** . 02/07/2010.....

**5- HỌ VÀ TÊN CÁN BỘ HƯỚNG DẪN** (Ghi đầy đủ họ, tên, học hàm, học vị): .....  
.Cán bộ 1: PGS.TS Nguyễn Hay ..... Cán bộ 2: TS. Lê Anh Đức .....

Nội dung và đề cương Luận văn thạc sĩ đã được Hội Đồng Chuyên Ngành thông qua.

**CÁN BỘ HƯỚNG DẪN**  
(Họ tên và chữ ký)

**CHỦ NHIỆM BỘ MÔN**  
**QUẢN LÝ CHUYÊN NGÀNH**  
(Họ tên và chữ ký)

**KHOA QL CHUYÊN NGÀNH**  
(Họ tên và chữ ký)

PGS.TS Nguyễn Hay

TS. Lê Anh Đức

## LỜI CẢM ƠN

Để hoàn thành luận văn Thạc sĩ này tôi xin chân thành bày tỏ lòng kính trọng và biết ơn sâu sắc đến:

- Toàn thể quý thầy cô Bộ môn Công nghệ nhiệt - Khoa Cơ khí trường Đại học Bách Khoa Tp.HCM, cùng quý thầy cô đã giảng dạy tôi trong thời gian học cao học, đã tận tình giảng dạy, truyền đạt cho tôi những kiến thức vô cùng quý báu.

- Ban Giám hiệu, phòng Sau đại học, ban Chủ nhiệm Khoa Cơ khí trường Đại học Bách Khoa Tp.HCM đã cho phép và tạo điều kiện thuận lợi cho tôi thực hiện luận văn này.

- Thầy cô và cán bộ Bộ môn Công nghệ nhiệt lạnh - Trung tâm Công nghệ và thiết bị nhiệt lạnh – Trung tâm Năng lượng và máy nông nghiệp Khoa Cơ khí – Công nghệ trường Đại học Nông Lâm Tp.HCM, giúp đỡ và tạo mọi điều kiện thuận lợi cho tôi chế tạo khảo nghiệm để hoàn thành luận văn này.

- Thầy PGS.TS Nguyễn Hay – Phó Hiệu trưởng trường Đại học Nông Lâm Tp.HCM đã tận tình hướng dẫn và động viên tôi thực hiện luận văn này.

- Thầy TS. Lê Anh Đức – Phó giám đốc Trung tâm Công nghệ và thiết bị nhiệt lạnh trường Đại học Nông Lâm Tp.HCM tạo điều kiện và giúp đỡ tôi trong suốt thời gian thực hiện luận văn.

- Thầy ThS. Nguyễn Văn Xuân – Giám đốc Trung tâm Năng lượng và máy nông nghiệp đã hỗ trợ giúp đỡ tôi trong quá trình thực hiện luận văn.

Tôi cũng xin chân thành cảm ơn:

- Các bạn học, các bạn đồng nghiệp đã phối hợp hỗ trợ trong quá trình tôi làm luận văn.

- Và cuối cùng, tôi xin bày tỏ lòng biết ơn sâu sắc đến bậc sinh thành đã sinh dưỡng và giáo dục để tôi có được ngày hôm nay.

## TÓM TẮT

Đề tài: “Nghiên cứu, thiết kế và chế tạo mô hình máy sấy phấn hoa bằng phương pháp sấy chân không”. Được thực hiện từ tháng 01 năm 2010 đến tháng 07 năm 2010.

### 1. Mục tiêu

- Tính toán, thiết kế và chế tạo máy sấy phấn hoa chân không năng suất 5 kg/mẻ.
- Khảo nghiệm mô hình máy sấy chân không với sản phẩm phấn hoa.
- Xác định chế độ sấy phấn hoa trong máy sấy chân không.

### 2. Nội dung thực hiện

- Tìm hiểu về sản phẩm phấn hoa.
- Tìm hiểu lý thuyết sấy chân không, chọn mô hình máy sấy.
- Tính toán, thiết kế và chế tạo máy sấy chân không sấy phấn hoa với năng suất 5 kg/mẻ.
- Khảo nghiệm mô hình máy sấy chân không.
- Xử lý số liệu, tổng hợp, đánh giá.

### 3. Kết quả chính đạt được

#### \* **Tính toán thiết kế và chế tạo mô hình máy sấy phấn hoa chân không hoàn chỉnh**

- Nguyên lý sấy chân không.
- Phương pháp cấp nhiệt bằng điện trở.
- Năng suất máy 5 kg/mẻ.
- Nhiệt độ sấy:  $t = 40^{\circ}\text{C}$ .
- Áp suất sấy:  $P = -70,77 \text{ cmHg}$ .
- Độ dày vật liệu sấy:  $\delta = 15 \text{ mm}$
- Độ ẩm vật liệu sấy:  $\varphi = 21,34 \rightarrow 10\%$ .
- Buồng sấy dạng hình trụ có bán kính  $R = 0,25 \text{ m}$ , chiều dài  $L = 0,9 \text{ m}$ .
- Bộ phận cấp nhiệt bằng điện, tổng công suất  $3,13 \text{ kW}$  gồm 5 hộp điện trở, mỗi hộp gồm 5 điện trở, công suất mỗi điện trở  $130 \text{ W}$ , hãng Mitsubishi sản xuất.

- Bơm chân không có công suất 1 HP.

- Máy nén lạnh có công suất 1 HP.

**\* Đã xác định chỉ tiêu tối ưu cho quá trình sấy bao gồm:**

- Bằng phương pháp quy hoạch thực nghiệm đã xác định được phương trình toán học biểu diễn sự phụ thuộc của các yếu tố nhiệt độ và độ dày lớp vật liệu sấy đến hàm lượng vitamin C và lượng điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy, trên máy sấy đã chế tạo.

$$C = 2043,97 + 108,909.T - 7,77941.\delta - 1,42216.T^2 + 0,043532.\delta^2$$

$$Ar = 13,5743 - 0,626857.T - 0,0749216.\delta + 8,27462 \cdot 10^{-3}.T^2 + 1,00118 \cdot 10^{-3}.\delta^2$$

+ Hàm lượng vitamin C cao nhất  $C_{max} = 33,968 \text{ mg/100g}$  này đạt được khi nhiệt độ sấy  $t = 39,8 {}^\circ\text{C}$  và độ dày lớp phấn hoa  $\delta = 22 \text{ mm}$ .

+ Lượng điện năng tiêu thụ Ar thấp nhất  $Ar_{min} = 1,534 \text{ kWh/kg}$  này đạt được khi nhiệt độ sấy  $t = 37 {}^\circ\text{C}$  và độ dày lớp phấn hoa  $\delta = 12,53 \text{ mm}$ .

Chỉ tiêu này mang tính chất tham khảo và làm cơ sở để tính toán bài toán tối ưu đa mục tiêu.

**\* Xác định các chỉ tiêu tối ưu cho máy theo đa mục tiêu:**

Lượng điện năng tiêu thụ là thấp nhất mà vẫn đảm bảo hàm lượng vitamin C trong quá trình sấy phấn hoa là cao nhất.

+ Ứng với hàm lượng vitamin C trong phấn hoa  $C = 33,968 \text{ mg/100g}$  thì chỉ tiêu tối ưu về năng lượng là  $Ar = 1,734 \text{ kWh/kg}$ . Tương ứng với nhiệt độ sấy  $t = 39,7 {}^\circ\text{C}$ , độ dày lớp phấn hoa  $\delta = 22 \text{ mm}$ .

## SUMMARY

The thesis: "Researching, designing and manufacturing of the pollen bee vacuum dryer model", was conducted from January 2010 to July 2010.

### 1. Objectives

- Calculate, design and manufacture the pollen bee vacuum dryer with yield of 5 kgs/ 9 hours.
- Test the vacuum dryer model with pollen bee products.
- Determine the condition of pollen bee dryer in the vacuum dryer.

### 2. Contents of implementation

- Searching about pollen bee products.
- Searching the theory of vacuum dryer and selecting dryer model .
- Calculating, design and manufacturing vacuum dryer drying pollen bee with yield of 5 kgs/ 9 hours.
- Testing vacuum dryer model.
- Processing data , synthesis and evaluation.

### 3. Results obtained

#### \* Calculate the design and manufacture a completed model of the pollen bee vacuum dryer

- Principles of vacuum drying.
- Method of heat supply by radiation resistance.
- Yield of 5 kgs/ 9 hours.
- Drying temperature:  $t = 40^{\circ}\text{C}$ .
- Drying Pressure:  $P = - 70,77 \text{ cm.Hg}$ .
- Drying pollen bee thickness:  $\delta = 15 \text{ mm}$
- + Drying pollen bee humidity:  $21,34 \rightarrow \varphi = 10\%$
- The cylindrical drying chamber with a radius  $R = 0,25 \text{ m}$ ; length  $L = 0,9 \text{ m}$ .

- Parts of heat supply are electric with the total capacity of 3,13 kW including 5 heater boxes, each heater box containing 5 heaters, each heater with power of 130 W, produced by Mitsubishi .

- Vacuum pump with 1 HP capacity.
- Refrigeration compressor with 1 HP capacity.

**\* Identification of optimal targets for drying process including:**

- In experimental planning methods, we identified mathematical equations showing the dependence between temperature and thickness of dried material layers to Vitamin C and power consumption in the drying process on the manufactured dryer.

$$C = 2043,97 + 108,909 \cdot T - 7,77941 \cdot \delta - 1,42216 \cdot T^2 + 0,043532 \cdot \delta^2$$

$$Ar = 13,5743 - 0,626857 \cdot T - 0,0749216 \cdot \delta + 8,27462 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 + 1,00118 \cdot 10^{-3} \cdot \delta^2$$

+ The highest level of vitamin C  $C_{max} = 33,968 \text{ mg/100g}$  was achieved when the drying temperature  $t = 39,8 {}^\circ\text{C}$  and layer thickness of pollen bee  $\delta = 22 \text{ mm}$ .

+ The lowest amount of Ar power consumption  $Ar_{min} = 1,534 \text{ kWh/kg}$  is achieved when the drying temperature  $t = 37 {}^\circ\text{C}$  and layer thickness of pollen bee  $\delta = 12,53 \text{ mm}$ .

The above data is for reference and basis calculation of all multi-objective optimization.

**\* Identification of optimal targets for the multi-purpose machine:**

The lowest power consumption is guaranteed but the highest vitamin C level in the pollen bee is still reached.

+ Corresponding with vitamin C in pollen  $C = 33,968 \text{ mg/100g}$ , the optimal energy consumption is  $Ar = 1,734 \text{ kWh/kg}$  and drying temperature  $t = 39,7 {}^\circ\text{C}$ , layer thickness of pollen bee  $\delta = 22 \text{ mm}$ .

## DANH MỤC CÁC CHỮ VIẾT TẮT

Ký hiệu	Ý nghĩa	Thứ nguyên
$\alpha$	Hệ số trao đổi nhiệt	W/m <sup>2</sup> .độ
Ar	Lượng điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy	kWh/kg
$b_0$	Hệ số tự do	-
$b_i$	Các hệ số tuyến tính	-
$b_{ij}$ ( $i \neq j$ )	Các hệ số tương tác cặp	-
$b_{ii}$	Các hệ số bậc hai	-
$C_{vls}$	Nhiệt dung riêng của vật liệu sấy	kJ/kg.độ
$C_{pk}$	Nhiệt dung riêng của không khí khô	kJ/kg.độ
C	Hệ số bỗ sung ăn mòn và bù dung sai âm do chế tạo	mm
$C_{Fe}$	Nhiệt dung riêng của thép	J/kg.K
$D_n$	Đường kính ngoài của buồng sấy	mm
$D_t$	Đường kính trong của buồng sấy	mm
$\delta$	Chiều dày lớp vật liệu sấy	mm
$\delta_i$	Chiều dày lớp vách buồng sấy	mm
$\varepsilon$	Hệ số hấp thụ	-
$F_1$	Diện tích bề mặt buồng sấy	m <sup>2</sup>
$F_v$	Diện tích vách buồng sấy	m <sup>2</sup>
$F_t$	Giá trị tính theo tiêu chuẩn Fisher	-
$F_b$	Giá trị tra bảng theo tiêu chuẩn Fisher	-
G	Khối lượng vật liệu sấy	kg
$G_a$	Khối lượng nước chứa trong vật liệu	kg
$G_k$	Khối lượng của vật liệu khô	kg
g	Gia tốc trọng trường	m/s <sup>2</sup>

$h_t$	Chiều cao phần cong đáy	mm, m
I	Entanpi của không khí ẩm	kJ/kgKKK
J	Mật độ dòng ẩm	-
k	Số yếu tố nghiên cứu	-
L	Chiều dài buồng sấy	m
$m_1$	Khối lượng không khí trong buồng trước khi hút	kg
$m_2$	Khối lượng không khí trong buồng sau khi hút	kg
$m_{vls}$	Khối lượng vật liệu sấy	kg
$\Delta m$	Lượng không khí được lấy đi	kg
N	Công suất	W, kW
$N_1$	Công suất nhiệt cung cấp cho vật liệu sấy	W, kW
$N_2$	Công suất nhiệt nung nóng không khí	W, kW
$N_{do.n}$	Công suất tính trong quá trình đoạn nhiệt	W, kW
$Nu$	Tiêu chuẩn Nusselt	-
$n_0$	Số thí nghiệm lặp ở tâm phương án	-
$\eta_{do.n}$	Hệ số hiệu dụng đằng nhiệt	-
$\eta_m$	Hệ số hiệu dụng tính đến quá trình ma sát	-
$\eta_{đã.n}$	Hệ số hiệu dụng đằng nhiệt	-
P	Độ chênh áp	$kG/mm^2$
$P_0$	Áp suất trên mặt thoáng	mm.Hg
$P_r$	Áp suất trên bề mặt cột dịch thể trong ống mao dẫn	mm.Hg
$P_{ck}$	Áp suất chân không	mm.Hg
Q	Tổng nhiệt lượng tổn thất	kW, W
$Q_{vls}$	Nhiệt lượng làm nóng vật liệu sấy	kJ, J
$Q_{kk}$	Nhiệt lượng làm nóng không khí	kJ, J
$Q_{tt}$	Nhiệt tổn thất ra môi trường bằng bức xạ	kJ, J
$Q_4$	Nhiệt lượng làm nóng các thiết bị cơ khí trong máy sấy	kJ, J

$q$	Mật độ dòng nhiệt	$\text{W}/\text{m}^2$
$q_{of}$	Mật độ dòng nhiệt của thiết bị bay hơi	$\text{W}/\text{m}^2$
$\sigma$	Sức căng mặt ngoài	$\text{kG}/\text{mm}^2$
$\sigma_b$	Ứng suất bền của vật liệu	$\text{kG}/\text{mm}^2$
$R$	Bán kính buồng sấy	$\text{m}$
$r$	Nhiệt ẩn hóa hơi	$\text{kJ}/\text{kg}$
Re	Tiêu chuẩn Reynolds	-
S	Chiều dày cho phép định mức của thân buồng	$\text{mm}$
T	Nhiệt độ sấy	${}^\circ\text{C}$
$t_1$	Nhiệt độ tác nhân sấy trong buồng sấy	${}^\circ\text{C}$
$t_2$	Nhiệt độ môi trường	${}^\circ\text{C}$
$\tau$	Thời gian lưu của vật liệu trong buồng sấy	giây, phút
$V_{buồng}$	Thể tích buồng sấy	$\text{m}^3$
$V_{vls}$	Thể tích vật liệu sấy	$\text{m}^3$
$V_{kk}$	Thể tích không khí lấy đi	$\text{m}^3$
$v$	Hệ số nhớt động học của tác nhân sấy	$\text{m}^2/\text{s}$
$\lambda_k$	Hệ số dẫn nhiệt của tác nhân sấy	$\text{W}/\text{m}^2.\text{độ}$
$\rho_{kk}$	Khối lượng riêng của không khí	$\text{kg}/\text{m}^3$
$\rho_{ph}$	Khối lượng riêng của vật liệu sấy	$\text{kg}/\text{m}^3$
$\rho_{Fe}$	Khối lượng riêng của sắt	$\text{kg}/\text{m}^3$
$W_1$	Âm độ của vật liệu trước quá trình sấy	%
$W_2$	Âm độ của vật liệu sau quá trình sấy	%
$W_{tb}$	Âm độ trung bình của vật liệu	%
$\omega$	Âm độ tương đối của vật liệu	%
$\omega_k$	Âm độ tuyệt đối của vật liệu	%
$\omega_{tb}$	Âm độ trung bình của vật liệu sấy	%
$\mu_p$	Hệ số nhớt động lực của tác nhân sấy	$\text{N.s}/\text{m}^2$

$\xi$	Hệ số trơ lực cục bộ	-
$\varphi$	Hệ số bền mối hàn dọc	-
$x_i, x_j$	Giá trị mã hóa của các thông số	-
$X_i$	Giá trị thực của các thông số vào thứ i	-
$X_{io}$	Giá trị thực ở mức cơ sở của thông số vào thứ i	-
$\Delta X_i$	Bước thay đổi của thông số vào thứ I	-
$z$	Hệ số xét đến sự làm yếu do khoét lỗ	-

## DANH MỤC CÁC HÌNH

<b>HÌNH</b>	<b>TRANG</b>
Hình 2-1. Tổ ong nuôi .....	2
Hình 2-2. Bên trong của một tổ ong nuôi.....	2
Hình 2-3. Phấn hoa bán trên thị trường.....	3
Hình 2-4. Hạt Phấn hoa .....	3
Hình 2-5. Ong thợ đang lấy phấn hoa .....	3
Hình 2-6. Ong thợ đem phấn hoa về tổ .....	3
Hình 2-7. Bên trong tổ ong.....	4
Hình 2-8. Ong thợ trước khi vào tổ .....	4
Hình 2-9. Cách thu hoạch phấn hoa .....	4
Hình 2-10. Phấn hoa sau khi thu hoạch.....	4
Hình 2-11. Phơi phấn hoa.....	5
Hình 2-12. Phấn hoa đặt trên khay sấy.....	6
Hình 2-13. Đường cong sấy .....	10
Hình 2-14. Quan hệ giữa nhiệt độ sôi của nước và áp suất.....	17
Hình 2-15. Máy sấy chân không trụ tròn YZG-600.....	18
Hình 2-16. Máy sấy chân không kiểu tủ FZG-15 .....	19
Hình 2-17. Máy sấy chân không vi sóng WHZ-0 .....	20
Hình 2-18. Máy sấy chân không đảo trộn SZG-0,1 .....	21
Hình 2-19. Thùng sấy chân không cánh đảo.....	22
Hình 2-20. Máy sấy chân không trụ tròn (Trung tâm năng lượng).....	23
Hình 2-21. Thiết bị sấy chân không băng tải .....	23
Hình 3-1. Máy sấy chân không hoàn chỉnh.....	PL
Hình 3-2. Bố trí điện trở lên khay sấy .....	PL
Hình 3-3. Dàn ống nước ngưng.....	PL
Hình 3-4. Mặt trước máy sấy chân không hoàn chỉnh .....	PL
Hình 3-5. Thùng nước ngưng .....	PL
Hình 3-6. Đầu cảm biến áp suất .....	PL

Hình 3-7. Đường nạp tác nhân lạnh vào máy lạnh.....	PL
Hình 3-8. Thùng sấy trước khi bọc cách nhiệt .....	PL
Hình 3-9. Cộng tác viên .....	PL
Hình 3-10. Tủ điện điều khiển.....	PL
Hình 3-11. Đường xả chân không.....	PL
Hình 3-12. Mặt bên phải máy sấy chân không.....	PL
Hình 3-13. Xác định khối lượng khay sấy .....	PL
Hình 3-14. Phấn hoa trải đều trên khay sấy .....	PL
Hình 3-15. Tủ đựng mẫu sấy.....	PL
Hình 3-16. Thùng nhựa bảo quản phấn hoa sau khi sấy .....	PL
Hình 3-17. Cân điện tử .....	PL
Hình 3-18. Đồng hồ đo công suất.....	PL
Hình 3-19. Đồng hồ VOM .....	PL
Hình 3-20. Đồng hồ đo ẩm độ .....	PL
Hình 3-21. Nhiệt kế điện tử.....	PL
Hình 3-22. Đồng hồ đo áp suất.....	PL
Hình 3-23. Tủ sấy mẫu .....	PL
Hình 3-24. Thiết bị đo nhiệt độ hồng ngoại .....	PL
<b>Hình 4-1. Dạng buồng sấy.....</b>	<b>31</b>
<b>Hình 4-2. Cách bố trí khay điện trở trên khung sấy .....</b>	<b>32</b>
<b>Hình 4-3. Cách bố trí các thiết bị trong buồng sấy kiểu sấy bức xạ .....</b>	<b>32</b>
<b>Hình 4-4. Sơ đồ nguyên lý máy sấy chân không 5 kg/mé.....</b>	<b>33</b>
<b><u>Hình 4-5. Mô hình máy sấy chân không .....</u></b>	<b>33</b>
<b>Hình 4-6. Xác định kích thước buồng sấy.....</b>	<b>37</b>
<b>Hình 4-7. Cách bố trí điện trở lên khay sấy .....</b>	<b>40</b>
<b>Hình 4-8. Nguyên lý dàn ngưng tụ hơi nước .....</b>	<b>46</b>
<b>Hình 4-9. Bình ngưng tụ ấm.....</b>	<b>49</b>
<b>Hình 4-10. Mạch điện điều khiển.....</b>	<b>49</b>
<b>Hình 4-11. Bản vẽ lắp máy sấy chân không 5 kg/mé.....</b>	<b>50</b>

Hình 4-12. Mô hình máy chế tạo hoàn chỉnh.....	51
Hình 4-13. Phân hoa ở các nhiệt độ sấy khác nhau.....	54
Hình 4-14. Bài toán hộp đèn mô tả quá trình nghiên cứu. ....	56
Hình 4-15. Đồ thị thể hiện mức độ ảnh hưởng của các yếu tố $X_1-X_2$ đến $Y_1$ .....	61
Hình 4-16. Đồ thị quan hệ $X_1-X_2-Y_1$ .....	62
Hình 4-17. Đồ thị thể hiện mức độ ảnh hưởng của các yếu tố $X_1-X_2$ đến $Y_2$ .....	63
Hình 4-18. Đồ thị quan hệ $X_1-X_2-Y_2$ .....	63

## DANH SÁCH CÁC BẢNG

<b>BẢNG</b>	<b>TRANG</b>
Bảng 2.1. Kết quả khảo sát ảnh hưởng của các phương pháp sấy đến hoạt tính chống oxy hóa của phẩn hoa (Lê Minh Hoàng và các cộng sự) .....	7
Bảng 2.2. Mối quan hệ giữa áp suất và nhiệt độ hóa hơi của nước .....	17
Bảng 2.3. Thông số kỹ thuật tủ sấy chân không hình trụ ngang YZG-600 Φ×L.....	19
Bảng 2.4. Thông số kỹ thuật máy sấy chân không kiểu tủ hộp vuông FZG-15.....	20
Bảng 2.5. Thông số kỹ thuật máy sấy chân không vi sóng WHZ-0 .....	21
Bảng 2.6. Thông số kỹ thuật máy sấy chân không đảo trộn SZG-0,1 .....	22
Bảng 4.1. Kết quả lượng nhiệt chi phí trong quá trình sấy .....	40
Bảng 4.2. Kết quả khảo nghiệm đánh giá khả năng làm việc của máy.....	54
Bảng 4.3. Mức và khoảng biến thiên các yếu tố đầu vào.....	58
Bảng 4.4. Ma trận thí nghiệm và kết quả thí nghiệm bậc 2 ở dạng mã hóa.....	59
Bảng 4.5. Ma trận thí nghiệm và kết quả thí nghiệm bậc 2 ở dạng thực .....	59
Bảng 4.6. Kết quả phân tích phương sai hàm lượng vitamin C trong phẩn hoa ( $Y_1$ ) .....	PL
Bảng 4.7. Kết quả phân tích phương sai hàm lượng vitamin C trong phẩn hoa ( $Y_1$ ) sau khi loại bỏ hệ số hồi qui không phù hợp .....	PL
Bảng 4.8. Ước lượng tương tác của các hệ số hồi qui đối với hàm mục tiêu ( $Y_1$ ) .....	PL
Bảng 4.9. Kết quả xác định các hệ số hồi qui hàm lượng vitamin C trong phẩn hoa ( $Y_1$ ) ở dạng mã hóa.....	PL
Bảng 4.10. Kết quả phân tích phương sai chi phí điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy phẩn hoa ( $Y_2$ ).....	PL
Bảng 4.11. Kết quả phân tích phương sai chi phí điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy phẩn hoa ( $Y_2$ ) sau khi loại bỏ hệ số hồi qui không phù hợp .....	PL
Bảng 4.12. Ước lượng tương tác của các hệ số hồi qui đối với hàm mục tiêu ( $Y_2$ ) .....	PL
Bảng 4.13. Kết quả xác định các hệ số hồi qui chi phí điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy phẩn hoa ( $Y_2$ ) ở dạng mã hóa .....	PL
Bảng 4.14. Bảng xác định các thông số tối ưu theo chỉ tiêu hàm lượng vitamin C trong phẩn hoa sau khi sấy.....	PL
Bảng 4.15. Bảng xác định các thông số tối ưu theo điện năng tiêu trong quá trình sấy phẩn hoa.....	PL

Bảng 4.16. Bảng xác định các thông số tối ưu theo đa mục tiêu trong quá trình sấy  
phấn hoa ..... PL

## **DANH MỤC CÁC PHỤ LỤC**

**Phụ lục 1:** Một số hình ảnh

**Phụ lục 2:** Phụ lục kết quả xử lý thí nghiệm và kết quả giải bài toán tối ưu

**Phụ lục 3:** Bản vẽ

# **LÝ LỊCH TRÍCH NGANG**

Họ và tên: **BÙI QUỐC KHOA**

Ngày, tháng, năm sinh: 12/07/1983

Nơi sinh: Tp.HCM

Địa chỉ liên lạc: 129/11/07 đường Hoàng Văn Thụ - Phường 8

Quận Phú Nhuận – Tp.HCM.

Điện thoại: 083.8477.410

Email: khoa\_bq@yahoo.com

## **QUÁ TRÌNH ĐÀO TẠO**

(Bắt đầu từ Đại học đến nay)

Tốt nghiệp Đại học ngành Nhiệt lạnh hệ chính quy tại Đại học Nha Trang Tp.Nha Trang - Tỉnh Khánh Hòa, năm 2007.

Tháng 11 năm 2008 theo học Cao học ngành Công nghệ nhiệt, Khoa Cơ khí, trường Đại học Bách Khoa Tp.HCM.

## **QUÁ TRÌNH CÔNG TÁC**

(Bắt đầu từ khi đi làm đến nay)

Từ năm 2005 đến năm 2006 thực tập và làm việc tại Công ty cổ phần xuất nhập khẩu thủy sản Miền Trung Thọ Quang, Tp.Đà Nẵng.

Từ năm 2006 đến năm 2007 làm việc tại Công ty TNHH công nghiệp lạnh Cát Tường - Tp.Nha Trang, tỉnh Khánh Hòa.

Từ năm 2007 đến năm 2008 làm việc tại Công ty cổ phần công nghiệp lạnh Hưng Trí, Tp.HCM.

Từ năm 2008 đến năm 2009 công tác tại Đại học Tiền Giang - Tỉnh Tiền Giang.

Từ năm 2009 đến nay làm việc tại Bộ môn Công nghệ nhiệt lạnh, Khoa Cơ khí Công nghệ, trường Đại học Nông Lâm Tp.HCM.

# MỤC LỤC

## TRANG

Trang tựa .....	
Trang chuẩn y .....	i
Nhiệm vụ luận văn thạc sĩ .....	ii
Lời cảm ơn.....	iv
Tóm tắt.....	v
Summary.....	vii
Danh sách các chữ ký hiệu .....	ix
Danh sách các hình.....	xii
Danh sách các bảng .....	xv
Danh sách các phụ lục .....	xvii
Lý lịch trích ngang .....	xviii

## Chương 1. MỞ ĐẦU VÀ MỤC ĐÍCH ĐỀ TÀI

## Chương 2. TỔNG QUAN

2.1. Tình hình sản xuất buôn bán và sử dụng phấn hoa .....	2
2.2. Giới thiệu về phấn hoa .....	2
2.3. Các phương pháp bảo quản phấn hoa.....	5
2.4. Thực trạng kỹ thuật và công nghệ sấy phấn hoa .....	7
2.5. Tìm hiểu chung về quá trình sấy .....	8
2.5.1. Khái niệm về sấy .....	8
2.5.2. Âm độ trong vật liệu sấy .....	8
2.5.3. Đặc tính hấp phụ và mao dẫn .....	9
2.5.4. Phân loại vật liệu ẩm và đặc tính xốp của vật liệu .....	9
2.5.5. Các dạng liên kết ẩm .....	9
2.5.6. Truyền nhiệt truyền chất và động học quá trình sấy .....	10
2.5.6.1. Truyền nhiệt truyền chất.....	10

2.5.6.2. Động học quá trình sấy.....	10
2.5.7. Phương pháp tính toán và thiết kế máy .....	12
2.6. Các phương pháp sấy .....	14
2.6.1. Sấy tự nhiên.....	14
2.6.2. Sấy bằng thiết bị .....	14
2.6.2.1. Phương pháp sấy nóng .....	14
2.6.2.2. Phương pháp sấy lạnh .....	15
2.7. Thiết bị sấy sấy chân không .....	19
2.7.1. Thiết bị sấy chân không kiểu gián đoạn.....	19
2.7.1.1. Máy sấy chân không trụ tròn.....	19
2.7.1.2. Máy sấy chân không kiểu tủ.....	20
2.7.1.3. Máy sấy chân không vi sóng .....	21
2.7.1.4. Máy sấy chân không đảo trộn .....	22
2.7.1.5. Máy sấy chân không có cánh đảo.....	23
2.7.1.6. Máy sấy chân không trụ tròn (Trung tâm năng lượng) .....	23
2.7.2. Thiết bị sấy chân không liên tục.....	24

### **Chương 3: NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

3.1. Nội dung nghiên cứu .....	26
3.2. Phương pháp nghiên cứu.....	26
3.2.1. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết.....	26
3.2.2. Phương pháp chế tạo .....	27
3.2.3. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm.....	27
3.2.3.1. Vật liệu và thiết bị phục vụ thực nghiệm .....	27
3.2.3.2. Phương pháp quy hoạch thực nghiệm .....	28
3.2.3.3. Phương pháp xử lý số liệu thực nghiệm.....	30
3.2.3.4. Phương pháp tối ưu hóa .....	30
3.2.3.5. Phương pháp đo đặc thực nghiệm .....	31

## **Chương 4. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN**

4.1. Nghiên cứu lý thuyết .....	32
4.1.1. Lựa chọn phương pháp sấy .....	32
4.1.2. Lựa chọn mô hình sấy .....	32
4.2. Tính toán thiết kế máy sấy .....	36
4.2.1. Các yêu cầu thiết kế ban đầu .....	36
4.2.2. Tính toán kích thước buồng sấy .....	36
4.2.3. Tính toán bộ phận cung cấp nhiệt .....	38
4.2.4. Tính toán và chọn bơm chân không .....	41
4.2.5. Tính toán dàn ngưng .....	43
4.2.6. Tính toán dàn lạnh và dàn nóng .....	47
4.2.7. Thiết kế mạch điện điều khiển .....	50
4.3. Chế tạo thiết bị .....	52
4.4. Khảo nghiệm đánh giá khả năng làm việc của máy .....	53
4.5. Nghiên cứu thực nghiệm .....	56
4.5.1. Phát biểu bài toán hộp đen .....	57
4.5.2. Kế hoạch thực nghiệm bậc hai .....	58
4.5.2.1. Xác định tâm kế hoạch thực nghiệm và bước biến thiên của các yếu tố .....	58
4.5.2.2. Lập ma trận thí nghiệm .....	59
4.5.2.3. Kết quả thực nghiệm và xử lý kế hoạch thực nghiệm .....	60
4.5.2.4. Phân tích kết quả thực nghiệm .....	62
4.6. Xác định các thông số và chỉ tiêu tối ưu .....	65
4.7. Kết quả thực nghiệm của một số chỉ tiêu khác .....	67
4.8. Thảo luận .....	67

## **Chương 5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ**

5.1. Kết luận .....	68
5.2. Kiến nghị .....	68

## **TÀI LIỆU THAM KHẢO**

## **PHỤ LỤC**

## Chương 1

### MỞ ĐẦU VÀ MỤC ĐÍCH ĐỀ TÀI

Nước ta là một trong những quốc gia có nhiều lợi thế cho phát triển sản xuất ngành ong mật như có hơn 10 triệu ha rừng tự nhiên, diện tích cây công nghiệp lâu năm, đây là nguồn thức ăn dồi dào cho ong mật. Với những thuận lợi đó trong những năm gần đây ngành nuôi ong ở nước ta đang ở thời kì phát triển với quy mô ngày càng lớn. Sản phẩm khai thác từ loài ong mật không chỉ có mật ong mà còn có nhiều sản phẩm khác như sữa ong chúa, phấn hoa, nọc ong, keo ong, sáp ong và cả xác của các loài ong. Đây là một nguồn dược liệu và thực phẩm có giá trị khá cao cho đời sống và cũng là nguồn xuất khẩu. Sản phẩm ong mật của nước ta được xuất khẩu đi các thị trường lớn như Mỹ, Nhật Bản, Đức, Châu Âu đem lại nguồn ngoại tệ đáng kể hàng năm.

Bên cạnh tiềm năng kể trên, chúng ta đang đứng trước một số tồn tại trong việc chế biến và bảo quản phấn hoa, ngoài ra chất lượng của sản phẩm chưa đáp ứng yêu cầu của khách hàng khó tính tại các thị trường lớn như Châu Âu, Mỹ,... khâu chế biến còn rất thô sơ, mặt hàng chưa đa dạng đó là những yếu tố gây khó khăn cho việc xuất khẩu sản phẩm mật, mà phấn hoa là một ví dụ.

Từ những nguyên nhân trên, với mong muốn nâng cao hiệu quả và chất lượng sấy phấn hoa, để phấn hoa trở thành một mặt hàng xuất khẩu dưới dạng thực phẩm cao cấp, có giá trị về mặt kinh tế, việc nghiên cứu và chế tạo máy sấy phấn hoa là vấn đề cấp thiết. Được sự chấp thuận của Khoa Cơ khí – Bộ môn Nhiệt lạnh, ĐHBK, Tp.HCM và hướng dẫn của thầy: PGS.TS Nguyễn Hay và TS. Lê Anh Đức; tôi tiến hành thực hiện đề tài: “**Nghiên cứu thiết kế chế tạo mô hình máy sấy phấn hoa bằng phương pháp sấy chân không**”.

#### **Mục đích đề tài:**

- Tính toán thiết kế và chế tạo mô hình máy sấy chân không sấy phấn hoa với năng suất 5 kg/mẻ.
- Nghiên cứu thực nghiệm và xác định chế độ sấy phấn hoa trong máy sấy chân không.

## Chương 2

# TỔNG QUAN

### 2.1. Tình hình sản xuất buôn bán và sử dụng phấn hoa

Hiệp hội nuôi ong quốc tế (APIMONDIA) chưa có số liệu cập nhật về tình hình sản xuất phấn hoa thương phẩm. Tuy nhiên theo tổng kết của Eva Crane (1990) thì những nước sản xuất phấn hoa gồm có Pháp, Đức, Hungari, Rumani, Tây Ban Nha, Liên Xô (cũ), Nam Tư, Argentina, Chile, Mexico, Uruguay, Mỹ, Australia, Trung Quốc, Israel, Đài Loan, Tunisia, Việt Nam. Những nước đã xuất khẩu phấn hoa là Argentina, Tây Ban Nha, Hungari, Đài Loan. Những nước nhập khẩu gồm: Benelux, Pháp, Đức, Italia, Vương quốc Anh, Mỹ. Giá bán tại Mỹ là 60 - 68,3 USD/kg, tại Đức là 74,4 – 84,7 UER (Naturallife, 2009). Theo Garcia-villanova và cộng sự (2004) thì hàng năm Tây Ban Nha sản xuất khoảng 1000 tấn phấn, phần lớn là dùng cho xuất khẩu với giá bán rất cao vì chất lượng nguồn phấn rất tốt, gần 80 % sản lượng phấn là thu từ cây Cistus ladanifer.

Tại Pháp, Mỹ, Anh và một số nước khác sử dụng phấn hoa khoảng 150 tấn mỗi năm, (số liệu khảo sát thị trường phấn hoa của Công ty cổ phần ong mật).

Tại Việt Nam, vì cách sơ chế và bảo quản không tốt, khiến cho dinh dưỡng trong phấn hoa bị giảm đi nhiều, các chất quý biến mất, điều kiện bảo quản không tốt,... nên phấn hoa chủ yếu được tiêu thụ trong nước, hầu hết là dùng cho ong ăn lại chiếm khoảng 640 tấn (chiếm khoảng 80 %), nhu cầu tiêu dùng khoảng 160 tấn (chiếm khoảng 20 %) và tập trung chủ yếu ở các thành phố lớn (Hội nuôi ong, 2009).

### 2.2. Giới thiệu về phấn hoa

Phấn hoa (pollen), tên khoa học: Pille.

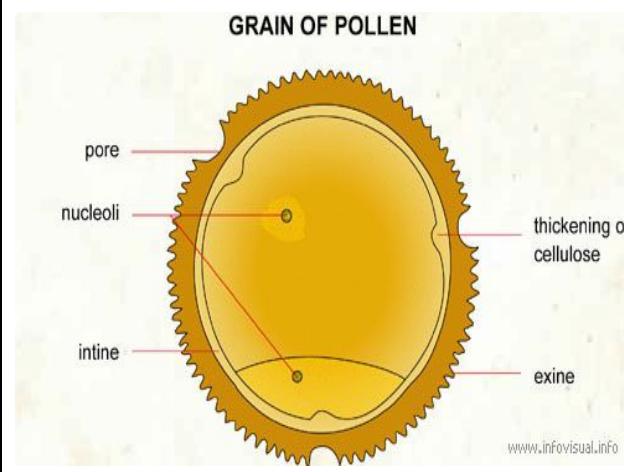
Phấn hoa (phấn ong, phuơng ong) là một sản phẩm của nghề nuôi ong, do con ong lấy những hạt phấn từ nhị của các loài hoa, mang về tổ cất giữ, dùng làm “lương thực”.

	
Hình 2-1. Tổ ong nuôi	Hình 2-2. Bên trong của một tổ ong nuôi

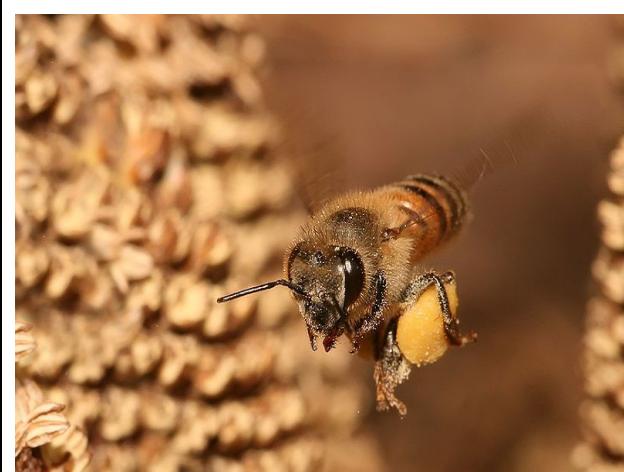
Phấn hoa có chứa nhiều chất dinh dưỡng quý, có tài liệu nói phấn hoa có tới 22 loại acid amin, 14 loại vitamin (B1, B2, B5, B6, C, D, E, H...), protein, axit amin,

carbonhydrate, nhiều chất khoáng như K, Ca, Na, S, Cu, Fe... 18 loại men thiên nhiên và nhiều hoạt chất sinh học có lợi cho sức khỏe con người.

Nguồn đạm rất phong phú, khoảng 35 % trong đó có 15 – 30 % đạm dễ tiêu hóa. Đường khoảng 40 % (glucoz). Sinh tố tuy ít nhưng nó giữ được vai trò xúc tác tiêu hóa không thể thiếu được. Rutin là chất gluconit bảo vệ cơ thể chống sự chảy máu, tăng cường cơ tim và nhịp đập của tim. Phấn hoa có khả năng kiềm hãm vi khuẩn và diệt trừ một số vi khuẩn rất tốt. Chất béo rất ít khoảng 4,5 % và các axit amin. So với những thứ nhiều đạm như: thịt bò, trứng, phomat, phấn hoa chứa nhiều đạm tiêu hóa hơn gấp 5 -> 7 lần.

	 GRAIN OF POLLEN
Hình 2-3. Phấn hoa bán trên thị trường	Hình 2-4. Hạt Phấn hoa

Khi hoa nở, đàn ong bay đi khắp vùng hoa để thu gom các tế bào của nhụy hoa đực, từ các tế bào bằng các hạt nhỏ li ti như hạt bụi con ong dùng hai chân trước thu gom các tế bào ấy thông qua nhào luyện ở cửa miệng con ong và sự nhu động đều mệt ở bụng làm cho mật trào ra cửa miệng cùng với các men tiêu hóa giúp cho các hạt phấn ấy dính lại và chuyển sang chân sau đắp dần thành hai viên phấn ở hai giò phấn của bắp đùi chân sau như **Hình 2-6**. Khi trọng lượng của hai viên phấn đã cân đối với sức tải của cơ thể thì con ong mới bay về tổ.

	
Hình 2-5. Ong thợ đang lấy phấn hoa	Hình 2-6. Ong thợ đem phấn hoa về tổ

Khi bay về tổ, ong gạt hai viên phấn đó vào các ô lăng để tiếp tục chế biến và dự trữ làm lương ong. Nếu nguồn phấn thừa và dài dàò thì ta dùng lưới thoát có đường kính là

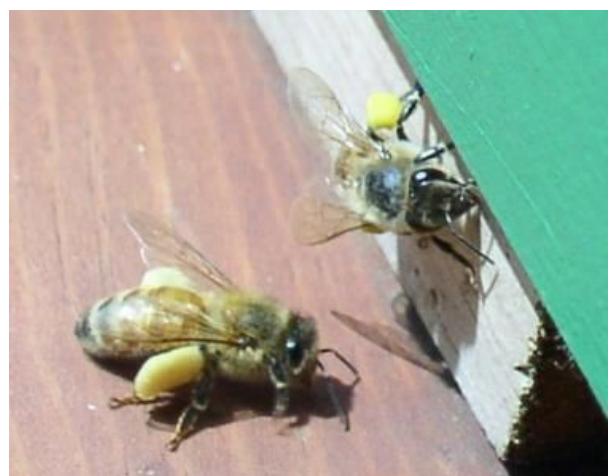
4,5mm để khi ong chui qua làm hạt phấn rót lại và ta thu hoạch (thu được khoảng 60 – 70 % hạt phấn) còn lại ong vẫn mang được vào tổ 30 – 40 % để làm lương ong.

Thí nghiệm cho thấy, phấn hoa thu hoạch ở đàn ong có thể dùng vào nhiều việc trong chăn nuôi gia súc. Ví dụ: cho một tỷ lệ nhỏ phấn hoa vào khẩu phần lợn con, bê và gà con sẽ làm cho chúng chóng lớn hơn và còn mang lại nhiều lợi ích khác.

Trên thị trường Việt Nam hiện nay thường có bán một số loại phấn hoa như: phấn trà, phấn cà phê, phấn mắc cỡ, phấn còng cua... Khi mua, nên chú ý đến màu sắc, kích thước hạt phấn và hạn sử dụng. Một số nơi do việc chế biến và bảo quản không kỹ lưỡng nên phấn hoa dễ bị mốc, hoặc quá hạn sử dụng và chuyển sang màu đen. Màu sắc của toàn bộ lô phấn phải đồng nhất, tránh bị pha lẫn. Thực tế cho thấy, sử dụng phấn hoa tươi là tốt nhất, tuy nhiên điều kiện bảo quản là rào cản khá lớn để thương phẩm hóa phấn hoa tươi.



Hình 2-7. Bên trong tổ ong



Hình 2-8. Ong thợ trước khi vào tổ



Hình 2-9. Cách thu hoạch phấn hoa



Hình 2-10. Phấn hoa sau khi thu hoạch

Theo y học cổ truyền, phấn hoa có vị ngọt, tính bình, tác dụng cầm bỗ cường tráng, ích khí dưỡng huyết và bổ thận. Người ta thường dùng phấn hoa để trị chứng suy nhược, thận tinh bất túc với các triệu chứng mỏi mệt rã rời, bồn chồn, bức bối, hoa mắt, chóng mặt, mất ngủ, hay quên, ăn kém, suy giảm tình dục, đau lưng mỏi gối, liệt dương, di tinh, xuất tinh sớm, đái đêm nhiều, muộn con, tắt kinh sớm... Y thư cổ Thần nông bản thảo

kinh cho răng, nếu dùng phấn hoa lâu ngày có thể làm cho cơ thể trở nên nhẹ nhàng, khí lực sung mãn, trẻ lâu.

Nhiều bằng chứng khoa học đã ghi nhận, phấn hoa có tác dụng phòng chống cao huyết áp, xơ vữa động mạch, tiểu đường, viêm loét dạ dày tá tràng, viêm gan, chống lão hóa, chống phóng xạ, tăng cường công năng miễn dịch, thúc đẩy quá trình tạo huyết, kiện não, bổ túy, cải thiện trí nhớ, điều tiết nội tiết tố, không chế tuyển tiền liệt tăng sinh, tăng cường khả năng tình dục, phòng chống ung thư và làm đẹp da.

### 2.3. Các phương pháp bảo quản phấn hoa

Trong phấn hoa gồm nước, protein, gluxít, lipit và khoáng chất cùng nhiều enzym, coenzim, vitamine và các chất có hoạt tính chống ôxy hoá, phấn hoa tươi có hàm lượng nước từ  $30 \div 40\%$ , nên chúng dễ bị lên men và bị hư hỏng nhanh, do vậy muốn tồn trữ chúng thì phải tiến hành sấy khô, làm đông lạnh, hoặc trộn chung với các nguyên liệu khác để dự trữ (Bogdnov, 2004), là loại vật liệu sấy có kích thước tương đối nhỏ  $0,5 \div 2$  mm, được lấy từ những loại cây do chọn lựa và lẩn một ít đường phụ thêm có nguồn gốc từ mật ong hoặc mật hoa mà làm cho phấn hoa ẩm, nên quá trình di chuyển ẩm bên trong vật liệu là tương đối khó và thường thời gian sấy rất dài.

Nghiên cứu của Brown và cộng sự (1994) đã cho biết giá trị dinh dưỡng của phấn hoa bị giảm khoảng 76 % trong một năm, nhưng nếu phấn hoa sau thu hoạch được làm lạnh nhanh và bảo quản ở  $0^{\circ}\text{C}$  thì sẽ bảo quản được lâu hơn và chất lượng ít bị biến đổi.

Để bảo quản phấn hoa người ta có 3 cách:

\* **Phơi nắng:** trải mỏng phấn hoa trên tấm bạt hay tấm tôn, phơi 3 nắng để đạt ẩm độ 10%. Phương pháp này phấn hoa sẽ mất đi một số thành phần vitamin, hoạt chất chống oxy hóa, không được vệ sinh, phụ thuộc vào thời tiết, không điều khiển được nhiệt độ sấy, và tiêu tốn nhân công. Hiện nay ở nhiều nước đã hạn chế việc phơi nắng (vì phấn hoa bị nhiễm bụi bẩn và các vi sinh độc hại, đồng thời phấn hoa bị biến chất)



Hình 2-11. Phơi phấn hoa.

Do đó phấn hoa thành phẩm chỉ để cho ong ăn vào mùa khan phấn hoặc mùa khai thác mật cao su.

\* **Sấy bằng tủ sấy:** sấy phấn hoa trong tủ sấy ở nhiệt độ  $45^{\circ}\text{C}$  đựng vào bao bì sạch và đây kín có chống ẩm. Các thiết bị chủ yếu của máy sấy gồm buồng sấy, ở phía dưới có bộ phận cấp nhiệt (điện trở), phía trên là các khay chứa phấn hoa. Điện trở cung cấp nhiệt để làm khô phấn hoa, trong quá trình sấy cần phải đảo các khay để phấn hoa khô đều và không bị cháy.

Khi sấy phấn hoa bằng máy sấy, ở nhiệt độ không quá  $40^{\circ}\text{C}$  để làm cho hàm lượng nước trong phấn hoa  $\leq 10\%$  trong thời gian càng ngắn thì càng ít bị tổn thất về mặt dinh dưỡng và có thể tồn trữ được trong 15 tháng (Collin và cộng sự, 1995). Ở một số nước, phấn hoa được làm khô (ẩm độ chỉ còn 8 – 10 %), người ta đã phải sử dụng máy sấy bằng hơi nóng (Eva Crane, 1990).



Hình 2-12. phấn hoa đặt trên khay sấy.

Theo Campos và cộng sự (2003), áp dụng công nghệ sấy phấn hoa bằng khí khô, nhiệt độ khoảng  $40^{\circ}\text{C}$  để làm khô phấn hoa ( $8 \div 10\%$ ) trong thời gian ngắn, sẽ hạn chế được sự tổn thất của các chất dinh dưỡng có trong phấn hoa.

Để tiến hành sấy, phấn hoa tươi được trải đều, khí khô nóng thổi qua để làm khô phấn hoa. Ở New Zealand, quy định nhiệt độ sấy phấn hoa không được quá  $40^{\circ}\text{C}$ , sau khi sấy khô, phấn hoa khô được bảo quản trong hộp thiếc có nắp đậy kín và lót giấy bồi, tránh cho phấn hoa tiếp xúc với ánh sáng và không khí (Eva Crane, 1990).

Điểm hạn chế của phương pháp này là chiều dày lớp sấy bị khống chế (bố trí lớp mỏng) để khô đều sản phẩm, nếu dày thì phấn hoa chỉ khô đều ở mặt trên, bên cạnh đó tính độ chênh lệch áp suất hơi nước bên trong sản phẩm phấn hoa dẫn đến thời gian sấy kéo dài.

\* **Ủ với đường:** phấn hoa phơi một nắng cho ráo nước, sau đó cho vào những bình miệng rộng cứ một lớp phấn khoảng 3 cm thì một lớp đường 2 cm và trên cùng là lớp đường. Sau một thời gian đường chảy ra và hoà vào phấn. Cách bảo quản này hầu như giữ được gần hết các thành phần phấn hoa rất tốt để làm hàng hóa và cho ong ăn.

Phương án này không đáp ứng được nhu cầu đa dạng về sản phẩm.

Ngoài ra phấn hoa còn được làm khô theo phương pháp sấy đông khô, tuy giá thành khá cao nhưng chất lượng dinh dưỡng của nó thì rất tốt.

**Bảng 2.1:** Kết quả khảo sát ảnh hưởng của các phương pháp sấy đến hoạt tính chống oxy hóa của phấn hoa (Lê Minh Hoàng và các cộng sự)

	Số mẫu	Số lần lặp lại	Trung bình	Khoảng giá trị	P
Phơi nắng	3	3	30,72	29,07 - 32,34	<<0,05
Sấy thủ công	3	3	50,83	47,49 - 54,16	
Đông khô	3	3	90,95	87,62 - 94,28	

#### 2.4. Thực trạng kỹ thuật và công nghệ sấy phấn hoa

Hiện tại, vẫn chưa có các số liệu thống kê chính xác về sản lượng phấn hoa hàng năm thu được, tuy nhiên với tổng số 800 ngàn đàn ong hiện có, sản lượng phấn thu hàng năm ước đạt khoảng trên 800 tấn. Tuy nhiên do khâu thu hoạch sơ chế và bảo quản không tốt cho nên phấn hoa vẫn chưa thể xuất khẩu phổ biến như các loại sản phẩm ong mật khác, vì vậy trong khi sử dụng sản phẩm phấn hoa ta còn để lãng phí nhiều.

Ở Việt Nam, thực tế ở hầu hết các cơ sở sản xuất vẫn chưa có các quy trình công nghệ cũng như các thiết bị tiên tiến để sấy và bảo quản phấn hoa. Người dân chủ yếu đem phấn hoa thu được ra phơi khô ngoài nắng, hoặc cũng đã có một số nơi ở Lâm Đồng, Đồng Nai, Đăk Lăk có sử dụng lò sấy thủ công, đốt nóng bằng than, củi, để sấy phấn hoa. Tuy nhiên các cách làm khô phấn hoa như trên đều có chất lượng kém, không đáp được các yêu cầu về tiêu chuẩn chất lượng. Do vậy phấn hoa thu được chủ yếu dùng cho ong ăn lại.

Năm 2007, Công ty cổ phần ong mật Đăk Lăk có tiến hành đề tài thử nghiệm sấy phấn hoa bằng máy sấy chân không. Kết quả bước đầu đã cho thấy phấn hoa khô thu được tốt hơn so với các loại phấn hoa sấy thủ công hoặc phơi nắng. Tuy nhiên do công suất còn hạn chế, thời gian sấy khá dài, kết cấu máy chưa hợp lý, chi phí điện năng tiêu thụ lớn. Do vậy, vẫn chưa ứng dụng rộng rãi vào các cơ sở sản xuất (Lê Minh Hoàng và cộng sự, 2007).

## 2.5. Tìm hiểu chung về quá trình sấy

### 2.5.1. Khái niệm về sấy

Quá trình sấy là quá trình chất lỏng hoặc hơi của nó chủ yếu là nước và hơi nước nhận được năng lượng để dịch chuyển từ trong lòng vật ra bề mặt và nhờ tác nhân mang thải vào môi trường.

### 2.5.2. Độ ẩm của vật

- Độ ẩm tương đối: Độ ẩm tương đối là số phần trăm khối lượng nước (rắn, lỏng, hơi) chứa trong một kilogram vật liệu ẩm.

$$\omega = \frac{G_a}{G} \cdot 100, \quad \%$$

Trong đó:

$\omega$ : độ ẩm tương đối của vật liệu.

$G_a$ : khối lượng của nước chứa trong vật liệu.

$G$ : khối lượng vật liệu ẩm.

- Độ ẩm tuyệt đối: Độ ẩm tuyệt đối là số phần trăm nước chứa trong một kilogram vật liệu khô.

$$\omega_k = \frac{G_a}{G_k} \cdot 100, \quad \%$$

Trong đó:

$\omega_k$ : độ ẩm tuyệt đối.

$G_a$ : khối lượng của nước chứa trong vật liệu.

$G_k$ : khối lượng của vật liệu khô.

Có nhiều phương pháp đo độ ẩm của vật nhưng trong thực tế người ta thường dùng hai phương pháp sau:

- Phương pháp tủ sấy: vật liệu được đặt bên trong tủ sấy có nhiệt độ không đổi, sấy cho đến khi khối lượng của vật không đổi, từ đó tiến hành tính ẩm độ. Phương pháp tủ sấy là phương pháp có độ chính xác cao, là phương pháp dùng để so sánh, đánh giá các phương pháp khác. Tuy nhiên nhược điểm của phương pháp này là mất nhiều thời gian tiến hành.

- Phương pháp gián tiếp: điện trở hoặc điện dung của vật liệu thay đổi theo ẩm độ của vật liệu. Dựa vào tính chất này người ta gián tiếp xác định độ ẩm của vật liệu. Phương pháp gián tiếp cho kết quả chỉ sau vài giây. Tuy nhiên nhược điểm của phương pháp này là độ chính xác không cao do tùy thuộc vào hình dạng kích thước vật liệu, độ

âm, độ bẩn... Ở khoảng âm độ thấp sai số ( $\pm 0,3\%$ ) nhưng ở âm độ cao sai số có thể là ( $\pm 3\%$ ).

### 2.5.3. Đặc tính hấp thụ và mao dẫn

#### \* Đặc tính hấp thụ:

- Hấp thụ hóa học: là hiện tượng liên kết bền vững giữa các phân tử nước và các phân tử của vật hấp thụ thông qua việc trao đổi điện tử vòng ngoài. Hấp thụ hóa học rất bền vững, muốn tách ẩm thì sấy ở nhiệt độ cao.

- Hấp thụ vật lý: là hiện tượng liên kết giữa các phân tử của nước với các phân tử của vật hấp thụ do sức căng mặt ngoài. Hấp thụ vật lý có thể dễ dàng tách khỏi vật liệu ẩm trong quá trình sấy.

#### \* Đặc tính mao dẫn:

$$P_{md} = p_0 - p_r = \frac{2\sigma}{r}$$

Trong đó:

$p_0$ : áp suất trên mặt thoáng.

$p_r$ : áp suất trên bề mặt cột dịch thể trong ống mao dẫn.

$\sigma$ : sức căng bề mặt của dịch thể với thành mao dẫn.

$r$ : bán kính cong của bề mặt dịch thể.

+  $r > 0 \Rightarrow P_{md} > 0 \Rightarrow$  cột chất lỏng trong ống mao dẫn tăng.

+  $r < 0 \Rightarrow P_{md} < 0 \Rightarrow$  cột chất lỏng trong ống mao dẫn giảm.

Vì vậy, áp suất trong không gian gây nên hiện tượng biến dạng đối với các vật xốp đàn hồi.

### 2.5.4. Phân loại vật liệu ẩm và đặc tính xốp của vật liệu

#### \* Phân loại vật liệu ẩm:

- Vật keo: khi hút ẩm hoặc khử ẩm kích thước các hang xốp của vật thay đổi.

- Vật xốp mao dẫn: kích thước của các hang xốp không thay đổi khi hút ẩm hoặc khử ẩm.

- Vật keo xốp mao dẫn: vật liệu vừa có tính keo vừa có tính mao dẫn.

#### \* Đặc tính xốp của vật liệu ẩm:

Đặc tính xốp của vật liệu ẩm được đánh giá qua độ xốp. Độ xốp của vật liệu là tổng tất cả các thể tích trống gồm thể tích các hang xốp và các mao quản trong một đơn vị thể tích của vật.

### 2.5.5. Các dạng liên kết ẩm

Các liên kết giữa ẩm với vật liệu khô có ảnh hưởng rất lớn đến quá trình sấy. Nó sẽ chi phối diễn biến của quá trình sấy.

Ẩm có mặt trong vật liệu dưới hai dạng lớn:

- Liên kết hóa - lý: liên kết không thể khử được bằng quá trình sấy.
- Liên kết cơ - lý: liên kết có thể tách khỏi vật liệu nhờ quá trình sấy.
  - + Liên kết hấp phụ: liên kết của một lớp cõi phân tử trên các bề mặt các hàng xốp của vật liệu (nước hoặc hơi nước với vật liệu)
  - + Liên kết mao dẫn: liên kết giữa các dịch thể dính ướt của bề mặt vật liệu.
  - + Liên kết thẩm thấu: liên kết của nước trong các dung dịch.

### 2.5.6. Truyền nhiệt truyền chất và động học quá trình sấy

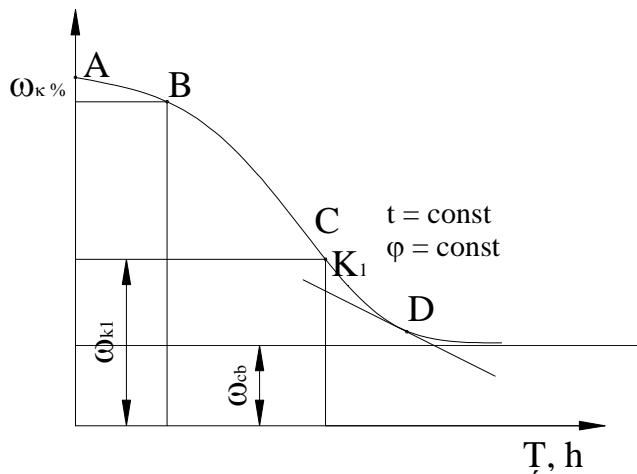
#### 2.5.6.1. Truyền nhiệt truyền chất

Quá trình sấy là quá trình vật liệu nhận năng lượng mà chủ yếu là nhiệt năng từ một nguồn nhiệt nào đó để ẩm từ trong lòng vật dịch chuyển ra bề mặt và đi vào tác nhân sấy hay môi trường. Như vậy, quá trình sấy là quá trình truyền nhiệt, truyền chất xảy ra đồng thời. Trong lòng vật quá trình đó là quá trình dẫn nhiệt và khuếch tán ẩm hỗn hợp. Trao đổi nhiệt ẩm giữa bề mặt vật với môi trường hay tác nhân sấy là quá trình trao đổi nhiệt và trao đổi ẩm đối lưu liên hợp. Một vật xốp đặt trong không khí luôn luôn xảy ra quá trình tương tác ẩm trong điều kiện nhiệt độ của vật và không khí không đổi. Đặc trưng cho quá trình này là quá trình hấp phụ và khử hấp phụ.

- $P_v < P_a$ : dòng ẩm đi từ không khí vào vật liệu đó là quá trình hấp thụ.
- $P_v > P_a$ : dòng ẩm đi từ trong lòng vật ra bề mặt để đi vào không khí đó là quá trình khử hấp thụ.
- $P_v = P_a$ : vật đạt trạng thái độ ẩm cân bằng ( $\omega_{cb}$ )

#### 2.5.6.2. Động học quá trình sấy

\* **Đường cong sấy:** là quan hệ giữa độ ẩm trung bình tích phân và thời gian sấy.



Hình 2-13. Đường cong sấy

$$\omega_{tb} = \frac{1}{V} \iiint \omega(x, y, z, \tau) dV = f(\tau)$$

Trong đó:

$\omega_{tb}$ : độ ẩm trung bình.

V: thể tích của vật liệu sấy.

$\tau$ : thời gian sấy.

Gồm 3 thành phần tương ứng với 3 giai đoạn sấy:

- Giai đoạn đốt nóng (đoạn AB): vật liệu sấy nhận được nhiệt lượng và ẩm trong lòng vật bắt đầu phả vỡ các liên kết để dịch chuyển ra bề mặt và một phần nhỏ bắt đầu tách khỏi bề mặt vật liệu sấy. Nhiệt độ của vật liệu sấy tăng rất nhanh nhưng thời gian rất ngắn.

- Giai đoạn tốc độ sấy không đổi (đoạn BC):

+ Nhiệt độ không đổi.

+ Độ ẩm trung bình tích phân giảm rất nhanh ( $\omega_{tb} = f(\tau)$ ).

+ Tốc độ sấy:  $\frac{d\omega_{tb}}{d\tau} = \frac{df(\tau)}{d\tau} = \text{const.}$

+ Nhiệt lượng vật liệu sấy nhận được chỉ để phá vỡ các liên kết ẩm mà chủ yếu là ẩm tự do, liên kết thẩm thấu và cung cấp năng lượng cho ẩm để di chuyển từ trong lòng vật ra bề mặt.

- Giai đoạn tốc độ sấy giảm dần (đoạn CD):

+ Tốc độ sấy giảm.

+ Nhiệt độ vật liệu sấy bắt đầu tiếp tục tăng.

+ Các liên kết bền vững (liên kết hấp thụ, liên kết mao dẫn,...) cần cung cấp một năng lượng lớn hơn và ở một nhiệt độ cao hơn mới tách khỏi vật liệu sấy.

+ Tổng thời gian của giai đoạn này lớn hơn rất nhiều so với tổng thời gian của 2 giai đoạn trước đó.

#### \* Đường cong tốc độ sấy:

- Đường cong tốc độ sấy nói lên khả năng giảm ẩm của vật liệu sấy theo thời gian.

$$\frac{d\omega_{tb}}{d\tau} = \frac{df(\tau)}{d\tau}$$

- Giai đoạn đốt nóng và giai đoạn tốc độ sấy không đổi: đường cong sấy đối với tất cả các vật liệu sấy là giống nhau.

- Tốc độ sấy tăng rất nhanh và giữ không đổi trong suốt quá trình tốc độ sấy không đổi.

- Những vật liệu sấy có cấu trúc và liên kết ẩm khác nhau sẽ có hình dạng khác nhau.

#### \* Đường cong nhiệt độ sấy:

- Đường cong nhiệt độ sấy nói lên sự ảnh hưởng ẩm độ của vật liệu sấy đến nhiệt độ của quá trình sấy.

- Đường cong nhiệt độ tâm vật liệu sấy:  $t_0 = f_0(\omega_{tb})$ .

- Đường cong nhiệt độ bề mặt vật liệu sấy:  $t_b = f_b(\omega_{tb})$ .

- Kết thúc quá trình đốt nóng:  $t_m > t_u = t_b > t_0$

$$t_b = t_u = t_m - \frac{r.J}{\alpha_1}$$

$$\omega_b = \omega_{tu} < \omega_{tb} < \omega_0$$

$$- Quá trình tốc độ sấy không đổi:  $t_b = t_u = t_m - \frac{r.J}{\alpha_1}$$$

Trong đó:

r: nhiệt ẩm hóa hơi

$J_2$ : mật độ dòng ẩm

$\alpha_1$ : hệ số trao đổi nhiệt

- Quá trình sấy kết thúc:  $t_b = t_0 \approx t_m$   
 $\omega_b \approx \omega_0 \approx \omega_{tb} \approx \omega_{cb}$

### 2.5.7. Phương pháp tính toán và thiết kế máy

#### \* Tổng hợp các yêu cầu thiết kế ban đầu.

Sấy phấn hoa là một lĩnh vực tương đối mới, vì vậy các nguồn tài liệu có liên quan đến quy trình công nghệ và thiết bị sấy phấn hoa rất hiếm. Do vậy, phần nghiên cứu thực nghiệm là bước đầu của đề tài nghiên cứu sấy phấn hoa. Tiến hành sấy thực nghiệm với mô hình máy sấy chân không với các nhiệt độ và áp suất khác nhau, từ đó rút ra được mối liên quan giữa nhiệt độ sấy chế độ sấy đến thời gian sấy và chất lượng sản phẩm sấy...

Trong khuôn khổ đề tài, do những khó khăn khách quan, đề tài chỉ tập trung khảo nghiệm sấy phấn hoa với quy cách nhất định tương đối phổ biến, dễ mua trên thị trường (cụ thể phấn hoa lấy từ Bảo Lộc – Lâm Đồng).

#### \* Tính toán thể tích buồng sấy

Trên cơ sở năng suất yêu cầu và điều kiện thực tế chọn kiểu buồng sấy. Thiết kế cách bố trí khay sấy phấn hoa và các thiết bị bên trong buồng để xác định tỷ lệ không gian sử dụng. Từ tỷ lệ đó xác định kích thước hình học của buồng sấy.

#### \* Tính toán bộ phận cung cấp nhiệt

Trong buồng sấy chân không không có tổn thất nhiệt do thiết bị truyền tải, rất ít tổn thất ra môi trường và cũng không có tổn thất do tác nhân sấy mang đi. Nhiệt lượng mà bộ phận cung cấp nhiệt cần cung cấp cho quá trình sấy là:

- Phần nhiệt làm phấn hoa nóng lên đến nhiệt độ sấy.
- Phần nhiệt cung cấp không khí trong buồng sấy nóng lên.
- Phần nhiệt tổn thất qua vách buồng sấy.

#### \* Tính toán bình ngưng tụ

- Nhiệt lượng tỏa ra trong bình ngưng

$$Q_n = W_b \{ (r + r_d) + C_{pa} (t_h - t_b) \} \quad (2-1)$$

Trong đó:

$W_b$ : lượng ẩm đóng băng, kg/h

$r$  và  $r_d$ : nhiệt ẩn hóa hơi và nhiệt đong đặc của nước

$C_{pa}$ : nhiệt dung riêng của hơi

$t_h$  và  $t_b$ : nhiệt độ hơi và nhiệt độ băng

- Bài toán truyền nhiệt trong bình ngưng tụ

Bài toán truyền nhiệt ở đây là bài toán truyền nhiệt qua một vách ngăn giữa hỗn hợp hơi nước – không khí trong ống với nước làm mát ở ngoài ống.

$$Q_n = k \cdot F \cdot \Delta t \quad (2-2)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (2-3)$$

$$\alpha_1 = 4,2 \cdot (1 + 0,007 \cdot t_{vc}) \cdot q^{0,7}, \text{ W/m}^2\text{K} \quad (2-4)$$

$$\alpha_2 = 6,568 \cdot 10^{-4} \frac{\lambda q'}{g \mu} \left( \frac{T_{bh} - t_b}{T_{bh}} \right)^{-1,1}, \text{ W/m}^2\text{K} \quad (2-5)$$

### \* Tính toán công suất máy hút chân không

$$Q = \Delta w + l_n \quad (2-6)$$

$$l_{ck} = q - \Delta w = q - (w_1 - w_2) \quad (2-7)$$

Máy hút chân không là hệ hở, khi bỏ qua thế năng, năng lượng toàn phần của hệ sẽ gồm enthanpi và động năng. Vậy năng lượng toàn phần của chất khí hút vào máy với enthanpi  $i_1$ , tốc độ  $\omega_1$  sẽ là:

$$w_1 = i_1 + \omega_1^2 / 2 \quad (2-8)$$

Năng lượng toàn phần của chất khí khi bị đẩy ra khỏi máy hút với enthanpi  $i_2$ , tốc độ  $\omega_2$  sẽ là:

$$w_2 = i_2 + \omega_2^2 / 2 \quad (2-9)$$

$$\Rightarrow l_{ck} = q - (i_2 - i_1) - \frac{\omega_2^2 - \omega_1^2}{2} \quad (2-10)$$

## 2.6. Các phương pháp sấy

### 2.6.1. Sấy tự nhiên

Sấy tự nhiên là phương pháp sử dụng nguồn nhiệt bức xạ từ mặt trời để nung nóng tác nhân sấy và ẩm trong vật liệu sấy thoát ra ngoài môi trường.

**Ưu điểm:** công nghệ đơn giản, chi phí đầu tư và vận hành thấp, không đòi hỏi nhân công lành nghề.

**Nhược điểm:** kiểm soát điều kiện sấy rất kém, tốc độ sấy chậm hơn nhiều so với sấy bằng thiết bị, do đó chất lượng sản phẩm kém, tốn nhiều nhân công.

## **2.6.2. Sấy bằng thiết bị**

Dựa vào tác nhân sấy hay cách tạo ra động lực quá trình dịch chuyển ẩm mà chúng ta có hai phương pháp sấy: phương pháp sấy nóng và phương pháp sấy lạnh.

### **2.6.2.1. Phương pháp sấy nóng**

Trong phương pháp sấy nóng, tác nhân sấy được đốt nóng nên độ ẩm tương đối giảm dẫn đến phân áp suất hơi nước trong tác nhân sấy giảm. Mặt khác do nhiệt độ của vật liệu sấy tăng lên nên mật độ hơi trong các mao quản tăng và phân áp suất hơi nước trên bề mặt vật cũng tăng. Như vậy, trong hệ thống sấy nóng có hai cách để tạo ra độ chênh phân áp suất hơi nước giữa vật liệu sấy và môi trường. Cách thứ nhất là giảm phân áp suất của tác nhân sấy bằng cách đốt nóng nó và cách thứ hai là tăng phân áp suất hơi nước trong vật liệu sấy.

Như vậy, nhờ đốt nóng cả tác nhân sấy và vật liệu sấy hay chỉ đốt nóng vật liệu sấy mà hiệu phân áp suất giữa hơi nước trên bề mặt vật và phân áp suất của hơi nước tác nhân sấy tăng, dẫn đến làm tăng quá trình dịch chuyển ẩm từ trong lòng vật liệu sấy ra bề mặt và đi vào môi trường.

Dựa vào phương thức truyền nhiệt cho vật liệu sấy người ta phân ra phương pháp sấy nóng ra các loại như sau:

#### **\* Hệ thống sấy đối lưu**

Trong hệ thống sấy đối lưu, vật liệu sấy nhận nhiệt bằng đối lưu từ một dịch thể nóng mà thông thường là không khí nóng hoặc khói lò. Các tác nhân sấy được đốt nóng rồi vận chuyển đến trao đổi nhiệt với vật sấy. Hệ thống sấy đối lưu như vậy có nhiều phương pháp để thực hiện: sấy buồng, sấy hàm, sấy khí động, sấy thùng quay,...

#### **\* Hệ thống sấy tiếp xúc**

Trong hệ thống sấy tiếp xúc, vật sấy được trao đổi nhiệt với một bề mặt đốt nóng. Bề mặt tiếp xúc với vật sấy có thể là bề mặt rắn hay vật lỏng. Nhờ đó người ta làm tăng sự chênh lệch áp suất hơi nước. Các phương pháp thực hiện có thể là sấy kiệu trực cán, sấy kiệu lô quay, sấy dầu,...

#### **\* Hệ thống sấy bức xạ**

Vật sấy được nhận nhiệt từ nguồn bức xạ để ẩm dịch chuyển từ trong lòng vật ra bề mặt và từ bề mặt ẩm khuếch tán vào môi trường. Nguồn bức xạ thường dùng là đèn hồng ngoại, dây hay thanh điện trở. Sấy bức xạ có thể tiến hành trong điều kiện tự nhiên hay trong buồng kín.

#### **\* Hệ thống sấy dùng điện cao tần**

Hệ thống sấy này sử dụng năng lượng điện có tần số cao để làm nóng vật sấy. Vật sấy được đặt trong từ trường điện từ do vậy nhiệt của dòng điện này nung nóng vật cần nung. Hệ thống này thường sấy các vật mềm và thời gian nung ngắn.

Đặc điểm của phương pháp sấy ở nhiệt độ cao:

- Thời gian sấy bằng các phương pháp sấy nóng ngắn hơn so với phương pháp sấy lạnh.
- Năng suất cao và chi phí ban đầu thấp.
- Nguồn năng lượng sử dụng cho phương pháp sấy nóng có thể là khói lò, hơi nước nóng, hay các nguồn nhiệt từ dầu mỏ, than đá, rác thải,... cho đến điện năng.
- Các vật sấy không cần có các yêu cầu đặc biệt về nhiệt độ.
- Sản phẩm sấy thường hay bị biến màu và chất lượng không cao.

### 2.6.2.2. Phương pháp sấy lạnh

Khác với phương pháp sấy nóng, để tạo ra sự chênh lệch áp suất hơi nước giữa vật liệu sấy và tác nhân sấy, người ta giảm phân áp suất hơi nước trong tác nhân sấy bằng cách giảm dung ẩm trong tác nhân sấy và độ ẩm tương đối.

Khi phân áp suất của tác nhân sấy giảm xuống, độ chênh áp suất của ẩm trong vật sấy và tác nhân sấy tăng lên. Ẩm chuyển dịch từ trong vật ra bề mặt sẽ chuyển vào môi trường. Nhiệt độ môi trường của sấy lạnh thường thấp (có thể thấp hơn nhiệt độ của môi trường bên ngoài, có khi nhỏ hơn 0°C).

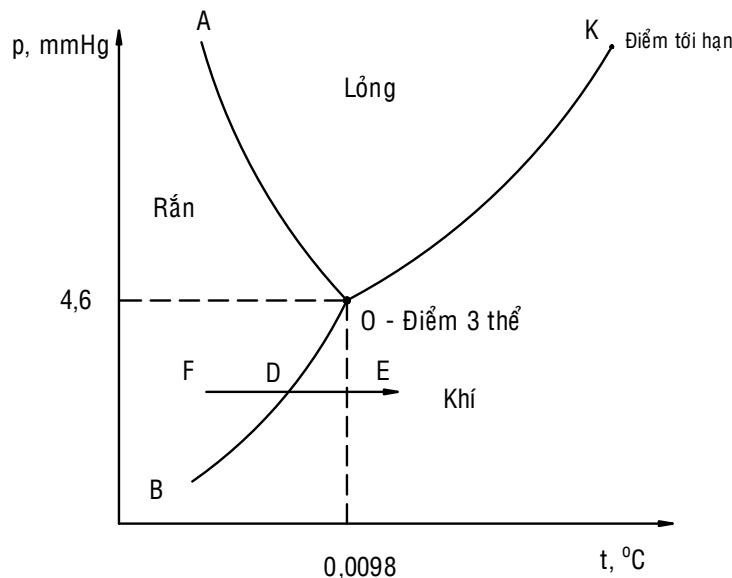
#### \* Hệ thống sấy lạnh ở nhiệt độ $t > 0$

Với những hệ thống sấy mà nhiệt độ vật liệu sấy cũng như nhiệt độ tác nhân sấy xấp xỉ nhiệt độ môi trường, tác nhân sấy thường là không khí được khử ẩm bằng phương pháp làm lạnh hoặc bằng các máy khử ẩm hấp phụ, sau đó nó được đốt nóng hoặc làm lạnh đến các nhiệt độ yêu cầu rồi cho đi qua vật liệu sấy. Khi đó do phân áp suất hơi nước trong tác nhân sấy bé hơn phân áp suất hơi nước trên bề mặt vật liệu sấy mà ẩm từ dạng lỏng bay hơi đi vào tác nhân sấy. Như vậy, quy luật dịch chuyển ẩm trong lòng vật và từ bề mặt vật vào môi trường trong các hệ thống sấy lạnh loại này hoàn toàn giống như trong các hệ thống sấy nóng.

Điều khác nhau ở đây chỉ là cách giảm phân áp suất hơi nước trong tác nhân sấy. Chẳng hạn, trong các hệ thống sấy nóng đối lưu người ta giảm bằng cách đốt nóng tác nhân sấy ( $d = \text{const}$ ) để tăng áp suất bão hòa dẫn đến giảm độ ẩm tương đối  $\varphi$ . Trong khi đó, với các hệ thống sấy lạnh có nhiệt độ tác nhân sấy bằng nhiệt độ môi trường chẳng hạn, người ta lại tìm cách giảm phân áp suất hơi nước của tác nhân sấy bằng cách giảm lượng chứa ẩm  $d$  kết hợp với quá trình làm lạnh (sau khử ẩm bằng hấp phụ) hoặc đốt nóng (sau khử ẩm bằng làm lạnh).

#### \* Hệ thống sấy thăng hoa:

Hệ thống sấy lạnh mà trong đó ẩm trong vật liệu sấy ở dạng rắn trực tiếp biến thành hơi đi vào tác nhân sấy thường gọi là sấy thăng hoa. Trong hệ thống sấy thăng hoa, người ta tạo ra môi trường trong đó nước trong vật liệu sấy ở dưới điểm 3 thể, nghĩa là nhiệt độ của vật liệu  $T < 273$  K và áp suất tác nhân sấy bao quanh vật  $P < 610$  Pa. Khi đó, nếu vật liệu sấy nhận được nhiệt lượng thì nước trong vật liệu sấy ở dạng rắn sẽ chuyển trực tiếp thành hơi nước và đi vào tác nhân sấy. Như vậy, trong các hệ thống sấy thăng hoa một mặt ta phải làm lạnh vật xuống dưới 0°C và một mặt phải tạo chân không xung quanh vật liệu sấy.



Hình: Biểu diễn đồ thị chuyển pha của nước trên toạ độ P-t.

Điểm O gọi là điểm 3 thể, ở đó nước tồn tại đồng thời 3 thể: thể rắn, thể lỏng và thể hơi. Nhiệt độ và áp suất của điểm ba thể O tương ứng bằng:  $t = 0,0098 \text{ } ^\circ\text{C}$  và  $P = 4,6 \text{ mmHg}$  [1].

Trên đồ thị đường BO biểu diễn ranh giới giữa pha rắn và pha hơi. Tương tự như vậy đường OA - là ranh giới giữa pha rắn và pha lỏng và cuối cùng đường OK - là ranh giới giữa pha lỏng và pha khí. Điểm K gọi là điểm tới hạn, ở đó nhiệt ẩn hóa hơi có thể xem bằng không.

Nếu ẩm trong vật liệu sấy có trạng thái đóng băng ở điểm F như trên hình chặng hạn, được đốt nóng dần áp đến nhiệt độ  $t_d$  tương ứng với điểm D thì nước ở thể rắn sẽ thực hiện quá trình thăng hoa DE. Cũng trên hình có thể thấy rằng áp suất càng thấp thì nhiệt độ thăng hoa của nước càng bé. Do đó, khi cấp nhiệt cho vật liệu sấy ở áp suất càng thấp thì độ chênh nhiệt độ giữa nguồn nhiệt và vật liệu sấy càng tăng. Đúng về mặt truyền nhiệt thì đây là ưu điểm của sấy thăng hoa so với sấy chân không bình thường.

Bảng sau cho chúng ta quan hệ giữa áp suất và nhiệt độ thăng hoa của nước trong miền áp suất từ 4,6 mmHg đến  $10^{-6} \text{ mmHg}$  [Trần Tuấn, Nguyễn Hữu Chí - Kỹ thuật sấy thăng hoa - NXB Đại học Quốc gia TP.HCM, 2003].

$$1 \text{ mmHg} = 1 \text{ torr}$$

$$1 \text{ mbar} = 0,750 \text{ mmHg}$$

Áp suất mmHg	Nhiệt độ $^\circ\text{C}$	Áp suất mmHg	Nhiệt độ $^\circ\text{C}$	Áp suất mmHg	Nhiệt độ $^\circ\text{C}$
4,6	0,00	2,2	-8,6	0,08	-41,40
4,5	-0,3	2,1	-9,2	0,07	-42,60
4,4	-0,6	2,0	-9,6	0,06	-43,80
4,3	-0,85	1,9	-10,45	0,05	-45,40
4,2	-1,10	1,8	-11,10	0,04	-47,00
4,1	-1,40	1,7	-11,75	0,03	-49,80
4,0	-1,70	1,6	-12,40	0,02	-52,70
3,9	-2,00	1,5	-13,15	0,01	-57,60
3,8	-2,30	1,4	-13,90	0,008	-59,00
3,7	-2,60	1,3	-14,75	0,006	-61,00
3,6	-2,90	1,2	-15,60	0,004	-62,50

3,5	-3,25	1,1	-16,55	0,003	-63,50
3,4	-3,60	1,0	-17,50	0,002	-64,50
3,3	-3,90	0,9	-18,10	0,0018	-65,00
3,2	-4,30	0,8	-19,70	0,0016	-65,50
3,1	-4,70	0,735	-20,70	0,0015	-65,70
3,0	-5,1	0,7	-21,10	0,0014	-66,00
2,9	-5,5	0,6	-22,50	0,0013	-66,20
2,8	-5,90	0,5	-24,40	0,0012	-66,50
2,7	-6,30	0,4	-26,60	0,0011	-66,60
2,6	-6,70	0,3	-29,50	0,001	-66,70
2,5	-7,15	0,2	-33,50	0,0001	-77,00
2,4	-7,60	0,1	-39,30	0,00001	-88,00
2,3	-8,10	0,09	-40,80	0,000005	-100,00

**Ưu điểm:** sấy ở nhiệt độ thấp nên giữ được các tính chất tươi sống của sản phẩm, hàm lượng nước còn lại trong thực phẩm rất ít (chỉ 2-4%); nếu dùng để sấy thực phẩm sẽ giữ được chất lượng và hương vị của sản phẩm, không bị mất các vitamin.

**Nhược điểm:** giá thành thiết bị cao, vận hành phức tạp, người vận hành cần có trình độ kỹ thuật cao, tiêu hao điện năng lớn, số lượng sản phẩm cần sấy bị giới hạn, không thể tăng năng suất vì kích thước buồng sấy bị hạn chế, các thiết bị cho buồng chân không cũng cần được kín. Dầu bôi trơn cho các máy móc hoạt động cũng là loại đặc biệt, đắt tiền và khó kiếm để thay thế, bổ sung.

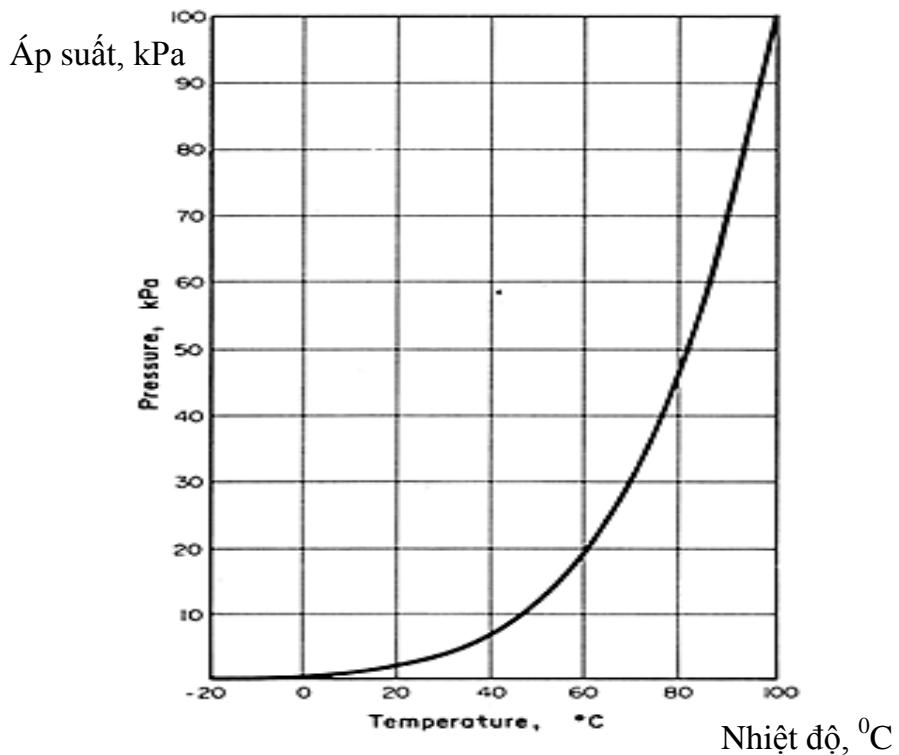
#### \* Hệ thống sấy chân không

Trong phương pháp này, áp suất trong buồng sấy nhỏ hơn áp suất khí quyển nhưng vẫn trên điểm 3 thể ( $p > 610 \text{ Pa}$ ). Nếu nhiệt độ vật liệu sấy vẫn nhỏ hơn 273 K nhưng áp suất tác nhân sấy bao quanh vật  $p > 610 \text{ Pa}$  thì khi vật liệu sấy nhận được nhiệt lượng, các phần tử nước ở thể rắn không chuyển trực tiếp thành hơi để đi vào tác nhân sấy mà trước khi biến thành hơi đi vào môi trường thì nước ở thể rắn phải chuyển qua thể lỏng.

Hệ thống sấy chân không gồm có buồng sấy, thiết bị ngưng tụ và bơm chân không. Vật sấy được đặt trong trong buồng kín hút chân không. Âm thoát ra từ vật được hút ra ngoài.

Nguyên lý cơ bản của phương pháp sấy chân không là sự phụ thuộc vào áp suất sôi của nước. Khi hút chân không sẽ làm cho áp suất trong vật giảm đi, nước trong vật sẽ hóa hơi và thoát ra ngoài, đây chính là nguồn động lực chính tạo điều kiện thúc đẩy quá trình di chuyển ẩm từ bên trong vật ra ngoài bề mặt của quá trình sấy chân không. Tại điều kiện chân không, quá trình bay hơi diễn ra nhanh chóng và qua đó quá trình khô vật sẽ rất nhanh, thời gian sấy giảm xuống đáng kể. Bên cạnh đó, quá trình sấy ở nhiệt độ thấp (có thể thấp hơn nhiệt độ môi trường) nên nhiều tính chất đặc trưng ban đầu: tính chất sinh học, hương vị, màu sắc, hình dáng của sản phẩm được giữ lại gần như đầy đủ. Sản phẩm sấy chân không bảo quản lâu dài và ít bị tác động bởi môi trường

**Chế độ sấy:** tùy thuộc vào đặc tính, tính chất của từng loại vật liệu sấy sẽ ảnh hưởng đến tốc độ sấy mà ta cần quan tâm xem xét để chọn các thông số áp suất, nhiệt độ thích hợp cho từng loại vật liệu sấy. Quan hệ giữa áp suất và nhiệt độ điểm sôi của nước có giá trị được cho ở Bảng 2.1 và biểu thị qua Hình 2-14 sau:



Bảng 2.2. Mối quan hệ giữa áp suất và nhiệt độ hóa hơi của nước

Hình 2-14. Quan hệ giữa nhiệt độ sôi của nước và áp suất

mmHg	760	149,4	92,51	55,32	31,82	17,54	9,21	6,54	6,10	5,69	5,29	4,93	4,58
°C	100	60	50	40	30	20	10	5	4	3	2	1	0

**Phương pháp cáp nhiệt:** trong buồng sấy chân không, đối tượng sấy thường được gia nhiệt bằng phương pháp tiếp xúc hoặc bức xạ.

Với phương pháp cáp nhiệt bằng tiếp xúc, đối tượng sấy được đặt trực tiếp lên nguồn nhiệt hoặc tiếp xúc với nguồn nhiệt qua những tấm vật liệu dẫn nhiệt tốt. Nguồn năng lượng nhiệt có thể là điện năng hoặc hơi nước nóng. Để nâng cao hiệu quả truyền nhiệt cần tạo điều kiện tiếp xúc tốt giữa đối tượng sấy và bề mặt dẫn nhiệt.

Cấp nhiệt bằng bức xạ là phương thức cấp nhiệt cho đối tượng sấy có hiệu quả cao, đang được sử dụng rộng rãi. Bởi bức xạ không chỉ tạo được một dòng cấp nhiệt lớn trên bề mặt vật (khoảng 20 ÷ 100 lần so với dòng nhiệt cấp do đối lưu).

**Ưu điểm:** Cường độ bay hơi ẩm lớn có thể tới vài lần so với sấy tiếp xúc hay đối lưu, thiết bị gọn nhẹ, thời gian sấy cho phép rút ngắn, do đó tăng năng suất và giảm giá thành sản phẩm. Ví dụ: nếu dùng đèn hồng ngoại để sấy vải thì thời gian sấy giảm đi từ 50 -100 lần so với sấy tiếp xúc hay đối lưu.

**Nhược điểm:** sản phẩm sấy dễ bị nứt và cong vênh, vì vậy các vật liệu như gỗ, men sứ không thích hợp với kiểu sấy này.

## 2.7. Thiết bị sấy chân không

Có hai loại hệ thống sấy chân không cơ bản được phân biệt theo phương thức gia nhiệt cho vật liệu như sau:

### 2.7.1. Thiết bị sấy chân không kiểu gián đoạn

Tủ sấy chân không là một thiết bị sấy đơn giản nhất, có dạng hình trụ hoặc hình hộp chữ nhật, được cấp nhiệt bằng hơi nước, dầu dẫn nhiệt hoặc điện. Vật liệu được xếp vào khay và cho vào tủ sấy đặt trực tiếp lên nguồn nhiệt hoặc được cấp nhiệt bằng bức xạ. Trong thời gian làm việc tủ được đóng kín và được nối với hệ thống tạo chân không (thiết bị ngưng tụ và bơm chân không). Việc cho liệu vào và lấy liệu ra được thực hiện bằng tay.

#### 2.7.1.1. Máy sấy chân không trụ tròn



##### \* Ghi Chú:

1. Kính xem.
  2. Nắp buồng sấy.
  3. Đồng hồ đo áp suất.
  4. Đường hút chân không
  5. Buồng sấy.
  6. Chân đỡ buồng sấy.
  7. Bàn lề cửa.
  8. Đường xả phá chân không
- Hình 2-15. Máy sấy chân không trụ tròn YZG-600

Máy sấy chân không trụ tròn YZG-600 thuộc dòng trạng thái tĩnh, nguyên liệu được sấy trong buồng sấy ở trạng thái tĩnh, hình dáng của nguyên liệu được giữ nguyên.

Tủ sấy chân không có năng suất nhỏ và hiệu quả thấp, không gian hữu ích ít, nguyên liệu ở trên khay không được lật nên độ khô không đồng đều, phương pháp gia nhiệt bằng đối lưu điện trở làm hiệu quả truyền nhiệt thấp.

Thiết bị sấy chân không trụ tròn được ứng dụng rộng rãi trong các ngành chế dược, thực phẩm hóa chất, nhuộm...

Bảng 2.3. Thông số kỹ thuật tủ sấy chân không hình trụ ngang YZG-600 Φ×L:

Tên\đặc điểm kỹ thuật	YZG-600 Φ×L
Kích cỡ bên trong buồng sấy (mm)	600×976
Kích Cỡ ngoài của buồng sấy (mm)	1153×810×1020
Số lượng tầng sấy	4
Khoảng cách giữa các tầng (mm)	81

Kích cỡ của các khay (mm)	310×600×45
Số lượng khay	4
Áp suất cho phép bên trong đường ống dẫn trong buồng sấy (MPa)	$\leq 0,784$ (8 kgf/cm <sup>2</sup> )
Nhiệt độ bên trong buồng sấy (°C)	$\leq 150$
Chân không ở trong buồng máy	$\leq 30$
Khi lực chân không ở cột hiển thị chỉ 30 và nguồn nhiệt là 110 °C, thì tỉ lệ bốc hơi của nước (kg/m <sup>2</sup> ·h)	7,2
Bơm chân không (kw) - có bình ngưng	2X-15A 2 kW
Bơm chân không (kw) - không bình ngưng	SK-0,8 2,2 kW
Trọng lượng tủ (kg)	250

### 2.7.1.2. Máy sấy chân không kiểu tủ



Máy sấy chân không kiểu tủ FZG-15 thuộc dòng trạng thái tĩnh, nguyên liệu được sấy trong buồng sấy ở trạng thái tĩnh, hình dáng của nguyên liệu được giữ nguyên.

Tủ sấy chân không có năng suất nhỏ và hiệu quả thấp, độ chân không kém, nguyên liệu ở trên khay không được lật nên độ khô không đồng đều, phương pháp gia nhiệt bằng đối lưu điện trở làm hiệu quả truyền nhiệt thấp.

Thiết bị sấy khô chân không được ứng dụng rộng rãi trong các ngành chế dược, thực phẩm hóa chất, nhuộm... phù hợp yêu cầu GMP Dược phẩm.

Bảng 2.4. Thông số kỹ thuật máy sấy chân không kiểu tủ hộp vuông FZG-15:

Tên\đặc điểm kỹ thuật	FZG-15 L×W×H
Kích cỡ bên trong buồng sấy (mm)	1500×1400×1200
Kích cỡ ngoài của buồng sấy (mm)	1513×1924×2060
Số lượng tầng sấy	8
Khoảng cách giữa các tầng (mm)	122
Kích cỡ của các khay (mm)	460×640×45
Số lượng khay	32

Áp suất cho phép bên trong đường ống dẫn trong buồng sấy (MPa)	$\leq 0,784$
Nhiệt độ bên trong buồng sấy ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\leq 150$
Chân không ở trong buồng máy	$\leq 30$
Khi lực chân không ở cột hiển thị chỉ 30 và nguồn nhiệt là 1100, thì tỉ lệ bốc hơi của nước ( $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ )	7,2
Bơm chân không (kW) – có bình ngưng	2X-70A 7,5kW
Bơm chân không (kW) – không bình ngưng	SK-3 7,5kW
Trọng lượng tủ (kg)	2100

### 2.7.1.3. Máy sấy chân không vi sóng



Hình 2-17. Máy sấy chân không vi sóng WHZ-0

Dưới môi trường áp chân không sóng cao tần làm giảm lượng ẩm trong nguyên liệu được gia nhiệt nhanh và bay hơi thoát ra ngoài bề mặt. Tăng tốc độ sấy so với kiểu gia nhiệt truyền dẫn. Phù hợp cho sấy nhiều loại nguyên liệu khác nhau, nhiều kiểu hình dạng nhiều mức độ ẩm.

Tủ sấy có cấu tạo phức tạp, chi phí chế tạo cao, chưa phổ biến với lò công suất lớn, khó khăn trong việc vận hành và bảo dưỡng thiết bị.

Ứng dụng trong sấy đông dược: toàn bộ các loại thuốc đông y, viên hoàn.

**Bảng 2.5. Thông số kỹ thuật máy sấy chân không vi sóng WHZ-0:**

Ký hiệu	Số lượng đầu vi sóng	Công suất vi sóng (kW)	Kích thước khay chứa (mm)	Số lượng khay	Khối lượng nguyên liệu/mẻ	Kích thước máy (mm)
WHZ-0	3	3	550x190x85	4	2-5	1600x1000x2250

#### 2.7.1.4. Máy sấy chân không đảo trộn

Thiết bị sấy thuộc dòng trạng thái động, nguyên liệu được sấy trong buồng sấy ở trạng thái động.

Thiết bị thùng quay tròn chân không có kết cấu phức tạp, chi phí chế tạo thiết bị cao so với thiết bị sấy dạng trụ tròn, độ chân không kém, không gian hữu ích ít.

Thiết bị sấy chân không đảo trộn được ứng dụng trong sấy các nguyên liệu dược phẩm, thực phẩm, hóa chất...



**\* Ghi Chú:**

1. Nắp cửa tủ.
2. Ron cửa.
3. Buồng sấy.
4. Trụ đỡ buồng sấy
5. Đồng hồ đo áp suất.
6. Đường rút chân không.
7. Ngăn đựng các bộ phận.

Hình 2-18. Máy sấy chân không đảo trộn SZG-0,1

**Bảng 2.6. Thông số kỹ thuật máy sấy chân không đảo trộn SZG-0,1**

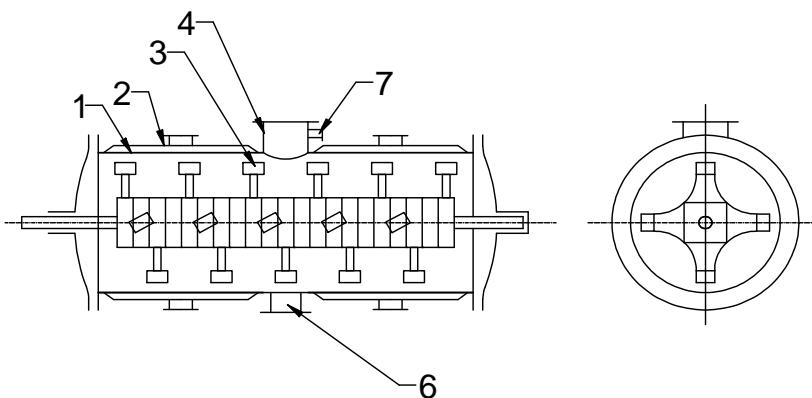
Ký hiệu	Dung tích (L)	Tỉ trọng nguyên liệu	Lượng nạp liệu (kg)	Độ chân không	Động cơ (kW)	Trọng lượng (kg)
SZG-0,1	100	0,4 → 0,6	50	50	1,1	650

#### 2.7.1.5. Thùng sấy chân không có cánh đảo

Để tăng khả năng truyền nhiệt chuyển khói, sản phẩm trong thùng sấy được đảo trộn nhờ trực gắn cánh đảo 3. Thùng sấy hình trụ dài có hai lớp để chứa và tải chất tải nhiệt (hơi nước hoặc nước nóng).

Trục và cánh đảo có thể đổi chiều quay theo định kỳ ( $5 \div 8$  phút) để tăng sự đảo trộn đều đặn và chống bết dính theo chiều quay. Ngoài các cánh đảo còn có các ống đảo phụ 5 để phá vỡ sự vón cục và đảo đều theo chiều dọc thùng sấy. Năng suất thùng sấy phụ thuộc vào tính chất, độ ẩm ban đầu của vật liệu, nhiệt độ của chất tải nhiệt và độ chân không.

Ở các thùng sấy này, tiếp liệu và tháo sản phẩm phần lớn đã được cơ giới hóa. Hơi bốc từ sản phẩm được dẫn qua bộ lọc tới thiết bị ngưng tụ. Đối với hơi nước thường dùng thiết bị ngưng tụ dạng phun tia, còn với những loại hơi cần thu hồi thì dùng thiết bị ngưng tụ bể mặt. Để hút khí không ngưng người ta thường dùng bơm chân không vòng nước. Nguyên liệu cho vào thùng sấy tốt nhất khoảng 80% thể tích thùng.



**\* Ghi chú:**

1. Thùng sấy
2. Áo nhiệt
3. Cánh đảo
4. Cửa tiếp liệu
5. Ống đảo phụ
6. Cửa tháo sản phẩm
7. Ống nối với thiết bị ngưng tụ

Hình 2-19. Thùng sấy chân không cánh đảo

Thùng sấy chân không cánh đảo có kết cấu phức tạp, độ chân không kém, khó bảo trì và vệ sinh thiết bị.

Thiết bị sấy chân không đảo tròn được ứng dụng trong sấy các nguyên liệu dược phẩm, thực phẩm, hóa chất...

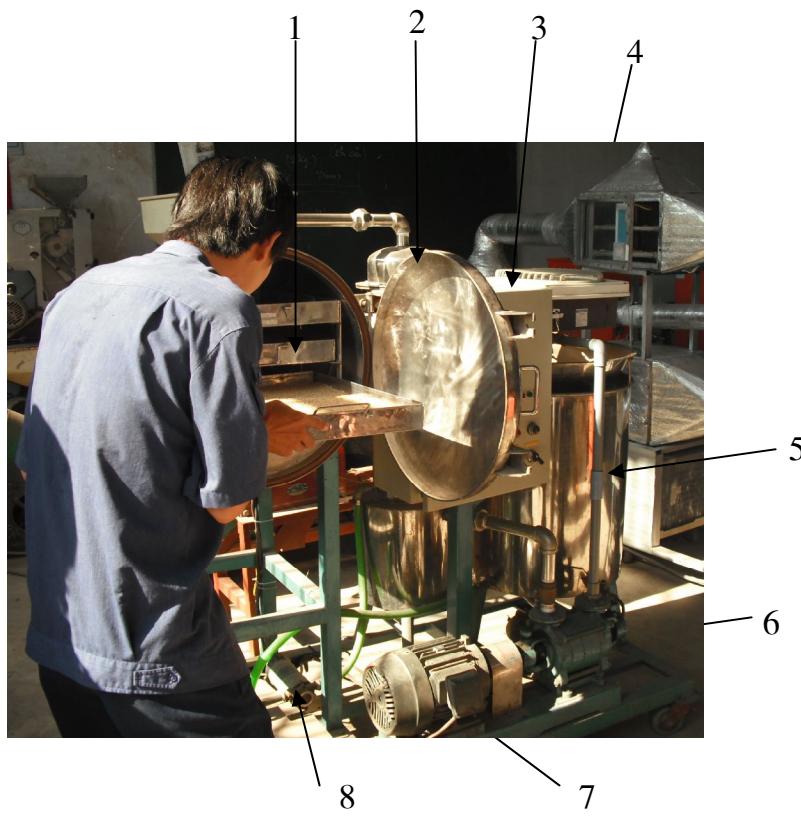
#### 2.7.1.6. Máy sấy chân không trụ tròn (Trung tâm năng lượng)

Máy sấy chân không trụ tròn (Trung tâm năng lượng) thuộc dòng trạng thái tĩnh. Nguyên liệu sấy trong buồng ở trạng thái tĩnh, hình dáng nguyên liệu được giữ nguyên.

Tủ sấy chân không có năng suất nhỏ và hiệu quả thấp, không gian hữu ích ít, nguyên liệu ở trên khay không được lật nên độ khô không đồng đều, cách bố trí điện trở chưa hợp lý, thiết bị ngưng tụ hoạt động không hiệu quả, không có dàn lạnh tách ẩm, độ chân không kém, chi phí năng lượng cao...

Mô hình chủ yếu là thực vật.

Sản phẩm sấy chủ yếu là mít, nhãn, cà rốt, khoai tây, nho...



**\* Ghi Chú:**

1. Khay đặt sản phẩm.
2. Nắp buồng sấy.
3. Tủ điện điều khiển.
4. Quạt giải nhiệt
5. Buồng nước.
6. Bơm chân không.
7. Môtơ điện.
8. Bơm nước

Hình 2-20. Máy sấy chân không trụ tròn

## 2.7.2. Thiết bị sấy chân không liên tục

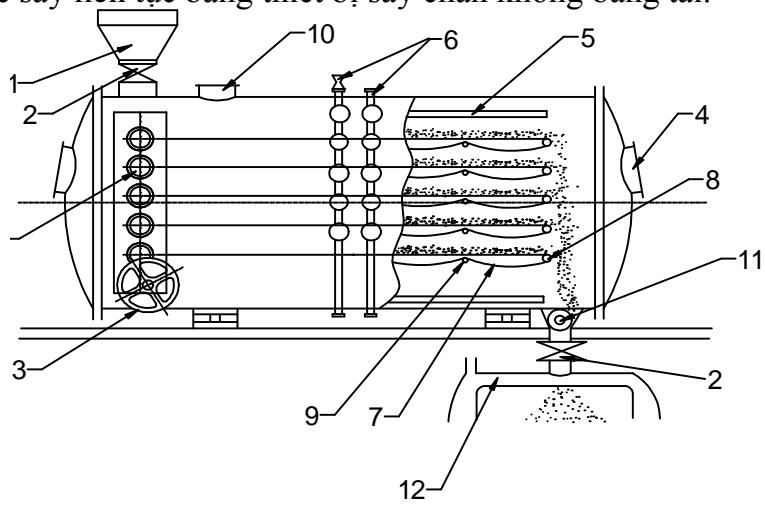
Quá trình sấy chân không liên tục có thể được thực hiện theo các nguyên lý:

Thùng quay, băng tải, tháp cho các vật liệu dạng hạt.

- + Với những vật liệu dạng hạt thường sấy trong các tháp sấy chân không.
- + Đối với vật liệu rời, có thể sấy liên tục bằng thiết bị sấy chân không băng tải.

\* **Ghi chú:**

1. Phễu tiếp liệu
2. Tang cấp liệu
3. Bộ dẫn động băng tải
4. Cửa quan sát
5. Dàn cấp nhiệt
6. Ống dẫn hơi cấp nhiệt
7. Băng tải
8. Con lăn
9. Con lăn đỡ
10. Cửa rút chân không
11. Vít tháo sản phẩm
12. Thùng tháo sản phẩm



Hình 2-21. Thiết bị sấy chân không băng tải

### \* Kết luận :

- Phân hoa chứa hầu hết các loại vitamin như Provitamin A, B1, B2, B3, B5, B6, B12, C, D, E, H, K, PP. Các loại vitamin có trong phân hoa dễ bị mất đi trong quá trình sơ chế và bảo quản phân hoa. Vitamin rất dễ bị biến tính khi tiếp xúc trực tiếp với ôxy có trong không khí. Do vậy, phân hoa khi đem phơi ở ngoài trời nắng, các yếu tố như nhiệt độ, ánh sáng, ôxy và một số vi sinh sẽ cùng tác động lên phân hoa và phá huỷ một phần vitamin có trong phân hoa.

- Hàm lượng nước trong phân hoa từ 30 – 40 %, nên chúng dễ bị lên men và bị hư hỏng nhanh. Do vậy, muốn tồn trữ chúng thì phải tiến hành sấy khô bằng tủ sấy, phơi nắng ở nhiệt độ không quá  $40^{\circ}\text{C}$  để làm cho hàm lượng nước trong phân hoa  $\leq 10\%$  trong thời gian càng ngắn thì càng ít bị tổn thất về mặt dinh dưỡng. Hoặc làm lạnh nhanh và bảo quản ở  $0^{\circ}\text{C}$ , sấy đông cô thì bảo quản được lâu hơn và chất lượng ít bị biến đổi, tuy giá thành khá cao.

- Trong điều kiện sấy chân không, những tác động của tia tử ngoại, phân tử ôxy và các chất ôxy hoá đã bị hạn chế đến mức tối thiểu. Máy sấy chân không tại bề mặt phân hoa, áp suất riêng phần của hơi nước trong tác nhân sấy thấp, quá trình bay hơi sẽ tiến triển nhanh chóng, phân hoa sẽ khô nhanh hơn. Đồng thời, quá trình sôi của nước diễn ra trên toàn bộ bề mặt phân hoa nên quá trình giảm ẩm cũng đồng đều hơn và giữ được màu sắc, mùi vị cấu trúc vật liệu thay đổi đồng đều hơn của phân hoa sấy.

- Chọn mô hình máy sấy theo:

+ Máy sấy thiết kế theo nguyên lý sấy chân không.

+ Buồng sấy có hai loại chính: hình trụ và hình hộp. Do đặc điểm về hình dáng nên mỗi loại có ưu nhược điểm khác nhau. Loại hình trụ thì chịu được áp lực cao, kết cấu buồng đơn giản hơn nhưng thể tích sử dụng thấp hơn. Còn hình hộp có không gian sử dụng lớn nhưng có khả năng chịu được áp lực kém. Chọn hình dạng của buồng sấy nên dựa vào điều kiện sản xuất thực tế như: mặt bằng, không gian, năng suất, giá cả vật liệu,... Để đảm bảo độ chịu áp lực và chân không cho quá trình sấy khảo nghiệm, mô hình máy được chọn có dạng buồng trụ, nắp đóng mở ở đầu. Bên trong buồng sấy bố trí đèn, các khay nhiệt để cung cấp nhiệt cho quá trình sấy.

+ Thùng nước có dạng hình hộp dùng để chứa hệ thống ngưng tụ ẩm gồm dàn lạnh và dàn ngưng tụ ẩm.

+ Hệ thống ngưng tụ ẩm trong máy sấy chân không đảm nhiệm nhiệm vụ: ngưng tụ lượng ẩm từ buồng sấy để bảo vệ bơm chân không; giảm thể tích của lượng hơi nước được hút ra từ buồng sấy.

+ Bình ngưng dùng để ngưng tụ ẩm và thải nước ra ngoài qua van xả.

+ Van một chiều dùng để chặn không khí khi bơm ngừng hoạt động.

+ Bơm chân không dùng để hút chân không trong buồng sấy.

### **Chương 3**

## **NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU**

### **3.1. Nội dung nghiên cứu**

Đề tài tập trung giải quyết các vấn đề như sau:

- Phân tích cơ sở lý thuyết để tính toán thiết kế mô hình máy sấy phấn hoa bằng phương pháp chân không, năng suất 5 kg/mé.
- Tiến hành chế tạo máy sấy chân không theo kết quả tính toán thiết kế.
- Khảo nghiệm và xác định chế độ làm việc của máy.

### **3.2. Phương pháp nghiên cứu**

#### **3.2.1. Phương pháp nghiên cứu lý thuyết**

##### **\* Phương pháp kế thừa:**

Tiếp cận và kế thừa có chọn lọc với các kết quả nghiên cứu của tác giả trong và ngoài nước về lĩnh vực sấy phấn hoa bằng phương pháp sấy chân không thông qua các công trình khoa học đã được công bố.

Tiếp cận với các kết quả nghiên cứu về công nghệ sấy phấn hoa của các tác giả trong nước thông qua sách, giáo trình và các bài báo.

Tiếp cận với một số thiết bị sấy chân không sẵn có ở một số cơ sở trong nước.

Tiếp cận và tiếp thu các ý kiến của các chuyên gia trong lĩnh vực sấy nói chung và sấy phấn hoa nói riêng.

Trên cơ sở tiếp cận, tìm hiểu về công nghệ, thiết bị và những kinh nghiệm chuyên môn, tiếp thu có chọn lọc những ưu khuyết điểm làm cơ sở vững chắc cho quá trình nghiên cứu nhằm tiết kiệm thời gian, chi phí nghiên cứu và đem lại hiệu quả nhất.

##### **\* Phương pháp tiếp cận hệ thống:**

Tiến hành khảo sát các công nghệ và thiết bị đã ứng dụng tại một số địa phương nuôi ong lấy phấn hoa và các cơ sở sản xuất hiện có ở Việt Nam, bao gồm một số máy tách ảm trong thành phần phấn hoa ở Đăk Lăk, Đồng Nai, Bảo Lộc... một số do nước ngoài sản xuất như Đài Loan, Trung Quốc, Ý... và các loại máy sấy sản xuất tại Việt Nam.

Tiến hành chọn mẫu thiết bị, tìm hiểu phân tích thiết bị để nắm bắt được các thông số cơ bản và công nghệ, yêu cầu kỹ thuật của từng thiết bị làm cơ sở để so sánh, đánh giá thiết bị khi nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm.

Tìm hiểu các nhược điểm của các thiết bị chân không, kết hợp với các đặc tính và yêu cầu của phấn hoa, từ đó cải tiến hệ thống hiện có cho phù hợp, áp dụng các thiết bị đo kiểm hiện đại nhằm xác định các thông số tối ưu cho máy sấy phấn hoa bằng phương pháp chân không, lựa chọn vật liệu chế tạo và các phụ kiện hợp lý và đơn giản hóa nhằm tiết kiệm chi phí sản xuất nhưng chất lượng vẫn đảm bảo.

#### \* **Phương pháp tính toán thiết kế:**

Việc tính toán thiết kế mô hình máy sấy phấn hoa bằng phương pháp chân không dựa trên lý thuyết tính toán máy sấy bức xạ bằng điện trở và máy sấy truyền thống. Các thông số chính được tính toán dựa vào tính chất của phấn hoa, lý thuyết tác nhân sấy trong môi trường chân không trong trường hợp bức xạ bằng điện trở, phương pháp trao đổi nhiệt ẩm giữa phấn hoa và tác nhân sấy trong môi trường chân không sao cho có hiệu quả nhất....

#### \* **Phương pháp giải tích toán học:**

Phương pháp giải tích toán học được sử dụng để giải quyết các bài toán giải tích trong quá trình nghiên cứu theo phương pháp mô hình hóa, cũng như giải các bài toán tối ưu hóa theo phương pháp giải tích.

### **3.2.2. Phương pháp chế tạo**

Chế tạo đơn lẻ theo từng họ chi tiết điển hình. Một số chi tiết như: bom chân không, máy lạnh, điện trở được tính toán và chọn mua trên thị trường.

### **3.2.3. Phương pháp nghiên cứu thực nghiệm**

#### **3.2.3.1. Vật liệu và thiết bị phục vụ thực nghiệm:**

##### \* **Vật liệu:**

Vật liệu sấy là phấn hoa được thu hoạch tại Bảo Lộc – Lâm Đồng. Phấn hoa có mùi thơm, màu vàng tươi với ẩm độ 21,34 %. Các tính chất khác như lượng đường glucose và fructose, protein và các amino axit, và một số khoáng chất khác.... đạt tiêu chuẩn Việt Nam (vitamin C trong phấn hoa 30 ÷ 70 mg/100g). Yêu cầu ẩm độ phấn hoa sau khi sấy là < 10 % (Cơ sở ướt).

##### \* **Thiết bị phục vụ thực nghiệm:**

- Nhiệt kế điện tử DS-1 có thang đo -50 ÷ 260  $^{\circ}\text{C}$ , Taiwan, sai số 0,1 độ C.
- Đồng hồ đo ẩm độ không khí Anemometer Humidity Meter – Vank Pronk, Malaysia, sai số 0,1 %, sử dụng ở nhiệt độ 0 ÷ 50  $^{\circ}\text{C}$ .
- Đồng hồ đo áp suất chân không Osaka - Japan, thang đo 1 mmHg.
- Thước đo bì dày của lớp phấn hoa, êke và panme – Japan, thang đo 1 mm.
- Đồng hồ đo công suất điện năng tiêu thụ Hioke – Japan, thang đo 20 kW, sai số 0,1 kWh.

- Dụng cụ đo nhiệt độ bề mặt vách: Center 350 Serier-Infrared Thermometer.
- Cân điện tử Pocket Scale – Japan, sai số 0,1 gam; giới hạn cân 500 gam.
- Cân đồng hồ loại 2 kg Nhơn Hòa, sai số 10 gam.
- Túi nhựa đựng sản phẩm sấy.
- Thiết bị đo nhiệt độ bằng hồng ngoại Hioke – Japan, sai số 0,1 độ.
- Tủ sấy mẫu Hinder – Japan, sai số 1 độ.
- Máy tính cầm tay Casio - Japan.
- Đồng hồ tính thời gian Casio chính xác 1 giây.

### **3.2.3.2. Phương pháp quy hoạch thực nghiệm:**

Đây là phương pháp kế hoạch hóa nhằm tiến hành thực nghiệm một cách chủ động để có thể tối thiểu hóa số thí nghiệm cần thiết mà vẫn đảm bảo mức độ tin cậy để nhận được mô hình toán học thực nghiệm phù hợp. Hàm toán cho phép nghiên cứu ảnh hưởng của các yếu tố, xác định được điều kiện tối ưu của đối tượng nghiên cứu. Phương pháp quy hoạch thực nghiệm cho phép lựa chọn chiến lược nghiên cứu thích hợp trong điều kiện chưa hiểu biết đối tượng một cách toàn diện. Đối tượng càng phức tạp, hiệu quả của phương pháp càng cao

#### **\* Chọn thông số nghiên cứu:**

Thông số vào là các yếu tố ảnh hưởng lên đối tượng nghiên cứu, thông số ra là các chỉ tiêu đánh giá đối tượng. Chọn thông số đầu vào trên cơ sở lấy ý kiến chuyên gia, kết quả nghiên cứu lý thuyết hoặc tiến hành thí nghiệm thăm dò. Việc định các yếu tố nghiên cứu được căn cứ vào nghiên cứu lý thuyết và tham khảo ý kiến chuyên gia, các kết quả thực nghiệm thăm dò bằng phân tích phương sai. Thông qua đó để xác định vùng nghiên cứu.

Các yếu tố đầu vào dự kiến bao gồm:

- $X_1$ : nhiệt độ tác nhân sấy ( $^{\circ}\text{C}$ )
- $X_2$ : độ dày lớp phấn hoa (mm)

Các chỉ tiêu đầu ra gồm:

- $Y_1$ : hàm lượng vitamin C (mg/100g)
- $Y_2$ : chi phí điện năng riêng (kWh/kg)

#### **\* Lập kế hoạch thực nghiệm:**

Chọn dạng kế hoạch thực nghiệm phù hợp với điều kiện tiến hành thí nghiệm với đặc điểm của thông số lên đối tượng nghiên cứu.

Phương pháp quy hoạch thực nghiệm được tiến hành từ bậc I và phát triển lên bậc II nếu bậc I không phù hợp. Trong trường hợp cả hai phương án không phù hợp cần thiết kế lại thí nghiệm trên cơ sở định lại vùng nghiên cứu và bổ sung yếu tố nghiên cứu.

Khi phương án bậc I trực giao chuyển lên phương án bậc II bất biến quay, vùng thí nghiệm cơ sở (mức trên và mức dưới) vẫn được giữ nguyên, miền thí nghiệm mở rộng ra tới cánh tay đòn  $\pm\alpha$ . Số thí nghiệm lặp để xác định phương sai thuần vẫn ở điểm trung tâm.

Số thí nghiệm ở phương án bậc I trực giao được tính theo công thức:

$$N = 2^k + n_0 \quad (3-1)$$

Trong đó:

$k$ : số yếu tố nghiên cứu

$2^k$ : số thí nghiệm ở mức cơ sở

$n_0$ : số thí nghiệm lặp ở tâm phương án.

Số thí nghiệm ở phương án bậc II bất biến quay được tính theo công thức:

$$N = 2^k + 2.k + n_0 \quad (3-2)$$

Trong đó:

$k$ : số yếu tố nghiên cứu

$2^k$ : số thí nghiệm ở mức cơ sở

$2.k$ : số thí nghiệm ở mức điểm sao  $\pm\alpha$  với ( $\alpha = 2^{k/4}$ )

$n_0$ : số thí nghiệm lặp ở tâm phương án.

#### \* **Tiến hành thực nghiệm tiếp nhận thông tin:**

Sử dụng phương pháp xử lý sơ bộ số liệu thực nghiệm, kiểm tra một số giả thuyết thống kê. Khi tiến hành thực nghiệm, nhận thông tin và xử lý sơ bộ các thông tin sẽ giúp kiểm tra tính liên thuộc của số liệu bị nghi ngờ, giúp xác minh kịp thời những thực nghiệm cần bổ sung hoặc giúp kiểm tra mức độ ảnh hưởng của các yếu tố. Thực nghiệm theo tiến trình được lập ở trên.

#### \* **Kiểm tra mô hình hồi qui thực nghiệm:**

Sử dụng phương pháp bình phương nhỏ nhất và các nội dung phân tích hồi qui, phân tích phương sai để xác định giá trị các hệ số trong mô hình hồi qui đa thức. Sau khi xây dựng mô hình hồi qui thực nghiệm, kiểm tra mức ý nghĩa của các hệ số hồi qui theo tiêu chuẩn Student, kiểm tra tích tương thích mô hình theo tiêu chuẩn Fisher. Nếu mô hình không tương thích phải làm lại thực nghiệm bậc hai với các khoảng thay đổi của thông số vào.

Nếu hệ số hồi quy không đủ mức ý nghĩa, thì phải xác minh rõ tính chất không ảnh hưởng của thông số tương ứng với hệ số hồi qui vô nghĩa, loại bỏ hệ số này ra khỏi mô hình. Khi bỏ các hệ số hồi qui vô nghĩa, cần phải tính lại một số hệ số hồi qui có liên hệ phụ thuộc với các hệ số loại bỏ nhằm giữ cho mô hình vẫn tương thích.

Để việc tính toán thực hiện được thuận lợi, người ta chuyển từ hệ trực tự nhiên  $X_1, \dots, X_k$  sang hệ trực không thứ nguyên (hệ mã hóa). Việc mã hóa được thực hiện dễ dàng nhờ chọn tâm của miền được nghiên cứu làm hệ trực tọa độ. Với kế hoạch thực nghiệm bậc hai, có dạng mã hóa như sau:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i \cdot x_i + \sum_{\substack{i=1 \\ j>1}}^k b_{ij} \cdot x_i \cdot x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} \cdot x_i^2 \quad (3-3)$$

Trong đó:

$x_i, x_j$ : giá trị mã hóa của các thông số  $X_i, X_j$

$b_0$ : hệ số tự do

$b_i$ : các hệ số tuyến tính

$b_{ij}$  ( $i \neq j$ ): các hệ số tương tác cặp

$b_{ii}$ : các hệ số bậc hai

$k$ : số yếu tố nghiên cứu

Giá trị mã hóa  $x_i$  của các thông số được tính theo công thức:

$$x_i = \frac{X_i - X_i^0}{\Delta X_i} \quad (3-4)$$

Trong đó:

$X_i$ : giá trị thực của thông số vào thứ i

$X_{i0}$ : giá trị thực ở mức cơ sở của thông số vào thứ i

$\Delta X_i$ : bước thay đổi của thông số vào thứ i,  $\Delta X_i = \frac{X_{it} - X_{id}}{2}$

Gọi  $x_{it}$ ,  $x_{id}$  và  $x_{i0}$  là giá trị mã hóa của thông số vào thứ i ứng với mức trên, mức dưới là mức cơ sở thì:  $x_{i0} = 0$ ;  $x_{it} = +1$ ;  $x_{id} = -1$

Các hệ số  $b_0, b_1, \dots, b_k, b_{11}, b_{12}, \dots, b_{1k}$  thực chất chỉ là ước lượng của các hệ số hồi qui. Các hệ số hồi qui  $B_{hq} = [b_0, b_1, \dots, b_k, b_{11}, b_{12}, \dots, b_{1k}]$  được xác định theo công thức tổng quát dưới dạng ma trận:

$$B_{hq} = [X^T \cdot X]^{-1} \cdot X^T \cdot Y \quad (3-5)$$

Trong đó:

X: ma trận kế hoạch thực nghiệm bậc hai

Y: ma trận các kế hoạch thực nghiệm

Sau khi xây dựng được mô hình hồi qui thực nghiệm phải kiểm tra tính tương thích của mô hình theo chuẩn thống kê Fisher, kiểm tra mức ý nghĩa của các hệ số hồi qui theo tiêu chuẩn Student.

Tìm cực trị hàm chỉ tiêu trong qui hoạch thực nghiệm cực trị. Sử dụng chương trình Microsoft Excel để tìm cực trị của hàm chỉ tiêu chính xác hơn.

### **3.2.3.3. Phương pháp xử lý số liệu thực nghiệm**

Áp dụng phương pháp phân tích phương sai (ANOVA) để đánh giá mức độ ảnh hưởng của thông số nghiên cứu đến quá trình nghiên cứu chỉ là ngẫu nhiên hay thực sự có ảnh hưởng. Phương pháp này giúp loại bỏ các yếu tố ảnh hưởng kém đến quá trình nghiên cứu cũng như mức độ tương quan. Ngoài ra còn giúp kiểm tra các giả thuyết đồng nhất phương sai, độ tin cậy của các hệ số hồi qui và mức độ phù hợp của mô hình lựa chọn theo tiêu chuẩn Fisher khi thực nghiệm.

Áp dụng phương pháp khử sai số thô của Aknazarova khi thực hiện thí nghiệm nhận thông tin để loại bỏ sai số thô.

### **3.2.3.4. Phương pháp tối ưu hóa**

Phương pháp này sử dụng để xác định các chỉ tiêu tối ưu cho mô hình máy và điều kiện làm việc tối ưu của hệ thống. Bài toán tối ưu hóa được xây dựng trên cơ sở các hàm toán là các phương trình hồi qui xác định được bằng phương pháp qui hoạch thực nghiệm có dạng đa thức bậc II. Các phương trình này xác định hàm mục tiêu với các chỉ tiêu tối ưu đặc trưng cho mục đích nghiên cứu như chất lượng phấn hoa khi sấy (âm độ phấn hoa, sự mất mát của một số vitamin...), chi phí năng lượng riêng để sấy. Hàm điều kiện là các ràng buộc kỹ thuật và ràng buộc về vùng thực nghiệm nghiên cứu xây dựng lên mô hình toán.

Bài toán tối ưu được giải nhờ máy tính điện tử theo thuật toán dò tìm trực tiếp kết hợp với thuật toán ngẫu nhiên.

### **3.2.3.5. Phương pháp đo đạc thực nghiệm**

Các số liệu thí nghiệm cần xác định có hai loại: số liệu đo đạc trực tiếp và số liệu xác định gián tiếp.

Các số liệu đo đạc trực tiếp gồm nhiệt độ sấy, thời gian sấy, khối lượng phấn hoa, độ dày lớp phấn hoa khi sấy, công suất tiêu thụ điện....Tất cả được xác định bằng các dụng cụ đo.

Còn lại, hầu hết các số liệu kỹ thuật đều xác định bằng các công thức tính toán sau khi đã đo đạc trực tiếp các số liệu thành phần.

## Chương 4

### KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

#### 4.1. Nghiên cứu lý thuyết

##### 4.1.1. Lựa chọn phương pháp sấy

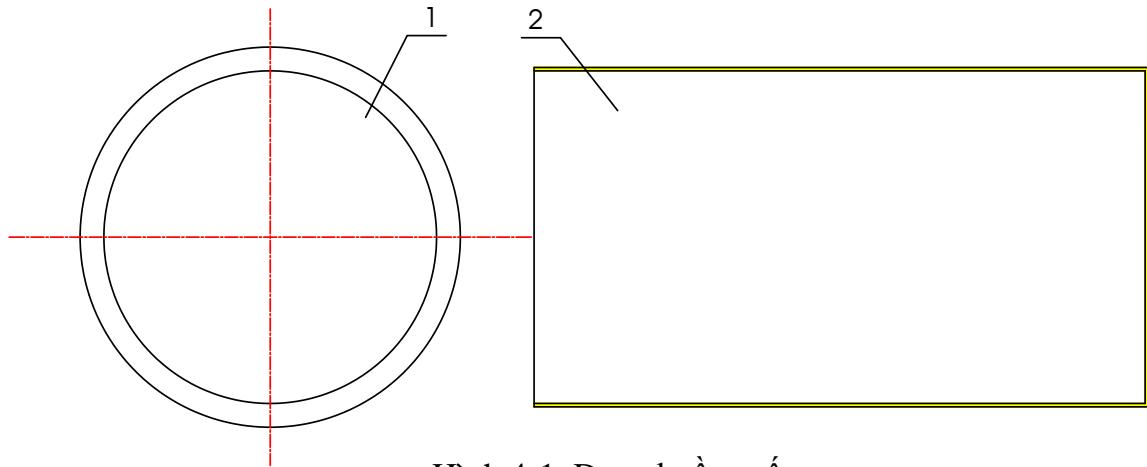
Vì đặc điểm rất riêng của phấn hoa mà máy sấy phấn hoa kiểu sấy chân không có hai nguyên lý hoạt động: liên tục và theo chu kỳ. Kiểu liên tục là quá trình hút chân không và cấp nhiệt là liên tục và xuyên suốt từ khi bắt đầu cho đến khi kết thúc. Còn kiểu sấy theo chu kỳ thì thời gian hút chân không và thời gian cấp nhiệt là xen kẽ nhau trong suốt quá trình sấy, khi cấp nhiệt thì không hút chân không và ngược lại. Sự xuất hiện hai nguyên lý này xuất phát từ phương pháp cấp nhiệt trong môi trường chân không. Trong môi trường chân không, quá trình trao đổi nhiệt đối lưu rất kém, vì thế nếu muốn sấy liên tục phải sử dụng phương pháp cấp nhiệt bằng đầu vi sóng hay điện cao tần.

Tuy nhiên, kiểu cấp nhiệt bằng vi sóng chỉ phù hợp cho những mô hình nhỏ, khó có thể phát triển thành thiết bị công nghiệp. Kiểu cấp nhiệt bằng dòng điện cao tần có giá thành cũng rất cao, chưa phù hợp với điều kiện hiện nay.

Máy sấy phấn hoa kiểu sấy chân không sử dụng phương pháp cấp nhiệt bằng điện trở là phù hợp hơn cả.

##### 4.1.2. Lựa chọn mô hình máy sấy

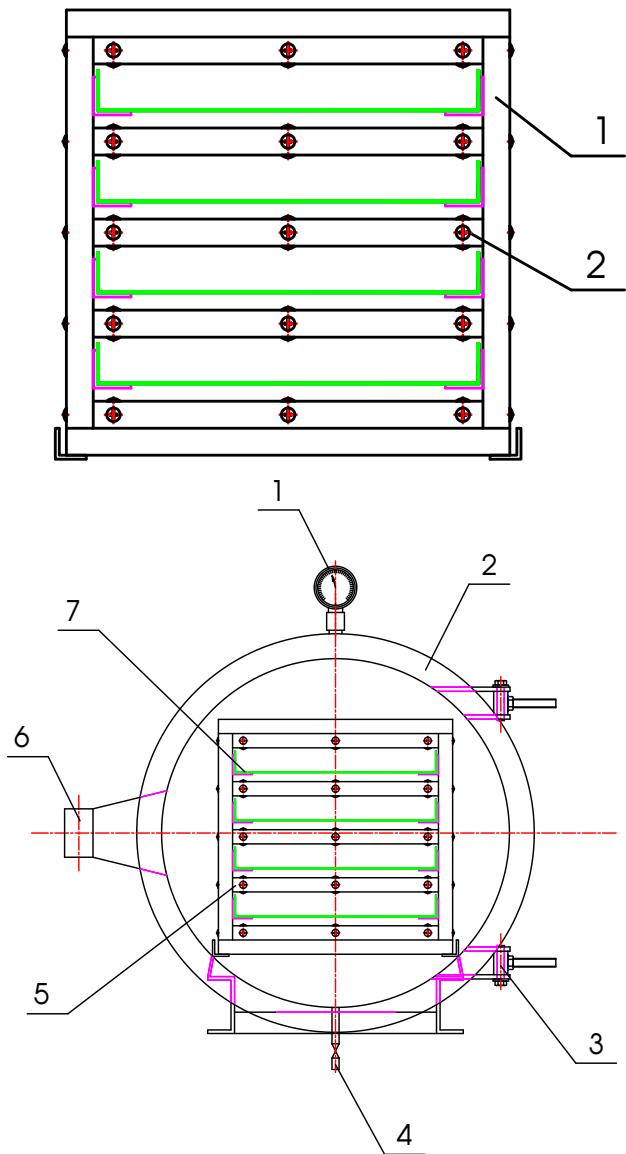
- Có hai dạng buồng thường dùng trong sấy chân không là buồng trụ tròn và dạng khói hộp chữ nhật. Dạng trụ tròn chịu áp lực tốt hơn, vì vậy buồng sấy được chọn là dạng hình trụ, nắp ở đầu.



Hình 4-1. Dạng buồng sấy

1. Mặt trước buồng sấy      2. Bên hông buồng sấy

- Về phương án cấp nhiệt, trong môi trường chân không kiểu cấp nhiệt dùng phương pháp dòng điện cao tần hoặc vi sóng thì hiệu quả tốt hơn rất nhiều, tuy nhiên chi phí đầu tư ban đầu rất lớn và việc vận hành sửa chữa rát phức tạp, bên cạnh đó việc cấp nhiệt kiểu vi sóng sẽ rát phức tạp khi năng suất máy lớn, việc bố trí các đầu vi sóng để cung cấp nhiệt đều cho tất cả các lớp phán hoa sẽ làm cho kết cấu máy phức tạp và công kềnh; hơn thế nữa, khi số lượng phán hoa lớn, kiểu vi sóng rất khó để cung cấp nhiệt đều cho tất cả các khay sấy phán hoa. Phương án truyền nhiệt kiểu bức xạ bằng điện trở mang tính tối ưu hơn.



Hình 4-2. Cách bố trí khay điện trở trên khung sấy.  
1. Khung điện trở                  2. Khay điện trở

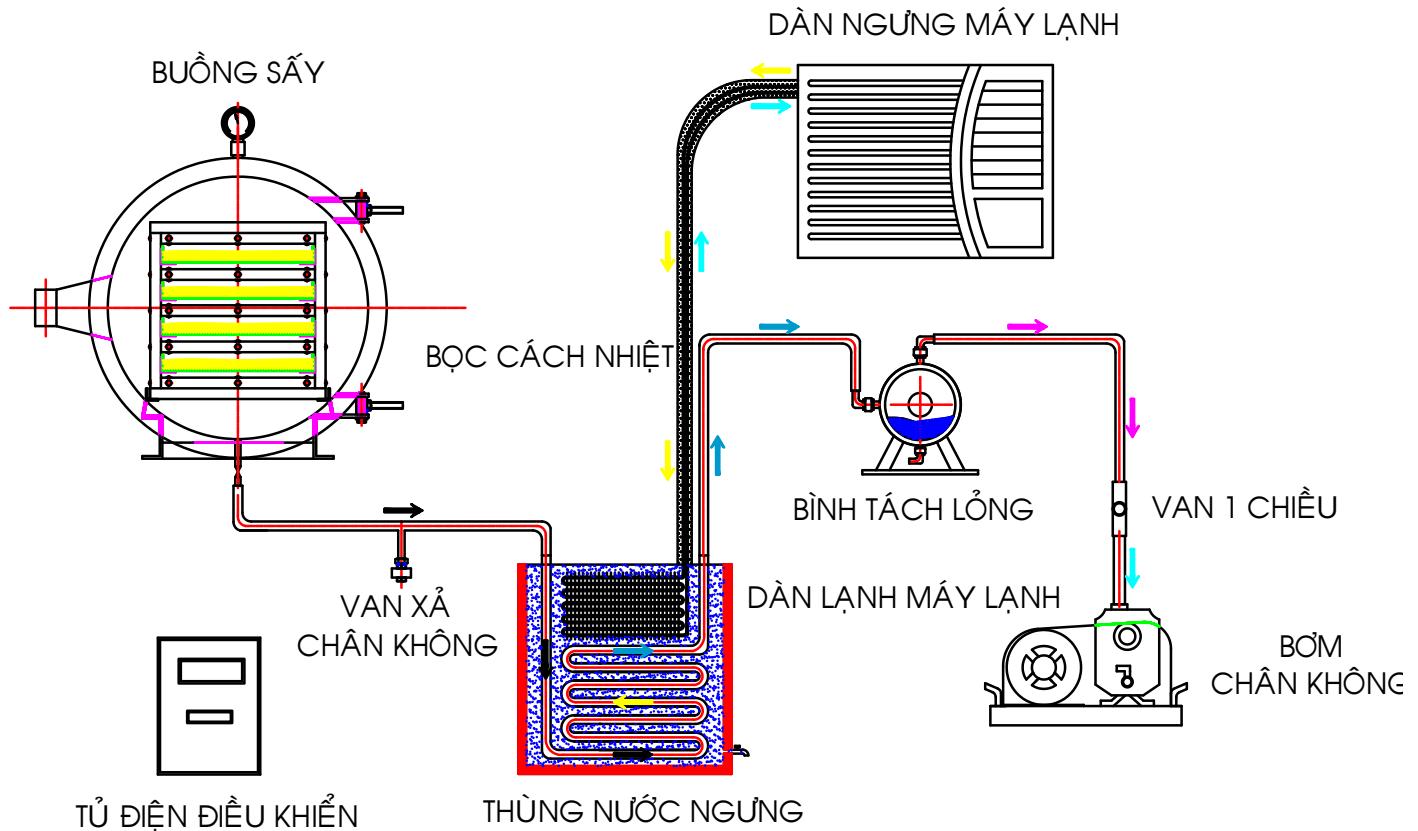
Hình 4-3. Cách bố trí các thiết bị trong buồng sấy

1. Đồng hồ đo áp suất chân không
2. Nắp buồng sấy
3. Chốt cửa buồng sấy
4. Đường rút chân không
5. Khung điện trở
6. Chốt bản lề
7. Khay đặt sản phẩm sấy

Trong thời gian sấy, phán hoa được gia nhiệt trong khoảng thời gian nhất định, khi đạt đến nhiệt độ sấy cài đặt mới tiến hành rút chân không. Máy thiết kế cho đề tài dạng mô hình năng suất rất nhỏ, nên để thuận tiện, bộ cấp nhiệt bằng điện trở được chọn lựa.

Bộ phận tách âm trong máy sấy chân không đảm nhiệm 2 nhiệm vụ: thứ nhất là ngưng tụ lượng âm từ buồng sấy để bảo vệ bánh công tác của bơm chân không; thứ hai là làm mát bơm chân không khi hút ra từ buồng sấy. Sử dụng dàn lạnh của máy lạnh để giải nhiệt cho bộ phận tách âm là phương án hiệu quả đang được sử dụng phổ biến. Mô hình máy cũng sử dụng phương án này.

Sau khi đã lựa chọn nguyên lý các bộ phận cấu thành, mô hình máy được chọn như sau:



Hình 4-4. Sơ đồ nguyên lý máy sấy chân không 5 kg/m<sup>3</sup>

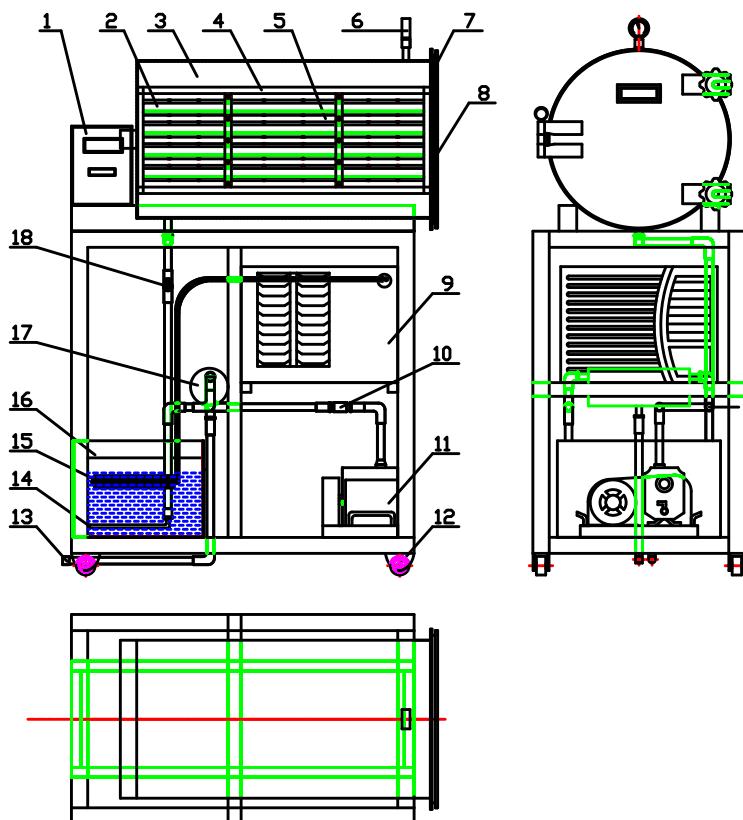
#### \* Nguyên lý hoạt động:

Phân hoa được xếp vào khay sấy (3) đặt trên xe gòng (4) và đưa vào buồng sấy (2). Đóng kín cửa buồng sấy (2). Cung cấp nguồn điện cho tủ điện điều khiển (1). Tiến hành cài đặt các thông số của quá trình sấy như: thời gian sấy, nhiệt độ sấy, áp suất chân không. Các thông số nhiệt độ, áp suất được hiển thị trên màn hình điều khiển nhờ các cảm biến nhiệt độ và cảm biến áp suất. Nhiệt độ trong buồng sấy được cấp bằng các khay điện trở (5), không khí trong buồng sấy nóng lên tác động đến các khay sấy phân hoa. Bộ phận cấp nhiệt được điều khiển tự động bằng mạch vi xử lý, khi phân hoa trong buồng sấy đạt đến nhiệt độ sấy (đã cài đặt trước), bộ phận cảm biến nhiệt C<sub>1</sub> tác động vào mạch điều khiển sẽ tự động cắt nguồn của dàn điện trở, đồng thời tác động đến mạch điều khiển thực hiện quá trình hút chân không. Lượng hơi nước và không khí trong buồng sấy được bơm chân không (11) hút xuyên qua dàn ngưng tụ (14). Tại đây, không khí ẩm sẽ được làm lạnh xuống dưới nhiệt độ điểm sương để toàn bộ lượng ẩm ngưng tụ và thải ra qua van xả của bơm chân không. Nước đã ngưng tụ được giữ lại tại bình tách lỏng (17). Trong quá trình sấy sẽ có một lượng hơi ẩm ngưng tụ trong buồng sấy. Lượng nước đáy cũng được giữ trong bình tách lỏng. Hoạt động của bơm chân không cũng được điều khiển qua vi mạch xử lý. Khi áp suất trong buồng sấy đạt giá trị áp suất cài đặt, cảm biến áp suất C<sub>2</sub> tác động mạch điều khiển tự động cắt nguồn của bơm chân không.

Trong quá trình sấy chân không: khi nhiệt độ giảm xuống 1°C thì cảm biến nhiệt C<sub>1</sub> tác động vào mạch điều khiển tự động cấp nguồn cho điện trở hoạt động trở lại; khi áp suất trong buồng tăng cao hơn giá trị cài đặt, cảm biến áp suất C<sub>2</sub> tác động vào mạch

điều khiển bơm chân không (11) tự hoạt động để duy trì áp suất trong buồng sấy luôn ổn định quanh giá trị cài đặt.

Như vậy trong quá trình sấy, nhiệt độ và áp suất luôn được duy trì quanh một giá trị đã cài đặt. Giai đoạn cấp nhiệt phải đảm bảo đủ và đều để toàn bộ phấn hoa nóng đều từ trong lòng đạt đến nhiệt độ sấy. Điều này hết sức quan trọng, vì khi phấn hoa nóng đều thì lúc hút chân không, nước trong phấn hoa sẽ sôi đều trên toàn bộ bề mặt của phấn hoa, tăng cường khả năng thoát ẩm. Thời gian sấy được cài đặt trên mạch điều khiển đồng thời với các thông số nhiệt độ, áp suất cần cài đặt. Đồng thời với giai đoạn sấy ta tiến hành cấp nguồn cho máy lạnh (15) của thùng ngưng tụ (16) hoạt động.



Hình 4-5. Mô hình máy sấy chân không

- |                       |                       |                         |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------|
| 1. Tủ điện điều khiển | 7. Ron cửa            | 13. Đường xả đáy        |
| 2. Khay sấy           | 8. Nắp thùng sấy      | 14. Dàn ống ngưng tụ    |
| 3. Buồng sấy          | 9. Dàn ngưng máy lạnh | 15. Dàn lạnh máy lạnh   |
| 4. Xe gòn             | 10. Van một chiều     | 16. Thùng nước ngưng    |
| 5. Khay điện trở      | 11. Bơm chân không    | 17. Bình tách lỏng      |
| 6. Đồng hồ chân không | 12. Bánh xe           | 18. Đường xả chân không |

Khi hết thời gian sấy (thời gian cài đặt), mở van xả áp chân không (18) trong buồng sấy cũng là xả nước ở trong bình ngưng. Lúc này, nhiệt độ của phấn hoa và tác nhân sấy đã giảm gần đến nhiệt độ môi trường. Ta có thể tiến hành các thao tác thu thập số liệu. Quá trình sấy được lặp đi lặp lại theo từng giai đoạn như trên cho đến khi phấn hoa đạt độ ẩm yêu cầu.

## 4.2. Tính toán thiết kế máy sấy

### 4.2.1. Các yêu cầu thiết kế ban đầu

- Năng suất: 5 kg/mẻ.
- Nhiệt độ sấy: 40  $^{\circ}\text{C}$
- Âm độ phấn hoa ban đầu : 21,34 %
- Âm độ phấn hoa sau khi sấy: 10 %
- Bè dày lớp phấn hoa: 15 mm
- Áp suất chân không trong buồng sấy: 52,3 mmHg
- Nguồn nhiệt cung cấp cho máy sấy: điện trở
- Bộ phận tách ẩm: dàn lạnh của máy lạnh thông qua môi chất giải nhiệt là nước.

### 4.2.2. Tính toán kích thước buồng sấy

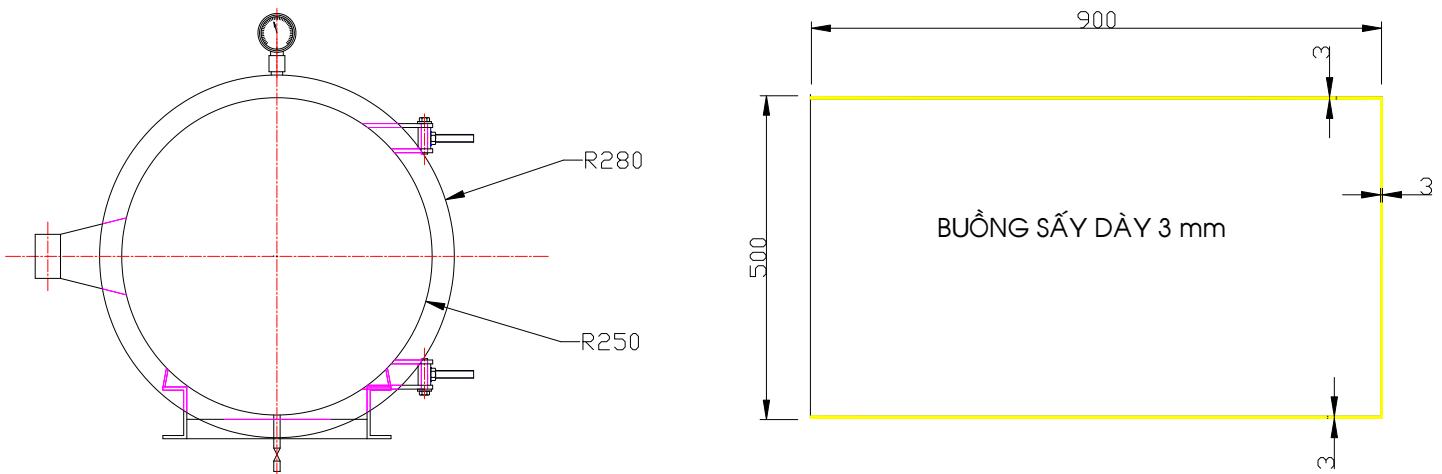
- Năng suất máy sấy: 5 kg/mẻ
- Theo thực nghiệm: 1 kg phấn hoa chiếm  $0,285 \text{ m}^2$  với bè dày vật liệu 10 mm.
- Vậy khối lượng riêng phấn hoa là:  $\rho = 1/0,285.0,01 = 350 \text{ kg/m}^3$ .  
Với 5 kg phấn hoa là  $5/350 = 0,0143 \text{ m}^3$ .
  - + Bè dày lớp phấn hoa là 15 mm thì diện tích khay sấy cần:  $0,0143/0,015 = 0,95 \text{ m}^2$ .
  - + Khay sấy: gồm 4 khay, diện tích 1 khay sấy:  $0,95/4 = 0,238 \text{ m}^2$ 
    - + Chọn kích thước khay sấy 30 x 280 x 900 mm, được đặt trên khung sấy. Mỗi khay sấy inox 304 có bè dày 1 mm, đặt trên các thanh đỡ V25 được cố định bởi các khung làm bằng thép CT3.
    - Khay nhiệt gồm 5 khay, chiều cao 20 mm đặt lọt lòng điện trở sấy chiều cao 15 mm, khoảng cách giữa các khay nhiệt là 45 mm, được phủ bì bằng các tấm nhôm với độ dày 1 mm. Các khay nhiệt được bố trí sao cho lượng nhiệt bức xạ từ điện trở đều trên các khay sản phẩm. Chiều cao của xe goòng:  $45.4 + 5.20 + 2.5 = 290 \text{ mm}$ .

Kích thước xe goòng 330 x 330 x 900 mm, được được làm từ thép hộp 20 mm, đặt trên thanh đỡ V25 làm bằng thép CT3.

- Buồng sấy thiết kế được chọn là buồng hình trụ tròn có:

Chiều dài buồng sấy:  $L = 0,9 \text{ m}$ .      Bán kính buồng sấy:  $R = 0,25 \text{ m}$ .

- Khoảng trống 2 bên ta dùng để bố trí đèn và dây điện.



Hình 4-6. Xác định kích thước buồng sấy

Tính toán bền cho buồng chịu áp chân không: theo tài liệu “qui phạm tính sức bền cho các bộ phận chịu áp lực” thì các công thức sau đây sử dụng kiểm tra bền cho các bình chịu áp cao. Tuy nhiên, với vật liệu chế tạo là thép tấm CT3, vật liệu dẻo, nên sức bền kéo và bền nén là như nhau, nên có thể sử dụng được.

\* Chiều dày cho phép định mức của thân buồng chân không:

$$S = \frac{P \cdot L_n}{200 \cdot \varphi \cdot \sigma_b + P} + C, \text{ mm}$$

Trong đó:

P: áp suất thiết kế,  $P = 0,93 \text{ kG/cm}^2$

$L_n$ : Chiều dài buồng sấy  $L_n = 900 \text{ mm}$

$\varphi$ : hệ số xét đến phương pháp hàn,  $\varphi = 0,7$

$\sigma_b$ : ứng suất cho phép của vật liệu thép CT3 ở  $50^\circ\text{C}$  chế tạo thiết bị chứa

$\sigma_b = 22 \text{ kG/cm}^2$

C: hệ số dự trù,  $C = 2 \text{ mm}$

$$S = \frac{0,93 \cdot 900}{200 \cdot 0,7 \cdot 22 + 0,93} + 2 = 2,27 \text{ mm}$$

Chọn chiều dày vách buồng sấy  $S = 3 \text{ mm}$

\* Chiều dày cho phép định mức của nắp, đáy buồng chân không:

$$S = \frac{P \cdot D_t}{200 \cdot \varphi \cdot z \cdot \sigma_b + P} + C, \text{ mm}$$

Trong đó:

P: áp suất thiết kế,  $P = 0,93 \text{ kG/cm}^2$

D<sub>t</sub>: đường kính trong của nắp và đáy buồng chân không, D<sub>t</sub> = 500 mm

φ: hệ số xét đến phương pháp hàn, φ = 0,7

z: hệ số xét đến sự làm yếu do khoét lỗ, z = 1

σ<sub>b</sub>: ứng suất cho phép của vật liệu thép CT3 ở 50 °C chế tạo thiết bị chứa

σ<sub>b</sub> = 22 kG/cm<sup>2</sup>

C: hệ số dự trữ, C = 2 mm

$$S = \frac{0,93.500}{200.0,7.1.22 + 0,93} + 2 = 2,15 \text{ mm}$$

Chọn chiều dày nắp và đáy buồng sấy S = 3 mm

#### 4.2.3. Tính toán bộ phận cung cấp nhiệt

Lượng nhiệt chi phí trong máy sấy chân không gồm 4 phần: phần nhiệt làm phần hoa nóng lên đến nhiệt độ sấy, phần nhiệt làm khói không khí trong buồng sấy nóng lên, lượng nhiệt tổn thất qua vách thùng, lượng nhiệt làm nóng khung sấy và khay sấy.

\* Nhiệt lượng làm nóng vật liệu sấy:

$$Q_{vls} = Q_1$$

$$Q_{vls} = Q_1 = m_{vls} \cdot C_{vls} \cdot (t_2 - t_1) , \quad \text{kJ}$$

Trong đó:

m<sub>vls</sub>: khối lượng vật liệu sấy (phần hoa)

C<sub>vls</sub>: nhiệt dung riêng của vật liệu sấy (C<sub>ph</sub> = 3,56 kJ/kg.độ )

t<sub>1</sub>: nhiệt độ vật liệu sấy lúc đầu (nhiệt độ môi trường)

t<sub>2</sub>: nhiệt độ sấy

Ta chọn nhiệt độ sấy: t<sub>2</sub> = 40 °C ; t<sub>1</sub> = 30 °C

$$Q_{vls} = Q_1 = 5.3,56.(40 - 30) = 178 \text{ kJ}$$

Chọn thời gian gia nhiệt làm vật liệu sấy đạt đến nhiệt độ sấy là 15 phút.

Công suất nhiệt cần cung cấp cho vật liệu sấy:

$$N_1 = \frac{Q_1}{15.60} = \frac{178}{15.60} = 0,198 \text{ kW}$$

**\* Nhiệt lượng làm nóng không khí trong buồng:**

$$Q_{kk} = Q_2 = m_{kk} \cdot \Delta i = \rho_{kk} \cdot (V_{buồng} - V_{vls}) \cdot (i_2 - i_1) , \text{ kJ}$$

$$V_{buồng} = \pi \cdot R^2 \cdot L = \pi \cdot 0,25^2 \cdot 0,9 = 0,177 \text{ m}^3$$

$$V_{vls} = 5 \cdot (0,015 \cdot 0,28 \cdot 0,9) = 0,0189 \text{ m}^3$$

i<sub>1</sub>: enthalpy của không khí lúc bắt đầu sấy.

Chọn nhiệt độ môi trường là 30 °C, ẩm độ tương đối 80 %.

Tra giản đồ trắc ẩm I – d: i<sub>1</sub> = 85 kJ/kg

i<sub>2</sub>: enthalpy của không khí sấy khi nhiệt độ 40 °C

Tra giản đồ trắc ẩm I – d: i<sub>2</sub> = 96 kJ/kg

$\rho_{kk}$  : khối lượng riêng của không khí ( $\rho_{kk} = 1,165 \text{ kg/m}^3$ )

$$\text{Vậy: } Q_2 = 1,165 \cdot (0,177 - 0,0189) \cdot (96 - 85) = 2,03 \text{ kJ}$$

Công suất nhiệt cần nung nóng không khí :

$$N_2 = \frac{Q_2}{15,60} = \frac{2,03}{15,60} = 0,0023 \text{ kW}$$

**\* Nhiệt tổn thất ra môi trường bằng bức xạ:**

Khi sấy ở 40 °C thì đo được nhiệt độ bề mặt trung bình của buồng sấy là t<sub>1</sub> = 33 °C.

Buồng sấy được làm thép tấm có hệ số bức xạ: ε = 0,52 ÷ 0,61. Chọn ε = 0,6

Buồng sấy được đặt trong môi trường có nhiệt độ t<sub>2</sub> = 30 °C.

Vậy tổn thất nhiệt từ buồng sấy ra ngoài môi trường:

$$Q_{tt} = Q_3$$

$$Q_3 = \epsilon \cdot F_1 \cdot C_0 \left[ \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right]$$

Trong đó:

F<sub>1</sub>: diện tích bề mặt buồng sấy

$$F_1 = \pi \cdot R \cdot L + 2 \cdot \pi \cdot R^2 = \pi \cdot 0,25 \cdot 0,9 + 2 \cdot \pi \cdot 0,25^2 = 1,099 \text{ m}^2$$

Thay vào, ta có:

$$Q_3 = 0,6 \cdot 1,099 \cdot 5,67 \cdot \left[ \left( \frac{33 + 273}{100} \right)^4 - \left( \frac{30 + 273}{100} \right)^4 \right] = 12,67 \text{ W}$$

$$Q_{tt} = Q_3 = N_3 = 12,67 \text{ W}$$

**\* Nhiệt lượng làm nóng các thiết bị cơ khí trong máy sấy:**

Các thiết bị cơ khí đó là khung sấy, khay sấy, vỏ máy, khung.

$$Q_4 = m_{Fe} \cdot C_{Fe} \cdot (t_2 - t_1)$$

Trong đó:

Khối lượng riêng của thép:  $\rho_{Fe} = 7800 \text{ kg/m}^3$

$m_{Fe}$ : tổng khối lượng thép trong máy sấy ( $m = 150 \text{ kg}$ )

$C_{Fe}$ : nhiệt dung riêng của thép. ( $C_{Fe} = 500 \text{ J/kg.K}$ )

$$Q_4 = 150 \cdot 0,5 \cdot (40 - 30) = 750 \text{ kJ}$$

$$N_4 = \frac{Q_4}{15.60} = \frac{750}{15.60} = 0,83 \text{ kW}$$

**\* Nhiệt lượng tổn thất ra ngoài môi trường qua vách:**

Gồm tổn thất qua 2 bên hông buồng và mặt trước, mặt sau.

$$Q_5 = Q_{51} + Q_{52}$$

Buồng sấy làm từ thép tấm có chiều dày  $\delta_1 = 3 \text{ mm}$  và được cách nhiệt bởi một lớp bông thủy tinh có chiều dày  $\delta_2 = 10 \text{ mm}$ .

Phương trình truyền nhiệt qua vách trù 2 lớp:

$$Q_{51} = N_{51} = \frac{2 \cdot \pi \cdot L \cdot (t_2 - t_1)}{\frac{1}{\lambda_1} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\lambda_2} \ln \frac{d_3}{d_2}}$$

Trong đó:

$t_2$ : nhiệt độ buồng sấy

$t_1$ : nhiệt độ môi trường

$\lambda_1$ : hệ số dẫn nhiệt của thép ( $\lambda_1 = 45,3 \text{ W/m.độ}$ )

$\lambda_2$ : hệ số dẫn nhiệt của bông thủy tinh ( $\lambda_2 = 0,037 \text{ W/m.độ}$ )

$$d_1 = 500 \text{ mm} = 0,5 \text{ m}$$

$$d_2 = d_1 + 2\sigma_1 = 500 + 2 \cdot 3 = 506 \text{ mm} = 0,506 \text{ m}$$

$$d_3 = d_2 + 2 \cdot \sigma_2 = 506 + 2 \cdot 10 = 526 \text{ mm} = 0,526 \text{ m}$$

$$N_{51} = \frac{2\pi \cdot 0,9 \cdot (40 - 30)}{\frac{1}{45,3} \cdot \ln \frac{0,506}{0,5} + \frac{1}{0,037} \cdot \ln \frac{0,526}{0,506}} = 56,52 \text{ W}$$

Phương trình truyền nhiệt qua vách phẳng trước và sau:

$$N_{52} = Q_{52} = Q'_{52} + Q''_{52}$$

+ Mặt trước và mặt sau:  $Q'_{52} = Q''_{52}$

+ Mặt trước và sau: có lớp bông thủy tinh

$$F = \pi \cdot R \cdot \delta_1 + \pi \cdot R \cdot \delta_2 = \pi \cdot 0,25 \cdot (0,01 + 0,003) = 0,01 \text{ m}^2$$

$$Q_{52} = \frac{F \cdot (t_2 - t_1)}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}} = \frac{0,01 \cdot (40 - 30)}{\frac{0,003}{45,3} + \frac{0,01}{0,037}} = 0,37 \text{ W}$$

$$\text{Vậy: } N_5 = N_{51} + N_{52} = 56,52 + (2 \cdot 0,37) = 57,26 \text{ W}$$

+ Nhiệt lượng cần thiết để nước sôi trong vật liệu sôi và hóa hơi là:

$$Q_6 = m_{H_2O} \cdot C_{H_2O} \cdot (t_2 - t_1) + m \cdot r$$

Lượng nước bay ra trong quá trình bốc hơi được tính theo công thức:

$$\omega = m \cdot (\omega_1 - \omega_2)$$

Khảo nghiệm xác định ẩm độ ban đầu của vật liệu sây:

$$\omega_1 = 21,34 \% = 0,2134$$

$$\omega_2 = 10 \% = 0,1$$

$$\omega = 5 \cdot (0,2134 - 0,1) = 0,567 \text{ kg}$$

$$\text{Nên: } Q_6 = 0,567 \cdot 4,18 \cdot (40 - 30) + 0,567 \cdot 2402 = 1385,6 \text{ kJ}$$

$$N_6 = \frac{Q_6}{30 \cdot 60} = \frac{1385,6}{30 \cdot 60} = 1,54 \text{ kW}$$

\* Bảng 4.1. Kết quả lượng nhiệt chi phí trong quá trình sấy.

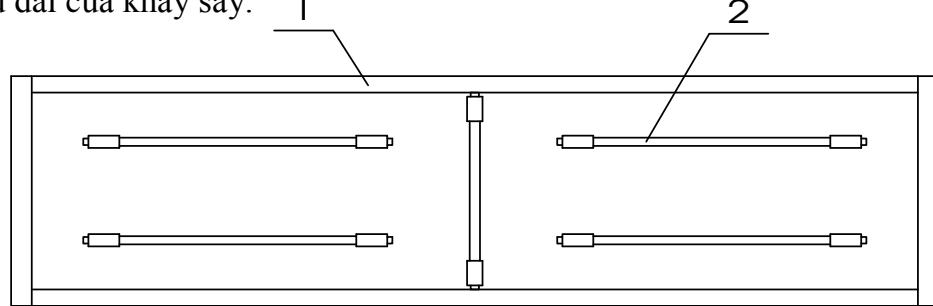
N <sub>1</sub> (kW)	N <sub>2</sub> (kW)	N <sub>3</sub> (kW)	N <sub>4</sub> (kW)	N <sub>5</sub> (kW)	N <sub>6</sub> (kW)
0,198	0,00237	0,127	0,83	0,5726	1,54

Vậy tổng công suất nhiệt cần cung cấp cho máy sấy:

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6$$

$$N = 0,198 + 0,00237 + 0,127 + 0,83 + 0,5726 + 1,54 = 3,13 \text{ kW}$$

Bộ phận cấp nhiệt cho máy sấy được chọn là bộ điện trở gồm 25 điện trở (3,25 kW) ống thủy tinh hãng Mitsubishi, công suất mỗi điện trở 130 W loại 12" và 8" và được phân bố đều trên chiều dài của khay sấy.



Hình 4-7. Cách bố trí điện trở lên khay sấy  
1. Khung điện trở              2. Điện trở sấy

#### 4.2.4. Tính toán và chọn bơm chân không

Khối lượng không khí trong buồng trước khi hút:

$$m_1 = \frac{P_1 \cdot V}{R \cdot T_1} , \text{ kg}$$

Trong đó :

$$P_1 = 760 \text{ mmHg} = 760 \cdot 133,322 = 101324,72 \text{ Pa}$$

$$V_{kk} = V_{buồng} - V_{vls} = 0,177 - 0,0189 = 0,1581 \text{ m}^3$$

$$R = 8314/29 = 286,69 \text{ J/kmol.deg}$$

$$t_1 = 30 + 273 = 303 \text{ K}$$

$$m_1 = \frac{101324,72 \cdot 0,1581}{286,69 \cdot 303} = 0,184 \text{ kg}$$

Khối lượng không khí còn lại trong buồng sau khi hút:

$$m_2 = \frac{P_2 \cdot V}{R \cdot T_2} , \text{ kg}$$

Trong đó:

$$P_2 = P_0 - P_{ck}$$

$$P_2 = (760 - 730) \cdot 133,322 = 3999,66 \text{ Pa}$$

$$T_2 = (40 + 273) = 313 \text{ K}$$

$$m_2 = \frac{3999,66 \cdot 0,1581}{286,69 \cdot 313} = 0,007 \text{ kg}$$

Vậy lượng không khí được lấy đi:

$$\Delta m = m_1 - m_2 = 0,184 - 0,007 = 0,177 \text{ kg}$$

Thể tích không khí được lấy đi:

$$V_{kk} = \frac{\Delta m}{\rho_{kk}} = \frac{0,177}{1,165} = 0,152 \text{ m}^3$$

Lưu lượng trung bình của không khí qua bơm :

$$Q_{bom} = \frac{V}{t} = \frac{0,152}{15,60} = 1,645 \text{ m}^3/\text{h} = 0,00045 \text{ m}^3/\text{s}$$

t: thời gian hút đến độ chân không yêu cầu ( $t = 15$  phút)

Công suất của bơm:

$$N = \frac{N_{do.n}}{1000 \cdot \eta_{do.n} \cdot \eta_m} \quad (\text{kW})$$

Trong đó:

$N_{do.n}$ : công suất tính trong quá trình đoạn nhiệt

$Q_{bom}$ : năng suất hút của bơm ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$$N_{do.n} = \frac{k}{k-1} \cdot P_1 \cdot Q \cdot \left[ \left( \frac{P_1}{P_2} \right)^{k-\frac{1}{k}} - 1 \right] \quad (\text{W})$$

k: hệ số đoạn nhiệt của không khí,  $k = 1,4$

$\eta_{do.n}$ : hệ số hiệu dụng đoạn nhiệt

$\eta_m$ : hệ số hiệu dụng tính đến quá trình ma sát

$$\eta_{do.n} \cdot \eta_m = 0,6 \div 0,7$$

$$N_{do.n} = \frac{1,4}{1,4-1} \cdot 101324,72 \cdot 0,00045 \cdot \left[ \left( \frac{101324,72}{3999,66} \right)^{1,4-\frac{1}{1,4}} - 1 \right] = 520,17 \text{ W}$$

Công suất của bơm:

$$N = \frac{N_{do.n}}{1000 \cdot 0,7} = \frac{520,17}{1000 \cdot 0,7} = 0,74 \text{ kW}$$

Dựa vào kết quả tính toán chọn bơm chân không cho máy sấy là bơm roto có công suất 1 HP.

#### 4.2.5. Tính toán dàn ngưng

Hệ thống ngưng tụ trong máy sấy chân không nhằm hạ nhiệt độ của hơi ẩm từ trong buồng sấy trước khi vào bơm xuống đến nhiệt độ đọng sương để cho ẩm ngưng tụ thành nước nhằm làm tăng tuổi thọ của bơm. Các phương pháp làm lạnh ở hệ thống ngưng tụ: băng nước lạnh, dàn lạnh của máy lạnh, dùng dòng chảy cưỡng bức,...

Nhiệt độ hơi ẩm vào dàn ngưng:  $t_1 = 40^{\circ}\text{C}$

Nhiệt độ hơi ra khỏi dàn ngưng tụ:  $t_1' = 25^{\circ}\text{C}$

Nhiệt độ nước vào làm mát:  $t_2 = 5^{\circ}\text{C}$ , và ra làm mát:  $t_2'$

Lưu lượng không khí ẩm vào dàn ngưng  $Q = 1,645 \text{ m}^3/\text{h} = 0,00045 \text{ m}^3/\text{s}$

Năng suất giải nhiệt của dàn ngưng:

$$Q_{\text{ng}} = m_{\text{kk}} \cdot C_{\text{pkk}} \cdot (t_1 - t_1') , \text{ kW}$$

Trong đó:

$m_{\text{kk}}$ : lượng không khí ẩm qua dàn ngưng khí hút chân không

$$m_{\text{kk}} = \rho_{\text{kk}} \cdot V_{\text{kk}} = 1,165 \cdot 4,5 \cdot 10^{-4} = 5,253 \cdot 10^{-4} \text{ kg/s}$$

$V_{\text{kk}}$ : lượng không khí ẩm qua dàn ngưng khi bơm hút chân không

$$V_{\text{kk}} = Q_{\text{bom}} = 4,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

$C_{\text{pkk}}$ : nhiệt dung riêng của không khí ( $C_{\text{pkk}} = 1,005 \text{ kJ/kg.độ}$ )

$$Q_{\text{ng}} = 1,165 \cdot 4,5 \cdot 10^{-4} \cdot 1,005 \cdot (40 - 25) = 7,9 \cdot 10^{-3} \text{ kW}$$

Phương trình cân bằng nhiệt giữa nước làm mát và không khí nóng qua dàn ngưng.

$$Q_{\text{ng}} = Q_{\text{kk}} = m_n \cdot C_n (t_2' - t_2)$$

$$\Rightarrow t_2' = \frac{Q_{\text{kk}}}{m_n \cdot C_n} + t_2$$

$C_n$ : nhiệt dung riêng của nước ( $C_n = 4,18 \text{ kJ/kg.độ}$ )

Lưu lượng nước làm mát:  $m_n = 0,005 \text{ kg/s}$

$$\text{Vậy: } t_2' = \frac{7,9 \cdot 10^{-3}}{0,005 \cdot 4,18} + 5 = 5,38^{\circ}\text{C}$$

Lượng nước bay ra trong quá trình bốc hơi được tính theo công thức:

$$\omega = m_{\text{vls}} \cdot (W_1 - W_2) = 5 \cdot (21,34 - 10) / 100 = 0,567 \text{ kg}$$

Với:  $m_{\text{vls}} = 5 \text{ kg}$

$$W_1 = 21,34 \%$$

$$W_2 = 10 \%$$

Lượng nước làm lạnh trong thiết bị ngưng tụ:

$$m_n = \frac{\omega \cdot (i_h - i_1)}{i_2 - i_1}$$

Tra bảng nước chưa sôi và hơi quá nhiệt ở điều kiện áp suất

$$P = 0,08 \text{ bar} \text{ và } t_h = 40 {}^\circ\text{C}, t_1 = 25 {}^\circ\text{C}$$

$$\text{Suy ra: } i_h = 167,5 \text{ kJ/kg}$$

$$i_1 = 100,46 \text{ kJ/kg}$$

Tra bảng thông số vật lý của nước trên đường bảo hòa ở điều kiện.

$$t_1 = 5 {}^\circ\text{C} \rightarrow i_1 = 21,02 \text{ kJ/kg}$$

$$t_2 = 5,38 {}^\circ\text{C} \rightarrow i_2 = 25,22 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{Suy ra: } m_n = \frac{0,567 \cdot (167,5 - 100,46)}{25,22 - 21,02} = 9,05 \text{ kg/h} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$$

Để tính được hệ số tỏa nhiệt khi ngưng tụ hơi  $\alpha_1$ , chúng ta phải biết được nhiệt độ vách trong ống  $t_w$  và chiều cao ống H trong thiết bị vì các thông số này chưa biết nên phải áp dụng phương pháp tính gần đúng.

$$\vec{\Delta t} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{\ln \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}} = \frac{34,62 - 20}{\ln \frac{34,62}{20}} = 26,64 {}^\circ\text{C}$$

Trong đó:

$$\Delta t_{\max} = \Delta t_1 = t_1 - t_2 = 40 - 5,38 = 34,62 {}^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\min} = \Delta t_{\min} = t_1 - t_2 = 25 - 5 = 20 {}^\circ\text{C}$$

Vì hơi ngưng tụ có  $\alpha_1$  tương đối lớn, nước chảy ngoài ống cũng có  $\alpha_2$  lớn do đó nhiệt trao đổi nhiệt về hai phía cũng xấp xỉ bằng nhau, ống sử dụng là ống đồng tương đối mỏng nên có thể bỏ qua nhiệt trao đổi nhiệt, sơ bộ giả thiết như sau:

$$t_w = t_f - \frac{\vec{\Delta t}}{2} = 40 - \frac{26,64}{2} = 26,68 {}^\circ\text{C}$$

Sơ bộ ta chọn chiều dày vách ống là 0,5 mm.

Nhiệt độ trung bình của màng nước ngưng :

$$t_m = 0,5 \cdot (t_f + t_w) = 0,5 \cdot (40 + 26,68) \approx 33,34 {}^{\circ}\text{C}$$

Từ bảng thông số vật lý của nước trên đường bảo hòa và phương pháp nội suy, ứng với  $t_m = 33,34 {}^{\circ}\text{C}$ ; ta có:

$$C_p = 4,174 \text{ kJ/kg}$$

$$\rho_m = 994,53 \text{ kg/m}^3$$

$$\lambda_m = 62,36 \cdot 10^{-2} \text{ W/m. K}$$

$$v_m = 0,756 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Ứng với  $t_f = 40 {}^{\circ}\text{C}$ , tra bảng nước và hơi nước bảo hòa (theo nhiệt độ) ta tìm được:  
 $r = 2406 \text{ kJ/kg}$

Vậy hệ số tỏa nhiệt khi ngưng tụ hơi trên vách đứng là:

$$\alpha_1 = 0,943 \cdot \sqrt[4]{\frac{\rho \cdot g \cdot r \cdot \lambda^3}{v \cdot H \cdot (t_f - t_m)}} = 0,943 \cdot \sqrt[4]{\frac{994,53 \cdot 9,81 \cdot 2406 \cdot 62,36^3 \cdot 10^{-6}}{0,756 \cdot 10^{-6} \cdot 0,5 \cdot (40 - 33,34)}} = 1156 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Nhiệt độ trung bình nước chảy ngoài ống là :

$$t_2 = 0,5 \cdot (t_1 + \dot{t}_2) = 0,5 \cdot (5 + 5,38) \approx 5,2 {}^{\circ}\text{C}$$

Với:  $t_2 = 5,2 {}^{\circ}\text{C}$ , tra bảng thông số vật lý của nước trên đường bảo hòa và phương pháp nội suy ta có:

$$\rho_2 = 999,8 \text{ kg/m}^3$$

$$\lambda_2 = 56,25 \cdot 10^{-2} \text{ W/m.K}$$

$$v_2 = 1,5475 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Pr = 11,595$$

$$C_{p2} = 4,205 \text{ kJ/kg.deg}$$

Nước chảy ngoài ống khi thiết kế thường chọn  $\omega_2 = 1 \div 2,5 \text{ m/s}$ ,  $d_2 = 6 \text{ mm}$ .

Ở đây ta chọn  $\omega_2 = 1,5 \text{ m/s}$ . Do đó, ta có:

$$Re_2 = \frac{\omega_2 \cdot d_2}{v_2} = \frac{1,5 \cdot 6 \cdot 10^{-3}}{1,5475 \cdot 10^{-6}} = 5815,8$$

Vách làm bằng thép có hệ số dẫn nhiệt  $\lambda$  tương đối lớn, vách tương đối mỏng nên sự chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt vách là  $1 {}^{\circ}\text{C}$ , ta có:

$$t_{w1} = 26,86 {}^{\circ}\text{C}$$

$$t_{w2} = t_{w1} - 1 = 26,86 - 1 = 25,86 {}^{\circ}\text{C}$$

Với  $t_{w2} = 25,86^{\circ}\text{C}$  tra bảng thông số vật lý của nước trên đường bảo hòa ta tìm được:

$$\text{Pr}_w = 6,38$$

Vì:  $\text{Re}_2 = 5815,8 \in 2.10^3 \div 10^4$  nên đây thuộc dạng tỏa nhiệt ở trạng thái quá độ.

$$\Rightarrow Nu_2 = \frac{K_o \cdot \varepsilon}{\text{Pr}_f^{-0,43} \left( \frac{\text{Pr}_f}{\text{Pr}_w} \right)^{-0,25}} = \frac{32,1}{11,595^{-0,43} \left( \frac{11,595}{6,38} \right)^{-0,25}} = 37,548$$

Với:  $K_0 = 32$

Ống thẳng nên:  $\varepsilon_r = 1$  do  $l/d > 50 \Rightarrow \varepsilon_L = 1$

Hệ số tỏa nhiệt từ bên ngoài vách đến nước chảy bên trong ống:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_1} = \frac{37,5 \cdot 0,5625}{6 \cdot 10^{-3}} = 3515,6 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Hệ số truyền nhiệt của thiết bị:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta}{\lambda}} = \frac{1}{\frac{1}{1156} + \frac{1}{2109} + \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{45,3}} = 161,4 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Lưu lượng nước cần làm lạnh trong một giờ:  $G_2 = 0,3 \text{ kg/s}$

Vậy nhiệt lượng mà nước nhận được khi ngưng tụ là:

$$Q_2 = G_2 \cdot C_{p2} \cdot (\dot{t}_2 - t_2) = 0,3 \cdot 4,205 \cdot (5,38 - 5,2) = 0,429 \text{ kW} = 429 \text{ W}$$

Mật độ dòng nhiệt truyền qua:

$$q = k \cdot \vec{\Delta t} = 161,4 \cdot 26,64 = 4299,7 \text{ W/m}^2$$

Vậy tổng diện tích truyền nhiệt của thiết bị:

$$F = \frac{Q_2}{q} = \frac{429}{4299,7} = 0,094 \text{ m}^2$$

Chiều dài của ống:

$$L = \frac{F}{\pi \cdot d_2} = \frac{0,094}{3,14 \cdot 6 \cdot 10^{-3}} = 4,98 \text{ m}$$

Theo tính toán thì đường kính ống là 6 mm, chiều dài ống là 7 m.

#### 4.2.6. Tính toán dàn lạnh và dàn nóng

Thùng ngưng tụ có kích thước 500 x 400 x 300 mm.

Nhiệt lượng để hạ nhiệt độ nước từ 30 °C xuống 5 °C là:

$$Q_n = G_n \cdot C_n \cdot (t_1 - t_2) = 0,0056 \cdot 4,18 \cdot (30 - 5) = 0,58 \text{ kW} = 580 \text{ W}$$

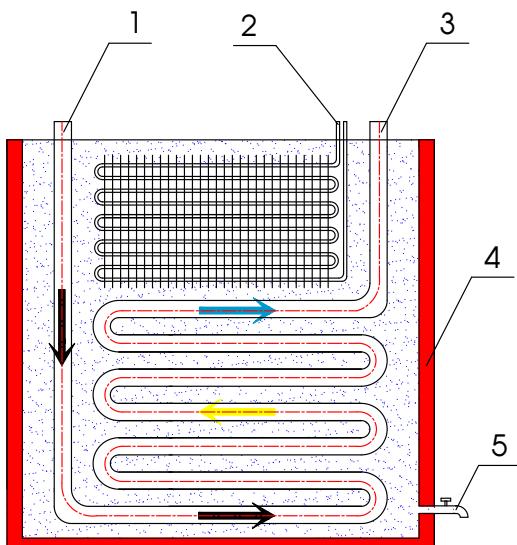
Trong đó:

Lượng nước cần làm mát trong một giờ:

$$G_n = 0,02 \text{ m}^3 = 20 \text{ kg/h} = 0,0056 \text{ kg/s}$$

Nhiệt dung riêng của nước:  $C_n = 4,186 \text{ kJ/kg.K}$

Nhiệt độ nước trước và sau làm lạnh:  $t_1 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t_2 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$



Hình 4-8. Nguyên lý dàn ngưng tụ hơi nước

1. Hơi nước từ buồng sấy
2. Tác nhân lạnh của máy lạnh
3. Đến bơm chân không
4. Thùng nước được cách nhiệt
5. Van xả đáy

Tổn thất nhiệt ra môi trường:

$$Q_{tt} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Phương trình truyền nhiệt qua vách phẳng gồm 2 lớp: bông thủy tinh và thép

+ Mặt trước và mặt sau:  $Q_1 = Q_{11} + Q_{12}$

$$F_1 = 0,5 \cdot 0,4 = 0,2 \text{ m}^2$$

$$Q_1 = 2 \cdot \frac{F_1 \cdot (t_2 - t_1)}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}} = 2 \cdot \frac{0,2 \cdot (30 - 5)}{\frac{0,003}{39} + \frac{0,01}{0,037}} = 36,98 \text{ W}$$

+ 2 mặt bên:  $F_2 = 0,3 \cdot 0,4 = 0,12 \text{ m}^2$

$$Q_2 = 2 \cdot \frac{F_2 \cdot (t_2 - t_1)}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}} = 2 \cdot \frac{0,12 \cdot (30 - 5)}{\frac{0,003}{39} + \frac{0,01}{0,037}} = 22,19 \text{ W}$$

+ Mặt trên và mặt dưới:  $Q_3 = Q_{31} + Q_{32}$

$$F_3 = 0,5 \cdot 0,3 = 0,15 \text{ m}^2$$

$$Q_3 = 2 \cdot \frac{F_3 \cdot (t_2 - t_1)}{\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2}} = 2 \cdot \frac{0,15 \cdot (30 - 5)}{\frac{0,003}{39} + \frac{0,01}{0,037}} = 27,7 \text{ W}$$

$$Q_{tt} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 36,98 + 22,19 + 27,7 = 86,87 \text{ W} = 0,087 \text{ kW}$$

Tổng tổn thất nhiệt ra môi trường:  $Q_n + Q_{tt} = 0,58 + 0,087 = 0,67$

Chọn máy nén có công suất 1 HP. Tuy nhiên để thuận tiện trong chế tạo cũng như lắp đặt thiết bị, với công suất máy nén là 1 HP, tôi chọn máy lạnh có sẵn trên thị trường của hãng LG model HS-C096B2UO.

#### \* Dàn lạnh:

Diện tích trao đổi nhiệt:

$$F = \frac{Q_0}{k \cdot \Delta t} = \frac{Q_0}{q_{of}}$$

$Q_0$ : Công suất lạnh yêu cầu của thiết bị bay hơi, W.

$k$ : Hệ số truyền nhiệt,  $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ .

$\Delta t$ : Độ chênh lệch trung bình logarit, K.

$q_{of}$ : Mật độ dòng nhiệt của thiết bị bay hơi,  $\text{W/m}^2$ .

$q_{of} = 2900 \text{ W/m}^2$ .

$$F = \frac{745,7}{2900} = 0,26 \text{ m}^2$$

#### \* Dàn nóng:

Diện tích trao đổi nhiệt:

$$F = \frac{Q_k}{k \cdot \Delta t_k} = \frac{Q_k}{q_{kf}}$$

Trong đó:

$Q_k$ : Phụ tải nhiệt yêu cầu của thiết bị ngưng tụ, W.

k: Hỗn số truyền nhiệt, W/m<sup>2</sup>.K.

$\Delta t_k$ : Độ chênh lệch trung bình logarit, K.

$q_{kf}$ : Mật độ dòng nhiệt, W/m<sup>2</sup>.

Dàn ngưng không khí có:

$$k = 30 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}.$$

$$\Delta t_k = 8 \div 10 \text{ K}.$$

$$q_{kf} = 240 \div 300 \text{ W/m}^2.$$

$$Q_k = Q_0 + N_e = 0,5 + 0,5 = 1 \text{ HP}.$$

$$F = \frac{1491,4}{300} = 4,97 \text{ m}^2.$$

#### \* Tính bình ngưng:

Mục đích: là chứa lượng nước ngưng tụ thoát ra trong quá trình sấy.

Lượng nước bay ra trong quá trình bốc hơi được tính theo công thức:

$$G_{H_2O} = G \cdot \frac{\omega_1 - \omega_2}{1 - \omega_2} = 5 \cdot \frac{0,2134 - 0,1}{1 - 0,1} = 0,63 \text{ kg}$$

Trong đó:

$\omega_1$ : Âm độ trước khi sấy:  $\omega_1 = 21,34\% = 0,2134$

$\omega_2$ : Âm độ sau khi sấy:  $\omega_2 = 10\% = 0,1$

G : Khối lượng phấn hoa ban đầu, G = 5 kg

Lượng nước bốc ra trong quá trình sấy: m = 0,63 kg.

Thể tích cần có của bình chứa là:  $0,63 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ .

Bình chứa nước được thiết kế là hình trụ, chiều dài 200 mm, đường kính đáy là 80 mm. Thể tích chứa là  $V = \pi \cdot r^2 \cdot l = 3,14 \cdot 0,04^2 \cdot 0,2 = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ .

\* Chiều dày cho phép định mức của thân bình:

$$S = \frac{P \cdot L_n}{200 \cdot \varphi \cdot \sigma_b + P} + C, \text{ mm}$$

Trong đó:

P: áp suất thiết kế, P = 0,93 kG/cm<sup>2</sup>

$L_n$ : Chiều dài buồng sấy  $L_n = 200$  mm

$\varphi$ : hệ số xét đến phương pháp hàn,  $\varphi = 0,7$

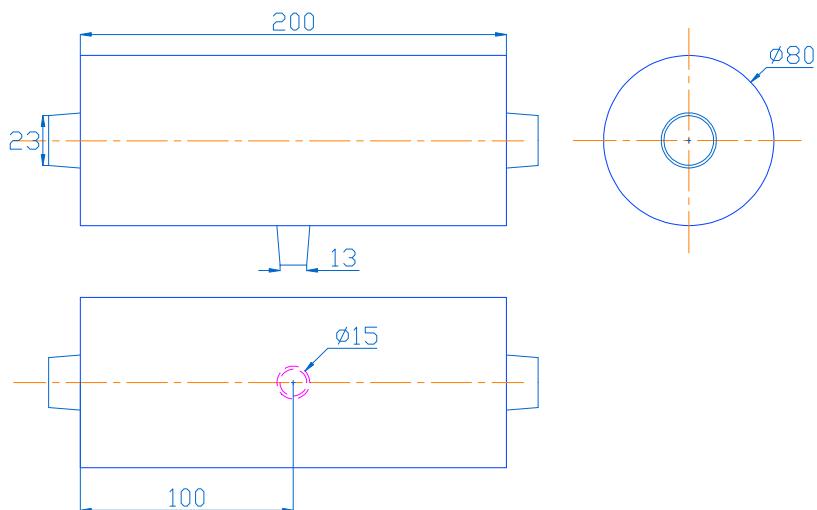
$\sigma_b$ : ứng suất cho phép của vật liệu thép CT3 ở  $50^{\circ}\text{C}$  chế tạo thiết bị chứa

$$\sigma_b = 22 \text{ kG/cm}^2$$

C: hệ số dự trữ,  $C = 2$  mm

$$S = \frac{0,93 \cdot 900}{200 \cdot 0,7 \cdot 22 + 0,93} + 2 = 2,06 \text{ mm}$$

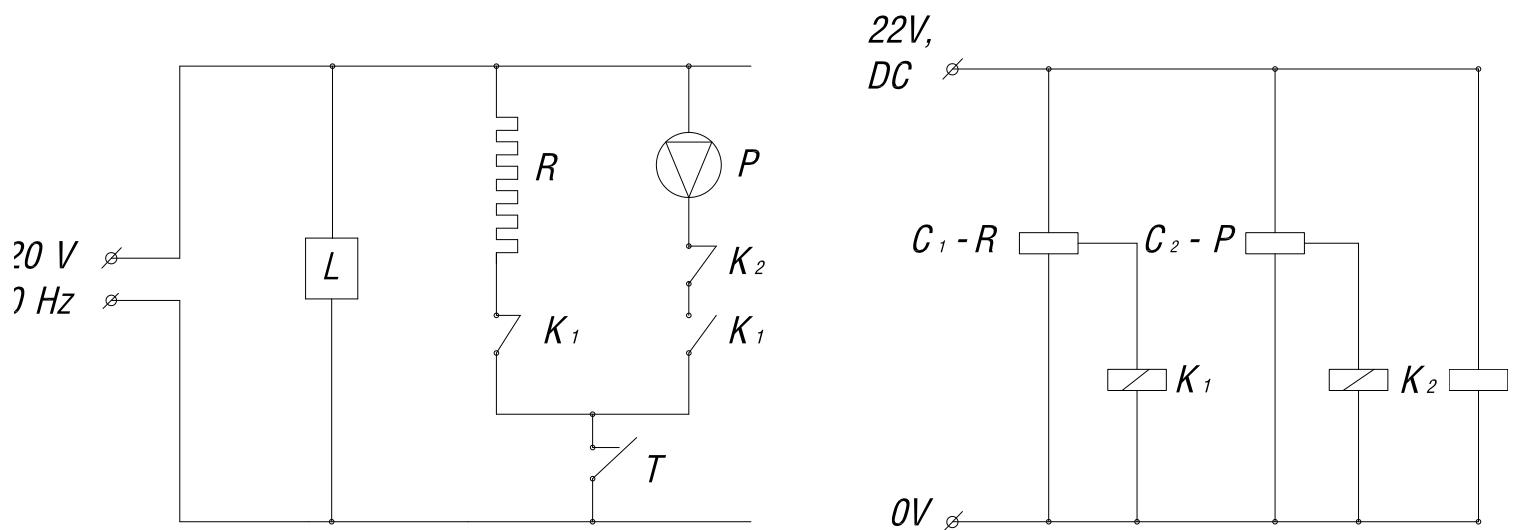
Chọn chiều dày vách bình ngưng  $S = 3$  mm



Hình 4-9. Bình ngưng tụ ẩm

#### 4.2.7. Thiết kế mạch điện điều khiển

Mạch điều khiển được thiết kế như sau:



Hình 4-10. Mạch điện điều khiển

Trong đó:

L: đèn compact

R: điện trở cấp nhiệt cho buồng sấy

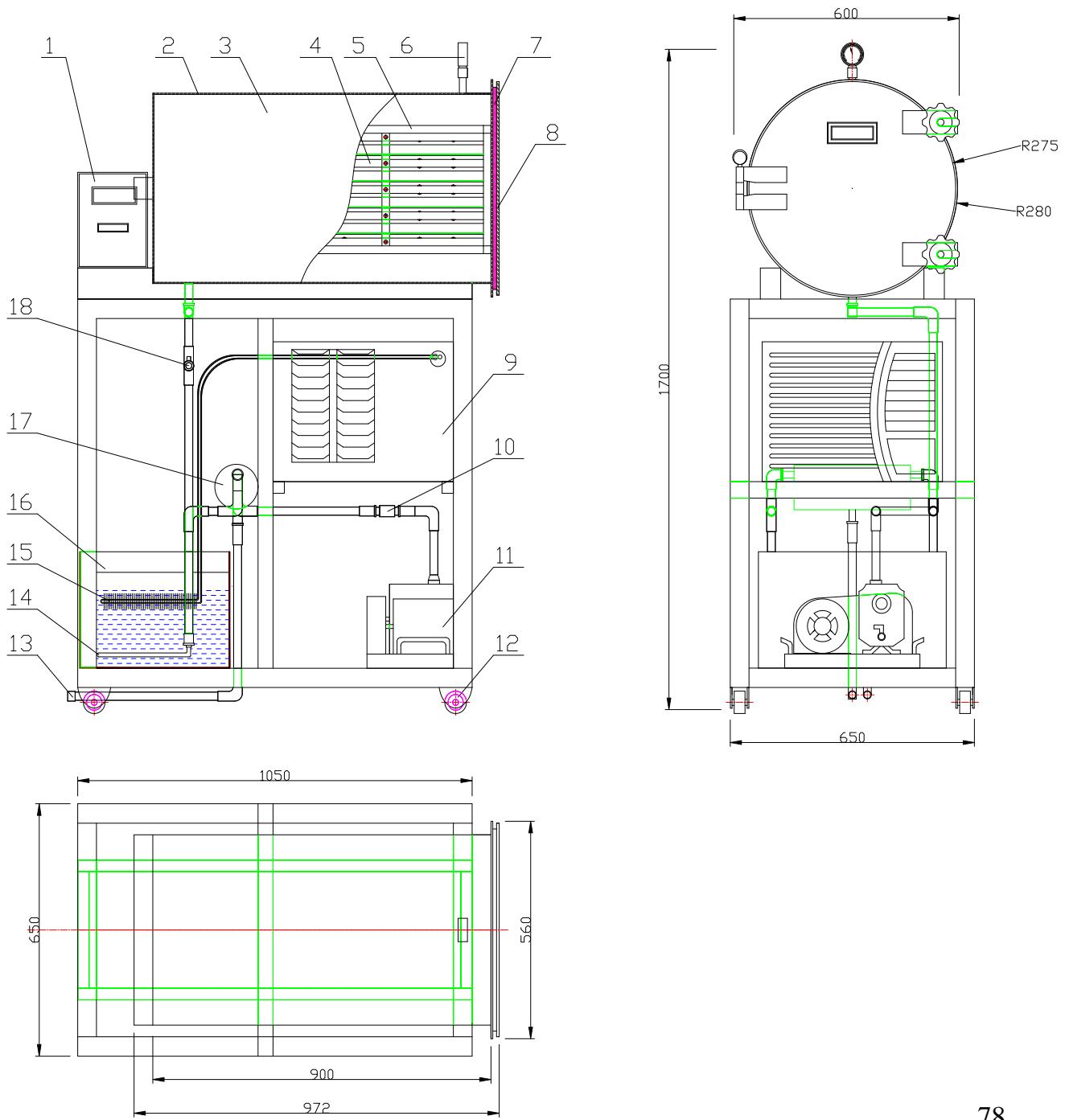
P: bơm chân không

T: role thời gian được điều khiển bằng mạch vi xử lý cho phép cài đặt thời gian đóng và ngắt theo từng chu kỳ độc lập bằng bàn phím rời.

K1; K2: role điều khiển

C<sub>1</sub>: cảm biến nhiệt độ

C<sub>2</sub>: cảm biến áp suất chân không.



#### Hình 4-11. Bản vẽ lắp máy sấy chân không năng suất 5 kg/m<sup>3</sup>

- |                       |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1. Tủ điện điều khiển | 7. Ron cửa            | 13. Đường xả đáy      |
| 2. Khay sấy           | 8. Nắp thùng sấy      | 14. Dàn ống ngưng tụ  |
| 3. Buồng sấy          | 9. Dàn ngưng máy lạnh | 15. Dàn lạnh máy lạnh |
| 4. Xe goong           | 10. Van một chiều     | 16. Thùng nước ngưng  |
| 5. Khay điện trở      | 11. Bơm chân không    | 17. Bình tách lỏng    |
| 6. Đồng hồ chân không | 12. Bánh xe           | 18. Đường xả chân     |

Hoạt động của mạch: Role thời gian T (tiếp điểm thường đóng mở chậm) được điều khiển bằng mạch vi xử lý cho phép cài đặt thời gian sấy. Khi khởi động, mạch vi xử lý cấp nguồn cho role thời gian T và các cảm biến C<sub>1</sub> và C<sub>2</sub>. Khi đó tiếp điểm thường đóng mở chậm của role thời gian T trên mạch điều khiển chỉ mở ra khi hết thời gian cài đặt (thời gian sấy). Dàn điện trở (R) hoạt động phụ thuộc vào trạng thái đóng hay mở của cảm biến nhiệt (C<sub>1</sub>), bơm chân không (P) hoạt động dựa vào cảm biến áp suất chân không (C<sub>2</sub>), hai cảm biến này hoạt động phụ thuộc vào giá trị cài đặt trước. Khi hết thời gian sấy mạch vi xử lý tác động role thời gian T. Tiếp điểm thường đóng mở chậm T sẽ mở ra (khi kết thúc thời gian sấy), ngắt mạch không cung cấp nguồn đến dàn điện trở (R) và bơm chân không (P). Như vậy, mạch này có khả năng điều khiển tự động quá trình sấy theo các giá trị của nhiệt độ, áp suất cài đặt trước.

#### 4.3. Chế tạo thiết bị

Sau khi tính toán thiết kế, thiết bị được chế tạo tại xưởng Trung tâm công nghệ và thiết bị nhiệt lạnh, trường Đại học Nông Lâm Tp.HCM từ ngày 4/03/2010.

Các bộ phận được chế tạo theo bản vẽ đã tính toán thiết kế được trình bày ở phụ lục.

Thứ tự chế tạo như sau:

- Chế tạo khung đỡ buồng sấy: vật liệu thép U50 mm.

- Chế tạo thân buồng sấy: buồng sấy inox 304 dày 3 mm, bên ngoài được bọc cách nhiệt bằng bọt xốp cách nhiệt.

- Chế tạo thùng nước ngưng tụ: thùng nhựa dày 2 mm.

- Chế tạo khung điện trở: hộp 20 mm.

- Chế tạo khay nhiệt điện trở: dùng hộp 20 mm và nhôm dày 1 mm.

- Chế tạo nắp buồng sấy: vật liệu thép tấm dày 10 mm.

- Các thiết bị phụ khác được chế tạo theo bản vẽ.



Hình 4-12. Mô hình máy chế tạo hoàn chỉnh

#### 4.4. Khảo nghiệm đánh giá khả năng làm việc của máy

##### \* Mục đích khảo nghiệm:

Nhằm kiểm tra quá trình tính toán thiết kế về các thông số của máy, về chất lượng chế tạo.

##### \* Nội dung khảo nghiệm:

- Chế độ không tải: Xác định nhiệt độ tác nhân sấy qua các điểm trong buồng sấy.

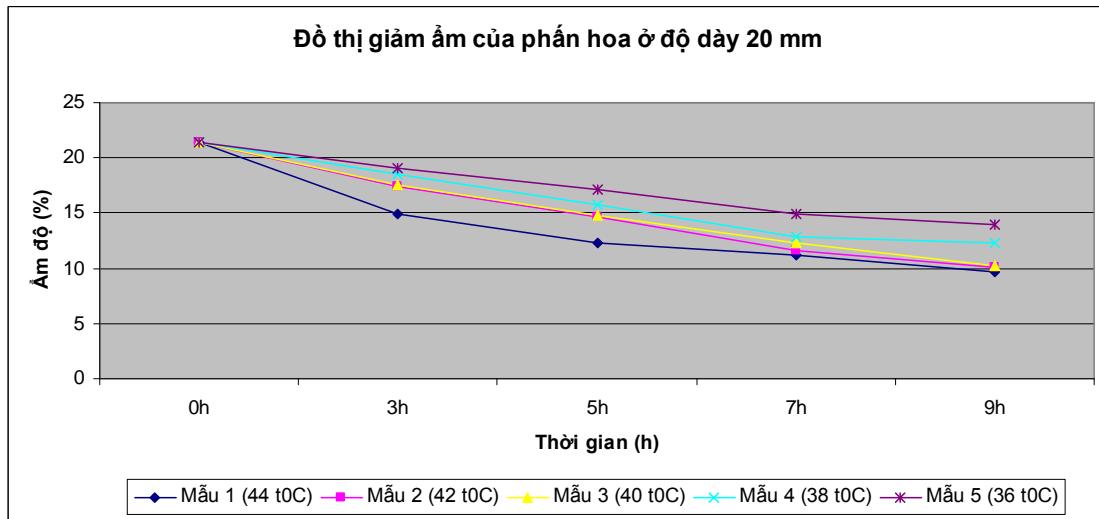
- Chế độ có tải nhằm xác định: Năng suất máy sấy, nhiệt tác nhân sấy qua các điểm, lượng điện năng tiêu thụ, ẩm độ phấn hoa sau khi sấy, thời gian sấy, hàm lượng vitamin trong vật liệu sấy.

+ Tiến hành sấy khảo nghiệm sản phẩm phấn hoa ở các mức nhiệt độ  $36 \div 44^{\circ}\text{C}$  với bè dày vật liệu  $10 \div 20 \text{ mm}$  áp suất  $-710 \text{ mmHg}$ , trên mô hình máy sấy chân không chế tạo hoàn chỉnh, từ ngày 18 đến 26/04/2010, tại Trung tâm công nghệ và thiết bị nhiệt lạnh, trường Đại học Nông Lâm Tp.HCM.

+ Kết quả khảo nghiệm như sau:

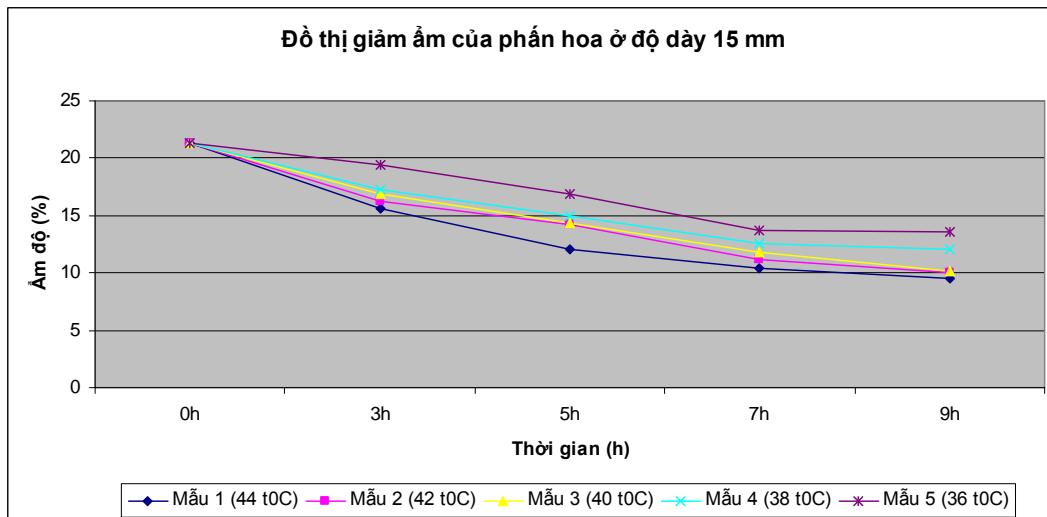
\* Bảng số liệu thể hiện sự giảm ẩm của phấn hoa ở độ dày 20 mm

Mẫu / Thời gian	0h	3h	5h	7h	9h
Mẫu 1 ( $44^{\circ}\text{C}$ )	21,34	14,89	12,23	11,21	9,72
Mẫu 2 ( $42^{\circ}\text{C}$ )	21,34	17,46	14,69	11,64	10,07
Mẫu 3 ( $40^{\circ}\text{C}$ )	21,34	17,54	14,73	12,35	10,23
Mẫu 4 ( $38^{\circ}\text{C}$ )	21,34	18,55	15,69	12,84	12,25
Mẫu 5 ( $36^{\circ}\text{C}$ )	21,34	19,04	17,09	14,87	14,01



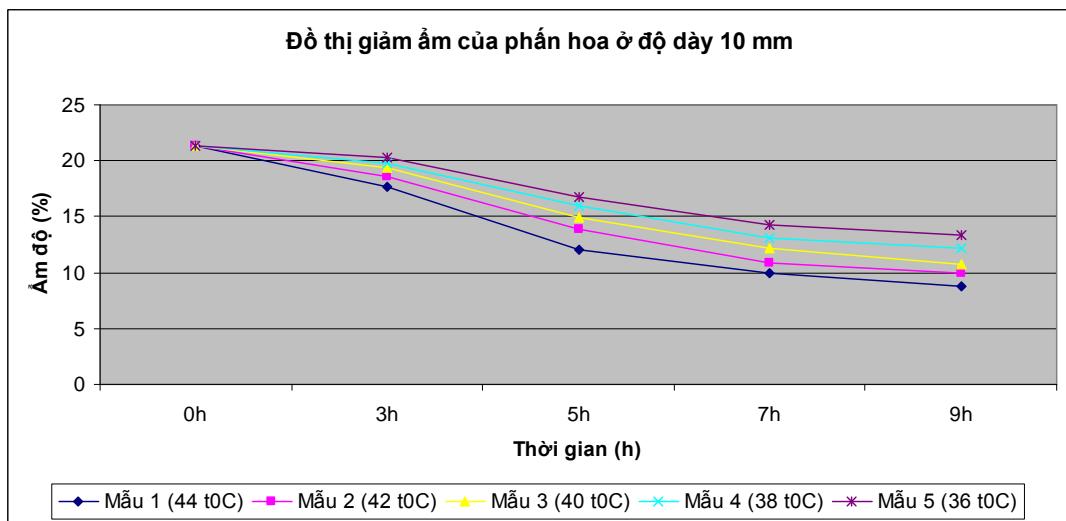
\* Bảng số liệu thể hiện sự giảm âm của phấn hoa ở độ dày 15 mm

Mẫu / Thời gian	0h	3h	5h	7h	9h
Mẫu 1 (44 t°C)	21,34	15,61	12,06	10,41	9,49
Mẫu 2 (42 t°C)	21,34	16,26	14,23	11,13	10,02
Mẫu 3 (40 t°C)	21,34	16,89	14,31	11,77	10,16
Mẫu 4 (38 t°C)	21,34	17,29	15,01	12,51	12,06
Mẫu 5 (36 t°C)	21,34	19,41	16,84	13,75	13,61

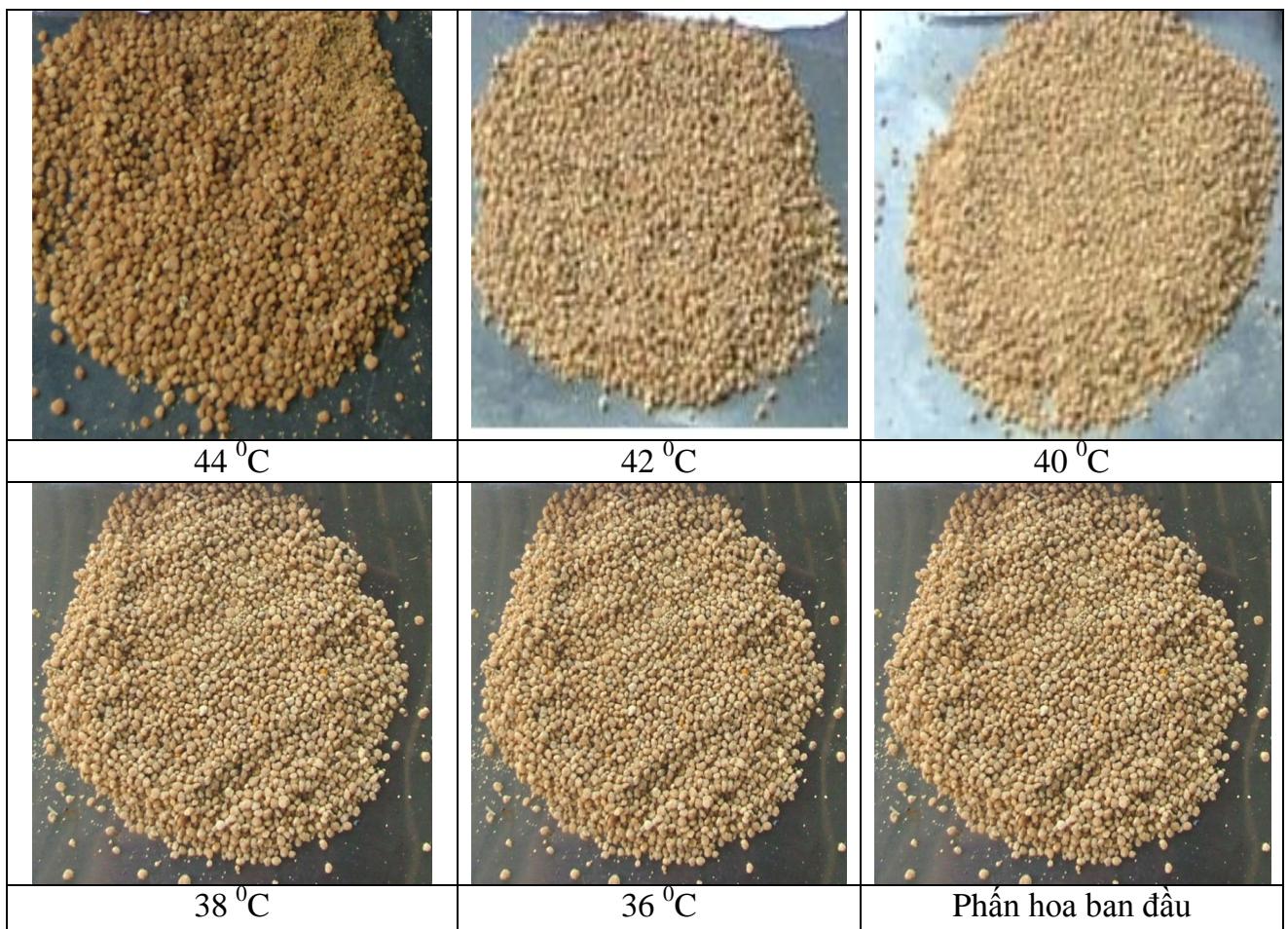


\* Bảng số liệu thể hiện sự giảm âm của phấn hoa ở độ dày 10 mm

Mẫu / Thời gian	0h	3h	5h	7h	9h
Mẫu 1 (44 t°C)	21,34	17,71	12,06	9,91	8,81
Mẫu 2 (42 t°C)	21,34	18,62	13,81	10,92	9,92
Mẫu 3 (40 t°C)	21,34	19,31	14,92	12,12	10,71
Mẫu 4 (38 t°C)	21,34	19,81	15,91	13,11	12,22
Mẫu 5 (36 t°C)	21,34	20,32	16,81	14,21	13,41



+ Nhận xét: Sau khi sấy ở nhiệt độ  $40^{\circ}\text{C}$  hoặc thấp hơn, phấn hoa vẫn giữ được màu sắc và mùi thơm ban đầu. Sấy trên nhiệt độ  $40^{\circ}\text{C}$  như ở các mức  $42 \div 44^{\circ}\text{C}$  thì phấn hoa bắt đầu chuyển sang màu sậm hơn so với ban đầu.



Hình 4-13: Phấn hoa ở các nhiệt độ sấy khác nhau.

Bảng 4.2. Kết quả khảo nghiệm đánh giá khả năng làm việc của máy

STT	Thông số	Đơn vị	Giá trị
1	Năng suất	kg/mẻ	5
2	Lượng điện năng tiêu thụ	kWh/mẻ	8,2
3	Độ ẩm vật liệu đạt được	%	10
4	Nhiệt độ tác nhân sấy	°C	40
5	Độ dày vật liệu sấy	mm	15
6	Thời gian sấy trung bình cho mỗi mẻ	giờ	9

\* Nhận xét:

- Kết quả thực nghiệm cho thấy sự khác biệt giữa nghiên cứu lý thuyết và thực nghiệm không đáng kể.
- Năng suất máy sấy đạt được theo đúng thiết kế là 5 kg/mẻ, ẩm độ vật liệu đạt được sau khi sấy 10% và các thông số nhiệt độ sấy đều bảo đảm cho quá trình sấy.

\* Giới hạn các thông số thực nghiệm

Vitamin C cũng là loại vitamin có hoạt tính chống oxi hóa cao. Một số nghiên cứu đã chứng minh ngay cả khi chỉ có 1 lượng nhỏ vitamin C vẫn có thể bảo vệ tốt những phân tử trong cơ thể, chẳng hạn như là protein, lipid, carbohydrates và các axit nucleic (DNA và RNA) khỏi bị hủy hoại bởi những bức xạ tự do và oxygen phản ứng sinh ra trong suốt quá trình trao đổi chất cũng như việc phóng thích các chất độc và chất gây ô nhiễm khác từ khói, bụi công nghiệp, ....

Kết quả phân tích cho thấy, trong điều kiện sấy chân không, những tác động của tia tử ngoại, phân tử ôxy và các chất ôxy hoá đã bị hạn chế đến mức tối thiểu, nhưng khi nhiệt độ sấy tăng lên, hoạt tính chống ôxy hoá của các mẫu phấn hoa sau khi sấy vẫn bị giảm, chứng tỏ nhiệt độ sấy có tác động trực tiếp đến hoạt tính chống ôxy hoá của phấn hoa. Nhiệt độ sấy càng cao thì hoạt tính chống ôxy hoá của phấn hoa sau khi sấy càng bị giảm.

Chi phí điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy (Ar) là thông số đại diện mang tính kinh tế và kỹ thuật trong quá trình sấy. Khi chi phí điện năng riêng trong quá trình sấy thấp mà hàm lượng vitamin C của phấn hoa đạt yêu cầu.

#### 4.5. Nghiên cứu thực nghiệm

\* Các thông số đầu vào ảnh hưởng đến nghiên cứu:

Do có nhiều thông số ảnh hưởng đến chỉ tiêu nghiên cứu, do vậy trong quá trình nghiên cứu một số thông số ảnh hưởng bị loại bỏ vì mức độ ảnh hưởng của chúng quá ít hoặc không thể điều khiển được trong quá trình thực nghiệm. Một số thông số khác sẽ trở thành điều kiện của không gian nghiên cứu hoặc trở thành các yếu tố ngẫu nhiên tác động nhiều đến quá trình nghiên cứu.

- Nhóm thông số đặc trưng cấu tạo của máy:

Các thông số hình học đặc trưng cho cấu tạo máy: chiều dài buồng sấy, đường kính buồng sấy...

- Nhóm thông số đặc trưng về tác nhân sấy: nhiệt độ tác nhân sấy.

- Nhóm thông số đặc trưng cho đối tượng sấy:

Độ ẩm vật liệu trước khi sấy, kích thước hình học hạt vật liệu, khối lượng riêng vật liệu....

- Xác định các thông số đầu vào:

Căn cứ vào lý thuyết mô hình hóa, yêu cầu đối với thông số đầu vào như sau:

Thông số đầu vào phải thực sự ảnh hưởng đến quá trình nghiên cứu, nếu sự ảnh hưởng chỉ là ngẫu nhiên cần loại bỏ và hạn chế sự ảnh hưởng của chúng bằng phép ngẫu nhiên hóa các thí nghiệm.

Các thông số đầu vào phải có ý nghĩa vật lý hay đại lượng đo đếm được, điều khiển được và các thông số phải độc lập.

\* **Dựa vào cơ sở ở trên chúng tôi loại các thông số sau ra khỏi vùng nghiên cứu:**

Không nghiên cứu các kích thước hình học của buồng sấy. Trong quá trình nghiên cứu chúng tôi lấy cố định kích thước buồng sấy theo tính toán thiết kế phù hợp với năng suất máy sấy.

Độ ẩm vật liệu trước khi sấy, kích thước hình học hạt vật liệu, khối lượng riêng vật liệu xem như cố định trong quá trình nghiên cứu.

\* **Như vậy các thông số đầu vào bao gồm:**

- Nhiệt độ tác nhân sấy: là một thông số liên quan trực tiếp đến hàm lượng vitamin C của vật liệu sấy và chi phí điện năng tiêu thụ để sấy.

- Độ dày lớp vật liệu sấy: ảnh hưởng đến độ thoát ẩm giữa các lớp vật liệu sấy, do đó thông số này cũng ảnh hưởng đến hàm lượng vitamin C của vật liệu sấy và lượng điện năng riêng.

#### 4.5.1. Phát biểu bài toán hộp đen

Nghiên cứu các thông số ảnh hưởng đến hàm lượng vitamin C và chi phí năng lượng điện tiêu thụ để sấy: nhiệt độ sấy và độ dày lớp phấn hoa.

Do có nhiều biến số thay đổi với nhiều mức khác nhau, nên giảm số lượng thí nghiệm mà vẫn đảm bảo độ chính xác thí nghiệm, vì vậy cần phải sử dụng phương pháp quy hoạch thực nghiệm từ đó xác định các thông số hoạt động hợp lý của thiết bị.

Sau khi loại bỏ các yếu tố ngẫu nhiên mà chúng ta không thể điều khiển được, hoặc các yếu tố ảnh hưởng quá nhỏ không thể đưa vào nghiên cứu được, các thông số đầu vào nghiên cứu như sau:

**\* Các thông số đầu vào:**

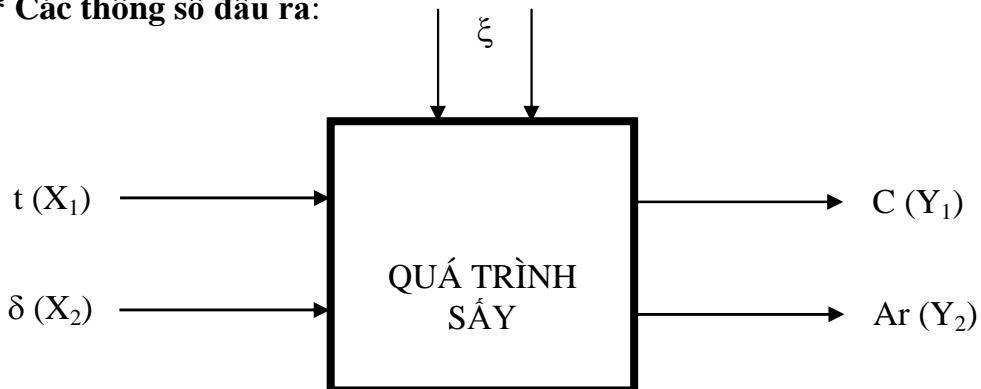
X<sub>1</sub>: nhiệt độ sấy t (<sup>0</sup>C)

Qua thí nghiệm đơn yếu tố, kết hợp với lý thuyết sấy phán hoa, tôi chọn mức giới hạn của nhiệt độ sấy là t = 38 ÷ 42 <sup>0</sup>C và khoảng biến thiên  $\Delta X_1 = 2^0\text{C}$ .

X<sub>2</sub>: chiều dày lớp phán hoa trên khay sấy δ (mm)

Qua nghiên cứu lý thuyết, chiều dày lớp phán hoa liên quan đến độ thoát ẩm của phán hoa do vậy chọn δ = 10 ÷ 20 mm và khoảng biến thiên  $\Delta X_2 = 5 \text{ mm}$ .

**\* Các thông số đầu ra:**



Hình 4-14: Bài toán hộp đen mô tả quá trình nghiên cứu

Y<sub>1</sub>: hàm lượng vitamin C trong phán hoa (mg/100g)

Y<sub>2</sub>: mức tiêu thụ điện năng riêng Ar (kWh/kg).

Ngày thí nghiệm: 04/05/2010 đến 25/05/2010

Địa điểm thí nghiệm: Trung tâm Công nghệ và thiết bị nhiệt lạnh, trường Đại học Nông Lâm Tp.Hồ Chí Minh.

**\* Đo đặc thông số đầu ra:**

- Hàm lượng vitamin C của phán hoa sau khi sấy được xác định bằng cách: lấy mẫu sản phẩm sấy 100 gram sau đó đưa vào máy phân tích AOC sử dụng tia laser để phân tích các thành phần chỉ tiêu về hàm lượng vitamin trong phán hoa. (Được thực hiện tại Trung tâm rau quả trường Đại học Nông Lâm Tp.HCM). Bảng Phụ lục

- Chi phí năng lượng điện tiêu thụ trong quá trình sấy được xác định bằng cách: dùng đồng hồ điện lắp trước nguồn điện cấp vào thiết bị, song song dùng đồng hồ đo công suất điện năng tiêu thụ.

#### 4.5.2. Kế hoạch thực nghiệm bậc hai

Nghiên cứu ảnh hưởng của nhiệt độ tác nhân sấy và độ dày lớp phán hoa đến hàm lượng vitamin C trong phán hoa và mức chi phí năng lượng điện tiêu thụ theo phương án thực nghiệm bậc hai.

#### **4. 5.2.1. Xác định tâm kế hoạch thực nghiệm và bước biến thiên của các yếu tố**

Để thông tin về vùng thực nghiệm đầy đủ với độ tin cậy cao, phương án thực nghiệm bậc 2 được chọn dạng bất biến quay của Box - Hunter.

##### **Xác định miền nghiên cứu**

Miền thực nghiệm phương án thực nghiệm quay bậc II của Box – Hunter sẽ được mở rộng đều về hai phía với cánh tay đòn  $\alpha$ . Đây là phương án thực nghiệm được thiết kế theo 5 mức đối xứng ở tâm.

Giá trị cánh tay đòn  $\alpha$  được xác định theo công thức:

$$\alpha = 2^{k/4} = 2^{2/4} = 1,414$$

Trong đó:

k: số yếu tố vào, k = 2

Nhiệt độ tác nhân sấy:  $t = 38 \div 42^{\circ}\text{C}$  và khoảng biến thiên  $\Delta X_1 = 2^{\circ}\text{C}$

Mức cơ sở:  $X_1^0 = 40^{\circ}\text{C}$

Mức trên:  $X_1^+ = 42^{\circ}\text{C}$

Mức dưới:  $X_1^- = 38^{\circ}\text{C}$

Điểm sao trên:  $X_{1\alpha}^+ = X_1^0 + \alpha \cdot \Delta X_1 = 43^{\circ}\text{C}$

Điểm sao dưới:  $X_{1\alpha}^- = X_1^0 - \alpha \cdot \Delta X_1 = 37^{\circ}\text{C}$

Độ dày lớp phấn hoa:  $\delta = 10 \div 20 \text{ mm}$  và khoảng biến thiên  $\Delta X_2 = 5 \text{ mm}$

Mức cơ sở:  $X_2^0 = 15 \text{ mm}$

Mức trên:  $X_2^+ = 20 \text{ mm}$

Mức dưới:  $X_2^- = 10 \text{ mm}$

Điểm sao trên:  $X_{2\alpha}^+ = X_2^0 + \alpha \cdot \Delta X_2 = 22 \text{ mm}$

Điểm sao dưới:  $X_{2\alpha}^- = X_2^0 - \alpha \cdot \Delta X_2 = 8 \text{ mm}$

Như vậy có mức và khoảng biến thiên các yếu tố đầu vào lập như ở bảng 4.3.

Bảng 4.3. Mức và khoảng biến thiên các yếu tố đầu vào

Mức	Yếu tố	X <sub>1</sub> Nhiệt độ tác nhân sấy t (°C)	X <sub>2</sub> Độ dày vật liệu sấy δ (mm)
+1,414		43	22
+1		42	20
0		40	15
-1		38	10
-1,414		37	8
Khoảng biến thiên Δ		2	5

#### 4. 5.2.2. Lập ma trận thí nghiệm

Ma trận thí nghiệm bậc II theo phương án bất biến quay Box – Hunter có số thí nghiệm được tính theo công thức:

$$N = 2^k + 2.k + n_0 = 2^2 + 2.2 + 2 = 10 \quad (4-1)$$

Trong đó:

k: số yếu tố nghiên cứu, k = 2

2<sup>k</sup>: số lượng thí nghiệm ở mức trên và mức dưới, 2<sup>k</sup> = 4

2.k: số lượng thí nghiệm ở mức điểm sao, 2.k = 4

n<sub>0</sub>: số thí nghiệm ở tâm phương án, n<sub>0</sub> = 2.

Ma trận thí nghiệm được lập và ngẫu nhiên hóa trật tự bằng chương trình Statgraphic vers 7.0 được trình bày như ở bảng 4.4 (phần phụ lục).

Địa điểm thí nghiệm: Trung tâm Công nghệ và thiết bị nhiệt lạnh, khoa Cơ khí – Công nghệ, trường Đại học Nông Lâm Tp.HCM.

Bảng 4.4: Ma trận thí nghiệm và kết quả thí nghiệm bậc 2 ở dạng thực

STT	Các thông số vào		Các thông số ra	
	X <sub>1</sub> (°C) Nhiệt độ	X <sub>2</sub> (mm) Độ dày	Y <sub>1</sub> (mm) Vitamin C	Y <sub>2</sub> (kWh/kg) Năng lượng điện
1	40	15	30,75	1,6323
2	38	20	29,05	1,6136
3	40	15	30,95	1,6346
4	43	15	12,81	1,8790
5	37	15	23,52	1,5220
6	40	22	36,80	1,7360
7	38	10	28,40	1,5578
8	42	20	20,42	1,8384
9	40	08	30,32	1,6202
10	42	10	17,60	1,7426

#### 4. 5.2.3. Kết quả thực nghiệm và xử lý kết quả thực nghiệm

Tiến hành thực nghiệm theo ma trận thí nghiệm đã lập, các số liệu thu được sau khi phân tích tính toán được đưa vào ma trận thí nghiệm để làm dữ liệu nhằm tính các hệ số của mô hình. Số liệu phân tích được trình bày trong phụ lục 1.

Kết quả thí nghiệm được trình bày ở bảng 4.5. Tiến hành phân tích phương sai cho cả 2 hàm toán đa thức bậc II. Kết quả thu được như sau:

##### \* Hàm lượng vitamin C trong phấn hoa Y<sub>1</sub> (mg/100g)

Dựa vào kết quả thực nghiệm tiến hành phân tích phương sai lần 1 với mô hình ở dạng đa thức bậc II đầy đủ được trình bày bảng 4.6 (phần phụ lục). Kết quả phân tích phương sai cho thấy những hệ số hồi qui không đảm bảo độ tin cậy sẽ bị loại gồm: b<sub>12</sub> (hệ số của x<sub>1</sub>.x<sub>2</sub>).

Sau khi loại bỏ hệ số hồi qui không đảm bảo độ tin cậy b<sub>12</sub> ra khỏi mô hình và tiến hành phân tích phương sai lần thứ hai cho mô hình, kết quả xử lý số liệu xác định các hệ số hồi qui có ý nghĩa ( $P_{value} < 0,05$ ), được trình bày ở bảng 4.7 (phần phụ lục).

Với mô hình hồi qui đã hiệu chỉnh, ta nhận thấy:

-  $R^2 = 0,967$  khá cao.

- Kiểm tra theo tiêu chuẩn Student: kết quả tính toán theo bảng 4.8 (phần phụ lục). có t = 12,7062 lớn hơn giá trị tra trong bảng phân bố Student  $T_{(0,05 ; 9)} = 2,26$ . Như vậy các hệ số hồi qui đảm bảo độ tin cậy.

- Kiểm tra theo tiêu chuẩn Fisher: kết quả tính toán theo bảng 4.7 (phần phụ lục) có F = 193,55 nhỏ hơn giá trị tra trong bảng phân bố Fisher  $F_{(1 ; 4)} = 224,6$ . Cho nên phần không phù hợp không có ý nghĩa thống kê.

- Kiểm tra tính thích ứng của mô hình: dựa vào bảng phân tích phương sai được trình bày ở bảng 4.7 (phần phụ lục), có  $P_{value} = 0,0531 > 0,05$ . Do đó, có thể khẳng định mô hình hồi qui là phù hợp.

Các hệ số hồi qui ở dạng mã hóa:

$$b_0 = 30,85 \quad b_1 = -4,32203 \quad b_2 = 1,57926$$

$$b_{11} = -6,84125 \quad b_{22} = 0,85625$$

Ở dạng mã hóa hàm Y<sub>1</sub> phụ thuộc vào X<sub>1</sub>, X<sub>2</sub> được biểu diễn như sau:

$$Y_1 = 30,85 - 4,32203 \cdot x_1 + 1,57926 \cdot x_2 - 6,84125 \cdot x_1^2 + 0,85625 \cdot x_2^2 \quad (4-2)$$

Chuyển hàm Y<sub>1</sub> về dạng thực:

Các hệ số hồi qui ở dạng thực của hàm lượng vitamin C trong phấn hoa như sau:

$$B_0 = 2043,97 \quad B_1 = 108,909 \quad B_2 = -7,77941$$

$$B_{11} = -1,42216$$

$$B_{22} = 0,043532$$

Như vậy, phương trình hồi qui cho hàm  $Y_1$  (hàm lượng vitamin C trong phần hoa) là

$$C = 2043,97 + 108,909.T - 7,77941.\delta - 1,42216.T^2 + 0,043532.\delta^2 \quad (4-3)$$

#### \* **Hàm chi phí điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy phần hoa $Y_2$ (kWh/kg)**

Bằng cách tiến hành tương tự như đối với hàm  $Y_1$ , dựa vào kết quả thực nghiệm tiến hành phân tích phương sai lần 1 với mô hình ở dạng đa thức bậc II đầy đủ được trình bày bảng 4.10 (phần phụ lục). Kết quả phân tích phương sai cho thấy những hệ số hồi qui không đảm bảo độ tin cậy sẽ bị loại gồm:  $b_{12}$  (hệ số của  $x_1.x_2$ ).

Sau khi loại bỏ hệ số hồi qui không đảm bảo độ tin cậy  $b_{12}$  ra khỏi mô hình và tiến hành phân tích phương sai lần thứ hai cho mô hình, kết quả xử lý số liệu xác định các hệ số hồi qui có ý nghĩa ( $P_{value} < 0,05$ ), được trình bày ở bảng 4.11 (phần phụ lục).

Với mô hình hồi qui đã hiệu chỉnh, ta nhận thấy:

$$- R^2 = 0,987 \text{ khá cao.}$$

- Kiểm tra theo tiêu chuẩn Student: kết quả tính toán theo bảng 4.12 (phần phụ lục) có  $t = 12,7062$  lớn hơn giá trị tra trong bảng phân bố Student  $T_{(0,05 ; 9)} = 2,26$ . Như vậy các hệ số hồi qui đảm bảo độ tin cậy.

- Kiểm tra theo tiêu chuẩn Fisher: kết quả tính toán theo bảng 4-11 (phần phụ lục) có  $F = 147,07$  nhỏ hơn giá trị tra trong bảng phân bố Fisher  $F_{(1 ; 4)} = 224,6$ . Cho nên phần không phù hợp không có ý nghĩa thống kê.

- Kiểm tra tính thích ứng của mô hình: dựa vào bảng phân tích phương sai được trình bày ở bảng 4.11 (phần phụ lục), có  $P_{value} = 0,0609 > 0,05$ . Do đó, có thể khẳng định mô hình hồi qui là phù hợp.

Các hệ số hồi qui ở dạng mã hóa:

$$b_0 = 1,63345$$

$$b_1 = 0,114309$$

$$b_2 = 0,039207$$

$$b_{11} = 0,033225$$

$$b_{22} = 0,022025$$

Ở dạng mã hóa hàm  $Y_2$  phụ thuộc vào  $X_1, X_2$  được biểu diễn như sau:

$$Y_2 = 1,63345 + 0,114309.x_1 + 0,039207.x_2 + 0,033225.x_1^2 + 0,022025.x_2^2 \quad (4-4)$$

Chuyển hàm  $Y_2$  về dạng thực:

Các hệ số hồi qui ở dạng thực của hàm lượng vitamin C trong phần hoa như sau:

$$B_0 = 13,5743$$

$$B_1 = -0,626857$$

$$B_2 = -0,0749216$$

$$B_{11} = 8,27462 \cdot 10^{-3}$$

$$B_{22} = 1,00118 \cdot 10^{-3}$$

Như vậy, phương trình hồi qui cho hàm  $Y_2$  (lượng điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy phấn hoa) là:

$$Ar = 13,5743 - 0,626857.T - 0,0749216.\delta + 8,27462 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 + 1,00118 \cdot 10^{-3} \cdot \delta^2 \quad (4-5)$$

#### 4. 5.2.4. Phân tích kết quả thực nghiệm

##### \* Phân tích hàm lượng vitamin C trong phấn hoa sau khi sấy $Y_1$ (mg/100g)

Dựa vào hàm  $Y_1$  ở dạng mã hóa để tiến hành phân tích mức độ ảnh hưởng của các yếu tố nghiên cứu đến hàm lượng vitamin C của phấn hoa như sau:

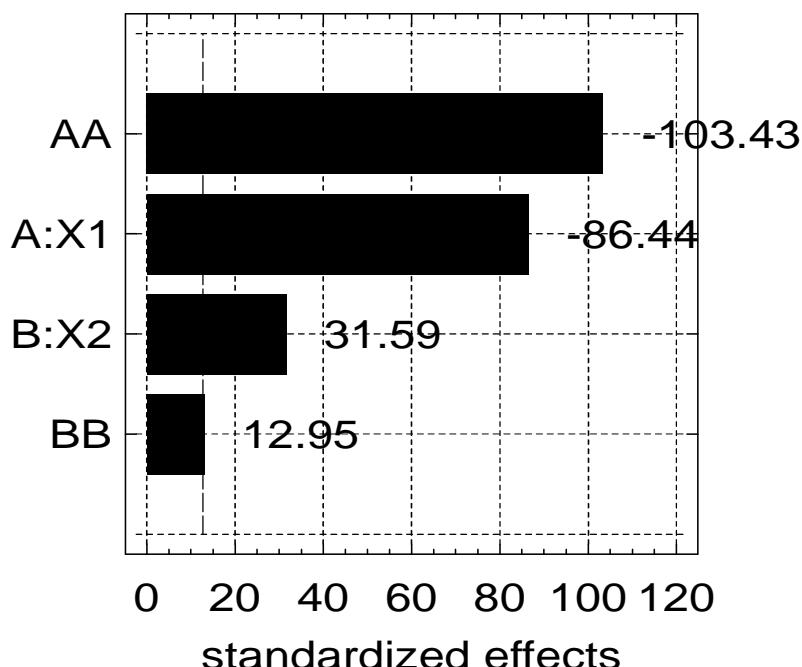
- Dầu trừ (-) đứng trước  $x_1$  chứng tỏ khi nhiệt độ sấy càng lớn, thì hàm lượng vitamin C của phấn hoa càng giảm, quan hệ giữa nhiệt độ sấy và hàm lượng vitamin C trong phấn hoa là quan hệ bậc 2.

- Quan hệ giữa độ dày lớp phấn hoa với hàm lượng vitamin C tương tự như nhiệt độ, cũng là bậc 2 với hệ số bé hơn, độ dày lớp phấn hoa càng lớn thì hàm lượng vitamin C càng tăng, độ dày lớp phấn hoa khi sấy ít ảnh hưởng đến hàm lượng vitamin C phấn hoa trong quá trình sấy.

- Căn cứ vào độ lớn các hệ số trong hàm  $Y_1$  hình 4-15, cho thấy trong 2 yếu tố đầu vào nghiên cứu thì mức độ ảnh hưởng đến hàm lượng vitamin C, thì ảnh hưởng từ yếu tố nhiệt độ sấy (86,44) cao hơn so với ảnh hưởng yếu tố độ dày lớp sấy (31,59). Mọi quan hệ này phù hợp với các phân tích đã nêu.

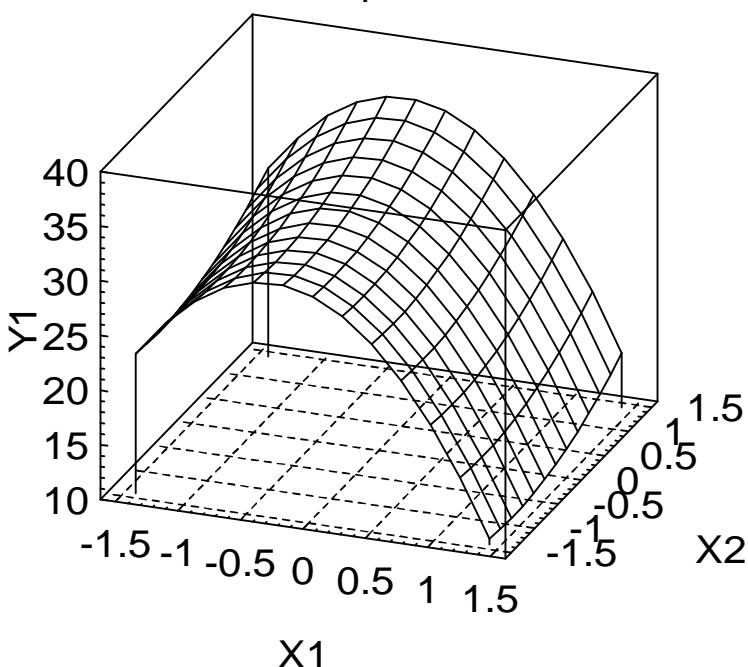
- Dựa vào hàm  $Y_1$  ở dạng mã hóa để vẽ đồ thị các yếu tố ảnh hưởng đến hàm lượng vitamin C trong phấn hoa qua hình 4-16.

Pareto Chart for  $Y_1$

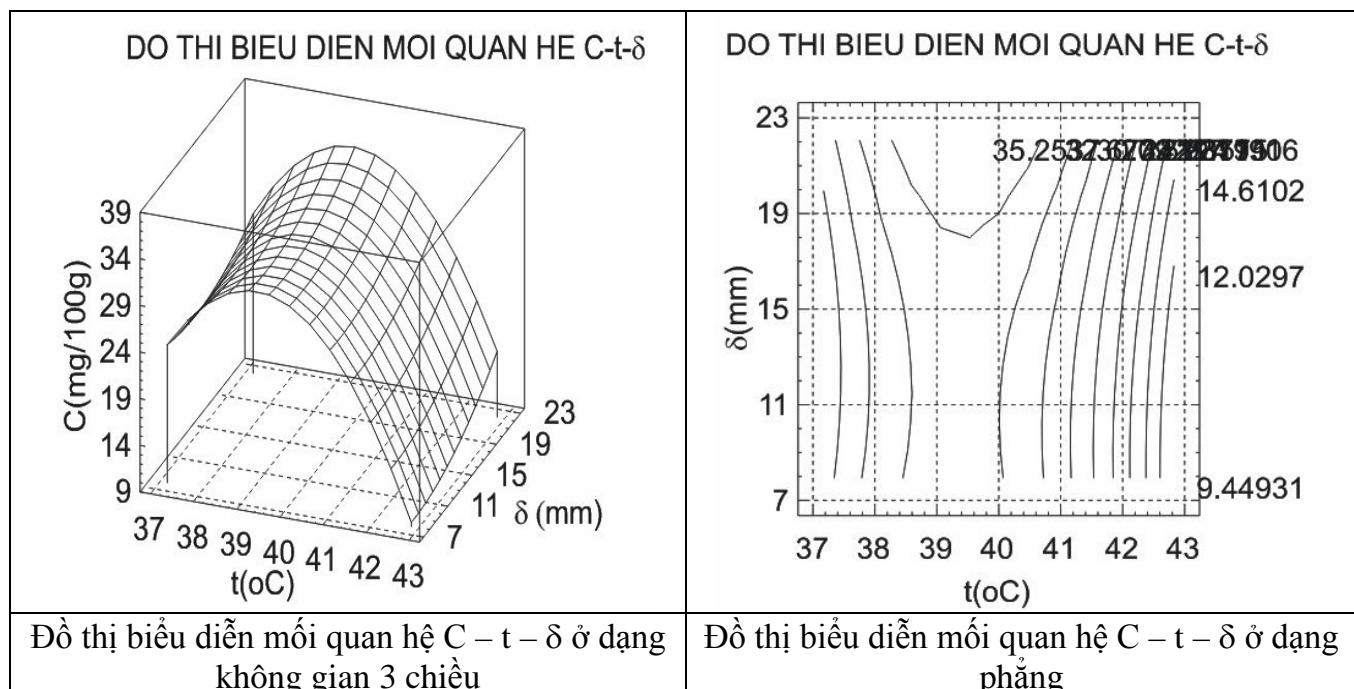


Hình 4-15: Đồ thị thể hiện mức độ ảnh hưởng của các yếu tố  $X_1-X_2$  đến  $Y_1$

Đồ thị quan hệ X<sub>1</sub>-X<sub>2</sub>-Y<sub>1</sub>



Hình 4-16: Đồ thị quan hệ X<sub>1</sub>-X<sub>2</sub>-Y<sub>1</sub> ở dạng mã hóa



\* **Phân tích lượng điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy phấn hoa Y<sub>2</sub> (kWh/kg)**

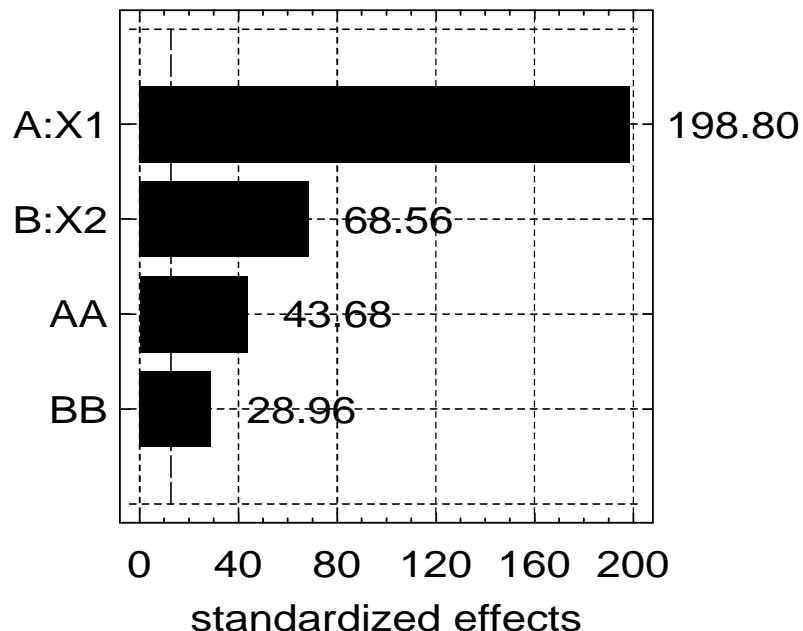
Dựa vào hàm Y<sub>2</sub> ở dạng mã hóa để tiến hành phân tích mức độ ảnh hưởng của các yếu tố nghiên cứu đến lượng điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy phấn hoa như sau:

- Tương tự, cũng dựa vào hàm Y<sub>2</sub> mã hóa để tiến hành phân tích mức độ ảnh hưởng của các yếu tố nghiên cứu đến mức chi phí năng lượng tiêu thụ như sau: Dấu cộng (+) đứng trước cả 2 thông số x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>, chứng tỏ khi nhiệt độ sấy càng lớn và độ dày lớp phấn hoa càng lớn, thì lượng điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy sẽ tăng, đây là mối quan hệ tỉ lệ thuận, quan hệ giữa nhiệt độ sấy và lượng điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy phấn hoa là quan hệ bậc 2.

- Quan hệ giữa độ dày lớp phẩn hoa với lượng điện năng tiêu thụ tương tự như nhiệt độ, cũng là bậc 2 với hệ số bé hơn. Chứng tỏ độ dày lớp phẩn hoa khi sấy ít ảnh hưởng đến lượng điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy phẩn hoa.

- Căn cứ vào độ lớn các hệ số trong hàm  $Y_1$  hình 4-17 cho thấy trong 2 yếu tố đầu vào nghiên cứu thì mức độ ảnh hưởng đến lượng tiêu thụ điện trong quá trình sấy, thì ảnh hưởng từ yếu tố nhiệt độ sấy (198,8) cao hơn so với ảnh hưởng yếu tố độ dày lớp sấy (68,56). Mọi quan hệ này phù hợp với các phân tích đã nêu.

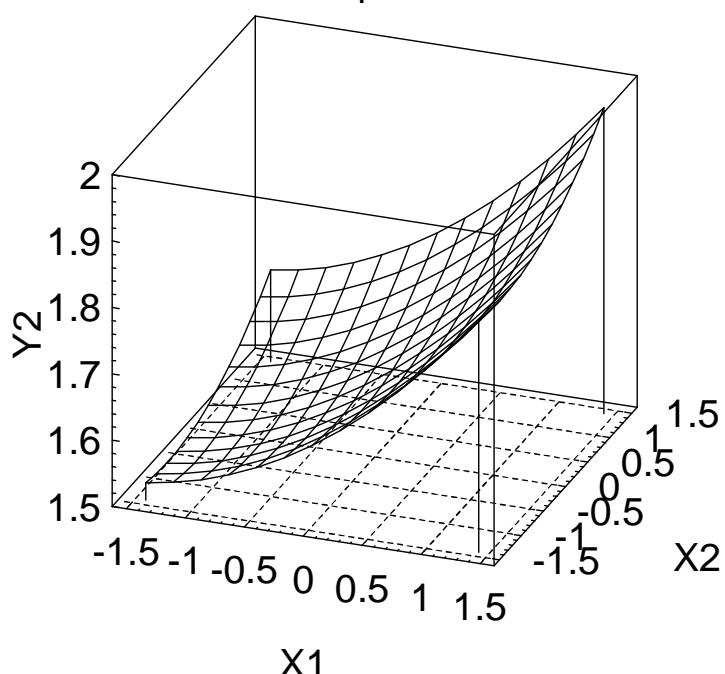
Pareto Chart for Y2



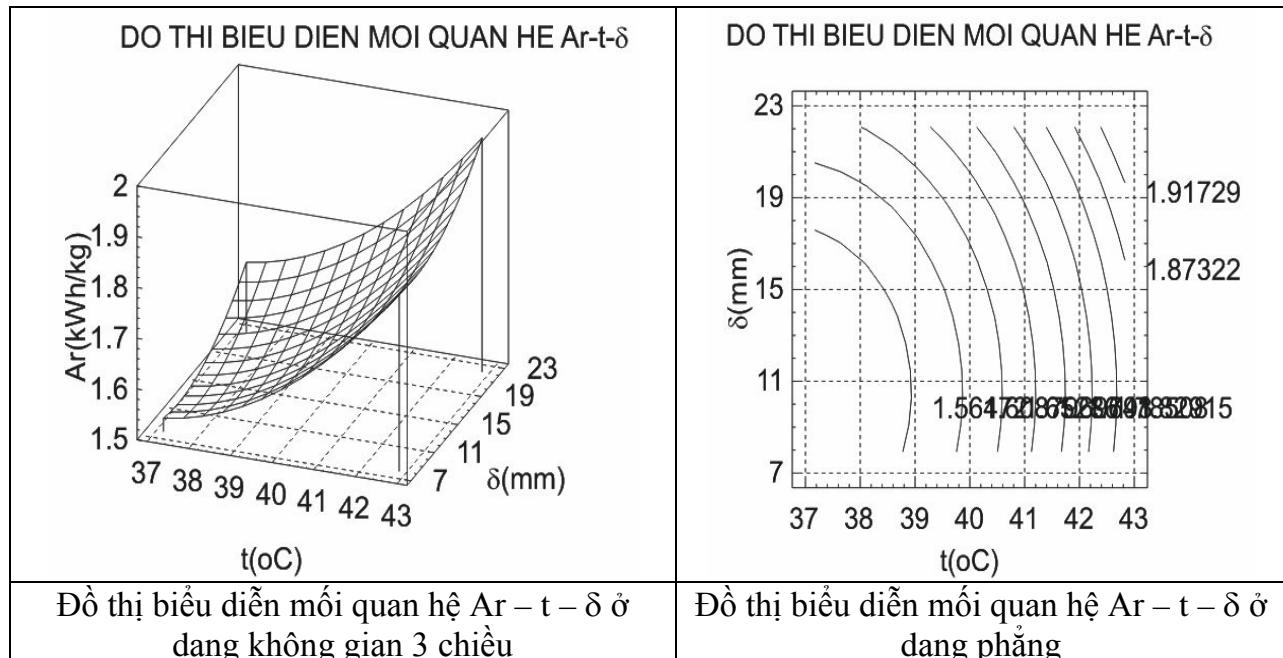
Hình 4-17: Đồ thị thể hiện mức độ ảnh hưởng của các yếu tố  $X_1-X_2$  đến

Dựa vào hàm  $Y_2$  ở dạng mã hóa để vẽ đồ thị các yếu tố ảnh hưởng đến hàm lượng vitamin C trong phẩn hoa qua hình 4-18.

Đồ thi quan hệ  $X_1-X_2-Y_2$



Hình 4-18: Đồ thị quan hệ  $X_1-X_2-Y_2$  ở dạng mã hóa



#### 4.6. Xác định các thông số và chỉ tiêu tối ưu

- Chỉ tiêu tối ưu về hàm lượng vitamin C được hiểu là hàm lượng vitamin C cao nhất đạt được trong quá trình thực nghiệm.
- Chỉ tiêu tối ưu về lượng điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy được hiểu là mức tiêu thụ năng lượng thấp nhất trong quá trình thực nghiệm.
- Chỉ tiêu tối ưu chung được hiểu là chi phí lượng điện năng tiêu thụ thấp nhất đạt được trong quá trình thực nghiệm thỏa mãn yêu cầu kỹ thuật với hàm lượng vitamin C trong phấn hoa là cao nhất.

- Thông số tối ưu là giá trị các thông số đảm bảo trị số chỉ tiêu tối ưu.
- Các bài toán tối ưu được giải trên máy tính bằng phần mềm Microsoft Excel.

\* **Bài toán tối ưu:** Xuất phát từ mục đích nghiên cứu, bài toán tối ưu được lập trên cơ sở hai hàm  $Y_1$  và  $Y_2$  đặc trưng cho hai chỉ tiêu nghiên cứu là kinh tế và kỹ thuật.

Như vậy, tôi có 3 bài toán tối ưu như sau:

##### - Bài toán 1:

Hàm mục tiêu:  $Y_1 \rightarrow \max$

$$Y_1 = 30,85 - 4,32203.x_1 + 1,57926.x_2 - 6,84125.x_1^2 + 0,85625.x_2^2 \rightarrow \max$$

Hàm điều kiện:  $+ 1,4142 \geq X_i \geq - 1,4142$

##### - Bài toán 2:

Hàm mục tiêu:  $Y_2 \rightarrow \min$

$$Y_2 = 1,63345 + 0,114309.x_1 + 0,039207.x_2 + 0,033225.x_1^2 + 0,022025.x_2^2 \rightarrow \min$$

Hàm điều kiện:  $+ 1,4142 \geq X_i \geq - 1,4142$

### **- Bài toán 3:**

Hàm mục tiêu:  $Y_1 \rightarrow \max$  và  $Y_2 \rightarrow \min$

$$Y_1 = 30,85 - 4,32203.x_1 + 1,57926.x_2 - 6,84125.x_1^2 + 0,85625.x_2^2 \rightarrow \max$$

$$Y_2 = 1,63345 + 0,114309.x_1 + 0,039207.x_2 + 0,033225.x_1^2 + 0,022025.x_2^2 \rightarrow \min$$

Hàm điều kiện:  $+ 1,4142 \geq X_i \geq - 1,4142$

$$Y_1 = 30,85 - 4,32203.x_1 + 1,57926.x_2 - 6,84125.x_1^2 + 0,85625.x_2^2 \geq C$$

Trong đó C là giá trị hàm lượng vitamin C trong phấn hoa cần đạt sau khi sấy do yêu cầu kỹ thuật quy định. Trong đó hàm lượng vitamin C = 30 ÷ 70 mg/100g (tham khảo bài báo Lê Minh Hoàng và cộng sự 2007).

#### **\* Kết quả giải bài toán 1:**

Xác định các thông số tối ưu theo hàm lượng vitamin C trong phấn hoa sau khi sấy:

Kết quả của bài toán tối ưu được trình bày ở Bảng 4.14 (phần phụ lục). Với kết quả này cho giá trị hàm lượng vitamin C cao nhất  $C_{\max} = 33,968$  mg/100g. Các thông số tối ưu gồm:

- Chỉ tiêu tối ưu:  $C_{\max} = 33,968$  mg/100g

- Yếu tố nhiệt độ sấy: tại giá trị mã hóa  $X_1 = -0,315$ ; tại giá trị thực  $t = 39,8^{\circ}\text{C}$

- Yếu tố độ dày lớp phấn hoa: tại giá trị mã hóa  $X_2 = 1,4142$ ; tại giá trị thực  $\delta = 22\text{mm}$

#### **\* Kết quả giải bài toán 2:**

Xác định các thông số tối ưu theo lượng điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy phấn hoa:

Kết quả của bài toán tối ưu được trình bày ở Bảng 4.15 (phần phụ lục). Với kết quả này cho giá trị lượng điện năng tiêu thụ thấp nhất  $Ar_{\min} = 1,534$  kWh/kg. Các thông số tối ưu gồm:

- Chỉ tiêu tối ưu:  $Ar_{\min} = 1,534$  kWh/kg.

- Yếu tố nhiệt độ sấy: tại giá trị mã hóa  $X_1 = -1,4142$ ; tại giá trị thực  $t = 37^{\circ}\text{C}$

- Yếu tố độ dày lớp phấn hoa: tại giá trị mã hóa  $X_2 = -0,894$ ; tại giá trị thực  $\delta = 12,53$  mm.

Kết quả bài toán 1 và 2 chỉ mang tính chất tham khảo và làm cơ sở để tính toán bài toán tối ưu đa mục tiêu.

### \* Kết quả giải bài toán 3:

Xác định các thông số tối ưu theo đa mục tiêu: lượng điện năng tiêu thụ là thấp nhất mà vẫn đảm bảo hàm lượng vitamin C trong quá trình sấy phấn hoa là cao nhất.

Kết quả của bài toán tối ưu được trình bày ở Bảng 4.16 (phần phụ lục). Với kết quả lựa chọn theo yêu cầu về hàm lượng vitamin C của phấn hoa theo tiêu chuẩn kỹ thuật và lượng điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy theo tiêu chuẩn kinh tế. Các thông số tối ưu gồm:

- Khi hàm lượng vitamin C trong phấn hoa đạt được  $C = 33,968 \text{ mg/100g}$  thì chỉ tiêu tối ưu về năng lượng là  $A_r = 1,734 \text{ kWh/kg}$ .

- Yếu tố nhiệt độ sấy: tại giá trị mã hóa  $X_1 = -0,452$ ; tại giá trị thực  $t = 39,7^{\circ}\text{C}$

- Yếu tố độ dày lớp phấn hoa tại giá trị mã hóa  $X_2 = 1,4142$ ; tại giá trị thực  $\delta = 22 \text{ mm}$

### 4.7. Kết quả thực nghiệm của một số chỉ tiêu khác

Nhằm xác định lại một số thông số về nhiệt độ của vách buồng sấy, nhiệt độ tác nhân sấy khi nghiên cứu lý thuyết tối thiểu hành đo đặc nhiệt độ tác nhân sấy cũng như nhiệt độ buồng sấy để kiểm chứng lại phần lý thuyết tính toán thiết kế.

Kết quả nhiệt độ tác nhân sấy khi ra khỏi buồng sấy:

- Khi nhiệt độ tác nhân sấy  $t = 40^{\circ}\text{C}$ , qua đo đặc tác nhân sấy khi ra khỏi buồng ngưng tụ có nhiệt độ trung bình của nhiều lần kiểm tra là  $25^{\circ}\text{C}$ . Khi nhiệt độ nước trong buồng ngưng tụ là  $5^{\circ}\text{C}$  và nhiệt độ môi trường  $30^{\circ}\text{C}$ .

- Kết quả nhiệt độ vách buồng sấy: nhiệt độ trung bình của vách buồng sấy đo được  $t_v = 33^{\circ}\text{C}$ .

Với nhiệt độ này tương đối phù hợp với giả thuyết ban đầu để tính toán thiết kế, do đó không cần tính toán lại phần lý thuyết.

### 4.8. Thảo luận

Qua nghiên cứu lý thuyết và nghiên cứu thực nghiệm cho thấy khi sấy phấn hoa trong môi trường chân không, nước trong phấn hoa sôi, hóa hơi làm tăng áp suất hơi trong phấn hoa, tạo nên sự chênh lệch lớn áp suất hơi giữa bên trong và bề mặt phấn hoa, thúc đẩy quá trình di chuyển ẩm từ trong phấn hoa ra bề mặt ngoài nhanh hơn. Độ ẩm phấn hoa là một trong những chỉ tiêu cơ bản đánh giá chất lượng sản phẩm, việc sử dụng và bảo quản sản phẩm sau khi sấy. Chi tiết này cũng phụ thuộc vào nhiều yếu tố như nhiệt độ sấy và chiều dày lớp phấn hoa.

Về chỉ tiêu màu sắc: qua thực nghiệm các mẫu vật liệu sấy thu được nếu đánh giá về cảm quan thì màu sắc của vật liệu sấy giữa các mẫu sấy tương đối giống nhau, nên tôi quyết định không chọn chỉ tiêu về màu sắc để đánh giá chất lượng sản phẩm mà chỉ dựa vào hàm lượng vitamin C của vật liệu sấy để đánh giá chất lượng sản phẩm.

Yếu tố nhiệt độ sấy có mức độ ảnh hưởng lớn nhất đến hàm lượng vitamin C của vật liệu sau khi sấy, tuy nhiên nếu nhiệt độ tác nhân sấy cao quá hoặc thấp quá thì hàm lượng vitamin C trong vật liệu sấy sẽ giảm, đồng thời lượng điện năng tiêu thụ để sấy cao. Làm ảnh hưởng đến chất lượng sản phẩm.

Độ dày lớp vật liệu sấy không ảnh hưởng đến hàm lượng vitamin C nhưng ảnh hưởng đến lượng điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy. Khi độ dày lớp vật liệu sấy càng nhỏ thì lượng điện năng tiêu thụ sẽ thấp, ngược lại nếu chiều dày lớp vật liệu sấy càng cao thì lượng điện năng tiêu thụ sẽ cao.

## Chương 5

### KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

#### 5.1. Kết luận

- Đè tài đã hoàn thành mục đích ban đầu đặt ra là đã chế tạo và khảo nghiệm mô hình máy sấy phấn hoa 5 kg/m<sup>2</sup> kiểu sấy chân không có ứng dụng kỹ thuật điều khiển tự động để điều khiển quá trình sấy.

- Qui trình sấy phấn hoa thích hợp là sấy liên tục, phương pháp cấp nhiệt bằng điện trở với thời gian sấy là 9 giờ cho mỗi m<sup>2</sup>, với chế độ sấy thích hợp cho phấn hoa là: nhiệt độ sấy 40 °C, áp suất 52,3 mmHg và độ dày lớp vật liệu sấy 15 mm.

- Yêu cầu công nghệ chế tạo hoàn toàn có thể thực hiện tại Việt Nam khi phát triển thành máy sản xuất.

- Bằng phương pháp quy hoạch thực nghiệm đã xác định được phương trình toán học biểu diễn sự phụ thuộc của các yếu tố nhiệt độ và độ dày lớp vật liệu sấy đến hàm lượng vitamin C và lượng điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy, trên máy sấy đã chế tạo.

$$C = 2043,97 + 108,909 \cdot T - 7,77941 \cdot \delta - 1,42216 \cdot T^2 + 0,043532 \cdot \delta^2$$

$$Ar = 13,5743 - 0,626857 \cdot T - 0,0749216 \cdot \delta + 8,27462 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 + 1,00118 \cdot 10^{-3} \cdot \delta^2$$

- Đã xác định chỉ tiêu tối ưu cho quá trình sấy bao gồm:

+ Hàm lượng vitamin C cao nhất  $C_{\max}$  = 33,968 mg/100g này đạt được khi nhiệt độ sấy  $t = 39,8$  °C và độ dày lớp phấn hoa  $\delta = 22$  mm.

+ Lượng điện năng tiêu thụ Ar thấp nhất  $Ar_{\min}$  = 1,534 kWh/kg này đạt được khi nhiệt độ sấy  $t = 37$  °C và độ dày lớp phấn hoa  $\delta = 12,53$  mm.

Chỉ tiêu này mang tính chất tham khảo và làm cơ sở để tính toán bài toán tối ưu đa mục tiêu.

- Xác định các chỉ tiêu tối ưu cho máy theo đa mục tiêu:

Lượng điện năng tiêu thụ là thấp nhất mà vẫn đảm bảo hàm lượng vitamin C trong quá trình sấy phấn hoa là cao nhất.

+ Ứng với hàm lượng vitamin C trong phấn hoa C = 33,968 mg/100g thì chỉ tiêu tối ưu về năng lượng là Ar = 1,734 kWh/kg. Tương ứng với nhiệt độ sấy  $t = 39,7$  °C, độ dày lớp phấn hoa  $\delta = 22$  mm.

#### 5.2 Kiến nghị

Tiếp tục khảo nghiệm với nhiều loại phấn hoa từ các vùng miền khác nhau, nhất là loại phấn hoa (Bảo Lộc – Lâm Đồng) đã thực nghiệm để có đầy đủ hơn các qui trình sấy phấn hoa bằng nguyên lý sấy chân không.

## TÀI LIỆU THAM KHẢO

### TÀI LIỆU TIẾNG VIỆT:

- [1]. Nguyễn Cảnh – Nguyễn Đình Soa, 1985. *Tối ưu hóa thực nghiệm trong hóa học và kỹ thuật hóa học*. Trường ĐHBK Tp.HCM.
- [2]. Tạ Thành Câu, 1987. *Các chất khai thác từ ong mật*. NXB Tp.HCM.
- [3]. Trần Văn Phú, 1991. *Hướng dẫn thiết kế thiết bị sấy*. Trường ĐHBK Hà Nội.
- [4]. Trần Văn Phú, 1994. *Hệ thống sấy dân dụng và công nghiệp*. NXB KH và KT.
- [5]. Hoàng Đình Tín, 1996. *Truyền nhiệt và tính toán thiết bị trao đổi nhiệt*. Trường ĐHBK Tp.HCM.
- [6]. Phan Hiếu Hiền - Nguyễn Văn Xuân - Nguyễn Hùng Tâm - Lê Văn BẠn - Trương Văn Vĩnh, 2000. *Máy sấy hạt Việt Nam*, Trường ĐHNL Tp.HCM.
- [7]. Phạm Lê Dần – Bùi Hải, 2000. *Nhiệt động kỹ thuật*. NXB KH và KT.
- [8]. Nguyễn Ngọc Kiêng, 2000, *Thực hành các phương pháp tối ưu hóa trên phần mềm Excel và Statgraphics*. Trường ĐHNL Tp.HCM
- [9]. Phan Hiếu Hiền, 2001. *Phương pháp bố trí thí nghiệm và xử lý số liệu*. NXB Nông Nghiệp Tp.HCM.
- [10]. Trương Vĩnh - Phạm Tuấn Anh, 2002. *Cơ sở kỹ thuật thực phẩm*. Bài giảng môn học Khoa Công Nghệ Thực Phẩm, ĐHNL Tp.HCM.
- [11]. Trần Văn Phú, 2002. *Tính toán và thiết kế hệ thống sấy*. NXB GD.
- [12]. Nguyễn Đức Lợi – Phạm Văn Tùy, 2005. *Máy và thiết bị lạnh*. NXB GD.
- [13]. Tống Văn Anh - Lê Khả Tường, 2006. *Nghiên cứu, tính toán, chế tạo và khảo nghiệm mô hình máy sấy chân*. Luận văn tốt nghiệp kỹ sư Cơ Khí, ĐHNL Tp.HCM.
- [14]. Trần Hữu Việt, 2006. *Tính toán, thiết kế và khảo nghiệm mô hình máy sấy gỗ chân không*. Luận văn tốt nghiệp kỹ sư Cơ Khí, ĐHNL Tp.HCM.
- [15]. Huỳnh Thế Huy - Phạm Thùy Ly, 2007. *Khảo nghiệm máy sấy nấm mèo bằng phương sấy chân không, tính toán thiết kế máy sấy chân không năng suất 75 kg/mé*, Luận văn tốt nghiệp kỹ sư Cơ Khí, ĐHNL Tp.HCM.

[16]. Võ Ngọc Huệ - Đỗ Hà Thanh Hải, 2008. *Thiết kế, chế tạo và khảo nghiệm máy sấy chân không năng suất 5 kg/mẻ*, luận văn tốt nghiệp kĩ sư Cơ Khí, ĐHNL Tp.HCM.

[17]. Đặng Mạnh Khôi. *Cơ chế và bảo quản sản phẩm ong*. NXB Nông Nghiệp.

### **TÀI LIỆU TIẾNG ANH:**

[18]. B.K.BaLa, 1997. *Drying technology*. Department of chemical Engineering MCGILL University CANADA.

[19]. *Drying 2004* - Proceeding of the 14<sup>th</sup> International Drying Symposium (IDS 2004). Sao Paulo. Brazil. 22-25 August 2004.

### **TÀI LIỆU INTERNET:**

[20]. <http://www.1502phanhoa.html>

[21]. <http://www.phanhoadigi.com.vn/>

[22].<http://www.duocthaotrexanh.com/index.php?module=article&action=view&aid=179>

[23]. <http://www.agroviet.gov.vn>

[24]. <http://ongmiennui.marofin.com>

[25]. <http://dictionary.bachkhoatoanthu.gov.vn>

[26]. <http://www.vietlinh.vn/langviet/toilamnd/congi/khac/ong1.asp>

[27]. <http://www.nzifst.org.nz>.

[28]. <http://www.isve.com>.

[29]. <http://www.solidpdf.com>.

[30]. <http://www.apivina.tk>

[31]. <http://honey.marofin.com>/

[32]. <http://www.honeybee.com.vn/public/detail.php?id=10>

[33]. [http://www.list-of-companies.org/Taiwan/Keywords/Vacuum\\_Dryer/](http://www.list-of-companies.org/Taiwan/Keywords/Vacuum_Dryer/)

[34]. <http://www.forfarmers.com/new-used/p/Pollen-Dryers-Trap.htm>

[35]. <http://www.nektarking.ro/pollen-dryer.php>

[36]. <http://www.agriseek.com/supplier/p/Pollen-Dryer-Equipment.htm>

[37]. <http://www.alibaba.com/suppliers/Lyophilizer-suppliers.html>

[38]. [http://www.italvacuum.com/html\\_en/home\\_prodotti.htm](http://www.italvacuum.com/html_en/home_prodotti.htm)

[39]. <http://rhonarao.trustpass.alibaba.com/>

[40]. [http://www.beeculture.com/content/pollination\\_handbook/apple.html](http://www.beeculture.com/content/pollination_handbook/apple.html)

**PHỤ LỤC 1**  
**MỘT SỐ HÌNH ẢNH**



Hình 3-1. Máy sấy chân không hoàn chỉnh



Hình 3-2. Bố trí điện trở lên khay sấy



Hình 3-3. Dàn ống nước ngưng



Hình 3-4. Mặt trước máy sấy chân không hoàn chỉnh



Hình 3-5. Thùng nước ngưng



Hình 3-6. Đầu cảm biến áp suất



Hình 3-7. Đường nạp tác nhân lạnh vào máy lạnh



Hình 3-8. Thùng sấy trước khi bọc cách nhiệt



Hình 3-9. Cộng tác viên



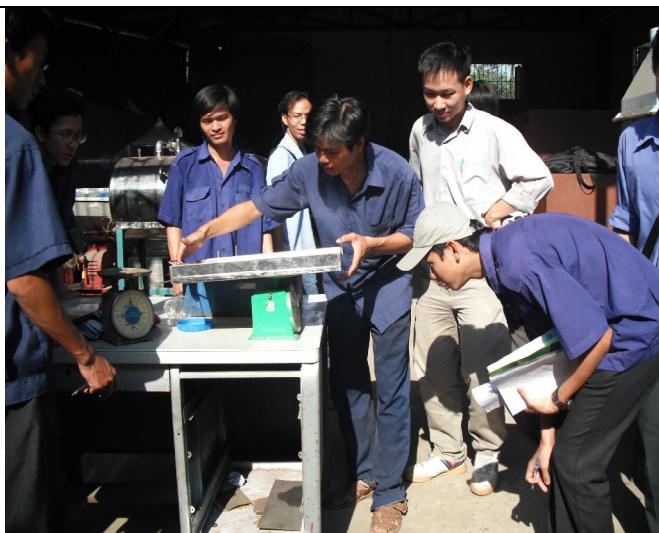
Hình 3-10. Tủ điện điều khiển



Hình 3-11. Đường xả chân không



Hình 3-12. Mặt bên phải máy sấy chân không



Hình 3-13. Xác định khối lượng khay sấy



Hình 3-14. Phần hoa trại đều trên khay sấy



Hình 3-15. Tủ đựng mẫu sấy



Hình 3-16. Thùng nhựa bảo quản phần hoa sau khi sấy



Hình 3-17. Cân điện tử



Hình 3-18. Đồng hồ đo công suất



Hình 3-19. Đồng hồ VOM



Hình 3-20. Đồng hồ đo ẩm độ



Hình 3-21. Nhiệt kế điện tử



Hình 3-22. Đồng hồ đo áp suất



Hình 3-23. Tủ sấy mẫu



Hình 3-24. Thiết bị đo nhiệt độ hồng ngoại

## PHỤ LỤC

### KẾT QUẢ XỬ LÝ THÍ NGHIỆM VÀ KẾT QUẢ BÀI TOÁN TỐI ƯU

**Bảng 4.4: Ma trận thí nghiệm và kết quả thí nghiệm bậc 2 ở dạng mã hóa**

Cursor at Row:		1	Data Editor		Maximum Rows:		10
Column:		1	File: STATC10		Number of Cols:		4
Run	X1	X2	Y1	Y2			
1	0.000000000	0.000000000	30.95	1.6346			
2	-1.000000000	1.000000000	29.05	1.6136			
3	0.000000000	0.000000000	30.75	1.6323	oo		
4	1.41421356	0.000000000	12.81	1.8790	oo		
5	-1.41421356	0.000000000	23.52	1.5220	oo		
6	0.000000000	1.41421356	36.80	1.7360	oo		
7	-1.000000000	-1.000000000	28.40	1.5578	oo		
8	1.000000000	1.000000000	20.42	1.8384	oo		
9	0.000000000	-1.41421356	30.32	1.6202	oo		
10	1.000000000	-1.000000000	17.60	1.7426	oo		
11					oo		
12					oo		
13					oo		
<span style="border-bottom: 1px dashed black; padding: 0 10px;"></span>							
Length	10	10	10	10			
Typ/Wth	N/13	N/13	N/13	N/13			

**Bảng 4.6: Kết quả phân tích phương sai hàm lượng vitamin C trong phán hoa (Y<sub>1</sub>).**

06/22/10	10:34:44 AM	Page 1			
ANOVA for Y1 - 2 factor study					
Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:X1	149.43944	1	149.43944	7471.97	.0073
B:X2	19.95257	1	19.95257	997.63	.0199
AB	1.17722	1	1.17722	58.86	.0814
AA	213.95521	1	213.95521	10697.76	.0061
BB	3.35161	1	3.35161	167.58	.0484
Lack-of-fit	14.30674	3	4.76891	238.45	.0469
Pure error	.02000	1	.02000		
Total (corr.)	479.214360	9			
R-squared = 0.970104	R-squared (adj. for d.f.) = 0.932733				

**Bảng 4.7: Kết quả phân tích phương sai hàm lượng vitamin C trong phẩn hoa ( $Y_1$ ) sau khi loại bỏ hệ số hồi qui không phù hợp.**

06/22/10

09:36:01 AM

Page 1

ANOVA for  $Y_1$  - 2 factor study

Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:X1	149.43944	1	149.43944	7471.97	.0073
B:X2	19.95257	1	19.95257	997.63	.0199
AA	213.95521	1	213.95521	10697.76	.0061
BB	3.35161	1	3.35161	167.58	.0484
Lack-of-fit	15.48397	4	3.87099	193.55	.0531
Pure error	.02000	1	.02000		
Total (corr.)	479.214360	9			

R-squared = 0.967647

R-squared (adj. for d.f.) = 0.941765

**Bảng 4.8: Ước lượng tương tác của các hệ số hồi qui đối với hàm mục tiêu ( $Y_1$ )**

06/22/10

11:02:06 AM

Page 1

Estimated effects for  $Y_1$  - 2 factor study

average	=	30.85	0.1
A:X1	=	-8.64406	0.1
B:X2	=	3.15853	0.1
AA	=	-13.6825	0.132288
BB	=	1.7125	0.132288

Standard error estimated from pure error with 1 d.f. (t = 12.7062)

**Bảng 4.9: Kết quả xác định các hệ số hồi qui hàm lượng vitamin C trong phẩn hoa ( $Y_1$ ) ở dạng mã hóa**

06/22/10

11:21:50 AM

Page 1

Regression coeffs. for  $Y_1$  - 2 factor study

constant	=	30.85
A:X1	=	-4.32203
B:X2	=	1.57926
AA	=	-6.84125
BB	=	0.85625

**Bảng 4.10: Kết quả phân tích phương sai chi phí điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy phấn hoa (Y<sub>2</sub>).**

06/22/10

11:50:07 AM

Page 1

ANOVA for Y2 - 2 factor study

Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:X1	.1045329	1	.1045329	39520.94	.0032
B:X2	.0124320	1	.0124320	4700.17	.0092
AB	.0004000	1	.0004000	151.23	.0510
AA	.0050464	1	.0050464	1907.90	.0144
BB	.0022176	1	.0022176	838.41	.0217
Lack-of-fit	.0011560	3	.0003853	145.69	.0600
Pure error	.0000026	1	.0000026		
Total (corr.)	.12390939	9			

R-squared = 0.990649

R-squared (adj. for d.f.) = 0.97896

**Bảng 4.11: Kết quả phân tích phương sai chi phí điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy phấn hoa (Y<sub>2</sub>) sau khi loại bỏ hệ số hồi qui không phù hợp.**

06/22/10

11:54:21 AM

Page 1

ANOVA for Y2 - 2 factor study

Effect	Sum of Squares	DF	Mean Sq.	F-Ratio	P-value
A:X1	.1045329	1	.1045329	39520.94	.0032
B:X2	.0124320	1	.0124320	4700.17	.0092
AA	.0050464	1	.0050464	1907.90	.0144
BB	.0022176	1	.0022176	838.41	.0217
Lack-of-fit	.0011560	4	.0003890	147.07	.0609
Pure error	.0000026	1	.0000026		
Total (corr.)	.12390939	9			

R-squared = 0.987421

R-squared (adj. for d.f.) = 0.977358

**Bảng 4.12: Ước lượng tương tác của các hệ số hồi qui đối với hàm mục tiêu (Y<sub>2</sub>)**

06/22/10

11:58:29 AM

Page 1

Estimated effects for Y2 - 2 factor study

average	=	1.63345	1.15E-3
A:X1	=	0.228619	1.15E-3
B:X2	=	0.0788415	1.15E-3
AA	=	0.06645	1.52131E-3
BB	=	0.04405	1.52131E-3

Standard error estimated from pure error with 1 d.f. (t = 12.7062)

**Bảng 4.13: Kết quả xác định các hệ số hồi qui chi phí điện năng tiêu thụ trong quá trình sấy phấn hoa ( $Y_2$ ) ở dạng mã hóa**

06/22/10

12:07:52 PM

Page 1

Regression coeffs. for Y2 - 2 factor study

```
constant = 1.63345
A:X1     = 0.114309
B:X2     = 0.0394207
AA       = 0.033225
BB       = 0.022025
```

**Bảng 4.14. Bảng xác định các thông số tối ưu theo chỉ tiêu hàm lượng vitamin C trong phấn hoa sau khi sấy.**

**Microsoft Excel 11.0 Answer Report**

**Worksheet: [Book1]Sheet1**

**Report Created: 6/22/2010 3:08:51 AM**

Target Cell (Max)

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$D\$5	y1	30,85	33,96813172

Adjustable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$B\$2	x1	0	-0,315880139
\$C\$2	x2	0	1,414241424

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
\$B\$2	x1	-0,315880139	\$B\$2<=1,4142	Not Binding	1,315880139
\$C\$2	x2	1,414241424	\$C\$2<=1,4142	Binding	0
\$B\$2	x1	-0,315880139	\$B\$2>=-1,4142	Not Binding	0,684119861
\$C\$2	x2	1,414241424	\$C\$2>=-1,4142	Not Binding	2

**Bảng 4.15. Bảng xác định các thông số tối ưu theo điện năng tiêu trong quá trình sấy phán hoa**

Microsoft Excel 11.0 Answer Report  
 Worksheet: [Book1]Sheet1  
 Report Created: 6/22/2010 3:15:52 AM

Target Cell (Min)

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$D\$6	y2	1,662102956	1,534727049

Adjustable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$B\$2	x1	-0,315880139	-1,414241424
\$C\$2	x2	1,414241424	-0,894908059

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
\$B\$2	x1	-1,414241424	\$B\$2<=1,4142	Not Binding	2
\$C\$2	x2	-0,894908059	\$C\$2<=1,4142	Not Binding	1,894908059
\$B\$2	x1	-1,414241424	\$B\$2>=-1,4142	Binding	0
\$C\$2	x2	-0,894908059	\$C\$2>=-1,4142	Not Binding	0,105091941

**Bảng 4.16. Bảng xác định các thông số tối ưu theo đa mục tiêu trong quá trình sấy phán hoa**

Microsoft Excel 11.0 Answer Report  
 Worksheet: [Book1]Sheet1  
 Report Created: 6/22/2010 3:21:12 AM

Target Cell (Min)

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$H\$8		0,093689396	0,03942594

Adjustable Cells

Cell	Name	Original Value	Final Value
\$B\$2	x1	-1,414241424	-0,452182718
\$C\$2	x2	-0,894908059	1,414241424

Constraints

Cell	Name	Cell Value	Formula	Status	Slack
\$B\$2	x1	-0,452182718	\$B\$2<=1,4142	Not Binding	1,452182718
\$C\$2	x2	1,414241424	\$C\$2<=1,4142	Binding	0
\$B\$2	x1	-0,452182718	\$B\$2>=-1,4142	Not Binding	0,547817282
\$C\$2	x2	1,414241424	\$C\$2>=-1,4142	Not Binding	2