

CHƯƠNG IV

HỆ THỐNG THIẾT BỊ CẤP ĐÔNG

4.1 CÁC VẤN ĐỀ VỀ CẤP ĐÔNG THỰC PHẨM

4.1.1 Mục đích và ý nghĩa

4.1.1.1 Phân loại giới hạn làm lạnh

* *Nhiệt độ đóng băng của thực phẩm*

Nước nguyên chất đóng băng ở 0°C. Tuy nhiên điểm đóng băng của thực phẩm thì khác, vì nồng độ muối khoáng và chất hoà tan trong dịch tế bào của thực phẩm thay đổi tùy từng loại thực phẩm nên chúng có điểm đóng băng khác nhau và thường nhỏ hơn 0°C.

Ví dụ của cá biển có điểm đóng băng khoảng -1,5°C, cá nước ngọt điểm đóng băng -1,0°C, tôm biển -2°C.

* *Các cấp làm lạnh thực phẩm:*

Ứng với khoảng nhiệt độ sản phẩm sau cấp đông người ta phân biệt các cấp làm lạnh thực phẩm như sau:

- **Làm lạnh:** Khi nhiệt độ sản phẩm cuối quá trình nằm trong khoảng

$$t_{db} < t < + 20^{\circ}\text{C}$$

- **Làm lạnh đông (cấp đông):** Khi nhiệt độ sản phẩm sau cấp đông nằm trong khoảng:

$$-100^{\circ}\text{C} < t < t_{db}$$

- **Làm lạnh thâm độ:** Khi nhiệt độ sản phẩm sau cấp đông nằm trong khoảng

$$-273^{\circ}\text{C} < t < -100^{\circ}\text{C}$$

4.1.1.2 Mục đích và ý nghĩa

Thực phẩm ở nhiệt độ cao dưới tác dụng của men phân giải (enzim) của bản thân và các vi sinh vật sẽ xảy ra quá trình biến đổi về chất, dẫn đến hư hỏng, ươn thối.

Khi nhiệt độ thực phẩm xuống thấp các quá trình trên sẽ bị ức chế và kìm hãm, tốc độ các phản ứng hoá sinh sẽ giảm. Nhiệt độ càng thấp, tốc độ phân giải càng giảm mạnh.

Khi nhiệt độ giảm thì hoạt động sống của tế bào giảm là do:

- Cấu trúc tế bào bị co rút;
- Độ nhớt dịch tế bào tăng;
- Sự khuếch tán nước và các chất tan của tế bào giảm;

- Hoạt tính của enzym có trong tế bào giảm. Nhiệt độ thấp ức chế tốc độ của các phản ứng hoá sinh trong thực phẩm. Nhiệt độ thấp tốc độ giảm, người ta tính rằng cứ giảm 10°C thì tốc độ phản ứng hoá sinh giảm xuống còn từ 1/2 đến 1/3. Nhiệt độ thấp tác dụng đến các men phân giải nhưng không tiêu diệt được nó. Nhiệt độ giảm xuống 0°C hoạt động của hầu hết các enzym bị đình chỉ. Men lipaza, trypsin, catalaza ở nhiệt độ -191°C cũng không bị phá huỷ. Nhiệt độ càng thấp khả năng phân giải giảm, ví dụ khả năng phân giải của men lipaza phân giải mỡ cho ở bảng 4-1 dưới đây.

Bảng 4-1 : Khả năng phân giải của men phân giải mỡ lipaza

Nhiệt độ, °C	40	10	0	-10
Khả năng phân giải, %	11,9	3,89	2,26	0,70

Các tế bào thực vật có cấu trúc đơn giản hoạt động sống có thể độc lập với cơ thể sống. Vì vậy khả năng chịu lạnh cao, đa số tế bào thực vật không bị chết khi nước trong nó chưa đóng băng.

Tế bào động vật có cấu trúc và hoạt động sống phức tạp, gắn liền với cơ thể sống. Vì vậy khả năng chịu lạnh kém. Đa số tế bào động vật chết khi nhiệt độ giảm quá 4°C so với thân nhiệt bình thường của nó. Tế bào động vật chết là do chủ yếu độ nhớt tăng và sự phân lớp của các chất tan trong cơ thể.

Một số loài động vật có khả năng tự điều chỉnh hoạt động sống khi nhiệt độ giảm, cơ thể giảm các hoạt động sống đến mức không cần nhu cầu bình thường của điều kiện môi trường trong một khoảng thời gian nhất định. Khi tăng nhiệt độ, hoạt động sống của chúng phục hồi, điều này được ứng dụng trong vận chuyển động vật đặc biệt là thủy sản ở dạng tươi sống, đảm bảo chất lượng tốt và giảm chi phí vận chuyển.

Như vậy khi nhiệt độ thấp quá trình phân giải của thực phẩm sẽ bị chậm lại hoặc chấm dứt hoàn toàn là do:

- Hoạt động của các men phân giải bị đình chỉ.
- Sự phát triển của các vi sinh vật bị ức chế, đại bộ phận các vi sinh vật ngừng hoạt động trong khoảng -3°C ÷ -10°C. Tuy nhiên ở -10°C vi khuẩn micrococcuss vẫn sống nhưng phát triển chậm. Các loại nấm mốc chịu đựng lạnh tốt hơn, có thể tới -15°C. Để nấm mốc sống được

độ ẩm phải đảm bảo ít nhất là 15%. Khi nhiệt độ giảm xuống -18°C thì nước trong thực phẩm mới đóng băng tới 86%, đạt yêu cầu trên. Vì vậy nhiệt độ bảo quản tốt nhất từ -18°C trở xuống mới làm cho toàn bộ vi sinh vật và nấm mốc ngừng hoạt động hoàn toàn.

4.1.2 Sự kết tinh của nước trong thực phẩm

4.1.2.1 Nước trong thực phẩm

Nước trong thực phẩm, đặc biệt trong thủy sản chiếm tỷ lệ rất lớn có thể lên đến 80%. Tùy theo mức độ liên kết mà người ta chia nước trong thực phẩm ra các dạng: Nước tự do và nước liên kết

- Nước tự do: Chỉ liên kết cơ học. Nước nằm bất động trong mạng lưới cấu trúc mô cơ dưới hình thức dung môi để khuếch tán các chất qua tế bào.

- Nước liên kết: Không phải là dung môi mà là ở dạng liên kết với các chất prôtít tan và các chất vô cơ, hữu cơ tan khác tạo thành các khung cấu trúc của mô cơ.

4.1.2.2 Cơ chế đóng băng trong thực phẩm khi cấp đông.

Nước trong thực phẩm do có hoà tan các chất tan nên nhiệt độ đóng băng thấp hơn 0°C .

Khi hạ nhiệt độ thực phẩm xuống thấp các dạng nước trong thực phẩm đóng băng dần dần tùy mức độ liên kết của chúng với tế bào.

Khi nhiệt độ hạ xuống thấp bằng nhiệt độ cấp đông, trước tiên các tinh thể đá xuất hiện ở gian bào (khoảng trống giữa các tế bào). Khi đến điểm đóng băng đa số nước ở gian bào kết tinh và làm tăng nồng độ chất tan lên cao hơn trong tế bào. Do đó áp suất thẩm thấu tăng lên làm cho nước trong tế bào có xu hướng ra ngoài qua gian bào, qua màn bán thấm của tế bào. Nếu tốc độ làm lạnh chậm thì nước trong tế bào ra sẽ làm các tinh thể hiện diện lớn lên mà không tạo nên tinh thể mới.

Nếu tốc độ làm lạnh nhanh thì tinh thể sẽ tạo ra cả ở bên ngoài lẫn bên trong tế bào, tinh thể đá sẽ nhuyễn và đều.

Do đó nếu hạ nhiệt chậm tế bào bị mất nước và các tinh thể đá tạo ra sẽ to và chèn ép làm rách màng tế bào, cấu tạo mô cơ bị biến dạng, giảm chất lượng sản phẩm.

Khi nước tự do đã đóng băng hết thì đến nước liên kết, bắt đầu từ nước có liên kết yếu đến nước có liên kết mạnh.

4.1.2.3. Tác động của sự kết tinh của nước đối với thực phẩm.

- Có sự phân bố lại nước trong thực phẩm không chỉ giữa gian bào và tế bào mà còn theo chiều sâu của sản phẩm.

- Có sự biến đổi tế bào do sự phân bố lại nước, do tạo thành lớp đá, vỡ tế bào, biến đổi cấu trúc sợi cơ.

4.1.2.4 Các yếu tố ảnh hưởng đến sự kết tinh của nước trong thực phẩm.

1. Nồng độ các chất hoà tan.

Các chất đường, chất béo, prôtêin, muối vv... trong thực phẩm hoà tan liên kết với nước tạo thành dung dịch keo.

Để kết tinh các phân tử nước phải tách ra khỏi sự liên kết của các chất tan. Vì vậy khi có các chất tan thì nhiệt độ của nước phải giảm để giảm động năng, tăng lực liên kết phân tử giữa các phân tử nước với nhau để kết tinh. Do đó nồng độ chất hoà tan tăng thì nhiệt độ kết tinh nước giảm. Độ giảm nhiệt độ để nước kết tinh phụ thuộc vào nồng độ chất tan như sau:

$$\Delta t = - 1,18 \times n \quad (4-1)$$

n - Nồng độ phân tử các chất tan.

- Khi nhiệt độ kết tinh nước giảm thì tốc độ hình thành mầm tinh thể tăng dần.

- Khi giảm nhiệt độ kết tinh các tinh thể nước đá hình thành sẽ có xu hướng phát triển chiều dài và giảm kích thước chiều ngang nhờ đó việc làm hỏng cấu trúc tế bào thực phẩm giảm.

- Kích thước ngang của các tinh thể được phân chia như sau:

+ Kích thước 0,2 ÷ 0,6mm - tinh thể lớn

+ Kích thước 0,1 ÷ 0,2mm - tinh thể vừa

+ Kích thước 0,01 ÷ 0,1mm - tinh thể bé

Ở khoảng nhiệt độ -1÷-2°C các tinh thể tạo thành các kích thước lớn, ở nhiệt độ -10÷-20°C các tinh thể có số lượng rất nhiều và kích thước nhỏ.

2. Tốc độ cấp đông

Tốc độ làm lạnh thực phẩm là tỷ số giữa chiều dày lớp thực phẩm được cấp đông với thời gian để làm đông lớp đó:

$$V_f = X/\tau, \text{ m/h} \quad (4-2)$$

Tốc độ làm lạnh đông phụ thuộc nhiều yếu tố, trong đó yếu tố nhiệt độ buồng cấp đông đóng vai trò quan trọng nhất.

Căn cứ vào tốc độ làm đông người ta chia ra như sau:

- *Cấp đông chậm*: Khi tốc độ cấp đông dưới 0,5 cm/h và thời gian cấp đông lớn hơn 10 giờ.

- *Cấp đông nhanh*: Khi tốc độ cấp đông từ 1 ÷ 3 cm/h và thời gian cấp đông từ 2 đến 6 giờ.

- *Cấp đông cực nhanh*: Khi tốc độ cấp đông lớn hơn hoặc bằng 15cm/h, thời gian cấp đông dưới 20 phút.

*** Ảnh hưởng của tốc độ cấp đông**

- Khi cấp đông chậm nước khuyếch tán nhiều, các tinh thể nước đá thu hút nước để tăng thể tích mà không có xu hướng tạo nên các mầm tinh thể. Kết quả là số lượng các tinh thể ít, kích thước lớn và không đều, điều đó ảnh hưởng nhiều đến cấu trúc liên kết tế bào thực phẩm.

- Khi cấp đông nhanh nước ít khuyếch tán vì các mầm tinh thể hình thành đều khắp trong cấu trúc với tốc độ nhanh nhờ đó số tinh thể nhiều, kích thước nhỏ và đều.

- Cấp đông cực nhanh sẽ không có sự khuyếch tán nước. Các phân tử nước sẽ kết tinh ở những vị trí liên kết với các chất tan vì vậy các tinh thể có kích thước rất nhỏ, các tính chất của thực phẩm được giữ gìn như nguyên vẹn.

3. Chất lượng ban đầu của thực phẩm

- Thực phẩm tươi sống đem làm lạnh đông sẽ có chất lượng cao nhất vì cấu trúc và sự liên kết của nước với các thành phần còn nguyên tính tự nhiên.

- Khi các cấu trúc bị hư hỏng do va chạm hoặc do chất lượng bị giảm vì quá trình tự phân giải, thổi rửa thì khả năng giữ nước giảm, tỷ lệ nước tự do tăng, tính đàn hồi của cấu trúc giảm. Tương tự như ở thịt động vật có giai đoạn co cứng, cấu trúc giảm tính đàn hồi vì khả năng giữ nước giảm.

Trong những trường hợp này nước kết tinh sẽ khuyếch tán nhiều, cấu trúc liên kết tế bào bị nước đá giãn nở sẽ rách vỡ làm cho chất lượng sản phẩm giảm.

4.1.3 Sự biến đổi của thực phẩm trong quá trình cấp đông

4.1.3.1. Biến đổi về nhiệt vật lý

a. *Sự kết tinh của nước*: Trong quá trình cấp đông nước tách ra và đông thành các tinh thể, làm cho sản phẩm trở nên rắn, tăng thể tích một ít.

Khi nước trong thực phẩm kết tinh tạo thành mạng tinh thể xen kẽ giữa các thành phần khác tạo ra cấu trúc vững chắc, nhưng khi làm tan băng, phục hồi trạng thái ban đầu thì cấu trúc thực phẩm bị mềm yếu hơn, kém đàn hồi hơn do các tinh thể làm rách cấu trúc liên kết tế bào thực phẩm.

b. *Biến đổi màu sắc*: Đồng thời với quá trình trên màu sắc thực phẩm cũng biến đổi do hiệu ứng quang học do tinh thể đá khúc xạ ánh sáng. Màu sắc thực phẩm khi nước đóng băng phụ thuộc tính chất quang ánh sáng của các tinh thể nước đá.

c. *Bay hơi nước*: Trong quá trình làm lạnh đông có hiện tượng mất nước, giảm trọng lượng sản phẩm. Đó là sự bay hơi nước vào không khí từ bề mặt thực phẩm, do chênh lệch mật độ ρ giữa không khí sát bề mặt và không khí xung quanh.

Ấm bốc lên từ bề mặt sản phẩm vào không khí xung quanh, nếu sản phẩm nhập có bề mặt còn ướt thì khi cấp đông chúng sẽ đông lại, sau đó diễn ra quá trình thăng hoa. Nếu chênh lệch nhiệt độ bề mặt sản phẩm và không khí trong buồng cấp đông càng lớn thì ẩm bốc càng mạnh, gây hao hụt khối lượng.

d. *Khuyếch tán nước*: Khi cấp đông xảy ra hiện tượng khuyếch tán nước trong cấu trúc thực phẩm, nước khuyếch tán là do các nguyên nhân:

+ Sự chênh lệch nhiệt độ gây nên do chênh lệch mật độ ρ .

+ Sự lớn lên của tinh thể nước đá luôn thu hút nước từ những vị trí chưa kết tinh dẫn đến, làm cho nước từ nơi có nồng độ chất tan thấp chuyển đến nơi có nồng độ chất tan cao. Sự di chuyển của nước thực hiện nhờ tính bám thấm và mao dẫn của cấu trúc thực phẩm. Động lực của quá trình khuyếch tán, làm cho nước di chuyển từ trong tế bào ra gian bào và từ trong ra ngoài, từ vị trí liên kết ra tự do. Khi nước khuyếch tán cấu trúc tế bào co rút, một số chất tan biến tính, dẫn đến khi làm tan một phần thực phẩm gần bề mặt.

e. *Các thông số nhiệt vật lý thay đổi*

- *Biến đổi nhiệt dung*: Nhiệt dung sản phẩm thay đổi là do nước trong thực phẩm đã được đóng băng. Nhiệt dung khi đó được tính:

$$C_{SP} = C_{CK}(1-W) + C_d \cdot \omega \cdot W + C_n \cdot (1-\omega) \cdot W ; \text{kJ/kg.K} \quad (4-3)$$

C_{SP}, C_{CK}, C_d, C_n — Nhiệt dung riêng của sản phẩm, chất khô, nước đá và của nước, kJ/kg.K;

ω - Tỷ lệ nước đã đóng băng ở nhiệt độ t_{db}
 W — Hàm lượng nước trong sản phẩm.

Nhiệt dung riêng sản phẩm trước khi đóng băng

$$C_o = C_{CK}(1-W) + C_n \cdot W ; \text{kJ/kg.K} \quad (4-4)$$

Do đó

$$C_{SP} = C_o - (C_n - C_d) \cdot \omega \cdot W = C_o - 2,096 \cdot \omega \cdot W ; \text{kJ/kg.K}$$

Có thể xác định nhiệt dung riêng sản phẩm theo công thức thực nghiệm như sau:

$$C_{SP} = C_o - \frac{A_c}{1 + \frac{B_c}{\lg t}}, \text{kCal / kg.K} \quad (4-5)$$

A_c, B_c — Là các hằng số thực nghiệm

- *Biến đổi hệ số dẫn nhiệt*

Hệ số dẫn nhiệt của sản phẩm cũng thay đổi thể hiện ở công thức dưới đây:

$$\lambda_{SP} = \lambda_o + \frac{A_\lambda}{1 + \frac{B_\lambda}{\lg[t + (1 - t_{kt})]}} \quad (4-6)$$

λ_{SP}, λ_o — Hệ số dẫn nhiệt của sản phẩm lạnh đông và ở nhiệt độ kết tinh (nhưng sản phẩm chưa kết tinh), W/m.K;

A_λ, B_λ - Hằng số thực nghiệm

t, t_{kt} — Nhiệt độ sản phẩm cấp đông và nhiệt độ kết tinh (không kể dấu âm), °C

- *Biến đổi hệ số dẫn nhiệt độ*

Hệ số dẫn nhiệt độ của sản phẩm cũng thay đổi và được tính theo công thức sau đây:

$$a_{SP} = a_o + \frac{A_a}{1 + \frac{B_a}{\lg[t + (1 - t_{kt})]}} \quad (4-7)$$

a_{SP}, a_o — Hệ số dẫn nhiệt độ của sản phẩm lạnh đông và ở nhiệt độ kết tinh (nhưng sản phẩm chưa kết tinh), m²/s;

A_a, B_a - Hằng số thực nghiệm.

t, t_{kt} — Nhiệt độ sản phẩm cấp đông và nhiệt độ kết tinh (không kể dấu âm), °C.

Dưới đây là bảng các thông số của một số sản phẩm

Bảng 4-2: Các hằng số thực nghiệm

Đại lượng	Thịt bò	Cá
C_o	0,805	0,800
A_c	0,396	0,415
B_c	0,343	0,369
λ_o	0,390	0,572
A_λ	0,938	0,669
B_λ	0,186	0,148
a_o	0,00045	0,00045
A_a	0,00244	0,00214
B_a	0,445	0,482

4.1.3.2 *Biến đổi hoá học*

Bản chất quá trình biến đổi hoá học của thực phẩm khi làm lạnh là sự phân giải của các chất dự trữ năng lượng do tác động của các enzym có sẵn trong thực phẩm.

- Mức độ biến đổi hoá học phụ thuộc vào trạng thái ban đầu của thực phẩm và phương pháp làm lạnh. Nói chung do nhiệt độ giảm nhanh thời gian làm lạnh ngắn nên các biến đổi hoá học diễn ra với tốc độ rất chậm, ít hư hỏng, chất lượng thực phẩm được đảm bảo.

- Các biến đổi chủ yếu là do sự ôxi hoá các sắc tố làm biến màu thực phẩm. Sự ôxi hoá phụ thuộc mức độ tiếp xúc với không khí của thực phẩm và chất lượng ban đầu.

- Để giảm sự ôxi hoá có thể loại bỏ các sắc tố trước khi làm lạnh, hạn chế bớt các hoạt tính của các enzym, hạn chế tiếp xúc với không khí, làm tăng tốc độ làm lạnh.

4.1.3.3 *Biến đổi do vi sinh*

Trước khi làm lạnh thực phẩm thường được rửa sạch để loại bỏ các tạp chất nơi chứa chấp nhiều loại vi sinh vật.

Trong quá trình làm lạnh do nhiệt độ môi trường làm lạnh có nhiệt độ không phù hợp với các vi sinh vật nên vi sinh vật ở lớp bề mặt thực

phẩm bị tiêu diệt. Số còn lại bị hạn chế khả năng hoạt động. Nhưng chúng thích nghi dần với lạnh, nên thời gian bảo quản thực phẩm bị giảm.

4.1.4. Thời gian làm lạnh đông thực phẩm

Thời gian cấp đông là thời gian cần thiết để hạ nhiệt độ tâm của sản phẩm từ nhiệt độ ban đầu đến nhiệt độ yêu cầu. Yêu cầu đối với thực phẩm cấp đông là nhiệt độ trung bình hoặc cân bằng của chúng phải nhỏ hơn hoặc bằng nhiệt độ bảo quản. Nhiệt độ trung bình của sản phẩm t_{tb} thường được chọn bằng trung bình cộng của nhiệt độ tâm t_t và nhiệt độ bề mặt t_f .

$$t_{tb} = (t_f + t_t) / 2 \quad (4-8)$$

Vì vậy cần chọn nhiệt độ tâm phù hợp để đạt yêu cầu này.

Ví dụ: Xác định nhiệt độ tâm sản phẩm khi cấp đông ở kho cấp đông, biết nhiệt độ không khí -35°C , nhiệt độ bảo quản là -18°C .

- Nhiệt độ bề mặt $t_f = t_b \times 0,7 = -35 \times 0,7 = -24,5^\circ\text{C}$

- Nhiệt độ tâm sản phẩm là: $t_t = 2 \times t_{tb} - t_f = 2 \times (-18) - (-24,5) = -36 + 24,5 = -11,5^\circ\text{C}$

Vì vậy chọn nhiệt độ tâm sản phẩm ít nhất là -12°C

Quá trình làm lạnh đông thực phẩm qua 3 giai đoạn:

- Giai đoạn 1: Làm lạnh sản phẩm đến điểm đóng băng

- Giai đoạn 2: Đóng băng ở điểm kết tinh ($t_{kt} = \text{const}$)

- Giai đoạn 3: Kết thúc quá trình làm lạnh đông và tiếp tục hạ nhiệt độ sản phẩm tới nhiệt độ cần thiết để bảo quản lạnh đông.

Khi làm lạnh đông do tạo thành các lớp tinh thể từ phía bề mặt và tâm nên ngăn cản quá trình truyền nhiệt sâu vào bên trong.

4.1.4.1 Xác định thời gian kết tinh nước trong thực phẩm

Thời gian kết tinh là thời gian để nước trong thực phẩm kết tinh thành đá, trong quá trình này ta coi nhiệt độ của đá kết tinh không đổi và bằng t_{db} .

Công thức Plank thường được sử dụng để xác định thời gian làm lạnh thực phẩm:

$$\tau = \frac{q}{v \cdot \Delta t} \left(\frac{P \cdot \delta}{k} + \frac{R \cdot \delta^2}{\lambda} \right) \quad (4-9)$$

trong đó

q - Nhiệt lượng cần thải từ nhiệt độ ban đầu đến nhiệt độ kết tinh cuối cùng, kCal/kg;

v - Thể tích riêng của thực phẩm, m³/kg;

Δt - độ chênh nhiệt độ giữa điểm đóng băng ban đầu của thực phẩm và môi trường, °C;

δ - Chiều dày lớp thực phẩm, m;

k - Hệ số truyền nhiệt bề mặt (kể cả bao gói), kCal/m².h.K;

λ - Hệ số dẫn nhiệt của thực phẩm, kCal/m.h.K;

P, R - Các hằng số tùy thuộc hình dạng thực phẩm.

4.1.4.2 Các yếu tố ảnh hưởng đến thời gian cấp đông

1. Loại máy cấp đông

Có nhiều loại thiết bị cấp đông và nguyên lý hoạt động rất khác nhau. Thiết bị gió cưỡng bức tiếp xúc và làm lạnh sản phẩm, có loại tiếp xúc là bề mặt các tấm kim loại, nhưng có loại thì sản phẩm được nhúng trong dịch N₂ lỏng.

Do nguyên lý làm lạnh khác nhau nên tốc độ sẽ khác nhau đáng kể.

Đối với cùng một dạng máy cấp đông, nhưng nếu sử dụng phương pháp cấp dịch cho thiết bị bay hơi khác nhau cũng làm cho thời gian cấp đông thay đổi đáng kể, do hệ số trao đổi nhiệt bên trong phụ thuộc nhiều vào phương pháp cấp dịch.

2. Nhiệt độ buồng cấp đông

Nhiệt độ cấp đông càng thấp thì thời gian cấp đông càng nhanh và ngược lại. Vì vậy cần chọn nhiệt độ buồng hợp lý. Thường nhiệt độ không khí trong buồng cấp đông đạt là -35°C.

3. Tốc độ gió trong buồng cấp đông

Tốc độ gió càng cao thì thời gian cấp đông càng nhanh do hệ số toả nhiệt đối lưu tăng, kết quả hệ số truyền nhiệt tăng.

4. Nhiệt độ sản phẩm trước cấp đông

Việc chế biến thực phẩm diễn ra trong một thời gian khá lâu, vì vậy khi chế biến được khay sản phẩm nào, người ta sẽ tạm cho vào các kho chờ đông để tạm thời bảo quản, chờ cho đủ khối lượng cần thiết cho 01 mẻ cấp đông mới đem cấp đông.

Mặt khác trong quá trình chế biến, thực phẩm được ướp đá và xử lý trong không gian khá lạnh. Vì thế nhiệt độ thực phẩm đưa vào thiết bị cấp đông thường chỉ cỡ $10\div 12^{\circ}\text{C}$. Nếu thời gian bảo quản trong kho chờ đông lâu thì nhiệt độ thực phẩm vào cấp đông còn nhỏ hơn. Nhiệt độ thực phẩm vào cấp đông càng thấp thì thời gian cấp đông càng ngắn.

5. Bề dày sản phẩm cấp đông

Thời gian cấp đông càng lâu nếu thực phẩm càng dày. Người ta nhận thấy thời gian cấp đông tăng lên một cách nhanh chóng nếu tăng chiều dày thực phẩm. Mối quan hệ này không theo qui luật tuyến tính mà theo bậc bình phương của chiều dày.

Các sản phẩm cấp đông dạng khối (block) có thời gian cấp đông khá lâu, nhưng dạng rời thì thời gian ngắn hơn nhiều.

6. Hình dạng sản phẩm

Hình dạng của thực phẩm cũng ảnh hưởng tới tốc độ làm lạnh. Hình dạng có liên quan tới diện tích tiếp xúc. Dạng khối sẽ có diện tích tiếp xúc kém nhất, trong khi các sản phẩm dạng rời có diện tích tiếp xúc rất lớn nên thời gian làm lạnh giảm rất nhiều. Sản phẩm càng nhỏ sẽ có diện tích tiếp xúc càng lớn nên thời gian cấp đông nhanh.

7. Diện tích bề mặt tiếp xúc

Khi diện tích tiếp xúc giữa thực phẩm với tác nhân hoặc với bề mặt làm lạnh tăng thì thời gian làm lạnh giảm. Trong tủ đông tiếp xúc, nếu bề mặt không phẳng diện tích tiếp xúc nhỏ sẽ làm tăng thời gian làm lạnh. Vì thế các khay cấp đông phải có bề mặt phẳng, không gồ ghề lồi lõm. Trong các thiết bị đông rời nên bố trí sản phẩm đều theo toàn bộ khay hay băng chuyên cấp đông.

Trên các tấm lắc cấp đông nếu có băng cũng có thể làm giảm diện tích tiếp xúc.

8. Bao gói sản phẩm

Một số sản phẩm cấp đông được đóng gói trước nên khi cấp đông làm tăng nhiệt trở. Đặc biệt khi bao gói có lọt các lớp khí bên trong thì tạo ra lớp cách nhiệt thì làm tăng đáng kể thời gian cấp đông.

9. Loại thực phẩm

Mỗi loại thực phẩm có một nhiệt dung và nhiệt hàm khác nhau, do đó nhiệt lượng cần thiết để cấp đông 1kg mỗi loại thực phẩm rất khác nhau.

4.1.5 Các phương pháp và thiết bị kết đông thực phẩm

Thiết bị cấp đông có rất nhiều dạng, hiện nay ở nước ta sử dụng phổ biến các hệ thống như sau:

- Kho cấp đông gió (Air Blast Freezer);
- Tủ cấp đông tiếp xúc (Contact Freezer);
- Tủ cấp đông gió;
- Hệ thống cấp đông dạng rời, có băng chuyền IQF;
 - + Hệ thống cấp đông có băng chuyền cấp đông thẳng
 - + Hệ thống cấp đông có băng chuyền dạng xoắn
 - + Hệ thống cấp đông siêu tốc
- Hệ thống cấp đông nhúng N₂ lỏng

4.1.5.1 Làm đông thực phẩm trong không khí lạnh

Thực phẩm được làm lạnh bằng không khí có nhiệt độ âm sâu đối lưu cưỡng bức qua bề mặt. Quá truyền nhiệt là trao đổi nhiệt đối lưu.

Sản phẩm cấp đông có thể dạng block hoặc dạng rời, nhưng thích hợp nhất là dạng sản phẩm rời.

a. Ưu điểm

- Không khí có nhiệt dung riêng nhỏ nên giảm nhiệt độ nhanh.
- Khi tiếp xúc không gây các tác động cơ học vì thế giữ nguyên hình dáng kích thước thực phẩm, đảm bảo thẩm mỹ và khả năng tự bảo vệ cao của nó.
- Hoạt động liên tục, dễ tự động hoá sản xuất.

b. Nhược điểm

- Thực phẩm dễ bị khô do bay hơi nước bề mặt và dễ bị ôxi hoá do tiếp xúc nhiều với khí O₂.

c. Ứng dụng

- Đông thực phẩm dạng rời và block ở các kho và tủ cấp đông.

4.1.5.2 Làm đông tiếp xúc

Các sản phẩm được đặt trên các khay và được kẹp giữa các tấm lác cấp đông. Các tấm lác kim loại bên trong rỗng để cho môi chất lạnh

chảy qua, nhiệt độ bay hơi đạt $t_0 = -40 \div -45^\circ\text{C}$. Nhờ tiếp xúc với các tấm lắc có nhiệt độ rất thấp, quá trình trao đổi nhiệt tương đối hiệu quả và thời gian làm đông được rút ngắn đáng kể so với làm đông dạng khối trong các kho cấp đông gió, đạt $\tau = 1,5 \div 2$ giờ nếu cấp dịch bằng bơm hoặc $4 \div 4,5$ giờ nếu cấp dịch từ bình giữ mức theo kiểu ngập dịch.

Truyền nhiệt trong tủ đông tiếp xúc là dẫn nhiệt.

Phương pháp làm đông tiếp xúc thường được áp dụng cho các loại sản phẩm dạng khối (block).

4.1.5.3 Làm đông cực nhanh

Thực phẩm được di chuyển trên các băng chuyền và được phun làm lạnh bằng ni tơ lỏng có nhiệt độ bay hơi rất thấp -196°C . Vì thế thời gian làm lạnh đông cực nhanh từ $5 \div 10$ phút. Hiện nay các nước phát triển ứng dụng rộng rãi phương pháp này.

Bảng 4-3. Các thông số về phương pháp cấp đông

Phương pháp cấp đông	Nhiệt độ tâm thịt $^\circ\text{C}$		Thông số không khí trong buồng cấp đông		Thời gian cấp đông	Tổn hao khối lượng, %
	Ban đầu	Cuối	Nhiệt độ, $^\circ\text{C}$	Tốc độ chuyển động, m/s		
Cấp đông hai pha						
- Chậm	4	-8	-18	0,140,2	40	2,58
- Tăng cường	4	-8	-23	0,540,8	26	2,35
- Nhanh	4	-8	-15	344	16	2,20
Cấp đông một pha						
- Chậm	37	-8	-23	0,140,2	36	1,82
- Tăng cường	37	-8	-30	0,540,8	24	1,60
- Nhanh	37	-8	-35	142	20	1,20

4.1.5.4 Làm đông bằng hỗn hợp đá và muối

Phương pháp này thực hiện ở những nơi không có điện để chạy máy lạnh. Khi cho muối vào nước đá thì tạo nên hỗn hợp có khả năng làm lạnh. Tùy thuộc vào tỷ lệ muối pha mà đạt được các hỗn hợp nhiệt độ khác nhau.

Phương pháp này có ưu điểm đơn giản dễ thực hiện.

Nhưng có nhược điểm là nhiệt độ hỗn hợp tạo ra không cao cỡ -12°C, vì vậy chỉ có khả năng bảo quản trong thời gian ngắn và thực phẩm tươi sạch. Nhược điểm khác của phương pháp này là thực phẩm mất trọng lượng và giảm phẩm chất bề mặt.

4.1.5.5 Làm đông bằng nước muối lạnh

Có 2 cách:

1. Ngâm trong nước muối

Cá được xếp vào giỏ lưới rồi nhúng vào bể nước muối được làm lạnh bởi giàn bốc hơi amôniac. Nước muối được lưu động bằng bơm, nhiệt độ -18°C, thời gian làm đông 3 giờ.

2. Phun nước muối lạnh

Phương pháp này được ứng dụng trong chế biến thủy sản. Cá vận chuyển trên băng chuyên và được phun nước muối lạnh -25°C. Khi đã đông lạnh cá được phun nước sạch 20°C để rửa muối bám lên cá, cuối cùng cá được phun nước 0°C để mạ băng trước khi chuyển về kho bảo quản.

Theo phương pháp này thời gian làm đông ngắn mà hao hụt trọng lượng ít, lượng muối ngâm vào ít. Tuy nhiên phương pháp này cũng làm cho thực phẩm ngâm muối ít nhiều.

4.1.6 Xử lý thực phẩm sau cấp đông

4.1.6.1 Mạ băng sản phẩm đông

1. Ý nghĩa

Mạ băng là quá trình làm đóng băng 01 lớp nước đá trên bề mặt sản phẩm. Việc mạ băng có các tác dụng sau:

- Lớp băng có tác dụng bảo vệ thực phẩm chống ôxi hoá các thành phần dinh dưỡng do tiếp xúc với không khí.
- Chống quá trình thăng hoa nước đá trong thực phẩm.
- Làm đẹp các sản phẩm.
- Trữ thêm lạnh cho thực phẩm để bảo quản lâu dài.

2. Phương pháp mạ băng sản phẩm đông

Có 2 phương pháp mạ băng: Nhúng trong nước lạnh và phun nước lên bề mặt sản phẩm.

Phương pháp nhúng đảm bảo đều hơn, đẹp hơn, thực hiện đơn giản nhưng tổn hao lạnh lớn, sau khi nhúng một số lần thì nước bị nhiễm bẩn nên phải thay thế. Nước nhúng có nhiệt độ khoảng $3\div 5^{\circ}\text{C}$.

Phương pháp phun thực hiện từ nhiều phía, hệ thống điều khiển tự động phải nhịp nhàng giữa các khâu. Tuy nhiên khi phun mặt dưới của sản phẩm sẽ không được mạ nên phải có biện pháp bổ sung.

Do vậy người ta thường sử dụng kết hợp cả 2 phương pháp trên là vừa nhúng vừa phun. Ở vị trí phun sản phẩm chuyển động vòng xuống máng chứa nước nên cả hai mặt đều được mạ bằng: mặt trên được mạ do phun còn mặt dưới được mạ nhờ nước trong máng. Phương pháp này đảm bảo đều 2 mặt nhưng lượng nước cần thiết không nhiều và mất mát lạnh không đáng kể.

- Sau khi làm ướt bề mặt sản phẩm được để trong không khí, nước lấy lạnh từ thực phẩm và kết tinh trên bề mặt thực phẩm tạo thành lớp băng bám chặt bề mặt thực phẩm. Để tăng lớp băng mạ không nên kéo dài thời gian mạ băng, vì như vậy sẽ bị mất nhiệt mà nên thực hiện nhiều lần, giữa các lần xen kẽ làm lạnh tiếp thực phẩm.

- Để mạ đều sản phẩm cần tiến hành mạ nhiều lần, không để cho các lớp thực phẩm tiếp xúc với nhau nhiều. Chiều dày băng mạ ít nhất là 0,3mm.

Sau khi mạ băng xong do nhiệt độ sản phẩm tăng nên người ta đưa vào tái đông lại lần nữa để làm lạnh thực phẩm.

4.1.6.2 Bao gói thực phẩm

Để bảo vệ, bảo quản và làm tăng thẩm mỹ thực phẩm, sau cấp đông thực phẩm được chuyển sang khâu đóng gói bao bì. Đây là khâu hết sức quan trọng làm tăng giá trị thực phẩm, thu hút khách hàng và quảng bá sản phẩm. Bao bì phải đáp ứng các yêu cầu cơ bản sau đây:

- Phải kín tránh tiếp xúc không khí gây ra ôxi hoá sản phẩm. Mặt khác phải chống thâm nhập hơi ẩm hoặc thoát ẩm của thực phẩm. Thường sản phẩm được bao bọc bên trong là bao ny lông bên ngoài là thùng cactôn tráng sáp.

- Bao bì phải đẹp và hấp dẫn, đảm bảo thẩm mỹ công nghiệp.

- Bao bì dạng khối dễ dàng xếp đặt và vận chuyển.

4.1.6.3 Tái đông thực phẩm

Các mặt hàng thực phẩm sau khi cấp đông được phải qua một số khâu như mạ băng và đóng gói nên mất một phần nhiệt. Vì thế, trước

khi đem bảo quản thường người ta đưa qua thiết bị để tái đông lại để hạ nhiệt độ nhằm bảo quản tốt hơn.

Buồng tái đông có cấu tạo giống buồng cấp đông dạng thẳng nhưng kích thước ngắn hơn.

4.2 HỆ THỐNG KHO CẤP ĐÔNG

Nguyên lý cấp đông của kho là làm lạnh bằng không khí đối lưu cưỡng bức. Sản phẩm cấp đông dạng block hoặc dạng rời được đặt trong các khay và chất lên các xe cấp đông. Xe cấp đông làm bằng vật liệu inox, có nhiều tầng, khoảng cách giữa các tầng đủ lớn để sau khi xếp các khay sản phẩm vào vẫn còn khoảng hở nhất định để không khí lạnh tuần hoàn đi qua. Không khí lạnh tuần hoàn cưỡng bức trong kho xuyên qua khe hở giữa các khay và trao đổi nhiệt về cả hai phía. Quá trình trao đổi nhiệt ở đây là trao đổi nhiệt đối lưu cưỡng bức, phía trên trao đổi trực tiếp với sản phẩm, phía dưới trao đổi qua khay cấp đông và dẫn nhiệt vào sản phẩm (hình 4-2).

Nhiệt độ không khí trong buồng cấp đông đạt -35°C . Do đó thời gian cấp đông khá nhanh, đối với sản phẩm dạng rời khoảng 3 giờ/mẻ, sản phẩm dạng block khoảng 7÷9 giờ/mẻ.

Dàn lạnh kho cấp đông có thể treo trên cao hoặc đặt dưới nền. Đối với kho công suất lớn, người ta chọn giải pháp đặt nền, vì khối lượng dàn khá nặng. Khi treo trên cao người ta phải làm các giá treo chắc chắn đặt trên trần panel và treo lên các xà nhà.

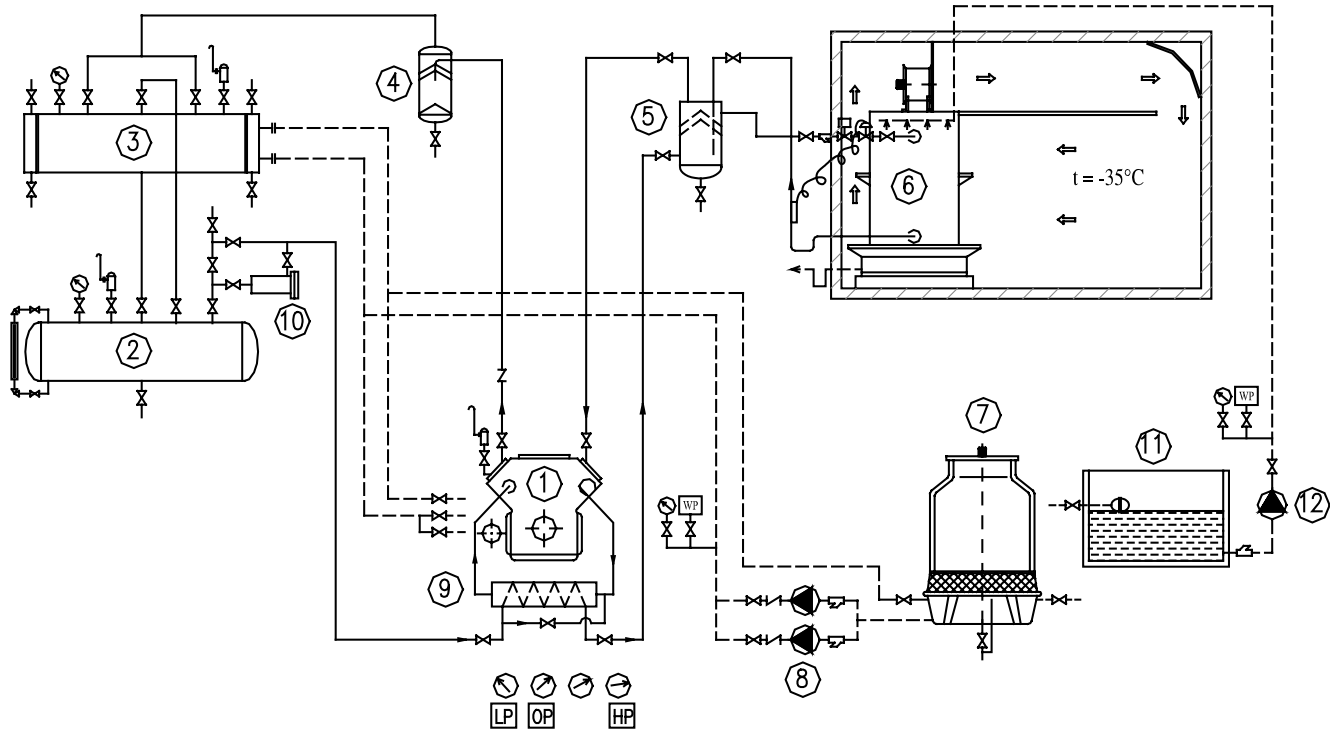
Dàn lạnh kho cấp đông thường bám tuyết rất nhiều, do sản phẩm cấp đông còn tươi và ẩm ướt, nên phải được xả băng thường xuyên. Tuy nhiên không nên lạm dụng xả băng, vì mỗi lần xả băng bao giờ cũng kèm theo tổn thất nhiệt nhất định, đồng thời ngừng làm lạnh nên thời gian xả băng bị kéo dài. Người ta thường chọn giải pháp xả băng bằng nước cho dàn lạnh kho cấp đông.

Sơ đồ nguyên lý hệ thống và cấu tạo các thiết bị sử dụng trong các kho cấp đông tương đối đơn giản, dễ chế tạo.

Kho cấp đông có ưu điểm là khối lượng hàng cấp đông mỗi mẻ lớn. Tuy nhiên, do thời gian cấp đông khá lâu nên kho cấp đông ít được sử dụng.

4.2.1 Sơ đồ nguyên lý

Trên hình 4-1 là sơ đồ nguyên lý kho cấp đông sử dụng môi chất R_{22} .



1- Máy nén; 2- Bình chứa; 3- Bình ngưng; 4- Bình tách dầu; 5- Bình tách lỏng HN; 6- Dàn lạnh; 7- Tháp GN; 8- Bơm nước GN; 9- Bình trung gian; 10- Bộ lọc; 11- Bể nước; 12- Bơm xả băng

Hình 4-1: Sơ đồ hệ thống lạnh kho cấp đông môi chất R_{22}

Hệ thống gồm các thiết bị chính sau đây

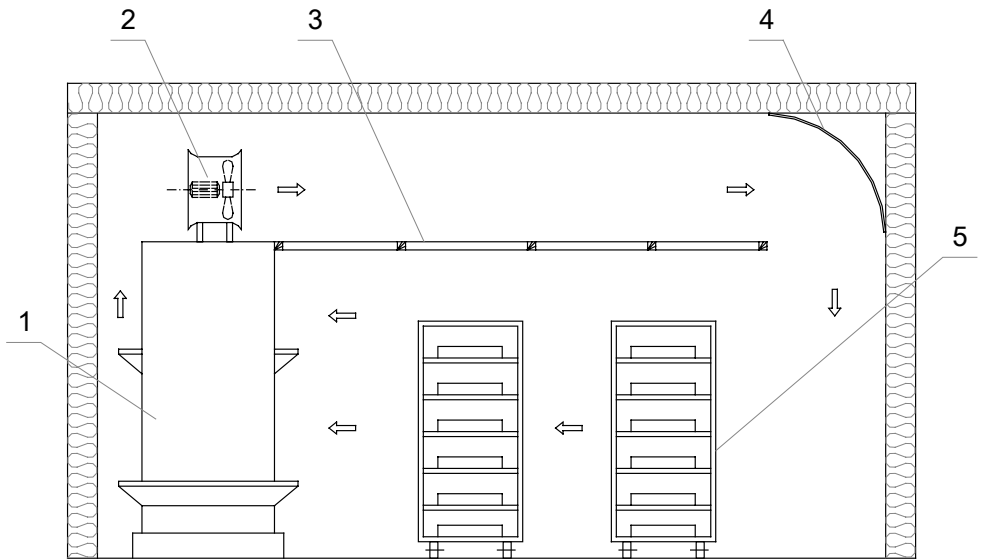
- *Máy nén*: Hệ thống sử dụng máy nén 2 cấp. Các loại máy nén lạnh thường hay được sử dụng là MYCOM, York-Frick, Bitzer, Copeland vv□

- *Bình trung gian*: Đối với hệ thống lạnh 2 cấp sử dụng frêon người ta thường sử dụng bình trung gian kiểu nằm ngang. Bình trung gian kiểu này rất gọn, thuận lợi lắp đặt, vận hành và các thiết bị phụ đi kèm ít hơn.

Đối với hệ thống nhỏ có thể sử dụng bình trung gian kiểu tấm bản của Alfalaval chi phí thấp nhưng rất hiệu quả.

Đối với hệ thống NH₃, người ta sử dụng bình trung gian kiểu đứng với đầy đủ các thiết bị bảo vệ, an toàn.

- *Bình tách lỏng hồi nhiệt*: Trong các hệ thống lạnh thường các thiết bị kết hợp một hay nhiều công dụng. Trong hệ thống frêon người ta sử dụng bình tách lỏng kiêm chức năng hồi nhiệt. Sự kết hợp này thường làm tăng hiệu quả của cả 2 chức năng.



1- Dàn lạnh; 2- Quạt dàn lạnh; 3- Trần giả; 4- Tấm hướng dòng;
5- Xe hàng

Hình 4-2: Bố trí bên trong kho cấp đông

- *Vỏ kho*: Vỏ kho được lắp ghép từ các tấm panel polyurethan, dày 150mm. Riêng nền kho, không sử dụng các tấm panel mà được xây bê

tông có khả năng chịu tải trọng lớn. Nền kho được xây và lót cách nhiệt giống như nền kho xây (xem hình 4-3). Để gió tuần hoàn đều trong kho người ta làm trần giả tạo nên kênh tuần hoàn gió (hình 4-2).

- *Các thiết bị khác:* Ngoài thiết bị đặc biệt đặc trưng cho hệ thống kho cấp đông sử dụng R₂₂, các thiết bị khác như thiết bị ngưng tụ, bình chứa cao áp, tháp giải nhiệt vv.. không có điểm khác đặc biệt nào so với các hệ thống khác.

4.2.2 Kết cấu cách nhiệt và kích thước kho cấp đông

4.2.2.1 Kích thước kho cấp đông

Kích thước kho cấp đông rất khó xác định theo các tính toán thông thường vì bên trong kho cấp đông có bố trí dàn lạnh có kích thước lớn đặt ngay dưới nền, hệ thống trần giả tạo kênh tuần hoàn gió, khoảng hở cần thiết để sửa chữa dàn lạnh. Phần không gian còn lại để bố trí các xe chất hàng. Vì thế dựa vào năng suất để xác định kích thước kho cấp đông khó chính xác.

Kích thước kho cấp đông có thể tính toán theo các bước tính như kho lạnh (chương 2). Tuy nhiên cần lưu ý là đối với kho cấp đông hệ số chất tải nhỏ hơn kho lạnh nhiều.

Để có số liệu tham khảo và tính toán dưới đây chúng tôi giới thiệu kích thước của các kho cấp đông thường hay được sử dụng ở các xí nghiệp đông lạnh ở nước ta.

Cần lưu ý là khi tính theo hệ số chất tải cho ở bảng 4-4 cần nhân với 2 mới có dung tích thực kho cấp đông vì dung tích chứa hàng chỉ chiếm khoảng 50% dung tích kho, phần còn lại để làm trần giả và lắp đặt dàn lạnh.

Bảng 4-4: Kích thước kho cấp đông thực tế

Kho cấp đông	Kích thước ngoài DxRxC (mm)	Dung tích, m ³	Hệ số chất tải g _v , kg/m ³
- Năng suất 500 kg/m ²	4.500 x 2.400 x 2.800	22	46
- Năng suất 2.500 kg/m ²	4.500 x 4.500 x 3.000	48	104
- Năng suất 3.500 kg/m ²	5.400 x 4.500 x 3.000	58	120
- Năng suất 5.000 kg/m ²	5.400 x 5.400 x 3.000	70	140

4.2.2.2 Kết cấu cách nhiệt kho cấp đông

1. Kết cấu cách nhiệt tường, trần

Tường và trần kho cấp đông được lắp ghép từ các tấm panel cách nhiệt polyurethan. Độ dày của tường kho cấp đông là 150mm. Cấu tạo của các tấm panel cũng gồm 3 lớp: Hai bên là lớp tôn mạ màu colorbond dày $0,5 \div 0,6$ mm và ở giữa là polyurethan (bảng 4-5). Các tấm panel cũng được lắp ghép bằng khoá camlock chắc chắn

Bảng 4-5 : Các lớp cách nhiệt panel trần, tường kho cấp đông

TT	Lớp vật liệu	Độ dày	Hệ số dẫn nhiệt
1	Lớp tôn	$0,5 \div 0,6$ mm	45,3
2	Lớp polyurethan	150mm	$0,018 \div 0,020$ W/m.K
3	Lớp tôn	$0,5 \div 0,6$ mm	45,3

2. Kết cấu cách nhiệt nền

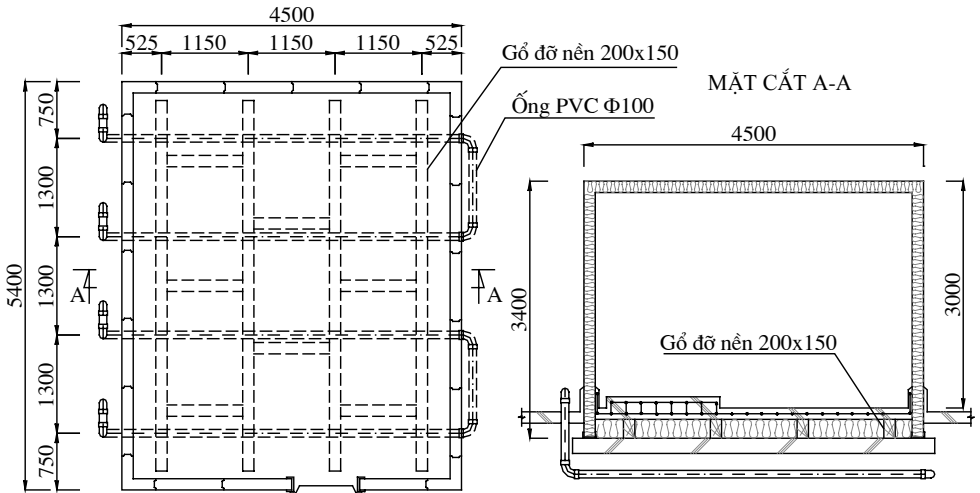
Kết cấu cách nhiệt nền xây của kho cấp đông được trình bày trên hình 4-3 và bảng 4-6. Kết cấu cách nhiệt nền có các đặc điểm sau:

Để tránh hơi nền kho do hiện tượng đông đá phía dưới nền, ngay dưới lớp bê tông dưới cùng có bố trí các ống thông gió. Ống thông gió là các ống PVC $\Phi 100$ đặt cách nhau khoảng 1000mm, đi dích dắc, hai đầu ống đưa lên khỏi nền để gió bên ngoài có thể vào ra ống, nhằm thông gió tránh đóng băng.

Để đỡ lớp bê tông, tải trọng dàn lạnh và xe hàng phía trên tránh đè dẹt lớp cách nhiệt, người ta bố trí xen kẽ trong lớp cách nhiệt các gối gỗ. Gối gỗ được làm từ loại gỗ tốt chống mối mọt và mục do ẩm, thường sử dụng gỗ nhóm 2. Khoảng cách hợp lý của các gối gỗ là $1000 \div 1500$ mm. Phía trên và dưới lớp cách nhiệt là các lớp giấy dầu chống thấm bố trí 2 lớp, các đầu ghép mí được dán kín tránh ẩm thâm nhập làm mất tính chất cách nhiệt lớp vật liệu. Vật liệu cách nhiệt nền có thể là styrofor hoặc polyurethan dày 200mm. Để tránh nước bên trong và ngoài kho có thể chảy xuống các lớp cách nhiệt nền theo các tấm panel tường, sát chân panel tường, phía trong và phía ngoài người ta xây cao một khoảng 100mm.

Bảng 4-6: Các lớp cách nhiệt nền kho cấp đông

STT	Lớp vật liệu	Chiều dày, mm	Hệ số dẫn nhiệt W/m.K
1	Lớp vữa trát nền	10 ÷ 20	0,78
2	Lớp bê tông cốt thép	75÷100	1,28
3	Lớp giấy dầu chống thấm	2	0,175
4	Lớp cách nhiệt	200	0,018 ÷ 0,020
5	Lớp giấy dầu chống thấm	2	0,175
6	Lớp hắc ín quét liên tục	0,1	0,70
7	Lớp bê tông	150 ÷ 200	1,28



Hình 4-3: Kết cấu kho cấp đông 3,5 Tấn/m²

Trước khi lót lớp cách nhiệt, trên bề mặt lớp bê tông nền móng người ta quét một lớp hắc ín liên tục để chống thấm nước từ dưới nền móng lên lớp cách nhiệt.

4.2.3 Tính nhiệt kho cấp đông

Tổn thất nhiệt ở kho cấp đông gồm có:

- Tổn thất nhiệt qua kết cấu bao che.
- Tổn thất nhiệt do làm lạnh sản phẩm, khay cấp đông, xe cấp đông và tổn thất nhiệt do chắm nước cho sản phẩm (dạng block)

- Tổng thất nhiệt do vận hành
 - + Nhiệt do mở cửa
 - + Nhiệt do xả băng
 - + Nhiệt do đèn chiếu sáng
 - + Tổng thất do người vào ra kho.
 - + Nhiệt do động cơ quạt thổi ra

4.2.3.1 Tổng thất do truyền nhiệt qua kết cấu bao che

Tổng thất qua kết cấu bao che được tính theo công thức:

$$Q_1 = Q_{11} + Q_{12}, \text{ W} \quad (4-10)$$

Q_{11} - Tổng thất qua tường, trần, W;

Q_{12} - Tổng thất qua nền, W.

1. Tổng thất qua tường, trần

$$Q_{11} = k.F_t.\Delta t, \text{ W} \quad (4-11)$$

F_t - Diện tích tường và trần, m^2 ;

$$\Delta t = t_{\text{KK}}^{\text{N}} - t_{\text{KK}}^{\text{T}};$$

t_{KK}^{N} - Nhiệt độ không khí bên ngoài tường, $^{\circ}\text{C}$

t_{KK}^{T} - Nhiệt độ không khí bên trong kho cấp đông $t_{\text{KK}}^{\text{T}} = -35^{\circ}\text{C}$

k - Hệ số truyền nhiệt của tường, trần, $\text{W}/\text{m}^2.\text{K}$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (4-12)$$

α_1 - Hệ số toả nhiệt bên ngoài tường, có thể lấy $\alpha_1 = 23,3 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$;

α_2 - Hệ số toả nhiệt bên trong, lấy $\alpha_2 = 10,5 \text{ W}/\text{m}^2.\text{K}$ tương ứng với trường hợp không khí đối lưu cưỡng bức mạnh trong kho.

2. Tổng thất qua nền

Nền kho cấp đông có thông gió nên có thể tính tổng thất nhiệt theo công thức sau đây

$$Q_{12} = k.F.(t_{\text{N}} - t_{\text{KK}}^{\text{T}}), \text{ W} \quad (4-13)$$

F - Diện tích nền, m^2 ;

t_{N} - Nhiệt độ trung bình của nền, $^{\circ}\text{C}$;

t_{KK}^{T} - Nhiệt độ không khí trong kho cấp đông, $t_{\text{KK}}^{\text{T}} = -35^{\circ}\text{C}$;

Hệ số truyền nhiệt k được tính tương tự giống tường.

4.2.3.2 Nhiệt do làm lạnh sản phẩm

Nhiệt do làm lạnh sản phẩm Q_2 gồm:

- Nhiệt do làm lạnh thực phẩm Q_{21} , W;

- Nhiệt do làm lạnh khay cấp đông Q_2 , W;
- Nhiệt do làm lạnh xe cấp đông Q_{23} , W;
- Ngoài ra một số sản phẩm khi cấp đông người ta tiến hành châm thêm nước để mạ 01 lớp băng trên bề mặt làm cho bề mặt phẳng, đẹp, chống ôxi hoá thực phẩm, nên cũng cần tính thêm tổn thất do làm lạnh nước Q_{24}

1. Nhiệt do làm lạnh sản phẩm Q_{21}

Tổn thất nhiệt do sản phẩm mang vào được tính theo công thức sau:

$$Q_{21} = M \cdot \frac{(i_1 - i_2)}{\tau}, W \quad (4-14)$$

M — Khối lượng thực phẩm cấp đông cho một mẻ, kg;

i_1, i_2 - Entanpi của sản phẩm ở nhiệt độ đầu vào và đầu ra, J/kg;

Nhiệt độ sản phẩm đầu vào lấy theo nhiệt độ môi trường. Một số mặt hàng cấp đông trước khi cấp đông đã được làm lạnh ở kho chờ đông, nên có thể lấy nhiệt độ đầu vào $t_1 = 10 \div 12^\circ\text{C}$.

Nhiệt độ trung bình đầu ra của các sản phẩm cấp đông phải đạt -18°C

τ - Thời gian cấp đông của một mẻ. Thời gian cấp đông của các kho cấp đông tùy thuộc và dạng sản phẩm: dạng rời là 3 giờ; dạng block là $7 \div 9$ giờ.

2. Nhiệt do làm lạnh khay cấp đông Q_{22}

Tổn thất nhiệt do khay cấp đông mang vào được xác định:

$$Q_{22} = M_{kh} \cdot \frac{C_p \cdot (t_1 - t_2)}{\tau}, W \quad (4-15)$$

M_{kh} - Tổng khối lượng khay cấp đông, kg;

C_p - Nhiệt dung riêng của vật liệu khay cấp đông, J/kg.K;

+ Vật liệu nhôm: $C_p = 921$ J/kg.K;

+ Tôn tráng kẽm: $C_p = 460$ J/kg.K

t_1, t_2 - Nhiệt độ khay trước và sau cấp đông, $^\circ\text{C}$;

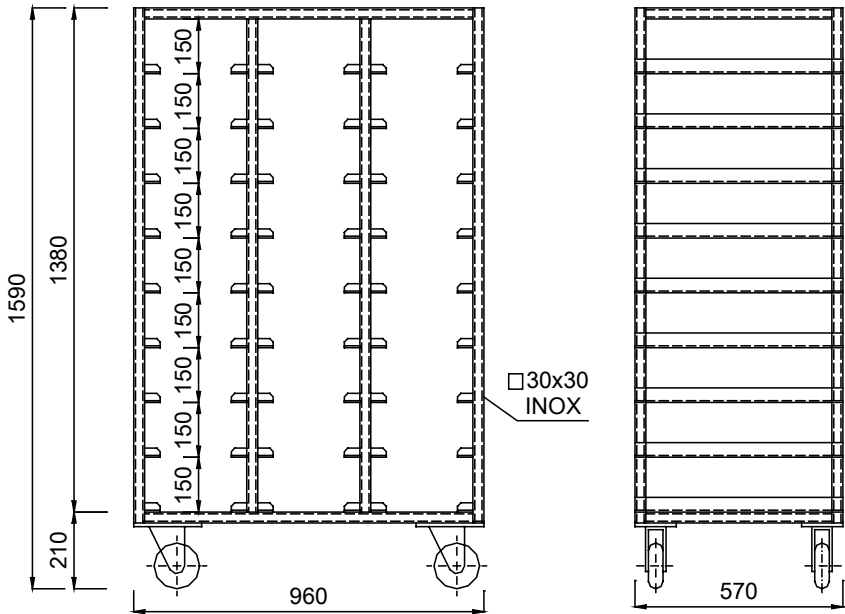
τ - Thời gian cấp đông, giây.

Đối với kho cấp đông, thực phẩm thường được đặt trên các khay cấp đông loại 5kg.

Các đặc tính kỹ thuật của khay 5 kg được dẫn ra trên bảng 4-7.

Bảng 4-7: Thông số kỹ thuật khay cấp đông

STT	Thông số	Giá trị
1	Kích thước	726 x 480 x 50
2	Vật liệu	Nhôm tấm, dày 2mm
3	Khối lượng khay	2,7 kg
4	Khối lượng thực phẩm	5 kg



Hình 4-4: Cấu tạo xe cấp đông

3. Nhiệt do làm lạnh xe cấp đông Q_{23}

Xe cấp đông được chế tạo từ vật liệu inox dùng đỡ các khay cấp đông. Trên hình 4-4 là xe cấp đông loại chứa 125 kg hàng danh định, gồm có 3 ngăn và 9 giá đỡ. Khối lượng của xe là khoảng 40 kg.

$$Q_{23} = M_X \cdot \frac{C_{pX} \cdot (t_1 - t_2)}{\tau}, \text{ W} \quad (4-16)$$

C_{pX} - Nhiệt dung riêng của vật liệu xe cấp đông, J/kg.K. Xe cấp đông làm bằng inox.

M_x - Tổng khối lượng xe chất hàng, kg

$$M_x = n \cdot m_x$$

n — Số lượng xe sử dụng;

m_x — Khối lượng mỗi xe cấp đông, kg;

t_1, t_2 - Nhiệt độ xe trước lúc vào cấp đông và sau khi cấp đông xong, °C.

4. Nhiệt do làm lạnh nước chàm Q_{24}

Chỉ có sản phẩm dạng block mới cần chàm nước. Đối với sản phẩm dạng rời quá trình mạ băng thực hiện sau cấp đông ở bên ngoài, sau đó có thể đưa vào khâu tái đông.

$$Q_{24} = M_n \cdot \frac{q_o}{\tau}, W \quad (4-17)$$

M_n — Tổng khối lượng nước chàm, kg;

Khối lượng nước chàm chiếm khoảng 5% khối lượng hàng cấp đông, thường người ta chàm dày khoảng 0,5÷1,0mm;

τ - Thời gian cấp đông, Giây;

q_o - Nhiệt lượng cần làm lạnh 1 kg nước từ nhiệt độ ban đầu đến khi đông đá hoàn toàn, J/kg.

Nhiệt làm lạnh 1 kg nước từ nhiệt độ ban đầu đến khi đông đá hoàn toàn q_o được xác định theo công thức:

$$q_o = C_{pn} \cdot t_1 + r + C_{pd} \cdot |t_2|, J/kg \quad (4-18)$$

C_{pn} - Nhiệt dung riêng của nước : $C_{pn} = 4186 J/kg.K$;

r - Nhiệt đông đặc : $r = 333600 J/kg$;

C_{pd} - Nhiệt dung riêng của đá : $C_{pd} = 2090 J/kg.K$;

t_1 - Nhiệt độ nước đầu vào, lấy từ nước lạnh chế biến $t = 5 \div 7^\circ C$;

t_2 - Nhiệt độ đá sau cấp đông bằng nhiệt độ trung bình của sản phẩm, tạm lấy : $t_2 = -15 \div -18^\circ C$.

Thay vào ta có:

$$q_o = 4186 \cdot t_1 + 333600 + 2090 \cdot |t_2|, J/kg \quad (4-19)$$

4.2.3.3 Tổn thất nhiệt do vận hành

Tổn thất vận hành bao gồm:

- Tổn thất do mở cửa Q_{31}, W ;
- Tổn thất do xả băng Q_{32}, W ;
- Tổn thất do đèn chiếu sáng Q_{33}, W ;
- Tổn thất do người toả ra Q_{34}, W ;

- Tổn thất do động cơ quạt Q_{35} , W.

$$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} + Q_{33} + Q_{34} + Q_{35}, W \quad (4-20)$$

1. Nhiệt do mở cửa Q_{31}

Trong quá trình vận hành các kho cấp đông, người vận hành trong nhiều trường hợp cần phải mở cửa vào kiểm tra hàng, các thiết bị và chum nước, nên không khí thâm nhập vào phòng gây ra tổn thất nhiệt. Lượng nhiệt do mở cửa rất khó xác định. Có thể xác định lượng nhiệt mở cửa giống như kho lạnh như sau:

$$Q_{31} = B.F, W \quad (4-21)$$

B - dòng nhiệt riêng khi mở cửa, W/m²;

F - diện tích buồng, m².

Dòng nhiệt riêng khi mở cửa phụ thuộc vào diện tích buồng của kho cấp đông được đưa ra ở bảng dưới đây:

Bảng 4-8 Dòng nhiệt riêng do mở cửa

B, W/m ²		
< 50m ²	50÷150m ²	> 150m ²
32	15	12

2. Tổn thất nhiệt do xả băng

Giống như kho lạnh, ở kho cấp đông nhiệt xả băng đại bộ phận làm tan băng ở dàn lạnh và được xả ra ngoài kho, một phần truyền cho không khí trong phòng, kết quả sau khi xả băng, nhiệt độ trong phòng tăng lên đáng kể. Vì vậy cần tính đến tổn thất do xả băng mang vào.

Tổn thất nhiệt do xả băng mang vào được tính theo biểu thức sau:

$$Q_{32} = \frac{Q}{\tau}, W \quad (4-22)$$

Trong đó:

τ - Thời gian cấp đông, giây;

Q_{32} — Tổn thất nhiệt do xả băng mang vào, W;

Q- Tổng nhiệt lượng do xả băng truyền cho không khí có thể tính theo tỷ lệ phần trăm lượng nhiệt xả băng hoặc dựa vào mức độ tăng nhiệt độ trong sau khi xả băng:

$$Q = \rho_{KK} \cdot V \cdot C_p \cdot \Delta t, J \quad (4-23)$$

ρ_{KK} — Khối lượng riêng của không khí, $\rho_{KK} \approx 1,2 \text{ kg/m}^3$;

V- Dung tích kho cấp đông, m³ ;

C_p — Nhiệt dung riêng của không khí, J/kg.K ;

Δt - Độ tăng nhiệt độ không khí trong kho sau xả băng, °C

3. Dòng nhiệt do chiếu sáng buồng Q₃₃

Dòng nhiệt do chiếu sáng có thể tính theo công thức sau:

$$Q_{33} = N \quad (4-24)$$

N - Công suất đèn chiếu sáng, W.

Nếu không có số liệu của đèn chiếu sáng kho cấp đông có thể căn cứ vào mật độ chiếu sáng cần thiết cho kho để xác định công suất đèn.

4. Dòng nhiệt do người tỏa ra Q₃₄

Đối với kho cấp đông, trong quá trình cấp đông rất ít khi có người vận hành ở bên trong kho, tổn thất này có thể bỏ qua. Khi cấp đông các sản phẩm block, người ta có thể tạm dừng để châm nước cho hàng, quá trình này tạo nên một tổn thất nhiệt nhất định.

Dòng nhiệt do người tỏa ra được xác định theo biểu thức:

$$Q_{34} = 350.n, \quad W \quad (4-25)$$

n - số người làm việc trong buồng.

350 - nhiệt lượng do một người thải ra khi làm công việc nặng nhọc: q=350 W/người.

Số người làm việc trong kho cấp đông cỡ 1÷2 người

5. Dòng nhiệt do các động cơ quạt Q₃₅

Dòng nhiệt do các động cơ quạt dàn lạnh có thể xác định theo biểu thức:

$$Q_{35} = 1000.N ; W \quad (4-26)$$

N - công suất động cơ điện, kW.

Các buồng cấp đông có từ 2-4 quạt, công suất của quạt từ 1÷2,2 kW

Khi bố trí động cơ ngoài kho cấp đông tính theo biểu thức:

$$Q_{35} = 1000.N.\eta , \quad W \quad (4-27)$$

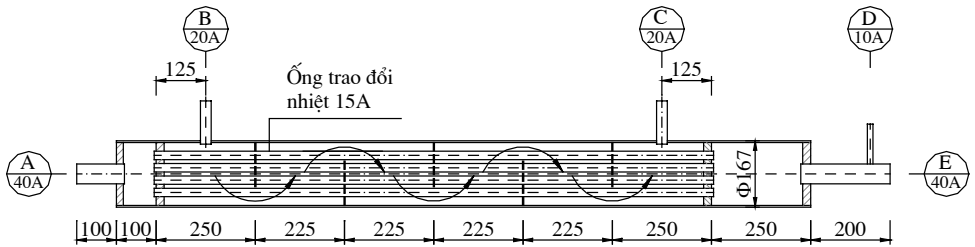
η - hiệu suất động cơ

4.2.4 Cấu tạo một số thiết bị chính

Trong hệ thống lạnh kho cấp đông sử dụng môi chất R₂₂ người ta thường sử dụng bình trung gian kiểu nằm ngang và bình hồi nhiệt tách

lỏng. Dưới đây chúng tôi xin giới thiệu cấu tạo và đặc điểm của các bình đó.

4.2.4.1 Bình trung gian kiểu nằm ngang



A- Môi chất ra; B- Dịch lỏng vào; C- Dịch lỏng ra; D- Ống tiết lưu;
E- ống môi chất vào

Hình 4-5: Bình trung gian kiểu nằm ngang R22

Trên hình 4-5 trình bày cấu tạo bình trung gian kiểu nằm ngang thường sử dụng cho hệ thống R₂₂.

Bình trung gian kiểu nằm ngang có cấu tạo giống bình ngưng nhưng kích thước nhỏ hơn. Trong bình môi chất cuối quá trình nén cấp 1 được đưa vào bên trong ống trao đổi nhiệt, dịch lỏng cao áp đi bên ngoài ống

Các tấm ngăn có tác dụng làm dịch lỏng cao áp đi theo đường dịch đặc để quá trình trao đổi nhiệt đều và hiệu quả hơn.

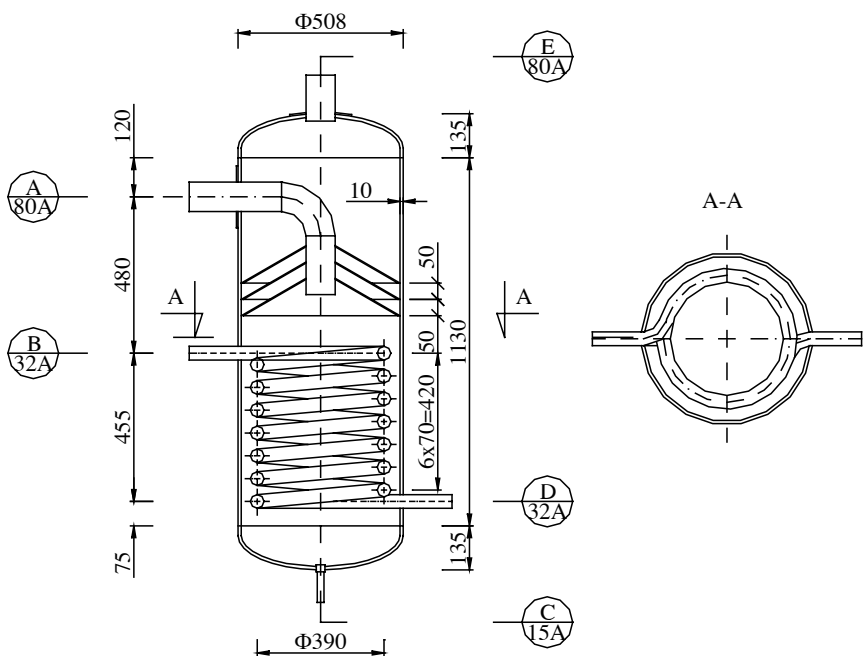
Bình trung gian kiểu nằm ngang có cấu tạo gọn, hiệu quả trao đổi nhiệt cao, giá thành rẻ, các thiết bị phụ đi kèm ít.

4.2.4.2 Bình hồi nhiệt tách lỏng

Bình tách lỏng hồi nhiệt kết hợp 2 chức năng: tách lỏng và hồi nhiệt

- Dòng dịch lỏng từ bình trung gian (hoặc bình chứa cao áp) được đưa qua ống xoắn để quá lạnh.

- Môi chất sau dàn lạnh trước khi được hút về máy nén được đưa vào bình tách lỏng để tách các giọt lỏng còn lại



A- Ga vào; B- Lồng ra; C- Hồi lồng; D- Lồng vào; E- Ga ra
Hình 4-6: Bình tách lỏng hồi nhiệt

4.3 HỆ THỐNG TỦ CẤP ĐÔNG TIẾP XÚC

4.3.1 Cấu tạo tủ cấp đông

Tủ cấp đông tiếp xúc được sử dụng để cấp đông các mặt hàng dạng block. Mỗi block thường có khối lượng 2 kg.

Trên hình 4-7 là cấu tạo của một tủ cấp đông tiếp xúc. Tủ gồm có nhiều tấm lắc cấp đông (freezer plates) bên trong, khoảng cách giữa các tấm có thể điều chỉnh được bằng ben thuỷ lực, thường chuyển dịch từ 50÷105mm. Kích thước chuẩn của các tấm lắc là 2200Lx1250Wx22D (mm). Đối với tủ cấp đông lớn từ 2000 kg/mẻ trở lên, người ta sử dụng các tấm lắc lớn, có kích thước là 2400Lx1250Wx22D (mm). Sản phẩm cấp đông được đặt trong các khay cấp đông sau đó đặt trực tiếp lên các tấm lắc hoặc lên các mâm cấp đông, mỗi mâm có 4 khay. Đặt trực tiếp khay lên các tấm lắc tốt hơn khi có khay vì hạn chế được nhiệt trở dẫn nhiệt. Trên hình 4-10 giới thiệu cách sắp xếp các khay cấp đông trên các tấm lắc.

Ben thuỷ lực nâng hạ các tấm lắc đặt trên tủ cấp đông. Pittông và cần dẫn ben thuỷ lực làm bằng thép không rỉ đảm bảo yêu cầu vệ sinh. Hệ thống có bộ phân phối dầu cho truyền động bơm thuỷ lực.

Khi cấp đông ben thuỷ lực ép các tấm lắc để cho các khay tiếp xúc 2 mặt với tấm lắc. Quá trình trao đổi nhiệt là nhờ dẫn nhiệt. Trong các tấm lắc chứa ngập dịch lỏng ở nhiệt độ âm sâu $-40\div-45^{\circ}\text{C}$.

Theo nguyên lý cấp dịch, hệ thống lạnh tủ cấp đông tiếp xúc có thể chia ra làm các dạng sau:

- Cấp dịch từ bình trống tràn (có chức năng giống bình giữ mức - tách lỏng). Với tủ cấp dịch dạng này, dịch lỏng chuyển dịch dần vào các tấm lắc nhờ chênh lệch cột áp thuỷ tĩnh, nên tốc độ chuyển động chậm và thời gian cấp đông lâu $4\div 6$ giờ/mẻ

- Cấp dịch nhờ bơm dịch. Môi chất chuyển động vào các tấm lắc dưới dạng cưỡng bức do bơm tạo ra nên tốc độ chuyển động lớn, thời gian cấp đông giảm còn 1h30 đến 2h30 phút/mẻ. Hiện nay người ta thường sử dụng cấp dịch dạng này.

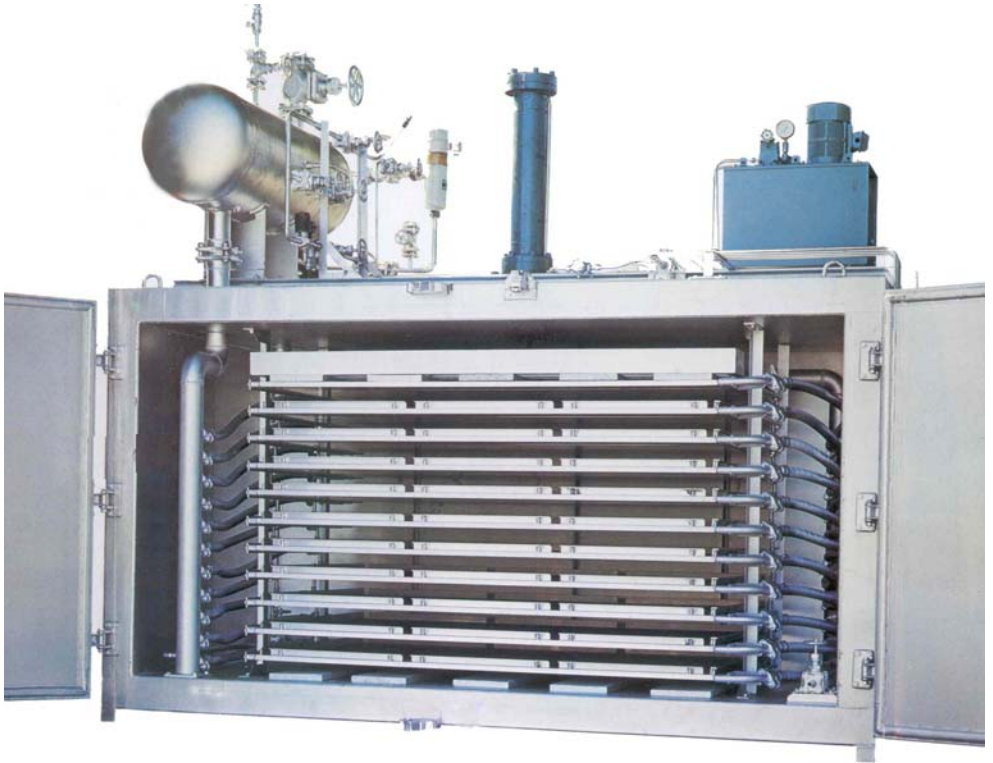
- Ngoài các tủ cấp đông sử dụng các phương pháp cấp dịch nêu trên, vẫn còn có dạng tủ cấp đông cấp dịch bằng tiết lưu trực tiếp. Trong trường hợp này, môi chất bên trong các tấm lắc ở dạng hơi bão hoà ẩm nên hiệu quả truyền nhiệt không cao, khả năng làm lạnh kém, thời gian cấp đông kéo dài.

Phía trên bên trong tủ là cụm ben vừa là giá nâng các tấm lắc và là tấm ép khi ben ép các tấm lắc xuống. Để các tấm lắc không di chuyển qua lại khi chuyển động, trên mỗi tấm lắc có gắn các tấm định hướng, các tấm này luôn tựa lên thanh định hướng trong quá trình chuyển động. Bên trong tủ còn có ống góp cấp lỏng và hơi ra. Do các tấm lắc luôn di chuyển nên, đường ống môi chất nối từ các ống góp vào các tấm lắc là các ống nối mềm bằng cao su chịu áp lực cao, bên ngoài có lưới inox bảo vệ.

Trên tủ cấp đông người ta đặt bình trống tràn, hệ thống máy nén thuỷ lực của ben và nhiều thiết bị phụ khác.

Khung sườn vỏ tủ được chế tạo từ thép chịu lực và gỗ để tránh cầu nhiệt. Để tăng tuổi thọ cho gỗ người ta sử dụng loại gỗ satimex có tấm dầu.

Vật liệu bên trong tủ làm bằng thép không gỉ, đảm bảo điều kiện vệ sinh thực phẩm.



Hình 4-7: Tủ cấp đông tiếp xúc

Vỏ tủ có hai bộ cánh cửa ở hai phía: bộ 4 cánh và bộ 2 cánh, cách nhiệt polyurethan dày 125÷150mm, hai mặt bọc inox dày 0,6mm.

Tấm lắc trao đổi nhiệt làm từ nhôm đúc có độ bền cơ học và chống ăn mòn cao, tiếp xúc 2 mặt. Tủ có trang bị nhiệt kế để theo dõi nhiệt độ bên trong tủ trong quá trình vận hành.

Thông số kỹ thuật của tủ như sau:

- Kiểu cấp đông : Tiếp xúc trực tiếp, 2 mặt
- Sản phẩm cấp đông : Thịt, thủy sản các loại
- Nhiệt độ sản phẩm đầu vào: +10°C ÷ 12°C
- Nhiệt độ trung bình sản phẩm sau cấp đông : -18°C

- Nhiệt độ tâm sản phẩm sau cấp đông : -12°C
- Thời gian cấp đông
 - + Cấp dịch từ bình trống tràn : $4 \div 6$ giờ
 - + Cấp dịch bằng bơm : $1,5 \div 2,5$ giờ
 - + Cấp dịch bằng tiết lưu trực tiếp : $7 \div 9$ giờ
- Khay cấp đông : Loại 2 kg
- Nhiệt độ chườm nước : $3 \div 6^{\circ}\text{C}$
- Môi chất lạnh $\text{NH}_3/\text{R}22$.

4.3.2 Sơ đồ nguyên lý hệ thống lạnh

4.3.2.1 Sơ đồ nguyên lý tủ cấp đông cấp dịch từ bình trống tràn

Trên hình 4-8 và 4-9 là sơ đồ nguyên lý tủ cấp đông tiếp xúc sử dụng môi chất NH_3 và R_{22} cấp dịch từ bình trống tràn. Nguyên lý cấp dịch dựa trên cột áp thủy tĩnh.

Theo sơ đồ này, môi chất được tiết lưu vào một bình gọi là bình trống tràn. Bình trống tràn thực chất là bình giữ mức — tách lỏng, có 2 nhiệm vụ:

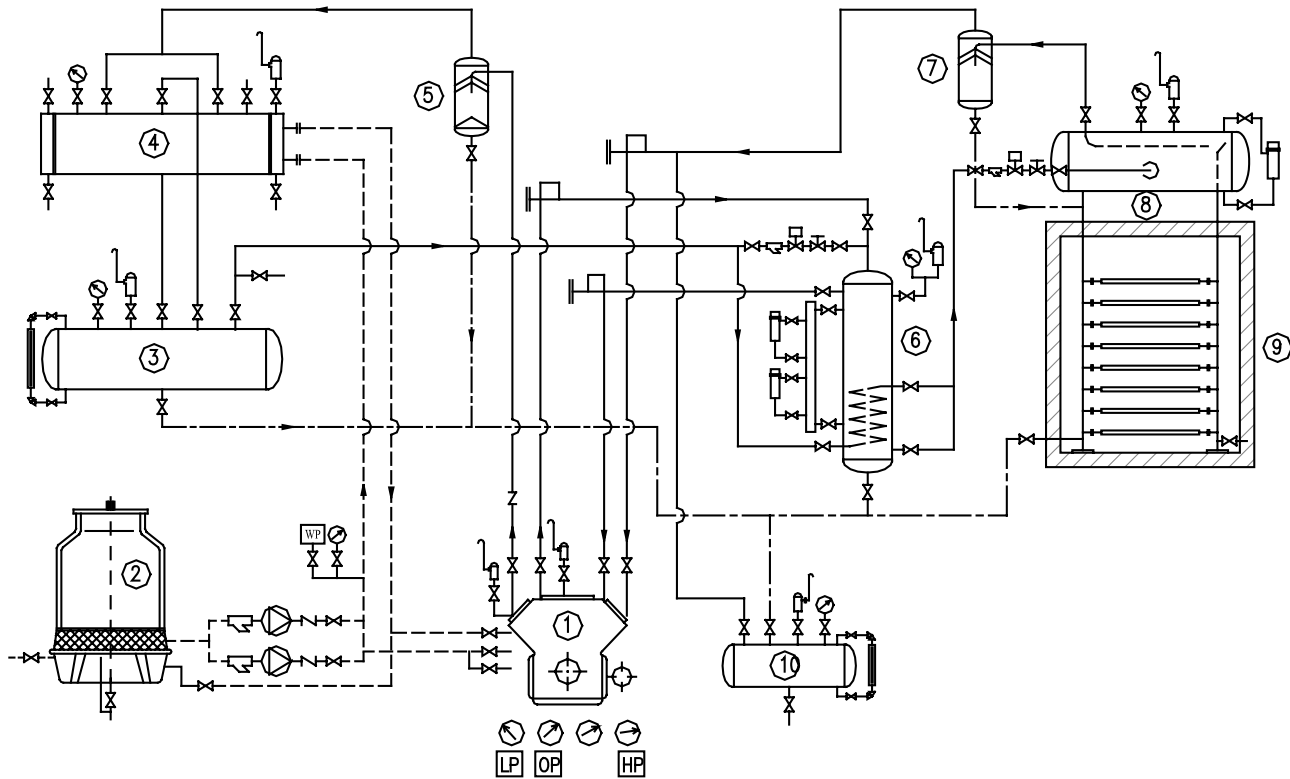
- Chứa dịch ở nhiệt độ thấp để cấp cho các tấm lắc. Bình phải đảm bảo duy trì trong các tấm lắc luôn luôn ngập đầy dịch lỏng, như vậy hiệu quả trao đổi nhiệt khá cao.

- Tách lỏng môi chất hút về máy nén, tránh không gây ngập lỏng máy nén. Để đảm bảo không hút lỏng về máy nén trên bình trống tràn có trang bị van phao duy trì mức lỏng, khi mức lỏng vượt quá mức cho phép thì van phao tác động ngắt điện van điện từ cấp dịch vào bình trống tràn. Ngoài ra trong bình còn có thể có các tấm chắn đóng vai trò như các nón chắn trong bình tách lỏng để tránh hút ẩm về máy nén.

Van tiết lưu sử dụng cho bình trung gian và bình trống tràn trong hệ thống này là van tiết lưu tay.

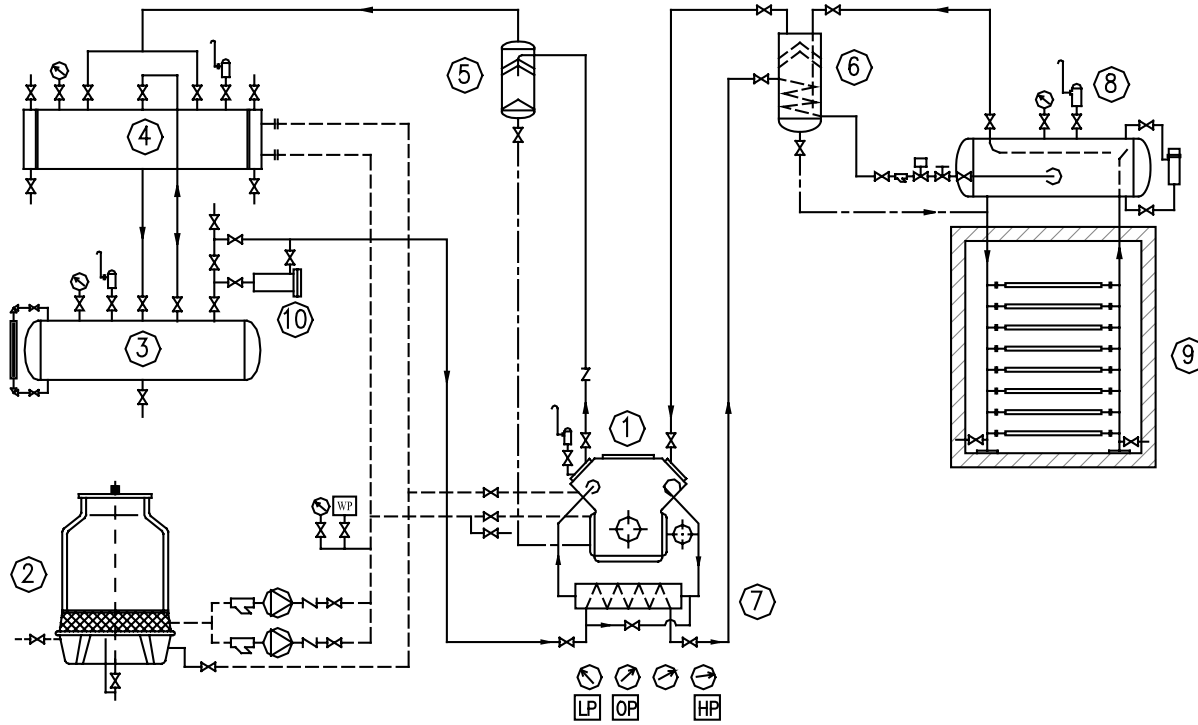
Về môi chất lạnh, có thể sử dụng R_{22} hoặc NH_3 , ngày nay người ta có thiên hướng sử dụng NH_3 vì R_{22} là hợp chất HCFCs sẽ bị cấm do phá huỷ tầng ôzôn và gây hiệu ứng nhà kính trong tương lai.

Tủ cấp đông tiếp xúc là một trong những thiết bị không thể thiếu được của nhà máy chế biến thủy sản và thực phẩm xuất khẩu.



1- Máy nén; 2- Tháp giải nhiệt; 3- Bình chứa cao áp; 4- Bình ngưng; 5- Bình tách dầu; 6- Bình trung gian;
7- Bình tách lỏng; 8- Bình trống tràn; 9- Tủ cấp đông; 10- Bình thu hồi dầu

Hình 4-8: Sơ đồ nguyên lý tủ cấp đông NH₃ cấp dịch từ bình trống tràn



1- Máy nén; 2- Tháp giải nhiệt; 3- Bình chứa cao áp; 4- Bình ngưng; 5- Bình tách dầu; 6- Bình tách lỏng hồi nhiệt; 7- Bình trung gian; 8- Bình trống tràn; 9- Tủ cấp đông; 10- Bộ lọc ẩm môi chất

Hình 4-9: Sơ đồ nguyên lý tủ cấp đông R₂₂ cấp dịch từ bình trống tràn

Tủ cấp đông hoạt động theo nguyên lý cấp dịch từ bình trống tràn, trước đây sử dụng rất rộng rãi do hệ thống thiết bị đơn giản, dễ vận hành, chi phí đầu tư ít hơn so với cấp dịch bằng bơm nhưng do tốc độ môi chất chuyển động bên trong các tấm lắc chậm nên thời gian cấp đông tương đối dài từ 4÷6 giờ/mẻ.

Hiện nay, trước yêu cầu về vệ sinh thực phẩm đòi hỏi phải hạn chế thời gian cấp đông nên người ta ít sử dụng sơ đồ kiểu này, mà chuyển sang sử dụng sơ đồ cấp dịch bằng bơm

4.3.2.2 Sơ đồ nguyên lý tủ cấp đông cấp dịch nhờ bơm

Trên hình 4-10 là sơ đồ nguyên lý hệ thống tủ cấp đông tiếp xúc sử dụng bơm cấp dịch. Theo sơ đồ này, dịch lỏng được bơm bơm thẳng vào các tấm lắc nên tốc độ chuyển động bên trong rất cao, hiệu quả truyền nhiệt tăng lên rõ rệt, do đó giảm đáng kể thời gian cấp đông. Thời gian cấp đông chỉ còn khoảng 1 giờ 30' ÷ 2 giờ 30'.

Tuy nhiên hệ thống bắt buộc phải trang bị bình chứa hạ áp. Bình chứa hạ áp đóng vai trò rất quan trọng, cụ thể:

- Chứa dịch để cung cấp ổn định cho bơm hoạt động.
- Đảm nhiệm chức năng tách lỏng: Do dịch chuyển động qua các tấm lắc là cưỡng bức nên ở đầu ra các tấm lắc vẫn còn một lượng lớn lỏng chưa bay hơi, nếu đưa trực tiếp về đầu hút máy nén sẽ rất nguy hiểm, đưa vào các bình tách lỏng nhỏ thì không có khả năng tách hết vì lượng lỏng quá lớn. Vì thế chỉ có bình chứa hạ áp mới có khả năng tách hết lượng lỏng này.

Bình chứa hạ áp có dung tích khá lớn, tương đương bình chứa cao áp, được bọc cách nhiệt polyurethan dày khoảng 200mm, bên ngoài bọc inox thẩm mỹ. Bình được bảo vệ bằng: 03 van phao, van an toàn. Nhiệm vụ của các van phao như sau:

- Van phao trên cùng, bảo vệ mức dịch cực đại, ngăn ngừa hút lỏng về máy nén. Khi mức dịch trong bình đạt đến mức cực đại, van phao này tác động đóng van điện từ cấp dịch vào bình trống tràn.
- Van phao giữa, bảo vệ mức dịch trung bình, tác động mở van điện từ cấp dịch cho bình.
- Van phao dưới cùng bảo vệ mức dịch thấp, đây là mức dịch sự cố. Khi dịch lỏng quá thấp, sẽ tác động dừng bơm, tránh bơm làm việc không có dịch.

Bình trung gian kiểu đặt đứng của tủ cấp đông được bảo vệ bằng 02 van phao, 01 van an toàn. Nhiệm vụ của các van phao như sau:

- Van phao trên, bảo vệ mức lỏng cực đại, ngăn ngừa hút ẩm về máy nén cao áp. Khi mức lỏng dâng lên cao, van phao sẽ tác động đóng van điện từ cấp dịch vào bình.

- Van phao dưới, bảo vệ mức dịch cực tiểu: Khi mức dịch trong bình quá thấp, không đủ ngập ống xoắn ruột gà, nên hiệu quả làm lạnh ống xoắn kém, trong trường hợp này van phao sẽ tác động mở van điện từ cấp dịch cho bình.

4.3.3 Cấu tạo và kích thước tủ cấp đông

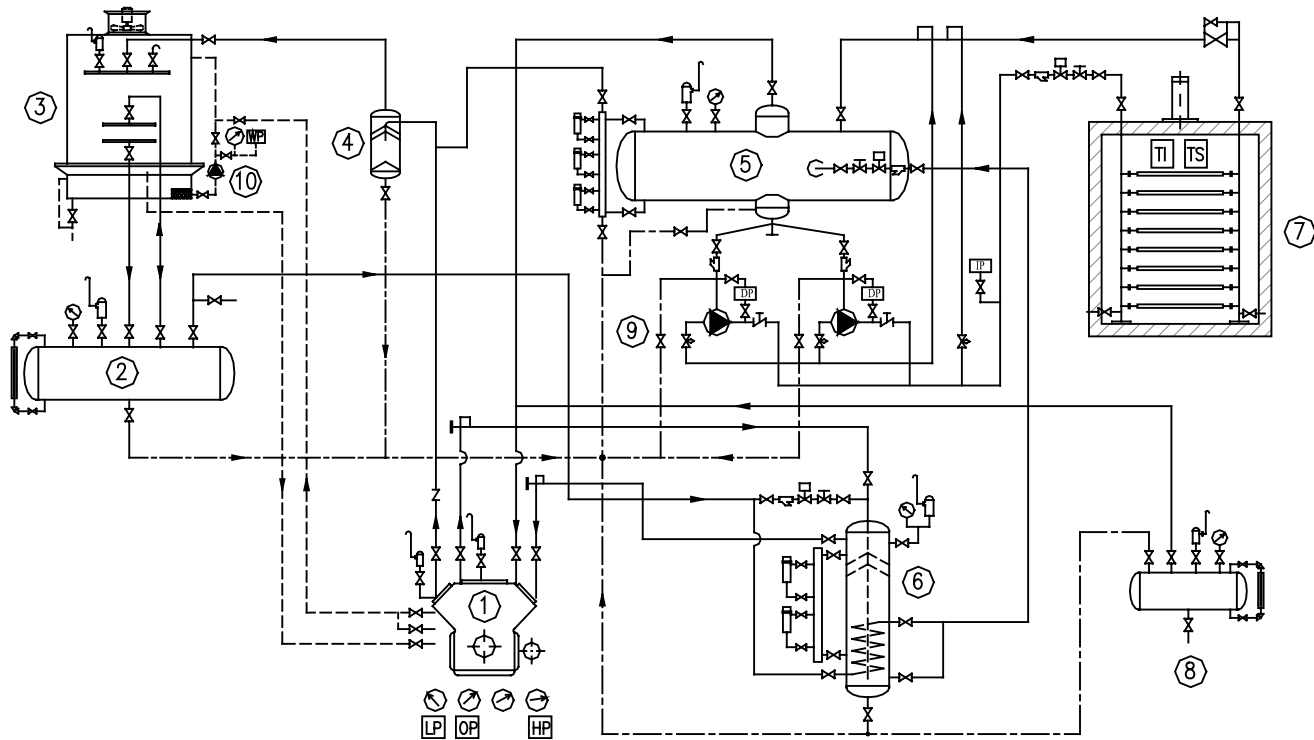
4.3.3.1 Cấu cách nhiệt vỏ tủ cấp đông

Cấu tạo của vỏ tủ cấp đông gồm các lớp như sau: Lớp cách nhiệt Polyurethan dày 150mm, được chế tạo theo phương pháp rót ngập, có mật độ 40-42 kg/m³, có hệ số dẫn nhiệt $\lambda=0,018 \div 0,020$ W/m.K, có độ đồng đều và độ bám cao, hai mặt trong và ngoài của vỏ tủ được bọc bằng inox dày 0,6mm.

Ngoài ra bên trong vỏ tủ là hệ thống khung chịu lực làm bằng thép có mạ kẽm và các thanh gỗ chống tạo cầu nhiệt.

Bảng 4-9: Các lớp cách nhiệt tủ cấp đông

TT	Lớp vật liệu	Độ dày mm	Hệ số dẫn nhiệt W/m.K
1	Lớp inox	0,5 ÷ 0,6	22
2	Lớp polyurethan - Vách tủ - Cửa tủ	150 125	0,018÷0,020
3	Lớp inox	0,5 ÷ 0,6	22



1- Máy nén; 2- Bình chứa cao áp; 3- Dàn ngưng; 4-Bình tách dầu; 5- Bình chứa hạ áp; 6- Bình trung gian;
7- Tủ cấp đông; 8 - Bình thu hồi dầu; 9 -Bơm dịch; 10- Bơm nước giải nhiệt

Hình 4-10: Sơ đồ nguyên lý tủ cấp đông NH₃, cấp dịch bằng bơm

4.3.3.2 Xác định kích thước tủ cấp đông

Kích thước của tủ cấp đông được xác định căn cứ vào kích thước và số lượng tấm lắ, các khoảng hở cần thiết ở bên trong về các phía của các tấm lắ.

1. Kích thước, số lượng khay và các tấm lắ cấp đông

Khi cấp đông các mặt hàng thuỷ sản và thịt, thường được sắp xếp trên các khay cấp đông tiêu chuẩn loại 2 kg.

- Kích thước khay cấp đông tiêu chuẩn đó như sau:

+ Đáy trên : 290 x 210

+ Đáy dưới : 280 x 200

+ Cao : 70mm

- Kích thước tấm lắ cấp đông

+ 2200 x 1250 x 22 mm

- Số khay trên 01 tấm lắ, được bố trí trên hình: 36 Khay (xem hình 4-11)

- Khối lượng hàng trên 01 tấm lắ

$$36 \times 2 \text{ kg} = 72 \text{ kg}$$

- Khối lượng trên 01 tấm lắ kể cả nước chấ (khối lượng danh định)

$$m = 72 / 70\% = 103 \text{ kg}$$

- Số lượng tấm lắ có chứa hàng

$$N_1 = \frac{M}{m} = \frac{M}{103}$$

M - Khối lượng hàng nhập cho 01 mẻ (khối lượng danh định), kg

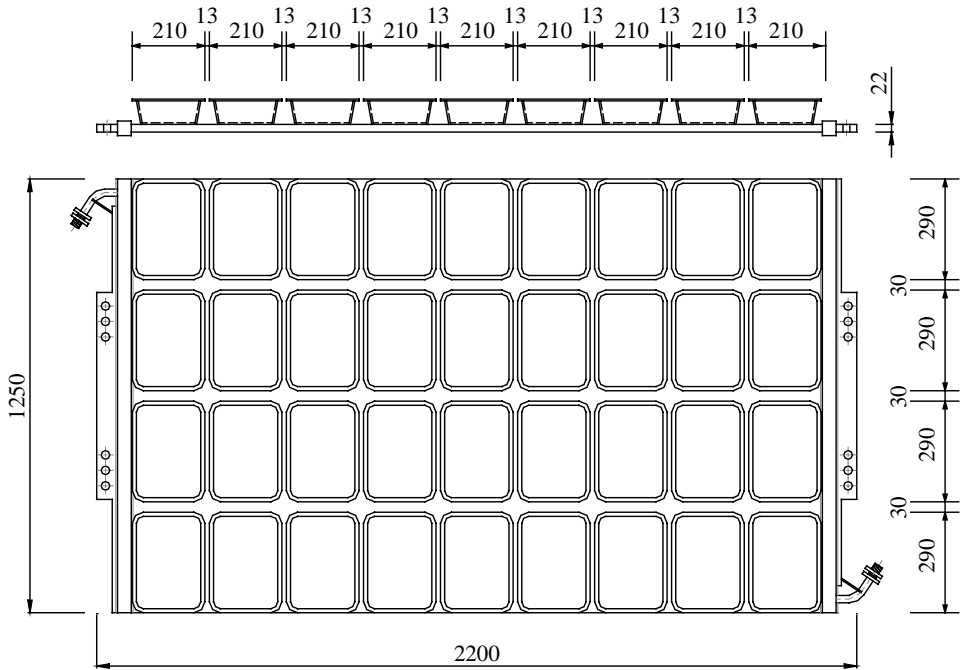
- Số lượng tấm lắ

$$N = N_1 + 1$$

Bảng 4-10 dưới đây là số lượng tấm lắ thực tế của các tủ cấp đông loại 2200x1250x22mm.

Bảng 4-10: Số lượng các tấm lắ

STT	Năng suất tủ	Số tấm lắ
1	- Tủ 500 kg/mẻ	6 Tấm
2	- Tủ 750 kg/mẻ	9 Tấm
3	- Tủ 1000 kg/mẻ	11 Tấm
4	- Tủ 1500 kg/mẻ	16 Tấm
5	- Tủ 2000 kg/mẻ	21 Tấm



Hình 4-11: Bố trí khay cấp đông trên tấm lắt

Với tủ 2000 kg/mẻ trở lên nếu sử dụng các tấm lắt lớn loại 2400Lx1250Wx22D mm thì kích thước của tủ cũng sẽ khác.

2. Kích thước tủ cấp đông tiếp xúc

Kích thước tủ cấp đông được xác định dựa vào kích thước và số lượng các tấm lắt

a. Xác định chiều dài bên trong tủ

- Chiều dài các tấm lắt: $l_1 = 2200$ mm
- Chiều dài bên trong tủ cấp đông bằng chiều dài của tấm lắt cộng với khoảng hở hai đầu.

Khoảng hở 02 đầu các tấm lắt vừa đủ để lắp đặt các ống góp, không gian lắp đặt và co giãn các ống mềm và lắp các ống dẫn hướng các tấm lắt. Khoảng hở đó là 400mm. Vậy chiều dài trong của tủ là:

$$L_1 = 2200 + 2 \times 400 = 3000 \text{ mm}$$

$$\text{Chiều dài phủ bì : } L = L_1 + 300 = 3300 \text{ mm}$$

b. Xác định chiều rộng bên trong tủ

Chiều rộng bên trong tủ bằng chiều rộng của các tấm lắc cộng thêm khoảng hở 2 bên $\delta = 125\text{mm}$

$$W_1 = 1250 + 2 \times 125 = 1500\text{mm}$$

Khi lắp các cánh cửa tủ, một phần 45mm cánh lọt vào bên trong tủ và phần còn lại 80mm nhô ra ngoài, vì vậy, kích thước bề rộng phủ bì là:

$$W = W_1 + 2 \times 80\text{mm} = 1660\text{mm}$$

c. Xác định chiều cao bên trong tủ

Khoảng cách cực đại giữa các tấm lắc $h_{\max} = 105\text{mm}$

Chiều cao bên trong tủ:

$$H_1 = N_1 \times 105 + h_1 + h_2$$

N_1 - Số tấm lắc chứa hàng: $N_1 = N - 1$

h_1 - Khoảng hở phía dưới cùng các tấm lắc: $h_1 = 100\text{mm}$

h_2 - Khoảng hở phía trên: $h_2 = 400 \div 450\text{mm}$

Chiều dày cách nhiệt của các tủ cấp đông là 150mm. Vì vậy kích thước bên ngoài và bên trong của tủ cấp đông được xác định theo bảng dưới đây :

Bảng 4-11: Thông số của tủ cấp đông thực tế

Tủ cấp đông	Công suất ben, kw	Số tấm lắc N	Kích thước DxRxH (mm)	
			Bên trong	Bên ngoài
- Tủ 500 kg/m ³	0,75	6	3000x1500x1075	3300x1660x1375
- Tủ 750 kg/m ³	0,75	9	3000x1500x1390	3300x1660x1690
- Tủ 1000 kg/m ³	0,75	11	3000x1500x1600	3300x1660x1900
- Tủ 1500 kg/m ³	1,5	16	3000x1500x2125	3300x1660x2425
- Tủ 2000 kg/m ³	1,5	21	3000x1500x2650	3300x1660x2950

4.3.4 Tính nhiệt tủ cấp đông

Tổn thất nhiệt trong tủ cấp đông gồm có:

- Tổn thất nhiệt qua kết cấu bao che
- Nhiệt do làm lạnh sản phẩm, khay cấp đông và do nước chাম mang vào
- Nhiệt làm lạnh các thiết bị trong tủ.

4.3.4.1 Tổn thất do truyền nhiệt qua kết cấu bao che

Kết cấu bao che của tủ gồm có vách tủ và cửa tủ. Do chiều dày cách nhiệt vách tủ và cửa tủ khác nhau nên cần phải phân biệt tổn thất Q_1 ra hai thành phần: Vách tủ và vỏ tủ. Trong trường hợp tổng quát:

$$Q_1 = [k_v \cdot F_v + k_c \cdot F_c] \cdot \Delta t, \text{ W} \quad (4-28)$$

F_v, F_c - Diện tích bề mặt vách và cửa, m^2 ;

$$\Delta t = t_{KK}^N - t_{KK}^T;$$

t_{KK}^N - Nhiệt độ không khí bên ngoài tường, $^{\circ}C$;

t_{KK}^T - Nhiệt độ không khí bên trong kho cấp đông $t_1 = -35^{\circ}C$

k_v, k_c - Hệ số truyền nhiệt qua vách và cửa tủ, $W/m^2.K$.

Bảng 4-12: Diện tích xung quanh của tủ cấp đông

Tủ cấp đông	Diện tích tường, trần, nền tủ (m^2)	Diện tích cửa tủ (m^2)
- Tủ 500 kg/m ³	16	9
- Tủ 750 kg/m ³	18	11
- Tủ 1000 kg/m ³	19	14
- Tủ 1500 kg/m ³	20	16
- Tủ 2000 kg/m ³	22	19

k - Hệ số truyền nhiệt của vách và cửa tủ được xác định theo công thức:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (4-29)$$

α_1 - Hệ số toả nhiệt bên ngoài tường $\alpha_1 = 23,3 \text{ W/m}^2.K$

α_2 - Hệ số toả nhiệt đối lưu tự nhiên bên trong tủ, lấy $\alpha_2 = 8 \text{ W/m}^2.K$.

4.3.4.2 Tổn thất do sản phẩm mang vào

Tổn thất Q_2 gồm:

- Tổn thất do sản phẩm mang vào Q_{21}
- Tổn thất làm lạnh khay cấp đông Q_{22} .
- Tổn thất do châm nước Q_{23}

1. Tổn thất do làm lạnh sản phẩm

Tổn thất nhiệt do làm lạnh sản phẩm được tính theo công thức sau:

$$Q_{21} = M \cdot \frac{(i_1 - i_2)}{\tau}, W \quad (4-30)$$

M — Khối lượng sản phẩm của một mẻ cấp đông, kg;

i_1, i_2 - Entanpi của sản phẩm ở nhiệt độ đầu vào và đầu ra của sản phẩm, J/kg;

Nhiệt độ sản phẩm đầu vào lấy 10÷12 °C do sản phẩm đã được làm lạnh ở kho chờ đông.

Nhiệt độ trung bình đầu ra của các sản phẩm cấp đông phải đạt -18°C

τ - Thời gian cấp đông của một mẻ, giây. Thời gian cấp đông của tủ phụ thuộc phương pháp cấp dịch: Cấp dịch từ bình trống tràn $\tau=4\div5$ giờ, cấp dịch bằng bơm $\tau=1,5\div2,5$ giờ

2. Tổn thất do làm lạnh khay cấp đông

$$Q_{22} = M_{kh} \cdot \frac{C_p \cdot (t_1 - t_2)}{\tau}, W \quad (4-31)$$

M_{kh} - Tổng khối lượng khay cấp đông, kg;

C_p - Nhiệt dung riêng của vật liệu khay cấp đông, J/kg.K;

t_1, t_2 - Nhiệt độ khay trước và sau cấp đông, °C;

Khay dùng cho tủ cấp đông là loại khay 2kg.

3. Tổn thất do hâm nước

Tổn thất do hâm nước được tính theo công thức sau đây:

$$Q_{23} = M_n \cdot \frac{q_o}{\tau}, W \quad (4-32)$$

M_n - Khối lượng nước hâm, kg

Khối lượng nước hâm chiếm khoảng 5% khối lượng hàng cấp đông, thường người ta hâm dày khoảng 0,5÷1,0mm.

q_o - Nhiệt lượng cần làm lạnh 1 kg nước từ nhiệt độ ban đầu $t = 5\div7^\circ\text{C}$ đến nhiệt độ sau cùng của sản phẩm $t_2 = -15\div-18^\circ\text{C}$, J/kg

4.3.4.3 Tổn thất do làm lạnh các thiết bị trong tủ

Đặc điểm làm việc của tủ cấp đông đông tiếp xúc là theo từng mẻ, khác với kho lạnh làm việc lâu dài. Vì thế trước mỗi mẻ cấp đông các thiết bị trong tủ có nhiệt độ khác lớn, khi cấp đông, một lượng nhiệt đáng kể tiêu hao để làm lạnh các thiết bị đó. Nhiệt làm lạnh các thiết bị trong tủ rất khó xác định vì các thiết bị trong tủ đa dạng, gồm nhiều vật liệu khác nhau, khối lượng thường khó xác định chính xác.

Ngoài các tấm lắc làm bằng vật liệu nhôm đúc, còn có hệ thống cùm các tấm lắc, các thanh dẫn hướng, các ống góp môi chất bằng thép.

$$Q_3 = \frac{\sum m_i \cdot C_{pi} \cdot \Delta t}{\tau}, \text{ W} \quad (4-33)$$

m_i — Khối lượng thiết bị thứ i , kg;

C_{pi} — Nhiệt dung riêng của thiết bị thứ i , J/kg.K;

Δt - Độ chênh nhiệt độ của các thiết bị trong tủ trước và sau cấp đông, °K;

τ - Thời gian làm việc của một mẻ cấp đông, giây.

4.3.5 Cấu tạo một số thiết bị chính

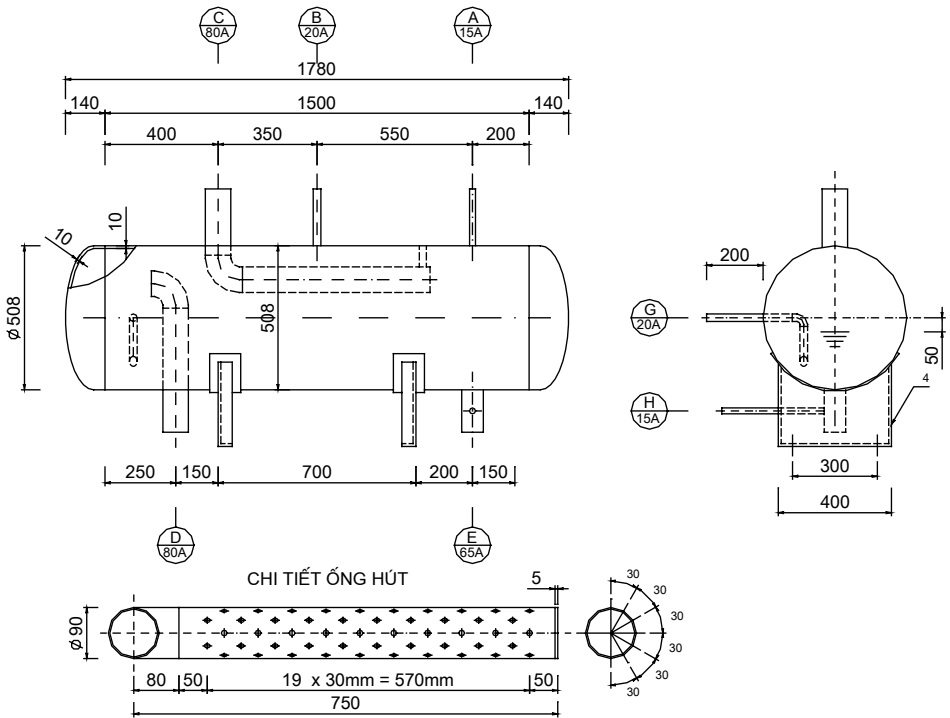
* Bình trống tràn

Trên hình 4-12 trình bày cấu tạo của bình trống tràn thường hay sử dụng cho các tủ cấp đông tiếp xúc.

Bình trống tràn về thực chất là bình giữ mức — tách lỏng được sử dụng để giữ mức dịch trong các tấm lắc và tách lỏng môi chất về máy nén.

Bình có cấu tạo dạng trụ, đặt nằm ngang, phía dưới có ống lỏng ra để đến các tấm lắc và ống hơi từ các tấm lắc vào bình. Ống hơi vào bình được đưa lên phía trên bề mặt thoáng của lỏng trong bình để tạo nên vòng tuần hoàn tự nhiên của môi chất lạnh lỏng. Ống hơi ra bình về máy nén được uốn cong và bố trí có 01 đoạn nằm ngang dọc phía trên khoang hơi thân bình. Trên đoạn nằm ngang đó người ta khoan các lỗ nhỏ $\Phi 10$ để hút hơi ở phần trên của ống, nhằm tránh hút ẩm. Ống cấp dịch sục vào cột lỏng để quá lạnh khối lỏng trong bình một cách nhanh chóng. Bình thường trang bị 01 van phao nhằm khống chế mức dịch cực đại bảo vệ máy nén khỏi bị hút ẩm. Khi lắp đặt, bình

trống tròn được lắp ở ngay trên nóc tủ vừa thuận lợi lắp đặt vừa dễ đi đường ống.



A- Ống lắp van phao; B- Ống lắp van an toàn và áp kế; C- Ống môi chất về máy nén; D- Ống môi chất vào bình; E- Ống lỏng ra; G- Ống cấp dịch vào; H- Ống lắp van phao

Hình 4-12: Cấu tạo bình trống tròn

4.4 HỆ THỐNG TỦ CẤP ĐÔNG GIÓ

Tủ cấp đông gió được sử dụng để cấp đông các sản phẩm đông rời với khối lượng nhỏ, được trang bị cho các xí nghiệp nhỏ và trung bình. Năng suất chủ yếu từ 200 đến 500 kg/h. Trong trường hợp khối lượng nhiều, người ta chuyển sang cấp đông dạng có băng chuyên I.Q.F. Thiết bị chính của hệ thống là tủ đông làm lạnh nhờ gió cưỡng bức. Cấu tạo và hình dáng bề ngoài tương tự tủ đông tiếp xúc. Bên trong tủ có các cụm dàn lạnh, quạt gió, hệ thống giá đặt các khay chứa hàng cấp đông. Các sản phẩm dạng rời như tôm, cá phi lê vv□ được đặt trên

khay với một lớp mỏng, được làm lạnh nhờ gió tuần hoàn với tốc độ lớn, nhiệt độ rất thấp, khoảng -35°C , do đó thời gian làm lạnh ngắn.

Phương pháp cấp dịch cho tủ đông gió là từ bình trống tràn theo kiểu ngập dịch.

4.4.1 Sơ đồ nguyên lý hệ thống

Trên hình 4-13 là sơ đồ nguyên lý hệ thống lạnh tủ đông gió sử dụng môi chất NH_3 . Đặc điểm của sơ đồ như sau:

- Cấp dịch: Phương pháp cấp dịch, ngập lỏng từ bình trống tràn
- Xả băng: bằng nước nhờ hệ thống bơm riêng.
- Kiểu cấp đông : đông gió cưỡng bức
- Nhiệt độ sản phẩm vào cấp đông: $+ 10 \div 12^{\circ}\text{C}$
- Nhiệt độ trung bình của sản phẩm sau cấp đông: $- 18^{\circ}\text{C}$
- Nhiệt độ tâm của sản phẩm sau cấp đông: $- 12^{\circ}\text{C}$
- Thời gian cấp đông : $1 \div 2$ giờ/mẻ (tùy theo sản phẩm)
- Sản phẩm cấp đông : Dạng rời của tôm, cá qua chế biến
- Số ngăn cấp đông: 2, 4, 6 hoặc 8 ngăn. Mỗi ngăn chứa khoảng 50 hoặc 62,5 kg.

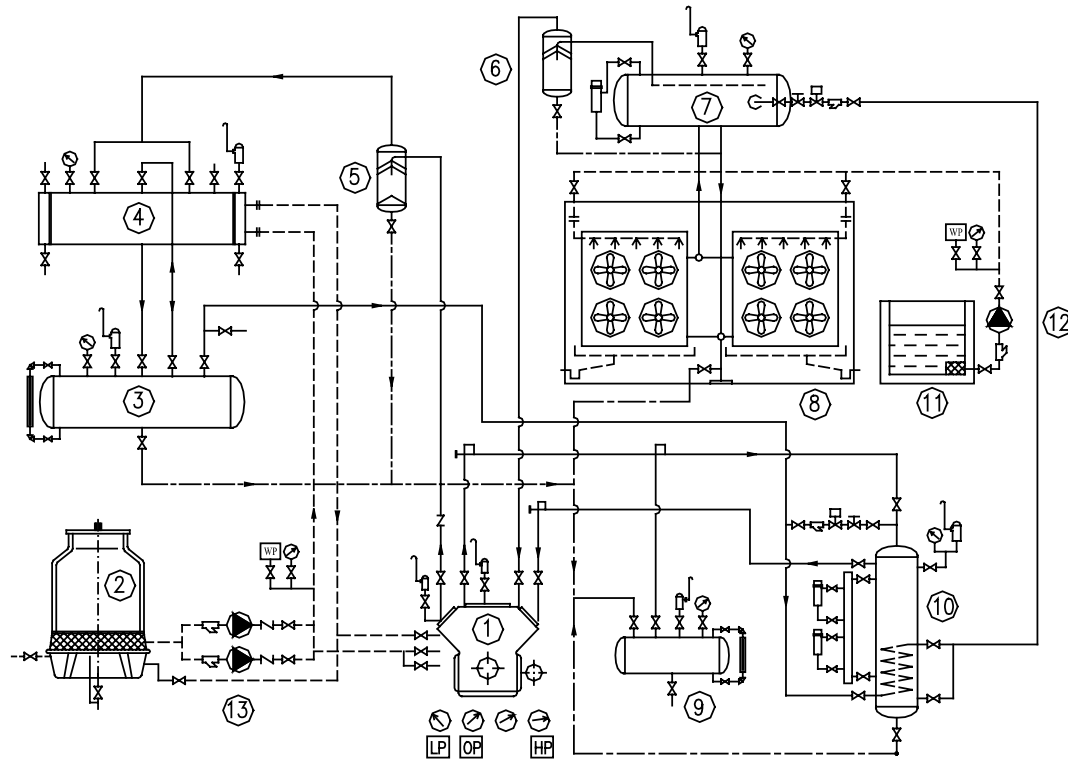
Dưới đây là công suất và số ngăn tương ứng

Bảng 4-13: Số lượng vách ngăn các tủ đông gió

Số ngăn	2		4		6	8
Công suất, kg/h	100	125	200	250	300	400

Tủ dụng tủ đông gió là một giải pháp rất kinh tế dùng cấp đông các sản phẩm đông lạnh rời cho các doanh nghiệp nhỏ và vừa vì chi phí đầu tư bé vận hành tiện lợi, có thể chạy với số lượng hàng nhỏ và rất nhỏ.

Chỉ trong trường hợp doanh nghiệp có vốn lớn, sản lượng khai thác và chế biến nhiều thì mới cần đến các dây chuyền cấp đông I.Q.F.



1- Máy nén; 2- Tháp giải nhiệt; 3- Bình chứa; 4- Bình ngưng; 5- Bình tách dầu; 6- Bình tách lỏng; 7 — Bình trống tràn; 8- Tủ đồng gió; 9- Bình thu hồi dầu; 10- Bình trung gian; 11- Bể nước xả băng; 12- Bơm xả băng; 13- Bơm giải nhiệt

Hình 4-13: Sơ đồ nguyên lý tủ đồng gió

4.4.2 Kết cấu và đặc tính kỹ thuật tủ đông gió

Tủ đông gió có cấu tạo dạng tủ chắc chắn, có thể dễ dàng vận chuyển đi nơi khác khi cần. Tủ có cấu tạo như sau:

- *Vỏ tủ*: Cách nhiệt vỏ tủ bằng polyurethan dày 150mm, có mật độ khoảng $40 \div 42 \text{ kg/m}^3$, hệ số dẫn nhiệt $\lambda = 0,018 \div 0,020 \text{ W/m.K}$. Các lớp bao bọc bên trong và bên ngoài vỏ tủ là inox dày 0,6mm

Tủ có 02 buồng, có khả năng hoạt động độc lập, mỗi buồng có 02 cánh cửa cách nhiệt, kiểu bản lề, mỗi cánh tương ứng mở vào một ngăn tủ. Kích thước của cánh tủ là 800W x 1900H x 125T (mm). Hai mặt các cánh tủ là 2 inox dày 0,6mm. Cánh tủ có trang bị điện trở sấy chống đóng băng, bản lề, tay khoá bằng inox, roăn làm kín có khả năng chịu lạnh cao.

Khung vỏ tủ được gia công từ thép chịu lực, mạ kẽm và gỗ chống cầu nhiệt tại các vị trí cần thiết

- *Dàn lạnh*: Có 1 hoặc 2 dàn lạnh hoạt động độc lập. Dàn lạnh có ống, cánh tản nhiệt và vỏ là thép nhúng kẽm nóng hoặc bằng inox. Dàn lạnh được thiết kế để sử dụng cho môi chất NH₃. Dàn lạnh đặt trên sàn tủ, xả băng bằng nước. Hệ thống đường ống xả băng, máng hứng nước là thép mạ kẽm. Mô tơ quạt là loại chống ẩm ướt, cánh quạt loại hướng trục, có lồng bảo vệ chắc chắn. Lồng quạt và máng hứng nước có trang bị điện trở chống đóng băng.

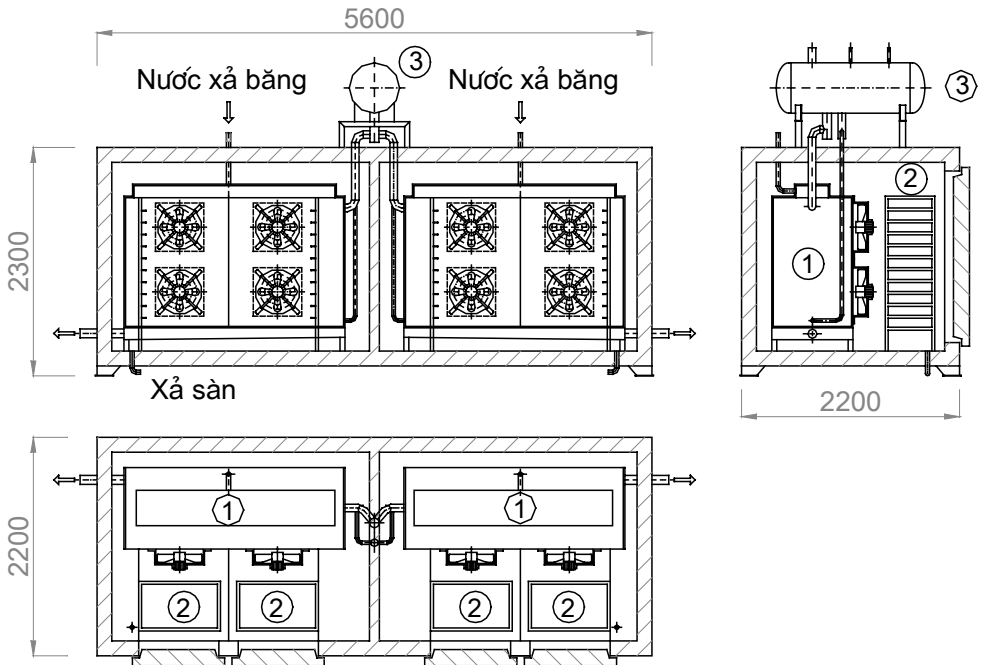
- *Giá đỡ khay cấp đông*: Mỗi ngăn có 01 giá đỡ khay cấp đông, giá có nhiều tầng để đặt khay cấp đông, khoảng cách giữa các tầng hợp lý để đưa khay cấp đông vào ra và lưu thông gió trong quá trình chạy máy.

- *Khay cấp đông*: Khay được chế tạo bằng inox dày 2mm, có đục lỗ trên bề mặt để không khí tuần hoàn dễ dàng. Khối lượng hàng trong mỗi khay tùy thuộc vào công suất của tủ mà chọn sao cho hợp lý.

Bảng 4-14: Thông số kỹ thuật tủ đông gió

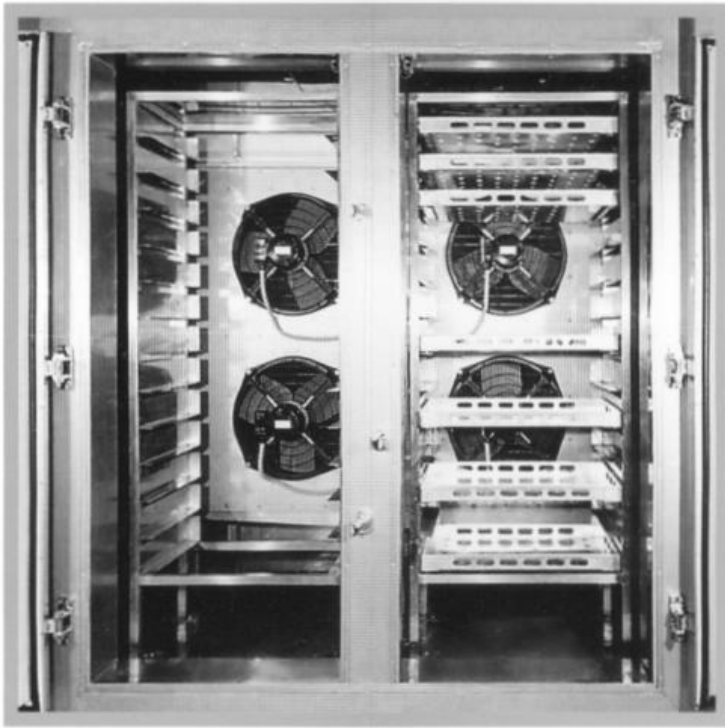
Năng suất cấp đông (kg/giờ)		100	200	300	400
Nhiệt độ sản phẩm vào/ra		+10 / -18°C			
Kích thước (mm)	Rộng	2750	5450	8190	10865
	Sâu	1975	1975	1975	1975
	Cao	2300	2300	2300	2300

	Cách nhiệt	Polyurethan dày 125/150mm			
Cửa	Vỏ bọc	Inox, dày 0,6mm			
	Kích thước	800W x 1900H x 125T			
	Số lượng	2	4	6	8
	Số bản lề	Inox			
Kệ đựng hàng	Kích thước	730L x 510W x 1900H			
	Số lượng	2	4	6	8
	Số tầng	25	50	75	100
	Bước kệ	70			
Khay	Kích thước	750L x 500W x 60H			
	Số khay	25	50	75	100
	Vật liệu	Nhôm			



1- Dàn lạnh 2- Giá xếp khay sản phẩm 3- Bình trữ tràn

Hình 4-14: Cấu tạo tủ đông gió 250 kg/m³



Hình 4-15 Cấu tạo bên trong tủ đông gió

4.4.3 Tính nhiệt tủ đông gió

Tổn thất nhiệt trong tủ cấp đông gồm có:

- Tổn thất nhiệt qua kết cấu bao che
- Nhiệt do làm lạnh sản phẩm, khay cấp đông, giá khay cấp đông và các thiết bị trong tủ.
- Tổn thất do xả băng
- Tổn thất do động cơ quạt

4.4.3.1 Tổn thất do truyền nhiệt qua kết cấu bao che

Kết cấu bao che của tủ gồm có vách tủ và cửa tủ. Do chiều dày cách nhiệt vách tủ và cửa tủ khác nhau nên cần phải phân biệt tổn thất Q_1 ra hai thành phần: Vách tủ và vỏ tủ. Trong trường hợp tổng quát:

$$Q_1 = [k_v \cdot F_v + k_c \cdot F_c] \cdot \Delta t \quad (4-34)$$

F_v, F_c - Diện tích bề mặt vách và cửa, m^2 ;

$$\Delta t = t_{KK}^N - t_{KK}^T;$$

t_{KK}^N - Nhiệt độ không khí bên ngoài tường, $^{\circ}C$;

t_{KK}^T - Nhiệt độ không khí bên trong kho cấp đông $t_1 = -35^{\circ}C$;

k_v, k_c - Hệ số truyền nhiệt qua vách và cửa tủ, $W/m^2.K$;

Hệ số truyền nhiệt của vách và cửa tủ được xác định theo công thức

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}, W \quad (4-35)$$

α_1 - Hệ số toả nhiệt bên ngoài tường $\alpha_1 = 23,3 W/m^2.K$;

α_2 - Hệ số toả nhiệt đối lưu cưỡng bức mạnh bên trong tủ, lấy $\alpha_2 = 10,5 W/m^2.K$;

Các lớp vật liệu của panel tường, trần

Bảng 4-15: Các lớp cách nhiệt tủ đông gió

TT	Lớp vật liệu	Độ dày mm	Hệ số dẫn nhiệt W/m.K
1	Lớp tôn	0,5 ÷ 0,6	45,3
2	Lớp polyurethan - Vách tủ - Cửa tủ	150 125	0,018 ÷ 0,020
3	Lớp tôn	0,5 ÷ 0,6	45,3

4.4.3.2 Tổn thất do làm lạnh sản phẩm.

Tổn thất Q_2 gồm:

- Tổn thất do sản phẩm mang vào Q_{21}
- Tổn thất do làm lạnh khay và giá cấp đông Q_{22} .
- Tổn thất do làm lạnh các thiết bị trong tủ Q_{24}

1. Tổn thất do làm lạnh sản phẩm.

Tổn thất nhiệt do làm lạnh sản phẩm được tính theo công thức sau:

$$Q_{21} = M \cdot \frac{(i_1 - i_2)}{\tau}, W \quad (4-36)$$

M — Khối lượng hàng trong một mẻ, kg;

i_1, i_2 - Entanpi của sản phẩm ở nhiệt độ đầu vào và đầu ra, J/kg;

Sản phẩm đã qua chờ đông lấy nhiệt độ đầu vào $t_1 = 10\div 12^\circ\text{C}$. Nhiệt độ trung bình đầu ra của các sản phẩm cấp đông phải đạt -18°C
 τ - Thời gian cấp đông của một mẻ, Giây/mẻ. Thời gian cấp đông nằm trong khoảng từ $1,5\div 2,5$ giờ tùy thuộc vào loại sản phẩm.

2. Tổn thất do làm lạnh khay

Tổn thất nhiệt do làm lạnh khay cấp đông được xác định theo công thức:

$$Q_{22} = M_{kh} \cdot \frac{C_p \cdot (t_1 - t_2)}{\tau}, \text{ W} \quad (4-37)$$

M_{kh} - Tổng khối lượng khay cấp đông, kg;

C_p - Nhiệt dung riêng của vật liệu khay cấp đông, J/kg.K;

t_1, t_2 - Nhiệt độ khay trước và sau cấp đông, $^\circ\text{C}$;

Đối với tủ đông gió thường sử dụng khay cấp đông loại 5kg với các thông số giống như ở kho cấp đông.

3. Tổn thất do làm lạnh các thiết bị trong tủ

Cũng như tủ cấp đông tiếp xúc, khi tính nhiệt tủ đông gió cần tính tổn thất nhiệt do làm lạnh các thiết bị bên trong tủ. Tổn thất đó được tính như sau :

$$Q_{23} = \frac{\sum m_i \cdot C_{pi} \cdot \Delta t}{\tau}, \text{ W} \quad (4-38)$$

m_i — Khối lượng thiết bị thứ i , kg;

C_{pi} — Nhiệt dung riêng của thiết bị thứ i , J/kg.K;

Δt - độ chênh nhiệt độ trước và sau cấp đông, $^\circ\text{K}$;

τ - Thời gian làm việc của một mẻ cấp đông, giây.

4.4.3.3. Tổn thất xả băng Q_3

Giống như các hệ thống lạnh có xả băng khác, tủ đông gió sau khi xả băng nhiệt độ tăng khá lớn, tức là có một phần nhiệt xả băng đã truyền cho không khí trong phòng, gây nên tổn thất.

Tổn thất nhiệt do xả băng được xác định theo công thức:

$$Q_3 = \frac{Q}{\tau}, \text{ W} \quad (4-39)$$

Trong đó:

Q_3 — Công suất nhiệt do xả băng mang vào, W;

τ - Thời gian cấp đông, giây;

Q — Lượng nhiệt do xả băng truyền không khí trong phòng (mỗi mẻ chỉ có tối đa 01 lần xả băng), cũng được tính theo hai phương pháp: theo tỷ lệ phần trăm nhiệt xả băng và theo mức độ tăng nhiệt độ không khí trong phòng. Trong trường hợp tính theo mức tăng nhiệt độ không khí trong buồng:

$$Q = \rho_{KK} \cdot V \cdot C_{PK} \cdot \Delta t \quad (4-40)$$

ρ_{KK} — Khối lượng riêng của không khí, $\rho_{KK} \approx 1,2 \text{ kg/m}^3$;

V - Dung tích tủ đông gió, m^3 ;

C_{PK} — Nhiệt dung riêng của không khí, J/kg.K ;

Δt - Độ tăng nhiệt độ không khí trong tủ sau xả băng, $^{\circ}\text{C}$.

4.4.3.4 Tổn thất do động cơ quạt

Dòng nhiệt do các động cơ quạt dàn lạnh có thể xác định theo biểu thức:

$$Q_4 = 1000 \cdot n \cdot N ; W \quad (4-41)$$

N - Công suất động cơ điện, kW;

n - Số quạt của tủ đông gió.

Thường các dàn lạnh của tủ đông gió mỗi ngăn có 02 quạt. Quạt có 2 buồng, có tất cả 8 quạt. Công suất mỗi quạt nằm trong khoảng $0,75 \div 1,5 \text{ kW}$

4.5 HỆ THỐNG CẤP ĐÔNG I.Q.F

4.5.1 Khái niệm và phân loại

Hệ thống lạnh I.Q.F được viết tắt từ chữ tiếng Anh Individual Quickly Freezer, nghĩa là hệ thống cấp đông nhanh các sản phẩm rời.

Một trong những điểm đặc biệt của hệ thống I.Q.F là các sản phẩm được đặt trên các băng chuyên, chuyển động với tốc độ chậm, trong quá trình đó nó tiếp xúc với không khí lạnh nhiệt độ thấp và nhiệt độ hạ xuống rất nhanh.

Buồng cấp đông kiểu I.Q.F chuyên sử dụng để cấp đông các sản phẩm dạng rời. Tốc độ băng tải di chuyển có thể điều chỉnh được tùy thuộc vào loại sản phẩm và yêu cầu công nghệ. Trong quá trình di chuyển trên băng chuyên sản phẩm tiếp xúc với không khí đối lưu cưỡng bức với tốc độ lớn, nhiệt độ thấp $-35 \div -43^{\circ}\text{C}$ và hạ nhiệt độ rất

nhanh. Vỏ bao che buồng cấp đông là các tấm cách nhiệt polyurethan, hai mặt bọc inox.

Buồng cấp đông I.Q.F có 3 dạng chính sau đây:

- Buồng cấp đông có băng chuyên kiểu xoắn : Spiral I.Q.F
- Buồng cấp đông có băng chuyên kiểu thẳng : Straight I.Q.F
- Buồng cấp đông có băng chuyên siêu tốc : Impingement I.Q.F

Đi đôi với buồng cấp đông các hệ thống còn được trang bị thêm các băng chuyên khác như băng chuyên hấp, băng chuyên làm nguội, băng làm khô, băng chuyên mạ băng, và buồng tái đông.

4.5.2 Hệ thống cấp đông I.Q.F với buồng cấp đông có băng tải dạng xoắn

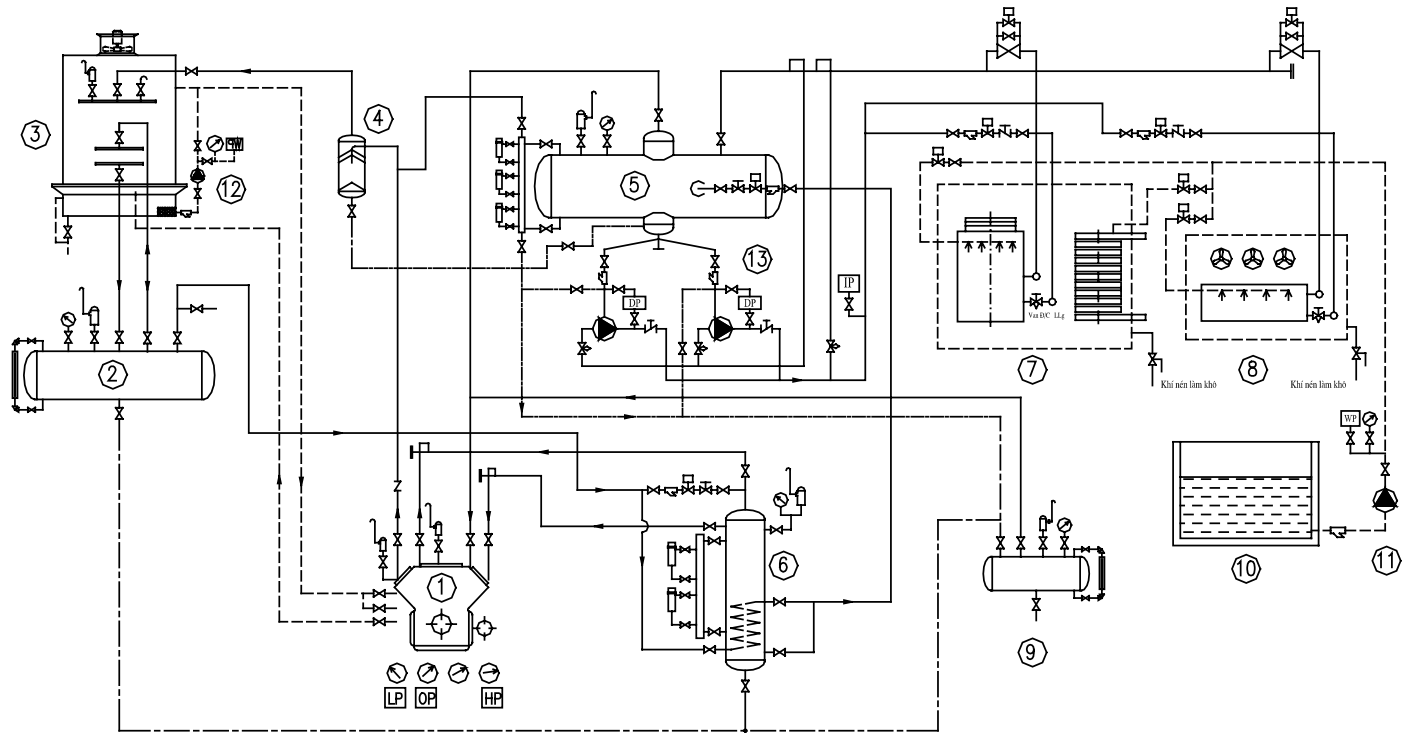
4.5.2.1 Sơ đồ nguyên lý

Trên hình 4-16 giới thiệu sơ đồ nguyên lý hệ thống cấp đông IQF, có băng chuyên cấp đông dạng xoắn, sử dụng môi chất NH₃.

Hệ thống cấp đông với buồng cấp đông có băng tải dạng xoắn yêu cầu công suất lạnh tương đối lớn, thời gian đông lạnh ngắn nên thường sử dụng phương pháp cấp dịch bằng bơm.

Thiết bị đi kèm băng chuyên cấp đông là băng chuyên tái đông. Người ta thường sử dụng nước để xả băng cho các dàn lạnh của băng chuyên cấp đông và tái đông. Để làm khô băng chuyên người ta sử dụng khí nén.

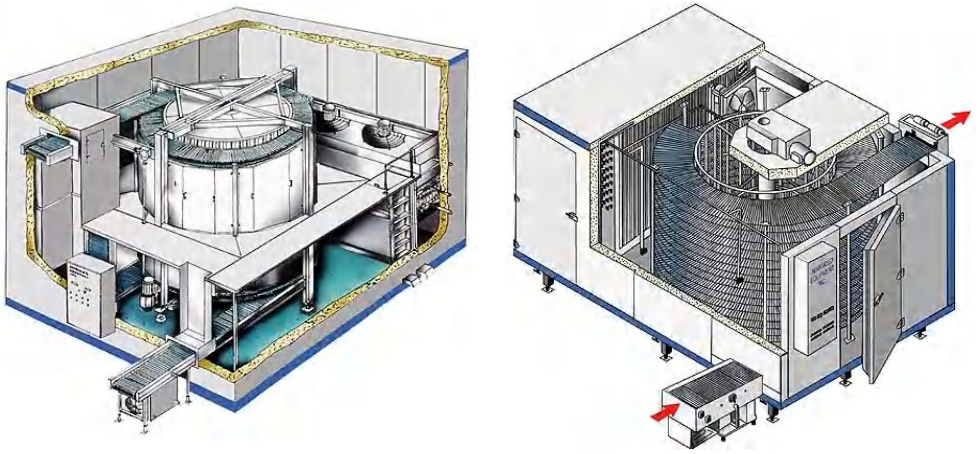
Các thiết bị khác bao gồm: Bình chứa cao áp, hạ áp, thiết bị ngưng tụ, bình tách dầu, bình trung gian, bình thu hồi dầu, bơm dịch, bơm nước giải nhiệt, xả băng và bể nước xả băng.



1- Máy nén; 2- Bình chứa; 3- Dàn ngưng; 4- Bình tách dầu; 5- Bình chứa hạ áp; 6 — Bình trung gian; 7- Buồng đông IQF; 8- Buồng tái đông; 9- Bình thu hồi dầu; 10- Bể nước xả băng; 11- Bơm xả băng; 12- Bơm giải nhiệt; 13- Bơm dịch

Hình 4-16: Sơ đồ nguyên lý hệ thống cấp đông I.Q.F dạng xoắn

4.5.2.2 Kết cấu buồng cấp đông I.Q.F dạng xoắn



Hình 4-17: Buồng cấp đông dạng xoắn

Trên hình 4-17 là cấu tạo của buồng cấp đông I.Q.F dạng xoắn. Buồng có cấu tạo dạng khối hộp, các tấm vách là tấm cách nhiệt polyurethan dày 150mm, tỷ trọng 40 kg/m^3 , hai mặt inox. Bên trong bố trí một băng tải vận chuyển sản phẩm cấp đông đi theo dạng xoắn lò xo từ dưới lên trên. Dàn lạnh không khí đối lưu cưỡng bức với tốc độ cao và nhiệt độ rất thấp, đạt $-40 \div -30^\circ\text{C}$.

Buồng cấp đông với băng tải kiểu xoắn có cấu tạo nhỏ gọn, nên tổn thất lạnh không lớn, hiệu quả làm lạnh cao và không gian lắp đặt bé. Tuy nhiên việc chế tạo, vận hành và sửa chữa khá phức tạp, nhất là cách bố trí băng tải.

Buồng có 04 cửa ra vào ở hai phía rất tiện lợi cho việc kiểm tra, vệ sinh và bảo trì bảo dưỡng. Nền buồng được gia cố thêm lớp nhôm để làm sàn và máng thoát nước, nhôm đúc có gân dạng chân chim chống trượt dày 3mm.

Băng tải hàng làm bằng vật liệu inox hoặc nhựa đặc biệt, có thể điều chỉnh chuyển động nhanh chậm vô cấp nhờ bộ biến tần điện tử (Inverter) tương ứng kích cỡ sản phẩm khác nhau.

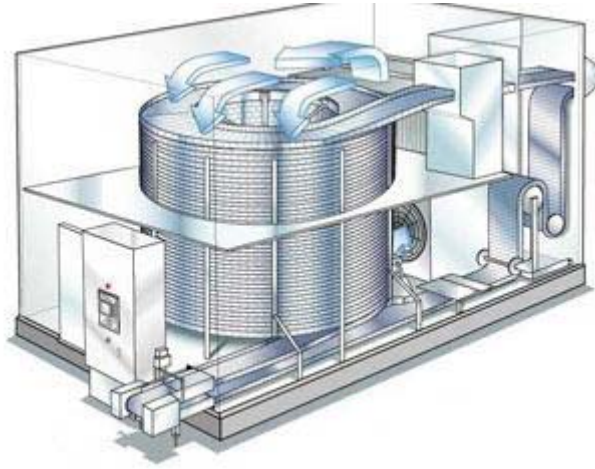
Buồng có hệ thống rửa vệ sinh bằng nước và thổi khô băng tải bằng khí nén. Buồng cấp đông có búa làm rung để chống các sản phẩm dính vào nhau và vào băng tải.

Dàn lạnh sử dụng môi chất NH₃, ống trao đổi nhiệt là vật liệu inox, cánh nhôm, xả băng bằng nước. Dàn lạnh có quạt kiểu hướng trục, mô tơ chịu được ẩm ướt.

Tất cả các chi tiết của băng chuyên cấp đông IQF như ; Khung đỡ băng chuyên, khung đỡ dàn lạnh, vỏ che dàn lạnh đều làm bằng vật liệu không gỉ.

Bảng 4-16: Buồng cấp đông kiểu xoắn của SEAREFICO

MODEL		S-IQF 500S	S-IQF 350S	S-IQF 250S
Công suất cấp đông	kg/h	500	350	250
Công suất lạnh	KCal/h	92.000	77.000	60.000
Sản phẩm cấp đông	Tôm (PTO, HLSO, P PUD, PD), Mực, cá, Sò			
Cỡ sản phẩm cấp đông	con/lb	8/12 đến 300/500		
Nhiệt độ sản phẩm vào / ra	°C	+ 10 / -18		
Nhiệt độ không khí trong buồng	°C	-32 ÷ -36		
Phương pháp cấp dịch	Bơm dịch			
Môi chất lạnh	NH ₃ / R22			
Băng tải	Thép không gỉ			
Chiều rộng băng tải	mm	457	406	356
Chiều dày cách nhiệt buồng lạnh	mm	150		
Chiều dài buồng cấp đông	mm	6.800	6.100	5.400
Chiều rộng	mm	3.600	3.200	2.850
Chiều cao	mm	3.600	3.300	3.100
Thời gian cấp đông	Phút	7÷45		
Phương pháp xả băng	Bằng nước hoặc môi chất nóng			
Nguồn điện	3Ph/380V/50Hz			



Hình 4-18: Tuần hoàn gió trong buồng

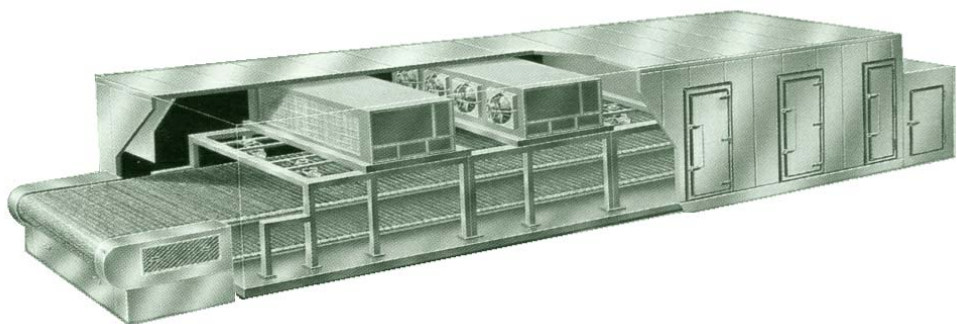
4.5.3 Hệ thống cấp đông I.Q.F buồng cấp đông có băng chuyền kiểu thẳng

4.5.3.1 Cấu tạo băng chuyền dạng thẳng

Trên hình 4-19 giới thiệu một buồng cấp đông I.Q.F có băng chuyền dạng thẳng. Các dàn lạnh được bố trí bên trên các băng chuyền, thổi gió lạnh lên bề mặt băng chuyền có sản phẩm đi qua. Vỏ bao che là polyurethan dày 150mm, bọc inox hai mặt. Toàn bộ băng chuyền trải dài theo một đường thẳng

Băng chuyền dạng thẳng đơn giản dễ chế tạo, sản phẩm cấp đông được đưa vào một đầu và ra đầu kia. Để thời gian cấp đông đạt yêu cầu, chuyền dài của băng chuyền khá lớn nên chiếm nhiều diện tích.

Để hạn chế tổn thất nhiệt ở cửa ra vào của các băng tải, khe hở vào ra rất hẹp. Một số buồng cấp đông có khe hở có thể điều chỉnh được tùy thuộc từng loại sản phẩm.



Hình 4-19: Buồng cấp đông I.Q.F có băng chuyên thẳng

4.5.3.2. Thông số kỹ thuật buồng cấp đông I.Q.F kiểu thẳng

Tham khảo kích thước dây chuyền I.Q.F của MYCOM với kích thước băng tải 1200mm và 1500mm như sau

Bảng 4-17 Model: MSF-12 (Dây chuyền rộng 1200mm)

Model	1206-1	1209-1	1212-1	1215-1	1218-1	1221-1	1206-2	1209-2	1212-2	1215-2	1218-2	1221-2
Năng suất kg/h	320	480	640	800	960	1120	640	960	1280	1600	1920	2240
A, m	10,38	13,47	16,56	19,65	22,74	25,83	10,38	13,47	16,56	19,65	22,74	25,83
B, m	6,18	9,27	12,36	15,45	18,54	21,63	6,18	9,27	12,36	15,45	18,54	21,63
C, m	2÷3	2÷3	2÷3	2÷3	2÷3	2÷3	4÷5	4÷5	4÷5	4÷5	4÷5	4÷5

* Chỉ số 1 hoặc 2 biểu thị dây chuyền có 1 hay 2 băng tải

Bảng 4-18: Model: MSF-15 (Dây chuyền rộng 1500mm)

Model	1506-1	1509-1	1512-1	1515-1	1518-1	1521-1	1506-2	1509-2	1512-2	1515-2	1518-2	1521-2
Năng suất, kg/h	320	480	640	800	960	1120	640	960	1280	1600	1920	2240
A, m	10,38	13,47	16,56	19,65	22,74	25,83	10,38	13,47	16,56	19,65	22,74	25,83
B, m	6,18	9,27	12,36	15,45	18,54	21,63	6,18	9,27	12,36	15,45	18,54	21,63
C, m	2,3÷3,3						4,5÷5,5					

trong đó:

A- Chiều dài tổng thể của băng chuyên

B- Chiều dài cấp đông

C- Chiều rộng băng chuyên

Chiều cao băng chuyên là 3000mm

Bảng 4-19: Thông số kỹ thuật buồng cấp đông I.Q.F dạng thẳng của SEAREFICO

MODEL		S-IQF 500T	S-IQF 350T	S-IQF 250T
Công suất cấp đông	kg/h	500	350	250
Công suất lạnh	KCal/h	108.000	90.000	68.000
Sản phẩm cấp đông	Tôm (PTO, HLSO, P PUD, PD), Mực, cá, Sò			
Cỡ sản phẩm cấp đông	con/lb	8/12 đến 300/500		
Nhiệt độ sản phẩm vào / ra	°C	+ 10 / -18		
Nhiệt độ không khí trong buồng	°C	-32 ÷ -36		
Phương pháp cấp dịch	Bơm dịch hoặc tiết lưu trực tiếp			
Môi chất lạnh	NH3 / R22			
Băng tải	Thép không rỉ			
Chiều rộng băng tải	mm	1.200		
Chiều dày cách nhiệt buồng lạnh	mm	150		
Chiều dài buồng cấp đông	mm	22.000	15.000	11.000
Chiều rộng	mm	3.000		
Chiều cao	mm	3.300		
Thời gian cấp đông	Phút	3÷30		
Phương pháp xả băng	Bằng nước hoặc môi chất nóng			
Nguồn điện	3Ph/380V/50Hz			

Sơ đồ nguyên lý hệ thống cấp đông I.Q.F với buồng cấp đông có băng tải dạng thẳng không có gì khác so với sơ đồ của hệ thống có băng tải dạng xoắn ở trên hình 4-17.

4.5.4 Hệ thống cấp đông I.Q.F siêu tốc

4.5.4.1 Cấu tạo và nguyên lý làm việc

Cấu tạo:

Về cấu tạo băng chuyền cấp đông IQF siêu tốc không khác mấy so với băng chuyền dạng thẳng. Bên trong bố trí 1 hoặc 2 băng tải sản phẩm có khả năng điều chỉnh tốc độ vô cấp, tùy theo yêu cầu cấp đông của nhiều sản phẩm khác nhau. Các dàn lạnh xếp thành 02 dãy 2 bên băng tải. Để dòng không khí hướng tập trung vào sản phẩm trên băng tải, người ta lắp hệ thống ống hướng gió cũng bằng vật liệu thép không rỉ.

Buồng cấp đông có bao che cách nhiệt bằng polyurethan, dày 150÷200mm, hai bên 2 lớp inox, phủ sơn nhựa thực phẩm màu trắng hai mặt. Buồng cấp đông có cửa ra vào kiểu kho lạnh với hệ thống điện trở nhiệt sưởi cửa, bên trong cũng có hệ thống đèn chiếu sáng.

Hệ thống băng tải rất đơn giản được thiết kế để giảm thiểu chi phí bảo dưỡng. Tốc độ của băng có thể thay đổi cho từng loại sản phẩm cấp đông khác nhau. Băng tải cấp đông chuyển động có thể điều chỉnh vô cấp nhờ bộ biến tần và đạt tốc độ khoảng từ 0,5 ÷ 10 m/phút, cho thời gian cấp đông từ 0,5 phút đến 10 phút.

Khung đỡ băng tải và các thiết bị cũng làm bằng vật liệu inox. Dàn lạnh làm bằng thép không rỉ với các cánh tản nhiệt bằng nhôm thiết kế cho bơm cấp dịch tuần hoàn NH₃/R₂₂ bước cánh được thiết kế đặc biệt để tăng hiệu quả truyền nhiệt và vệ sinh dễ dàng. Băng tải bằng inox dạng lưới có kích cỡ M8 x 2,5 (bước 8mm và thanh inox cỡ 2,5mm).

Chiều cao cho thông sản phẩm khoảng 50mm (tiêu chuẩn 35mm)

Vệ sinh các băng tải bằng nước có áp lực do người sử dụng đấu vào hệ thống vòi phun bằng đồng để rửa băng tải và hệ thống xả tuyết để làm sạch dàn. Các bộ phận bên trong máy có thể xịt rửa thủ công bằng nước có pha hoá chất phù hợp.

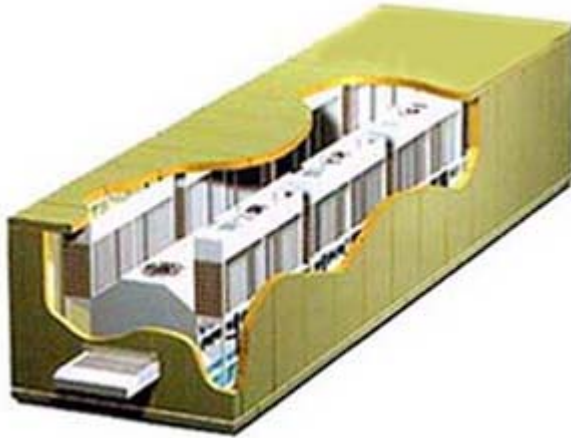
Quạt gió kiểu ly tâm với mô tơ nối trực tiếp, cánh quạt bằng nhôm và lồng dẫn khí vào trong, mô tơ quạt bằng hợp kim nhôm đặc biệt được sơn phủ.

- Buồng cấp đông được thiết kế với một hoặc nhiều băng tải thẳng xuyên suốt có nhiều cỡ rộng và luồng gió khác nhau.

- Khu vực mở để tiếp nhận nguyên liệu đầu vào của máy cấp đông có thể thay đổi dễ dàng để phù hợp với độ dày sản phẩm cấp đông.

- Băng tải được làm bằng thép không rỉ

- Hệ thống được thiết kế theo từng môđun lắp sẵn cho phép tăng giảm năng suất cấp đông trong một dải rộng. Mỗi môđun đều có dàn lạnh, quạt làm bằng nhôm được lắp hoàn chỉnh.



Hình 4-20 : Băng chuyên cấp đông siêu tốc

Tất cả bề mặt và sàn đều kín nước, bên trong máy cấp đông có độ dốc nghiêng để tháo nước dễ dàng.

Hệ thống xả tuyết dàn lạnh bằng nước hoạt động tự động vào cuối ca sản xuất.

Những chức năng của hệ thống

- Các tấm phân phối khí phía bên trên có thể dễ dàng được nâng lên hoặc hạ xuống để vệ sinh thường xuyên và bảo dưỡng cho khu vực tiếp xúc và để cấp đông sản phẩm.
- Dàn lạnh bố trí hở ở cả 2 phía để kiểm tra dễ dàng khi dừng máy
- Băng tải làm bằng thép không gỉ được thiết kế bằng 01 lớp lưới inox đơn giản, để hạn chế việc sản phẩm kẹt trong quá trình sản xuất.
- Bảng điện điều khiển máy cấp đông và điều chỉnh thời gian cấp đông ở mọi chế độ vận hành, vệ sinh xả tuyết dàn lạnh. Việc điều chỉnh nhiệt độ giúp dễ dàng theo dõi và kiểm soát chất lượng sản phẩm.

Nguyên lý làm việc

Trong suốt thời gian cấp đông, khi sản phẩm di chuyển xuyên qua buồng cấp đông trên những băng chuyền, hàng ngàn tia khí lạnh với tốc độ cao hướng trực tiếp và liên tục lên mặt trên và mặt dưới của sản phẩm, thổi hơi nóng bao bọc quanh sản phẩm đẩy nhanh quá trình trao

đổi nhiệt. Các tia khí lạnh này làm lạnh đạt hiệu quả tương đương phương pháp nhúng ni tơ lỏng.

Khi các tia khí lạnh thổi qua bề mặt sản phẩm, trên bề mặt sản phẩm nhanh chóng tạo nên một lớp băng mỏng bao bọc quanh sản phẩm, làm giảm mất nước và giữ sản phẩm không bị biến dạng về mặt cơ học. Hình dạng và kích thước ban đầu của sản phẩm được duy trì trong suốt quá trình cấp đông. Có nhiều ưu điểm với kiểu thiết kế đặc biệt này:

- Cùng thời gian cấp đông nhanh như máy cấp đông sử dụng ni tơ lỏng
- Hạn chế mất nước tối thiểu ngang bằng hay tốt hơn cấp đông bằng ni tơ lỏng
- Chi phí vận hành bằng phân nửa so với phương pháp dùng ni tơ lỏng
- Chất lượng sản phẩm tuyệt hảo, không bị cháy lạnh
- Sản phẩm không bị dịch chuyển trong máy cấp đông
- Không bị ảnh hưởng của sự rung động khi di chuyển
- Sản phẩm cấp đông hoàn toàn phẳng phiu, giữ nguyên hình dạng ban đầu
- Đáp ứng tiêu chuẩn vệ sinh công nghiệp
- Thiết kế theo kiểu khối hoàn chỉnh nên:
 - Lắp đặt nhanh
 - Xây lắp nhà máy theo tiêu chuẩn xây dựng chất lượng cao
 - Thiết kế tiêu chuẩn phù hợp với dây chuyền sản xuất của khách hàng với bề rộng và công suất tự chọn
 - Dễ dàng mở rộng bằng các khối bổ sung để tăng công suất sau này
 - Hệ thống lạnh NH₃ hoặc Frêon hợp nhất, tiêu chuẩn

Hệ thống cấp đông siêu tốc được thiết kế để chế biến các loại sản phẩm mỏng, dẹt như cá fillets, tôm cũng như các loại bánh nướng, khoai và các sản phẩm trứng

Các thông số làm việc của buồng cấp đông siêu tốc

- Sản phẩm cấp đông: Tôm, cá các loại, đặc biệt phù hợp dạng rời không bao gói.
- Nhiệt độ sản phẩm đầu vào: +10°C ÷ +12°C
- Nhiệt độ trung bình sản phẩm đầu ra: - 18°C

- Nhiệt độ dàn lạnh/không khí: -43/-40°C

- Thời gian cấp đông rất ngắn

Hệ thống cấp đông I.Q.F siêu tốc có đặc điểm là nhiệt độ không khí làm việc rất thấp -40°C và tốc độ lưu động không khí mạnh và tiếp xúc 2 mặt trên và dưới sản phẩm nên thời gian cấp đông rất ngắn.

+ Tôm vỏ 16/20 Không quá 5 phút

+ Tôm luộc 31/40 Không quá 3 phút

- Môi chất lạnh NH3 có dùng bơm dịch tuần hoàn.

Tỷ lệ hao hụt sản phẩm rất bé. Ví dụ, đối với tôm các loại ở dạng sơ chế, tỷ lệ hao hụt khi cấp đông khoảng $0,6 \div 0,9\%$, nghĩa là không vượt quá 1%.

Bảng 4-20: Thời gian cấp đông và hao hụt nước

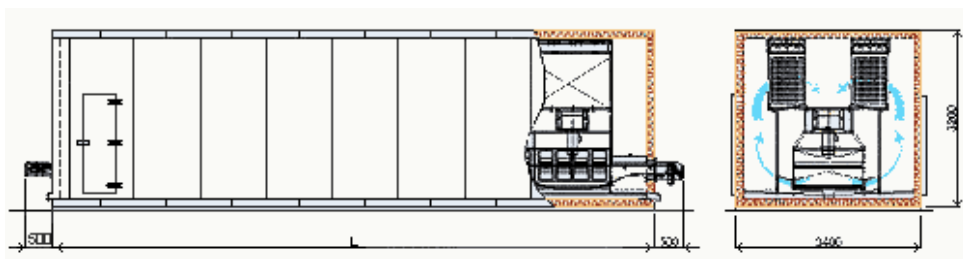
Sản phẩm	Cấp đông phẳng		Cấp đông xoắn	
	Thời gian	Độ mất nước	Thời gian	Độ mất nước
- Thịt heo, lát, khô (60°)	50 giây	< 0,3%		
- Tôm 16/20 (tôm thịt)	4÷5 phút	< 1%	20÷25 phút	Khoảng 1,5%
- Tôm 26-30 (tôm còn vỏ)	3÷4 phút	< 1%	18÷20 phút	Khoảng 1,5%
- Tôm luộc (cỡ 30/40 — 51/60)	2÷3 phút	< 0,9%	10÷15 phút	Khoảng 1,5%
- Cá fillet (tuỳ theo cỡ)	2÷6 phút	< 0,9%	20÷40 phút	Khoảng 1,5%
- Bánh kem xoắn	4÷5 phút	< 1%	20÷30 phút	Khoảng 1,5%
- Bánh pizza	4÷5 phút	< 0,5%	20÷30 phút	Khoảng 1,5%
- Xúc xích, thịt heo	2 phút	< 1%	15÷20 phút	Khoảng 1,5%

4.5.4.2 Thông số kỹ thuật một số buồng cấp đông siêu tốc

Bảng 4-21: Thông số buồng cấp đông I.Q.F siêu tốc của SEAREFICO

MODEL		S-IQF-500IP	S-IQF-320IP
Công suất cấp đông	kg/h	500	320
Công suất lạnh	kW	115.000	80.000
Sản phẩm cấp đông		Tôm (PTO, HLSO)	
Nhiệt độ sản phẩm vào/ra	°C	+ 10 / -18	
Nhiệt độ không khí trong buồng	°C	-41 ÷ -43	

Phương pháp cấp dịch	Bơm dịch		
Môi chất lạnh	NH ₃ / R ₂₂		
Vật liệu băng chuyên	Thép không rỉ		
Chiều rộng băng tải	mm	1200	
Chiều dày cách nhiệt vỏ buồng	mm	150	
Chiều dài buồng cấp đông	mm	11.000	7.000
Chiều rộng buồng cấp đông	mm	3.400	
Chiều cao buồng cấp đông	mm	3.200	
Thời gian cấp đông	Phút	2,0 ÷ 14,0	
Phương pháp xả băng	Bằng nước hoặc môi chất nóng		
Nguồn điện	3Ph/380V/50Hz		



Hình 4-21 : Bố trí thiết bị bên trong buồng cấp đông siêu tốc

*** Buồng cấp đông siêu tốc FRIGOSCANDIA Thụy Điển.**

Hiện nay ở nước ta sử dụng tương đối phổ biến buồng cấp đông siêu tốc của hãng FRIGOSCANDIA Thụy Điển. Băng chuyên dạng thẳng của FRIGOSCANDIA (Thụy Điển) ứng dụng công nghệ va chạm (Impingement), công nghệ hiện đại nhất trong các trong các kiểu máy cấp đông băng chuyên thẳng hiện có trên thị trường. Đó là kiểu máy ADVANTEC™

Dưới đây là thông số kỹ thuật hệ thống cấp đông siêu tốc kiểu ADVANTEC 500 kg/h

- Kiểu máy ADVANTEC™ 1M-1250-1 của FRIGOSCANDIA

1. Kích thước

- Kích thước phủ bì : 6410 x 3700 x 3000mm (LxWxH)
- Chiều cao đầu nạp liệu : 950mm
- Chiều cao đầu ra liệu : 950mm
- Chiều rộng băng tải : 1250mm, khổ hữu dụng 1220mm

2. Công suất cấp đông

- Sản phẩm cấp đông : Tôm, cá các loại, đặc biệt phù hợp dạng rời không bao gói.

- Nhiệt độ sản phẩm đầu vào: $+10^{\circ}\text{C} \div +15^{\circ}\text{C}$

- Nhiệt độ sản phẩm đầu ra: $- 18^{\circ}\text{C}$

- Nhiệt độ dàn lạnh/không khí : $-43/-40^{\circ}\text{C}$

- Công suất sản phẩm

+ Tôm vỏ 16/20 450 kg/h

+ Tôm luộc 31/40 550 kg/h

- Thời gian cấp đông

+ Tôm vỏ 16/20 Không quá 5 phút

+ Tôm luộc 31/40 Không quá 3 phút

3. Thông số về nhiệt

- Công suất lạnh yêu cầu cho sản lượng 500 kg/h là ; 90 kW

- Môi chất lạnh NH₃ có dùng bơm dịch tuần hoàn đạt nhiệt độ bay hơi ở dàn lạnh là $t_0 = - 43^{\circ}\text{C}$

4. Thông số về điện

- Công suất băng tải

Loại 01 băng tải đơn : 01 mô tơ 0,75 kW/380V/3Ph/50Hz

- Công suất điện cho quạt : 02 quạt với mô tơ có công suất 9 kW

- Công suất tiêu thụ điện của thiết bị : 22 kW

- Công suất điện tối đa : 27 kW

5. Hệ thống xả đá dàn lạnh

- Lưu lượng nước tối đa cần thiết : 400 Lít/phút dùng để xả đá dàn lạnh

- Ngoài ra còn cần lượng nước có dung lượng 100 Lít/phút để phục vụ rửa belt qua hệ thống vòi phun trong khoảng 5 phút.

6. Vật liệu cấu tạo

- Quạt gió : cánh quạt bằng hợp kim nhôm đặc biệt do Frigoscandia chế tạo

- Băng tải : băng inox dạng lưới có kích cỡ M8 x 2,5 với mắt lưới có bước 8mm & cộng inox cỡ 2,5mm.

- Khung sàn đỡ băng tải và các cơ cấu đi kèm : Bằng inox

- Vỏ panel bao che : Bằng P.U dày 100mm . phủ sơn nhựa thực phẩm màu trắng .

- Cấu tạo dàn lạnh và các tấm tản nhiệt : Bằng inox & các cánh tản nhiệt bằng nhôm có bước cánh đặc biệt để tăng hiệu quả truyền nhiệt và vệ sinh dễ dàng.

- Phương pháp vệ sinh các băng tải : bằng nước có áp lực do người sử dụng đấu vào hệ thống bec phun để rửa belt & hệ thống xả tuyết để làm sạch dàn. Các bộ phận bên trong máy có thể xịt rửa thủ công bằng nước có pha hoá chất phù hợp.

7. Hao hụt sản phẩm

Đối với tôm các loại ở dạng sơ chế : Tỷ lệ hao hụt khi cấp đông khoảng $0,6 \div 0,9\%$. Nghĩa là không vượt quá 1%.

4.5.5 Các băng chuyên thường đi kèm các buồng cấp đông I.Q.F

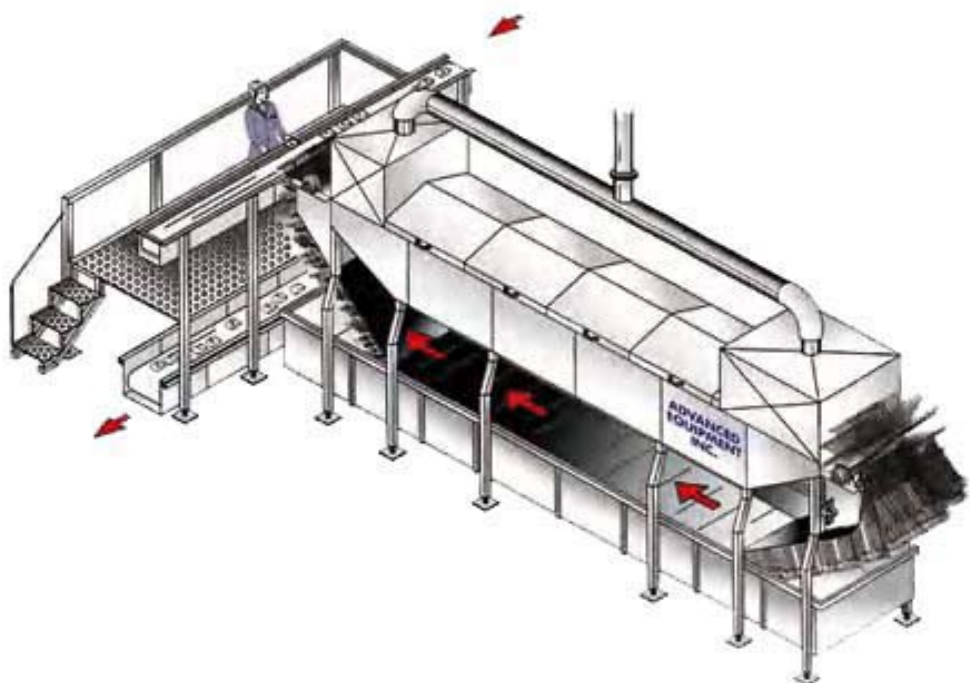
4.5.5.1 Thiết bị hấp

Thiết bị hấp có cấu tạo dạng băng chuyên, sử dụng hơi nước nóng để hấp chín thực phẩm trước khi đưa vào cấp đông, đóng gói. Cấu tạo gồm băng tải, hệ thống phun hơi và kết cấu bao che. Nhìn bên ngoài trông giống băng chuyên cấp đông thẳng. Sản phẩm hấp đặt trực tiếp trên băng tải hoặc trên khay. Tốc độ chuyển động băng tải có thể điều chỉnh vô cấp nhờ bộ biến tần tùy theo loại sản phẩm.

Hình 4-22 là băng chuyên hấp thực phẩm, được chế tạo bằng vật liệu inox

Cấu tạo dễ dàng vệ sinh bên trong. Hơi được hút xả ra ngoài nhờ kênh gió và quạt hút, áp lực trong khoang hấp là áp lực âm, tránh rò hơi ra khu vực chế biến.

- Nhiệt độ hơi hấp 100°C ($p = 1 \text{ at}$).
- Hệ thống cấp hơi có van điều chỉnh lưu lượng cho phép khống chế lưu lượng hơi.
- Cấu tạo dễ rửa vệ sinh bên trong.
- Áp suất hơi ở lò : $5 \div 8 \text{ bar}$



Hình 4-22: Băng chuyền hấp

4.5.5.2 Thiết bị làm mát sau hấp

Bộ phận chính của thiết bị làm mát sau hấp là một băng tải bằng inox hoặc nhựa đặc biệt và một bể nước bằng inox. Thiết bị làm mát được bố trí nối tiếp ngay sau thiết bị hấp để làm mát sản phẩm nhằm đảm bảo chất lượng, mùi vị sản phẩm và tỉ lệ hao hụt thấp. Sản phẩm sau hấp được đưa lên băng tải của thiết bị làm mát, trong quá trình băng tải chuyển động, sản phẩm được nhúng nước lạnh trong bể và được làm nguội. Sản phẩm sau khi ra khỏi mặt nước được rửa lại bằng nước lạnh phun. Nước phun là nước lạnh được lấy từ nước chế biến với nhiệt độ cỡ $+ 3 \div 5^{\circ}\text{C}$.

Hệ thống đường ống cấp nước cho bể và nước phun là các ống inox.

Nước trong bể có thể được làm lạnh trực tiếp bằng dàn lạnh NH_3 đặt ngay trong bể.

Hệ thống băng tải có thể điều chỉnh vô cấp đảm bảo sản phẩm được làm mát đạt yêu cầu ở đâu ra tùy theo từng loại sản phẩm khác nhau.

4.5.5.3 Nồi hơi của băng chuyên hấp

Để đảm bảo yêu cầu vệ sinh cho nhà máy chế biến thực phẩm, người ta sử dụng lò hơi đốt dầu D.O để cung cấp hơi cho băng chuyên hấp. Hệ thống đường ống dẫn hơi bằng inox có độ dày đảm bảo yêu cầu. Công suất hơi yêu cầu cho băng chuyên không lớn (khoảng 100÷750 kg/ hơi/giờ tùy thuộc băng chuyên) nên người ta thường sử dụng lò hơi dạng đứng.

Lò hơi được trang bị đầy đủ các thiết bị điều khiển, bảo vệ, cùng hệ thống xử lý nước, hoàn nguyên đầy đủ.

- Áp suất hơi : 8 kG/cm²
- Nhiên liệu : Dầu D.O

4.5.5.4 Thiết bị mạ băng

Thiết bị mạ băng có cấu tạo dạng băng chuyên, sản phẩm sau cấp đông chuyển động qua băng tải của thiết bị mạ băng và được phun nước lạnh để mạ băng.

Có 2 phương pháp mạ băng:

- Phun sương nước từ 2 phía: trên xuống và dưới lên. Thiết bị thường có cơ cấu điều chỉnh được lưu lượng nước và tỉ lệ mạ băng.

- Nhúng nước bằng cách cho băng tải chuyển dịch qua bể nước. Phương pháp này có nhược điểm tổn hao lạnh nhiều nên ít sử dụng.

Toàn bộ các chi tiết của thiết bị mạ như bể nước, hệ thống ống nước, khung, chân băng chuyên làm bằng vật liệu không rỉ. Băng tải kiểu lưới inox hoặc nhựa.

Việc truyền động của băng tải thực hiện bằng mô tơ có hộp giảm tốc. Thiết bị mạ băng có bộ biến tần điện tử để điều khiển tốc độ băng chuyên vô cấp.

Thông số kỹ thuật:

- Tỷ lệ mạ băng : 10 ÷ 15% (tùy theo sản phẩm)
- Nhiệt độ nước mạ băng : + 3÷5 °C
- Bề rộng băng chuyên khoảng 1200÷1500mm

4.5.5.5 Băng chuyên làm cứng

Sau khi được mạ băng xong sản phẩm được đưa qua băng chuyên kế tiếp để hoá cứng lớp mạ băng.

Băng chuyên có mô tơ truyền động qua hộp giảm tốc. Thiết bị mạ băng có bộ biến tần điện tử để điều khiển tốc độ băng chuyên vô cấp.

-Toàn bộ các chi tiết của thiết bị băng vật liệu không rỉ. Băng tải kiểu lưới.

4.5.5.6 Buồng tái đông

Về cấu tạo, bố trí thiết bị và chế độ nhiệt rất giống buồng cấp đông I..Q.F dạng thẳng, nhưng kích thước ngắn hơn. Buồng tái đông có cấu tạo dạng khối hộp, được lắp ghép bằng panel cách nhiệt, polyurethan dày 150mm. Hai mặt panel bọc tole phủ PVC. Vỏ buồng tái đông có 02 cửa ra vào để kiểm tra, làm vệ sinh và bảo dưỡng thiết bị. Bên trong buồng là băng chuyên dạng thẳng đơn, vật liệu chế tạo băng chuyên là inox hoặc nhựa giống như băng chuyên I.Q.F dạng thẳng. Dàn lạnh và quạt đặt phía trên các băng tải.

Nền buồng được gia cố thêm lớp nhôm để làm sàn và máng thoát nước, nhôm đúc có gân dạng chân chim chống trượt dày 3 mm.

Băng chuyên được điều chỉnh tốc độ vô cấp nhờ bộ điều tốc điện tử.

Dàn lạnh sử dụng môi chất NH₃ được làm bằng inox cánh nhôm xả băng bằng nước. Quạt dàn lạnh là loại hướng trục, mô tơ quạt là loại kín chống thấm nước.

Tất cả các chi tiết bên trong như khung đỡ băng chuyên, khung đỡ dàn lạnh, vỏ che dàn lạnh đều làm bằng vật liệu không rỉ.

Thông số kỹ thuật của buồng tái đông 500 kg/h

- Công suất tái đông : 500 kg/h
- Kích thước : 6.000mmLx3000mmW x 3000mmH

- Công suất lạnh của dàn : 35 kW ($t_e/\Delta t = -40^\circ\text{C}/7^\circ\text{C}$)
- Môi chất lạnh : NH₃ (cấp dịch bằng bơm)
- Phương pháp xả đá : Bằng nước
- Quạt dàn lạnh : 3 x 2,2 kW - 380V/3Ph/50Hz
- Dẫn động bằng mô tơ : 0,25 kW

4.5.6 Tính toán nhiệt hệ thống cấp đông I.Q.F

Tổn thất nhiệt trong tủ cấp đông gồm có:

- Tổn thất nhiệt qua kết cấu bao che của buồng cấp đông.
- Tổn thất do làm lạnh sản phẩm
- Tổn thất do động cơ quạt và truyền động của băng chuyền.
- Tổn thất do lọt không khí qua cửa vào ra hàng.

Mặc dù có trang bị hệ thống xả băng, nhưng trong quá trình cấp đông người ta không xả băng, mà chỉ xả băng sau mỗi mẻ cấp đông nên ở đây không tính tổn thất nhiệt do xả băng.

Trong trường hợp hệ thống cấp đông I.Q.F có trang bị thêm buồng tái đông và hoạt động cùng chung máy nén với buồng cấp đông I.Q.F thì phải tính thêm tổn thất nhiệt ở buồng tái đông. Các thành phần tổn thất ở buồng tái đông giống như buồng cấp đông.

4.5.6.1 Tổn thất do truyền nhiệt qua kết cấu bao che

Tổn thất qua kết cấu bao che của các buồng cấp đông có thể tính theo công thức truyền nhiệt thông thường:

$$Q_1 = k.F.\Delta t \quad (4-42)$$

F - tổng diện tích 6 mặt của buồng cấp đông, m²;

$$\Delta t = t_{KK}^N - t_{KK}^T;$$

t_{KK}^N - Nhiệt độ không khí bên ngoài, °C;

Thường tủ cấp đông đặt trong khu chế biến, có nhiệt độ khá thấp do có điều hoà không khí, lấy $t_{KK}^N = 20 \div 22^\circ\text{C}$

t_{KK}^T - Nhiệt độ không khí bên trong kho cấp đông, lấy $t_{KK}^T = -35^\circ\text{C}$.

Bảng 4-22: Nhiệt độ không khí trong các buồng I.Q.F

Dạng buồng I.Q.F	Dạng thẳng	Dạng xoắn	Siêu tốc
Nhiệt độ, °C	- 35°C	- 35°C	- 41 ÷ 43 °C

k - Hệ số truyền nhiệt, W/m².K

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}}, \text{ W/m}^2.\text{K} \quad (4-43)$$

α_1 - Hệ số toả nhiệt bên ngoài tường $\alpha_1 = 23,3 \text{ W/m}^2.\text{K}$;

α_2 - Hệ số toả nhiệt bên trong. Tốc độ đối lưu cưỡng bức không khí trong buồng rất mạnh nên lấy $\alpha_2 = 10,5 \text{ W/m}^2.\text{K}$

Các lớp vật liệu của panel tường, trần.

Bảng 4-23: Các lớp cách nhiệt buồng I.Q.F

TT	Lớp vật liệu	Độ dày mm	Hệ số dẫn nhiệt W/m.K
1	Lớp inox	0,5 ÷ 0,6	22
2	Lớp polyurethan	150	0,018 ÷ 0,020
3	Lớp inox	0,5 ÷ 0,6	22

Đối với buồng tái đông cũng tính tương tự, vì các thông số kết cấu, chế độ nhiệt tương tự buồng cấp đông.

4.5.6.2 Tổn thất do làm lạnh sản phẩm

Tổn thất nhiệt do làm lạnh sản phẩm được tính theo công thức sau:

E - Năng suất kho cấp đông, kg/h

$$Q_2 = E.(i_1 - i_2)/3600, \text{ W} \quad (4-44)$$

i_1, i_2 - Entanpi của sản phẩm ở nhiệt độ đầu vào và đầu ra, J/kg;

Nhiệt độ sản phẩm đầu vào lấy $t_1 = 10^\circ\text{C}$;

Nhiệt độ trung bình đầu ra của các sản phẩm cấp đông phải đạt yêu cầu là -18°C .

4.5.6.3 Tổn thất do động cơ điện

1. Do động cơ quạt

Quạt dàn lạnh đặt ở trong buồng cấp đông nên, dòng nhiệt do các động cơ quạt dàn lạnh có thể xác định theo biểu thức:

$$Q_{31} = 1000.n.N; \text{ W} \quad (4-45)$$

N - Công suất động cơ của quạt, kW;

n - Số quạt của buồng cấp đông.

2. Do động cơ băng tải gây ra

Động cơ băng tải nằm ở bên ngoài buồng cấp đông, biến điện năng thành cơ năng làm chuyển động băng tải. Trong quá trình băng tải chuyển động sinh công và tỏa nhiệt ra môi trường bên trong buồng. Có thể tính tổn thất nhiệt do động cơ băng tải gây ra như sau:

$$Q_{32} = 1000 \cdot \eta \cdot N_2 ; W \quad (4-46)$$

η - Hiệu suất của động cơ băng tải;
 N_2 - Công suất điện mô tơ băng tải, kW.

4.5.6.4 Tổn thất nhiệt do lọt khí bên ngoài vào

Đối với các buồng cấp đông I.Q.F, trong quá trình làm việc do các băng tải chuyển động vào ra nên ở các cửa ra vào phải có một khoảng hở nhất định. Mặt khác khi băng tải vào ra buồng cấp đông nó sẽ cuốn vào và ra một lượng khí nhất định, gây ra tổn thất nhiệt. Tổn thất nhiệt này có thể tính như sau:

$$Q_4 = G_{kk} \cdot C_{pkk} (t_1 - t_2) \quad (4-47)$$

G_{kk} - Lưu lượng không khí lọt, kg/s;

C_{pkk} - Nhiệt dung riêng trung bình của không khí trong khoảng -40÷20°C

t_1, t_2 - Nhiệt độ không khí bên ngoài và bên trong buồng

Việc tính toán G_{kk} thực tế rất khó nên có thể căn cứ vào tốc độ băng chuyền và diện tích cửa vào ra để xác định G_{kk} một cách gần đúng như sau:

$$G_{kk} = \rho_{kk} \cdot \omega \cdot F \quad (4-48)$$

ρ_{kk} - Khối lượng riêng của không khí kg/m³;

ω - Tốc độ chuyển động của băng tải, m/s;

F - Tổng diện tích khoảng hở cửa vào và cửa ra của băng tải, m².

Diện tích khoảng hở được xác định căn cứ vào khoảng hở giữa băng tải và chiều rộng của nó. Khoảng hở khoảng 35÷50mm.

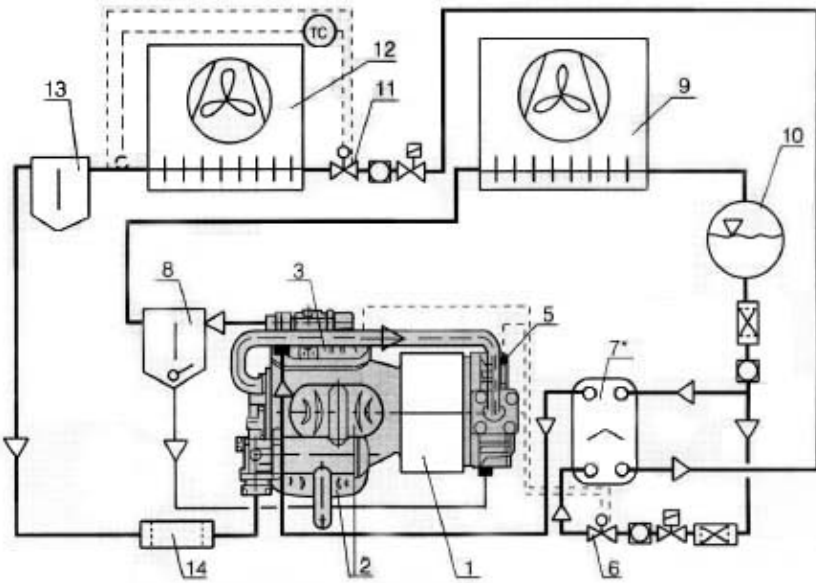
4.6 CHỌN MÁY LẠNH

Các máy lạnh sử dụng trong các hệ thống cấp đông là máy lạnh 2 cấp, môi chất sử dụng có thể là R₂₂ và NH₃. Đối với hệ thống rất lớn người ta thường hay sử dụng máy lạnh trực vít, với môi chất NH₃. Máy nén của các hãng Bitzer, Mycom, York-Frick, Saboe thường hay được sử dụng cho các hệ thống lạnh cấp đông ở nước ta.

Dưới đây xin giới thiệu các thông số kỹ thuật của một số chủng loại máy thường hay được sử dụng.

1. Máy nén Bitzer (Đức) môi chất Frêôn, công suất nhỏ và trung bình

Bảng 4-26 và 4-27 trình bày công suất lạnh Q_0 (W) của máy nén Bitzer sử dụng môi chất frêôn ở các chế độ khác nhau. Các máy này thường được sử dụng cho các tủ và hầm cấp đông công suất nhỏ và trung bình.



Hình 4-23: Sơ đồ nguyên lý hệ thống lạnh máy nén Bitzer 2 cấp

Bảng 4-24 : Năng suất lạnh máy nén Bitzer □ n = 1450 V/phút, R404A và R507

MODEL	T _k (°C)	Q _o , W						Ne, kW					
		-30	-35	-40	-45	-50	-55	-30	-35	-40	-45	-50	-55
S4T-5.2Y	35	7570	6300	5170	4180	3320	2550	4,50	4,14	3,78	3,40	3,02	2,63
	40	7430	6170	5070	4100	3250	2500	4,78	4,38	3,98	3,58	3,17	2,75
S4N—8.2Y	35	10740	8950	7350	5940	4730	3640	6,44	5,92	5,41	4,86	4,31	3,76
	40	10540	8770	7210	5830	4640	3560	6,83	6,26	5,68	5,12	4,53	3,93
S4G—12.2Y	35	16690	14270	11840	9590	7660	6000	9,68	8,91	8,12	7,27	6,43	5,68
	40	16340	13950	11600	9410	7510	5890	10,30	9,47	8,58	7,68	6,76	5,96
S6J—16.2Y	35	23510	20170	16780	13690	11020	8680	13,85	12,59	11,37	10,18	9,02	7,88
	40	22960	19720	16480	13440	10810	8520	14,68	13,32	12,02	10,74	9,51	8,32
S6H—20.2Y	35	27140	23300	19380	15820	12740	10040	16,05	14,60	13,18	11,79	10,46	9,13
	40	26490	22780	19030	15520	12500	9850	17,01	15,43	13,93	12,45	11,03	9,64
S6G—25.2Y	35	31020	26630	22170	18100	14590	121500	18,43	16,76	15,14	13,54	12,01	10,48
	40	30250	26020	21760	17760	14310	11280	19,53	17,72	16,00	14,29	12,66	11,07
S6F—30.2Y	35	36850	31660	26380	21560	17380	13710	22,06	20,06	18,11	16,20	14,37	12,54
	40	35900	30890	25870	21140	17050	13450	23,37	21,20	19,14	17,10	15,15	13,25
S66J—32.2Y	35	47020	40340	33560	27380	22040	17360	27,70	25,19	22,75	20,35	18,05	15,76
	40	45920	39440	32960	26880	21620	17040	29,36	26,63	24,04	21,48	19,03	16,64
S66H—40.2Y	35	54280	46600	38760	31640	25480	20080	32,10	29,19	26,37	23,59	20,92	18,26
	40	52980	45520	38060	31040	25000	19700	34,03	30,87	27,87	24,90	22,05	19,29
S66G-50..2Y	35	62040	53260	44340	36200	29180	23000	36,86	33,52	30,27	27,08	24,02	20,97
	40	60500	52040	43520	35520	28620	22560	39,07	35,44	32,00	28,58	25,32	22,14
S66F—60.2Y	35	73700	63320	52760	43120	34760	27420	44,10	40,10	36,22	32,40	28,74	25,09
	40	71800	61780	51740	42280	34100	26900	46,74	42,40	38,28	34,20	30,29	26,49

Bảng 4-25 : Năng suất lạnh máy nén Bitzer □ n = 1450 V/phút, R22

MODEL	T _k (oC)	Q _o , W						Ne, kW					
		-25	-30	-35	-40	-45	-50	-25	-30	-35	-40	-45	-50
S4T-5.2	35	8040	6580	5300	4200	3250	2440	3,86	3,62	3,35	3,05	2,73	2,38
	40	7900	6460	5210	4120	3190	2380	4,10	3,84	3,55	3,23	2,88	2,50
S4N—8.2	35	11600	9520	7700	6100	4710	3500	5,85	5,41	4,97	4,53	4,10	3,66
	40	11380	9350	7550	5970	4580	3360	6,25	5,77	5,29	4,81	4,33	3,85
S4G—12.2	35	17520	14380	11630	9220	7120	5290	8,83	8,17	7,51	6,85	6,19	5,53
	40	17200	14120	11410	9020	6930	5070	9,44	8,72	7,99	7,27	6,54	5,82
S6J—16.2	35	25500	21050	17140	13670	10580	7760	13,09	11,90	10,72	9,54	8,36	7,20
	40	25200	20800	16960	13500	10360	7460	13,91	12,63	11,35	10,07	8,79	7,51
S6H—20.2	35	29500	24400	19860	15850	12260	8990	15,17	13,80	12,42	11,05	9,69	8,34
	40	29200	24150	19650	15640	12010	8650	16,13	14,64	13,15	11,67	10,18	8,70
S6G—25.2	35	33900	28000	22800	18200	14070	10320	17,42	15,84	14,26	12,69	11,12	9,58
	40	33500	27700	22550	17960	13790	9930	18,51	16,81	15,10	13,39	11,69	9,99
9S6F—30.2	35	40550	33500	27300	21800	16840	12350	20,85	18,95	17,07	15,18	13,31	11,46
	40	40100	33150	27000	21500	16500	11880	22,15	20,10	18,07	16,03	13,99	11,96
S66J—32.2	35	51000	42100	34280	27340	21160	15520	26,18	23,80	21,44	19,08	16,72	14,40
	40	50400	41600	33920	27000	20720	14920	27,82	25,26	22,70	20,14	17,58	15,02
S66H—40..2	35	59000	48800	39720	31700	24520	17980	30,34	27,60	24,84	22,10	19,38	16,68
	40	58400	48300	39300	31280	24020	17300	32,26	29,28	26,30	23,34	20,36	17,40
S66G-50..2	35	67800	56000	45600	36400	28140	20640	34,84	31,68	28,52	25,38	22,24	19,16
	40	67000	55400	45100	35920	27580	19860	37,02	33,62	30,20	26,78	23,38	19,98
S66F—60..2	35	81100	6700	54600	43600	33680	24700	41,70	37,90	34,14	30,36	26,62	22,92
	40	80200	66300	54000	43000	33000	23760	44,30	40,20	36,14	32,06	27,98	23,92

2. Máy nén MYCOM (Nhật) môi chất Freôn và NH3 công suất trung bình và lớn

Bảng 4-26 : Năng suất lạnh máy nén 2 cấp MYCOM - R22

Tk oC	Mode	Pittông Φ x S mm	Số Xi lạnh	Tốc độ	Thể tích quét M3/h	Qo, 1000 kCal/h							Ne, kW						
						-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30	-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30
30	F42A2	95 Φ 76 S	4+2	1000	193,9	7,4	10,3	14,0	18,5	24,1	30,8	38,9	9,5	10,8	12,3	13,9	15,5	17,1	18,5
	1200			232,7	8,9	12,4	16,8	22,2	28,9	37,0	46,7	11,4	13,0	14,8	16,7	18,6	20,5	22,2	
	F62A2	130 Φ x 100S	6+2	1000	258,6	10,1	13,9	18,7	24,6	31,8	40,5	50,8	12,4	14,2	16,2	18,2	20,3	22,2	24,0
	1200			310,3	12,1	16,7	22,4	29,5	38,2	48,6	60,9	14,9	17,1	19,4	21,9	24,3	26,6	28,7	
	F42B2			4+2	900	430,1	16,4	22,8	31,0	41,1	53,4	68,4	86,2	21,0	24,0	27,3	30,8	34,4	37,9
1000	477,8	18,2	25,4		34,4	45,6	59,4	76,0	95,8	23,4	26,7	30,3	34,2	38,2	42,1	45,6			
F62B2	6+2	900	573,4	22,3	30,8	41,4	54,6	70,6	89,8	112,6	27,5	31,5	35,9	40,4	44,9	49,2	53,1		
1000		637,1	24,8	34,2	46,0	60,7	78,4	99,8	125,1	30,6	35,0	39,8	44,9	49,9	54,7	59,0			
F124B	12+4	870	1108,6	43,1	59,5	80,1	105,5	136,5	173,7	217,8	53,3	60,9	69,3	78,1	86,8	95,2	102,7		
960		1223,3	47,6	65,7	88,4	116,5	150,6	191,6	240,3	58,8	67,3	76,5	86,2	95,8	105,0	113,3			
35	F42A2	95 Φ 76 S	4+2	1000	193,9	7,1	10,0	13,6	18,0	23,5	30,1	38,0	10,0	11,4	13,0	14,7	16,4	18,1	19,7
	1200			232,7	8,6	12,0	16,3	21,6	28,2	36,1	45,6	12,0	13,7	15,6	17,6	19,7	21,8	23,7	
	F62A2	130 Φ x 100S	6+2	1000	258,6	9,7	13,4	18,1	23,9	31,0	39,5	49,6	13,0	14,9	16,9	19,1	21,3	23,4	25,4
	1200			310,3	11,6	16,1	21,8	28,7	37,2	47,4	59,5	15,6	17,8	20,3	22,9	25,6	28,1	30,5	
	F42B2			4+2	900	430,1	15,8	22,1	30,1	40,0	52,1	66,7	84,2	22,2	25,3	28,8	32,5	36,4	40,2
1000	477,8	17,6	24,6		33,4	44,4	57,9	74,1	93,5	24,7	28,1	32,0	36,1	40,4	44,7	48,7			
F62B2	6+2	900	573,4	21,5	29,8	40,2	53,1	68,8	87,6	109,9	28,8	33,0	37,5	42,4	47,2	52,0	56,4		
1000		637,1	23,9	33,1	44,7	59,0	76,4	97,3	122,1	32,0	36,6	41,7	47,1	52,5	57,7	62,6			

	F124B		12+4	870 960	1108,6 1223,3	41,6 45,9	57,6 63,6	77,8 85,8	102,6 113,3	132,9 146,7	169,3 186,8	212,5 234,5	55,7 61,5	63,7 70,3	72,6 80,1	81,9 90,3	91,3 100,8	100,5 110,9	108,9 120,2
40	F42A2	95 Φ 76 S	4+2	1000 1200	193,9 232,7	6,9 8,2	9,6 11,6	13,1 15,8	17,5 21,0	22,8 27,4	29,3 35,2	37,0 44,4	10,6 12,7	12,1 14,5	13,7 16,5	15,5 18,6	17,4 20,8	19,2 23,1	21,0 25,2
	F62A2			6+2	1000 1200	258,6 310,3	9,3 11,2	13,0 15,6	17,6 21,1	23,2 27,9	30,2 36,2	38,5 46,1	48,3 58,0	13,6 16,3	15,6 18,7	17,7 21,3	20,0 24,0	22,4 26,9	24,7 29,6
	F42B2	130 Φ x 100S	4+2		900 1000	430,1 477,8	15,2 16,9	21,4 23,7	29,1 32,4	38,8 43,1	50,7 56,3	65,0 72,2	82,1 91,2	23,6 26,2	26,8 29,8	30,4 33,8	34,4 38,2	38,5 42,8	42,6 47,3
	F62B2			6+2	900 1000	573,4 637,1	20,7 23,0	28,8 32,0	39,0 43,3	51,6 57,3	66,9 74,3	85,3 94,7	107,1 119,0	30,2 33,6	34,5 38,4	39,3 43,7	44,4 49,4	49,6 55,1	54,8 60,8
	F124B		12+4		870 960	1108,6 1223,3	40,0 44,2	55,7 61,4	75,3 83,1	99,7 110,0	129,3 142,7	164,9 181,9	207,1 228,5	58,4 64,4	66,8 73,7	76,0 83,9	85,9 94,8	95,9 105,9	105,9 116,8

Bảng 4-27 : Năng suất lạnh máy nén 2 cấp MYCOM □ NH3

Tk oC	Mode	Pittông Φ x S mm	Số Xi lạnh	Tốc độ	Thể tích quét M3/h	Qo, 1000 kCal/h						Ne, kW							
						-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30	-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30
30	N42A2	95 Φ 76 S	4+2	1000 1200	193,9 232,7	5,4 6,4	7,7 9,2	10,8 12,9	14,7 17,7	19,7 23,6	25,9 31,1	33,5 40,2	8,1 9,7	9,2 11,0	10,4 12,5	11,8 14,2	13,1 16,0	14,9 17,9	16,6 19,9
				N62A2	6+2	1000 1200	258,6 310,3	7,4 8,8	10,8 12,6	14,6 17,5	19,8 23,8	26,3 31,6	34,4 41,3	44,3 53,2	10,8 12,6	11,9 14,3	13,6 16,3	15,5 18,6	17,6 21,1
	N42B2	130 Φ	4+2	900 1000		430,1 477,8	11,9 13,2	17,1 19,0	23,9 26,5	32,6 36,3	43,7 48,6	57,4 63,8	74,3 82,6	18,0 20,0	20,4 22,6	23,1 25,7	26,2 29,1	29,5 32,8	33,1 26,8

	N62B2	x 100S	6+2	900	573,4	16,3	23,3	32,3	43,9	58,4	76,4	98,3	23,2	26,5	30,2	34,4	39,0	44,0	49,2
				1000	637,1	18,1	25,9	35,9	48,8	64,9	84,9	109,2	25,8	29,4	33,6	38,2	43,3	48,8	54,7
	N124B		12+4	870	1108,6	31,5	45,0	62,5	84,9	113,0	147,7	190,0	44,9	51,2	58,4	66,5	75,4	85,0	95,2
				960	1223,3	34,8	49,7	69,0	93,7	124,6	162,9	209,6	49,6	56,5	64,4	73,4	83,2	93,8	105,0
35	N42A2	95 Φ	4+2	1000	193,9	5,2	7,5	10,5	14,4	19,3	25,4	32,9	8,5	9,6	10,9	12,4	14,0	15,8	17,6
				1200	232,7	6,2	9,0	12,6	17,3	32,2	30,5	39,5	10,2	11,5	13,1	14,9	16,8	18,9	21,1
	N62A2	76 S	6+2	1000	258,6	7,1	10,2	14,2	19,4	25,8	33,8	43,5	10,9	12,4	14,2	16,2	18,4	20,9	23,5
				1200	310,3	8,6	12,3	17,1	23,3	31,0	40,6	52,2	13,0	14,9	17,0	19,4	22,1	25,0	28,2
	N42B2	130 Φ x 100S	4+2	900	430,1	11,5	16,6	23,3	31,9	42,8	56,4	73,0	18,8	21,3	24,2	27,5	31,1	35,0	35,1
	1000			477,8	12,8	18,5	25,9	35,5	47,6	62,7	81,1	20,9	23,6	26,9	30,5	34,5	38,9	43,4	
N62B2	6+2			900	573,4	15,8	22,7	31,6	43,0	57,3	75,0	96,5	24,1	27,5	31,4	35,9	40,9	46,3	52,0
		1000	637,1	17,6	25,2	35,1	47,8	63,6	83,3	107,3	26,8	30,5	34,9	39,9	45,4	51,4	57,8		
N124B		12+4	870	1108,6	30,6	43,8	61,1	83,1	110,7	144,9	186,6	46,6	53,2	60,8	69,4	79,0	89,4	100,6	
				960	1223,3	33,8	48,4	67,4	91,7	122,2	159,9	206,0	51,4	58,7	67,1	76,6	87,2	98,7	111,0
40	N42A2	95 Φ	4+2	1000	193,9	5,0	7,3	10,2	14,1	18,9	24,9	32,3	8,8	10,0	11,4	13,0	14,7	16,6	18,7
				1200	232,7	6,0	8,7	12,3	16,9	22,7	29,9	38,8	10,6	12,0	13,7	15,6	17,7	20,0	22,4
	N62A2	76 S	6+2	1000	258,6	6,9	9,9	13,9	18,9	25,3	33,2	42,7	11,3	12,9	14,7	16,9	19,3	21,9	24,7
				1200	310,3	8,3	11,9	16,7	22,7	30,4	39,8	51,3	13,5	15,4	17,7	20,3	23,1	26,3	29,7
	N42B2	130 Φ x 100S	4+2	900	430,1	11,1	16,1	22,7	31,2	42,0	55,3	71,7	19,6	22,2	25,3	28,8	32,6	36,9	41,4
	1000			477,8	12,4	17,9	25,3	34,7	46,6	61,5	79,7	21,8	24,7	28,1	32,0	36,3	41,0	46,0	
N62B2	6+2			900	573,4	15,3	22,0	30,8	42,0	56,1	73,5	94,8	25,0	28,5	32,7	37,4	42,7	48,5	54,8
		1000	637,1	17,0	24,5	34,2	46,7	62,3	81,7	105,3	27,7	31,7	36,3	41,6	47,5	53,9	60,9		
N124B		12+4	870	1108,6	29,6	42,6	59,6	81,2	108,5	142,1	183,2	48,5	55,2	63,2	72,4	82,6	93,8	106,0	
				960	1223,3	32,7	47,0	65,7	89,6	119,7	156,8	202,2	53,3	60,9	69,8	79,9	91,2	103,5	117,0

* * *