

# NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ, CHẾ TẠO HỆ THỐNG SẤY THĂNG HOA NẴNG SUẤT NHỎ CÓ GIAI ĐOẠN LẠNH ĐÔNG NGAY TRONG BUỒNG THĂNG HOA

ThS. Nguyễn Tấn Dũng

Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Tp.HCM,

TS. Trịnh Văn Dũng

Trường Đại học Bách Khoa Tp.HCM,

PGS.TS. Trần Đức Ba

Trường Đại học Công nghiệp Tp.HCM.

## ABSTRACT

*A most modern method of processing and preserving food in the world today is the sublimation drying method. It dries foods at a temperature range of  $-45^{\circ}\text{C}$  to  $40^{\circ}\text{C}$  without changing the substances' characteristics: the proteins are not denatured, the lipids not oxidized, the vitamins and natural pigments and smells not destroyed, etc. It is for this reason that it is indispensable to do research in the designing and engineering of sublimation drying systems to use in Vietnam in order not to be dependent on foreign technologies*

**I. Đặt vấn đề** Sấy là quá trình tách ẩm ra khỏi thực phẩm với mục đích: làm giảm trọng lượng, giảm chi phí vận chuyển, tăng giá trị cảm quan, tăng độ bền, ...v.v kéo dài thời gian sử dụng. Với Công nghệ sấy thăng hoa (STH), quá trình tách ẩm làm khô sản phẩm diễn ra ở nhiệt độ thấp, áp suất thấp và nhỏ hơn điểm ba thể ( $0,0098^{\circ}\text{C}$ ;  $4,58\text{mmHg}$ ). Sản phẩm sau sấy giữ được chất lượng như ban đầu rất tốt: vitamine và các hợp chất có hoạt tính giá trị sinh học không bị phá hủy, màu sắc và mùi vị tự nhiên không thay đổi, tạo được độ xốp, lipid không bị oxy hoá, glucít không bị hồ hóa..., protein không bị biến tính, một số loại axit amine không thay thế không bị phá hủy. Thế nhưng kỹ thuật sấy thăng hoa rất phức tạp, thiết bị và công nghệ thường phải nhập ngoại nên giá thành cao, do đó việc nghiên cứu tính toán thiết kế, chế tạo hệ thống sấy thăng hoa (HT-STH) phù hợp với điều kiện Việt Nam thay thế thiết bị và công nghệ ngoại nhập là điều hết sức cần thiết để bước đầu triển khai STH vào công nghiệp chế biến thực phẩm.

## II. Cơ sở khoa học thiết kế HT-STH

### 1. Cơ sở khoa học STH

Quá trình STH xảy ra theo ba giai đoạn

(xem đồ thị hình 1 được xác lập bằng thực nghiệm).

- **Giai đoạn 1:** lạnh đông VLS, chuyển ẩm bên trong VLS từ trạng thái lỏng sang trạng thái rắn. Kết thúc giai đoạn này nhiệt độ VLS đạt tới nhiệt độ cấp đông, xem tài liệu tham khảo (TLTK) [4].

- **Giai đoạn 2:** STH trong môi trường có nhiệt độ thấp và áp suất thấp nhỏ hơn điểm ba thể O( $0,0098^{\circ}\text{C}$ ;  $4,58\text{mmHg}$ ), chuyển ẩm từ trạng thái rắn sang trạng thái hơi, kết thúc giai đoạn này khi nhiệt độ nguyên liệu đạt  $0^{\circ}\text{C}$  (chính xác  $0,0098^{\circ}\text{C}$ ) và ẩm tự do đã được tách hoàn toàn.

- **Giai đoạn 3:** sấy chân không (SCK), chủ yếu tách ẩm liên kết của VLS, kết thúc giai đoạn này khi xảy ra sự cân bằng nhiệt giữa vật liệu sấy và môi trường sấy (MTS), nhiệt độ VLS đạt tới nhiệt độ MTS và nhiệt độ tâm bức xạ, đồng thời độ ẩm cuối cùng của sản phẩm đạt  $(2 \div 4)\%$ .

### 2. Phương pháp tính toán thiết kế, chế tạo HT-STH

#### 2.1. Các thông số kỹ thuật cần thiết

**cho tính toán thiết kế, chế tạo**

▪ Khi tính toán thiết kế HT-STH công nghiệp tự lạnh đông phục vụ cho chế biến những loại thực phẩm cao cấp, chẳng hạn như: tôm sú ..., cua, ... (nhóm giáp xác) do chúng có giá trị dinh dưỡng, giá trị kinh tế cao thì cần phải biết các thông số kỹ thuật của quá trình sấy và VLS, mà các thông số đó được xác định từ thực nghiệm. Vì thế trước khi đi tính toán thiết kế chúng tôi đã tiến hành thực nghiệm xác định các thông số kỹ thuật cần thiết đó (xem số liệu thành phần hóa học VLS và ở bảng 1, 2)

Thành phần hóa học VLS (tôm sú) xác định bằng thực nghiệm, xem TLTK [4]: nước (72,31÷77,29)%; protein (19,25÷23,45)%; lipit (1,62÷2,12)%; tro (1,91÷2,21)%; vitamine B,C (173,4 ± 1,5)%mg.

**Bảng 1: Số liệu thực nghiệm các thông số kỹ thuật cần thiết cho tính toán thiết kế**

Giai đoạn 1 (lạnh đông)	Giai đoạn 2 (STH)	Giai đoạn 3 (SCK)
Nhiệt độ cấp đông tối ưu [°C]: $T_{cd} = -45 \div -40$	Nhiệt độ thăng hoa (MTS) [°C]: $T_{th} = -45 \div 0$	Nhiệt độ SCK (MTS) [°C]: $T_{SCK} = 0 \div 35$
	Nhiệt độ VLS [°C] $T_{VLS} = -45 \div 0,0098$	Nhiệt độ VLS [°C] $T_{VLS} = 0,0098 \div 35$
	Nhiệt độ bức xạ [°C]: $T_{bx} = 35 \div 40$	
	Nhiệt độ cửa ra buồng thăng hoa [°C]: $T_h = 10 \div 15$	
	Nhiệt độ ngưng tụ – đóng băng [°C] $T_{db} = -30 \div -25$	
Thời gian cấp đông [h]: $\tau_{cd} = \tau_1 = 1 \div 1,5$	Thời gian STH [h] $\tau_{STH} = \tau_2 = 5 \div 6$	Thời gian SCK [h] $\tau_{SCK} = \tau_3 = 3 \div 4$

Áp suất [mmHg] $B = 760$	Áp suất [mmHg] $P_{th} = 0,01 \div 0,2$	Áp suất [mmHg] $P_{th} = 0,01 \div 0,2$
Am bay hơi [%]: $5 \div 10$	Am bay hơi [%]: $80 \div 85$	Am bay hơi [%]: $5 \div 10$

▪ Năng suất HT-STH công nghiệp tự lạnh đông:  $G$  [kg/m<sup>3</sup>].

▪ Vì nhiệt cấp đông (-45 ÷ -40)°C, sử dụng môi chất lạnh (MCL) R22, tỷ số nén  $\beta = P_k/P_0 > 9$  nên hệ thống lạnh (HTL) chạy buồng cấp đông (BLĐ) cũng chính là buồng thăng hoa (BTH) là HTL 2 cấp nén.

▪ Vì nhiệt độ ngưng tụ – đóng băng (NT-ĐB) (-30 ÷ -25)°C, sử dụng R22,  $\beta = P_k/P_0 < 9$  nên HTL chạy cho thiết bị NT-ĐB là HTL 1 cấp nén.

▪ Chọn thiết bị ngưng tụ của HTL làm mát bằng không khí.

**Bảng 2: Các số liệu thực nghiệm cần thiết cho tính toán thiết kế HT-STH**

Thông số kỹ thuật	Giai đoạn 1	Giai đoạn 2	Giai đoạn 3
$P_{th}$ [mmHg]	-	0,1	0,1
$P_{gh}$ [mmHg]	-	0,01	0,01
$r_{th}$ [kJ/kg]	-	2897,97	-
$r_{bh}$ [kJ/kg]	-	-	2479,45
$W$ [kg/h]	$W_{11} = 0,764$	$W_{12} = 0,874$	$W_{13} = 0,191$
$\tau_d$ [phút]	-	0,5 ÷ 2,5	0,5 ÷ 2,5

**Ghi chú:**  $P_{th}, P_{gh}$ : áp suất môi trường STH và giới hạn của bơm chân không,  $r_{th}, r_{bh}$ : ẩn nhiệt thăng hoa và bay hơi;  $W$ : lượng ẩm thoát ra;  $\tau_d$ : thời gian đui khí.

Từ việc đo đạc thực nghiệm, TLTK [4] và các thông số chọn từ thực tế sẽ thiết lập chế độ làm việc của HT-STH làm cơ sở cho tính toán thiết kế, chế tạo HT-STH.

**2.2. Cơ sở khoa học tính toán thiết kế HTL**

**2.2.1. Tính toán HTL cấp đông VLS**

▪ **Tính toán kích thước BLĐ:**

$$(1) \quad V_b = x \cdot \frac{G}{b_0 \cdot r} = a \cdot b \cdot h \quad [m^3]$$

Trong đó: G [kg/m<sup>3</sup>]: năng suất sấy của máy STH, ρ [kg/m<sup>3</sup>]: khối lượng riêng VLS, β<sub>0</sub>: hệ số lấp đầy VLS, ξ: hệ số không gian chứa VLS; a, b, h [m]: chiều rộng, dài và cao, *TLTK* [3], [6].

▪ **Tính toán phụ tải lạnh của HTL cấp đông VLS:** năng suất lạnh của HTL chạy cho buồng cấp đông VLS được xác định, *TLTK* [6]:

$$(2) \quad Q_0^m = \left( \frac{Q_{sp} + Q_K + Q_k}{t_1} + Q_M + Q_q \right) \cdot b_1$$

Xây dựng chu trình làm việc của HTL 2 cấp nén: từ bảng 1, 2 thiết lập được các thông số làm việc ở bảng 3 để tính toán chu trình lạnh 2 cấp nén sử dụng máy nén lạnh piston *xem hình 2*.

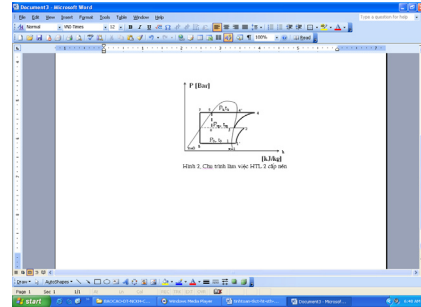
**Bảng 3: Các thông số trạng thái chu trình lạnh 2 cấp nén cần thiết kế, chế tạo.**

Trạng thái	h [kJ/kg]	v [m <sup>3</sup> /kg]	s [kJ/(kgK)]	P [bar]	T [°C]
1	383,56	0,2452	-	0,6459	-50
1'	392,48	0,3492	1,888	0,6459	-35
2	436,44	-	1,888	3,145	39,64
3	400,20	0,0725	1,772	3,145	-13
4	446,53	-	1,772	15,315	74
4'	417,43	0,0154	-	15,315	40
5	249,99	-	-	15,315	40
6	249,99	-	-	3,145	-13
7	191,27	-	-	15,315	-8
8	191,27	-	-	0,6459	-50

▪ **Tính chọn máy nén thấp áp**

- Lưu lượng khối lượng (m<sub>1</sub>), thể tích (V<sub>tt</sub><sup>1</sup>) MCL:

$$(3) \quad m_1 = \frac{Q_0^m}{h_1 - h_8} \quad [kg/s]$$



Trong đó: Q<sub>sp</sub>: nhiệt tỏa VLS, Q<sub>K</sub>: nhiệt tỏa khay đựng VLS, Q<sub>kk</sub>: nhiệt lấy ra làm lạnh không khí trong buồng cấp đông, Q<sub>MT</sub>: nhiệt xâm nhập từ môi trường vào, Q<sub>qn</sub>: nhiệt làm quá nhiệt hơi môi chất lạnh về máy nén, β<sub>1</sub>: hệ số tải an toàn, τ<sub>1</sub>: thời gian.

- (4)  $V_{tt}^1 = m_1 \cdot v_1$  [m<sup>3</sup>/s]  
- Hệ số chỉ thị thể tích ( $\lambda_1^1$ ) và hệ số tổn thất do tăng nhiệt độ ( $\lambda_{w'}^1$ ):  $\lambda_{TA}^1 = \lambda_i^1 \cdot \lambda_{w'}^1$  (5)  
Trong đó :

$$l_i^1 = \frac{P_0 - \Delta P_0}{P_0} - C \cdot \left[ \left( \frac{P_g + \Delta P_g}{P_0} \right)^{\frac{1}{n}} - \frac{P_0 - \Delta P_0}{P_0} \right] \quad (6)$$

$$l_{w'}^1 = \frac{T_0}{T_g} \quad (7); \quad P_{tg} = \sqrt{P_0 \cdot P_k} \text{ [bar]} \quad (8)$$

- Thể tích hút lý thuyết của máy nén cấp thấp:

$$V_{tt}^1 = V_{tt}^1 / \lambda_{TA}^1 \text{ [m}^3/\text{s]} \quad (9)$$

- Công suất nén  $N_s^1$   
 $N_s^1 = m_1 \cdot (h_2 - h_1)$  [kW] (10)

- Công suất nén chỉ thị  $N_i^1$   
 $N_i^1 = N_s^1 / \eta_i^1$  (11)

- Công suất ma sát  $N_{ms}^1$   
 $N_{ms}^1 = P_{ms} \cdot V_{tt}^1 / 10^3$  [kW] (12)

- Công suất hữu ích  $N_e^1$   
 $N_e^1 = N_{ms}^1 + N_i^1$  (13)

Trong đó:  $\eta_i^1$ : hiệu suất chỉ thị;  $P_{ms}$ : áp suất ma sát [N/m<sup>2</sup>].

- Công suất tiếp điện  $N_{el}^1$

$$N_{el}^1 = \frac{N_e^1}{h_u \cdot h_t} \quad (14)$$

Trong đó:  $\eta_{td}$ : hiệu suất truyền động;  $\eta_{el}$ : hiệu suất hữu ích.

- Công suất động cơ điện  $N_{dc}^1$   
 $N_{dc}^1 = \beta \cdot N_{el}^1$  [kW] (15)

Trong đó:  $\beta$ - hệ số tải an toàn cho động cơ, TLTK [2], [6].

▪ **Tính chọn máy nén cao áp:** tương tự như tính cho máy nén cấp thấp. Với  $m_2$  tính

theo cân bằng nhiệt ở thiết bị làm mát trung gian, TLTK [5], [6].

- Lưu lượng khối lượng ( $m_2$ ), thể tích ( $V_{tt}^2$ ) MCL:

$$m_2 = m_1 \cdot \frac{h_2 - h_7}{h_3 - h_6} \text{ [kg/s]} \quad (16)$$

$$V_{tt}^2 = m_2 \cdot v_3 \text{ [m}^3/\text{s]} \quad (17)$$

- Hệ số chỉ thị thể tích ( $\lambda_1^2$ ) và hệ số tổn thất do tăng nhiệt độ ( $\lambda_{w'}^2$ ):  $\lambda_{CA}^2 = \lambda_i^2 \cdot \lambda_{w'}^2$  (18)

Trong đó :

$$l_i^2 = \frac{P_g - \Delta P_g}{P_g} - C \cdot \left[ \left( \frac{P_k + \Delta P_k}{P_g} \right)^{\frac{1}{n}} - \frac{P_g - \Delta P_g}{P_g} \right] \quad (19)$$

$$l_{w'}^2 = \frac{T_g}{T_k} \quad (20)$$

- Thể tích hút lý thuyết của máy nén cấp cao:

$$V_{tt}^2 = V_{tt}^2 / \lambda_{TA}^2 \text{ [m}^3/\text{s]} \quad (21)$$

- Công suất nén  $N_s^2$   
 $N_s^2 = m_2 \cdot (h_4 - h_3)$  [kW] (22)

- Công suất nén chỉ thị  $N_i^2$   
 $N_i^2 = N_s^2 / \eta_i^2$  (23)

- Công suất ma sát  $N_{ms}^2$   
 $N_{ms}^2 = P_{ms} \cdot V_{tt}^2 / 10^3$  [kW] (24)

- Công suất hữu ích  $N_e^2$   
 $N_e^2 = N_{ms}^2 + N_i^2$  (25)

Trong đó:  $\eta_i^2$ : hiệu suất chỉ thị;  $P_{ms}$ : áp suất ma sát [N/m<sup>2</sup>].

- Công suất tiếp điện  $N_{el}^2$

$$N_{el}^2 = \frac{N_e^2}{h_u \cdot h_t} \quad (26)$$

▪ **Tính toán thiết bị ngưng tụ (TBNT)**

$$(27) F_{ngt} = \frac{Q_k}{q_r} = \frac{m_2(h_4 - h_5) + (N_i^2 - N_s^2)}{q_r} \cdot 10^3$$

Trong đó:  $Q_k$  [kW]: nhiệt tải;  $F_{ngt}$  [m<sup>2</sup>]: diện tích trao đổi nhiệt;  $q_{tr}$  [W/m<sup>2</sup>]: mật độ dòng nhiệt.

▪ **Tính toán thiết bị làm mát trung gian**

$$(28) F_g = \frac{Q_g}{q_{w.r}} = \frac{m_1(h_5 - h_7)}{q_{w.r}} \cdot 10^3$$

Trong đó:  $q_{w.r}$  [W/m<sup>2</sup>]: mật độ dòng nhiệt;  $Q_{ig}$  [kW]: nhiệt tải;  $F_{ig}$  [m<sup>2</sup>]: diện tích trao đổi nhiệt.

**2.2.2. Cơ sở khoa học tính toán HT-STH**

▪ **Tính toán nhiệt BTH:** Xem số liệu thực nghiệm ở bảng 1, 2.

- Lượng ẩm tách ra:

$$(29) W_a = G \cdot \frac{W_1 - W_2}{100 - W_2} \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

Trong đó:  $W_1, W_2$ : độ ẩm trước và sau khi sấy.

- Nhiệt lượng tỏa ra:

$$(30) Q = Q_{th} + Q_{bh} - Q_{mt} \cdot (t_2 + t_3) \\ = q_{th} \cdot t_2 + q_{bh} \cdot t_3 - K \cdot F \cdot \Delta t \cdot t \text{ [kJ]}$$

Trong đó:  $Q_{th}$  [kJ]: nhiệt thăng hoa;  $Q_{bh}$  [kJ]: nhiệt bay hơi;  $Q_{mt}$  [kJ]: nhiệt môi trường xâm nhập vào;  $Q$  [kJ]: nhiệt tỏa BTH.

Với:  $q_{th} = r_{th} \cdot W_{12}$  [kJ/h]  
(31)  $q_{bh} = r_{bh} \cdot W_{13}$  [kJ/h]  
(32)

- Diện tích bức xạ nhiệt BTH:

$$k \cdot C_0 \cdot e_q \cdot \left\{ \left( \frac{T_d}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_h}{100} \right)^4 \right\} \text{ [m}^2\text{]} \quad (33)$$

- Bước sóng bức xạ nhiệt:

$$1 = n \cdot N_A \cdot h \cdot c / Q$$

Trong đó:  $T_{dn}$  [K]: nhiệt độ tâm bức xạ;  $T_{th}$  [K]: nhiệt độ thăng hoa;  $n \cdot N_A$ : số proton bức xạ;  $k=1,2$ ;  $\epsilon_{qd} = 0,854$ ;  $C_0 = 5,67$ ; xem TLTK [1], [2], [3].

▪ **Tính toán thiết bị NT-ĐB**

$$(35) Q_1 = W_{12} \cdot (r_h + r_b) + C_p \cdot (t_h - t_b)$$

$$(36) Q_2 = W_{13} \cdot (r_h + r_b) + C_p \cdot (t_h - t_b)$$

$$Q_{mt1} = K_{ngt-db} \cdot F_{ngt} \cdot \Delta t_{ngt-db}$$

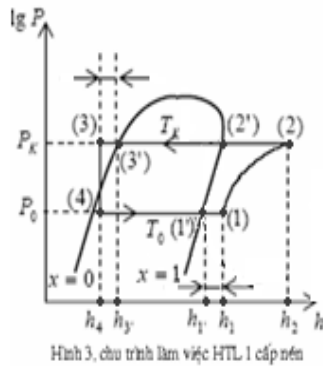
$$F_{ngt-b} = \frac{Q_{0[ngt-b]}}{q_{w.r[ngt-b]}} = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_{mt1}}{q_{w.r[ngt-b]}} \cdot 10^3 \text{ [m}^2\text{]} \quad (38)$$

Trong đó:  $Q_1, Q_2$  [kW]: nhiệt lấy ra để ngưng hơi ở giai đoạn 2 và 3;  $Q_{mt1}$  [kW]: nhiệt từ môi trường xâm nhập vào;  $W_{12}, W_{13}, r_{th}, r_{bh}, t_h, t_{db}$  xem số liệu thực nghiệm bảng 1, 2.

- Xây dựng chu trình lạnh 1 cấp nén chạy cho thiết bị NT-ĐB, xem hình 3, bảng 4.

**Bảng 4: Các thông số trạng thái chu trình lạnh 1 cấp nén cần thiết kế chạy cho thiết bị NT-ĐB.**

Trạng thái	h [kJ/kg]	v [m <sup>3</sup> /kg]	s [kJ/(kgK)]	P [bar]	T [°C]
1'	392,68	0,136	-	1,641	-30
1	394,85	0,137	1,810	1,641	-27
2	451,88	-	1,810	14,59	78,5
2'	415,64	-	-	14,59	38
3'	248,71	-	-	14,59	38
3	243,55	-	-	14,59	35
4	243,55	-	-	1,641	-30



Hình 3. chu trình làm việc HTL 1 cấp nén

▪ **Tính chọn máy nén lạnh và TBNT chạy cho thiết bị NT-ĐB:** tương tự như tính toán HTL 2 cấp nén nhưng chỉ ở phần thấp áp mà thôi, vì HTL này là 1 cấp nén, *TLTK* [6].

$$(39) \quad t_b = \frac{Q_b}{K.F_g \cdot \Delta t_b} \cdot \frac{\theta^3}{\theta} \quad [\text{phút/m}^3]$$

Trong đó:

$K[W/(m^2K)]$ : hệ số truyền nhiệt;

$\Delta t_b[K]$ : độ chênh nhiệt độ logarit;

$Q_{xb}[kW]$ : nhiệt xả băng;

$F_{ng}[m^2]$ : diện tích mặt ngoài.

**Bảng 5. kết quả tính toán thiết kế.**

Các thông số cần tính toán, thiết kế	Công thức	Kết quả
Kích thước buồng lạnh đông (hoặc BTH) Biết : $G = 10 \text{ kg/m}^3$ $\rho_v = 565 \text{ kg/m}^3$	1	$a = 0,5\text{m};$ $b = 0,8\text{m};$ $h = 0,6\text{m};$
Phụ tải lạnh buồng lạnh đông hay BTH	2	$Q_0^m = 1,57\text{kW}$
Công suất máy nén thấp áp	$3 \div 15$	$N_{dc}^1 = 1,675 \text{ kW}$
Công suất máy nén cao áp	$5 \div 17$	$N_{dc}^2 = 1,138 \text{ kW}$
Diện tích trao đổi nhiệt TBNT	18	$F_{ngt} = 0,33 \text{ m}^2$
Diện tích trao đổi nhiệt thiết bị làm mát trung	20	$F_{tg} = 0,047 \text{ m}^2$

▪ **Tính toán năng suất ( $N_b$ , lít/h) bơm chân không ( $B, P_{gh}, P_{th}, \tau_d$  xem bảng 1, 2)**

$$(40) \quad N_b = b_1 \cdot b_2 \cdot \frac{V}{t_d} \cdot h \left[ \frac{B - P_g}{P_h - P_g} \right]$$

Trong đó:  $V[m^3]$ : thể tích BTH,

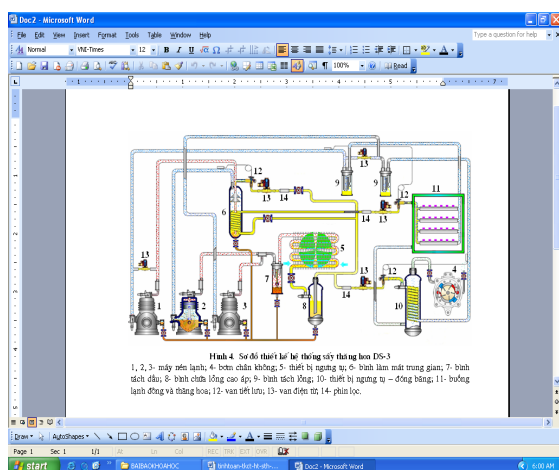
$b_1 \cdot b_2$ : hệ số an toàn và rò rỉ của BTH, xem *TLTK* [2], [3].

▪ **Tính thời gian xả băng cho NT-ĐB**

### III. KẾT QUẢ VÀ BÀN LUẬN

#### 1. Kết quả

Diện tích trao đổi nhiệt BTH và bước sóng bức xạ	21÷27	$F \approx 2 \text{ m}^2$ $\lambda = 50.10^{-3} \text{ m}$
Diện tích trao đổi nhiệt thiết bị NT-ĐB	28 ÷ 31	$F_{tr} = 0,67 \text{ m}^2$
Công suất máy nén lạnh chạy cho thiết bị TN-ĐB	3÷15	$N_{dc} = 1,482 \text{ kW}$
Năng suất hút bơm chân không	32	$N_b = 180 \text{ lít/h}$
Thời gian xả băng	33	$\tau_{xb} = (5 \div 10) \text{ phút}$



Từ việc tính toán thiết kế chúng tôi đã mô phỏng HT-STH bằng Macromedia-Director, xem hình 4.

## 2. Bàn luận

Hình 5 là HT-STH DS-3 đã được thiết kế, chế tạo hoàn chỉnh và ứng dụng truyền nhiệt trong quá trình sấy (môi trường chân không) bằng bức xạ với bước sóng ngắn ( $\lambda = 50.10^{-3} \text{ m} < 0,1\text{m}$ ), *TLTK* [2], [3], bằng thực nghiệm sấy đối tượng tôm s trên HT-STH DS-3 này và kiểm soát các thông số kỹ thuật bằng hệ thống đo lường và điều khiển tự động bằng máy tính, đ đo đạc vẽ đồ thị lm việc của buồng STH hình 1, đưa ra quy trình sản xuất, *TLTK* [4]. Sản phẩm STH trên quy trình công nghệ [4] đem đi phân tích tại Trung Tâm Phân Tích 79 – Trương Định – Tp.HCM, xem bảng 6. Kết quả cho thấy, thnh phần dinh dưỡng của sản phẩm so với nguyên liệu ban đầu gần như không thay đổi. Thực nghiệm đã cho thấy,

HT-STH chúng tôi đ thiết kế chế tạo đáp ứng được yêu cầu trong việc ứng dụng để bảo quản các sản phẩm có giá trị kinh tế và ứng dụng vào trong công nghiệp chế biến và bảo quản thực phẩm tại Việt Nam.

- Dùng phương pháp STH bảo toàn tính chất tự nhiên của các sản phẩm có nguồn gốc thực phẩm và dược phẩm, sinh học...v.v. Sản phẩm được bảo quản ở nhiệt độ thường và thời gian sử dụng rất dài có thể tới 6 năm, *TLTK* [3]. Hơn nữa sản phẩm STH sản xuất ở trong nước giá thành rẻ hơn nhiều lần so với nhập ngoại. Chẳng hạn như: 1kg tôm sú STH sản xuất ở trong nước giá khoảng 590000 VND, trong khi đó nếu như nhập từ Nhật Bản hay Hàn Quốc thì giá thành 1kg tôm sú STH có cùng kích cỡ độ ẩm tương đương từ 2÷4% là: 40USD x 16000 = 2240000VND, *TLTK* [4]. Giá nhập này gần 4 lần so với sản xuất trong nước.

**Bảng 6: Thành phần hóa học cơ bản của tôm sú sau khi STH**

Màu sắc	Nước [%]	Protein [%]
Đỏ gạch	3,45 ± 0,55	20,89 ± 0,48
Đỏ gạch	2 ÷ 4	19,25 ÷ 23,45
Lipit [%]	Tro [%]	VTM B, C [%mg]

$1,79 \pm 0,06$	$1,90 \pm 0,05$	$178 \pm 0,045$
$1,62 \div 2,12$	$1,91 \div 2,21$	$165,7 \div 173,4$

#### IV. KẾT LUẬN

- HT-STH chúng tôi đã thiết kế chế tạo đáp ứng được yêu cầu trong việc ứng dụng STH để bảo quản các sản phẩm có giá trị kinh tế. Chi phí thiết kế, chế tạo HT-STH DS-3 khoảng 7500 USD, nếu nhập loại HT-STH cùng năng suất từ Pháp thì giá khoảng 25000 USD, *TLTK* [4], gấp (3÷4) lần so với chế tạo trong nước.

- Do ứng dụng truyền nhiệt trong môi trường chân không khi STH bằng bức xạ nhiệt có bước sóng ngắn (sóng ngắn có  $\lambda < 100\text{cm} = 0,1\text{m}$ ) nên thời gian sấy được rút ngắn (8÷10)h/mẻ, chính vì vậy làm tăng năng suất của hệ thống thiết bị STH so với hàng ngoại nhập (12÷16)h/mẻ.

#### TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Trần Văn Phú, Tính toán thiết kế hệ thống sấy, NXB Giáo Dục, năm 2004.
- [2]. Reinhold V.N, Drying and Storage of Grains and Oilseeds, New York 1999.
- [3]. Nevekin L.C, Drying and Technique in Drying, Science and Technological Publising, Dofia 1998.
- [4]. Nguyễn Tấn Dũng, Nghiên cứu công nghệ STH các sản phẩm cao cấp, Tạp chí KHGDKT, số 1(3)2007.
- [5]. Trần Thanh Kỳ, Máy lạnh, NXB GD, 2004.
- [6]. Nguyễn Tấn Dũng – Trần Đức Ba, Công nghệ lạnh, tập 1, NXB ĐHQG, năm 2007.