

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG NGHIỆP I HÀ NỘI



GS. TS. PHẠM XUÂN VƯỢNG
TS. TRẦN NHƯ KHUYÊN



GIÁO TRÌNH
KỸ THUẬT LẠNH VÀ LẠNH ĐÔNG THỰC PHẨM

HÀ NỘI – 2006

Chương 1

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN

1.1. Cơ sở nhiệt động của máy lạnh.

Truyền nhiệt từ vật có nhiệt độ thấp đến vật có nhiệt độ cao hơn thực hiện trong máy lạnh với trợ giúp của chất làm việc phụ (môi chất) chi phí một công hoặc nhiệt lượng. Quá trình môi chất thực hiện gọi là quá trình vòng tròn ngược hoặc là chu trình nhiệt động ngược. Hình dưới cho ta một chu trình lạnh.

Giả sử vật A có nhiệt độ thấp là T , đặt trong vùng lạnh; vật B có nhiệt độ cao T_C - là môi trường xung quanh; vật C là môi chất làm việc. Môi chất làm việc hoàn thành một chu trình vòng tròn, lấy đi nhiệt lượng Q_0 từ vật A (bằng cách bốc hơi môi chất ở nhiệt độ thấp) sau đó nhận một công L từ ngoài và truyền vào vật B một nhiệt lượng Q, chi phí một công L.

Trong quá trình khép kín, khối lượng môi chất không đổi, chỉ thay đổi trạng thái liên kết của nó khi bốc hơi và ngưng tụ.

Do đó tương ứng với định luật 1 của nhiệt động học có thể viết $Q = Q_0 + L$. Kết quả là vật B có nhiệt độ cao, nhận nhiệt lượng lớn hơn lấy ra từ vật lạnh A.

Lượng nhiệt Q_0 , đo được trong 1 giờ gọi là năng suất nhiệt, hoặc là công suất lạnh của thiết bị (KJ).

$$Q_0 = q_0 \cdot G$$

Trong đó:

q_0 - năng suất lạnh riêng (tính 1 Kg), đôi khi còn gọi là nhiệt riêng sôi của môi chất (KJ/Kg).

G - Lượng môi chất lưu thông trong 1 giờ của thiết bị.

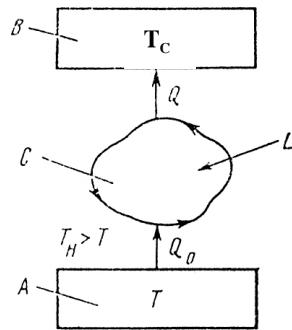
Hiệu quả làm việc của thiết bị lạnh, đặc trưng bởi hệ số lạnh.

$$\varepsilon = \frac{Q_0}{L} = \frac{q_0}{l} = \frac{Q_0}{Q - Q_0} = \frac{1}{\frac{Q}{Q_0} - 1}$$

Trong đó:

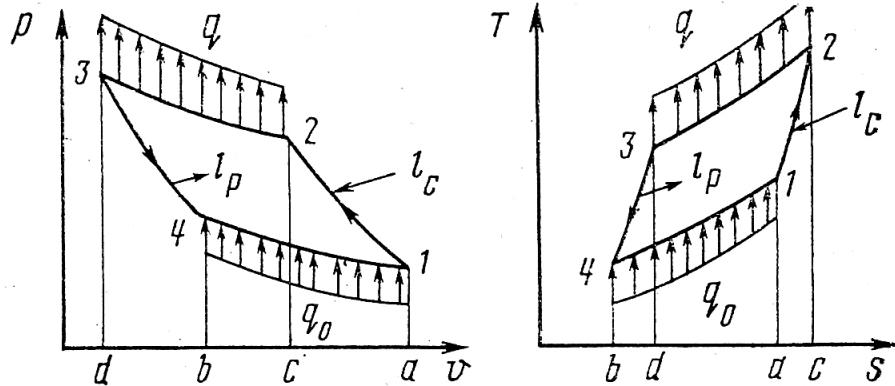
l - công riêng (KJ/Kg).

Khi môi chất của thiết bị lạnh là chất bị nén (hơi, khí hoặc không khí), chi phí công thực hiện nén (giảm thể tích) của môi chất này, nghĩa là dùng để tăng nhiệt độ và áp suất. Ở vị trí ngược lại, khi dẫn môi chất bị nén gắn liền với hoàn thành sự làm việc của nó (Hình 1.2).



Hình 1.1. Sơ đồ nguyên tắc làm việc của máy lạnh

Điều này cho phép ta trình bày vòng tròn của thiết bị lạnh trong toạ độ p - v (áp suất tuyệt đối và thể tích riêng) và T - S (nhiệt độ tuyệt đối và ăngtrôpi).



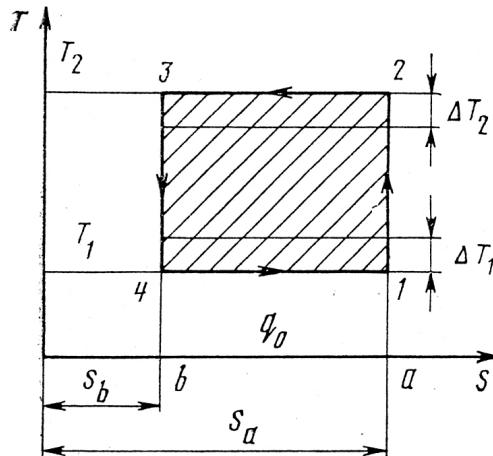
Hình 1.2. Chu trình ngược trong toạ độ p - v và T - S

Trong toạ độ p - v, diện tích dưới đường cong của quá trình biểu diễn công, còn trong toạ độ T - S là nhiệt lượng. Diện tích 1 - 2 - 3 - 4 trong toạ độ p - v là công ngoài hiệu quả 1 (là hiệu của công dẫn 1 = $l_n - l_d$) còn trong toạ độ T - S tương đương với công này là nhiệt lượng. Diện tích ab4-1 trên đồ thị T - S là năng suất lạnh của thiết bị q_0 , diện tích c - 2 - 3 - d là nhiệt lượng q truyền bởi tác nhân vào không khí bên ngoài.

1.1.1. Chu trình Cácnô (Quá trình vòng tròn ngược).

Khảo sát chu trình lạnh, thực hiện giữa hai nguồn nhiệt có nhiệt độ T_1 và T_2 có dung lượng nhiệt rất lớn. Trao đổi nhiệt ngược của môi chất từ nguồn nhiệt, diễn ra ở nhiệt độ không đổi (đẳng nhiệt). Quá trình nén và dẫn của môi chất xảy ra không có trao đổi nhiệt bên ngoài (đoạn nhiệt).

Chu trình ngược tạo nên bởi hai đẳng nhiệt và hai đoạn nhiệt, gọi là chu trình Cácnô. Trong quá trình đẳng nhiệt 4 - 1 đưa vào môi chất nhiệt lượng q_0 (diện tích 4 - 1 - a - b) lấy từ nguồn nhiệt có nhiệt độ thấp, nghĩa là từ môi trường lạnh. Nhiệt độ của môi chất bằng nhiệt độ môi trường lạnh T_1 và không đổi.



Hình 1.3. Chu trình Cácnô ngược trong toạ độ T - S.

Sau đó hoàn thành quá trình đoạn nhiệt trong máy nén bắt đầu từ áp suất ban đầu p_1 (quá trình 1 - 2), không có trao đổi nhiệt với môi trường bên ngoài và nhiệt độ môi chất tăng từ T_1 đến nhiệt độ môi trường bên ngoài, hoặc là nguồn nhiệt độ cao T_2 . Quá trình nén chi phí một công nén I_n , quá trình đẳng nhiệt tiếp theo 2 - 3 môi chất nhường nhiệt lượng q_1 cho nguồn có nhiệt độ cao T_2 , nghĩa là môi trường bên ngoài (diện tích 2 - 3 - b - a). Khi đó nhiệt độ môi chất T_2 cũng bằng nhiệt độ môi trường và không đổi. Để môi chất một lần nữa có thể lấy nhiệt từ nguồn nhiệt độ thấp (môi trường lạnh), nó thực hiện dãy đoạn nhiệt không tổn thất (quá trình 3 - 4) từ áp suất p_2 xuống áp suất p_1 . Trao đổi nhiệt với môi trường không có, nhiệt độ môi chất giảm từ T_2 xuống T_1 , hoàn thành công dãy I_d .

Như vậy, khi hoàn thành chu trình Cácnô ngược, nhiệt lượng q_0 lấy từ nguồn nhiệt độ thấp T_1 và truyền vào nguồn nhiệt độ cao T_2 . Để thực hiện, cần chi phí một công I ($I = I_n + I_d$).

Công chi phí cho chu trình ngược Cácnô lý tưởng biến thành nhiệt, được môi chất truyền vào môi trường có nhiệt độ T_2 . Không chỉ q_0 lấy từ môi trường lạnh mà còn nhiệt tương đương công chi phí I .

Phương trình cân bằng nhiệt ứng với định luật thứ hai của nhiệt động học có dạng: $q = q_0 + I$; công chi phí cho quá trình: $I = q - q_0$ tương ứng với diện tích 1 - 2 - 3 - 4 (phân gạch trên hình 1.3) bằng hiệu của diện tích 2 - 3 - b - a và 1 - 4 - b - a.

Nhiệt lượng q_0 lấy từ môi trường lạnh xác định năng suất lạnh của chu trình. Do đó năng suất lạnh 1Kg môi chất gọi là năng suất lạnh khối của tác nhân (KJ/Kg). Trên đồ thị $T - S$, q_0 và I được biểu diễn bằng diện tích, đối với chu trình Cácnô có dạng:

$$q_0 = T_1(S_a - S_b) \quad I = (T_2 - T_1)(S_a - S_b)$$

Và khi thay vào công thức tính hệ số lạnh của chu trình Cácnô ta có:

$$\varepsilon_K = \frac{T_1(S_a - S_b)}{(T_2 - T_1)(S_a - S_b)} = \frac{T_1}{T_2 - T_1} = \frac{1}{\theta - 1}$$

Từ đó suy ra rằng, hệ số lạnh của chu trình Cácnô ngược, không chỉ phụ thuộc vào tính chất vật lý của môi chất dùng mà còn được xác định bởi tỉ số nhiệt độ biến $\left(\theta = \frac{T_2}{T_1}\right)$ nghĩa là nhiệt độ môi trường lạnh và môi trường xung quanh. Hệ số lạnh càng lớn khi nhiệt độ môi trường lạnh càng cao (T_1) và nhiệt độ môi trường xung quanh T_2 càng thấp).

Độ lớn ε càng lớn, sự làm việc của máy lạnh càng kinh tế.

Ở nhiệt độ đã cho T_1, T_2 , chu trình Cácnô có giá trị hệ số lạnh cao nhất so với các chu trình khác, do đó chu trình Cácnô là chu trình lạnh tiêu chuẩn. Các chu trình khác trong khoảng nhiệt độ T_1, T_2 đã cho chi phí công lớn hơn chu trình Cácnô.

Trong điều kiện làm việc thực của thiết bị lạnh, nguồn nhiệt độ thấp là vật lạnh (không khí, sản phẩm, đất); nguồn nhiệt độ cao là môi trường lạnh (không khí hoặc nước) nhiệt độ môi chất luôn cần thấp hơn nhiệt độ môi trường lạnh (độ lớn Δt_1 hình 1.3). Chỉ khi đó nhiệt lượng từ môi trường lạnh sẽ chuyển đến môi chất lạnh hơn trong quá trình dãy 4 - 1; mặt khác nhiệt độ môi chất cần cao hơn nhiệt độ môi trường (Δt_2), để nhiệt có thể chuyển từ môi chất (quá

trình 2 - 3) vào nước hoặc vào không khí. Khi đó chu trình lạnh thực hiện trong khoảng nhiệt độ giới hạn và có hiệu quả năng lượng nhỏ (lạnh) nghĩa là hệ số ϵ nhỏ.

Năng suất lạnh thể tích q_v (KJ/m^3) là đặc tính quan trọng của chu trình Cácnô ngược. Đó là tỷ số giữa năng suất lạnh khối riêng q_0 với thể tích riêng của môi chất v_1 ở đầu thời kỳ nén của máy nén, nghĩa là:

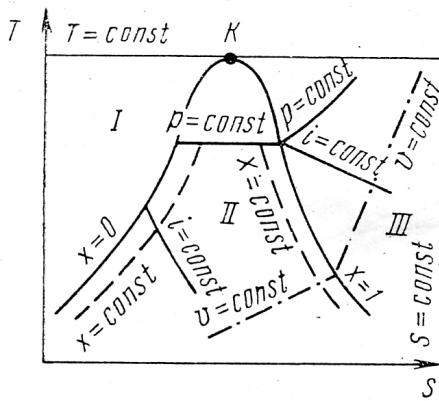
$$q_v = \frac{q_0}{v_1}$$

Đại lượng này xác định bởi thể tích giờ của máy nén, nghĩa là đặc tính cấu tạo của máy lạnh.

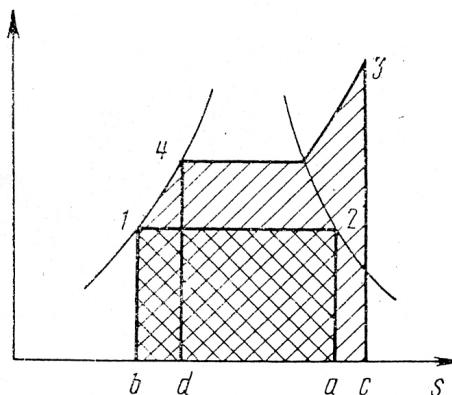
1.1.2. Đồ thị nhiệt động.

Để tính toán chu trình máy lạnh, cần xác định các thông số của môi chất sử dụng cho đồ thị và các bảng gia công trên cơ sở lý thuyết và thực nghiệm. Phổ biến nhất là đồ thị entanpy và ăngtrôpi, tập hợp các đường cong đặc trưng toạ độ tương ứng của quá trình nhiệt động, cho phép tìm giá trị của thông số môi chất tại các điểm bất kỳ của quá trình khảo sát.

a/ *Đồ thị ăngtrôpi (Hình 1.4a)*



a/



b/

Hình 1.4. Cấu trúc đồ thị $T - S$ (a) và biểu diễn quá trình (b).

Trục hoành đặt ăngtrôpi S , các đường thẳng đứng (thẳng gốc với trục S) có giá trị không đổi, nghĩa là đoạn nhiệt. Trục tung đặt giá trị nhiệt độ tuyệt đối T , các đường ngang là đường đẳng nhiệt. Trên đồ thị xây dựng hai đường cong giới hạn $x = 0$ (ứng với chất lỏng bão hòa) và $x = 1$ (ứng với môi chất bão hòa khô). Giữa hai đường cong là vùng II của hơi ẩm. Trạng thái của hơi ẩm đặc trưng bởi mức độ khô x thay đổi từ 0 đến 1. Trong vùng này vẽ đường hàm lượng ẩm không đổi ($x = \text{const}$) cho thấy lượng hơi không đổi trong hỗn hợp lỏng - hơi. Vẽ đường áp suất không đổi (đẳng áp) $P = \text{const}$; thể tích riêng không đổi (đẳng tích) $v = \text{const}$ và entanpy không đổi - đẳng entanpy ($i = \text{const}$). Đẳng tích trong vùng hơi ẩm trùng với đẳng nhiệt, còn trong vùng hơi quá nhiệt dung đứng lên trên. Đường p trong vùng lỏng không đưa vào; thực tế nằm bên trái đường cong giới hạn. Đường cong giới hạn bên trái tách vùng II (hơi ẩm) khỏi vùng I chất lỏng quá lạnh. Đường cong giới hạn bên phải tách vùng hơi ẩm II khỏi vùng III hơi quá nhiệt. Quá trình nhận và nhường nhiệt tương đương với lượng nhiệt chi phí để nén môi chất hoặc nhận khi dẫn (trị số là diện tích các vùng trên đồ thị $T - S$). Nhiệt cấp

cho môi chất trong quá trình đẳng nhiệt 1 - 2 (hình 1.4b) biểu diễn bởi diện tích 1 - 2 - a - b. Nhiệt tách ra trong quá trình đẳng áp 3 - 4 là diện tích 3 - 4 - d - c.

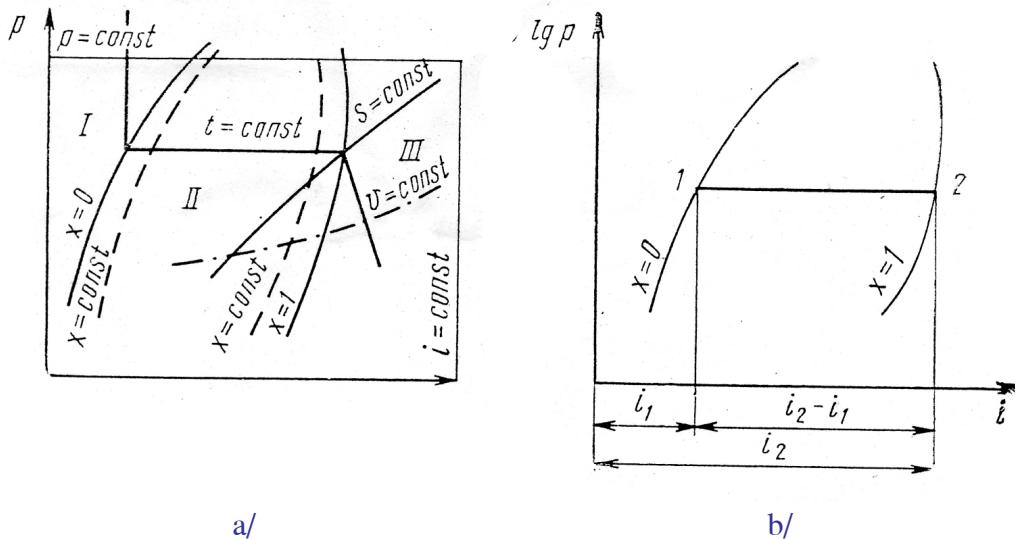
Đường cong trái và phải đi qua điểm chuẩn K; môi chất ở điểm này hoàn toàn ở trạng thái hơi. Dưới điểm K, môi chất có thể ở cả trạng thái hơi hoặc lỏng.

b/ Đồ thị entanpy (Hình 1.5a)

Đường nằm ngang song song với trục hoành là đường đẳng áp ($p = \text{const}$), đường thẳng đứng là đường đẳng entanpy ($i = \text{const}$). Trên đồ thị thường sử dụng tỉ lệ xích (lgp).

Trong vùng hơi ẩm, đồ thị $\lg p - i$ là đường thẳng trùng với đường đẳng áp. Trong vùng hơi quá nhiệt, đường cong đi xuống. Trong vùng lỏng đường cong đi lên. Giá trị nhiệt độ trong đồ thị thường cho trong bảng. Đường đẳng tích là đường chấm chấm. Đường đoạn nhiệt ($S = \text{const}$) là đường cong xiên. Đường có hàm lượng hơi không đổi là đường chấm chấm.

Nhiệt và công của quá trình đoạn nhiệt trong đồ thị $\lg p - i$ không biểu thị bằng diện tích mà là một đoạn trên trục hoành (Hình 1.5b).



Hình 1.5. Cấu trúc đồ thị nhiệt $p - i$ (a) và biểu diễn quá trình nhiệt của nó (b).

Ví dụ: nhiệt đưa vào quá trình đẳng nhiệt 1 - 2 bằng hiệu ($i_2 - i_1$) đoạn (1 - 2) trên đường giới hạn. Entanpy đo bằng (KJ/Kg).

Thông số của các điểm nằm trên đường cong giới hạn, tìm trên đồ thị hoặc bảng hơi bão hòa của môi chất (tương ứng với nhiệt độ hoặc áp suất bão hòa). Thông số các điểm trong vùng hơi quá nhiệt cũng tìm tương tự trên. Các bảng và đồ thị cho ở phụ lục.

Ta khảo sát tính toán thực tế chỉ giá trị āngtrōpi và entanpy trong quá trình cụ thể thay đổi trạng thái môi chất. Āngtrōpi và entanpy tính từ điều kiện ban đầu ứng với trạng thái chất lỏng bão hòa ở 0°C .

Sự thay đổi āngtrōpi $dS = dq/T$ xác định hướng thay đổi nhiệt trong quá trình. Tăng āngtrōpi của môi chất, nhận nhiệt ($dS > 0; dq > 0$), giảm āngtrōpi - mất nhiệt ($dS < 0, dq < 0$), āngtrōpi không đổi ($S = \text{const}$) đặc trưng quá trình đoạn nhiệt thay đổi trạng thái của môi chất

($dq = 0$). Tăng ăngtrôpi trong quá trình nhiệt thực là quá trình trao đổi nhiệt không ngược (quá trình thuân).

Trong đồ thị T - S diện tích phía dưới các đường của quá trình, chiếu trên trục hoành, là lượng nhiệt nhân (mất) hoặc là công của quá trình $TdS = dq$.

Trong quá trình đẳng áp ($p = \text{const}$) lượng nhiệt nhận và nhường xác định bằng hiệu enthalpy cuối và đầu của quá trình $q_{1-2} = i_2 - i_1$.

Khi nén và dẫn môi chất đoạn nhiệt, công của máy cũng biểu diễn bằng:

$$I = I_2 - I_1.$$

Do đó, ở đồ thị $lg p - i$, nhiệt hoặc công của quá trình có thể xác định bằng đoạn trên trục hoành, ứng với hiệu số entanpy trên đường giới hạn của quá trình cụ thể.

1.2. Tác nhân lanh và môi trường truyền lanh.

1.2.1. Tác nhân lạnh.

Tác nhân lạnh là môi chất làm việc của máy lạnh, thực hiện và hoàn thành chu trình Cácnô. Trong quá trình này nhiệt lấy ra từ môi trường lạnh truyền vào môi trường nhiệt cao hơn (không khí, nước).

Về mặt lý thuyết tác nhân lạnh có thể sử dụng các chất lỏng bất kỳ, tuy nhiên chỉ có một số đáp ứng được yêu cầu đặc biệt: nhiệt động, hoá lý, tính kinh tế, ...

Tính chất nhiệt động của tác nhân gồm: nhiệt độ sôi trong áp suất khí quyển ($0,10133\text{ MPa}$), áp suất bốc hơi, ngưng tụ, năng suất lạnh thể tích, nhiệt hoá hơi, ...

Tính chất hoá - lý của môi chất là quan trọng: mật độ, độ nhớt, hệ số dẫn nhiệt, tính ăn mòn kim loại và những vật liệu khác. Khi mật độ và độ nhớt nhỏ, làm giảm sức cản chuyển động và giảm tổn thất áp suất trong hệ thống.

Hệ số dẫn nhiệt cao, làm tốt quá trình bốc hơi và ngưng tụ vì nâng cao được cường độ truyền nhiệt trong bộ phận trao đổi nhiệt. Khả năng hòa tan môi chất trong dầu bôi trơn, tuy thay đổi nhiệt độ sôi của hỗn hợp nhưng bảo đảm chế độ bôi trơn tốt cho máy nén, không làm giảm cường độ truyền nhiệt trong bốc hơi và ngưng tụ.

Mỗi chất không hoà tan trong nước, vì có nước trong hỗn hợp dẫn đến tạo thành bọt và làm hại cho chu trình. (làm tắc đường ống dẫn do nước đóng băng).

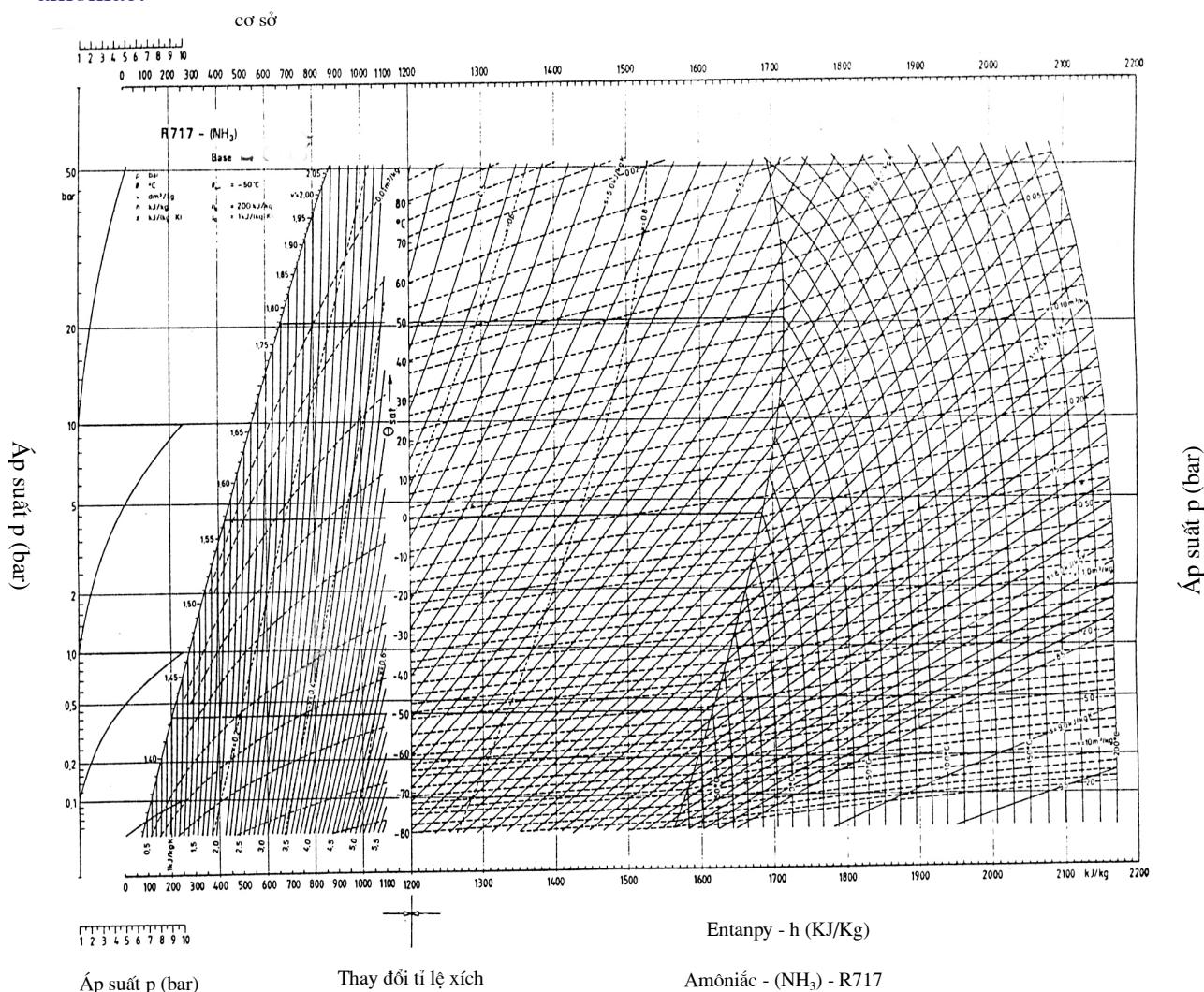
Các yêu cầu trên rất khó đáp ứng đồng thời đối với mọi chất, do đó việc lựa chọn mọi chất trong mỗi trường hợp cụ thể phụ thuộc vào công dụng và đặc điểm cấu tạo của máy, cũng như vào điều kiện làm việc và phục vụ của nó. Tính chất vật lý cơ bản của tác nhân lạnh (mọi chất) trong phụ lục. Mọi chất dùng trong kỹ thuật lạnh có đặc tính khác nhau. Sự nguy hiểm đối với người đánh giá qua mật độ cho phép trong không khí (mg/m^3) ví dụ:

Amôniac (R-717)	cho phép $20\text{mg}/\text{m}^3$.
Fréon 12	$300\text{ mg}/\text{m}^3$.
Fréon 22	$3000\text{mg}/\text{m}^3$.

Hỗn hợp của các fréon rất dễ bị rò rỉ, không độc nhưng các sản phẩm phân huỷ của chúng rất nguy hiểm khi có ngọn lửa vì nó tạo thành khí độc fosgen (OCCl_2). Phá huỷ tầng ôzôn.

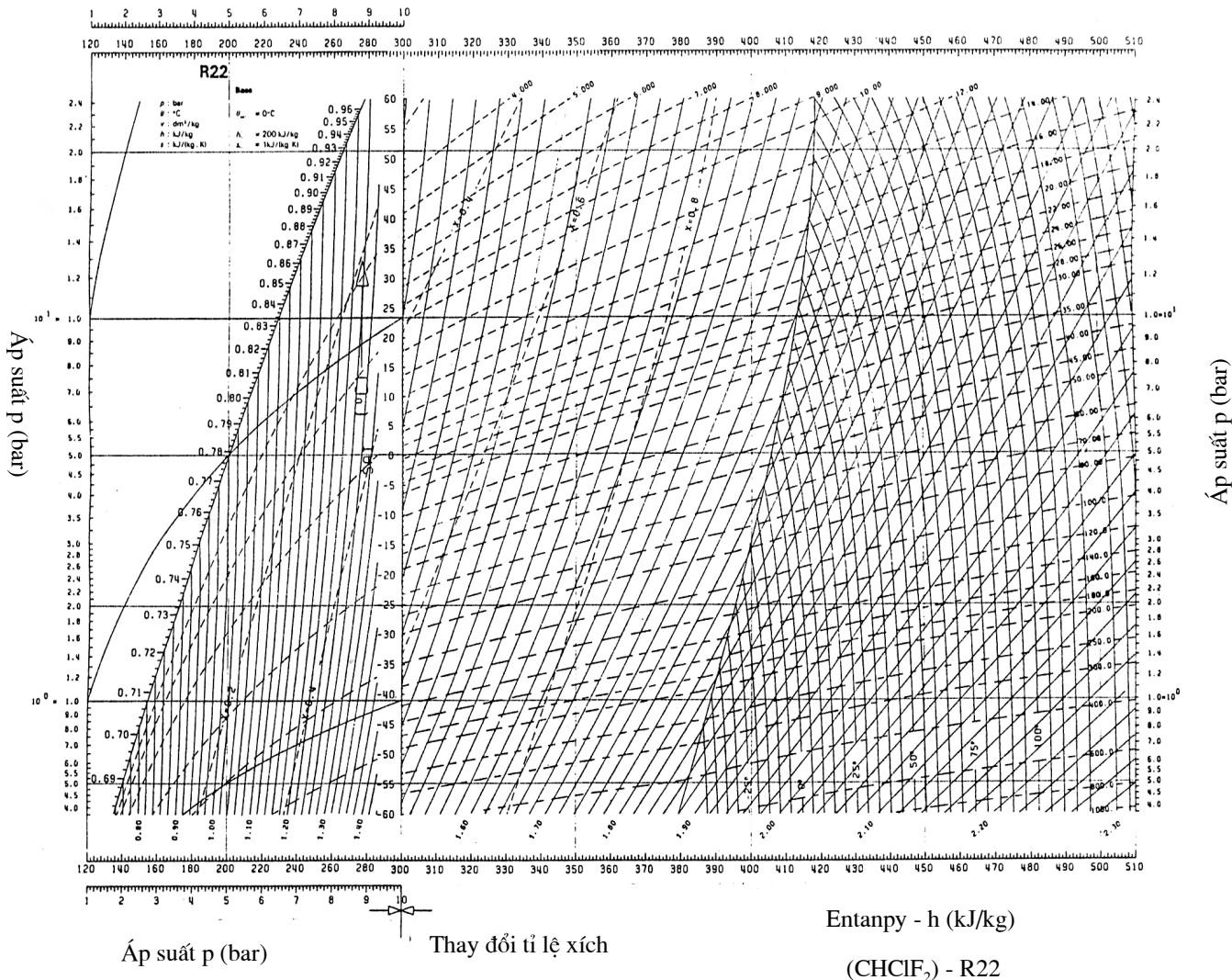
a/ Amôniắc: Được sử dụng trên 100 năm nay, là chất lỏng giá rẻ, đặc tính công nghệ và nhiệt động tốt. Ngược lại có tính độc và có thể cháy. Dùng chủ yếu trong công nghiệp (công suất lạnh tới 50KW); nhiệt ẩn hoá hơi lớn ($r = 313,89\text{Kcal/Kg}$ ở nhiệt độ hoá hơi -15°C). NH_3 hoà tan trong nước nên không bị tắc ẩm trong quá trình làm việc của máy lạnh nếu có ẩm lọt vào hệ thống. Không gây tác hại phá huỷ tầng ôzôn như các chất fréon. Nguy hiểm và độc hại với con người. Với nồng độ trong không khí lớn hơn hoặc bằng 5% thể tích trong 30 phút có thể gây chết ngạt.

Dễ gây nổ: thành phần hỗn hợp nổ trong không khí là 16 ÷ 25% theo thể tích; tác dụng với đồng và các kim loại màu khác, do đó trong hệ thống lạnh không được dùng đồng và các kim loại màu. Nếu bị rò rỉ, NH₃ dễ hấp thụ vào sản phẩm gây mùi khó chịu và làm tăng pH bề mặt sản phẩm, vi sinh vật sẽ phát triển ở sản phẩm này. (Hình 1.6) trình bày đồ thị entanpy của amôniắc.



Hình 1.6. Đồ thi entropy của amôniắc.

b/ *Những halogen*: là những dẫn xuất của mêtan (CH_4) và ethan (C_2H_6), trong đó những nguyên tử clo và flo được thay thế bằng một số nguyên tử hydrô. Một số trong chất lỏng loại này phân tử không có hydrô thì không nguy hiểm đối với con người và không cháy. Ngược lại nó rất bền và sự khuếch tán của nó trong tầng bình lưu, dưới tác dụng của tia cực tím của mặt trời, gây phá huỷ tầng ôzôn. Do đó theo hiệp định Mông - trê - an, hạn chế sử dụng một số chất lỏng halogen, đặc biệt R12 trong thiết bị lạnh và R11 trong cách nhiệt. Trong tương lai chất lỏng mới thay thế cho R12 (R134a) và R11 (R123 hoặc R141b). R22 tuy ảnh hưởng tới tầng ôzôn yếu hơn R12, nhưng trong tương lai sử dụng nó cũng bị hạn chế.



Hình 1.7. Đồ thị entanpy của R22.

Độ độc của một số tác nhân lạnh cho trong bảng 1.1.

Bảng 1.1. Độ độc của một số tác nhân lạnh trong không khí.

Loại tác nhân	Nồng độ độc trong không khí ở 21°C		Thời gian tác dụng (h)
	Phân trăm thể tích	g/m ³	
NH ₃	0,5 ÷ 0,6	312 ÷ 418	1/2
R113	4,8 ÷ 5,2	373 ÷ 404	1,0
CO ₂	29 ÷ 30	532 ÷ 550	1/2 ÷ 1,0
R11	10,0	570	2
R22	18,0 ÷ 22,6	640 ÷ 810	2
R12	28,5 ÷ 30,4	1140 ÷ 1530	Chuột bạch bị tác dụng 2h không thấy tai biến rõ.

Bảng 1.2. Tính chất nhiệt động của tác nhân lạnh và kích thước tương đối của máy nén.

Tác nhân	Áp suất ngưng ở 30°C (MPa)	Áp suất sôi ở -15°C (MPa)	Năng suất lạnh khối lượng (kJ/kg)	Năng suất lạnh thể tích (kJ/m ³)	Kích thước tương đối của máy nén
Amôniắc	11,67	2,35	1104,5	2170,4	1
R22	12,0	3,0	161,7	2044,7	1,06
R142	3,93	0,79	179,2	650,7	3,33

1.2.2. Môi trường truyền lạnh.

Chất mang nhiệt (hoặc chất tải lạnh) là chất trung gian để tách nhiệt khỏi đối tượng làm lạnh và truyền vào tác nhân lạnh. Truyền nhiệt như thế thường xảy ra ở khoảng cách nào đó đối với đối tượng cần làm lạnh.

Yêu cầu kỹ thuật đối với chất mang nhiệt (chất tải lạnh): Nhiệt độ đóng băng thấp và độ nhớt không đáng kể ở nhiệt độ thấp, nhiệt dung cao, giá rẻ, không hại không cháy, ổn định. Sau ta xét một số chất tải lạnh thông dụng.

a) Không khí.

Không khí là hỗn hợp các khí khác nhau. Thông số chính của không khí là độ ẩm (tuyệt đối và tương đối), hàm lượng ẩm, entropy, nhiệt dung, độ dẫn nhiệt. Trong không khí thường có 3 ÷ 4% hơi nước (ở Việt Nam giá trị này khá cao). Không khí ẩm khảo sát như là hỗn hợp của hai khí lý tưởng: không khí khô và hơi nước.

Áp suất chung của không khí ẩm bằng tổng áp suất riêng phần không khí khô và áp suất hơi nước.

$$P = P_K + P_h$$

Trong đó: P_K - Áp suất riêng phần không khí khô

P_h - Áp suất hơi nước

Khối lượng riêng của không khí ẩm ở nhiệt độ tuyệt đối T bằng tổng khối lượng riêng không khí khô và hơi nước.

$$\rho = \rho_K + \rho_h$$

Ở nhiệt độ cao, khối lượng riêng của không khí ẩm giảm. Trong điều kiện cùng áp suất và nhiệt độ, không khí ẩm nhẹ hơn không khí khô.

Môi trường không khí có ưu điểm: rẻ, dễ vận chuyển vào tận các nơi cần làm lạnh, không gây độc hại, không ăn mòn thiết bị. Tuy nhiên sử dụng không khí cũng có nhược điểm sau: hệ số cấp nhiệt α nhỏ; ở trạng thái đối lưu tự nhiên $\alpha = 6 \div 8 \text{ Kcal/m}^2.\text{h.độ}$. Người ta có thể tăng vận tốc không khí, tuy nhiên α cũng tăng không nhiều. Ví dụ khi $v = 1,5 - 2 \text{ m/s}$ thì $\alpha = 9 \text{ Kcal/m}^2.\text{h.độ}$

$$v = 5 \text{ m/s} \quad \text{thì } \alpha = 24 \text{ Kcal/m}^2.\text{h.độ}$$

$$v = 10 \text{ m/s} \quad \text{thì } \alpha = 30 \text{ Kcal/m}^2.\text{h.độ}$$

Thực tế khi $v > 10 \text{ m/s}$ thì hiệu suất lạnh tăng không đáng kể, làm khô bề mặt sản phẩm hoặc tăng cường quá trình ôxi hoá.

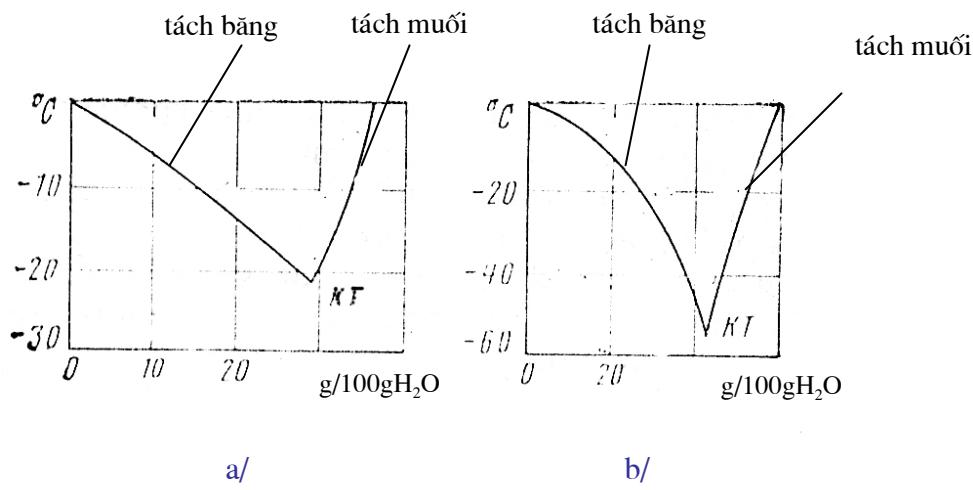
b/ *Nước*: có nhiệt dung cao (lớn hơn 4 lần so với không khí) rất tốt cho chất tải lạnh nhưng nhiệt độ đóng băng cao nên phần nào hạn chế sử dụng. Người ta chỉ dùng ở nhiệt độ cao hơn 0°C .

c/ *Dung dịch muối*.

Muối ăn ngoài thành phần chính là NaCl , còn chứa các thành phần muối khác như CaCl_2 , MgCl_2 , KCl , ... trong đó CaCl_2 liên kết với dung dịch prôtéin và axít béo tạo thành Canxi anbuminat không hòa tan, làm tăng độ cứng và giảm mức độ tiêu hoá của sản phẩm. MgCl_2 làm cứng sản phẩm và tăng vị đắng của nó.

Nước muối dùng làm chất tải lạnh ở nhiệt độ dưới 0°C . Thường dùng phổ biến dung dịch nước clorit - canxi. Tính chất vật lý cơ bản cho trong phụ lục.

Tính chất nước muối phụ thuộc vào độ đậm đặc của muối trong dung dịch. Tăng độ đậm đặc, nhiệt độ đóng băng của nước muối giảm tối điểm KT, ứng với nhiệt độ đóng đặc của dung dịch muối ở dạng hỗn hợp đồng nhất tinh thể muối và nước đá. Tăng độ đậm đặc của muối sẽ làm tăng nhiệt độ đóng băng của dung dịch



Hình 1.8. Đồ thị nhiệt độ đóng cứng của dung dịch nước NaCl (a) và CaCl_2 (b). (nhánh phải của đường cong hình 1.8). Điểm KT đối với dung dịch nước muối NaCl đặc trưng ở nhiệt độ $-21,2^\circ\text{C}$ và hàm lượng 29% (theo khối lượng) muối trong nước. Đối với dung dịch CaCl_2 và MgCl_2 tương ứng là -55°C , 42,7% và $-33,6^\circ\text{C}$, 27,6%.

Khi tăng độ đậm đặc làm tăng mật độ nước muối và giảm nhiệt dung dẫn tới tăng chi phí năng lượng cho chu trình trong hệ thống lạnh. Chính vì thế người ta chọn độ đậm đặc giới hạn trong vùng dung dịch không bão hòa, nằm phía trên đường cong kết tinh.

Dung dịch clorit canxi dùng để tạo nên nhiệt độ tới -50°C , dung dịch muối ăn đến -15°C . Nước muối gây rỉ kim loại. Để giảm tác hại của muối thường người ta bổ xung thêm như bicrômamat natri.

d/ Chất tải lạnh rắn.

Chất tải lạnh rắn ở Việt Nam thường dùng đá ướt (đá cây) và đá khô (tuyết cacbonic).

- Đá ướt: Đá cây được sản xuất với khối lượng 10, 20, 25, 50 Kg/1 cây. Đá cây khi dùng thường nghiền nhỏ để tăng diện tích tiếp xúc, làm lạnh được nhanh. Ẩn nhiệt hoà tan của đá là 80Kcal/Kg. Đối với đá làm lạnh thực phẩm hoặc để ăn phải đảm bảo tiêu chuẩn dưới 100 vi khuẩn/cm³ và không có vi khuẩn E.Coli.

Nước trước khi cho đông đặc cần được xử lý bằng NaClO, Ca(OCl)₂, NaNO₃, H₂O₂, ... Cần lưu ý, nồng độ khử ClO còn lại trong đá phải nhỏ hơn 50 - 80 mg/l.

- Đá khô: Đá khô thăng hoa thu nhiệt lớn và ở nhiệt độ thấp nên dùng bảo quản các sản phẩm kỵ ẩm và dùng làm lạnh đông.

Đá khô dùng nhiều trong công nghiệp thực phẩm. Việt Nam đã sản xuất được đá khô dạng khối và dạng viên.

1.3. Khái niệm cơ bản về kỹ thuật lạnh và lạnh đông thực phẩm.

Khái niệm “lạnh” là chỉ trạng thái vật chất có nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ bình thường. Nhiệt độ bình thường là nhiệt độ thích hợp với cơ thể con người, dao động trong khoảng $+18^{\circ}\text{C}$ đến $+25^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ đó có thể coi là giới hạn trên của lạnh.

Người ta phân biệt lạnh thường, lạnh đông, lạnh đông thâm độ và lạnh tuyệt đối:

- Lạnh thường $+18^{\circ}\text{C} > t^0 > t^0_{\text{đóng băng}}$
- Lạnh đông $t^0_{\text{đóng băng}} > t^0 > -100^{\circ}\text{C}$
- Lạnh thâm độ $-100^{\circ}\text{C} > t^0 > -200^{\circ}\text{C}$
- Lạnh tuyệt đối (lạnh Cryo) $-200^{\circ}\text{C} > t^0 > -272,999985^{\circ}\text{C}$.

1.3.1. Tồn thaat và bảo vệ thực phẩm.

Người ta đã đánh giá rằng, ở một số vùng trên thế giới có tới 50% thực phẩm cần thiết bị tồn thaat trong khoảng thời gian giữa sản xuất và tiêu thụ. Tại các nước nóng ẩm vấn đề trở nên có tầm quan trọng đặc biệt. Những biện pháp bảo quản truyền thống không đủ hoặc quá đắt, do đó cần có biện pháp kỹ thuật có hiệu quả để bảo quản chúng.

Tác nhân phá hoại quan trọng nhất là các loài gặm nhấm, sâu bọ và vi sinh vật (nấm và vi khuẩn) hơn nữa chính con người do thiếu hiểu biết hoặc cẩu thả, phân bố hoặc đặt thực phẩm trong điều kiện thuận lợi cho sự biến chất khác nhau, nguồn gốc vật lý, hoá hoặc vi sinh, người tiêu dùng không thể chấp nhận.

Một yếu tố khác - trình độ văn hoá và phát triển của cư dân chưa cao, cũng góp phần vào tồn thaat của thực phẩm.

Vấn đề bảo quản thực phẩm không hề đơn giản, bởi vì các yếu tố sinh học, biện pháp kỹ thuật lựa chọn có thể ảnh hưởng tới tồn thaat xuất hiện khi xử lý, tồn trữ, vận chuyển và phân phối.

Thực phẩm của nhân dân trên thế giới không ngừng tăng đòi hỏi phải cố gắng thực hiện các biện pháp để gia tăng sản phẩm, giảm các tổn thất có thể có. Đây là vấn đề do thực tiễn đề ra và đòi hỏi phải có những biện pháp hữu hiệu để bảo quản thực phẩm đạt chất lượng cao.

Người ta phân thực phẩm thành hai nhóm lớn theo nguồn gốc của nó: thực phẩm có nguồn gốc thực vật và thực phẩm có nguồn gốc động vật. Loại thứ nhất thuộc loại sản phẩm sống trước hoặc trong thời gian bảo quản. Loại thứ hai là loại được giết mổ để sử dụng. Tất nhiên cả hai loại có một đặc điểm chung liên quan tới tính chất vật lý và thành phần hoá học của nó. Thực phẩm dễ hư hỏng đòi hỏi bảo quản ở chế độ đặc biệt và vận chuyển đặc biệt để kéo dài thời hạn phân phối.

Thực phẩm có tính chất vật lý rất khác nhau, nhưng chúng luôn chứa nước, gluxit, prôtêin, muối khoáng và vitamin với tỷ lệ khác nhau phụ thuộc vào loài thực phẩm. Phần lớn sản phẩm rau quả và các sản phẩm từ động vật, nước là yếu tố chính liên quan tới sự hư hỏng của nó. Do hàm lượng nước cao và thành phần hoá học của sản phẩm thực phẩm dễ bị hư hỏng. Sự biến chất do sự chuyển hoá (hô hấp, lên men, thuỷ phân, oxy hoá...) hoặc quá trình tự tiêu hoặc thối rữa. Tác nhân của các phản ứng này là các enzym nội sinh (tồn tại tự nhiên trong sản phẩm) hoặc ngoại sinh.

Thực phẩm trước, trong và sau khi bảo quản sẽ có hiện tượng mất nước.

1.3.2 Enzym và vi sinh vật .

Enzym là những tế bào sống chất xúc tác sinh học. Nó tác dụng nên mỗi phản ứng với môi chất của thành phần và hình thành các phân tử xác định. Hoạt động của mỗi enzym phụ thuộc vào nhiệt độ, lượng prôtêin.... Nó cũng được điều chỉnh các hoạt chất khác nhau. Một lượng enzym ngừng hoạt động sau khi mô chết, làm hư hỏng chất lượng của thực phẩm. Vi sinh vật có thể huỷ hoại các loại thực phẩm, tự phát triển và phân huỷ các chất thành phần: Sự hư hỏng của sản phẩm đôi khi lại có hại cho sức khoẻ người tiêu dùng (gây bệnh hoặc tổng hợp các chất độc).

Ngoài nhiệt độ, những yếu tố ảnh hưởng tới sự phát triển của vi sinh vật là:

- Độ ẩm: vi khuẩn và nấm chỉ phát triển trong môi trường đủ ẩm. Vi khuẩn chỉ có thể sinh sôi nếu “nước hoạt tính” bao gồm giữa 0,91 và 0,98. Đối với nấm thì cao tới 0,80 (ta gọi nước hoạt tính $A_w = \frac{P}{P_w}$. Ở đây P - áp suất cân bằng của hơi nước ở bề mặt sản phẩm. P_w - áp suất hơi bão hòa của nước nguyên chất ở cùng nhiệt độ).

- Ôxy: những mốc hảo khí (chúng cần oxy để phát triển), nhưng những nấm khác (men) thì có thể hảo khí hoặc yếm khí, cần hoặc không cần oxy. Vi khuẩn có thể hảo khí, yếm khí hoặc không bắt buộc.

- Độ PH: Nấm tự phát triển trong môi trường có độ PH = 2 ÷ 8,5, tối ưu là 4 - 6 (môi trường axít). Đối với vi khuẩn, tối ưu PH = 6 - 8.

1.3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ tới phản ứng sinh hoá và sự phát triển của vi sinh vật.

Đặc trưng tác động của nhiệt độ tới phản ứng sinh hoá là thông số “ Q_{10} ”, Q_{10} là tỷ số giữa tốc độ phản ứng đã cho ở nhiệt độ θ , V_θ . Tốc độ phản ứng ở nhiệt độ ($\theta - 10^0C$) là $V_{(\theta - 10)}$.

$$Q_{10} = \frac{V_\theta}{V_{(\theta-10)}}$$

Giá trị của Q_{10} nói chung không đổi đối với phản ứng hóa học đơn giản. Giá trị của hằng số bao gồm giữa 2 và 30, nhưng thường giữa 2 và 3. Sản phẩm thực phẩm là hệ thống hoá cực kỳ phức tạp. Nó gồm nhiều phản ứng quen thuộc xúc tác bởi enzym. Những phản ứng này thực hiện tức thời hoặc liên tiếp. Kết quả là Q_{10} thay đổi. Ví dụ trường hợp quả, Q_{10} của sự hô hấp gần bằng 2 trong nhóm nhiệt độ thông thường (10^0 đến 25^0C). Nhưng có hướng tăng ở dưới 10^0C , có thể đạt giá trị 5 - 7 giữa 0^0 và 5^0C .

Nhiệt độ tối ưu của đa số các phản ứng enzym là giữa $30 \div 40^0\text{C}$. Ở nhiệt độ $50 \div 90^0\text{C}$ đa số enzym bị huỷ hoại và mất hoạt tính. Đa số các phản ứng ở nhiệt độ thấp diễn ra chậm, nhưng enzym lại không bị tiêu diệt. Nó hoạt động trở lại khi tăng nhiệt:

Giảm hoạt động của enzym và tốc độ phản ứng sinh hoá, ở nhiệt độ thấp cho phép kéo dài thời gian bảo quản sản phẩm thực phẩm. Đối khí đối với loại enzym này không hoạt động ở nhiệt độ dưới 0^0C , nhưng loại khác vẫn hoạt động. Do đó cần bảo quản thực phẩm ở chế độ lạnh đông. Kéo dài thời gian bảo quản ở nhiệt độ $-18^0\text{C} \div -20^0\text{C}$ hoặc thấp hơn, một số phản ứng enzym không mong muốn tiếp tục diễn ra.

Rau quả bảo quản lạnh ở nhiệt độ thấp nhưng cao hơn điểm đóng băng vẫn sống. Tất cả các hoạt động chuyển hoá giảm do giảm nhiệt độ, có một số chậm hơn số khác.

Sự phát triển của vi sinh vật phụ thuộc chặt chẽ vào nhiệt độ. Nhiệt độ dưới ($+3^0\text{C}$), sẽ ngăn chặn sự gia tăng vi khuẩn ưa nhiệt và ưa nhiệt trung bình. Một số vi khuẩn ưa lạnh nhiễm vào thực phẩm có nguồn gốc động vật, làm hỏng nó ở nhiệt độ giữa $-2^0\text{C} \div +3^0\text{C}$. Để ngăn chặn phải đạt tới nhiệt độ -12^0C . Hoặc ít hơn vì nó là trường hợp lạnh đông. Tuy nhiên nhiệt độ phổ biến đối với một số sản phẩm bảo quản lạnh có nguồn gốc động vật (thịt, cá, trứng) là từ $0^0\text{C} \div 1,5^0\text{C}$ bảo quản trong thời gian ngắn và trung bình.

Nấm có thể tự phát triển ở trạng thái lạnh và gây lên những tổn thất, đặc biệt quả và rau được bảo quản lạnh ở ($-1^0 \div +5^0\text{C}$).

1.3.4. Chất lượng ban đầu của sản phẩm và phương pháp bảo quản lạnh.

Sử dụng lạnh có giới hạn và nó chỉ có thể cải thiện chất lượng của thực phẩm, sản phẩm đưa vào bảo quản cần phải tươi, an toàn và có chất lượng. Những điều kiện bảo quản cho trong (bảng 1.3, 1.4) liên quan tới quả và rau thu hoạch tươi, cá vừa đánh bắt, và thịt vừa ra khỏi lò mổ trong điều kiện vệ sinh tốt...vv.

Bảo quản lạnh muộn một sản phẩm làm giảm chất lượng bảo quản vì nó đã bị hư hại, đồng thời chịu một tiến trình sinh lý không đủ để giữ trong kho lâu dài (ví dụ quả bắt đầu chín).

Sản phẩm an toàn là sản phẩm không có vết dập, nhiễm hoặc rối loạn sinh lý, hoặc có dấu hiệu tấn công của vi sinh vật. Trong một số trường hợp (thí dụ thịt bảo quản lạnh), cần thiết phải giảm số lượng vi sinh vật ban đầu và cho thời gian bảo quản hợp lý bằng các biện pháp chăm sóc đặc biệt. Sản phẩm đông lạnh phải bao gói thích hợp và đáp ứng những đòi hỏi về vệ sinh an toàn thực phẩm. Mặt khác sử lý lạnh cần phải có hiệu quả, được duy trì cho tới khi sản phẩm được sử dụng. Các sử lý này phụ thuộc vào bản chất của thực phẩm, thời gian bảo quản và mức nhiệt độ áp dụng. Người ta cần thực hiện 3 điều kiện cơ bản sau:

- Sử dụng sản phẩm sạch và có chất lượng
- áp dụng bảo quản lạnh có thể
- Duy trì tác dụng lạnh không đổi trong điều kiện thích hợp cho tới khi sử dụng sản phẩm.

1.3.5. Sự ướp lạnh

a/ Nhiệt độ chuẩn và nhiệt độ bảo quản.

Sản phẩm bảo quản lạnh ở nhiệt độ nhất định, đều khắp mọi điểm của sản phẩm, cao hơn “nhiệt độ chuẩn” thấp hơn nhiệt độ, tại nhiệt độ này xuất hiện hiện tượng không mong muốn. Trong mọi trường hợp, nhiệt độ này cao hơn nhiệt độ bắt đầu đóng băng (hoặc nhiệt độ cryo). Trong thực tế, nhiệt độ tối thiểu là 0°C.

Đối với sản phẩm chết như thịt, cá, nhiệt độ bảo quản bảo đảm dài nhất thì nhiệt độ luôn gần với nhiệt độ bắt đầu đóng băng, trong thực tế chọn 0°C. Thời gian bảo quản thực tế mà người tiêu dùng có thể chấp nhận với mọi sản phẩm là từ 1 đến 4 tuần ở 0°C. Đồng thời để tránh sự phát triển của vi khuẩn gây bệnh, nhiệt độ phải giữ dưới 4 °C.

Đối với các sản phẩm thực vật sạch (rau, quả) bảo quản ở trạng thái sống, không thể duy trì ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ bắt đầu đóng băng, vì nhiệt độ quá thấp gây ra các rối loạn nghiêm trọng (người ta gọi là bệnh lạnh). Những sản phẩm không có bệnh lạnh (quả táo, mơ, dâu tây...) được bảo quản ở 0°C. Tuy nhiên thời gian bảo quản rất khác nhau tuỳ theo loài, một tuần đối với dâu tây và quá 6 tháng đối với táo.

Đối với những sản phẩm rất nhạy cảm với lạnh, nhiệt độ chuẩn thay đổi rộng từ +4°C (các loại táo Châu Âu) đến +14°C (chanh).

Nhiệt độ bảo quản sản phẩm phải được duy trì không đổi. Khi cần thiết điều chỉnh phải thực hiện chính xác. Nhiệt độ không khí di chuyển trong buồng lạnh, không được sai khác hơn 1°C giữa các vùng khác nhau. Biến động nhiệt độ theo thời gian ở một điểm bất kỳ phải nhỏ hơn 1°C. (Thực tế sai khác nhiệt độ $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$). Sự thay đổi nhiệt độ quá lớn dẫn đến làm hư hỏng sản phẩm về mặt sinh hoá hoặc tiến trình sinh lý hoặc có hiện tượng ngưng tụ hơi nước trên sản phẩm, làm vi sinh vật phát triển.

Sự thay đổi nhiệt độ có thể tránh, nếu phòng lạnh được cách nhiệt tốt; nếu công suất lạnh đã được hiệu chỉnh tính toán và nếu sản phẩm được bao gói và bó lại cho phép lưu thông không khí tốt.

b) Làm lạnh ban đầu:

Nếu sản phẩm hãy còn nóng, nó sẽ tự huỷ hoại nhanh (ví dụ sản phẩm động vật), nó bị mất nước nếu không được bao gói, bị chín (đối với quả) và hoá già (rau). Nếu đưa trực tiếp các sản phẩm này vào kho lạnh, nhiệt độ hạ quá chậm. Người ta mong muốn làm lạnh nhanh có thể trước khi đưa vào kho. Công việc làm lạnh ban đầu thực hiện theo các cách khác nhau tuỳ thuộc vào bản chất của sản phẩm và mục đích của nó.

- Làm lạnh trong một tuy nén hoặc buồng lạnh, có dòng khí thổi cường bức (xương, quả).
- Dùng nước đá, vẩy hoặc nhúng (một số loại quả, gia cầm), hoặc nước biển lạnh, bằng cách vẩy hoặc nhúng.
- Dùng đá cục, có nghĩa là phân chia đá thành các cục nhỏ trong lô sản phẩm (cá) hoặc phía trên sản phẩm (sản phẩm thực vật).

- Bằng chân không, đối với sản phẩm loại lá.
- Bằng phương pháp hỗn hợp, lúc bằng không khí lạnh, lúc bằng nước đá.

c) *Độ ẩm tương đối:* Trừ một số loại thực phẩm (tỏi, hành tây, quả khô, gừng...). Người ta duy trì độ ẩm tương đối cao nhưng không bão hòa (85 - 95%) trong buồng lạnh để tránh mất nước do bốc hơi hoặc do tiến trình sinh lý không mong muốn hoặc sự phát triển của vi sinh vật.

Trong buồng lạnh thường nạp đầy sản phẩm, độ ẩm tương đối càng cao khi diện tích bề mặt bộ phận bốc hơi càng lớn. Sự sai khác nhiệt độ giữa không khí cục bộ và chất lỏng là nhỏ. Sự cách nhiệt tốt là yếu tố thuận lợi để hạn chế tổn thất của sản phẩm.

d) *Sự đổi mới không khí.*

Không khí trong buồng bảo quản có thể không đủ điều kiện để bảo quản là do:

- Sự tỏa mùi (thịt, fomat, một số loại rau quả)
- Hàm lượng CO₂ tăng do sản phẩm rau quả rất nhạy cảm với loại không khí này.
- Sự tích tụ etylen hoặc thành phần hữu cơ dễ bay hơi của chất thơm, tổng hợp tự nhiên bởi các tổ chức thực vật sống và có hại với sản phẩm loại này.

Đổi mới không khí thường xuyên là biện pháp tốt nhất để hạn chế sự không mong muốn này.

e/ *Công việc bỗ xung.*

- Trường hợp quả: Làm lạnh chậm đối khi làm ức chế sự chín của một số loại quả. Ví dụ: Lê, mận, đào có thể không chín trong buồng lạnh ở nhiệt độ thấp để bảo quản chúng, nếu nó thu hoạch quá sớm.

Ngược lại, táo hoặc cà chua lại chín khi bảo quản lạnh. Nhiệt độ đảm bảo chín hoàn toàn thay đổi theo loài. Nhiệt độ tối ưu từ 16 – 22°C. Nếu để trong kho quá lâu, các quả không thể chín ; cần phải đảm bảo thời gian không quá thời gian thực tế cho trong bảng sau. Trong một số trường hợp tác nhân etylen lại có ích để xúc tiến quá trình chín (chuối) hoặc làm mất màu hoàn toàn (chanh).

- Trường hợp thịt

Thịt bò và thịt cừu cần bọc kín, nếu nó cần tiêu thụ quá sớm sau khi giết mổ. Nó cần phải làm “nguội tự nhiên” để cho tươi. Vì lý do vệ sinh nó được bảo quản khoảng chục ngày ở nhiệt độ 4°C và hai tuần ở +2°C; 16 ngày ở 0°C. Nhưng nếu làm lạnh ban đầu quá mạnh (dưới 10°C ít hơn 10h sau khi mổ thịt bị co lạnh và không căng. Quá trình tê cứng bắt đầu xảy ra đối với bắp thịt ở đâu rồi lan rộng ra dọc theo nhánh dây thần kinh tuỷ sống. Ở giai đoạn này độ chắc cơ bắp tăng, độ đàn hồi giảm. Ở nhiệt độ 15 – 18°C thời gian tê cứng là 10-12h sau khi chết. Còn ở 0°C thời gian bắt đầu tê cứng là 18 – 20 giờ.

Thực chất của tê cứng là do quá trình biến đổi chất prôtit trong tế bào chết(biến đổi thành axit lactic với độ pH giảm). Mật độ adenosintriphosphate (ATP) của cơ thuỷ phân làm xuất hiện co cơ ở nhiệt độ nhỏ (15 – 20°C) và ở nhiệt độ lớn (35- 40°C) và giữa (0- 5°C). Mười hai giờ sau khi chết có thể phân huỷ trên 90% ATP. Trong mô bắp, hàm lượng actin, miozin, actomiozin và ATP xác định tính chất cơ lý và tình trạng chất lượng con vật. Các sợi cơ bắp chỉ giữ được tính đàn hồi khi có đủ lượng ATP. ATP và một số nuclêotit triphosphate khác có tác dụng phân ly actomiozin thành actin và miozin, đồng thời ngăn cản actin tổ hợp với miozin thành actomiozin . Chính tổ hợp actomiozin ảnh hưởng nhiều tới cơ lý tính của tế bào.

Do đó quá trình tế bào cứng của thịt sau khi chết chính là sự phân huỷ ATP đồng thời tạo thành tổ hợp actomiozin.

Sản phẩm càng mỏng, nhiệt độ càng thấp và giảm càng nhanh thì ATP phân huỷ càng chậm. Do đó ở nhiệt độ thấp thì sự tê cóng bắt đầu chậm và kéo dài. Đối với cá làm lạnh nhanh sẽ kéo dài được thời gian tê cóng.

g/ Xử lý hoá học

Sử dụng thuốc sát khuẩn chống lại sự tấn công của nấm vào sản phẩm thực vật. (Khi không xử lý vi khuẩn sau thu hoạch). Sử dụng bằng dung dịch trên khắp bề mặt sản phẩm (cam quýt) hoặc từng vùng của tiết diện (chỗ xây sát ở chuối, dứa). Có thể sử dụng nhũ tương, xông khói hoặc ở trạng thái khí (nho) v.....v. Những ngăn của kho phải được khử trùng thường xuyên.

Nhờ xử lý hóa với các phương pháp khác nhau, cho phép hạn chế hoặc tránh những sự cố mang bản chất sinh lý. Ta có thể sử dụng các chất chống oxy hóa hoặc clorua canxi để duy trì sự bền vững của một số loại quả (táo, anh đào, cà chua) và giảm bệnh lạnh (quả lê tàu) hoặc hâm những tổn thất clorophin (bắp cải, hoa lơ) có thể ức chế sự gia tăng mầm(khoai tây, hành tây) bằng cách dùng hydrazit maléic hoặc este của axit naptalen axéic.

Trước khi xử lý hóa cần thông báo về loại sản phẩm đưa xử lý, điều kiện áp dụng và liều lượng phải đáp ứng.

h/ Kiểm tra và biến đổi khí quyển.

Bảo quản sản phẩm thực vật có thể sử dụng không khí nghèo ôxy và giàu CO₂. Kỹ thuật này gọi là “kiểm tra không khí” để giữ cho hàm lượng ôxy và CO₂ trong không khí không thay đổi, áp dụng chủ yếu để bảo quản táo và lê và hướng sử dụng cho một số sản phẩm thực vật khác. Nó cho phép kéo dài thời gian bảo quản từ 40 -60% so với bảo quản làm lạnh bằng không khí bình thường, cho chất lượng sản phẩm tốt nhất.

Giảm hàm lượng ôxy, có nghĩa là làm chậm quá trình hô hấp; giảm sự sinh tổng hợp của etylen và hạn chế sự ngả màu không mong muốn. Tăng thời gian sống của sản phẩm. Hàm lượng tối thiểu ôxy đối với nhiều loại rau quả là 2% ở trạng thái lạnh, nó phụ thuộc vào loài, nhiệt độ và thời gian bảo quản.

CO₂ với tỷ lệ % thích hợp là yếu tố thuận lợi để bảo quản lạnh. Nó hạn chế sự ôxy hoá, hâm tổn thất của sự trao đổi nước, axit, clorophil, làm chậm gia tăng của nấm. Một số loài không chịu được sự có mặt lâu dài của CO₂, cũng như với liều lượng 2 - 3% (rau diếp, cần tây, diếp xoăn.....).

Sử dụng không khí được kiểm soát đòi hỏi buồng lạnh phải kín. Để xúc tiến việc làm loãng ôxy, ta có thể phun nitơ vào.

Bảng 1.3. Hàm lượng Ôxy và CO₂ của không khí kiểm soát dùng bảo quản thực phẩm thực vật – bổ sung Nitơ.

Loài	Ôxy%	CO ₂ %
Táo (các loài)	3	0 - 3
Lê tàu	2÷3	5
Xoài	2	10

Đào	1	5
Cam	5	0
Quít	10÷15	0 - 2
Chuối xanh	10	5
Cà chua	3	0
Khoai tây	2	12÷16
Rau các loại	2÷3	3÷6

1.3.6 . Lạnh đông

a/ Sản phẩm lạnh đông và sản phẩm lạnh đông nhanh

Trong sản phẩm lạnh đông phân lớn nước biến thành đá và phân chia thành các thành phần khác nhau. Để thực hiện, sản phẩm chịu một quá trình lạnh đông đặc biệt nhằm bảo toàn vẹn chất lượng và giảm nhiều chất có thể những hư hỏng vật lý, sinh hoá và vi sinh trong thời gian lạnh đông và trong bảo quản về sau. Tiến trình lạnh đông làm sản phẩm thực vật bị chết, do nước hoá đá.

Sản phẩm lạnh đông duy trì thường xuyên ở trạng thái này, không hoàn toàn ổn định. Những tính chất của nó có cảm giác tiến trình xảy ra chậm vì những enzym không bị tiêu diệt và hoạt động của một số trong đó không loại bỏ hoàn toàn ở nhiệt độ thấp. Vì sinh vật không bị tiêu diệt hết ngay ở ngay chính nhiệt độ thấp đó. Đôi khi sự phát triển của những loại vi khuẩn bị ngừng ở dưới (- 10°C), các loại nấm bắt đầu từ - 18°C. Cuối cùng những kí sinh như ấu trùng sán dây hoặc những phôi giun xoắn, hoặc ấu trùng của ruồi và bộ ve bét bị tiêu diệt sau 1 khoảng thời gian ở nhiệt độ thấp (hai tuần ở -20°C hoặc 1 tháng ở -15°C đối với sán dây). Lạnh đông là phương pháp đảm bảo an toàn cho thực phẩm và đảm bảo sức khoẻ cho người tiêu dùng.

Lạnh đông nhanh trong điều kiện nhà sản xuất tôn trọng các qui định kĩ thuật và đảm bảo 1 số yêu cầu sau:

- Sản phẩm ban đầu ở trạng thái tốt.
- Tuỳ theo bản chất của sản phẩm, thực hiện những xử lý đặc biệt ban đầu trước khi đưa vào lạnh đông (cắt, làm sạch
- Lạnh đông được thực hiện trong thiết bị lạnh đông công nghiệp, bằng cách vùng kết tinh cực đại (- 1°C đến -5°C) vượt qua nhanh và nhiệt độ ở mọi điểm của sản phẩm được đưa xuống -18°C hoặc thấp hơn.
 - Sản phẩm được bảo vệ bởi bao gói kín, thích hợp với sản phẩm và điều kiện sử dụng.
 - Nhiệt độ sản phẩm duy trì ở -18°C hoặc thấp hơn trong kho, vận chuyển và nơi bán, dao động nhiệt độ nhỏ nhất có thể.

Hiện nay chưa có một chuẩn khoa học nào phân biệt sản phẩm lạnh đông nhanh và lạnh đông bình thường. Tuy nhiên đối với sản phẩm lạnh đông bình thường, các tiêu chuẩn kể trên có thể chưa được đáp ứng được đầy đủ, đặc biệt về mặt nhiệt độ có thể cao hơn -18°C và không vượt quá -10°C.

b/ Điều kiện bảo quản

Trừ một số sản phẩm như thịt xông khói, chất lượng cảm quan được giữ trong thời gian dài ở -12°C đến -20°C hoặc -30°C; người ta sử dụng nhiệt độ để bảo quản trong khoảng -18°C

đến -30⁰C. Đây là điều kiện bảo quản lý tưởng trong khoảng thời gian cho trong bảng. Bảng đã cho thời gian bảo quản, tuy nhiên chất lượng cảm quan có thể kém hơn (xuất hiện một gu và một mùi hôi, màu sắc hư hỏng) nhưng chất lượng vệ sinh thì được giữ gìn(không có độc tố). Thời gian bảo quản phụ thuộc vào nhiệt độ và bản chất của sản phẩm. Nhưng sử dụng một nhiệt độ đủ thấp thì luôn cần để đảm bảo sự ổn định vi sinh. Để giữ được chất lượng, cần thiết dây chuyền lạnh phải đảm bảo liên tục ở nhiệt độ bằng hoặc thấp hơn -18⁰C với dao động nhỏ nhất có thể. Thời gian chuẩn bị không cho trong bảng. Nói chung nhiệt độ -18⁰C hoặc thấp hơn phù hợp với đa số sản phẩm thực phẩm.

Để đảm bảo chất lượng ban đầu của sản phẩm, cần phải:

- Chỉ lạnh đông những sản phẩm sạch, chất lượng cảm quan tốt
- Tôn trọng nghiêm chỉnh các qui định về vệ sinh và tránh ô nhiễm
- Thực hiện một số sử lý đặc biệt, thay đổi theo sản phẩm trước khi tiến hành lạnh đông.
 - Phương pháp lạnh đông nhanh, xác định bởi tốc độ ăn sâu lạnh vào sản phẩm trung bình 0,5 ÷ 2 cm/h.
 - Sử dụng nhiệt độ bảo quản đủ thấp (-18⁰C hoặc ít hơn) trong khoảng thời gian không quá đáng.

c/ Xử lý ban đầu trước khi đưa vào lạnh đông

Những xử lý này nhằm mục đích chủ yếu để hạn chế những phản ứng hóa học đặc biệt là phản ứng ôxy hóa, cho hiệu quả không mong muốn. Về bản chất có những khác nhau:

- Moi ruột cá và các động vật khác ngay khi nó chết nhằm tránh khuếch tán enzym chứa trong các ống tiêu hoá.
 - Loại bỏ các lớp mỡ thừa để tránh mùi hôi (axit ascobic)
 - Phá huỷ các enzym gây phản ứng dẫn tới gu kém hoặc sự thay đổi màu của rau bằng cách nhúng vào nước sôi trong thời gian ngắn và xác định, rồi làm lạnh ngay bằng dòng nước.
 - Bao gói kín khí và hơi nước, loại bỏ khí ra khỏi bao gói bằng các phương pháp khác nhau.
- Đôi khi người ta nhúng sản phẩm trong nước lạnh, hình thành lớp đá mỏng trên bề mặt.

d/ Làm tan đông

Làm tan đông là một pha chuẩn đối với các sản phẩm lạnh đông. Mong muốn mỗi lần diễn ra nhanh, bảo đảm hút lại nước đá chảy. Làm tan đông chậm kéo theo sự gia tăng sự chảy nước. Điều kiện thuận lợi của nhiệt độ và độ ẩm, làm cho các vi khuẩn và nấm phát triển, nhất là các loại gây bệnh. Đa số những bất lợi liên quan đến chất lượng vệ sinh thực phẩm làm tan đông. Hậu quả của công việc là tăng thời gian tác hại ở nhiệt độ giữa +5⁰C và 65⁰C, nhất là ở nhiệt độ môi trường. Chính vì thế phải luôn duy trì thực phẩm ở dưới vùng nhiệt độ nguy hiểm (thực tế dưới +5⁰C). Kiểu làm tan đông có giá trị trong các trường hợp là làm tan đông chậm trong không khí lạnh (buồng duy trì ở +4⁰C). Đối với những sản phẩm tiêu thụ chín có thể đặt ở trạng thái lạnh đông trực tiếp vào thiết bị nấu (nước sôi đối với rau và vào lò đối với sản phẩm đông vật

Kỹ thuật đơn giản là làm tan đông trong dòng nước. Ngoài ra còn một số phương pháp hiện đại khác như làm tan đông nhanh trong lò tunen, lò sóng ngắn nồi hấp bằng hơi nước dưới chân không.

Chương 2

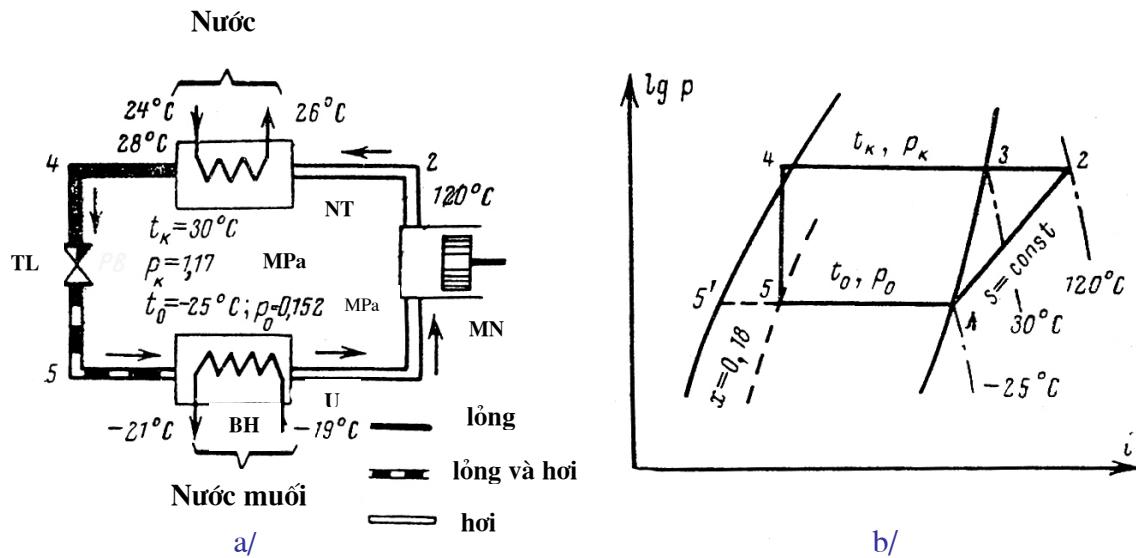
CÁC QUÁ TRÌNH VÀ THIẾT BỊ CỦA HỆ THỐNG LẠNH

2.1. Các chu trình của máy lạnh nén hơi.

Máy lạnh nén hơi được dùng khá phổ biến trong sản xuất. Sở dĩ máy lạnh nén hơi được dùng rộng rãi vì nó có nhiều ưu điểm: gọn nhẹ, dễ sử dụng, phạm vi sinh lạnh từ $+20^{\circ}\text{C}$ đến -120°C . Tuỳ theo yêu cầu vào nhiệt độ lạnh, người ta có thể dùng máy lạnh nén hơi 1cấp, 2 cấp và nhiều cấp.

2.1.2. Chu trình làm việc của máy lạnh nén hơi 1 cấp.

a/ Sơ đồ làm việc của máy lạnh theo chu trình đơn giản (hình 2.1)



Hình 2.1. Chu trình đơn giản của máy nén hơi 1 cấp
a – Sơ đồ nguyên tắc b – chu trình trong đồ thị $i - lgp$

Tác nhân lạnh sôi trong bộ phận bốc hơi BH ở áp suất thấp P_0 và ứng với nhiệt độ thấp t_0 . Nhiệt cần để sôi lấy trực tiếp từ đối tượng lạnh. Hơi tạo thành khi sôi được đưa vào máy nén MN, bị nén tới áp suất P_K , hơi có thể bị ngưng do môi trường lạnh bên ngoài (không khí hoặc nước). Nhiệt độ hơi nén tăng, ở bộ phận ngưng tụ NT, hơi quá nhiệt được làm lạnh tới trạng thái bão hòa và ngưng tụ lại. Nhiệt độ ngưng tụ t_K cao hơn nhiệt độ môi trường lạnh. Tác nhân lỏng từ bộ phận ngưng tụ qua van tiết lưu PB một lần nữa đi vào bộ phận bốc hơi. Do sức cản của TL lớn (tiết diện qua nhỏ); áp suất chất lỏng giảm xuống P_0 . Trong đó, phần chất lỏng có nhiệt độ cao t_K trước TL, khi áp suất giảm xuống P_0 sẽ biến thành hơi. Nhiệt cần để biến thành hơi lấy từ chất lỏng còn lại và được làm lạnh đến nhiệt độ sôi t_0 .

Như vậy trong bộ phận bốc hơi tồn tại cả lỏng và hơi. Lỏng sôi tách nhiệt từ đối tượng lạnh còn hơi tạo thành khi sôi được hút vào máy nén.

Để tính toán máy lạnh, ta xây dựng đồ thị $i - lgp$ của chu trình lý thuyết với các điều kiện sau:

- Quá trình ngưng tụ và bốc hơi là quá trình đẳng áp ($P = \text{const}$)
- Máy nén – quá trình đoạn nhiệt ($S = \text{const}$)

- Van tiết lưu - đẳng entalpi ($i = \text{const}$)
- Trong ống dẫn không có tổn thất áp suất

Hệ thống lạnh hoạt động như sau: Hơi tác nhân lạnh tạo ra ở thiết bị bay hơi BH được máy nén hút về và nén ở áp suất cao và đẩy lên bình ngưng tụ NT. Tại bình ngưng tụ môi chất được làm lạnh bằng nước (thải nhiệt cho nước) và ngưng tụ thành lỏng. Lỏng có áp suất cao chảy qua van tiết lưu TL vào thiết bị bay hơi BH. Tại bình bay hơi; tác nhân lỏng sôi ở nhiệt độ thấp và áp suất thấp thu nhiệt ở môi trường lạnh, làm nhiệt độ môi trường giảm xuống. Tiếp theo hơi lại được hút về máy nén, chu trình lại bắt đầu. Vòng tuần hoàn của tác nhân lạnh được khép kín.

Sự thay đổi trạng thái tác nhân lạnh trong chu trình như sau:

Điểm 1 nằm trên đường phân cách giữa quá nhiệt và ẩm

1-2 nén đoạn nhiệt ($S = \text{const}$) hơi hút từ áp suất P_0 lên áp suất P_K .

Đoạn 2-3 Làm mát đẳng áp hơi tác nhân lạnh, từ trạng thái quá nhiệt xuống trạng thái bão hòa.

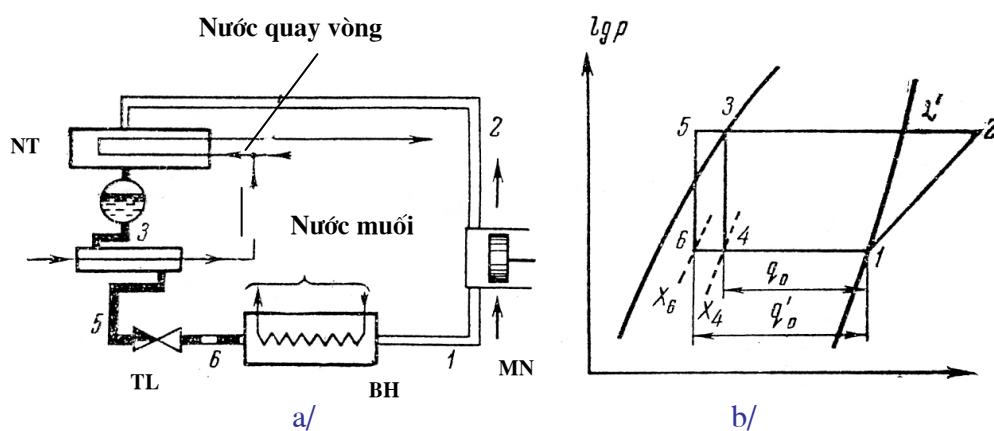
3-4 Ngưng tụ hơi tác nhân lạnh đẳng áp và đẳng nhiệt

4-5 Quá trình tiết lưu đẳng entalpy ($i = \text{const}$) ở van tiết lưu

5-1 Quá trình bay hơi trong thiết bị bay hơi, đẳng áp, đẳng nhiệt

$$P_0 = \text{const} \quad t_0 = \text{const}$$

b/ Chu trình làm việc của máy lạnh nén hơi 1 cấp có quá lạnh môi chất



Hình 2.2. Sự quá lạnh của môi chất trước van tiết liệu

a/ Sơ đồ MN – máy nén; NT- thiết bị ngưng tụ; TL – van tiết liệu; BH – thiết bị bay hơi

b/ Chu trình biểu diễn trên đồ thị $\lg p - i$

Quá trình làm việc cũng tương tự phần trên, nhưng trong sơ đồ này có phần quá nhiệt của hơi hút về máy nén và quá trình môi chất. Hiệu quả lạnh của chu trình kiểu này cao hơn chu trình đơn giản kể trên. Sự thay đổi trạng thái môi chất trong chu trình như sau:

1-2 Nén đoạn nhiệt hơi hút từ áp suất thấp P_0 tới áp suất cao P_K và $S = \text{const}$

2-2' Làm mát đẳng áp hơi môi chất từ trạng thái quá nhiệt xuống trạng thái bão hòa

2' - 3' Ngưng tụ môi chất đẳng áp và đẳng nhiệt

3-5 Quá lạnh môi chất lỏng đẳng áp

5-6 Quá trình tiết lưu đẳng entalpy ở van tiết lưu ($i = \text{const}$)

6-1 Quá trình bay hơi trong thiết bị bay hơi đẳng áp và đẳng nhiệt

$$P_0 = \text{const}; t_0 = \text{const}$$

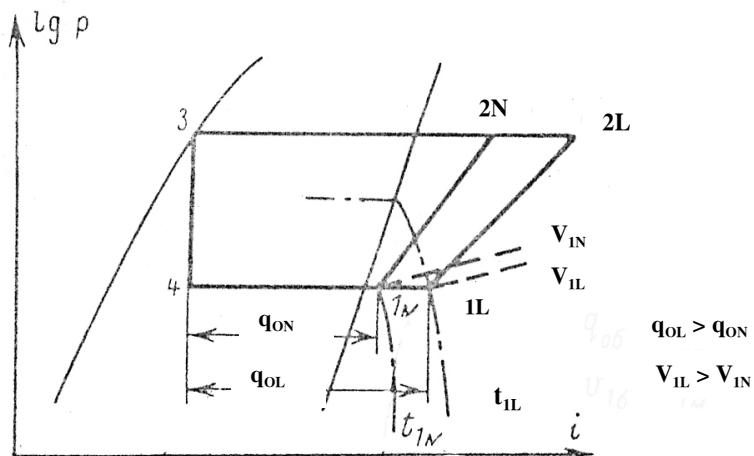
Khi trong hệ thống không có quá lạnh (điểm 3 ứng với chất lỏng bão hòa). Tại van tiết lưu, môi chất lỏng giảm nhiệt độ xuống thấp. Quá trình 3-4 là quá trình tiết lưu đẳng enthalpy.

Để quá trình môi chất lỏng trong bộ phận ngưng tụ, cần giữ trong nó, mức chất lỏng như thế nào khi dưới các hàng ống có nước lạnh. Tuy nhiên trong trường hợp này sẽ được quá lạnh thêm 2-3°C. Sử dụng thiết bị kiểu này khó khăn vì phải xác định được lượng tác nhân lạnh để nạp đầy hệ thống, nhưng nguy hiểm khi quá đầy môi chất lỏng trong bộ phận ngưng tụ khi tải trọng của máy lại dao động.

Trên (hình 2.2a) bộ phận máy quá lạnh QL, thường trang bị trên các máy lạnh lớn, nước lạnh dùng để bổ xung trong hệ thống cung cấp nước lưu động. Ban đầu đưa vào bộ phận quá lạnh, sau đó cũng vào bộ phận ngưng tụ. Thiết bị kiểu đó cho phép có thể đạt được 10°C.

c/ Quá trình nhiệt hối hút vào máy nén

Hơi bão hòa ẩm hoặc khô cung cấp cho máy nén lạnh, làm cho sự làm việc của máy nén không tốt. Một số chi tiết của máy nén (ví dụ tấm của xupap hút) do ở nhiệt độ thấp nên tăng độ dòn; hiệu nhiệt độ giữa các chi tiết của máy nén gây ra biến dạng không đều, làm thay đổi khe hở các cặp làm việc, làm cho nó hao mòn sớm. Khi tăng hàm lượng chất lỏng trong hơi, năng suất lạnh sẽ giảm và gây va đập thuỷ lực nguy hiểm. Ngoài ra môi chất lỏng lọt xuống các – te máy nén, làm hỏng quá trình bôi trơn của nó.



**Hình 2.3. Chu trình với hơi hút quá nhiệt lớn hoặc nhỏ
(Chữ "L" và "N" trên chu trình ứng với nhiệt độ lớn và nhỏ)**

Quá lạnh của máy nén có thể dẫn tới đóng băng của nước, làm đứt vỡ các áó nước. Do đó ở máy lạnh có nhiệt độ thấp mong muốn máy nén làm việc ở hơi quá nhiệt hút. Ta khảo sát ảnh hưởng của hơi hút quá nhiệt khi máy nén làm việc. Ta so sánh hai chu trình: quá nhiệt lớn và quá nhiệt nhỏ (hình 2.3).

Khi tăng độ quá nhiệt của hơi hút (hoàn toàn độc lập) vào máy nén thì hiệu số giữa enthalpy của máy hút và chất lỏng hút sau khi ngưng tụ là q_0 sẽ tăng. Nhưng đồng thời cũng làm tăng thể tích riêng của hơi hút v_1 , dẫn tới làm giảm năng suất khối của máy nén

$$M_n = V_n/v_1 \quad (\text{Kg/s}).$$

Như vậy năng suất lạnh của máy nén:

$$Q_n = q_0^n \cdot M_n$$

Và năng suất lạnh thể tích :

$$q_v^n = q_O^n / v_1$$

Với việc tăng hơi quá nhiệt có thể tăng hoặc giảm.

Tuy nhiên năng suất lạnh của máy Q_l chỉ tăng trong trường hợp nếu nhiệt dung của hơi quá nhiệt ($i_{1L} - i_{1N}$) (hình 2.3) được dùng để làm lạnh ("quá nhiệt hữu ích"). Nếu cũng hơi quá nhiệt được hút vào ống dẫn có nhận nhiệt bên ngoài (quá nhiệt "không có ích") thì năng suất lạnh của máy sẽ giảm (vì v_1 tăng và q_O^l không thay đổi)

$$Q_l = M_n \cdot q_0^l = \frac{V_n}{V_{1L}} (i_{1N} - i_4) \quad (\text{Watt})$$

Bảng 2.1 cho ta kết quả tính toán so sánh giữa chu trình lý thuyết có quá nhiệt lớn và nhỏ với môi chất NH_3 , R12, R22, R13. Ta có số liệu sau đổi với NH_3 , R12 và R22: $t_0 = -25^\circ\text{C}$, $t_K = 30^\circ\text{C}$, quá nhiệt 5°C và 35°C

Đối với R13 ta có $t_0 = -80^\circ\text{C}$, $t_K = -30^\circ\text{C}$ và quá nhiệt 5°C và 70°C

Quá nhiệt hơi NH_3 các chỉ tiêu đều kém: q_v giảm 5,7%, hệ số lạnh ϵ_T là 6,1% nhiệt độ khí hút tăng đến 170°C , vượt quá giá trị cho phép (145°C). Do đó máy lạnh với môi chất NH_3 dùng với quá nhiệt nhỏ $5 \div 10^\circ\text{C}$; loại trừ hiện tượng rơi lỏng vào máy nén ở đường hút.

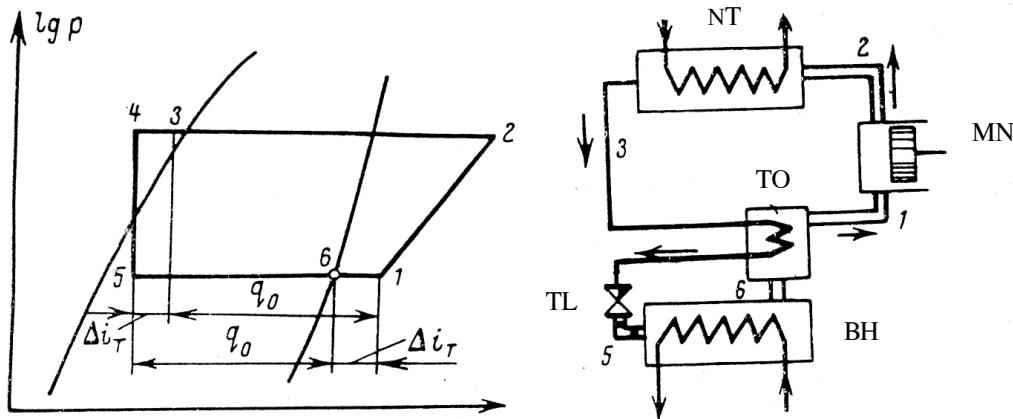
Bảng 2.1.

Chỉ tiêu	Tác nhân lạnh và độ lớn quá nhiệt							
	NH_3		R12		R22		R13	
	5°	35°	5°	35°	5°	35°	5°	35°
Nhiệt độ sôi to ($^\circ\text{C}$)	-25		-25		-25		-80	
Nhiệt độ ngưng tụ ($^\circ\text{C}$)	+30		+30		+30		-30	
Năng suất lạnh của tác nhân (KJ/kg)	1125	1192	121,4	139,3	165,2	185	102,5	139,9
Thể tích hút riêng V_h (m^3/h)	0,8	0,9	0,135	0,158	0,117	0,129	0,137	0,187
Năng suất lạnh thể tích q_v (KJ/m ³)	1400	1325	880	880	1410	1442	749	749
$\frac{q_v^L}{q_v^N} \cdot 100\%$	100	94,3	100	100	100	102,1	100	100
Nhiệt độ cuối nén đoạn nhiệt t_H ($^\circ\text{C}$)	+130	+170	+47	+80	+70	+103	-1	+70
Công nén đoạn nhiệt 1 (KJ/Kg)	312	352	33,1	38,25	47,8	52,8	35,2	47,4
$\epsilon = q_0/l$	3,61	3,39	3,67	3,64	3,46	3,505	2,92	2,95

$\varepsilon^L/\varepsilon^N \cdot 100\%$	100	93,9	100	99,2	100	101,3	100	101,0
---	-----	------	-----	------	-----	-------	-----	-------

d/ Trao đổi nhiệt hối lưu

Như đã biết, máy lạnh Frêon cần làm việc với hơi quá nhiệt cao đưa vào máy nén.



Hình 2.4. Chu trình máy lạnh 1 cấp với bộ phận trao đổi nhiệt hối lưu

a - Sơ đồ nguyên tắc b - Chu trình trong đồ thị $i - lg p$

Tồn tại hơi quá nhiệt trong bộ phận bốc hơi là không hợp lý vì làm giảm hiệu quả làm việc của nó và hạn chế nhiệt độ môi trường lạnh.

Trong các máy lạnh nhiệt độ thấp hiện đại hơi bị quá nóng là kết quả của môi chất lỏng quá lạnh, áp suất cao. Trên hình cho thấy người ta đưa vào hệ thống trao đổi nhiệt hối lưu.

Trong quá trình trao đổi nhiệt entalpy của hơi tăng lên bao nhiêu thì cũng giảm đi bấy nhiêu ở môi chất lỏng áp suất cao, nghĩa là bằng độ lớn

$$\Delta i_T = i_1 - i_6 = i_3 - i_4 \quad (2-1)$$

Năng suất lạnh của 1kg tác nhân lạnh trong chu trình đã cho tăng nhiệt dung quá nhiệt

$$Q_0 = i_6 - i_4 = i_1 - i_3 \quad (2-2)$$

Trong chu trình tính toán, i_4 trong công thức (2-1) từ cân bằng nhiệt của bộ phận trao đổi nhiệt (điểm 1) đã cho, để đảm bảo quá trình cần thiết

Chu trình với bộ phận trao đổi nhiệt có những ưu điểm sau:

- Bề mặt truyền nhiệt bộ phận bốc hơi làm việc có hiệu quả, bởi vì toàn bộ được nhúng trong chất lỏng.

- Bảo đảm đáng kể sự quá lạnh lớn của môi chất so với đạt được bởi nước. Loại bỏ hoàn toàn khả năng tạo hơi trước van tiết lưu.

- Giảm tổn thất lạnh vào môi trường qua bề mặt ống hút, vì từ bộ trao đổi nhiệt đi ra hơi quá nhiệt với nhiệt độ tương đối cao (bộ phận trao đổi nhiệt thường bố trí gần bộ phận bốc hơi)

2.1.3. Chu trình lạnh 2 cấp

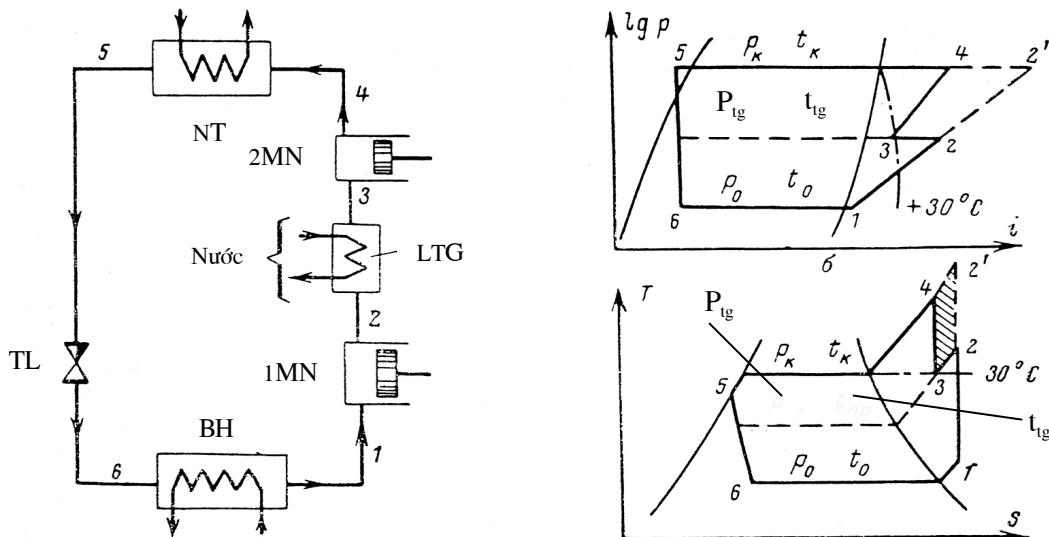
Việc giảm nhiệt độ sôi của tác nhân, mức độ ép tăng và hệ số cung cấp của máy nén 1 cấp giảm. Sự làm việc của nó trở nên không kinh tế. Khi tiếp tục giảm nhiệt độ sôi, hệ số cung cấp trở nên bằng không, nghĩa là làm việc của máy nén 1 cấp là không có thể. Đối với máy nén

thể tích chết 4 – 5%, đó là giới hạn khi $P_k/P_0 = 20 \div 25$. Đối với frêon 22 thì $t_k = 30^\circ\text{C}$ tương ứng với $t_0 = -56^\circ\text{C} \div -52^\circ\text{C}$.

Nguyên nhân thứ hai hạn chế việc ứng dụng máy nén 1 cấp ở nhiệt độ sôi thấp là nhiệt độ cuối quá trình nén cao, có thể vượt quá giới hạn cho phép. Hệ số lạnh của chu trình lý thuyết ϵ_T của máy nén hai cấp và nhiều cấp luôn cao hơn so với máy nén 1 cấp. Ưu điểm này càng rõ rệt khi nhiệt độ t_0 càng thấp.

Giới hạn nhiệt độ sôi, phù hợp với máy nén 2 cấp cần được xác định bởi tính toán kinh tế – Kỹ thuật từ điều kiện chi phí chung nhỏ nhất.

a/ Chu trình lạnh 2 cấp với tiết lưu 1 cấp và làm lạnh trung gian không hoàn toàn.



Hình 2.5. Nén 2 cấp với tiết lưu 1 cấp và lạnh trung gian không hoàn toàn.

a – Sơ đồ b – Chu trình trong đồ thị $i - lgp$ c/ Chu trình với đồ thị $T - S$.

Sơ đồ chu trình lạnh 2 cấp nén, được biểu diễn trên đồ thị $i - lgp$ và $T - S$. Máy nén áp suất hơi thấp 1MN với áp suất P_0 đến áp suất trung gian P_{tg} ; sau đó làm lạnh bằng nước trong bộ phận làm lạnh trung gian LTG rồi đưa vào máy nén áp suất cao 2MN được nén tới áp suất P_k . Chu trình 2 cấp mô tả không khác với chu trình 1 cấp ở trên.

Để so sánh với chu trình 1 cấp trên đồ thị, đường nén của cấp thứ nhất 1 - 2 tiếp tục tới 2' có nghĩa là kết thúc nén trong chu trình nén 1 cấp, với áp suất sôi P_0 và áp suất ngưng tụ P_k .

Năng suất lạnh của 1kg tác nhân trong chu trình 2 cấp cũng tương tự chu trình 1 cấp.

$$q_0 = i_1 - i_5$$

Công nén bằng:

$$\text{Cấp thứ 1 (cấp áp suất thấp): } \Delta i_1 = i_2 - i_1$$

$$\text{Cấp thứ 2 (cấp áp suất cao) : } \Delta i_2 = i_4 - i_3$$

$$\text{Tổng công nén: } l_2 = \Delta i_1 + \Delta i_2 = (i_2 - i_1) + (i_4 - i_3)$$

$$\text{Công này thì nhỏ hơn công đối với máy nén 1 cấp: } l_1 = i_{2'} - i_1$$

Về mặt kinh tế, sự làm việc của máy nén 2 cấp so với máy nén 1 cấp trong đồ thị T - S biểu diễn bởi diện tích gạch hình tứ giác. (2 - 3 - 4 - 2')

$$\text{Hệ số lạnh của chu trình 2 cấp : } \varepsilon_T = \frac{q_0}{l_2} = \frac{q_0}{\Delta i_1 + \Delta i_2} = \frac{i_1 - i_5}{(i_2 - i_1) + (i_4 - i_3)}$$

Liên quan tới giảm công, hệ số lạnh của chu trình lý thuyết 2 cấp cao hơn 1 cấp khoảng 3 - 4%.

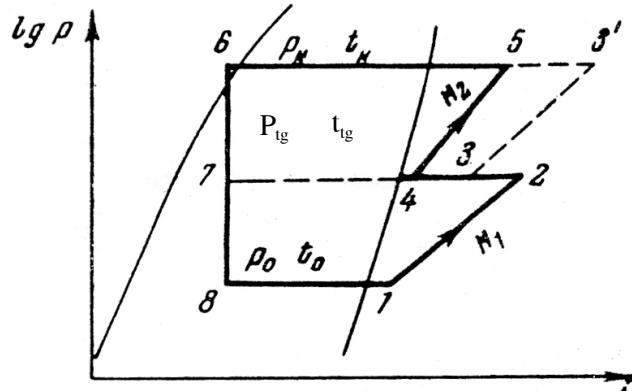
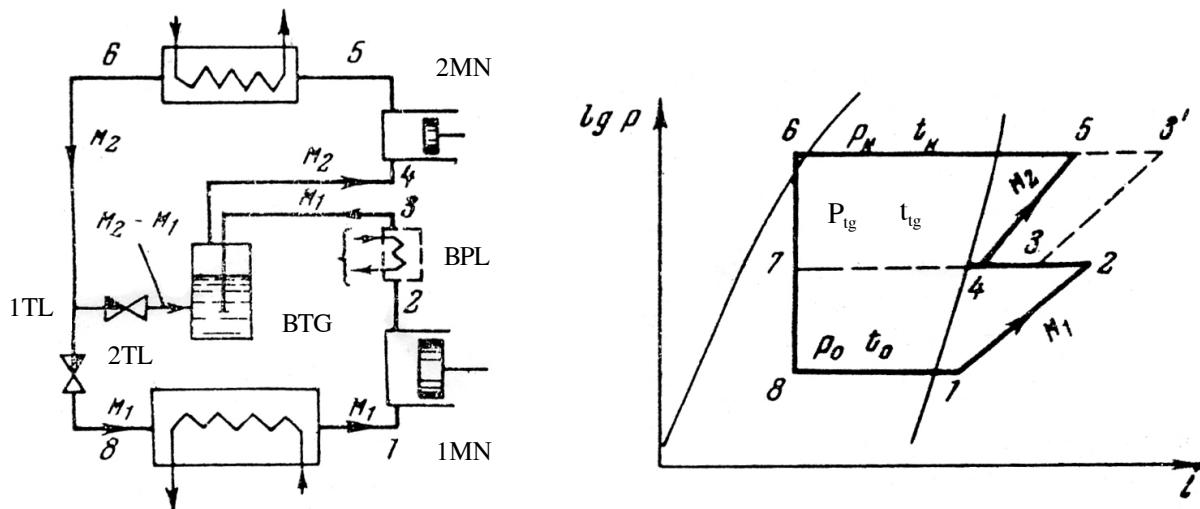
Bởi vì trong chu trình đã cho nhiệt của hơi sau khi nén ở cấp 1 nguội đi, nhiệt độ hơi hút của cấp 2 giảm không đáng kể so với máy nén 1 cấp. Do đó chu trình như thế đối với NH₃ có thể ứng dụng khi nhiệt độ sôi không thấp hơn - 40°C. Ở nhiệt độ sôi thấp hơn, người ta ứng dụng chu trình có làm lạnh trung gian hoàn toàn.

b) Chu trình có tiết lưu 1 cấp và làm lạnh trung gian hoàn toàn.

Hơi hút vào máy nén ở cấp thứ nhất 1MN, được làm lạnh tới nhiệt độ trung gian t_{tg} của tác nhân lỏng, sôi ở P_{tg} trong cơ cấu đặc biệt - bình trung gian BTG ở trung gian, môi chất lỏng chảy qua van tiết lưu 1TL, áp suất từ P_K xuống P_{tg}. Phần lớn chất lỏng ngưng tụ trong bộ ngưng (80 - 90%), qua van tiết lưu 2TL hướng vào bộ phận bốc hơi. Tại van tiết lưu 2TL, áp suất P_K giảm xuống P₀ (1 cấp).

Hơi hút vào cấp thứ 1 có thể đi vào bình trung gian qua bộ phận làm lạnh bằng nước BPL.

Số lượng tác nhân M₂ tuần hoàn qua cấp thứ 2 so với quá trình thứ 1 M₁ một lượng hơi tạo thành khi môi chất sôi trong bình trung gian và sau tiết lưu 1TL.



Hình 2.6. Nén 2 cấp có tiết lưu 1 cấp và làm lạnh trung gian hoàn toàn

a - Sơ đồ b - Chu trình ở đồ thị i - lgp (đường chấm biểu diễn quá trình nén ở cấp trên khi làm lạnh trung gian không hoàn toàn)

Tỉ số giữa $\frac{M_2}{M_1} = \mu$. Tìm từ sự cân bằng nhiệt của bình trung gian.

Đối với chu trình không làm lạnh bằng nước: $M_1 \cdot i_2 + (M_2 - M_1) \cdot i_7 = M_2 \cdot i_4$ (2.3)

$$\text{với } i_7 = i_6, \text{ sau khi biến đổi ta có: } \mu = \frac{M_2}{M_1} = \frac{i_2 - i_6}{i_4 - i_6} \quad (2.4)$$

Nếu khảo sát máy 2 cấp như là hai máy 1 cấp riêng rẽ, từ (2.4) ta có

$$\mu = \frac{q_{K_1}}{q_{0_2}}$$

Ở đây: $q_{K_1} = i_2 - i_6$ nhiệt ngưng tụ cấp thứ 1 (J/kg)

$q_{0_2} = i_4 - i_6$ năng suất lạnh của cấp thứ 2 (J/kg)

Đối với chu trình với bộ phận BPL thì công thức (2.4) thay i_2 bằng i_3

Tổng công nén trong 2 cấp đối với 1 kg tác nhân

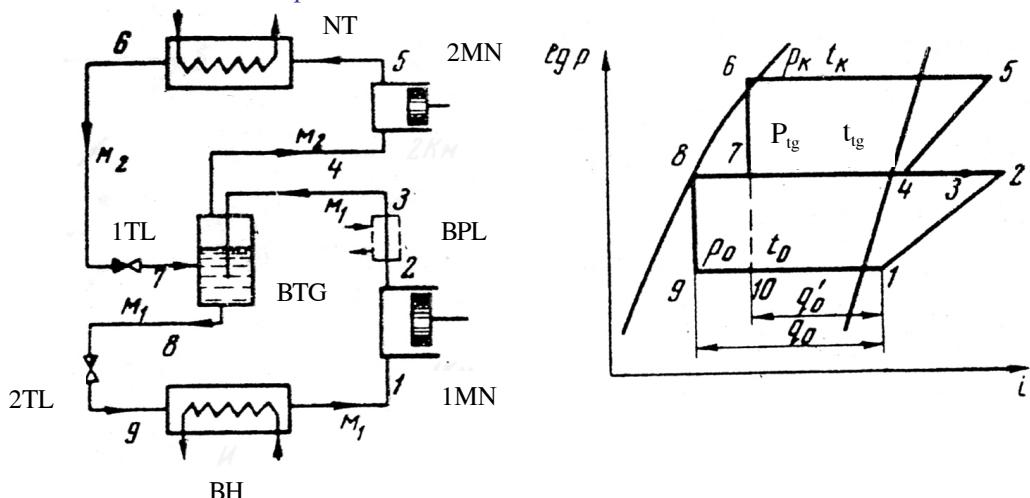
$$l = \Delta i_1 + \mu \cdot \Delta i_2 = (i_2 - i_1) + \mu \cdot (i_5 - i_4)$$

Hệ số lạnh :

$$\varepsilon_T = \frac{\varphi_0}{\Delta i_1 + \mu \cdot \Delta i_2} = \frac{i_1 - i_6}{(i_2 - i_1) + \mu \cdot (i_5 - i_4)}$$

Khi có mặt bộ phận làm lạnh bằng nước μ nhỏ hơn một chút, chính vì thế ε_T cao hơn một chút (1 - 3%). Chu trình có làm lạnh trung gian hoàn toàn so với làm lạnh không hoàn toàn, công nén 1kg môi chất ở cấp 2 nhỏ hơn (vì nhiệt độ bắt đầu nén giảm), lượng môi chất tuần hoàn lớn hơn; Do đó ưu điểm chính của chu trình đã cho, là giảm nhiệt độ hút ở cấp thứ hai, cho phép giảm nhiệt độ sôi hơn nữa. Thiếu sót của chu trình là tạo thành hơi lớn ở 2TL khi t_0 thấp, giảm q_0 và ε_T . Sau khi tiết lưu NH_3 lỏng ở $t_K = 30^\circ C$ (không quá lạnh) tới nhiệt độ $-20^\circ C$ và $-60^\circ C$ tạo thành hơi tương ứng với 17,5 và 28%. Để giảm việc tạo thành hơi người ta dùng chu trình có tiết lưu 2 cấp hoặc quá lạnh chất lỏng ở áp suất cao trong bình trung gian.

c) Chu trình có tiết lưu 2 cấp



Hình 2.7. Chu trình nén 2 cấp có tiết lưu 2 cấp
a - sơ đồ b - đồ thị t - $lg p$

Chu trình (Hình 2.7), qua van tiết lưu 1TL chất lỏng chảy vào bình trung gian từ bộ phận ngưng tụ (lượng M_2 kg/s). Ở bình trung gian chất lỏng sôi, lấy nhiệt từ hơi, hút vào máy nén cấp thứ nhất. Chất lỏng còn lại (M_1 kg/s) được làm lạnh tới nhiệt độ t_{tg} hướng về van tiết lưu 2TL, áp suất từ P_{tg} xuống P_0 .

Ở chu trình không có nước làm lạnh trung gian BPL đối với lượng tác nhân, tuân hoàn trong cấp thứ hai tới lượng tác nhân, tuân hoàn trong cấp thứ 1, xác định từ cân bằng nhiệt của bình trung gian.

$$\mu = \frac{M_2}{M_1} = \frac{i_2 - i_8}{i_4 - i_6} \quad (2.5)$$

Khi có nước làm mát, công thức (2.5) thay i_2 bằng i_3

Hệ số làm lạnh đối với chu trình có nước làm mát và không có nước làm mát.

$$\varepsilon_T = \frac{q_0}{\Delta i_1 + \mu \cdot \Delta i_2} = \frac{i_2 - i_8}{(i_2 - i_1) + \mu \cdot (i_5 - i_4)} \quad (2.6)$$

So sánh hệ số lạnh chu trình tiết lưu hai cấp so với chu trình tiết lưu 1 cấp (đường 6 - 10 ứng với tiết lưu 1 cấp). Trong chu trình có tiết lưu 2 cấp có giá trị q_0 lớn hơn (vì nhiệt độ chất lỏng trước TL thấp hơn) và ε_T tăng. Bộ phận tiết lưu 2 cấp luôn lớn hơn bởi vì hơi được tạo thành trong tiết lưu từ P_K xuống P_{tg} , được nén chỉ bởi máy nén cấp thứ hai 2MN. Ở van tiết lưu 1 cấp, hơi này chuyển qua bộ phận bốc hơi, sau đó được nén bởi máy nén cấp thứ nhất 1MN, sau đó vào 2MN. Điều đó làm giảm năng suất lạnh của máy nén thứ nhất và tăng chi phí công suất để nén hơi.

Kết quả tính toán so sánh của chu trình khảo sát ở chế độ $t_0 = -40^\circ\text{C}$, $t_K = 30^\circ\text{C}$ (đối với NH_3) cho trong bảng 2.2

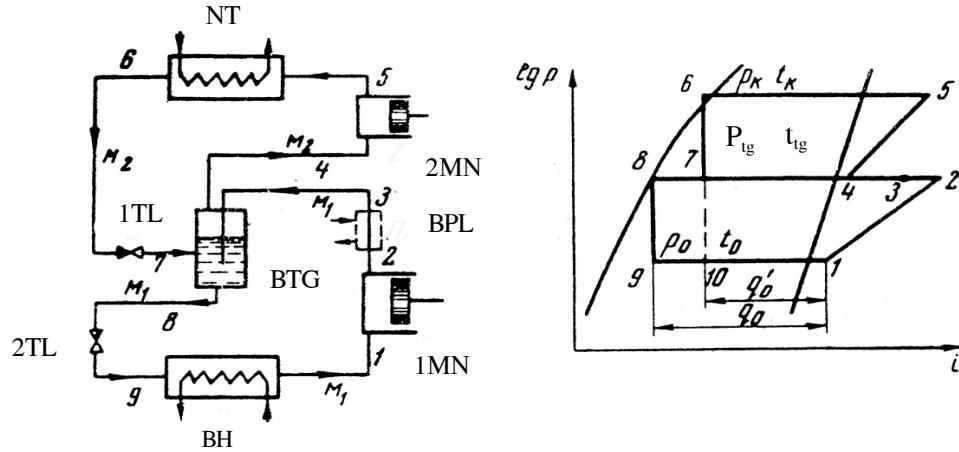
Bảng 2.2.

Chỉ tiêu hiệu quả của chu trình NH_3	Nén 1 cấp	Nén hai cấp					
		Tiết lưu 1 cấp		Tiết lưu 2 cấp			
		Làm lạnh trung gian không hoàn toàn	Làm lạnh trung gian hoàn toàn	Không làm lạnh bằng nước	Làm lạnh bằng nước	Không làm lạnh bằng nước	Làm lạnh bằng nước
Nhiệt độ nén đoạn nhiệt cuối cùng ($^\circ\text{C}$)	165	140	87	87	87	87	87
Tỉ số $\mu = \frac{M_2}{M_1}$	—	1	1,13	1,089	1,295	1,254	
Hệ số lạnh ε_T Cũng thế, nhưng % đối với chu trình 1 cấp	2,45 100	2,45 103,7	2,6 106,1	2,65 108,2	2,83 115,5	2,88 117,5	

Từ bảng 2.2 cho thấy chu trình tiết lưu 2 cấp, về mặt năng lượng kinh tế hơn. Tuy nhiên việc sử dụng thiết bị làm việc theo chu trình đã cho không phải luôn thuận lợi liên quan tới việc tạo thành hơi có thể vì không có quá lạnh chất lỏng trước 2TL. Vì thế trong sơ đồ ở đây có tồn thất áp suất trong ống trước 2TL, cần thiết áp dụng chu trình với quá lạnh của chất lỏng áp suất cao.

d) Chu trình với chất lỏng quá lạnh áp suất cao trong bình trung gian.

Qua van tiết lưu 1TL (Hình 2.8) ở bình trung gian chỉ được đưa vào phần chất lỏng không lỏng ($M_2 - M_1$). Dòng chất lỏng áp suất cao (M_1) hướng về bình trung gian dưới mức chất lỏng. Nếu chất lỏng được làm nguội tới nhiệt độ trong bình trung gian t_{tg} thì ε_T của chu trình này cũng chính là của chu trình tiết lưu 2 cấp. Thực hiện nhiệt độ chất lỏng trước 2TL cao hơn t_{tg} một chút ($3 \div 5^{\circ}\text{C}$). Chính vì thế ε_T chu trình như thế thấp hơn chu trình 2 cấp ($1 \div 2\%$).



Hình 2.8. Nén 2 cấp với chất lỏng quá lạnh áp suất cao trong bình trung gian.
a - sơ đồ b - chu trình trong đồ thị i - $lg p$

2.2. Các thiết bị truyền nhiệt cơ bản trong hệ thống lạnh

2.2.1. Thiết bị ngưng tụ

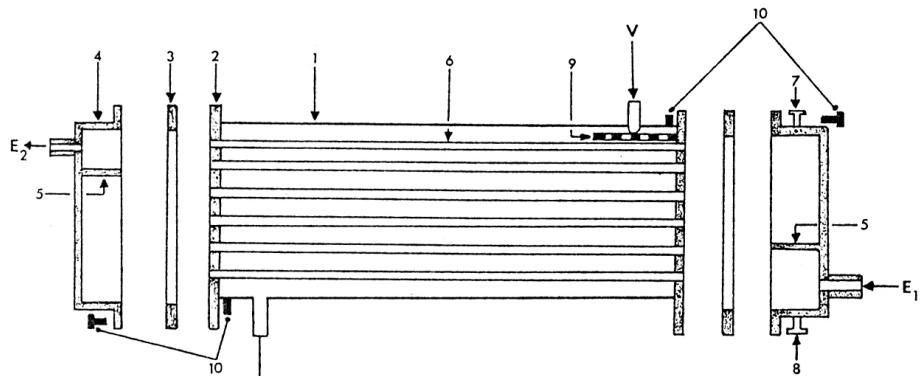
Thiết bị ngưng tụ trong hệ thống lạnh nhằm chuyển trạng thái tác nhân lạnh từ dạng hơi sang dạng lỏng nhờ trao đổi nhiệt với môi trường bên ngoài (nước, không khí hoặc hỗn hợp).

a/ *Thiết bị ngưng tụ dùng nước.*

Nước là chất dùng để trao đổi nhiệt rất hay được dùng vì điều kiện truyền nhiệt tốt, chất lượng nước thoả mãn các yêu cầu kỹ thuật và rất sẵn trong tự nhiên. Cần phải xác định thành phần hoá học của nước, các kết quả phân tích được thông tin cho người thiết kế máy lạnh. Nói chung nước dùng trong kỹ thuật cần được xử lý (nước mềm).

Thiết bị ngưng tụ dùng nước phổ biến nhất là loại thiết bị ống chùm nằm ngang:

Loại này nước đi trong ống (chất tải nhiệt, còn môi chất đi ngoài ống. Thiết bị ngưng tụ ống chùm nằm ngang dùng nước có phụ tải nhiệt riêng $4 - 5 \text{ kW/m}^2$. Vận tốc nước đi trong ống $0,8 \div 1,5 \text{ m/s}$.



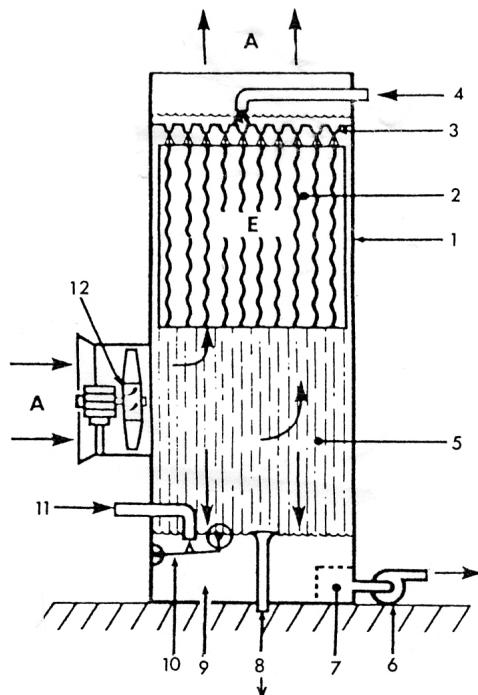
Hình 2.9. Sơ đồ nguyên tắc của thiết bị ngưng nhiều ống (3 đường).

1-Tấm chắn ngoài; 2-Tấm đầu ống; 3-Đệm; 4-Dây; 5-Lối đi chữ chi; 6-ống; 7-Lỗ khí; 8-Lỗ chất lỏng; 9-Bộ lệch dòng; 10-Bulông.

V - Đến từ máy lạnh ở trạng thái hơi; C - Di ra môi chất ngưng tụ; E₁ - Nước vào; E₂ - Nước ra

Loại ống chùm thẳng đứng, nước cấp vào mặt trong ống truyền nhiệt, tạo thành màng mỏng chảy xuôi xuống nhờ bộ phận phân phổi nước kiểu chớp và lỗ. Khi độ chênh nhiệt độ 4 - 7°C thì hệ số truyền nhiệt khá cao $K = 800 \text{ W/m}^2\text{độ}$.

Đối với các vùng thiếu nước, người ta thay thế hệ thống tuần hoàn hở bằng hệ thống tuần hoàn lại kiểu bốc hơi. (Hình 2.10)



Hình 2.10. Sơ đồ nguyên tắc bộ trao đổi nhiệt bốc hơi

1 - Vỏ bọc 2 - Dụng cụ khuếch tán 3 - Bộ phận phân phổi nước 4 - Nước đến 5 - Nước phun dạng mưa 6 - Bơm nước 7 - Miếng ngăn rác 8 - ống tháo 9 - Thùng nước 10 - Rôbinê bơi 11 - Nước bơm xung 12 - Quạt ; A - Không khí E - Nước

b/ Thiết bị ngưng tụ dùng không khí

Thiết bị ngưng tụ dùng không khí được dùng trong máy nhỏ, tủ lạnh gia đình, điều hòa nhiệt độ...vv với lý do dễ sử dụng và khi nước thì khan hiếm, đắt hoặc chất lượng hoá học xấu.

Thiết bị gồm một dàn ống với cánh gần nhau. Mỗi chất lạnh đến từ ống góp vào phía trên cao của dàn. Nó tự chảy bằng cách tự ngưng tụ và lùa xuống phái dưới bởi ống góp khác.

Người ta phân biệt ba kiểu thiết bị ngưng tụ theo kiểu tuần hoàn của không khí so với môi chất.

- Bộ ngưng của dòng chéo nhau: không khí được hút ngang qua nhóm ống

- Bộ ngưng ngược dòng: không khí được hút thẳng đứng từ dưới lên trên cao.

- Bộ ngưng được quạt tự nhiên: Thiết bị ngưng tụ dùng không khí ít phải bảo dưỡng, làm việc với độ tin cậy cao.

Về mặt cấu tạo, ống và cánh làm bằng thép, nhôm, đồng...

Ống có cánh xoắn, mép tròn với cấu trúc khác nhau. Cấu tạo thiết bị ngưng tụ khác nhau có giá trị hệ số truyền nhiệt khác nhau. Đối với bộ ngưng có dòng không khí chuyển động cuồng bức với bề mặt ống, giá trị trung bình của hệ số truyền nhiệt (w/m^2K) như sau:

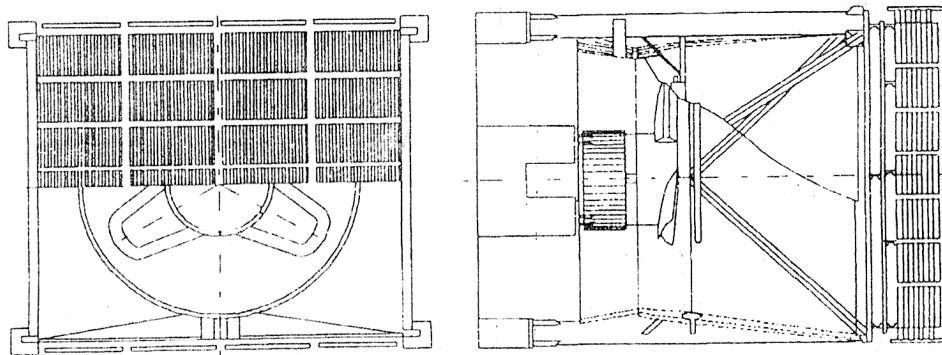
Loại ống vỏ nằm ngang, môi chất là NH_3 , - 700 - 1050

Loại ống đứng cùng với NH_3 , - 800 ÷ 930

Loại nằm ngang với freon - 400 ÷ 700

Trao đổi nhiệt khi ngưng tụ freon xảy ra với cường độ yếu hơn NH_3 vì môi chất này có hệ số dẫn nhiệt nhỏ. Trong công nghiệp đã có thiết bị ngưng tụ nhờ không khí tới $20000 m^2$.

Trong một số trường hợp, đỉnh phụ tải nhiệt của thiết bị ngưng tụ quá cao, người ta phun nước bổ xung vào buồng không khí dưới dạng sương mù ($i = const$), nhờ nước bay hơi làm nhiệt độ không khí giảm xuống.



Hình 2.11. Thiết bị ngưng tụ dùng không khí

2.2.2. Thiết bị bốc hơi

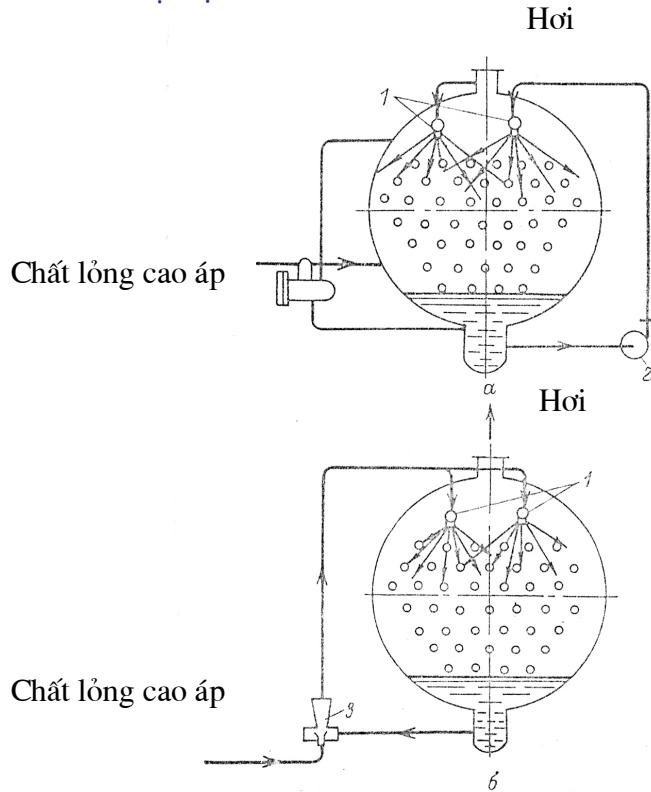
Bộ phận bốc hơi là thiết bị trao đổi nhiệt của máy lạnh, trong đó nhiệt lấy ra từ môi trường lạnh, làm sôi tác nhân lạnh. Bộ phận bốc hơi chia ra làm hai kiểu phụ thuộc vào môi trường lạnh. Bốc hơi để làm lạnh chất lỏng (nước, dung dịch nước muối...vv) và dàn bay hơi làm lạnh không khí. Dàn bay hơi làm lạnh không khí lại chia làm hai loại: dàn lạnh tĩnh và dàn lạnh có không khí đối lưu cuồng bức nhờ quạt.

Nếu phân loại theo mức độ choán chỗ của môi chất lạnh lỏng trong thiết bị ta chia ra làm hai loại: loại ngập và loại không ngập. Loại bình bay hơi kiểu ngập, môi chất lỏng bao phủ toàn bộ bề mặt trao đổi nhiệt (thường là loại cấp lỏng từ dưới lên). Loại dàn bay hơi kiểu không ngập thì môi chất lạnh lỏng không bao phủ hết bề mặt trao đổi nhiệt, một phần bề mặt trao đổi nhiệt dùng để quá nhiệt hơi hút về máy nén, thường cấp lỏng từ trên xuống.

Về kết cấu thiết bị bốc hơi dùng môi chất là Freon khác với loại dùng NH_3 , do hệ số cấp nhiệt phía Freon thấp hơn phía chất tải lạnh (môi chất lỏng) vì vậy người ta phải làm thêm các gân cao $1,45 \div 1,60$ mm, bước cánh nhỏ về phía Freon sôi. Độ chênh nhiệt độ giữa hai lưu chất đối với freon ($\Delta t_0 = 6 \div 8^\circ\text{C}$) và đối với NH_3 ($\Delta t_0 = 5^\circ\text{C}$). Mức độ đầy của tác nhân lỏng trong thiết bị bốc hơi đối với freon ($\approx 0,6D$) so với NH_3 ($\approx 0,8D$) vì hỗn hợp lỏng - hơi của freon khi sôi có lẫn dầu máy, nên có hiện tượng nổ và tạo bọt.

Phổ biến nhất là thiết bị bốc hơi loại ống - vỏ (Hình 2.12), thuộc loại cấu trúc cứng, ống thẳng, cuối các ống hàn vào hai mặt bích có lỗ tương ứng. Môi chất tưới quanh chùm ống. Kiểu cấu trúc này đơn giản và dễ chế tạo. Tuy nhiên khi tăng nhiệt độ truyền giữa thân và ống tạo ra ứng suất lớn. Do đó trong sử dụng phải để ý hiện tượng này và thường xuyên kiểm tra.

Ngoài ra nhược điểm của loại cấu trúc này là thể tích tác nhân lạnh lớn không thuận lợi với hệ thống chuyển tiếp (máy lạnh cascade), và sự hiện diện của cột chất lỏng tĩnh, phần dưới bốc hơi mạnh (Bốc hơi của freon 22 khi nhiệt độ bề mặt chất lỏng sôi -70°C và chiều cao cột chất lỏng 300 mm nhiệt độ).



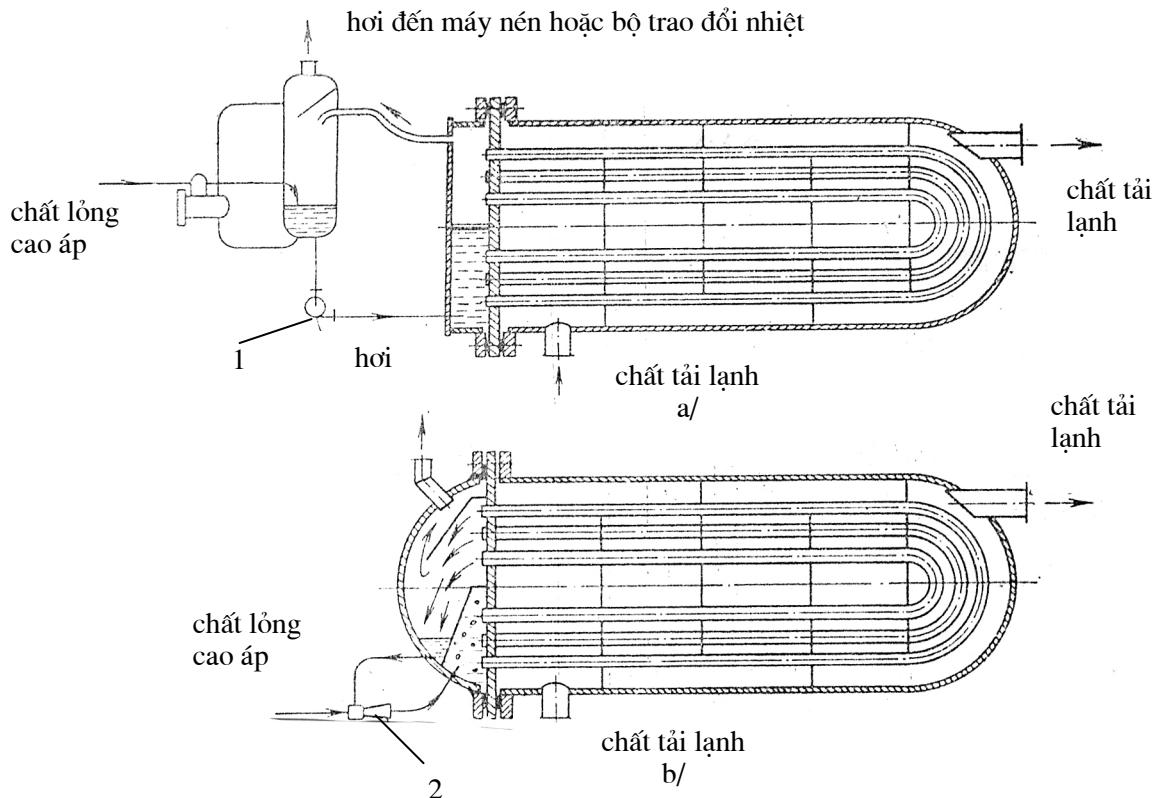
Hình 2.12. Bộ phận bốc hơi kiểu vỏ - ống có chất lỏng tái tuần hoàn với sự trợ giúp.

Loại bộ phận bốc hơi vỏ - ống với sôi môi chất bên trong ống có thể có loại ống thẳng (Hình 2.12) hoặc ống U (Hình 2.13).

Ứng suất nhiệt ở bộ phận bốc hơi cấu trúc cứng khi môi chất sôi trong ống nhỏ hơn sôi ở khoảng không gian giữa các ống. Loại ống chữ U không có ứng suất nhiệt.

Ưu điểm của loại sôi bên trong ống là dung tích tác nhân lạnh nhỏ và không có ảnh hưởng của cột chất lỏng đến nhiệt độ sôi. Đặc biệt thuận lợi đối với bộ phận bốc hơi nhiệt độ thấp với dung tích clorit canxi, bởi vì chuyển động ngang ống, hệ số truyền nhiệt về phái nước muối cao mặc dầu độ nhớt của nó lớn.

Đối với loại bốc hơi bên trong ống cần bảo đảm di chuyển đều tác nhân lỏng trong tất cả các ống.



Hình 2.13. Bộ phận bốc hơi kiểu vỏ ống với tác nhân sôi bên trong ống chữ U; chất tải lạnh chuyển động ngang ống với tái tuần hoàn
a - Bơm (1) a - Bộ phận phun (2)

2.2.3. Thiết bị làm lạnh không khí.

Thiết bị làm lạnh không khí của máy lạnh nhiệt độ thấp chia ra: loại thiết bị làm lạnh loại ướt và loại khô phụ thuộc cách tiếp xúc giữa không khí với bề mặt mà người ta phân loại. Ngoài ra tuỳ theo phương thức làm lạnh chia ra loại làm lạnh trực tiếp và gián tiếp. Khi trong ống là tác nhân lạnh sôi gọi là thiết bị làm lạnh trực tiếp và khi trong ống là chất tải lạnh chảy thì gọi là làm lạnh gián tiếp. Thông thường bề mặt truyền nhiệt của thiết bị có dạng ống với cánh phẳng hoặc cánh xoắn. Không khí thổi cưỡng bức ngang ống (dọc theo cánh), còn môi chất lạnh chuyển động trong ống. Ở thiết bị làm lạnh không khí, hiệu nhiệt độ θ giữa không khí

và tác nhân lạnh có thể nhỏ. Ví dụ khi $t_0 = -70^\circ\text{C} \div -80^\circ\text{C}$ thì $\theta = 3 \div 5^\circ\text{C}$, còn khi bằng -40°C thì $\theta = 6 \div 10^\circ\text{C}$. Khi θ nhỏ nhiệt độ đòi hỏi của không khí cao hơn nhiệt độ sôi lúc này năng suất lạnh của máy và hệ số lạnh thì cao. Chi phí không khí đối với làm lạnh không khí nhiệt độ thấp cao hơn bởi vì làm giảm hiệu số Δt_k giữa nhiệt độ đầu và cuối của không khí trong thiết bị. Tuy nhiên không nên tăng quá mức chi phí không khí, vì tăng chi phí quá lớn sẽ đòi hỏi tăng diện tích đòi hỏi f của tiết diện sống bộ phận làm lạnh không khí, hoặc tăng tốc độ chuyển động của không khí. Trong thiết kế thiết bị làm lạnh không khí cần lưu ý việc chọn đúng tốc độ chuyển động của không khí ω . Tăng ω sẽ làm tăng hệ số truyền nhiệt và giảm bề mặt cần của bộ phận làm lạnh không khí. Tuy nhiên sức cản của không khí Δp tăng hơn nhiều so với việc giảm bề mặt. Sở dĩ vậy vì diện tích đòi hỏi, giảm tỉ lệ với tốc độ, ví dụ bằng 0,5, còn sức cản trong điều kiện như nhau tương ứng với công thức.

$$\Delta p = \xi \cdot \rho \cdot \frac{\omega^2}{2} \quad \text{tăng với bình phương tốc độ.}$$

Thực tế, sức cản tăng nhanh hơn bởi vì khi chi phí không khí đã cho và chọn kiểu ống có gờ, tốc độ có thể tăng vì giảm diện tích chắn của thiết bị, rõ ràng đạt được tăng số hàng ống theo độ sâu (theo chiều đi của không khí), tăng thêm sức cản phụ.

Công suất chi phí cho quạt để thăng sức cản của thiết bị.

$$N_{\text{quạt}} = \frac{V \cdot \Delta p}{\eta_{\text{quạt}}} ; (W)$$

$$N_{\text{d/c}} = \frac{V \cdot \Delta p}{\eta_{\text{quạt}} \cdot \eta_{\text{d/c}}} ; (W)$$

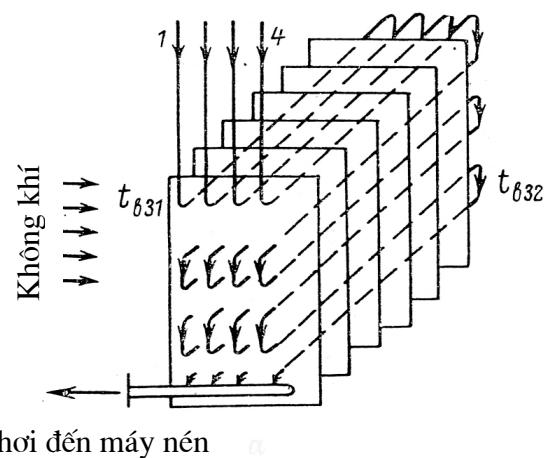
Toàn bộ công suất chi phí cho quạt $N_{\text{quạt}}$ biến đổi thành nhiệt truyền vào không khí. Năng suất lạnh hữu ích của thiết bị giảm độ lớn $\Delta Q = N_{\text{quạt}} (w)$. Như vậy việc tăng tốc độ chuyển động của không khí sẽ làm tăng đột ngột tổn thất lạnh ΔQ làm giảm hiệu quả kinh tế, vì để đạt được năng suất lạnh hữu ích sẽ dần tới tăng công suất chi phí cho truyền động máy nén. Do đó tốc độ chuyển động của không khí cần thiết để tổn thất lạnh ΔQ không lớn hơn 5 - 10% so với năng suất lạnh hữu ích. (Tốc độ không khí lên lấy 4 hoặc đến 2 m/s).

Các ống của thiết bị làm lạnh không khí nên bố trí ngang, vì bố trí thẳng đứng do có mặt cột chất lỏng, nhiệt độ sôi của chất lỏng ở phần dưới thiết bị sẽ cao. Bộ phận làm lạnh không khí với bước ống nhỏ theo chiều cao, sức cản không khí đi qua Δp sẽ giảm, tổn thất lạnh nhỏ.

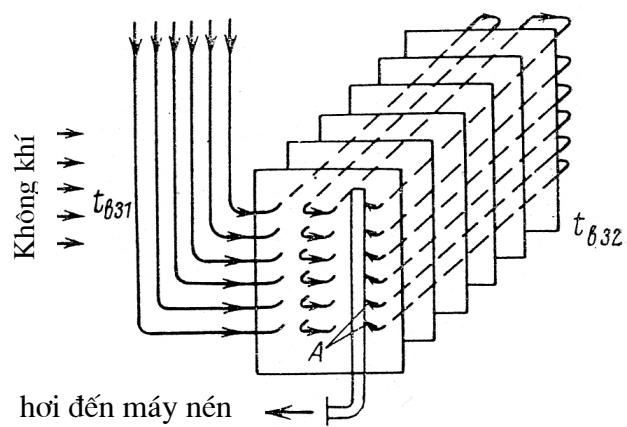
Thiết bị làm lạnh không khí kiểu khô thường dùng loại ống hoặc giàn ống có cánh tản nhiệt phía không khí loại tấm phẳng, loại vít xoắn... Trong đó loại cánh ngang rời bằng nhôm ép lên ống có nhiều ưu điểm (chế tạo truyền nhiệt và giảm lực cản dòng chảy) hệ số cánh bằng $10 \div 25$ (hệ số cánh là tỉ số giữa bề mặt có cánh trên bề mặt không có cánh phía bên kia).

(Hình 2.14) biểu diễn sơ đồ hai vị trí bố trí đúng và không đúng bộ phận trao đổi nhiệt.

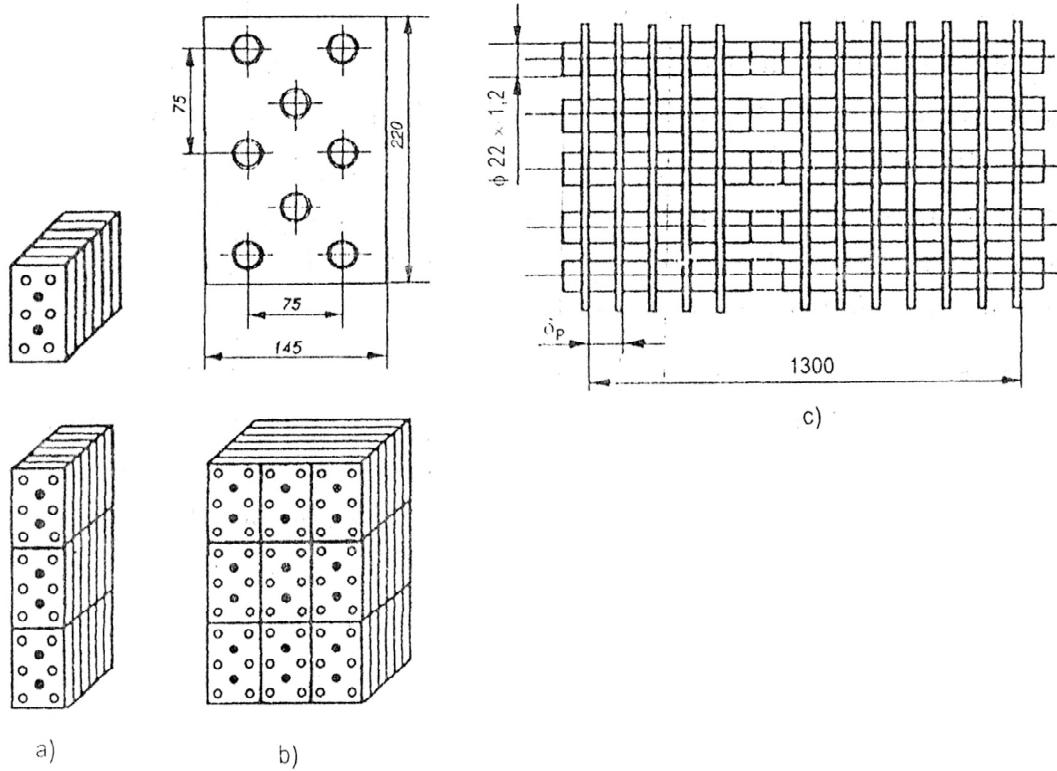
từ bộ phận phân phổi



từ bộ phận phân phổi



Hình 2.14. Thiết bị làm lạnh không khí đặt không đúng (a) và đặt đúng (b) bộ phận trao đổi nhiệt



a)

b)

c)

Hình 2.15. Một số kết cấu môđun của thiết bị làm lạnh không khí

a - môđun cơ bản b - Tổ hợp các môđun c - Kiểu treo hoặc có chậu đỡ

Các thiết bị làm lạnh không khí đặt cho các phòng lạnh động thường có bước cánh 10 - 12 mm nên cần lưu ý việc tẩy tuyết bằng băng cho chúng. Riêng đối với phòng lạnh có nhiệt độ $\geq +2^{\circ}\text{C}$ có thể tẩy tuyết bằng chính nguồn nhiệt của không khí trong phòng.

Chương 3

TÍNH TOÁN VÀ LỰA CHỌN THIẾT BỊ CHO HỆ THỐNG LẠNH

3.1. Tính và chọn máy nén hơi 1 cấp.

3.1.1. Chọn các thông số của chế độ làm việc

Chế độ làm việc của hệ thống lạnh đặc trưng bởi 4 nhiệt độ sau.

- Nhiệt độ sôi của môi chất lạnh t_0 .
- Nhiệt độ ngưng tụ của môi chất t_K .
- Nhiệt độ quá lạnh của lồng trước van tiết lưu (TL).
- Nhiệt độ hơi hút về máy nén (nhiệt độ quá nhiệt t_{qn}).

a) Nhiệt độ t_0 .

Nhiệt độ sôi của môi chất lạnh tính như sau:

$$t_0 = t_b - \Delta t_0$$

Trong đó:

t_b - Nhiệt độ buồng lạnh ($^{\circ}\text{C}$)

Δt_0 - Hiệu nhiệt độ yêu cầu ($^{\circ}\text{C}$)

Đối với dàn bay hơi trực tiếp, nhiệt độ bay hơi lấy thấp hơn $8 - 13^{\circ}\text{C}$. Đối với buồng riêng biệt khi cần duy trì từ độ ẩm thấp có thể lấy tới 15°C . Nếu cần duy trì trong buồng ở độ ẩm cao, hiệu nhiệt độ chỉ là $5 - 6^{\circ}\text{C}$. Hiệu nhiệt độ càng lớn, độ ẩm tương đối trong buồng càng thấp.

Trong các hệ thống lạnh gián tiếp; nhiệt độ sôi môi chất lạnh lấy thấp hơn nhiệt độ nước muối $5 \div 6^{\circ}\text{C}$, và nhiệt độ nước muối lấy thấp hơn nhiệt độ buồng lạnh $8 - 10^{\circ}\text{C}$.

b) Chọn nhiệt độ t_K .

Chọn nhiệt độ ngưng tụ t_K phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường làm mát của thiết bị ngưng tụ.

$$t_K = t_{w_2} + \Delta t_K$$

Trong đó:

t_{w_2} - Nhiệt độ nước ra khỏi bình ngưng

Δt_K - Hiệu nhiệt độ ngưng tụ bằng $3 - 5^{\circ}\text{C}$. (Nghĩa là nhiệt độ ngưng tụ cao hơn nhiệt độ nước ra $3 - 5^{\circ}\text{C}$).

Trong một số trường hợp người ta lấy chuẩn là nhiệt độ trung bình của nước khi ra và vào bình ngưng, hiệu nhiệt độ lấy $4 - 6^{\circ}\text{C}$. Chọn hiệu nhiệt độ ngưng tụ là bài toán kinh tế vì nếu Δt_K nhỏ, năng suất lạnh tăng, chi phí điện năng nhỏ, tiêu tốn nước tăng.

Đối với máy lạnh freon chọn hiệu nhiệt độ lớn gấp đôi so với máy lạnh NH_3 .

Phụ thuộc vào kiểu bình ngưng, nhiệt độ nước đầu vào và ra chênh nhau $2 - 6^{\circ}\text{C}$.

$$t_{w_2} = t_{w_1} + (2 \div 6^{\circ}\text{C})$$

Ở đây:

t_{w_2} - Nhiệt độ nước ra khỏi bình ngưng.

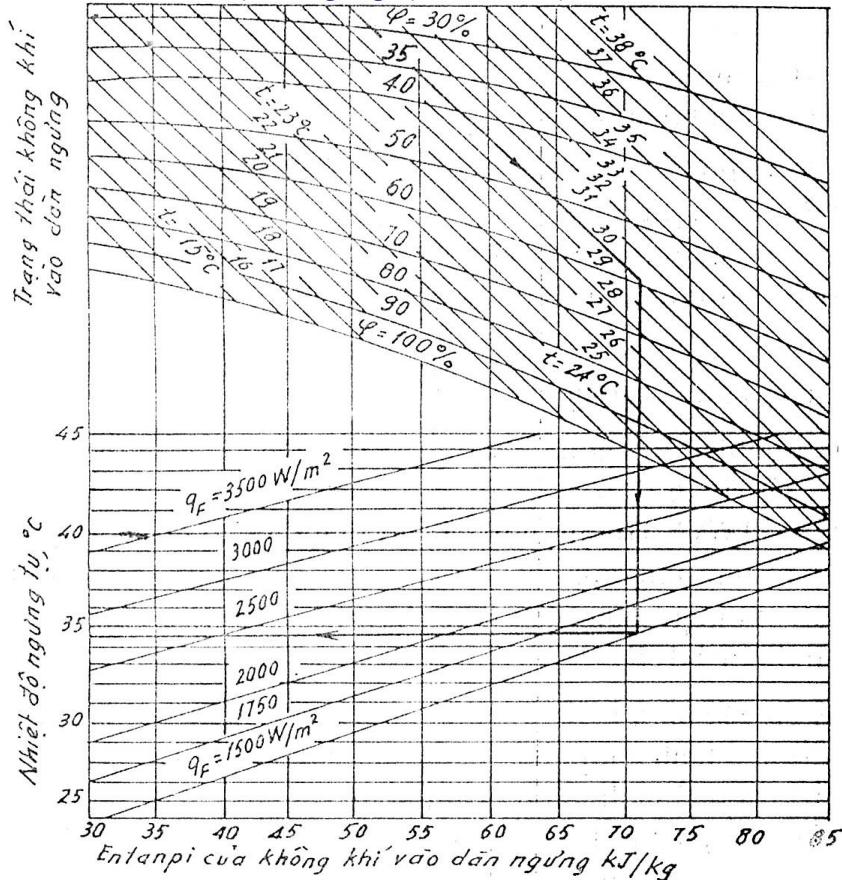
t_{w_1} - Nhiệt độ nước vào bình ngưng.

Đối với bình ngưng vỏ - ống $\Delta t_w = 5^{\circ}\text{C}$.

Nhiệt độ nước vào bình ngưng khi dùng tháp giải nhiệt cao hơn nhiệt độ nhiệt kế ướt $3 - 4^{\circ}\text{C}$.
Đối với dàn ngưng làm mát bằng không khí, hiệu nhiệt độ trung bình giữa môi chất lạnh ngưng tụ và

không khí bằng $10 - 15^{\circ}\text{C}$. Đối với dàn ngưng tưới, nhiệt độ nước giữ nguyên và lấy bằng nhiệt độ nước tuần hoàn (bằng $t_u + (3 \div 4)^{\circ}\text{C}$).

Người ta có thể chọn nhiệt độ ngưng tụ theo đồ thị dưới.



Hình 3.1. Đồ thị xác định nhiệt độ ngưng tụ cho dàn ngưng tưới

Ví dụ - Nhiệt độ không khí 30°C , độ ẩm $\varphi = 60\%$ dòng xuống gấp đường nhiệt tải riêng của dàn ngưng tụ $q_f = 1500 \text{ w/m}^2$, dòng ngang ta được nhiệt độ ngưng tụ $t_K = 34,6^{\circ}\text{C}$. Trường hợp các số liệu đã cho có điểm giao nhau nằm ngoài đồ thị ta sử dụng phương pháp nội suy.

c/ **Nhiệt độ quá lạnh t_{ql} :** Là nhiệt độ môi chất trước khi vào van tiết lưu. Nhiệt độ t_{ql} càng thấp, năng suất lạnh càng cao. Tuy nhiên đối với máy lạnh 1 cấp không hồi nhiệt (NH_3), thì nhiệt độ quá lạnh khi qua thiết bị trao đổi nhiệt ngược chiều vẫn cao hơn nhiệt độ nước vào $3 - 5^{\circ}\text{C}$.

$$t_{ql} = t_{w_1} + (3 \div 5)^{\circ}\text{C}$$

Việc quá lạnh thường được làm ngay trong thiết bị ngưng tụ bằng cách để mức lỏng ngập vào ống dưới cùng của dàn ống trong bình ngưng ống chùm. Nước cấp vào bình sẽ đi qua các ống này trước để quá lạnh lỏng sau đó mới lên các ống trên để ngưng tụ môi chất.

Thiết bị lạnh freon cũng không được bố trí thiết bị quá lạnh. Việc quá lạnh thực hiện trong bình hồi nhiệt, giữa môi chất lỏng nóng trước khi vào van tiết lưu và hơi lạnh ở bình bay hơi ra, trước khi về máy nén.

d/ **Nhiệt độ hơi hút t_h :**

Nhiệt độ hơi hút là nhiệt độ của hơi trước khi vào máy nén. Nhiệt độ hơi hút luôn lớn hơn nhiệt độ sôi của môi chất. Hơi phải là hơi quá nhiệt, để không hút phải lỏng, ta bố trí bình tách lỏng. Đối với tách nhôm NH₃, nhiệt độ hơi hút: $t_h = t_0 + (5 \div 15^\circ C)$

Để đạt được quá nhiệt của hơi hút đối với máy lạnh NH₃ ta có 3 cách:

- Quá nhiệt ngay trong dàn lạnh, khi dùng van tiết lưu nhiệt
- Quá nhiệt nhờ hoà trộn với hơi nóng trên đường về máy nén.
- Quá nhiệt do tổn thất lạnh trên đường ống từ thiết bị bay hơi về máy nén.

Đối với máy nén NH₃ nhiệt độ cuối tầm nén khá cao, nên nhiệt độ càng nhỏ càng tốt.

Đối với máy nén freon nhiệt độ cuối tầm nén thấp, nên độ quá nhiệt hơi hút có thể chọn cao.

Với R12 độ quá nhiệt hơi hút đến 30°C.

Với R22 khoảng 25°C

3.1.2. Chu trình máy lạnh nén hơi một cấp.

a/ Chu trình 1 cấp: (Hình 3.2) trình bày sơ đồ đơn giản nguyên tắc của chu trình máy lạnh 1 cấp dùng cho môi chất NH₃ và chu trình lạnh biểu diễn trên đồ thị i - lgp và T - s.

Sự thay đổi trạng thái của môi chất trong chu trình như sau:

1' - 1 Quá nhiệt hơi hút.

1 - 2 Nén đoạn nhiệt ($i = \text{const}$) từ áp suất thấp P₀ lên áp suất cao P_K.

2 - 2' Làm mát đẳng áp hơi môi chất từ trạng thái quá nhiệt xuống trạng thái bão hòa.

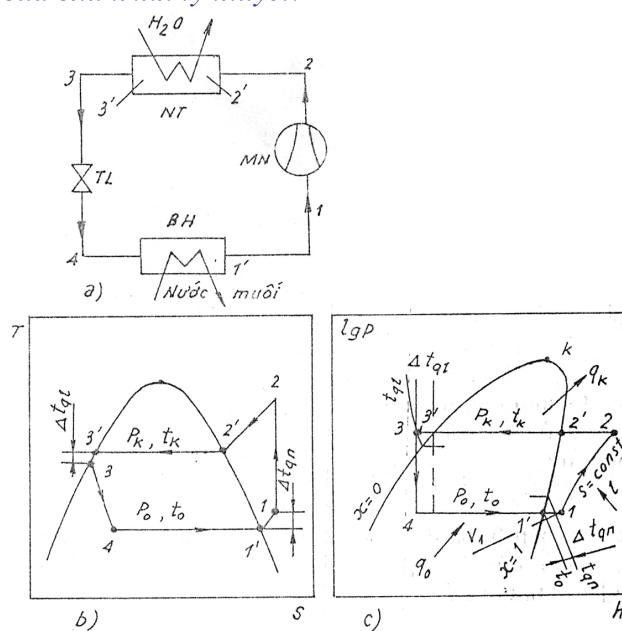
2' - 3' Ngưng tụ môi chất đẳng áp, đẳng nhiệt.

3' - 3 Quá lạnh môi chất lỏng đẳng áp.

3 - 4 Quá trình tiết lưu đẳng entropy ở van tiết lưu $i_3 = i_4$.

4 - 1' Bay hơi trong bình bay hơi đẳng áp, đẳng nhiệt $P_0 = \text{const}$; $t_0 = \text{const}$.

b/ Xác định các thông số của chu trình lý thuyết.



Hình 3.2. Chu trình 1 cấp Amôniắc

a/ Sơ đồ nguyên lý làm việc b) Chu trình trên đồ thị T - S c) Chu trình trên đồ thị i - lgp.

$$\text{Năng suất làm lạnh: } q_0 = i_1 - i_4 \quad \text{J/kg} \quad (3.2)$$

$$\text{Tải trọng nhiệt của bộ ngưng: } q_k = i_2 - i_3 \quad \text{J/kg} \quad (3.3)$$

Công nén của máy nén:

$$l = \Delta i_{dn} = i_2 - i_1 \quad \text{J/kg} \quad (3.4)$$

Năng suất riêng thể tích:

$$q_v = \frac{q_0}{v_1} \quad (3.5)$$

Ở đây: v_1 - thể tích riêng hơi hút về máy

Hệ số lạnh của chu trình lý thuyết, đặc trưng hiệu quả năng lượng của nó.

$$\epsilon_T = \frac{q_0}{\Delta i_{dn}} = \frac{i_1 - i_4}{i_2 - i_1} \quad (3.6)$$

Khi biết các thông số của chu trình lý thuyết có thể xác định những thông số chính làm việc của máy lạnh thực. Năng suất lạnh của máy nén.

$$Q_0 = M \cdot q_0 = \frac{V_{nt} \cdot \lambda}{v_1} \cdot q_0 = V_{nt} \cdot \lambda \cdot q_v \quad (\text{w}) \quad (3.7)$$

$$M = \frac{Q_0}{q_0}$$

Ở đây:

$M = \frac{V_{nt} \cdot \lambda}{v_1}$ - Số lượng thực của tác nhân tuần hoàn hoặc năng suất khối của máy nén (kg/s).

V_{nt} - Thể tích giây thực tế máy nén pit tông (m^3/s)

λ - Hệ số cung cấp của máy nén (tính tới tổn thất thể tích)

Công suất của máy nén:

$$N = \frac{M \cdot \Delta i_{dn}}{\eta} \quad (\text{W}) \quad (3.8)$$

η - Hiệu suất nén

Hệ số lạnh thực

$$\epsilon_t = \epsilon_T \cdot \eta = \frac{Q_0}{N} \quad (3.9)$$

c/ Tính nhiệt cho máy nén

+ Năng suất của máy nén.

$$Q_0 = \frac{V_{nt} \cdot \lambda}{v_1} \cdot q_0 \quad (\text{W}) \quad (3.10)$$

Thể tích của máy nén xác định theo kích thước hình học của nó.

Đối với máy nén pit tông

Thể tích lý thuyết một máy nén

$$V_{htMN} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot S \cdot Z \cdot \frac{n}{60} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Ở đây d = đường kính trục đẩy

Đối với máy nén cánh quay

$$V_{tMN} = (2 \cdot \pi \cdot D - i \cdot \delta) \cdot e \cdot L \cdot \frac{n}{60} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Ở đây:

- S - Hành trình pittông (m);
- Z - Số xylanh máy nén;
- n - Số vòng quay (vg/ph);
- L - Chiều dài xylanh (m);
- $e = 0,5 \cdot (D - d_r)$ độ lệch tâm (m);
- d_r - Đường kính rôto (m);
- δ - Chiều dày cánh (m);
- i - Số cánh.

+ Nhu cầu công suất.

Khi tính toán máy nén, đầu tiên ta xác định công suất đoạn nhiệt, sau đó đưa vào hệ số làm việc và hệ số hiệu chỉnh tính tới sai lệch giữa công suất thực và công suất đoạn nhiệt.

Nén đoạn nhiệt chỉ dùng để khảo sát đối với khí lý tưởng. Đối với máy nén khí công chi phí nén nhỏ nhất ứng với chế độ đẳng nhiệt. Đối với máy nén lạnh, ban đầu nén đẳng nhiệt (đến trạng thái bão hòa) sau đó theo đường cong giới hạn trên.

Công cần để nén đoạn nhiệt

$$N_{dn} = M \cdot \Delta i_{dn} \quad (\text{w}) \quad (3.11)$$

ở đây:

M - Lượng tác nhân tuần hoàn thực (kg/s)

Δi_{dn} - Hiệu entropy của nén đoạn nhiệt cuối và hơi hút (J/kg)

Công suất thực chi phí nén hơi (chỉ thị).

$$N_i = \frac{N_{dn}}{\eta_i} \quad (\text{w})$$

η_i - Hệ số chỉ thị của máy nén.

Để tính tổn thất do ma sát người ta thay hệ số cơ η_c bằng sử dụng tương ứng.

$$N_e = N_i + N_{ms} \quad (\text{w})$$

N_{ms} - Công suất chi phí do ma sát

Để đánh giá tổng tổn thất trong máy nén, sử dụng hiệu suất máy nén η_c liên quan tới công suất đoạn nhiệt với công suất trên trực máy nén.

$$\eta_e = \frac{N_{dn}}{N_e} = \eta_i \cdot \eta_c \quad (3.12)$$

Công suất động cơ điện

$$N_{dc} = \frac{N_e}{\eta_{dc}} \quad (3.13)$$

η_{dc} - Hiệu suất động cơ

Hiệu suất chỉ thị và hiệu suất hiệu dụng cho phép so sánh với công suất thực với công suất đoạn nhiệt.

d) Hệ số thể tích của máy nén.

+ Phân tích tổn thất thể tích của máy nén.

Hệ số cung cấp chung bao gồm các hệ số riêng sau:

$$\lambda = \lambda_c + \lambda_{tl} + \lambda_w + \lambda_r + \lambda_k \quad (3.14)$$

Trong đó:

λ_c - Hệ số tính đến thể tích chết

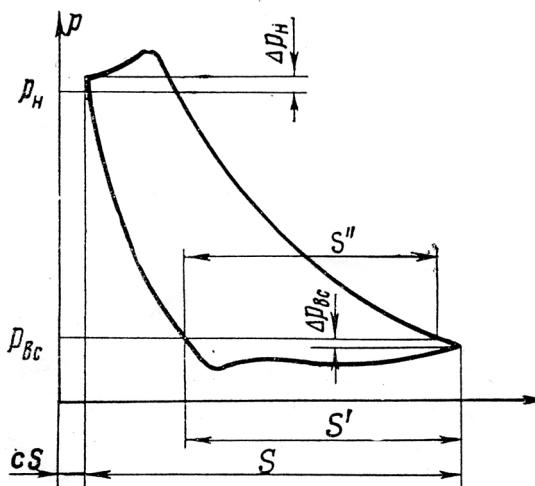
λ_{tl} - Hệ số tổn thất do tiết lưu

λ_w - Hệ số tổn thất do hơi hút vào xy lanh bị đốt nóng.

λ_r - Tổn thất do rò rỉ môi chất qua pit tông, xylanh, sec măng và van từ khoang nén về khoang hút.

λ_k - Hệ số tính tới sự giảm năng suất máy nén khi làm việc với quá nhiệt nhỏ.

Hệ số λ_c tính tổn thất năng suất, liên quan tới sự dãn của hơi từ không gian chết khi hành trình pit tông ngược lại; có thể xác định trên đồ thị chỉ thị.



Hình 3.3. Đồ thị chỉ thị của máy nén pít tông

$$\lambda_c = \frac{S''}{S}$$

Hoặc theo công thức

$$\lambda_c = 1 - c \cdot \left[\left(\frac{P_K + \Delta P_K}{P_0} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] \quad (3.15)$$

Trong đó: c - Thể tích (% thể tích xy lanh)

m - Chỉ số đa biến của dãn ngược

Hệ số λ_{tl} tính sự giảm năng suất do phía dưới điểm chết, áp suất trong xy lanh nhỏ hơn so với áp suất hút.

Từ đồ thị chỉ thị ta có:

$$\lambda_l = \frac{s''}{s'}$$

Hoặc tính theo: $\lambda_u = 1 - \frac{(1+c)\Delta P_0}{\lambda_c \cdot P_0}$ (3.16)

Ở đây ΔP_0 là hiệu số giữa áp suất hút và áp suất trong xy lanh ở dưới điểm chết.

Hệ số λ_w tính tới sự giảm năng suất do hơi hút bị đốt nóng tiếp xúc với thành của rãnh hút.

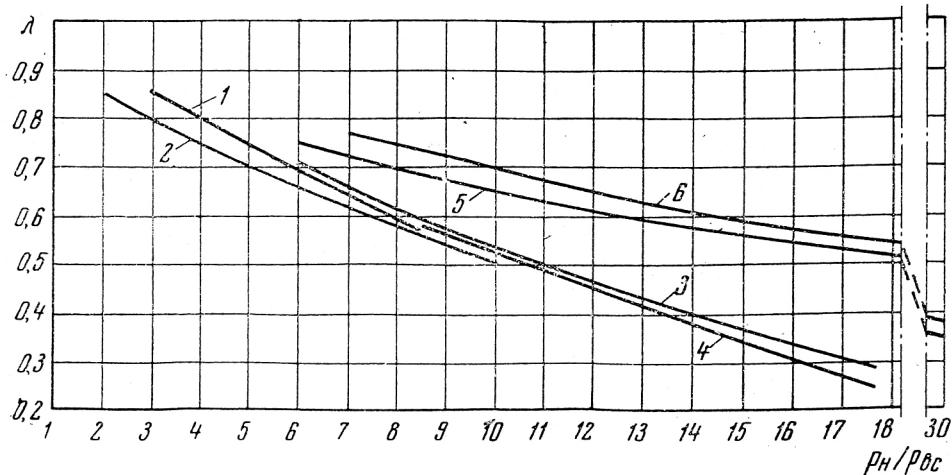
$$\lambda_w = \frac{T_0}{T_{xl}}$$

Ở đây T_0 và T_{xl} là nhiệt độ của hơi ứng trước ống hút và xylanh tại thời điểm đóng súp pát hút ($^{\circ}\text{K}$).

Trong thực tế tính các hệ số theo các công thức trên khó khăn, thường xác định bằng thực nghiệm.

Hệ số cung cấp của máy nén 1 cấp nhận được bằng thực nghiệm khi khảo nghiệm máy nén (Hình 3.4). Từ đồ thị cho thấy, máy nén có thể tích chết $c = 3,5 \div 4,5\%$ giá trị hệ số cung cấp rất gần nhau (đường cong 1 - 4). Khi giảm thể tích chết xuống 1,5%, hệ số cung cấp được nâng cao (đường cong 5,6). Tăng số vòng quay của máy nén giá trị λ giảm. Ta có thể xác định λ với độ chính xác 5% theo phương pháp của B_Kantôrôvit.

$$\lambda = 0,8 - c \cdot \frac{P_k}{P_0} - 0,004 \cdot \frac{P_k}{P_0} + 4 \cdot c \quad (3.17)$$



Hình 3.4. Hệ số cung cấp của máy nén 1 cấp
Thể tích lý thuyết do pit tông quét được.

$$V_{lt} = \frac{V_{lt}}{\lambda} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Số lượng máy nén theo yêu cầu.

$$Z = \frac{V_{lt}}{V_{ltMN}}$$

+ Tốn thất năng lượng.

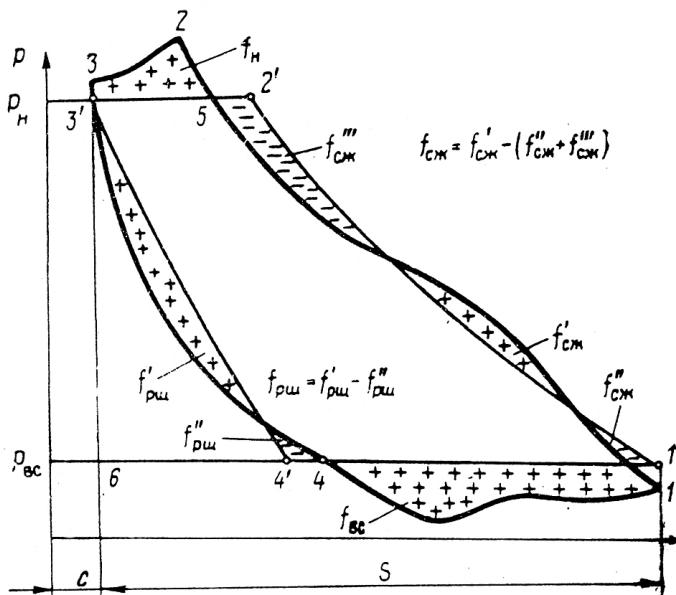
Tốn thất năng lượng khi nén hơi tính theo η_i bao gồm

$$\eta_i = \eta_n \cdot \eta_d \cdot \eta_d \cdot \eta_h \cdot \eta_{hn} \cdot \eta_r \cdot \eta_k \quad (3.18)$$

Trong đó:

$\eta_n, \eta_d, \eta_d, \eta_h$ - Hệ số tính tới tổn thất năng lượng khi nén, đẩy, dãn và hút có thể xác định từ đồ thị chỉ thị.

η_w, η_r, η_k - Hệ số tổn thất, đi qua 1 kg hơi vào máy nén, liên quan tới tổn thất thể tích, giá trị tương ứng bằng $\lambda_w, \lambda_r, \lambda_k$.



Hình 3.5. Xác định tổn thất năng lượng theo đồ thị chỉ thị

Để xác định $\eta_n, \eta_d, \eta_d, \eta_h$ bằng cách so sánh đồ thị chỉ thị thực tế (1-2-3-4) với đồ thị lý thuyết của máy nén, trong đó cho thể tích chết, tổn thất ở van tiết lưu không có (1'2'3'4'),

Diện tích đồ thị thực tế tăng hơn so với đồ lý thuyết, tương ứng làm tăng công suất, Hệ số ứng với tổn thất công suất do van tiết lưu khi đẩy

$$\eta_d = \frac{1}{1 + \frac{f_d}{F_T}} \quad (3.19)$$

Hệ số ứng với tổn thất do van tiết lưu khi hút

$$\eta_h = \frac{1}{1 + \frac{f_h}{F_T}} \quad (3.20)$$

Hệ số tính với tổn thất khi nén

$$\eta_n = \frac{1}{1 + \frac{f_h}{F_T}} \quad (3.21)$$

Hệ số tính với tổn thất khi dẫn

$$\eta_d = \frac{1}{1 + \frac{f_d}{F_T}} \cdot \frac{\lambda_c}{\lambda_c^T} \quad (3.22)$$

Sự thay đổi diện tích của đồ thị chỉ thị do sai lệch giữa đường nén thực tế và lý thuyết do quá trình nén không đoạn nhiệt, cũng như áp suất tại điểm 1 thấp hơn áp suất hút. Quá trình nén không đẳng nhiệt, diện tích đồ thị chỉ thị có thể tăng hoặc giảm, Khi làm lạnh xi lanh, thường quá trình nén bắt đầu lệch sang phải sau đó sang trái so với đường đoạn nhiệt. Vì vậy f_n là tổng đại số diện tích tương ứng và thay vào công thức (3.21) với dấu của nó. Khi tăng cường làm lạnh $f_n < 0$ và $\eta_n > 1$.

Giảm áp suất tại điểm 1' dẫn đến giảm diện tích đồ thị chỉ thị vì đường nén hạ thấp xuống; làm giảm công suất khi nén mỗi kilôgam hơi; và giảm khối lượng hơi nén. Tổn thất khi dẫn liên quan tới quá trình dẫn không đoạn nhiệt (η_n). Khi làm lạnh xy lanh bằng nước, diện tích đồ thị tăng và η_n giảm.

Để tính số lượng tác nhân lạnh thay đổi giữa nén thực tế và lý thuyết (đoạn 4-4'). Trong công thức (3.22) đưa vào hệ số hiệu chỉnh $\frac{\lambda_c}{\lambda_c^T}$ (hệ số khoảng chênh khi giãn đoạn nhiệt, λ_c – chu trình thực tế).

Khi tăng cường làm lạnh $\eta_n > 1$, các tổn thất còn lại không đáng kể và có thể đạt được $\eta_i > 1$.

3.1.3. Xác định theo điều kiện tiêu chuẩn.

Phần trên đã chọn được máy nén với V_{lt} cho trước. Nhưng nếu không biết V_{lt} mà chỉ biết năng suất lạnh ở điều kiện tiêu chuẩn $Q_{o/c}$ của máy nén, làm thế nào chọn được máy nén thích hợp và số lượng máy nén thích hợp ?

Trường hợp chỉ biết năng suất lạnh ở điều kiện tiêu chuẩn ($Q_{o/c}$), ta cần tính toán các bước sau:

+ Xác định chu kỳ lạnh tiêu chuẩn.

Các chế độ tiêu chuẩn lạnh cho trong bảng 3.1

Bảng 3.1. Một số chế độ lạnh tiêu chuẩn

Nhiệt độ $^{\circ}\text{C}$	t_o	t_{qn}	t_K	t_{ql}
Chế độ tiêu chuẩn				
Một cấp				
Amôniac	-15	-10	30	25
Frêon	-15	15	30	25
Chế độ điều hoà	5	15	35	30
Chế độ lạnh đông(hai cấp)				
Amôniac	-40	-30	35	30
Frêon	-35	-20	30	25

Căn cứ số liệu tiêu chuẩn về nhiệt độ trên, ta có thể xây dựng chu trình tiêu chuẩn trên đồ thị i - $lg p$ và xác định các thông số còn lại: P , i , v_1 và tiếp tục tính toán.

+ Năng suất lạnh riêng khối lượng tiêu chuẩn

$$Q_{o/vc} = i_{1(v/c)} - i_{4vc} \quad \text{KJ/Kg}$$

+ Năng suất lạnh riêng thể tích tiêu chuẩn

$$Q_{v/c} = \frac{q_{ot/c}}{V_{lt/c}} \quad \text{KJ/m}^3$$

+ Hệ số cấp ở điều kiện tiêu chuẩn λ_{vc} tính theo các λ thành phần tiêu chuẩn.

+ Năng suất tiêu chuẩn $Q_{ot/c}$

$$Q_{ot/c} = Q_o \cdot \frac{q_{vt/c} \cdot \lambda_{t/c}}{q_v \cdot \lambda} \quad (\text{KW})$$

+ Số máy nén cần chọn: $Z_{MN} = \frac{Q_{ot/c}}{Q_{ot/cMN}}$ (chiếc)

Hoặc $Z_{MN} = \frac{Q_o}{Q_{oMN}}$

Hoặc $Z_{MN} = \frac{V_{lt}}{V_{ltMN}}$

Bảng 3.2. Máy nén pittông Mycom, một cấp nén loại W (hãng MayeKaWa Nhật)

Môi chất	Kí hiệu	Thể tích quét, m^3/h	Q _o , kW						N _o , kW					
			-25	-20	-15	-10	-5	0°C	-25	-20	-15	-10	-5	0°C
R717	N2WA	71,0	17,3	23,4	30,7	39,3	49,5	61,3	8,1	9,1	10,0	10,7	11,3	11,6
	N4WA	187,2	45,4	61,6	80,8	103,7	130,4	161,6	21,4	23,9	26,2	28,3	29,7	30,6
	N6WA	280,7	68,3	92,3	121,3	155,5	195,6	242,3	32,0	35,9	39,4	42,4	44,6	45,8
	N8WA	374,2	91,0	123,1	161,7	207,4	260,9	323,1	42,8	47,8	52,6	56,4	59,4	61,0
	N4WB	381,0	92,8	125,6	164,9	211,4	265,9	329,4	43,6	48,8	53,6	57,6	60,6	62,3
	N6WB	572,6	139,1	188,4	247,3	317,1	398,9	494,1	65,4	73,2	80,4	86,4	90,9	93,4
	N8WB	764,1	185,5	251,2	329,7	422,7	351,9	658,7	87,2	97,6	107,1	115,2	121,2	124,5
	N12WB	954,3	231,9	313,9	412,2	528,4	664,8	823,4	109,0	122,1	133,9	144,0	151,5	155,7
R22	F2WA2	71,0	19,3	25,4	32,6	41,1	50,9	62,1	8,4	9,3	10,2	10,9	11,5	11,9
	F4WA2	187,2	50,7	67,1	86,0	108,3	134,1	163,9	22,2	24,9	27,2	29,1	30,7	31,7
	F6WA2	280,7	76,1	100,5	129,1	162,6	201,2	245,8	33,4	37,2	40,7	43,7	46,0	47,5
	F8WA2	374,2	101,6	134,0	172,2	216,7	268,2	327,7	44,5	49,7	54,4	58,4	61,4	63,3
	F4WB2	381,0	107,8	140,3	178,5	223,1	274,7	334,2	44,6	50,7	56,3	61,2	65,3	68,4
	F6WB2	572,6	161,7	210,5	267,8	334,6	412,1	501,2	66,8	76,0	84,4	91,8	98,0	102,6
	F8WB2	764,1	215,6	280,6	357,1	446,2	549,4	688,3	89,1	101,3	112,5	122,4	130,7	136,8

	F12WB2	954,3	269,4	350,8	446,3	557,8	686,8	835,4	11,4	126,7	140,7	153,0	163,3	171,1
R502	F2WA5	71,0	19,5	25,7	33,1	41,6	51,6	63,1	9,0	10,0	10,9	11,7	12,2	12,5
	F4WA5	187,2	51,5	67,9	87,1	109,7	136,1	166,3	23,9	26,7	29,1	31,1	32,6	33,5
	F6WA5	280,7	77,2	101,7	130,7	164,7	204,0	249,4	35,9	40,0	43,6	46,6	48,9	50,3
	F8WA5	374,2	103,0	135,7	174,4	219,6	272,0	332,7	47,8	53,3	58,1	62,2	65,1	66,9
	F4WB5	381,0	109,1	142,0	180,7	225,9	278,5	339,1	49,0	55,3	61,1	66,2	70,3	73,4
	F6WB5	572,6	163,6	213,0	271,0	338,9	417,7	508,7	73,4	83,0	91,7	99,3	105,5	110,1
	F8WB5	764,1	218,2	284,0	361,4	451,9	557,0	678,3	97,9	110,6	122,2	132,4	140,7	146,8
	F12WB5	954,3	272,8	354,9	451,8	564,8	696,3	847,8	122,4	138,3	152,8	165,4	175,8	183,5

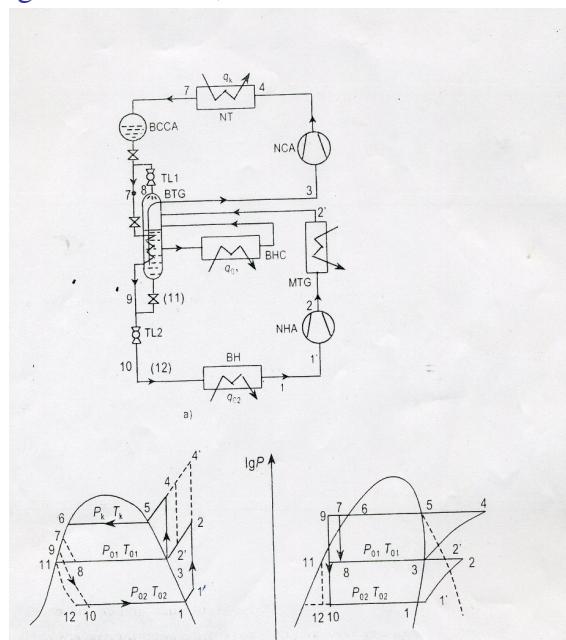
3.2. Tính và chạy máy nén hơi 2 cấp.

Mục đích của chu trình 2 cấp là

- Cải thiện hệ số λ của máy nén khi tỉ số nén ≥ 9
- Giữ cho nhiệt độ cuối kỳ nén không cao quá $t_2 < 160^{\circ}\text{C}$
- Đạt được nhiệt độ sôi tương đối thấp (-40°C)

3.2.1. Chu trình 2 cấp làm mát trung gian hoàn toàn

Hơi môi chất từ bình bay hơi BH đi vào máy nén hạ áp NHA và nén từ trạng thái 1 có áp suất P_0 , nhiệt độ t_0 , lên trạng thái 2 có áp suất trung gian P_{tg} và nhiệt độ cao t_2 sau đó vào BTG, Miệng ống đẩy sục dưới mức lỏng, do đó hơi được làm mát tới trạng thái bão hòa, Hơi từ trạng thái 3 được hút vào NCA và nén lên trạng thái 4 (nhiệt độ t_4) và đưa vào thiết bị NT, Tại đây hơi được làm mát và ngưng tụ lỏng nhờ thải nhiệt cho nước làm mát, sau đó qua TL₁ vào bình trung gian, Phần hơi hình thành sau khi tiết lưu được máy NCA hút về, còn phần lỏng qua TL₂ vào thiết bị bay hơi, Tại đây lỏng môi chất bay hơi thu nhiệt vào môi trường, Hơi được hút về NHA – hoàn thành vòng tuần hoàn kín,



Hình 3.6. Chu trình lạnh 2 cấp làm mát trung gian hoàn toàn có quá lạnh lỏng và quá nhiệt hơi hút
BH - bình bay hơi NHA - máy nén hạ áp NCA - máy nén cao áp
NT - ngưng tụ TL₁ TL₂ - van tiết lưu 1,2 BTG - bình trung gian

a/ Các quá trình như sau,

1'-1 quá nhiệt hơi hút hạ áp

1 -2 nén đoạn nhiệt cấp hạ áp $S_1 = S_2$

2 -3 làm mát hơi nén cấp thấp trong BTG nhờ bay hơi 1 lượng lỏng tại đây

3 – 4 nén đoạn nhiệt cấp cao $S_3 = S_4$

4 -5' -5 làm mát ngưng tụ và làm mát môi chất lỏng

5 – 6 tiết lưu đẳng enthalpy ($i_5 = i_6$) từ áp suất được ngưng tụ xuống áp suất trung gian,

Phân hơi có i_7 hút về máy nén cao áp, Phân lỏng còn lại có i_8 tiết lưu lần 2 xuống P_0 ,

8 -9 tiết lưu cấp 2, $i = \text{const}$ ($i_8 = i_9$) từ P_{tg} xuống P_0

9 – 1' bay hơi đẳng nhiệt trong thiết bị BH thu nhiệt làm lạnh môi trường

b/ Xác định chu trình 2 cấp bình trung gian ống xoắn,

Từ nhiệt độ ngưng tụ và bay hơi, xác định áp suất ngưng tụ và bay hơi

- Áp suất trung gian

$$P_{tg} = \sqrt{P_K \cdot P_K}$$

- Năng suất lạnh riêng

$$q_0 = i_1 - i_9 \quad \text{KJ/Kg}$$

- Năng suất lạnh riêng thể tích

$$q_v = q_0 / v_1 \quad \text{KJ/m}^3$$

- Xác định công suất nén riêng

Cân xác định công nén riêng cho cả hai cấp:

Giả sử m_1 – lưu lượng môi chất qua máy nén hạ áp NHA

m_3 – lưu lượng môi chất qua máy nén cao áp NCA

l_1, l_2 – công nén riêng hạ áp và cao áp

cân bằng nhiệt ở bình trung gian ta có (nhiệt vào bằng nhiệt ra)

$$m_3, i_6 + m_1, i_2 = m_1, i_8 + m_3, i_7$$

Suy ra:

$$\frac{m_3}{m_1} = \frac{i_2 - i_8}{i_7 - i_6}$$

Công nén riêng

$$l = l_1 + l_2 \cdot \frac{m_3}{m_1}$$

$$l = l_1 + l_2 \cdot \frac{i_2 - i_8}{i_7 - i_6} \quad (\text{KJ/Kg})$$

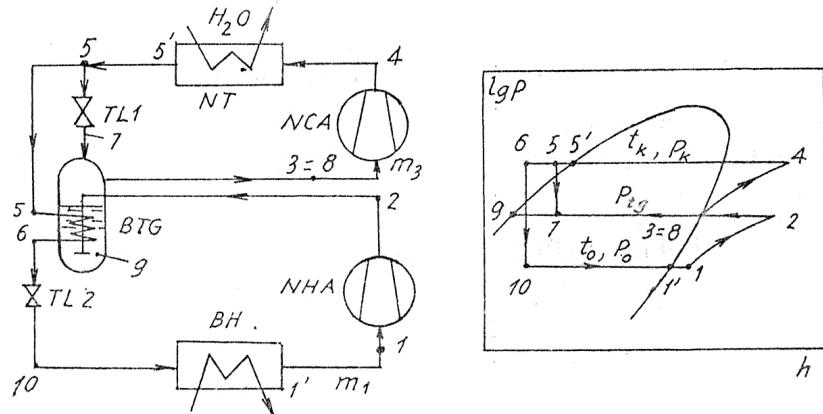
- Năng suất nhiệt riêng

$$q_K = (i_4 - i_5) \frac{m_3}{m_1}$$

- Hệ số lạnh

$$\varepsilon = \frac{q_0}{l} = \frac{q_0}{l_1 + l_2 \cdot \frac{i_2 - i_8}{i_7 - i_6}}$$

3.2.2. Chu trình hai cấp bình trung gian có ống xoắn.



Hình 3.7. Chu trình hai cấp nén bình trung gian có ống xoắn

Khác biệt với chu trình nén hai cấp làm mát trung gian hoàn toàn là:

- Môi chất lỏng được quá lạnh trong ống xoắn. Nhiệt độ không hạ được đến nhiệt độ trung gian. Nhiệt độ quá lạnh lớn hơn nhiệt độ bình quân trung gian 3 – 5°C.
- Lượng lỏng qua van tiết lưu TL_1 chỉ vừa đủ làm mát hơi nóng ở trạng thái 2 từ máy nén hạ áp xuống đến trạng thái bão hòa.
- Lỏng có áp suất P_K tiết lưu thẳng qua TL_2 xuống P_0 , không qua áp suất trung gian, ưu điểm của chu trình này là: lỏng không bị lẫn dầu của hơi do máy nén hạ áp đưa tới vào bình bay hơi; Tiết lưu từ P_K xuống P_0 nên có thể đưa đi xa vì hiệu áp suất lớn.

a/ Các quá trình của chu trình.

- 1'-1 quá nhiệt hơi hút
- 1-2 nén đoạn nhiệt cấp hạ áp
- 2-3 làm mát hơi quá nhiệt hạ áp xuống đường hơi bão hòa
- 3-4 nén đoạn nhiệt cấp cao từ P_{tg} lên P_K
- 4-5 làm mát ngưng tụ và quá lạnh lỏng trong bình ngưng
- 5-7 tiết lưu từ P_K vào BTG
- 5-6 quá lạnh lỏng đẳng áp trong BTG
- 6-10 tiết lưu từ P_K xuống P_0
- 10-1' bay hơi thu nhiệt môi trường lạnh

b/ Xác định các thông số của chu trình

- Năng suất lạnh riêng

$$q_0 = i_{1'} - i_{10} \quad \text{KJ/Kg}$$

- Năng suất lạnh riêng thể tích

$$q_v = q_0 / v_1 \quad \text{KJ/m}^3$$

- Công nén riêng

$$l = l_1 + \frac{m_3 \cdot l_2}{m_1}$$

Cân bằng nhiệt ở bình trung gian ta có:

$$\begin{aligned} m_1 \cdot i_5 + (m_3 - m_1) \cdot i_7 + m_1 \cdot i_2 &= m_3 \cdot i + m_1 \cdot i_6 \\ m_3(i_3 - i_7) &= m_1(i_5 - i_7 - i_6 + i_2) \\ \frac{m_3}{m_1} &= \frac{i_2 + i_5 - i_7 - i_6}{i_3 - i_7} \\ l &= l_1 + \frac{i_2 + i_5 - i_7 - i_6}{i_3 - i_7} \cdot l_2 \end{aligned}$$

c/ *Tính nhiệt máy nén chu trình hai cấp*

Tính nhiệt máy nén chu trình hai cấp, đầu tiên tính cho cấp thấp riêng, sau đó tính cho cấp cao.

+ Tính cấp hạ áp (bình trung gian ống xoắn)

- Năng suất lạnh riêng

$$q_0 = i_{1'} - i_{10} \quad \text{KJ/Kg}$$

- Lưu lượng hơi nước thực tế m_1 qua máy nén hạ áp

$$m_1 = Q_0 / q_0 \quad \text{Kg/S}$$

- Thể tích hút thực tế

$$V_{ttHA} = m_1 v_1$$

- Hệ số cấp máy nén

$$\lambda_{HA} = \left\{ \frac{P_0 - \Delta P_0}{P_0} - C \left[\left(\frac{P_{tg} + \Delta P_{tg}}{P_0} \right)^{\frac{1}{m}} - \frac{P_0 - \Delta P_0}{P_0} \right] \right\} \cdot \frac{T_0}{T_{tg}} = \lambda_i \cdot \lambda_\omega \quad (3.23)$$

$m = 0,95 \div 1,1$ đối với máy nén amôniắc.

$m = 0,9 \div 1,05$ đối với máy nén frêon.

- Thể tích hút lý thuyết (thể tích quét pittông)

$$V_{ltHA} = V_{tt} / \lambda$$

- Số lượng máy nén cấp hạ áp

$$Z_{MHA} = \frac{V_t}{V_{ltMN}}$$

- Công nén đoạn nhiệt

$$N_{dn} = m_1 \cdot l_1$$

- Hiệu số chỉ chỉ

$$\eta_i = \lambda_\omega + bt_0$$

- Công suất chỉ thị

$$N_i = \frac{N_{dn}}{\eta_i}$$

- Công suất ma sát:

$$N_{ms} = V_{tt} \cdot P_{ms}$$

- Công suất hữu ích : $N_e = N_i + N_{ms}$

+ Tính cấp cao áp (bình trung gian ống xoắn)

- Lưu lượng hơi thực tế qua máy nén cao áp (do $i_5 = i_7$) nên:

$$m_3 = m_1 \frac{i_2 - i_6}{i_3 - i_7}$$

Khi có thiết bị bay hơi mắc thêm vào BTG lưu lượng m_0 , ta cộng thêm vào lưu lượng trên,

- Thể tích hút thực tế

$$V_{ltCA} = m_3 \cdot v_3$$

- Hệ số cấp của máy nén :

$$\lambda = \lambda_i \cdot \lambda_\omega$$

$$\lambda_i = \frac{P_{tg} - \Delta P_{tg}}{P_{tg}} - C \left[\left(\frac{P_K + \Delta P_K}{P_{tg}} \right)^{\frac{1}{m}} - \frac{P_{tg} + \Delta P_{tg}}{P_{tg}} \right] \quad (3,24)$$

$$\lambda_\omega = \frac{T_{tg}}{T_K}$$

- Thể tích hút lý thuyết cao áp:

$$V_{ltHA} = V_{lt} / \lambda$$

- Số lượng máy nén cao áp:

$$Z_{MHA} = \frac{V_{ltCA}}{V_{ltMN}}$$

- Công nén đoạn nhiệt cao áp:

$$N_{dn} = m_3 \cdot l_2$$

- Hiệu suất chỉ thị:

$$\eta_i = \lambda_\omega + b t_{tg}$$

- Công suất chỉ thị:

$$N_i = \frac{N_{dn}}{\eta_i}$$

- Công suất ma sát

$$N_{ms} = V_{lt} \cdot P_{ms}$$

- Công suất hữu ích:

$$N_l = N_i + N_{ms}$$

3.3. Tính, chọn thiết bị ngưng tụ.

Mục đích thiết bị ngưng tụ là xác định diện tích bề mặt trao đổi nhiệt khi biết nhiệt tải Q_k , nhiệt độ nước vào, nước ra; không khí vào, không khí ra. Ngoài ra việc tính toán thiết bị ngưng tụ để xác định thiết bị phụ như bơm, quạt cho hệ thống. Quá trình tính toán theo trình tự nhất định.

3.3.1. Cho kiểu thiết bị ngưng tụ

Cho đến nay, có rất nhiều kiểu thiết bị ngưng tụ làm việc theo các nguyên tắc khác nhau, kết cấu cũng khác nhau. Phần này đề cập tới vài loại phổ biến nhất trong sản suất.

- + Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí.
- Dàn ngưng tụ đối lưu cuồng bức.
- Dàn ngưng tụ đối lưu tự nhiên.
- Dàn ngưng kiểu tấm.
- + Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước.
- Bình ngưng ống - vỏ nằm ngang cho NH_3 và frêon.
- Thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng nằm ngang cho NH_3 và frêon.
- Thiết bị ngưng tụ ống vỏ cho NH_3 đặt đứng.
- + Thiết bị ngưng tụ kiểu kết hợp (nước và không khí).
- Dàn ngưng tưới.
- Tháp ngưng tụ.

Trong hệ thống lạnh trung bình và lớn amôniac, thường sử dụng loại làm mát bằng nước hoặc kết hợp.

Tiêu chuẩn lựa chọn thiết bị là:

- Tải nhiệt Q_k .
- Điều kiện thực tế nơi đặt thiết bị ngưng tụ: nước và không khí.

Ví dụ nơi nhiều nước, chất lượng trung bình dùng bình ngưng ống - vỏ đặt đứng. Nước hiếm chất lượng cao dùng bình ngưng ống - vỏ nằm ngang, nước tuần hoàn. Các thiết bị làm lạnh trung bình và lớn chỉ dùng khi nhiệt độ không khí tính toán dưới 30°C .

a/ Bình ngưng ống - vỏ amôniac.

Có hai loại: nằm ngang và đặt thẳng đứng. (Hình 3.8) là loại bình ngưng ống vỏ nằm ngang. Bên trong vỏ trụ bố trí một chùm ống. Nước di chuyển bên trong ống, hơi amoniac trong không gian giữa các ống. Bề mặt ống không có cánh toả nhiệt. Hệ số toả nhiệt của nước trong ống gần bằng hệ số toả nhiệt khi ngưng của amoniac.

Bảng 3.2. Bình ngưng ống vỏ nằm ngang amoniac

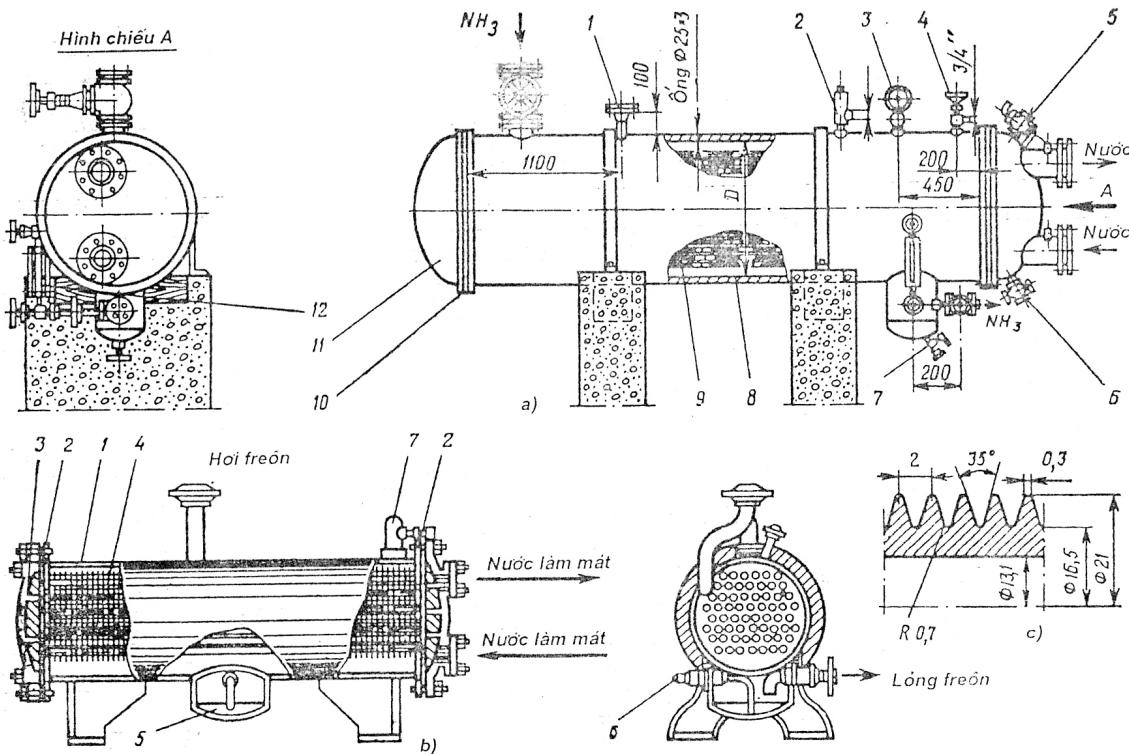
Bình ngưng	Diện tích bề mặt ngoài, m ²	đường kính ống vỏ, mm	Chiều dài ống, m	Số ống	Tải nhiệt max, kw	Số lối
KTP - 4	4,8	194	1,0	23	15,4	4;2
KTP - 6	6,8	219	1,5	29	21,5	4;2
KTP - 12	12,8	377	1,2	86	43,3	4;2
KTP - 18	18	377	1,8	86	62,8	4;2
KTP - 25	30	404	1,5	135	105	4
KTP - 35	40	404	2,0	135	140	4
KTP - 50	49,6	404	2,5	135	178	4
KTP - 65	62	500	2,0	210	216	4;2
KTP - 85	92,5	500	3,0	210	322	4;2
KTP - 110	107	600	2,5	293	373	4
KTP - 150	150	600	3,5	293	523	2
KTP - 200	200	800	3,0	455	698	4;2
KTP - 260	260	800	4,0	455	1360	2

Bảng 3.3. Bình ngưng ống chùm thẳng đứng.

Ký hiệu bình ngưng	Diện tích bề mặt m ²	kích thước phủ bì			Số ống	ống nối,mm		Thể tích không gian giữa các ống m ³	Khối lượng kg
		đường kính D	Rộng B	Cao		Hơi	lỏng		
50KB	50	700	920	5500	64	70	32	1,12	2490
75 KB	75	800	1020	5500	96	70	32	1,27	3350
100 KB	100	1000	1220	5000	150	80	40	1,8	4650
125 KB	125	1000	1220	6000	150	80	40	2,2	5590
150 KB	150	1200	1450	5000	240	100	50	2,64	6625
150 KB	250	1400	1650	5500	312	125	50	3,64	10605

Ghi chú: 1. Ống φ57 × 3,5 mm thép 10 chế tạo theo phương pháp nấu lỏng (không nấu sôi).

2. Van an toàn Dy 15 cho 50 KB, Dy 25 cho tất cả số còn lại.



Hình 3.8. Thiết bị ngưng tụ ống vỏ nằm ngang.

a) Thiết bị ngưng tụ ống vỏ nằm ngang amôniac.

1 - ống nối đường cân bằng hơi 2 - Van an toàn 3 - áp kế 4 - ống xả không ngưng
 5 - van xả khí phía nước 6 - van xả nước 7 - Van xả dầu 8 - Vỏ 9 - ống trao đổi nhiệt
 10 - mặt sàng 11 - nắp 12 - ống thuỷ.

b) Thiết bị ngưng tụ ống vỏ nằm ngang Frêon.

1 - Vỏ 2 - mặt sàng 3 - nắp 4 - ống trao đổi nhiệt có cánh 5 - bâu gom lỏng 6 - Van xả 7
 - Van an toàn

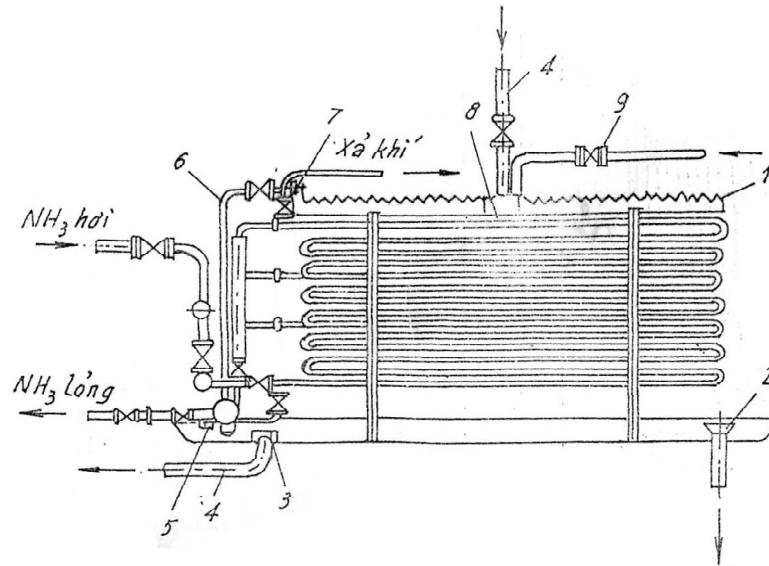
c) Prôfile cánh ống.

b) Dàn ngưng tưới (Hình 3.9).

Dàn gồm hệ thống xoắn nối với ống góp lỏng, xả dầu. Dàn ống được tưới nước tuần hoàn. Hơi amôniac đi từ dưới lên trên trong các ống của dàn. NH_3 ngưng tụ đưa vào ống góp lỏng. Không khí lấy ra qua van xả 7. Dàn ngưng tưới có tỉ lệ tiêu hao nước thấp (khoảng 30% nước tuần hoàn). Tuy nhiên khả năng quá lạnh lỏng kém.

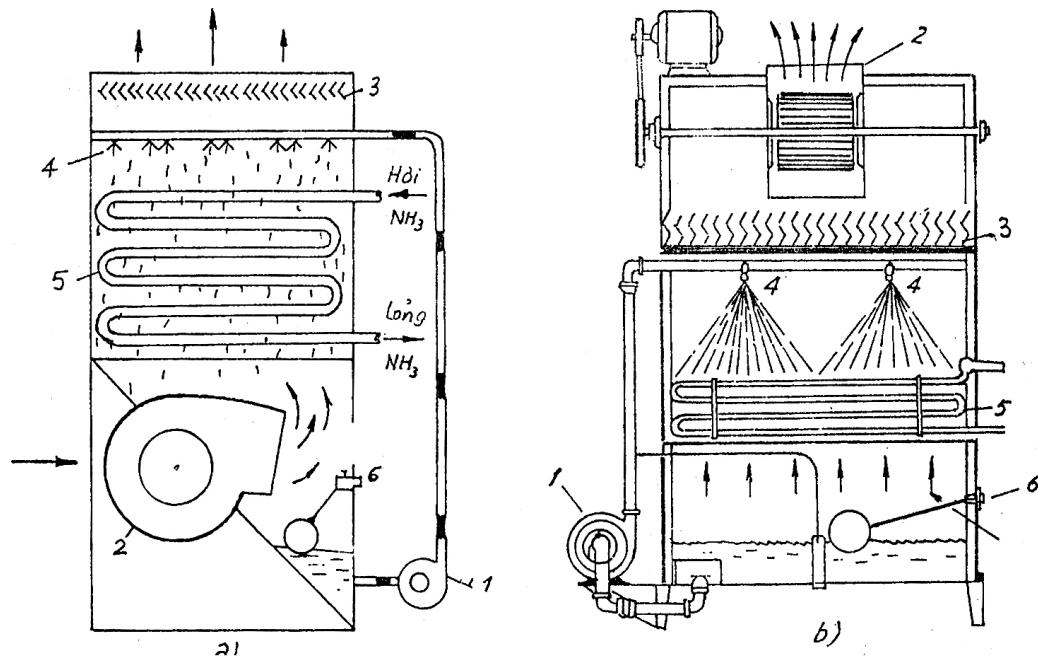
c) Tháp ngưng tụ (Hình 3.10). Đây là loại dàn ngưng kết hợp giữa nước và không khí. Nước phun vào dàn, không khí thổi cưỡng bức nhờ quạt gió. Toàn bộ thiết bị có vỏ bao che, trừ đường vào, ra của không khí. Để giảm tiêu hao nước do hạt nước bị cuốn theo không khí thổi,

người ta dùng tấm chắn kim loại dạng chữ S. Hạt nước va chạm vào tấm, đọng lại và chảy xuống. Nhiệt tải riêng q_F rất lớn (2300W/m^2).



Hình 3.9. Dàn ngưng tưới.

1 - Máng phân phối nước 2 - Phễu hút tràn 3 - Miệng hối nước 4 - ống hối nước 5 - Van xả vòi bình chứa dầu 6 - Đường cân bằng 7 - Van xả khí không ngưng 8 - Thùng phân phối nước 9 - Vòi tưới bổ xung.



Hình 3.10. Thép ngưng tụ
a/ Kiểu thổi b/ Kiểu hút

1 - Bơm nước tuần hoàn 2 - Quạt 3 - thiết bị chắn nước 4 - Vòi phun 5 - Dàn ngưng ống tròn 6 - Van phao

3.3.2. Tính thiết bị ngưng.

- Chọn kiểu thiết bị ngưng
- Diện tích bề mặt trao đổi nhiệt, theo phương trình Fuariê.

$$Q_K = K \cdot F \cdot \Delta t_{tb}$$

Ở đây:

Q_K - Phụ tải nhiệt của thiết bị (kw).

F - Diện tích mặt trao đổi nhiệt (m^2).

Δt_{tb} - Hiệu nhiệt độ trung bình logarit (0K).

$$\Delta t_{tb} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{\ln \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}}$$

Δt_{max} - Hiệu nhiệt độ lớn nhất ở phía nước vào.

Δt_{min} - Hiệu nhiệt độ lớn nhất ở phía nước ra.

Trong tính toán để đơn giản ta coi nhiệt độ trong thiết bị ngưng là không đổi t_K . Do đó

$$\Delta t_{max} = t_K - t_{w_1}$$

$$\Delta t_{min} = t_K - t_{w_2}$$

t_{w1}, t_{w2} - Nhiệt độ nước vào và ra,

Nhiệt độ tháp ngưng coi như không đổi $t_{w_1} = t_{w_2}$

$$\text{Ta có } \Delta t_{tb} = t_K - t_w$$

- Phụ tải nhiệt riêng

$$q_F = k \cdot \Delta t_{tb} \quad (\text{w/m}^2)$$

- Diện tích bề mặt trao đổi nhiệt

$$F = \frac{Q_K}{q_F} \quad (\text{m}^2)$$

Đối với tháp ngưng tự

$$q_F = 1750 \div 2300 \text{ w/m}^2$$

- Hệ số truyền nhiệt K: Theo kinh nghiệm cho trong bảng 3.4.

Theo lý thuyết, tính trong trường hợp trao đổi nhiệt giữa hai môi chất lỏng qua vách ống

$$K = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2 \cdot \lambda_i} \cdot \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_2}} \quad \text{w/m}^0 \text{K} \quad (3.25)$$

Mật độ dòng nhiệt $q_l = k \cdot \Delta t \quad \text{w/m}^2$

Dòng nhiệt $Q_k = k \cdot F \cdot \Delta t \quad (\text{w})$

Trong đó:

d_1, d_2 - Đường kính trong và ngoài ống (m).

α_1, α_2 - Hệ số toả nhiệt của chất lỏng phía trong và ngoài ống ($\text{w/m}^2 \text{K}$).

λ_i - Hệ số dẫn nhiệt của lớp thứ i.

Hệ số truyền nhiệt khi ngưng tụ tác nhân lạnh ở mặt trong và ngoài ống trong thiết bị có thể tính theo công thức Nu - sen.

$$\alpha = c \cdot \varepsilon \cdot \lambda \cdot \left(\frac{\Delta i_K \cdot \rho^2 \cdot g}{\eta \cdot l \cdot q_F} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{W/m}^2 \text{C}) \quad (3.36)$$

Ở đây:

Δi_K - Hiệu entropy của hơi nước vào bộ ngưng và chất lỏng bão hòa (J/kg).

Hệ số c, ε và kích thước dài l cho trong bảng 3.5

Bảng 3.4. Giá trị kinh nghiệm của hệ số K ($\text{w/m}^2\text{K}$)

Kiểu thiết bị ngưng tụ	K($\text{w/m}^2\text{K}$)	q_F (w/m^2)	Δt
Bình ngưng ống vỏ			
• Nằm ngang (NH_3)	700 - 1000	3500 - 5200	5 - 6
• Thẳng đứng (NH_3)	800	4200	5 - 6
• Nằm ngang (NH_3)	700	3600	5 - 6
Dàn ngưng tươi	700 - 930	3500 - 4650	5 - 6
Tháp ngưng	500 - 700	1500 - 2100	3

Bảng 3.5.

Ngưng tụ	l	c	ε
Trên bề mặt ngoài ống			
• Thẳng đứng	Chiều rộng ống	1,18	1
• Nằm ngang	Đường kính ngoài	0,65	$n^{-\frac{1}{3}}$
Bên trong ống nằm ngang đặt với góc nghiêng nhỏ so với hướng chuyển động của sản phẩm ngưng	Đường kính trong	0,6	1

* Đối với ống có cánh tỏa nhiệt - Đường kính trung bình theo chiều cao của cánh.

** n - số ống trung bình theo chiều thẳng đứng.

Khi ngưng tụ bên trong ống nằm ngang, đặt nghiêng một góc nhỏ so với hướng chuyển của sản phẩm ngưng, α không phụ thuộc vào chiều dài ống L trong giới hạn $L/d = 50 \div 200$.

Khi tính toán thiết kế ban đầu chưa biết trọng tải nhiệt riêng q_F có thể tìm gần đúng như tính toán bộ phân bốc hơi.

Công thức (3.26). Xác định ngưng tụ bên ngoài ống với bất kỳ loại môi chất nào. Ngưng tụ bên trong ống chỉ đối với R12, R22 và R142. Để xác định hệ số trao đổi nhiệt khi ngưng tụ trong ống ngang đối với frêon, chưa biết tất cả tính chất vật lý của nó, có thể sử dụng công thức của Trópkô.

$$\alpha = 0,002 \cdot \sqrt[3]{\frac{P_{\text{v}_c}^4}{T_{\text{v}_c} \cdot d \cdot \mu^2 \cdot q_F}} \cdot \left[1,48 \left(\frac{P_{\text{v}_c}}{P} \right)^{0,14} - 0,82 \right] \text{ w/m}^2 \text{°C} \quad (3.27)$$

Ở đây:

P_{v_c} - Áp suất tiêu chuẩn

μ - Khối lượng phân tử tương đối.

Hệ số trao đổi nhiệt khi ngưng NH_3 trong ống ngang xác định theo công thức của Gorôđinscôi

$$\alpha = M \cdot L^{0,35} \cdot d^{-0,25} \cdot q_F^{0,5} \quad (\text{W/m}^2 \text{°C}) \quad (3.28)$$

Hệ số M phụ thuộc vào nhiệt độ ngưng

t_K (°C)	10	20	30	40
M	8,80	8,13	7,45	5,40

Công thức (3.26) (3.28) được khẳng định trong trường hợp ngưng hoàn toàn tác nhân lạnh sạch, nghĩa là không chứa không khí hoặc những khí không ngưng tụ khác.

Khi ngưng tụ freon 12, 22 trong ống, cho phép theo tiêu chuẩn thực tế hàm lượng các chất không ngưng tụ là 0,3% (freon 12) và 0,08% (freon 22) trong vùng tải trọng nhiệt nhỏ ($q_F \leq 1000 - 200 \text{ w/m}^2$). Hệ số trao đổi nhiệt thường không thay đổi với sự thay đổi của q_F . Chính vì thế khi xác định hệ số trao đổi nhiệt (3 - 27). Khi ngưng tụ tác nhân lạnh trong ống ở vùng tải trọng nhỏ ($q_F < 1500 \text{ w/m}^2$); Công thức (3 - 27) có thể lấy giá trị $q_F = 1500 \text{ w/m}^2$. Khi chọn bộ ngưng cần lưu ý, giai đoạn khởi động, tải trọng nhiệt của thiết bị cao hơn ở chế độ làm việc. Hợp lý là tính chọn bề mặt làm việc theo năng suất cao nhất. Thông thường bề mặt ngưng tụ cũng như công suất động cơ máy nén chọn ứng với tải trọng khi nhiệt độ sôi $-10^\circ\text{C} \div -20^\circ\text{C}$.

- Lượng nước làm mát cung cấp cho thiết bị ngưng tụ

$$V_n = \frac{Q_K}{C \cdot \rho \cdot \Delta t_w} \quad \text{m}^3/\text{s} \quad (3.29)$$

Ở đây: C - Nhiệt dung riêng của nước = 4,19 , KJ/kgK

ρ - Khối lượng riêng của nước = 1000 Kg/m³.

Δt_w - Độ tăng nhiệt độ trong thiết bị ngưng (°K).

Ngoài ra cần tính chiều cao cột nước cần thiết để bơm.

- Lưu lượng không khí qua dàn ngưng tụ

Xác định theo biểu thức (2.29).

C - Nhiệt dung riêng của không khí = 1, KJ/kgK.

ρ - Khối lượng riêng của không khí = 1,15 - 1,2 kg/m³ở 20 - 30°C.

3.4. Tính thiết bị bốc hơi.

3.4.1. Phân thiết bị bay hơi.

Phân loại theo trạng thái môi trường.

- Thiết bị bay hơi làm lạnh chất tải lạnh lỏng (nước, nước muối...).
- Thiết bị bay hơi làm lạnh không khí.

Phân loại theo mức độ choán chỗ của môi chất lỏng trong thiết bị.

- Loại ngập chất lỏng (NH_3 , freon) bao phủ toàn bộ bề mặt trao đổi nhiệt (cấp lỏng từ dưới lên).

- Loại không ngập, môi chất lỏng không bao phủ toàn bộ bề mặt trao đổi nhiệt (cấp lỏng từ trên xuống).

3.4.2. Tính chọn thiết bị bay hơi làm lạnh chất tải lỏng.

Hệ thống lạnh dùng chất tải lạnh gọi là hệ thống làm lạnh gián tiếp. Hệ thống làm lạnh gián tiếp có hai loại: loại kín (ống chùm nằm ngang) và loại hở (giàn bay hơi kiểu giàn ống hoặc kiểu tấm)

Trong tính toàn bộ phận bay hơi, thường đề cập tới trường hợp sôi có tác nhân ở trên mặt ngoài chùm ống hoặc bên trong ống.

a/ Sôi trên bề mặt ngoài ống.

Đặc điểm sôi của NH_3 và freon trong thiết bị bay hơi kiểu ống vỏ khác nhau. Bộ phận bay hơi NH_3 chế tạo với các ống thép nhẵn đường kính lớn (tới 25mm) và bước giữa các trực ống lớn (34mm) vì vậy tải nhiệt trên 1 đơn vị thể tích chất lỏng không lớn. Tải trọng lớn trên 1 đơn vị bề mặt truyền nhiệt (tới 9000 W/m^2) gây ra sự sôi của NH_3 không phát triển, cường độ trao đổi nhiệt cần được xác định thực tế như quá trình thành hơi hoặc đổi lưu tự nhiên.

Để xác định hệ số trao đổi nhiệt khi sôi của NH_3 trong bộ phận bay hơi ống vỏ có đường kính ngoài ống 25 mm, có thể dùng công thức sau:

$$\alpha = 1,4 \cdot A \cdot q_F^{0,2} + 0,17 \cdot B \cdot q_F^{1,2} \quad (\text{W/m}^2 \text{C}) \quad (3.30)$$

Đối với $t_0 = -40^\circ\text{C} \div 0^\circ\text{C}$

$$A = 150 + 0,25 \cdot t_0 \quad (\text{W}^{0,8}/\text{m}^{1,6} \text{C})$$

$$B = 0,0454 + 0,000582 \cdot t_0 \quad (\text{m}^{0,4}/\text{W}^{-1} \text{C})$$

Bộ phận bay hơi ống vỏ freon các ống có cánh bằng đồng, tập trung trong 1 đơn vị thể tích của thiết bị nên có diện tích truyền nhiệt khá lớn.

Nghiên cứu sự trao đổi nhiệt khi sôi của freon với ống đơn (nhẵn và có gờ) và chùm ống có gờ (cánh), cho ta những nhận xét sau:

Đối với ống đơn, hệ số trao đổi nhiệt giảm khi giảm nhiệt độ sôi và giảm độ nhám của ống.

Bổ xung thêm 10% dầu vào freon, làm giảm α đối với ống đơn tới 20 - 30%.

Bề mặt có cánh của ống làm tăng α tới $10 \div 100\%$.

Hệ số trao đổi nhiệt đối với chùm ống nhẵn cao hơn ống đơn $1,2 \div 2,0$ lần. Giảm bước ống trong chùm, giảm nhiệt độ sôi, làm tăng tỉ số $\alpha_{\text{chùm}}/\alpha_{\text{đơn}}$.

b/ Sôi bên trong ống ngang.

Trường hợp bốc hơi hoàn toàn (khi ra khỏi bộ phận bay hơi, làm lượng hơi $x_2 = 1$ hoặc quá nhiệt $1 \div 2^\circ\text{C}$).

$$\alpha = 7 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{\lambda}{\eta^{0,8}} \cdot \frac{(\omega \cdot \rho \cdot q_F)^{0,4}}{d^{0,6}} \quad (3.31)$$

Ở đây: $\omega \cdot \rho = \frac{M}{f}$ tốc độ khôi chuyển động của tác nhân lạnh trong ống kg/s m².

Bôđa nốp đưa ra công thức khác để xác định hệ số trao đổi nhiệt đối với sự sôi phát triển ($q_F \geq 1500 - 2000 \text{ w/m}^2$).

Đối với sôi phát triển.

$$\alpha = q_F^{0,6} \cdot \left(\frac{\omega \cdot \rho}{d} \right)^{0,2} \cdot f(p) \quad (3.32)$$

Hệ số tính tới tính chất của tác nhân.

$$f(p) = \frac{57,6 \cdot \left(\frac{\rho''}{\rho'} \right)^{0,27} \cdot \lambda^{0,57} \cdot C_p^{0,23}}{\eta^{0,37} \cdot r^{0,4} \cdot T_0^{0,2}} \cdot \frac{w^{0,4} \cdot C^{0,2}}{kg^{0,2} \cdot m^{0,20} C}$$

r - Nhiệt dung riêng tạo thành hơi J/kg.

C_p - Nhiệt dung riêng ở áp suất không đổi.

Đối với frêon 12 khi t₀ = - 30°C và - 10°C giá trị f(p) = 0,84 và 2,035; frêon 22 tương ứng là 0,942 và 1,16.

Đối với công thức (3.32) đúng khi hàm lượng hơi ra khỏi bộ phận bay hơi có x₂ ≤ 0,9. Khi 0,9 < x₂ < 1 sai số của α không lớn.

Trường hợp sôi không phát triển α không phụ thuộc vào q_F, xác định theo.

$$\alpha = A \cdot \omega_l^{0,42} \quad (3.33)$$

Ở đây: ω_l - Tốc độ chuyển động của chất lỏng (hàm lượng hơi x₁ = 0) đi vào ống.

Công thức (3.33) đúng chỉ đúng với frêon 12 (A = 1600) và frêon 22 (A = 2450) với ống đường kính 12 mm.

Đối với các tác nhân khác và đường kính ống khác, có thể sử dụng công thức trên khi thay vào đại lượng không đổi của q_F = 1500 W/m².

Ở bộ phận hơi bốc có sôi bên trong ống kiểu trực tiếp (chất lỏng không tuần hoàn) mật độ dầu nhỏ (không quá 1 - 2%). Tuy nhiên ở đường ra của tác nhân lạnh khỏi bộ phận bay hơi, tại đây hàm lượng hơi gần đạt 100%, mật độ dầu tăng đột ngột.

Ở bộ phận bay hơi chất lỏng tuần hoàn, mật độ dầu có thể tăng, nghĩa là đạt được giá trị gần 10% (bộ phận bay hơi loại ống vỏ).

c/ *Tải trọng nhiệt q_F*.

Khi tính toán trao đổi nhiệt ở bộ phận bay hơi, cần xác định hệ số trao đổi nhiệt khi sôi của tác nhân ở bên trong cũng như bên ngoài ống, người ta đưa vào tải trọng nhiệt riêng q_F.

$$q_F = \frac{Q_0}{F} \quad \text{w/m}^2$$

Giá trị của q_F cũng như diện tích trao đổi nhiệt F chưa biết, cần phải tiến hành các tính toán gần đúng.

Ví dụ như khi đã cho tải trọng q_F , tính hệ số trao đổi nhiệt về phía tác nhân α_a , sau đó tìm hệ số trao đổi nhiệt về phía chất tải lạnh V_p và người ta tính hệ số truyền nhiệt K . Tiếp theo có thể kiểm tra sự đúng đắn của việc chọn q_F theo công thức.

$$q_F = k \cdot \theta$$

d/ Sức cản chuyển động của tác nhân lạnh sôi dọc theo ống.

Độ giảm áp suất khi chuyển động của tác nhân lạnh sôi dọc theo ống bộ phận bay hơi.

$$\Delta P = \zeta \cdot \frac{V_{tb} (\omega \cdot \rho)^2}{2} + \frac{g \cdot H}{V_{tb}} \cdot (P_a) \quad (3.34)$$

Trong đó:

ζ - Hệ số cản chung.

$V_{tb} = 0,5 \cdot (V_1 + V_2)$ - Thể tích riêng trung bình hơi chất lỏng của hỗn hợp (m^3/kg).

$v_1 = v' \cdot (1 - x_1) + v'' \cdot x_1$ - Thể tích riêng khi vào ống.

$v_2 = v' \cdot (1 - x_2) + v'' \cdot x_2$ - Thể tích riêng khi ra khỏi ống.

x_1, x_2 - Hàm lượng hơi khi vào và ra khỏi ống.

H - Chiều cao nâng tĩnh của chất lỏng ở bộ phận bay hơi (m).

$\omega \cdot \rho = \frac{M}{f}$ - Tốc độ khối chuyển động của tác nhân lạnh ($kg/s \cdot m^2$).

(‘) - Lỏng bão hòa (‘‘) - Hơi bão hòa khô

Trong công thức (3-34) thành phần đầu của phần phải tính sức cản chuyển động của chất lỏng sôi. Thành phần thứ hai tính tới tổn thất áp suất tĩnh; liên quan tới việc nâng cao chất lỏng trong bộ phận bay hơi H .

Hệ số cản xác định theo công thức

$$\zeta = \frac{2(V_2 - V_1)}{V_{tb}} + \xi \cdot \frac{l}{d} + n \cdot \zeta_M \quad (3-35)$$

Trong đó : ζ - hệ số ma sát

L và d - chiều dài và đường kính ống

n - số vị trí gấp khúc chữ U (cong 180°)

ζ_M - hệ số cản cục bộ

Trong công thức (3-35), thành phần đầu tính tổn thất gây ra do gia tốc của dòng từ hơi tạo thành. Thành phần thứ hai tổn thất do ma sát và thành phần thứ 3 tổn thất cục bộ tại vị trí uốn.

Đối với frêon sạch (không có dầu)

$$\xi = 0,0295 \cdot \frac{(\eta' q_F)^{0,25}}{(\omega \cdot \rho \cdot d)^{0,5}} \approx 0,03$$

Giá trị của $\xi_M = 0,8 \div 1,0$ khi bán kính cong bằng ($1,5 \div 5$)d

Khi thiết kế bộ phận bay hơi với sôi của tác nhân lạnh trong ống, cần phải chọn đúng tốc độ chuyển động của tác nhân. Khi tăng tốc độ, α sẽ tăng, làm tăng nhiệt độ sôi t_0 , làm chỉ tiêu năng lượng xấu đi. Áp suất môi chất thoát ra khỏi bộ phận bốc hơi giảm, làm tăng chi phí công suất của máy nén.

- Từ năng suất lạnh tính Q_0 từ đó tính diện tích bề mặt trao đổi nhiệt

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t}$$

Ở đây : K - hệ số truyền nhiệt W/m²độ (bảng phụ lục)

Δt - hiệu số nhiệt độ trung bình giữa chất tải lạnh (nước, nước muối ...) và môi chất lạnh sôi

$$\Delta t = \frac{t_{n1} - t_{n2}}{2} - t_0$$

Hoặc xác định theo hệ số nhiệt độ logarit trung bình

$$\Delta t = \Delta t_{lb} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{2,31 \lg \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}}$$

Ở đây : $\Delta t_{max} = t_{n1} - t_0$ (°C)

$$\Delta t_{min} = t_{n2} - t_0$$

t_{n1}, t_{n2} – nhiệt độ nước vào và ra khỏi thiết bị (°C)

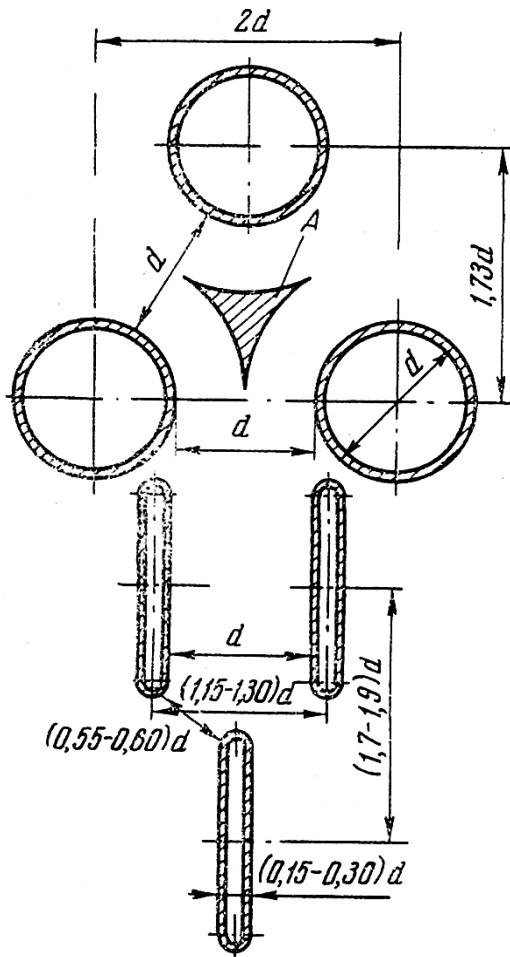
t_0 – nhiệt độ bay hơi của môi chất lỏng (°C)

3.4.3. Tính và chọn giàn lạnh không khí.

Hiện nay bộ phận làm lạnh không khí thường dùng ống tròn có cánh. Tuy nhiên sử dụng hiệu quả hơn là ống có tiết diện elíp hoặc ôvan có cánh (radiato).

(Hình 3.11) cho ta các chùm ống tiết diện tròn và phẳng.

Hệ số hiệu quả của giàn lạnh không khí bề mặt có cánh cao hơn vùng không có cánh(vùng A)



Hình 3.11. Sơ đồ chùm ống tròn và phẳng

Kết quả nghiên cứu cho thấy, bộ phận làm lạnh không khí ống phẳng so với ống tròn về mặt khối lượng giảm một nửa, về mặt thể tích giảm 40%, hệ số truyền nhiệt tăng 50%.

Để xác định hệ số trao đổi nhiệt về phía không khí chảy qua cụm ống có cánh có thể dùng công thức Nuxen

$$Nu = C \cdot R_e^n \cdot \left(\frac{u}{d_0} \right)^{0,54} \left(\frac{u}{h} \right)^{0,14} \quad (3.36)$$

$$\text{Với } R_e = 3 \cdot 10^3 \div 25 \cdot 10^3 \text{ và } \frac{d_0}{u} = 3 \div 4,8$$

Trong đó : d_0 - đường kính cơ sở của cánh(m)

u – bước cánh (m)

h – chiều cao cánh (m)

C và n - chuẩn Nuxen (tra bảng phụ lục)

$$Nu = \frac{\alpha_m \cdot u}{\lambda} \quad \text{chuẩn Nuxen}$$

$$Re = \frac{\omega \cdot u \cdot \rho}{\eta} \quad \text{chuẩn Rây nôn}$$

ω - tốc độ chuyển động của không khí tại tiết diện hẹp nhất (m/s)

Hệ số trao đổi nhiệt về phía tác nhân sôi α_m lớn hơn nhiều lần so với về phía không khí α_{KK} . Tuy nhiên khi tính toán bộ phận làm lạnh không khí loại ống có cánh không nép qua sức cản nhiệt này khi trao đổi nhiệt bên trong ống.

Sức cản Δp của bộ phận làm lạnh không khí, với loại nhóm ống tiết diện tròn có cánh, khi dòng không khí thổi ngang có thể tính theo công thức

$$\Delta p = A \cdot Z \left(\frac{h}{d_0} \right)^x \left(\frac{u}{d_0} \right)^y R_e^n \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} \quad (\text{Pa}) \quad (3-37)$$

Trong đó : A,x, y, n - hệ số xác định theo bảng (3.6)

Z - số hàng ống theo hướng chuyển động dòng không khí

$S = 0,5(S_1 + S_2)$ - bước trung bình của ống trong cụm (m)

S_1 - bước ngang

S_2 - bước theo hướng dòng khí

$$Re = \frac{\omega \cdot d_0 \cdot \rho}{\eta} \quad \text{Bảng 3.6}$$

Cụm ống	Giới hạn Re.10 ⁻⁴	Hệ số theo công thức 3.37			
		A	x	y	n
Kiểu bàn cờ $\frac{S}{d_0} = 2$	1-6	2,7	0,45	- 0,72	- 0,24
	6 - 10	0,196			0
Kiểu bàn cờ hẹp	1,6		0,5	- 0,72	- 0,24
	6 - 10				0
Kiểu hành lang $\frac{S}{d_0} = 2$		0,188	0,5	-0,58	0
Kiểu hành lang hẹp		0,17	0,3		

3.5. Tính và chọn các thiết bị phụ trợ cho hệ thống lạnh

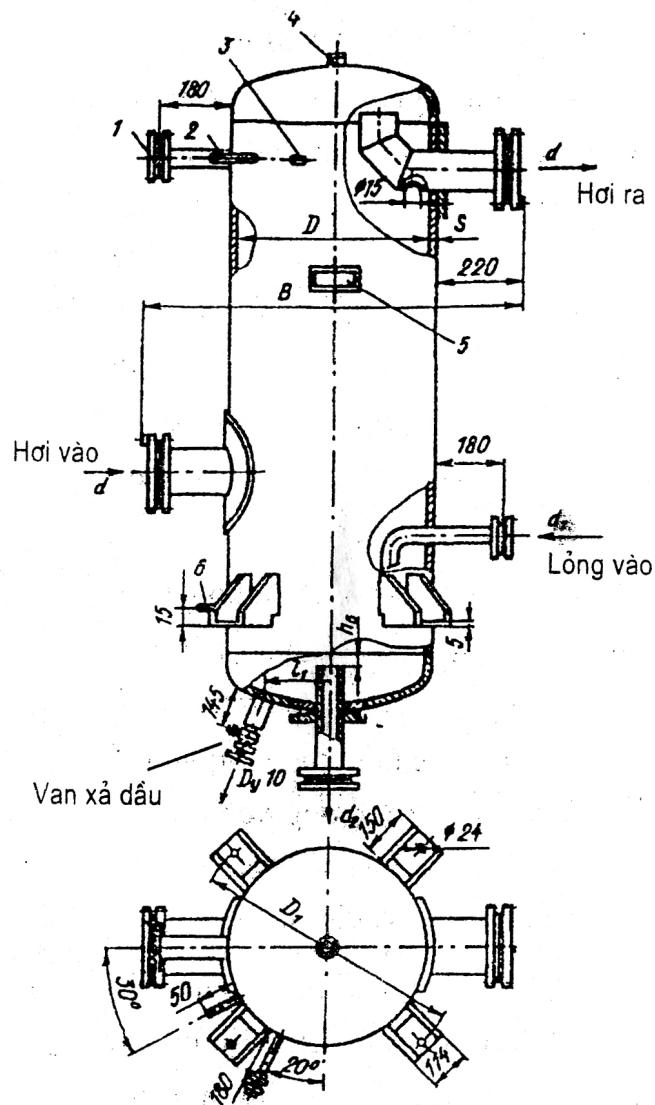
Thiết bị phụ trợ trong hệ thống lạnh khá nhiều, phần này chỉ giới thiệu 1 số loại điển hình.

3.5.1. Bình tách lỏng

Bình lắp trên bình hút về máy nén, tránh ẩm cho máy nén. Bình tách lỏng chọn đường kính ống nối vào đường hút của máy nén. Thông số kỹ thuật của bình tách lỏng cho trong phụ lục

3.5.2. Bình tách dầu

Bình tách dầu được lắp vào đường ống đẩy của máy nén. Dầu từ máy nén đi vào hệ thống có dạng nhỏ; thường ở trạng thái tạo thành hơi. Để các hạt dầu nhỏ với đường kính đã cho không đi theo dòng hơi, tốc độ chuyển động cần phải nhỏ hơn 1 đại lượng nhất định gọi là tốc độ vitanhia (treo lơ lửng)



Hình 3.12. Bình tách lỏng O*

Đường kính hạt hạt dầu

mm	0,05	0,1	0,2	0,4	1
----	------	-----	-----	-----	---

Tốc độ Vitanhia

(m/s)	0,09	0,2	0,46	0,92	2,1
-------	------	-----	------	------	-----

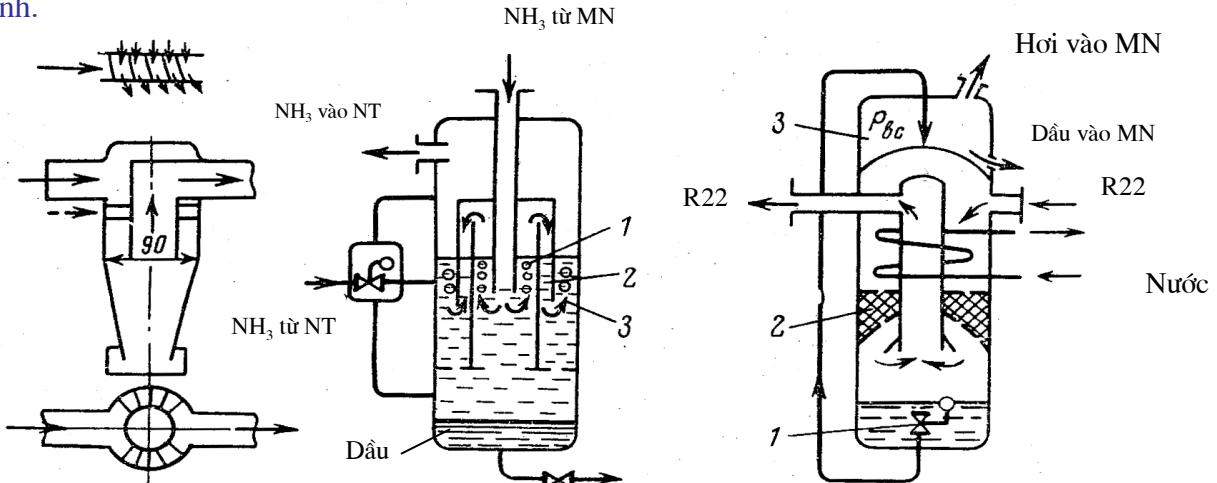
Kích thước phần tử dầu thường nằm trong giới hạn $0,005 \div 0,05$ mm, nghĩa là để tách nó cần tốc độ chuyển động của hơi phải nhỏ hơn $0,09\text{m/s}$. Thường trong bộ phận tách dầu thì tốc độ chuyển động của hơi bảo đảm nhỏ hơn $0,2\text{ m/s}$ là khó khăn. Do đó để tách hoàn toàn dầu chỉ bằng cách thay đổi tốc độ chuyển động của hơi là khó có thể thực hiện được.

Để tách hơi dầu chỉ có thể thực hiện sau khi ngưng tụ nó (làm lạnh bằng nước hoặc cho nó đi qua 1 lớp tác nhân lỏng). Đối với thiết bị NH_3 ; tác động kép của chất lỏng NH_3 nhằm ngưng tụ dầu (Hình 3.13b). Tốc độ chuyển động của hơi cao nhất tại tiết diện vòng 1,2,3 tương ứng 1,23; 3,58 và 0,68m/s.

Mức NH_3 ở bộ phận tách dầu duy trì nhờ su páp ở trạng thái bơi. NH_3 lỏng nằm phía trên lớp dầu rất khó tự động hoá, người ta xả dầu bằng tay theo từng thời kì. Phương pháp này đảm bảo tách 98-99% dầu khỏi môi chất.

Bộ phận tách dầu kiểu “xyclôn” cũng cho kết quả tốt (hình 3.13a). Khối môi chất chuyển động quay, dầu tách ra đập vào thành và trượt xuống dưới, hơi môi chất được đưa ra ngoài.

Để tránh rơi frêon lỏng vào cacte của máy nén, dầu và frêon được hâm nóng sơ bộ (ở áp suất thấp). Hâm nóng có thể thực hiện trong bộ phận làm sạch đặc biệt; thường đặt ở phần trên bộ phận tách dầu vào MN (Hình 3.13c). Dầu theo hướng trực, đọng trên lưới vòng 2 và thành bộ phận tách dầu và đi xuống dưới; sau đó đưa lên bộ phận làm sạch và được hâm nóng bởi hơi của tác nhân lạnh.



Ngưng tụ frêon trong bộ phận tách dầu có thể không chỉ khi máy làm việc mà cả trong thời gian máy dừng, khi nhiệt độ môi trường thấp hơn nhiệt độ ngưng tụ trước khi dừng máy. Để frêon lỏng không rơi vào cacte khi dừng máy nén, cần đóng kín su páp xả trên đường dầu từ bộ phận tách dầu vào cacte. Khi khởi động máy nén, van này cần phải mở, bộ phận tách dầu được hâm nóng và frêon lỏng bốc hơi. Để giảm ngưng tụ frêon trong bình tách dầu sau khi dừng máy nén, cần có thời gian xả nước qua bộ ngưng.

Chương 4 ***THIẾT KẾ KHO LẠNH THỰC PHẨM***

4.1. Phân loại kho lạnh.

Kho lạnh là các kho có cấu tạo đặc biệt để bảo quản thực phẩm và các loại hàng hoá khác bằng phương pháp lạnh và trong điều kiện không khí thích hợp. Không khí trong kho lạnh khác với không khí môi trường, do đó cần phải được giữ gìn đặc biệt để có thể bảo đảm cho hàng hoá không bị hư hỏng.

Việc thiết kế và xây dựng các kho lạnh phải đáp ứng được các yêu cầu sau:

- Thoả mãn các đòi hỏi khắt khe của hàng hoá xuất khẩu.
- Tiêu chuẩn hoá được các kho lạnh.
- Có thể cơ giới hoá và tự động hoá cao.
- Vốn đầu tư nhỏ, nhưng vẫn đảm bảo chất lượng thiết bị.

4.1.1. Phân loại kho lạnh:

Công dụng của kho lạnh và kho lạnh đông rất khác nhau. Làm lạnh là hạ nhiệt độ sản phẩm xuống gần nhiệt độ đóng băng của dịch bào, nghĩa là không tạo thành tinh thể nước đá trong sản phẩm. Lạnh đông là hạ nhiệt độ xuống dưới nhiệt độ đóng băng của dịch bào, có nghĩa là tạo thành đá trong sản phẩm.

Dung tích và mục đích sử dụng ảnh hưởng tới hình dáng, cấu trúc của kho. Theo công dụng của kho ta chia ra 6 loại kho lạnh:

- Kho lạnh phân phối: Bảo quản sản phẩm trong thời kỳ thu hoạch, phân phối, điều hoà cho cả năm. Một số được làm lạnh đông tại chỗ, một số có thể luân chuyển theo nhu cầu của thị trường. Thời hạn bảo quản dài từ 3 - 6 tháng vì vậy dung tích kho lớn từ vài ngàn tấn tới hàng chục ngàn tấn.

Như vậy với loại kho lạnh này, có thể bảo quản loại hàng chuyên dùng hoặc vạn năng.

- Kho lạnh chế biến: Đây là loại kho lạnh bảo quản tạm thời tại xí nghiệp, sau đó được chuyển đến các kho lạnh phân phối, trung chuyển, thương nghiệp hoặc xuất khẩu, là khâu đầu tiên của dây chuyền lạnh, dung tích không lớn.

- Kho lạnh trung chuyển, đặt ở các cảng, điểm nút đường sắt, đường bộ... Bảo quản ngắn hạn, có thể kết hợp với kho phân phối hoặc thương nghiệp.

- Kho thương nghiệp: dùng bảo quản ngắn hạn thực phẩm để bán ra thị trường mà nguồn hàng chính từ kho phân phối. Có hai loại kho thương nghiệp: cỡ lớn từ 10 ÷ 150 tấn dùng cho các trung tâm công nghiệp, thị xã... cỡ < 10 tấn dùng cho cửa hàng, khách sạn. Thời gian bảo quản không quá 20 ngày.

- Kho lạnh vận tải, đó là các ô tô lạnh, tàu thuỷ lạnh dùng chuyên chở các sản phẩm bảo quản lạnh.

- Kho lạnh sinh hoạt chính là các loại tủ lạnh trong gia đình, bảo quản thực phẩm trong vài ngày.

4.1.2. Phân loại phòng lạnh.

Kho lạnh thường bố trí nhiều phòng lạnh. Sau đây là tính chất các phòng lạnh khác nhau:

- Phòng lạnh bảo quản (0°C), thường có nhiệt độ từ $-1,5^{\circ}\text{C} \div 0^{\circ}\text{C}$; độ ẩm $90 \div 95\%$, dàn lạnh là dàn tĩnh hoặc dàn quạt.

- Phòng bảo quản đông (-18°C), dùng bảo quản thực phẩm kết đông nhiệt độ từ $-18^{\circ}\text{C} \div -20^{\circ}\text{C}$ hoặc tối -23°C ; độ ẩm $80 - 95\%$.

- Phòng đa năng (-12°C), có thể bảo quản lạnh (0°C) hoặc bảo quản đông (-15°C). Có thể dùng đa năng gia lạnh cho sản phẩm.

- Phòng kết đông (-35°C) dùng kết đông các sản phẩm bảo quản. Kết đông một pha được sử dụng phổ biến. Phòng kết đông kiểu Tunen, nhiệt độ không khí đạt -35°C , tốc độ $1 \div 2\text{m/s}$.

- Phòng chất tải và tháo tải (0°C) phục vụ cho các buồng kết đông và gia lạnh.

- Phòng chế biến lạnh ($+15^{\circ}\text{C}$) dùng trong các xí nghiệp chế biến lạnh thực phẩm có công nhân làm việc liên tục bên trong.

4.2. Các thông số ban đầu khi thiết kế kho lạnh.

4.2.1. Những số liệu về khí tượng.

Những thông số về khí tượng từng vùng: nhiệt độ, độ ẩm tương đối không khí, gió và hướng gió, lượng mưa hàng năm (hoặc hàng tháng trong năm) là những số liệu quan trọng để tính toán và thiết kế kho lạnh bảo quản sản phẩm người ta yêu cầu. Tổn thất nhiệt qua bao che, là số liệu quan trọng để tính năng suất lạnh của hệ thống. Độ ẩm không khí liên quan tới chiều dày của lớp cách ẩm, tránh đọng sương của vách từ không khí bên ngoài vào và kiểm tra đọng sương ở vách ngoài.

Gió và tốc độ gió liên quan tới trao đổi nhiệt đối lưu mặt ngoài kho với không khí.

Khí hậu Việt Nam chia thành hai vùng: Miền Bắc và Miền Nam.

Miền Bắc khí hậu nóng, ẩm, nhiệt độ trung bình tháng nóng nhất 30°C . Nhiệt độ cực đại có thể trên 40°C . Vùng núi cao nhiệt độ thấp về mùa đông. Vùng đồng bằng tháng lạnh nhất trong năm trung bình $10 - 15^{\circ}\text{C}$ và thấp nhất $3 - 5^{\circ}\text{C}$.

Miền Nam có hai mùa rõ rệt: mùa khô và mùa mưa. Độ chênh nhiệt độ giữa hai mùa khoảng $6 - 7^{\circ}\text{C}$. Miền Nam không có mùa đông.

Khi thiết kế kho lạnh ta sử dụng nhiệt độ trung bình cộng giữa nhiệt độ cực đại và nhiệt độ trung bình cực đại của tháng nóng nhất. Cách làm này giảm được vốn đầu tư và công suất máy không quá lớn. Tuy nhiên để bảo đảm an toàn tuyệt đối có thể tăng thêm nhiệt độ lên 10%.

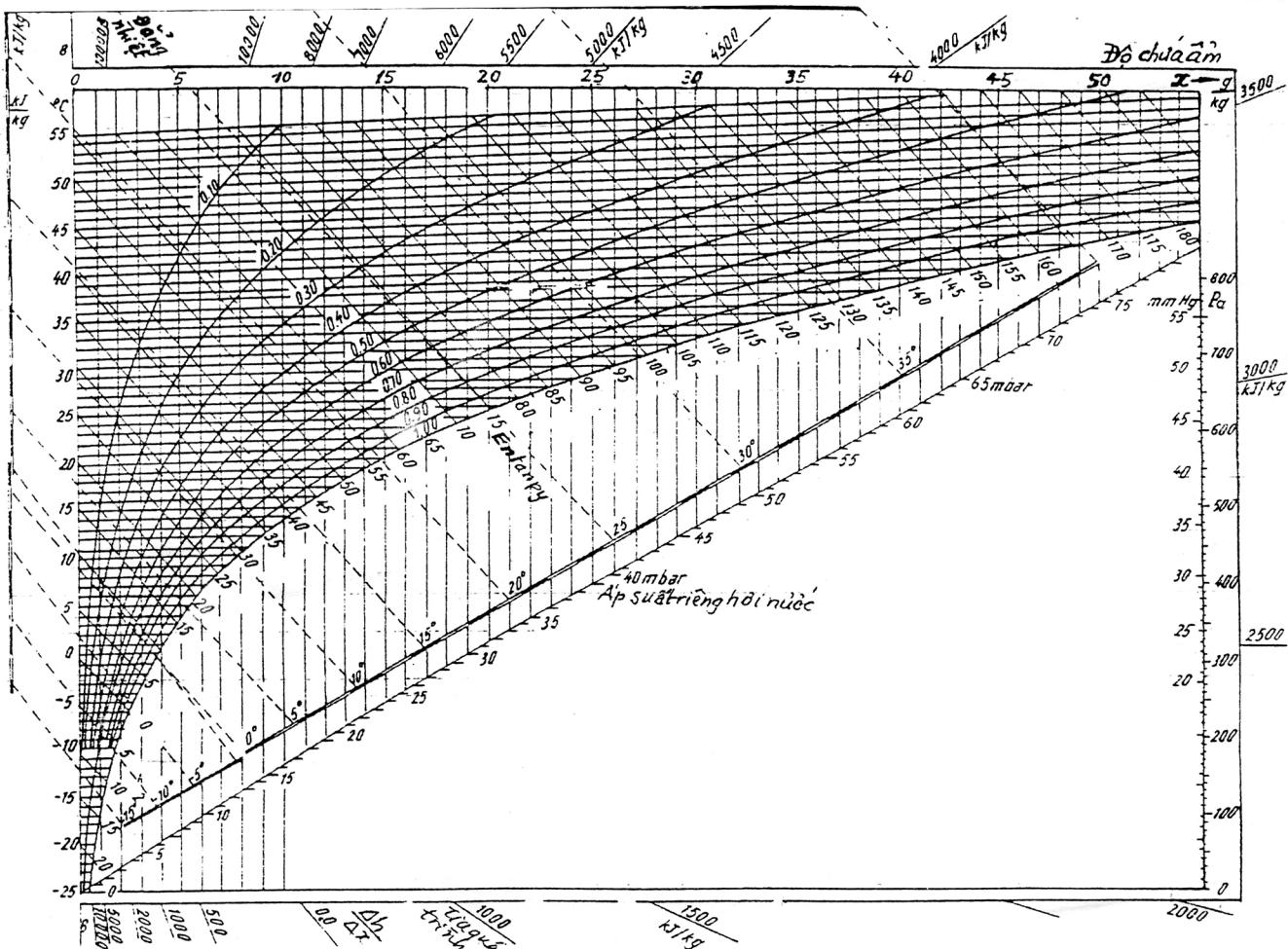
Độ ẩm trung bình tháng nóng nhất hè φ_{tbh} dùng để tính bề dày cách ẩm, kiểm tra đọng sương và đặc biệt để xác định nhiệt độ ướt, xác định nhiệt độ nước làm mát ra khỏi tháp giải nhiệt trong hệ thống lạnh dùng nước tuần hoàn qua tháp giải nhiệt hoặc nhiệt độ nước tuần hoàn qua tháp ngưng tụ.

Đồ thị hình 4.2a phương pháp xác định nhiệt độ ướt t_u và nhiệt độ đọng sương t_s của không khí ẩm. Điều kiện xác định điểm 1 là trạng thái không khí ẩm (giao điểm của đường nhiệt độ nhiệt kế khô t_1 và đường độ ẩm tương đối φ_1). Qua điểm 1 vẽ đường entanpy $h_1 = \text{const}$, cắt $\varphi = 100\%$ tại A. Nhiệt độ điểm A là nhiệt độ nhiệt kế t_u . Qua điểm 1 dựng hàm lượng ẩm $x_1 = \text{const}$, cắt đường $\varphi = 100\%$ tại B. Nhiệt độ điểm B là t_s của trạng thái không khí 1.

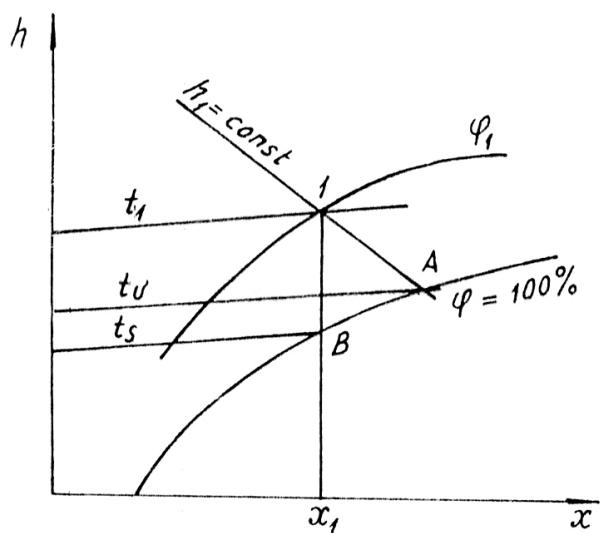
Bảng 4.1. Độ ẩm và nhiệt độ ở một số địa phương.

TT	Địa phương	Nhiệt độ °C			Độ ẩm %	
		Trung bình cả năm	Mùa hè	Mùa đông	Mùa hè	Mùa đông
1	Lai Châu	23,1	37,7	9,0	80	80
2	Điện Biên	22,0	36,9	5,9	82	82
3	Lào Cai	22,8	37,8	7,7	81	85
4	Sa Pa	15,3	28,2	4,1	88	86
5	Sơn La	21,0	35,6	4,0	76	78
6	Mộc Châu	18,5	31,8	4,9	81	85
7	Sông Mã	22,4	36,8	5,9	78	80
8	Hà Giang	22,6	37,6	7,2	81	86
9	Tuyên Quang	23,0	37,1	6,7	84	83
10	Cao Bằng	21,5	37,2	6,1	79	78
11	Lạng Sơn	21,3	35,7	6,1	82	76
12	Thái Nguyên	23,0	37,2	8,0	82	78
13	Bắc Cạn	22,0	37,2	6,2	84	82
14	Bắc Giang	23,3	37,6	8,3	83	77
15	Hòn Gai	22,9	36,2	9,2	82	77
16	Móng Cái	22,5	35,2	6,6	86	79
17	Vĩnh Yên	23,6	37,4	8,0	81	78
18	Yên Bái	22,7	37,2	7,4	87	88
19	Việt Trì	23,3	37,5	8,4	83	82
20	Tam Đảo	18,0	30,8	5,0	89	86
21	Hà Nội	23,4	37,2	8,4	83	80
22	Hải Dương	23,5	36,6	8,4	83	80
23	Hưng Yên	23,3	37,4	8,7	85	82
24	Phủ Liễn	23,0	36,7	9,3	86	83
25	Hải Phòng	23,5	37,0	9,6	83	76
26	Thái Bình	23,2	37,2	9,6	82	84
27	Sơn Tây	23,2	37,6	8,5	84	82
28	Hoà Bình	23,2	38,6	7,2	83	83
29	Nam Định	23,5	37,4	9,0	82	84
30	Ninh Bình	23,5	37,0	9,9	81	83
31	Nho Quan	23,4	38,1	7,7	81	82
32	Thanh Hoá	23,6	37,5	10,1	82	84
33	Yên Định	23,5	37,1	9,1	83	83
34	Hồi Xuân	23,1	38,4	8,5	86	85
35	Vinh	23,9	38,0	9,7	74	89
36	Tương Dương	23,7	39,5	8,8	81	82

37	Hà Tĩnh	23,9	37,5	11,3	75	90
38	Đồng Hới	24,4	38,2	12,1	72	88
39	Quảng Trị	25,0	37,1	13,3	74	90
40	Huế	25,2	37,3	13,1	73	90
41	Đà Nẵng	25,6	37,7	14,9	77	86
42	Quảng Ngãi	25,8	37,8	16,0	81	89
43	Quy Nhơn	26,7	37,9	17,8	74	82
44	Plâycu	21,7	32,2	14,5	76	76
45	Buôn Ma Thuật	23,4	36,0	12,3	82	80
46	Tuy Hoà	26,5	37,0	18,2	73	84
47	Nha Trang	26,5	36,6	17,7	79	78
48	Liên Khương	21,0	31,9	10,0	76	74
49	Bảo Lộc	21,3	31,6	8,8	83	81
50	Phan Thiết	26,6	34,9	17,2	82	76
51	Phước Long	26,2	36,6	15,6	69	69
52	Lộc Ninh	26,0	36,2	14,5	76	72
53	Vũng Tàu	25,8	35,1	18,4	85	82
54	Hiệp Hoà	27,7	36,6	15,9	77	76
55	Mỹ Tho	27,9	36,8	17,9	74	78
56	Vĩnh Long	26,6	34,7	18,9	76	78
57	Sóc Trăng	26,8	35,9	19,0	77	80
58	Cần Thơ	26,7	37,3	17,4	78	82
59	Côn Sơn	27,1	32,9	21,2	81	78
60	Rạch Giá	27,3	35,4	18,1	79	78
61	Phú Quốc	27,0	35,0	18,9	81	77
62	Cà Mau	26,5	35,7	18,3	81	83
63	Hoàng Sa	26,8	35,6	18,4	83	82
64	TP Hồ Chí Minh	27,0	37,3	17,4	74	74
65	Moskva	4,8	30	- 26	50	83
66	Dusanbe	14,2	36	- 10	24	64
67	Irkust	- 1,1	29	- 36	58	77
68	Taskent	13,3	37	- 13	24	59
69	Askhabat	16,3	40	- 12	21	73
70	S.Peterburg	4,3	27	- 24	59	82

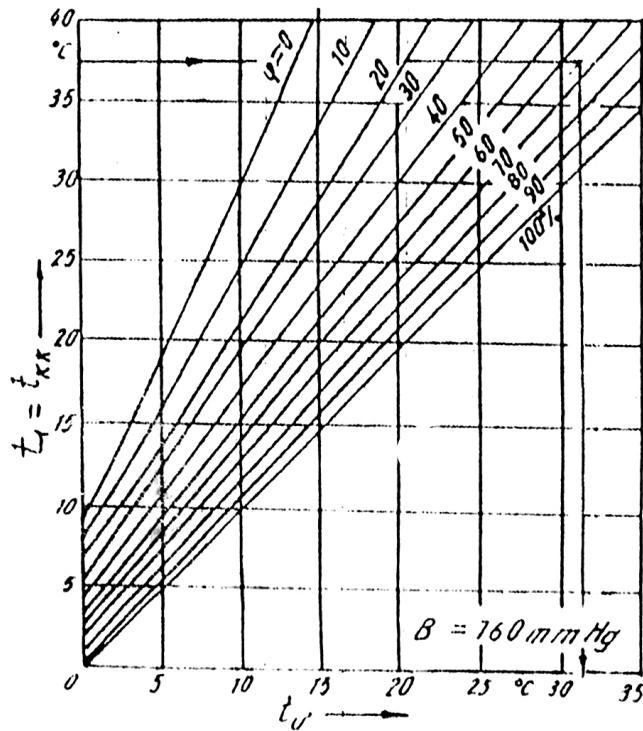


Hình 4.1. Đồ thị không khí ẩm h - x ở áp suất khí quyển $B = 760 \text{ mmHg}$



Hình 4.2. Cách xác định những giá trị trên đồ thị không khí ẩm h - x

Khi tính toán thiết kế, ta chọn nhiệt độ t_1 - là nhiệt độ ngoài trời, độ ẩm φ là độ ẩm không khí lúc 13 - 15 giờ. Nhiệt độ nhiệt kế ướt có thể xác định theo đồ thị dưới.



Hình 4.3. Quan hệ giữa t_u vào các giá trị của trạng thái không khí (Nhiệt độ t_{KK} và φ).

4.2.2. Chọn nhiệt độ nước làm mát.

Khi sử dụng nước tuân hoàn qua tháp giải nhiệt để làm mát bình ngưng, có thể lấy nhiệt độ qua bình ngưng của nước bằng nhiệt độ nhiệt kế ướt cộng thêm $3 - 5^{\circ}\text{C}$.

$$t_{w1} = t_u + (3 \div 5^{\circ}\text{C})$$

Khi sử dụng nước không tuân hoàn, có thể chọn nhiệt độ nước vào bình ngưng t_{w1} bằng nhiệt độ trung bình năm của vùng đó. (Dùng nước giếng khoan).

Khi sử dụng nước thành phố không tuân hoàn, nếu là nước từ giếng khoan lấy t_{w1} bằng nhiệt độ trung bình cả năm cộng thêm $3 \div 4^{\circ}\text{C}$ do khâu xử lý nước tại nhà máy nước. Trường hợp khai thác nước mặt (sông) ta chọn $t_{w1} = t_u$.

4.2.3. Số liệu về chế độ bảo quản.

Đối với những sản phẩm khác nhau đòi hỏi chế độ bảo quản khác nhau. Chính điều này gây ra sự phức tạp trong tính toán, thiết kế.

Đối với các sản phẩm hô hấp như rau, quả tươi khi bảo quản lạnh không được đưa nhiệt độ xuống thấp hơn quy định, vì có thể gây chết rau quả tươi.

Để bảo quản lạnh có hai chế độ xử lý: xử lý lạnh và xử lý đông.

Xử lý lạnh là làm lạnh các sản phẩm xuống tới nhiệt độ bảo quản lạnh yêu cầu. Nhiệt độ bảo quản phải ở trên nhiệt độ đóng băng của sản phẩm, có nghĩa là sản phẩm không bị hoá cứng do đóng băng.

Xử lý lạnh đông là làm lạnh đông các sản phẩm (thịt, cá...). Sản phẩm hoàn toàn hoà cứng do nước trong sản phẩm đóng băng. Nhiệt độ sản phẩm - 8^0C và nhiệt độ trên bề mặt - 12^0C đến - 18^0C .

Trong một kho lạnh có thể có buồng gia lạnh riêng hoặc sử dụng buồng bảo quản lạnh để gia lạnh, khi đó lượng sản phẩm đưa vào phải phù hợp với năng suất lạnh của buồng.

4.2.4. Hiệu nhiệt độ giữa các vách ngăn.

Đối với các kho lạnh lớn, không cần xác định nhiệt độ hành lang buồng đệm và buồng đợi. Dòng nhiệt tổn thất qua các tường ngăn giữa các buồng được làm lạnh (lạnh, lạnh đông) và các buồng không được làm lạnh (hành lang, buồng đợi, buồng đệm) tính theo hiệu nhiệt độ định hướng như sau:

- Bằng 70% hiệu nhiệt độ giữa buồng lạnh và bên ngoài, nếu hành lang và buồng đệm có cửa thông ra ngoài.
 - Bằng 60% khi không có cửa thông ra ngoài.
- Đối với các kho lạnh thương nghiệp, nhiệt độ buồng đệm lấy 28^0C .

4.2.5. Phương pháp xếp dỡ - Máy nâng hạ.

Trong kho lạnh lớn với xếp dỡ sản phẩm được cơ giới hóa nhờ các máy nâng, hạ hoặc cần trục. Các sản phẩm được đóng kiện theo tiêu chuẩn và được xếp lên giá đỡ. Cần lưu ý khi xếp dỡ, cần bố trí sao cho thể tích hữu ích là lớn nhất (thể tích thừa 5 - 6%) và vững chắc. Mỗi kiện chỉ đóng cho 1 loại hàng hoặc một danh mục sản phẩm và không quá 1000 kg. Trong các kho lạnh một tầng dùng xe nâng. Kho lạnh nhiều tầng dùng thang máy ($3200 \div 5000\text{kg}$).

Thịt lợn đông lạnh cả con hoặc nửa con có thể bảo quản theo phương pháp chất đống và phủ băng bạt.

Để nâng cao tính cơ động của các phương tiện bốc dỡ, cần bố trí các hành lang, phòng phụ, đường vận chuyển hợp lý trực tiếp trong kho. Kích thước đường đi lại cho các phương tiện vận chuyển 1,6 m.

Khi xếp hàng đóng bao phải dự trù trước trên nền kho để bố trí các gói cho hợp lý. Đầu tiên để lối đi rộng 3m, sau xếp vào đó sản phẩm cuối cùng để lối đi còn lại 1,6m.

Bảng 4.2. Dự trù thiết bị nâng hạ cho kho lạnh (của Nga và Bungari).

Thiết bị	Chức năng	Số lượng thiết bị theo dung tích kho c/ngàn tấn		
		$1,5 \div 5$	$6 \div 10$	$1,3 \div 10$
Xe nĩa nâng chạy điện 4004 A sức nâng 075t, chiều cao nâng 2,3 m	Để vận chuyển và xếp hang trong kho chiều cao không qua 4m	$2,0 \div 1,6$	$1,35 \div 1,3$	$1,3 \div 1,0$
ƏH103 - sức nâng 1,0 t độ cao 2,8 m	Như trên	$2,0 \div 1,6$	$1,35 \div 1,3$	$1,3 \div 1,0$
EB677 - 45 sức nâng 0,8t	Như trên			

độ cao 4,5 m 40004 sức nâng 0,75 t chiều cao 1,6 m	Chiều cao kho đến 6 m để vận chuyển trong toa và thang máy	$2,0 \div 1,6$	$1,2 \div 0,9$	$0,9 \div 0,7$
Xe rùa điện ЭКХ Sức nâng 0,75 t ЭКБ-Г Sức nâng 1,0 t EH-137 Sức nâng 1,25 t	để kéo dắt xe tay có tải Như trên Để chất lên thang và vận tải tự động	$2,0 \div 0,8$ $2,0 \div 0,8$ $1,35 \div 0,8$	$0,67 \div 0,6$ $0,67 \div 0,6$ $0,67 \div 0,6$	$0,55 \div 0,5$ $0,55 \div 0,5$ $0,55 \div 0,5$
Xe rùa vận tải tay Sức nâng 800 ÷ 1000kg Sức nâng 100kg Tấm phẳng 2 lớp 4 cửa cột chống đỡ hàng	Để vận tải trong kho Để dọn rác, rửa nền... Để xếp hàng dạng kiện Để bảo vệ hàng khỏi đổ Để cân ôtô	$200 \div 250$ $3 \div 4$ $800 \div 1000$ $300 \div 500$	$260 \div 300$ $6 \div 8$ $800 \div 1000$ $300 \div 500$	$310 \div 350$ $9 \div 11$ $800 \div 1000$ $300 \div 500$
Cân tĩnh tại ôtô có trọng tải giới hạn 30000 kg 10000 kg		1 1	1 1	1 1
Cân tĩnh tại ở hiên ôtô, tàu hỏa 2000 kg	Cân ở hiên ôtô	$4 \div 7$	$4 \div 7$	$4 \div 7$
Cân lưu động 1000 kg Công nhân phục vụ	Cân trong buồng lạnh Để đóng gói, phân loại sản phẩm và phục vụ chung	$4 \div 7$ 100	$4 \div 7$ 150	$4 \div 7$ 200

Ghi chú: Xe nĩa, xe rùa cho 1000 T sản phẩm còn lại cho toàn bộ kho lạnh.

4.3. Tính diện tích xây dựng và mặt bằng kho.

4.3.1. Dung tích và tiêu chuẩn chất tải.

Thông qua các thiết bị lạnh nhỏ (tủ lạnh, phòng lạnh lắp ghép) thường tính theo lít hoặc mét khối (m^3). Đối với kho lạnh lớn người ta thường tính theo tấn sản phẩm hoặc mét vuông diện tích bảo quản lạnh hữu ích. Trong một số trường hợp người ta sử dụng kho lạnh chuyên dùng hoặc kho lạnh đa năng.

Bảng dưới cho ta tiêu chuẩn chất tải và hệ số thể tích của một số sản phẩm bảo quản lạnh và lạnh đông.

Bảng 4.3. Tiêu chuẩn chất tải và hệ số thể tích của một số sản phẩm bảo quản và lạnh đông.

(Chú ý: Tiêu chuẩn chất tải là khối lượng không bì nếu sản phẩm không bao bì và là khối lượng cả bì nếu sản phẩm có bao bì).

SẢN PHẨM BẢO QUẢN	Tiêu chuẩn chất tải $m_v \text{ t/m}^3$	Hệ số thể tích so với thịt bò kết đông 1/2 và 1/4 con a
Thịt bò kết đông		
1/4 con	0,40	0,88
1/2 con	0,30	1,17
1/2 và 1/4 con	0,35	1
Thịt cừu kết đông	0,28	1,25
Thịt lợn kết đông	0,45	0,78
Gia cầm kết đông trong hòm gỗ	0,38	0,92
Cá kết đông trong hòm gỗ hoặc cactông	0,45	0,78
Thịt thăn, cá kết đông trong hòm cactông	0,70	0,50
Mỡ trong hòm cactông	0,80	0,44
Trứng trong hòm cactông	0,27	1,30
Đồ hộp trong hòm gỗ hoặc hộp cactông	0,60 ÷ 0,65	0,58 ÷ 0,54
Cam, quýt trong các hộp gỗ mỏng	0,45	0,78
KHI XẾP TRÊN GIÁ		
Mỡ trong các hộp cactông	0,70	0,50
Trứng trong các ngăn cactông	0,26	1,35
Thịt hộp trong các ngăn gỗ	0,38	0,92
Giò trong các ngăn gỗ	0,30	1,17
Thịt gia cầm kết đông - trong ngăn gỗ	0,44	0,79
- trong ngăn cactông	0,38	0,92
Nho và cà chua ở khay	0,30	1,17
Táo lê trong ngăn gỗ	0,31	1,03
Cam quýt - trong các hộp gỗ mỏng	0,32	1,09
- trong ngăn gỗ, cactông	0,30	1,17
Hành tây khô	0,30	1,17
Cà rốt	0,32	1,09
Dưa hấu, dưa bở	0,40	0,87
Cải bắp	0,30	1,17
Thịt gia lạnh hoặc kết đông - treo trên giá	—	5,5
- trong contener	—	2

Dung tích kho lạnh xác định theo.

$$E = V \cdot m_d$$

Trong đó:

E - Dung tích kho lạnh (tấn)

V - Thể tích kho lạnh (m^3)

m_d - Tiêu chuẩn chất tải (t/m^3)

Diện tích chất tải hữu ích $F = \frac{V}{h}$ (m^2), trong đó h - chiều cao chất tải (m) chiều cao chất tải bằng chiều cao phòng lạnh trừ đi chiều cao dàn lạnh trên trần và khoản dự trữ cần thiết để chất tải và thoát tải hàng hoá.

Tải trọng của nền được tính theo định mức chất tải m_d và
chiều cao chất tải

$$m_n = m_d \cdot h \text{ (t/m}^2\text{)}$$

Diện tích lạnh xây dựng

$$F_l = \frac{F}{\beta}$$

Trong đó:

β - là tỷ số giữa diện tích lạnh hữu ích và diện tích xây dựng. Giá trị β cho ở bảng 4.4.

Bảng 4.4. Hệ số sử dụng diện tích theo diện tích phong lạnh

Diện tích phong lạnh (m^2)	β
< 20	0,5 - 0,6
Từ 20 - 100	0,7 - 0,75
Từ 100 - 400	0,75 - 0,8
Từ 400 trở lên	0,80 - 0,85

Số lượng phong lạnh

$$Z = \frac{F_l}{f}$$

Trong đó f là diện tích phong lạnh tiêu chuẩn qua các hàng cột kho (m^2).

Ví dụ: Các hàng cột có khẩu độ 6 m, thì diện tích tiêu chuẩn là 36, 72, 108 m^2 ...

Số phong lạnh cần qui tròn, có thể lớn hơn 10 ÷ 15% so với diện tích lạnh cần thiết. Ngoài các phong lạnh cần tính thêm các phong phụ trợ: phong chất tải, thoát tải, phong kiểm nghiệm...

Để xác định thể tích bên trong buồng lạnh, người ta đưa vào khái niệm thể tích hữu ích. Đó là trọng tải của hàng hoá chiếm một số thể tích.

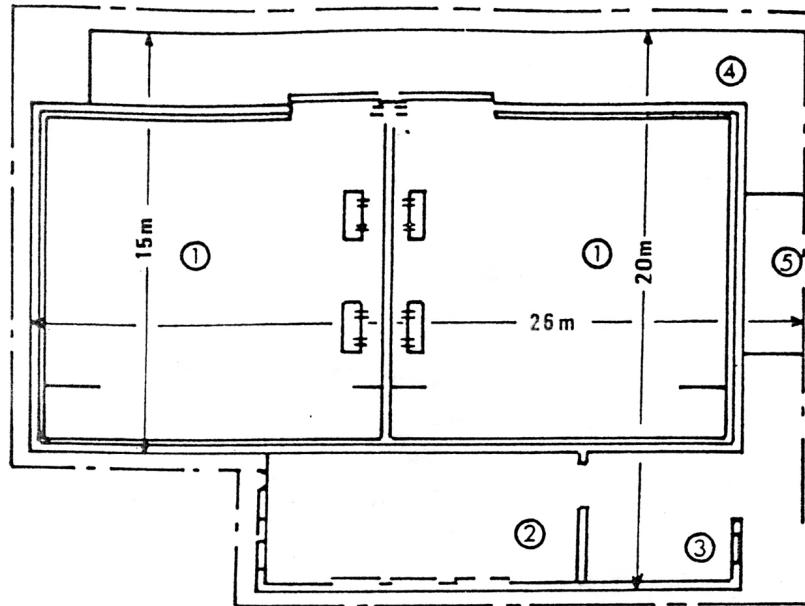
Thể tích hữu ích của một số buồng lạnh xác định bởi khối lượng thực phẩm có thể chứa trong kho đồng thời, xuất phát từ mật độ hữu ích của kho.

Đặc điểm của thực phẩm, kiểu đóng gói...vv. Bảng 4.3 cho thấy mật độ hữu ích của những sản phẩm khác nhau xác định bằng kg khối lượng tinh chia cho 1 m^3 thể tích hữu ích. Bảng 4.4 liên quan tới bộ khung xương động vật, mật độ tính bằng kilôgam trên mét chiều dài của ray.

Thể tích bên trong phong lạnh hoặc thể tích thô (thể tích xây dựng) là thể tích hữu ích cộng thêm thể tích cần thiết để di chuyển không khí, thể tích tháo tải, đặt thiết bị lạnh...

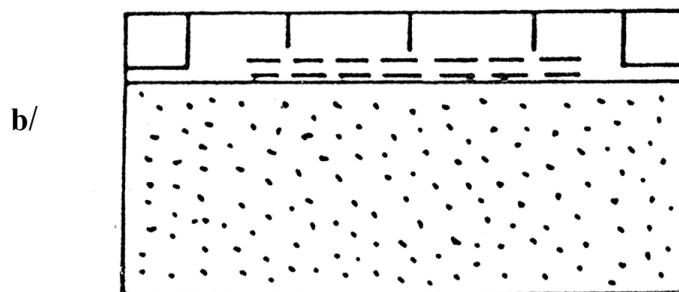
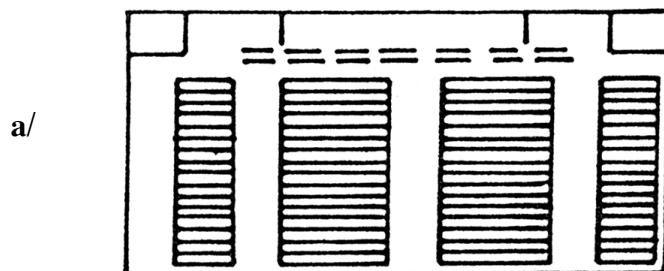
Trước một đồ án thiết kế, xây dựng người ta có thể chấp nhận thể tích thô bằng hai lần thể tích hữu ích. Đối với các phong chứa các sản phẩm khác nhau, có thể đạt 160 kg/ m^3 khi làm lạnh và 300 kg/ m^3 khi lạnh đông.

Để xác định chính xác thể tích thô, cần phải biết kế hoạch bốc hàng và tính toán thể tích dành cho đi lại và thông gió.



Hình 4.4. Mặt bằng của một kho lạnh

1 - Buồng lạnh 2 - Phòng máy 3 - Cửa hàng 4 - Hành lang 5 - Dốc vào hành lang.



Hình 4.5. Khái niệm về thể tích hữu ích và thể tích thô

a - Thể tích hữu ích

b - Thể tích thô

4.3.2. Sự thoát tải và kích thước bên trong.

Chiều cao bên trong phụ thuộc vào cách thoát tải và kiện hàng. Trường hợp kho rất lớn, kiện hàng được nâng lên và di chuyển nhờ cầu trục, cao tới 8,5 m đối với kiện xếp chồng, mỗi kiện có chiều cao 1,7m đến 1,8m hoặc chiều cao 10m nếu có tới 5 kiện.

Xếp chồng.

Trường hợp xuất hàng khỏi phòng lạnh bằng tay, chiều cao kiện hàng không quá 3m thì chiều cao phòng lạnh vào khoảng $3,5 \div 4$ m, bảo đảm thông gió tốt.

Xe vận chuyển các kiện trong buồng lạnh chạy bằng điện hoặc bằng động cơ khí hoá lỏng; có 3 hoặc 4 bánh. Công suất nâng thông thường 1250 và 2000kg. Chiều cao nâng từ 7,5 đến 8m thì xe vận chuyển cần có dụng cụ để có thể dịch chuyển ngang kiện hàng dễ dàng. Tốc độ cực đại của xe nâng $8 \div 10$ km/h khi có tải và không. Tốc độ nâng 0,25m/s khi có tải 0,35m/s khi không tải. Khả năng thoát tải $10 \div 20$ tấn/h đối với xe vận chuyển.

Người ta muốn chiều dài và chiều rộng bên trong diện tích chung quanh là nhỏ nhất đối với thể tích đã cho (là lớn nhất). Thường khẩu độ 15m. Chiều rộng hành lang đi vào buồng lạnh nhỏ hơn 3m nếu thoát tải bằng tay và 5m đối với thoát tải bằng xe nâng hoặc cần trục. Cần trục là xe nâng chạy bằng điện vận chuyển ngang. Trang thiết bị kiểu này có thể nâng kiện hàng, công tơ nơ và những trang thiết bị tương tự để dịch chuyển ngang. Tốc độ 8 - 10 km/h đối với xe nâng điện và 5 km/h đối với điều khiển bằng tay.

4.3.3. Chọn mặt bằng xây dựng.

Việc xây dựng kho lạnh ngoài yêu cầu thuận tiện trong giao thông, vận hành tiện lợi và rẻ tiền... Cần lưu ý tới tính vững chắc của nền móng. Nhiệt thải ở thiết bị ngưng tụ của kho lạnh là rất lớn nên cần xây dựng kho ở nơi có nguồn nước dồi dào. Nước giếng khoan vào mùa hè có nhiệt độ 24°C rất thuận tiện cho bình ngưng, làm giảm tiêu hao điện năng, tăng năng suất lạnh lên 20%. So với nước tuân hoàn có nhiệt độ khá cao $32 \div 38^{\circ}\text{C}$.

Diện tích mặt bằng không quan trọng lắm đối với kho lạnh nhiều tầng. Các kho cần có sân rộng cho xe tải đi lại bốc dỡ hàng, không ảnh hưởng bởi thời tiết bên ngoài trong khi bốc xếp.

Kho lạnh một tầng tuy chiếm nhiều diện tích, chi phí vật liệu lớn, tổn thất nhiệt lớn... Nhưng lại có ưu điểm là dễ xây dựng, đi lại vận chuyển trong kho dễ dàng: Hành lang có thể bố trí rộng rãi, thuận lợi cho bốc dỡ hàng. Việc sử dụng giá chất hàng và thùng bảo quản nên chiều cao kho tăng thêm.

Bảng 4.5. So sánh kho lạnh 4000m^2 diện tích sử dụng với kho một tầng và nhiều tầng.

Số liệu so sánh	Số tầng						
	1	2	3	4	5	6	7
Diện tích mặt bằng xây dựng (m^2).	5200	2600	1770	1450	1160	900	780
Tỷ số diện tích so với kho 7 tầng (%)	665	334	227	186	149	115	100
Diện tích bên ngoài (m^2)	11580	6770	5440	5160	4840	4460	4440
Tỷ số diện tích bên ngoài so với kho 7 tầng (%)	260	153	123	116,5	109	100,5	100
Thể tích cách nhiệt yêu cầu cho							

diện tích bên ngoài (m ³)	2500	1460	1150	1090	1010	936	930
Tỷ số thể tích chất cách nhiệt dùng nhiều hơn so với kho 7 tầng (%)	269	157	124	117,5	109	101	100
Nhiệt tổn thất qua vách (kw)	127	76	63	60	58	55	54
Tỷ số nhiệt tổn thất qua vách so với kho 7 tầng (%)	235	141	117	111	107	102	100

4.3.4. Phân bố diện tích các phòng.

Phòng lạnh và phòng đông chỉ chiếm một phần không gian xây dựng. Phần lớn còn lại dùng làm phòng gia công, chuẩn bị, phòng phụ, cầu thang...vv. Các kho lạnh kiểu mới thường bố trí sân, hành lang, phòng chất và thoát tải... rộng để tiếp nhận và xuất khói lượng hàng lớn một cách nhanh chóng và thuận tiện (kho lạnh bến cảng). Tuy nhiên kho lạnh trong đất liền, công tác xuất nhập diễn ra đều đặn, phòng chất và thoát tải lớn là không kinh tế. Trong các kho lạnh hiện nay, phòng lạnh chiếm từ 60 ÷ 75% diện tích tổng thể của các kho lạnh. Tỉ lệ này phụ thuộc vào cỡ kho, kiểu xây dựng, phương pháp làm lạnh. Các buồng lạnh riêng lẻ của các kho lạnh có diện tích 250 - 400 m² là hợp lý.

Bảng 4.6. Dung tích định hướng của các phòng theo dung tích kho lạnh phân phối thịt.

Dung tích kho lạnh (tấn)	Tỉ lệ % diện tích chung			Công suất phòng kết đông t/24h hoặc % dung tích chung
	Phòng bảo quản đông	Phòng bảo quản lạnh	Phòng vạn năng	
50 - 600	50 - 75	—	25 - 50	đến 5t/24h
1000 - 2000	75	—	25	đến 1%
3000 - 5000	75	—	25	đến 0,5%
> 5000	60	20	20	đến 0,5%

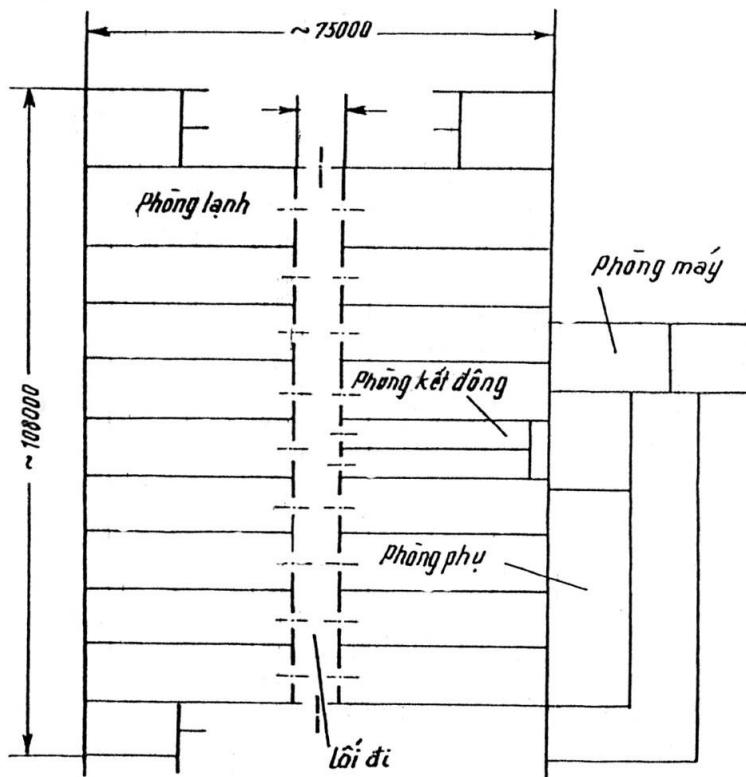
Việc bố trí các phòng cần lưu ý:

Thiết bị kết đông thực phẩm nên bố trí ở tầng 1 để tránh vận chuyển thực phẩm chưa kết đông lên tầng cao và khi kết đông xong, giảm nguy cơ hư hỏng sản phẩm.

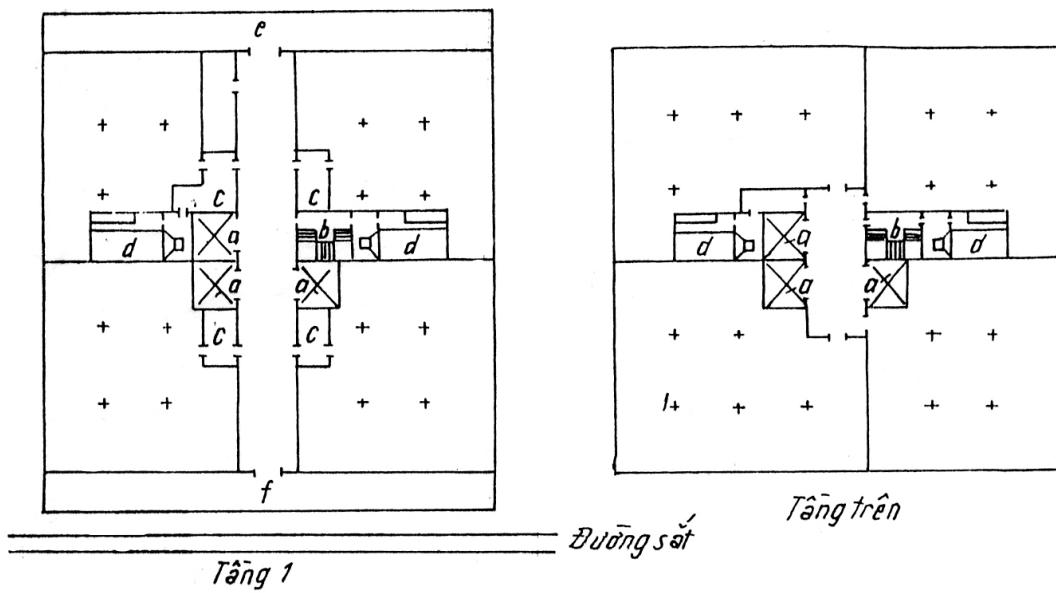
Các phòng có nhiệt độ dương nên chọn các phòng có tổn thất nhiệt qua vách lớn. Dòng nhiệt tổn thất tạo điều kiện giữ ẩm vừa phải trong phòng.

Các phòng lạnh đông thương nghiệp hoặc xuất nhập thường xuyên nên bố trí ở tầng 1.

Các kho lạnh ở Mỹ chia buồng theo hướng thẳng đứng, nghĩa là một bên cánh gà kho lạnh bố trí buồng đông và phía kia bố trí buồng lạnh. Sự cách ly giữa buồng lạnh và buồng đông có ưu điểm là độ lạnh ở buồng đông không ảnh hưởng tới buồng lạnh và không gây các trực trặc do băng giá.



Hình 4.6. Mặt bằng kho lạnh 1 tầng



Hình 4.7. Mặt bằng kho lạnh nhiều tầng có hai mặt giao thông
4.4. Cấu trúc và cách nhiệt cách ẩm cho kho lạnh.

4.4.1. Đặc tính của cách nhiệt.

Thông thường đối với các kho lạnh có diện tích lạnh khoảng 500 - 700 m² người ta hay dùng các cấu kiện nhẹ để lắp ghép. Phần chịu lực là khung thép hình, mái tôn. Các tấm cách nhiệt được tiêu chuẩn hóa có chiều cao 1,8; 2,0; 2,4; 2,7; 3,0.... tối đa là 6 m. Vật liệu cách nhiệt là bọt xốp polyurethane, polystyrene, PVC...vv. Chiều dày 50, 75, 100, 125 và 150 mm được ép giữa hai tấm tôn bằng thép không rỉ hoặc nhôm. Thể tích của tấm chỉ chiếm 5% tổng thể tích, trong đó phần khí trong các hang xốp chiếm tới 95%. Bảng dưới giới thiệu một số đặc tính của tấm polyurethane do Searefico (Sài Gòn) sản xuất.

Bảng 4.7. Một số thông số chính của tấm polyurethane do Searefico sản xuất.

Chiều cao tối đa	6000 mm	
Chiều rộng tối đa	900 mm	
Khối lượng riêng	38 ÷ 42kg/m ³	
Hệ số thấm ẩm	0	
Độ bền nén	2 ÷ 3 kg/cm ²	
Tỉ lệ điền đầy	95%	
Bề dày cách nhiệt (mm)	Hệ số truyền nhiệt (w/m ² K)	Nhiệt độ buồng lạnh (°C)
50	0,4	- 10
70	0,26	- 15
100	0,20	- 25
125	0,16	- 30
150	0,13	- 40

Nhiệt truyền trong chất cách nhiệt đặc trưng bởi độ dẫn nhiệt tương ứng λ là lượng nhiệt trao đổi trong một đơn vị thời gian, đơn vị diện tích và đơn vị chiều dài.

$$\frac{W}{^{\circ}C \cdot \frac{m^2 \text{ của diện tích}}{m \text{ của độ dày}}} \quad \text{nghĩa là} \quad \frac{W}{^{\circ}C \cdot m}$$

Độ dẫn nhiệt của các vật liệu truyền thống (lie, bông thuỷ tinh...) dao động trong khoảng 0,04 ÷ 0,05 W/^{\circ}C m tuỳ theo trạng thái ẩm của nó (xem phần sau). Đối với nhựa xốp (polystyrene, polyurethane, PVC...) nằm trong khoảng 0,03 và 0,022 W/m^{\circ}C. Tuỳ theo xốp được dẫn nở bằng không khí hoặc bằng R11; khối lượng thể tích của nó 20 - 25kg/m³.

Truyền nhiệt của tấm hỗn hợp, gồm nhiều lớp vật liệu dẫn nhiệt có hệ số dẫn nhiệt λ , dày e (bằng m) đặt giữa hai môi trường khí hoặc lỏng có hệ số trao đổi nhiệt đối lưu h_e và h_i (W/m²^{\circ}C, được đặc trưng bởi hệ số dẫn nhiệt tầng số K (W/m²^{\circ}C).

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \sum \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_i}}$$

Vì trong cấu trúc đǎng nhiệt, cách nhiệt là phần tử hạn chế truyền nhiệt nhất, người ta có thể cho phép chấp nhận những thành phần khác tham gia quá trình truyền nhiệt được bỏ qua.

Ta có:

$$K \approx \frac{\lambda}{e}$$

Trong trường hợp này có thể tính chiều dày vật liệu cách nhiệt e nhanh chóng và với độ gần đúng đú.

$$e \approx \frac{\lambda}{K}$$

Lượng nhiệt P trao đổi bởi 1 m^2 của tấm phân chia các môi trường có nhiệt độ là θ_e và θ_i ($\theta_e > \theta_i$) là.

$$P = K \cdot (\theta_e - \theta_i)$$

Trường hợp với tải nhiệt cực đại P; với khoảng cực đại $(\theta_e - \theta_i)$, cho phép xác định độ dày e trong điều kiện ngặt nghèo nhất.

$$P = K \cdot (\theta_e - \theta_i)_{\max}$$

Thí dụ: nếu $P = 10 \text{ w/m}^2$, $\lambda = 0,025 \text{ w/m}^0\text{C}$, $(\theta_e - \theta_i) = 30^\circ\text{C}$ thì $e = 0,075 \text{ m}$ (trong thực tế là 8cm)

4.4.2. Tính kín khít - chống cháy.

Những vật liệu cách nhiệt có những đặc tính khác nhau, trong đó quan trọng nhất đó là: tính bền cơ học, tính chống cháy, tính thấm, tính hút ẩm...vv.

Đặc biệt, sự có mặt của nước trong tấm cách nhiệt là nguyên nhân giảm hiệu quả của nó, hoặc là mặt nóng và ẩm ở bên ngoài, hơi nước xâm nhập vào bên trong tấm cách nhiệt, gây ra ngưng tụ và đóng băng (đóng băng cục bộ). Dẫn nhiệt của nước lỏng lớn hơn từ 10 đến 12 lần, vật liệu cách nhiệt khô, vật liệu đóng băng có thể lớn hơn 40 - 50 lần. Việc đóng băng của nước làm tăng thể tích, làm hỏng vật liệu cách nhiệt và sự cách nhiệt.

Vấn đề quan trọng là phải bảo vệ vật liệu cách nhiệt và chống lại hiện tượng đóng nước và hình thành đá. Để đạt được điều này:

- Phải lựa chọn vật liệu cách nhiệt có độ kín khít về bản chất.
- Phải bố trí một màng kín khít (màng cản nước) trên bề mặt nóng của cách nhiệt (về bên ngoài).
- Mặt trong của vật liệu cách nhiệt được bảo vệ chống va chạm.
- Chống việc hình thành các “cầu nhiệt”.

Các kho lạnh bảo quản cần được kiểm tra khí quyển thường xuyên, độ kín có thể thực hiện bằng phủ bên ngoài tấm cách nhiệt các tấm kim loại.

Đối với buồng lạnh có kích thước lớn; đã đảm bảo độ kín, cần lắp thêm van để giữ sự cân bằng áp suất bên trong và bên ngoài.

Trong mọi trường hợp, phải đảm bảo chống cháy tốt. Đối với vật liệu polystyrene và polyurethane sản phẩm cháy của nó rất độc.

Đối với vật liệu có nguồn gốc thực vật (nhất là li - e) ngọn lửa có thể âm ỉ trong nhiều giờ và nhiều ngày, do đó cần phải kiểm tra và cảnh báo kịp thời.

Đối với vật liệu có nguồn gốc khoáng chất (bông thuỷ tinh,...) không cháy.

4.4.3. Tính chất vật lý của vật liệu cách nhiệt.

Những tính chất chính của vật liệu cách nhiệt cho trong (bảng 4.8) bao gồm.

- Khối lượng thể tích.
- Độ dẫn nhiệt.
- Tính thấm hơi nước và khí.
- Độ bền nén.
- Độ bền kéo.
- Độ bền cắt.
- Chống lửa.
- Kích thước của tấm.
- Cách tăng thể tích.

Bảng 4.8. Tính chất chính của vật liệu cách nhiệt cách ẩm sử dụng phổ biến nhất (Nguyễn Đức Lợi).

VẬT LIỆU	Khối lượng riêng ρ , kg/m ³	Hệ số dẫn nhiệt λ , W/mK	Ứng dụng
VẬT LIỆU CÁCH NHIỆT			
Tấm polystirol	25 ÷ 40	0,047	Cách nhiệt tường bao,
Tấm polyurethane cứng	100	0,041	tường ngăn cột, trần, các tấm bê tông cốt sắt địn hình, đường.
Polyurethan rót ngập	50	0,047	Ống, thiết bị và dụng cụ,
Chất dẻo xốp	70 ÷ 100	0,035	các tấm ngăn, khung, giá.
Polyvinylclorit	100 ÷ 130	0,047	
Bọt xốp phenol phormadéhit	70 ÷ 100	0,058	
Các tấm khoáng tấm bitum	250 ÷ 350	0,08 ÷ 0,093	Ống thiết bị, tường ngăn.
Các tấm cách nhiệt than bùn	170 ÷ 220	0,08 ÷ 0,093	Tường bao, ngăn
Tấm lợp fibrô xi măng	300 ÷ 400	0,15 ÷ 0,19	Mái, tấm ngăn, vách chống cháy
Tấm cách nhiệt bê tông xốp	400 ÷ 500	0,15	Trần, nền và vách chống cháy
Tấm lợp từ hạt perlit	200 ÷ 250	0,076 ÷ 0,087	
Đất sét sỏi	300 ÷ 500	0,15 ÷ 0,23	
Hạt perlit xốp	100 ÷ 250	0,058 ÷ 0,08	
Vật liệu chịu lửa xốp	100 ÷ 200	0,08 ÷ 0,098	Trần, nền
Xỉ lò cao	500	0,19	
Xỉ nói chung	700	0,29	
VẬT LIỆU CÁCH ẨM			
Nhựa đường	1800 ÷ 2000	0,75 ÷ 0,87	
Bitum dầu lửa	1050	0,18	
Bôrulin	700 ÷ 900	0,29 ÷ 0,35	
Bia amiăng	700 ÷ 900	0,29 ÷ 0,35	
Perganin và giấy dầu	600 ÷ 800	0,14 ÷ 0,18	
VẬT LIỆU XÂY DỰNG			

Các tấm cách nhiệt bê tông - amiăng	$350 \div 500$	$0,093 \div 0,13$					
Các tấm bê tông - amiăng	1900	0,35					
Bê tông	$2000 \div 2200$	$1,0 \div 1,4$					
Bêtông cốt thép	$2300 \div 2400$	$1,4 \div 1,6$					
Tường xây bằng ghạch	1800	0,82					
Tường xây bằng đá hộc	$1800 \div 2200$	$0,93 \div 1,3$					
Đá vôi vỏ sò	$1000 \div 1500$	$0,46 \div 0,7$					
Đá túp	$1100 \div 1300$	$0,46 \div 0,58$					
Bêtông xi	$1200 \div 1500$	$0,46 \div 0,7$					
Vữa trát xi măng	$1700 \div 1800$	$0,88 \div 0,93$					

Bảng 4.9. Hệ số truyền nhiệt của vách ngoài phụ thuộc nhiệt độ phòng lạnh ,W/m²°K.

Nhiệt độ °C	- 40	- 25	- 15	- 4	0	4	12
Vách	- 30	- 20	- 10				
Vách bao ngoài mái bằng	0,19 0,17	0,21 0,20	0,23 0,23	0,28 0,26	0,30 0,29	0,35 0,33	0,53 0,47

Bảng 4.10. Hệ số truyền nhiệt K của vách ngăn với hành lang và phòng đêm

Nhiệt độ	- 30	- 20	- 10	- 4	4	12
K W/m ² °K	0,27	0,28	0,33	0,35	0,52	0,64

Bảng 4.11. Hệ số K của vách ngăn giữa các phòng lạnh.

Vách ngăn giữa các phòng	K - W/m ² °K
Kết đông/ giá lạnh	0,23
Kết đông/ bảo quản lạnh	0,26
Kết đông/ bảo quản đông	0,47
Bảo quản lạnh/ bảo quản đông	0,28
Giá lạnh/ bảo quản đông	0,33
Giá lạnh/ bảo quản lạnh	0,52
Các buồng có cùng nhiệt độ	0,58

+ Chất cách nhiệt.

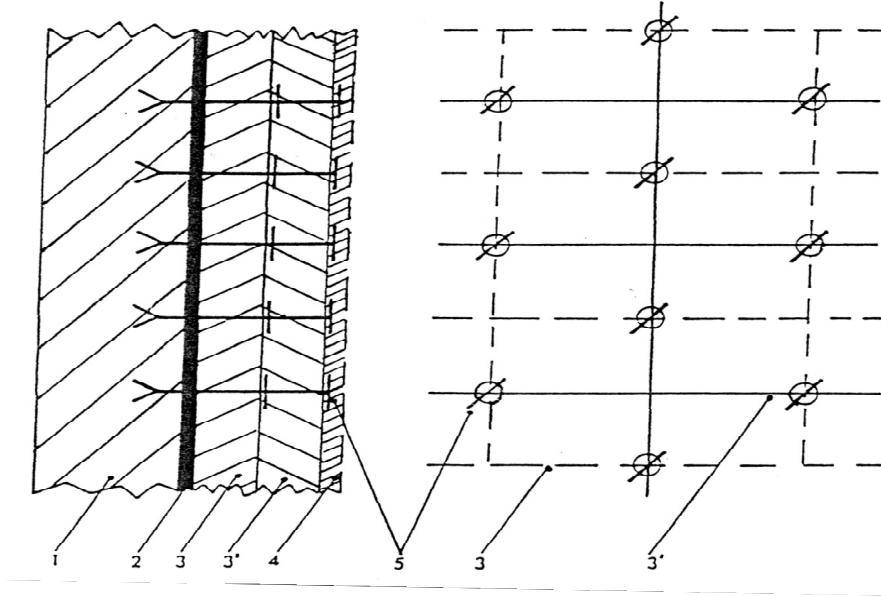
Đa số các kho lạnh hiện đại cách nhiệt bằng các tấm chế tạo bằng xốp polysteren hoặc polyurethan. Hệ số dẫn nhiệt trung bình từ 0,02 đến 0,22 W/m°C; kể cả khí nặng R11 hoặc R12 hoặc còn CO₂.

Những vật liệu sản xuất tại địa phương rất khác nhau, khó cho ta những tính chất chính, ứng suất của nó và giới hạn sử dụng. Hơn nữa, độ dẫn nhiệt của các vật liệu có nguồn gốc thực vật (liew, mạt cưa, vỏ hạt nông sản...) hoặc chất khoáng (bột đá) phụ thuộc vào vật liệu, độ ẩm và công nghệ của nó. Vật liệu này không kín, nên dễ bị hoá ẩm. Ở trạng thái ẩm, sự dẫn nhiệt có thể gấp hai lần so với khô. Ở trạng thái khô các loại vật liệu này đáp ứng được yêu cầu, nhưng khi nó chứa nước lỏng hoặc nước đá, thì hiệu quả của nó giảm đi rất nhiều; làm hỏng sự cách nhiệt của chất cách nhiệt, do đó tăng giá tổng thể của công trình.

+ Cách nhiệt thành thẳng đứng và trần.

Việc cách nhiệt có thể thực hiện theo phương pháp truyền thống hoặc có thể thực hiện theo kiểu panô SandWich (bánh mì kẹp thịt)

- Cách nhiệt theo kiểu truyền thống, áp dụng trên bề mặt trong của thành.



Hình 4.8. Cách nhiệt truyền thống.

1 - Tường mang 2 - Màng làm kín 3 - Lớp thứ 1 cách nhiệt 3' - Lớp thứ hai cách nhiệt
4 - Màng xốp bên trong 5 - Sợi thép cố định panô

- Màng làm kín (gồm ba lớp khoáng dày 2 cm).

- Panô cách nhiệt (kho lạnh dùng 2 lớp, lạnh đông dùng 3 lớp), bố trí lệch nhau tránh cầu nhiệt.

- Lớp bên trong bảo vệ – bằng bê tông xốp, tấm xi măng – amiant... Đối với buồng lạnh để bảo quản thịt, lớp bên trong phải rửa được và kín.

Hiệu quả của cách nhiệt truyền thống phụ thuộc vào.

• Việc thực hiện màng chống hơi nước nhằm tránh sự “chưa hoàn thiện”, “những thiếu sót”.

- Đặt chính xác các sợi thép giữ các panô.

- Dùng panô tiêu chuẩn, các cạnh không bị hư hỏng.

- Làm kín giữa các panô.

Cách nhiệt của trần cũng làm như phương pháp trên, với chú ý đặc biệt để bảo đảm độ chắc chắn. Đối với buồng lạnh thịt treo. Những đường ray có thể móc vào khung bên trong, cần cách nhiệt tốt ở vị trí cố định ray với khung để tránh cầu nhiệt (Hình 4.9).

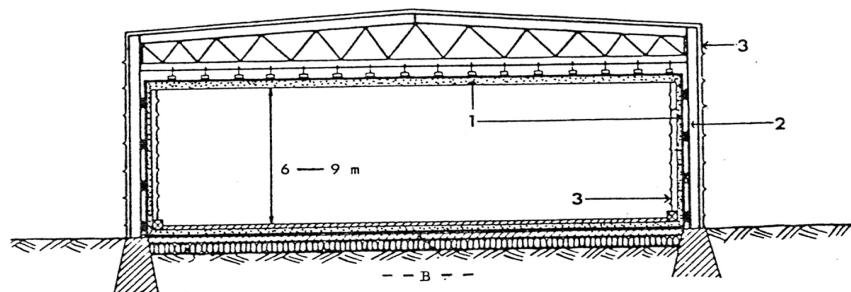
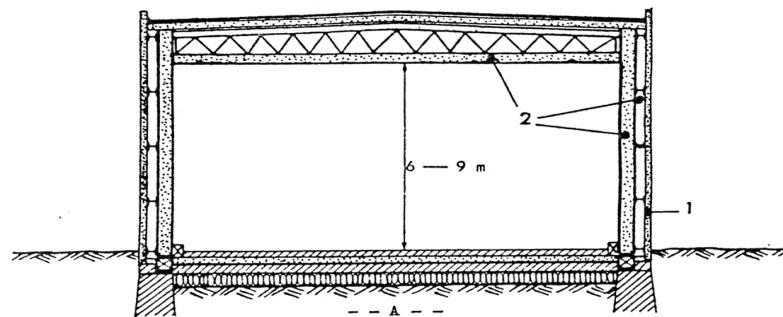
- Cách nhiệt kiểu Sandwich.

Kiểu cách nhiệt này đảm bảo độ bền nén, kéo, cắt tốt khi xốp bằng chất dẻo (polysterem, polyurethane, PVC...). Hai mặt panô được ép bằng hai tấm kim loại mỏng (1mm)

có thể làm bằng thép, hợp kim nhôm hoặc thép không rỉ (đảm bảo vệ sinh tốt) hoặc tráng một lớp thuỷ tinh – polyeste (3 hoặc 4 mm). Trong mọi trường hợp mặt ngoài phải đảm bảo kín đốp với hơi nước. Từ điều kiện này giúp ta có hướng để chọn vật liệu.

Việc lắp ghép các panô Sandwich có thể có hoặc không. Đối với các kho lớn chấp nhận phương pháp thứ nhất, đồng thời tăng cường thêm bằng các sườn thép cả trong và ngoài. Chiều cao của panô là chiều cao của kho (Hình 4.9).

Hình 4.9. Cách nhiệt ở vị trí cố định của ray.



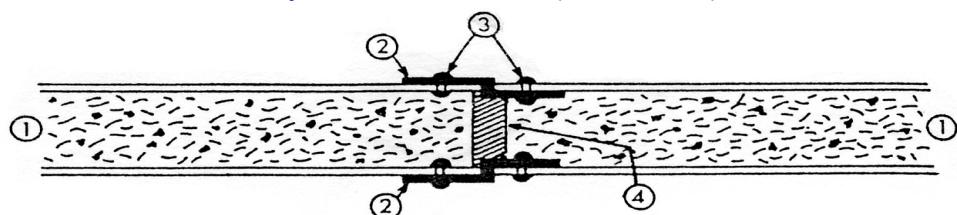
Hình 4.10. Cấu trúc với cách nhiệt kiểu Sandwich ở sườn trong và ngoài.

A ---- sườn trong

B ---- sườn ngoài

1 – Cách nhiệt kiểu sandwich; 2 – Khung; 3 – Mặt trong

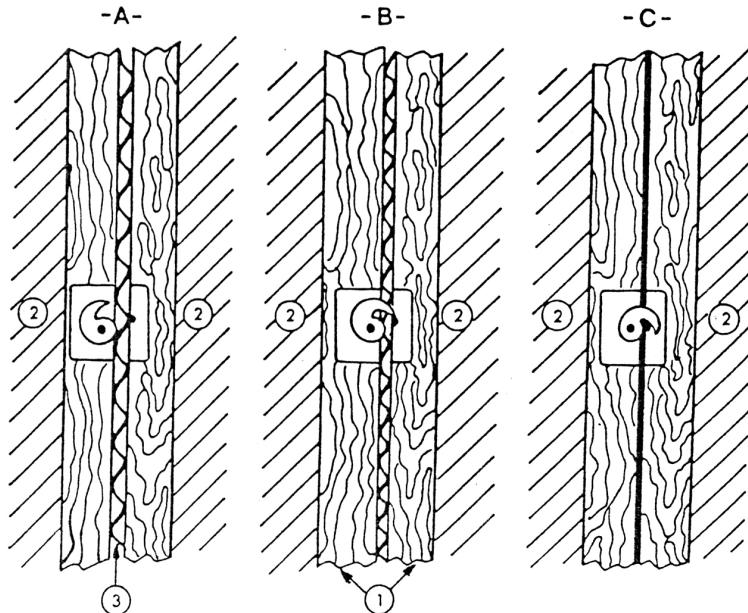
Có nhiều kiểu lắp ghép khác nhau, đơn giản nhất như trên hình trên. Cách nhiệt bằng panô có thể tháo rời phù hợp với phòng lạnh cỡ nhỏ, cho phép thêm thể tích của kho khi có yêu cầu và mỗi khi cần thiết có thể thay đổi kích thước và vị trí ở khu vực nào đó.



Hình 4.11. Lắp ghép của hai panô Sandwich.

1 – Panô Sandwich 2 – Lá kim loại 3 – Ri vê 4 – Keo sau khi dãn nở

Đối với phương pháp này (Hình 4.11) chỉ trên hình, phương pháp lắp ghép không có gì đặc biệt. Đó là phương pháp lắp ghép có thể tháo rời.



Hình 4.12. Cài chốt của panô đúc sẵn.

A – Những panô sát nhau

1 – Khung gỗ

B – Chốt ngầm vào nhau

2 – Panô Sandwich

C – Panô lắp ghép đã gài chốt và ép đệm

3 - Đệm

Cách nhiệt cho trần, các panô Sandwich treo trên khung, sát nhau và tránh cầu nhiệt chiều dài của panô bị hạn chế.

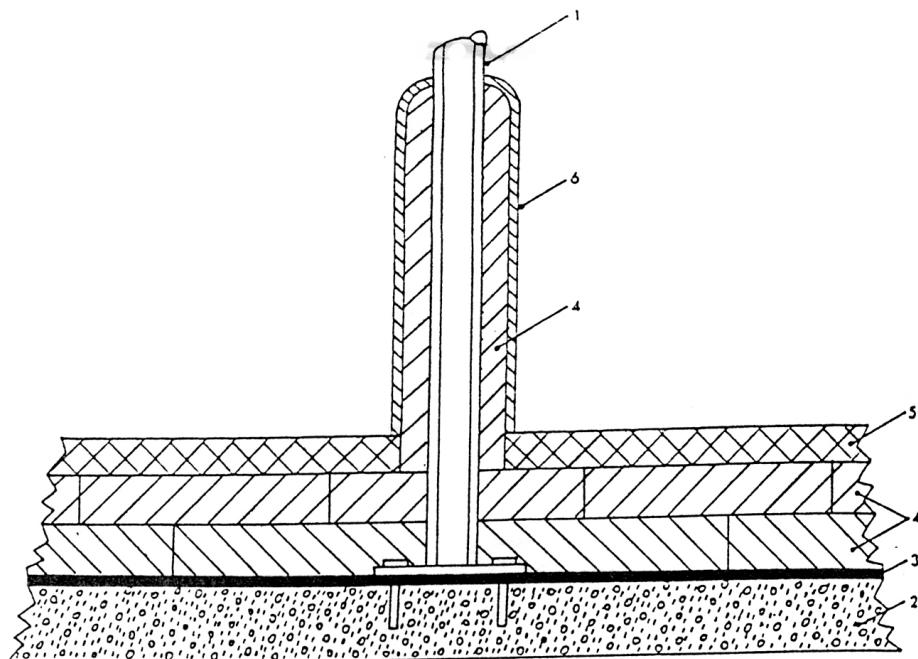
- **Cách nhiệt nền.**

Yêu cầu của nền kho phải vững chắc, tuổi thọ cao và vệ sinh, không thấm nước ở những kho lạnh nhỏ kiểu lắp ghép, khung tấm cách nhiệt đồng thời là khung chịu lực, vì tải trọng nhỏ. Kho lạnh lớn bốc xếp bằng cơ giới, nền phải chịu được trọng tải của hàng hoá mà còn chịu tải trọng của người và phương tiện bốc xếp....

Phương pháp truyền thống, cách nhiệt của đất được dùng các panô cách nhiệt bố trí thành hai lớp xen kẽ nhau trên nền bằng bê tông và một lớp kín (lớp nhựa đường 1cm). Vật liệu cách nhiệt được che phủ bằng một tấm đan bê tông cốt thép.

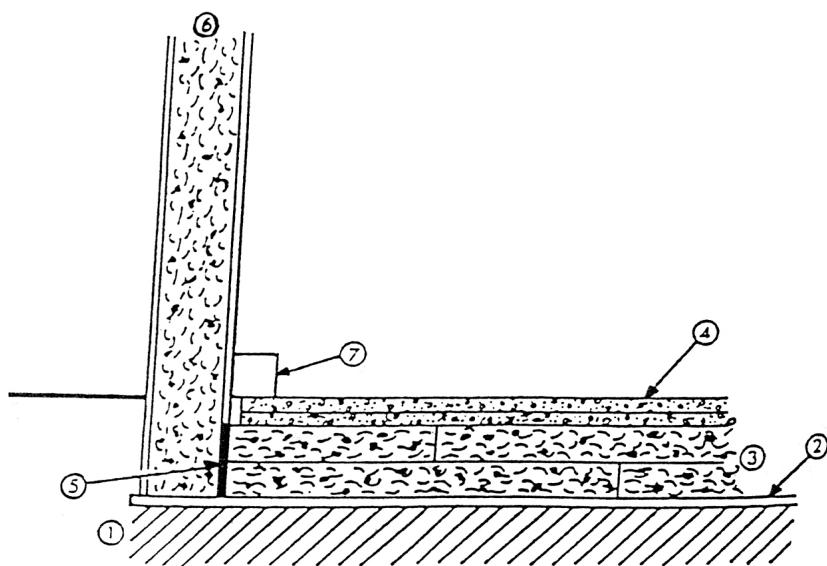
Nếu có khung thép bên trong như đối với phòng lạnh treo thịt, những cột bằng thép cố định vào nền và tạo nên cầu nhiệt, vì thế chân cột được cách nhiệt ít nhất 1m, để giảm sự truyền nhiệt từ cột vào đất. Liên quan giữa cách nhiệt với đất và tường phải được gia cố cẩn thận. Các panô có thể là loại polysterene dãn nở hoặc polyurethane, lie hoặc các loại vật liệu chống nén khác.

Để chịu được tải trọng lớn, người ta sử dụng loại xỉ lò để cách nhiệt nền. Đối với kho lạnh nhỏ có thể cách nhiệt bằng các tấm polystyrene, nhưng phải có dầm chịu lực để chuyển tải từ trên mặt sàn xuống mặt nền.



Hình 4.13. Cách nhiệt chân cột

1 – Cột 2 – Bê tông đáy 3 – Nhựa đường 4 – Cách nhiệt 5 – Tấm đan
6 – Bảo vệ cách nhiệt của cột.



Hình 4.14. Cách nhiệt nền và thành SaudWich

1 – Bê tông nền 2 – Nhựa đường(1cm) 3 – Cách nhiệt(hai lớp lệch nhau)

4 – Tấm đan bê tông cốt thép 5 – Tấm phủ bên trong cao áp – gắn bằng keo dán nở(polyurethane) 6 – Panôsanwich 7- Mố cột

Các kho lạnh nhiệt độ trên 15°C không cần cách nhiệt nền.

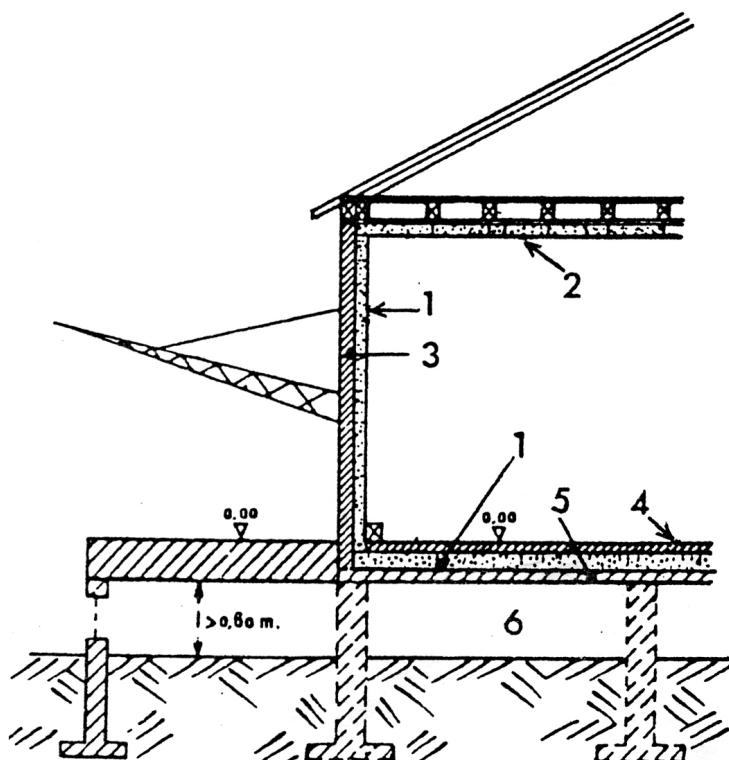
Các kho lạnh có nhiệt độ từ -4°C trở xuống phải có biện pháp chống đóng băng nền kho. Có nhiều phương pháp chống đóng băng nền kho.

- Phương pháp hâm nóng dùng cho kho lớn có thể thực hiện:

- Bởi một nhóm dây điện trở ở điện áp thấp đặt trên bê tông nền và phủ bằng xi măng cát(50mm) trước khi dùng màng làm kín và cách nhiệt.

- Bằng một nhóm ống nhựa cứng trong có nước chảy hoặc tốt hơn là dùng dung dịch glycôen nóng từ $5 - 10^{\circ}\text{C}$. Cũng có thể dùng nước phun từ bộ ngưng.

- Nền lửng trên dàn cọc, sàn không trực tiếp nằm trên nền đất, giữa có lớp không khí đệm.



Hình 4.15. Sàn lửng chống đóng băng nền

1 – Cách nhiệt 2 – Cách nhiệt trần 3- Tường chịu lực u 4- Tấm đan

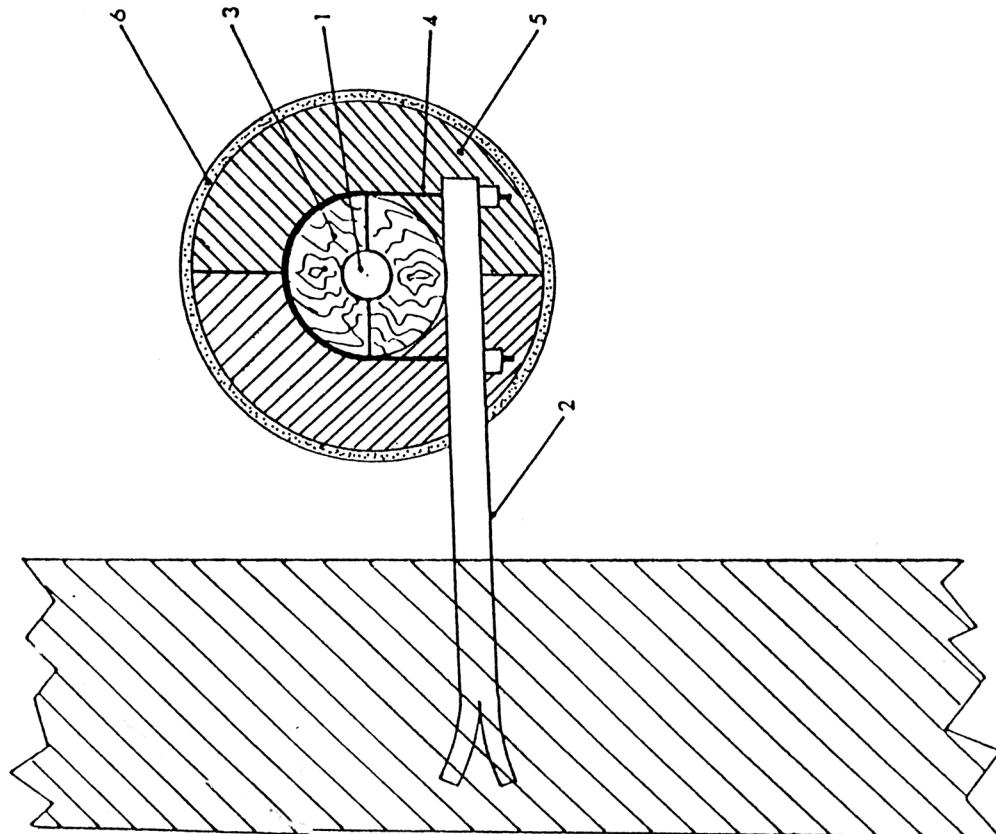
5 – Tấm đan nền 6 – Khoảng không.

- Cách nhiệt ống dẫn

Các ống vận chuyển tác nhân lạnh ở nhiệt độ thấp và các bình chứa ở nhiệt độ thấp cần phải được cách nhiệt.

Đối với các bình chứa ở nhiệt độ thấp dùng cách nhiệt kiểu truyền thống như đối với thành, đó là các panô cong phù hợp với bình chứa. Không cần cố định bằng sợi thép. Tuy nhiên phần bao phủ ngoài cần kín, thường dùng các tấm kim loại mỏng.

Các ống cách nhiệt bằng 2, 3 lớp so le nhau. Mặt ngoài cũng được bảo vệ kín bằng lá thép.



Hình 4.16. Sơ đồ già đỡ ống lạnh được cách nhiệt.

1 – Ống 2- Giá đỡ bằng kim loại chôn vào tường 3 – Hai nửa ốp bằng gỗ cung đường kính bằng lớp cách nhiệt thứ nhất 4 – Dải cố định ốp vào giá đỡ
5 – Lớp cách nhiệt thứ 2; 6 – Phủ kín bên ngoài.

- Vấn đề cách ẩm

Vì có sự chênh lệch nhiệt độ trong và ngoài phòng lạnh, nên ẩm có xu hướng khuếch tán vào phòng lạnh. Vì vậy ngoài cách nhiệt cần phải thực hiện đồng thời cách ẩm. Qua nghiên cứu và thực nghiệm, đưa ra một số yêu cầu cần thiết cho việc cách ẩm kho lạnh:

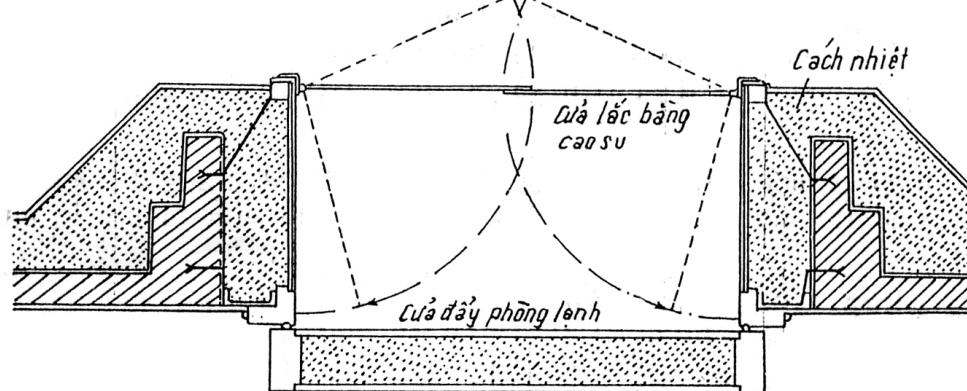
- Nếu tính từ phía nóng vào, thì lớp cách ẩm ở ngoài sau đó mới đến lớp cách nhiệt. Nếu nhiều lớp cách nhiệt, thì cũng chỉ cần 1 lớp cách ẩm đủ dày ở phía ngoài cùng.
- Lớp cách ẩm ($2,5 \div 3\text{mm}$) cần liên tục, không đứt quãng hoặc tạo điều kiện cho ẩm xâm nhập.

- Không được bố trí lớp cách ẩm phía trong lớp cách nhiệt. Lớp vữa trát xi măng trong cùng phải có độ xốp, có khả năng dẫn ẩm lớn để ẩm còn đọng trong vách cách nhiệt thoát vào buồng lạnh dễ dàng.

Vật liệu cách ẩm hiện nay là bitum. Bitum kĩ thuật nóng chảy ở 90°C , cần đốt nóng lên $160 - 170^{\circ}\text{C}$ và giữ nhiệt độ đó trong khi phun phủ hoặc quét lên tường. Hiện nay người ta thường dùng phương pháp rẻ tiền và an toàn là tạo nhũ tương gồm bitum, nước (50% bitum, 48% nước và 2% phụ gia như xà phòng, đất sét). Nhũ tương phun lên tường, nước bay hơi để lại lớp bitum đều. Lớp trước khô có thể phun lớp sau. Người ta cũng có thể dùng giấy dầu. Giấy dầu thường sử dụng cùng với bitum.

- Cửa phòng lạnh

Cửa phòng lạnh là bộ phận thường xuyên đóng, mở, chịu tác động của không khí ngoài môi trường cần được cách nhiệt tốt. Để giảm sự chênh lệch nhiệt độ quá lớn có thể làm thêm phòng đệm có nhiệt độ trung bình hoặc làm cửa lắc, màn khí hoặc kết hợp cả hai. Hình dưới mô tả kiểu cửa phòng đông: ngoài là cửa kéo, bên trong bố trí hai cánh cửa lắc.



Hình 4.17. Cửa đẩy phòng lạnh với cửa lắc bằng cao su.

4.5. Tính cân bằng nhiệt kho lạnh

Tính cân bằng nhiệt là tính toán các dòng nhiệt từ môi trường bên ngoài xâm nhập vào kho lạnh; làm giảm khả năng làm lạnh của kho, đó chính là dòng nhiệt tổn thất. Máy lạnh cần tăng công suất để thải nó trở lại môi trường; giữ cho nhiệt độ phòng lạnh ổn định. Do đó mục đích của tính toán này nhằm xác định công suất lạnh của máy cần lắp đặt.

Dòng nhiệt tổn thất vào kho lạnh Q bao gồm:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 \text{ (W)}$$

Trong đó:

Q_1 : dòng nhiệt qua kết cấu bao che

Q_2 : dòng nhiệt do sản phẩm toả ra

Q_3 : dòng nhiệt từ ngoài vào do thông gió

Q_4 : dòng nhiệt từ các nguồn khác khi vận hành

Q_5 : dòng nhiệt toả ra khi sản phẩm hô hấp

Dòng nhiệt tổn thất Q thay đổi liên tục theo thời gian trong ngày

Q_1 : phụ thuộc vào nhiệt độ bên ngoài: sáng, trưa, chiều, tối trong ngày và theo thời vụ trong năm. Truyền nhiệt này thì tỉ lệ thuận với sai khác nhiệt độ giữa bên trong và bên ngoài, diện tích tổng của các mặt của kho và tỉ lệ nghịch với chiều dày lớp cách nhiệt.

Q_2 : phụ thuộc vào thời vụ

Q_3 : phụ thuộc loại sản phẩm bảo quản: loại không cần thông gió và loại cần thông gió

Q_4 : phụ thuộc quá trình chế biến và bảo quản

Q_5 : phụ thuộc quá trình biến đổi sinh hoá của sản phẩm.

Khi thiết kế ta chọn phụ tải Q_{max} trong ngày để tính toán. Chú ý rằng, Q_{max} không phải là tổng giá trị cực đại các giá trị thành phần, vì chúng không trùng pha ở một thời điểm xác định.

4.5.1. Dòng nhiệt qua kết cấu bao che Q_1

Tải trọng nhiệt do năng lượng nhiệt xâm nhập vào phòng bằng truyền nhiệt qua tường, trần, sàn. Phương trình có dạng:

$$Q_1 = AkdT \quad (W)$$

Trong đó:

$$dT = T_0 - T_i$$

T_0 : nhiệt độ môi trường bên ngoài

T_i : nhiệt độ bên ngoài phòng lạnh

A: diện tích bề mặt bao che bên ngoài (m^2)

K: hệ số truyền nhiệt tổng (W/m^2K)

Trường hợp năng lượng của bức xạ mặt trời cao ta có phương trình bổ xung:

$$Q_{bx} = K' \cdot A \cdot dt' \quad (W)$$

Trong đó:

$dt' = t_i - t_{mặt ngoài}$ là hiệu nhiệt độ dư, đặc trưng ảnh hưởng bức xạ mặt trời.

Ở Châu Âu nhiệt độ bên ngoài khoảng $+25^0C$; nhiệt độ mặt đất $+10 \div +15^0C$

Ở Việt Nam chưa có những số liệu về bức xạ nhiệt đối với các kho lạnh (vĩ độ $10 \div 25^0$ vĩ bắc), có thể lấy các giá trị định hướng sau:

- Đối với trần màu xám (bê tông, xi măng,...) lấy $dt' = 19^0K$ và mầu sáng lấy 16^0K
- Đối với tường lấy theo bảng.

Bảng 4.12. Hiệu nhiệt độ dư dt' theo hướng và tính chất bề mặt vách

hướng vĩ độ vách	Nam			Đông nam	Tây nam	Đông	Tây	Tây bắc	Đông bắc	Bắc
	10 ⁰	20 ⁰	30 ⁰	Từ 10 - 30 ⁰						
Bê tông	0	2	4	10	11	11	13	7	6	0
Vữa thấm màu	0	1,6	3,2	8	10	10	12	6	5	0
Vôi trắng	0	1,2	2,4	5	7	7	8	4	3	0

Mỗi phòng lạnh chỉ tính bức xạ mặt trời cho mái và cho bức tường có tổn thất bức xạ lớn nhất. Trong kho lạnh, nhiều phòng có nhiệt độ khác nhau. Tính nhiệt phòng có nhiệt độ cao cạnh phòng có nhiệt độ thấp hơn, dòng nhiệt tổn thất là âm. Trong trường hợp này, tổn thất nhiệt của vách bằng không để tính phụ tải cho thiết bị (dàn bay hơi), còn lấy đúng giá trị âm để tính phụ tải cho máy nén. Như vậy, dàn bay hơi vẫn đủ diện tích để làm lạnh buồng, buồng bên cạnh lạnh hơn ngừng hoạt động.

4.5.2. Dòng nhiệt do sản phẩm toả ra Q_2 .

Dòng nhiệt do sản phẩm toả ra khi xử lý lạnh (gia lạnh, kết đông ...) tính theo:

$$Q_2 = M(h_1 - h_2) \frac{1000}{3600 \cdot 24} \quad \text{KW}$$

Trong đó:

h_1, h_2 : enthalpy của sản phẩm trước và sau khi xử lý lạnh; (KJ/ Kg)

M – năng suất buồng gia lạnh, kết đông hoặc lượng nhập vào buồng; t/24h.

Số 1000/24.3600 – hệ số chuyển đổi từ t/24h ra Kg/s

Trường hợp không đủ số liệu để tính Q_2 , ta lấy các số liệu định hướng sau:

- Khối lượng hàng nhập vào buồng lạnh trong 1 ngày đêm M_l . Khi tính phụ tải nhiệt cho máy nén

$$M_l = \frac{D_l \cdot G \cdot m}{365} = 0,025 D_l \quad (\text{t}/24\text{h})$$

Ở đây:

D_l – dung tích buồng bảo quản lạnh (t)

G – hệ số quay vòng hàng đối với kho lạnh phân phối $B = 5 \div 6$ lần/năm.

m – hệ số nhập hàng không đồng đều (kho lạnh phân phối $G = 1,5$)

- Khối lượng hàng nhập vào buồng lạnh đúng trong 1 ngày đêm M_d khi tính phụ tải cho máy nén

$$M_d = \frac{D_d \cdot \psi \cdot G \cdot m}{365} = (0,027 \div 0,035) D_d \quad (\text{T}/24\text{h})$$

Ở đây: D_d - dung tích phòng bảo quản đông (t)

ψ - tỉ lệ nhập có nhiệt độ không cao hơn -8°C đưa trực tiếp vào phòng lạnh đông. Đối với kho lạnh phân phối $\psi = 0,65 \div 0,85$; $m = 2,5$; $G = 5 \div 6$ lần/năm

- Khối lượng hàng nhập vào phòng kết đông trong 1 ngày đêm.

$$M_{KD} = \frac{D_{KD} (1 - \psi) \cdot G \cdot m}{365}$$

(1 - ψ) tỉ lệ hàng có nhiệt độ cao hơn -8°C đưa vào phòng kết đông, trước khi đưa vào phòng bảo quản. Hệ số (G, m) lấy như trên.

Khi tính Q_2 lấy khối lượng hàng nhập trong 1 ngày đêm vào phòng bảo quản lạnh bằng 8% dung tích phòng (nếu dung tích phòng $< 200\text{t}$) và bằng 6% (nếu dung tích phòng $> 200\text{t}$).

Đối với hoa quả có thời vụ nên khối lượng hàng nhập 1 ngày đêm tính theo

Trường đại học Nông nghiệp 1 – Giáo trình Kỹ thuật Lạnh & lạnh đông thực phẩm ----- 93

$$M = \frac{D \cdot G \cdot m}{120}$$

Ở đây:

$$G = 8 - 10$$

$$m = 2,0 \div 2,5$$

$$M = 10 - 15\% \text{ dung tích kho lạnh}$$

Để xác định được entalpy của sản phẩm trước và sau khi xử lý lạnh, cần biết nhiệt độ cụ thể hoặc nhiệt độ trong bình của sản phẩm trước và sau khi xử lý lạnh.

Lượng hàng xuất khỏi kho lạnh dùng để tính năng suất phương tiện vận chuyển:

$$M_x = \frac{D_l \cdot G \cdot m}{265} \quad (t/24h)$$

Ở đây:

265 – Số ngày xuất hàng trong năm.

- Trường hợp sản phẩm bảo quản trong bao bì, cần tính lượng nhiệt tỏa ra do bao bì khi làm lạnh sản phẩm.

$$Q_{2b} = M_b \cdot C_b \cdot (t_1 - t_2) \frac{1000}{24.3600} \quad (KW)$$

Trong đó:

M_b – khối lượng bao bì đưa vào cùng sản phẩm $(t/24h)$

C_b – nhiệt dung riêng của bao bì

Bảng 4.13. Entalpy của sản phẩm (KJ/Kg) ở nhiệt độ khác nhau (oC).

Khối lượng bao bì bằng 10 – 30% khối lượng hàng.

Trong kho lạnh thương nghiệp, sản phẩm chỉ được làm sạch (không có nhiệt ẩn hoá động) nên Q_2 tính theo

$$Q_2 = (M \cdot C + M_b \cdot C_b)(t_2 - t_1) \frac{1000}{24.3600} \quad \text{KW}$$

Trong đó: C, C_b – nhiệt dung riêng của hàng và bao bì

Bảng 4.14. Nhiệt dung riêng của một số sản phẩm

Sản phẩm	C (KJ/Kg)	Sản phẩm	C (KJ/Kg)
Thịt bò	3,44	Dầu động vật	2,68
Thịt lợn	2,98	Sữa	3,94
Thịt cừu	2,89	Pho mát	2,1 ÷ 2,5
Hàng thực phẩm	2,94 ÷ 3,35	Rau quả	3,44 ÷ 3,94
		Bia, nước quả	3,94

4.5.3. Dòng nhiệt thông gió phòng lạnh Q_3 .

$$Q_3 = M_k(h_1 - h_2)$$

Trong đó:

M_k – lưu lượng không khí của quạt gió (Kg/s)

h_1, h_2 – entropy của không khí ở ngoài và trong phòng (KJ/Kg) xác định nhờ đồ thị không khí ẩm.

$$M_k = \frac{V \cdot a \cdot \rho_k}{24 \cdot 3600} \quad \text{Kg/s}$$

Ở đây:

V – thể tích phòng bảo quản cần thông gió (m^3)

a – số lần không khí thay đổi trong 1 ngày đêm (lần/24h)

ρ_k – khối lượng riêng không khí ở độ ẩm và nhiệt độ trong phòng lạnh (Kg/m³)

4.5.4. Dòng nhiệt vận hành Q_4 .

$$Q_4 = Q_{41} + Q_{42} + Q_{43} + Q_{44}.$$

Lần lượt $Q_{41}, Q_{42}, Q_{43}, Q_{44}$ dòng nhiệt do chiếu sáng, do người toả ra, do động cơ điện và tổn thất do mở cửa.

- $Q_{41} = A' \cdot F$

Trong đó: F – diện tích phòng lạnh

A' – công suất chiếu sáng riêng (W/m^2). Phòng chế biến $A = 4,5$; phòng bảo quản $A = 1,2$

- $Q_{42} = 350n.$

n - số người làm việc

350 - nhiệt lượng toả ra từ 1 người ($W/\text{người}$)

- $Q_{43} = 1000N \cdot \varphi$

N - tổng công suất động cơ điện

φ - hệ số đồng thời (%)

- $Q_{44} = B \cdot F$

B – dòng nhiệt riêng khi mở cửa (W/m^2)

Đối với một số trường hợp lấy gần đúng bằng $10 \div 40\%$ dòng nhiệt qua kết cấu bao che và thông gió.

$$Q_{44} = (0,1 - 0,4)(Q_1 + Q_3)$$

4.5.5. Dòng nhiệt do hô hấp của rau quả Q_5 .

$$Q_5 = D(0,1q_n + 0,9q_{bq})$$

Trong đó:

D – dung tích kho lạnh (T)

q_n, q_{bq} : dòng nhiệt tỏa ra khi nhập sản phẩm, và bảo quản (W/t) hoặc (KJ/t.24h)

Bảng 4.15. Nhiệt hô hấp của 1 số quả và rau (KJ/t.24h).

Sản phẩm	0°C	10°C	20°C
Mơ	1300 – 1500	5500 – 9000	12000 – 17000
Chuối	2400 – 4200	5500 – 10000	–
Chanh	3100 – 4500	13600 – 17400	–
Dâu tây	4000 – 6400	12500 – 2400	–
Dâu rừng	700	7000 – 14200	29000 – 50000
Cam	1000 – 1600	3000 – 3500	4000 – 7000
Quả đào	700 – 1700	4000	–
Táo và lê	350 – 700	2000 – 5500	–
Nho	1000 – 3500	2000 – 2200	–
Bắp cải	2000 – 5400	3100 – 7500	–
Hoa lơ	–	94000 – 12000	26000 – 35000
Dưa chuột	4900 – 6000	5800 – 7400	–
Đậu Pháp	10800	14000 – 18000	34000 – 50000
Hạt ngũ cốc	–	28500	–
Dưa hấu	–	1900	–
Khoai	–	3350 – 8200	–
Cà chua	1200 – 1500	2700 – 3900	–

4.5.6. Xác định phụ tải nhiệt cho máy nén và thiết bị

Thường trong kho lạnh có 3 chế độ nhiệt độ gần giống nhau

- Phòng gia lạnh và bảo quản lạnh $-2 \div 4^\circ\text{C}$
- Phòng bảo quản đông $-18 \div -20^\circ\text{C}$
- Phòng đông $-30 \div -35^\circ\text{C}$

Tải nhiệt máy nén tính với $100\% Q_{1\max}$ kho lạnh trung chuyển và $80\% Q_{1\max}$ đối với kho lạnh chế biến

Đối với kho lạnh thịt, cá lấy $100\% Q_2$

Đối với rau quả tải nhiệt chủ yếu ở giai đoạn thu hoạch, thời gian bảo quản lấy $Q_2 = 0$ Q_3 và Q_5 đặc trưng cho quá trình lạnh các sản phẩm “thở” tính đủ cho máy nén.

Dòng nhiệt vận hành tính bằng $50 \div 70\% Q_{4\max}$

Chương 5 ***KỸ THUẬT LẠNH VÀ LẠNH ĐÔNG THỰC PHẨM***

5.1. Cơ sở lý thuyết

Trong quá trình bảo quản nông sản và thực phẩm, đặc biệt các nước nhiệt đới nóng và ẩm. Nông sản phẩm rất dễ bị phá hỏng hoặc làm giảm chất lượng; gây thiệt hại lớn cho sản xuất. Nguyên nhân gây hỏng có nhiều nhưng tập trung do các nguyên nhân sau:

- Trong thực phẩm luôn tồn tại các hệ enzym, các vi sinh vật, đồng thời do xâm nhập của vi sinh vật từ ngoài vào, làm tăng thêm nguy cơ hư hỏng của nông sản thực phẩm.

- Phát sinh các độc tố làm giảm chất lượng và không đảm bảo tiêu chuẩn vệ sinh an toàn thực phẩm. Kết quả là do quá trình phân huỷ các thành phần của thực phẩm tạo ra (như thuỷ phân Prôtêin, gluxít, lipit ...).

Các quá trình phá huỷ trên chủ yếu là do nhiệt độ của sản phẩm và độ ẩm của nó. Ở nhiệt độ và độ ẩm cao kích thích các hoạt động của enzym và vi sinh vật. Chính vì lý do đó người ta phải giảm ẩm của nông sản (làm khô) trong điều kiện nhiệt độ bình thường hoặc muốn đảm bảo tươi cho rau quả thì cần phải giảm nhiệt độ xuống. Việc hạ thấp nhiệt độ nhằm hạn chế hoạt động của enzym và vi sinh vật, sản phẩm có thể bảo quản lâu hơn.

5.1.1. Tác dụng của nhiệt độ thấp đối với vi sinh vật

Thông thường căn cứ vào nhiệt độ, chia vi sinh vật thành 3 nhóm chính sau:

- Vi sinh vật ưa nóng, nhiệt độ thích hợp để chúng phát triển là $50 \div 65^{\circ}\text{C}$
- Vi sinh vật ưa ẩm: nhiệt độ thích hợp là $24 \div 40^{\circ}\text{C}$
- Vi sinh vật ưa lạnh: nhiệt độ thích hợp là $-10 \div 25^{\circ}\text{C}$

Trong lĩnh vực làm lạnh và bảo quản lạnh, sự phát triển chính là loại vi sinh vật ưa lạnh. Nói chung ở nhiệt độ thấp, vi sinh vật bị hạn chế hoạt động, 1 số vi sinh vật không ưa lạnh có thể bị tiêu diệt. Nguyên nhân vi sinh vật bị chết là do 1 số cơ chế sau:

• Prôtêin của vi sinh vật bị phân huỷ. Sự giảm nhiệt độ, làm giảm các lực liên kết với các hệ keo, nước tách khỏi vỏ hydrat làm cuộn tròn prôtêin, làm prôtêin bắt đầu đông tụ. Sự đông tụ không làm biến đổi hoàn toàn tính chất prôtêin, do đó sau khi làm tan giá vi sinh vật lại tiếp tục phát triển.

Trong quá trình làm đông lạnh, khi nhiệt độ đạt đến -18°C , bên trong sản phẩm 80% nước đã đóng băng(thịt, cá) và đối với rau quả ở -8°C đã đóng băng 72%. Các tinh thể nước đóng băng, có góc cạnh nên rất dễ làm rách màng tế bào của vi sinh vật. Đồng thời thiếu nước tự do, nên hạn chế hoạt động của các enzym và các vi sinh vật, dẫn tới vi sinh vật bị chết dần.

• Sự thay đổi áp suất, độ PH, nồng độ chất tan và áp suất thẩm thấu. Khi nước đóng băng, do đó nồng độ dịch bào tăng, áp suất thẩm thấu tăng, độ PH giảm hạn chế sự phát triển của vi sinh vật.

• Nhóm vi sinh vật ưa lạnh thường gặp là: Pseudomonas làm cho thực phẩm có màu tối; Achromobacter, nấm mốc.

Nấm mốc phát triển ở nhiệt độ thấp như Penecillium, mucor ... hoạt động ở -15°C và phát triển trên các loại sản phẩm như dịch quả, sữa chua.... Nấm mốc thuộc loại vi sinh vật hiếm khí nên chủ yếu phát triển trên bề mặt sản phẩm.

- Nấm men ưa lạnh, phát triển mạnh trong môi trường chua ở $-2 \div 3^{\circ}\text{C}$ và phát triển ở hầu hết các sản phẩm bảo quản lạnh.

Tóm lại môi trường lạnh chỉ hạn chế hoạt động và tiêu diệt 1 phần vi sinh vật. Ở nhiệt độ $-6^{\circ}\text{C} \div -8^{\circ}\text{C}$ hệ men tiêu diệt phần lớn, nhưng nấm mốc vẫn còn hoạt động. Để hạn chế sự biến đổi của thực phẩm ở nhiệt độ thấp, ta thường kết hợp với bảo quản bằng các phương pháp khác nhau như dùng tia tử ngoại, tia phóng xạ ...

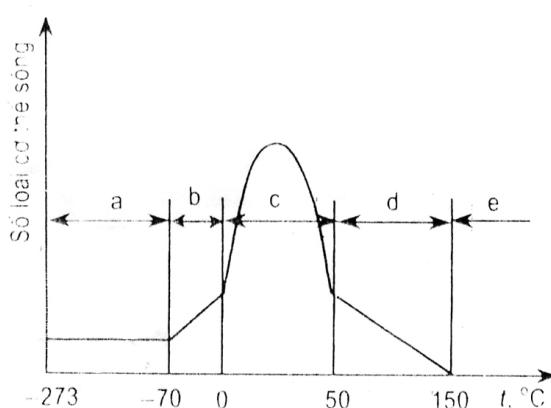
Làm lạnh đông còn được xem là giai đoạn chế biến trong kỹ thuật thăng hoa, tăng hiệu suất ép nước quả, làm trong nước quả hoặc các dung dịch huyền phù.

So với các phương pháp xử lý khác như muối, sấy, chế biến đồ hộp,... thực phẩm lạnh đông được bảo quản ở $\leq -18^{\circ}\text{C}$ vẫn bảo toàn được tính chất ban đầu: màu sắc, hương vị, dinh dưỡng của thực phẩm tươi sống. Mức độ nguyên vẹn tươi sống này phụ thuộc vào phương pháp lạnh đông nhanh hay chậm.

5.1.2. Tác dụng của nhiệt độ thấp đối với tế bào sống và thực phẩm.

Hoạt động của cơ thể sống như tiêu hoá, bài tiết.... chỉ được thực hiện khi có nước tham gia. Nhiệt độ thấp có ảnh hưởng rất lớn tới trạng thái của nước và tác động tới tổ hợp thành phân hoá học của cơ thể sống cũng như thành phần hoá học của nó.

Đồ thị hình dưới biểu diễn ảnh hưởng của nhiệt độ đến hoạt động của cơ thể sống.



Vùng a – Vùng hoạt động của cơ thể sống hạn chế.

Vùng b, d – vùng hoạt động của cơ thể sống yếu mà vẫn bị hạn chế.

Vùng c – vùng hoạt động mạnh của cơ thể sống.

Vùng e – cơ thể sống không tồn tại.

Hình 5.1. Sự phân bố loại cơ thể sống theo nhiệt độ.

Vùng (a) là vùng lạnh thậm độ, thường bảo quản giống và gen. Vùng này môi trường lỏng đóng băng tạo thành tinh thể hoặc đông đặc ở trạng thái thuỷ tinh. Trạng thái thuỷ tinh các thành phần của vật sắp xếp theo không gian chặt chẽ và có tính đẳng hướng; còn trạng thái tinh thể thì không đẳng hướng. Thí nghiệm cho thấy tế bào sống có thể tránh đóng băng mà chuyển sang trạng thái thuỷ tinh, thì tế bào tái sinh càng lớn (số lượng tế bào sống lại đạt 90%).

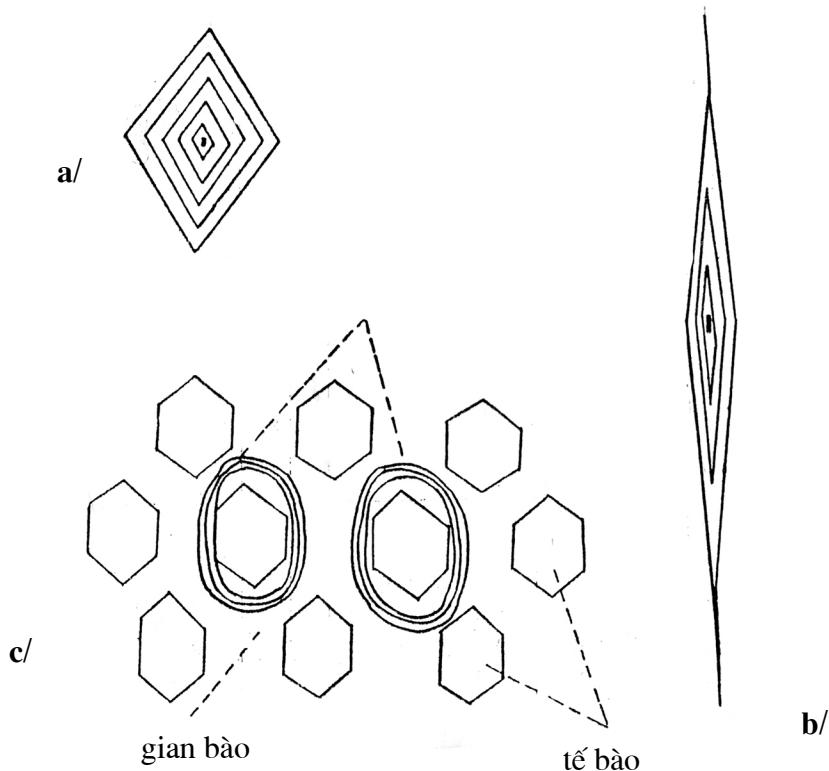
Vùng (b) là vùng thích hợp theo bảo quản lạnh và chế biến các sản phẩm mau hỏng khi lạnh đông. Ta biết rằng ở môi trường lỏng các phân tử luôn có chuyển động Brao và chuyển động tương hỗ tăng, có nghĩa là tăng khả năng kết hợp giữa các phân tử. Tới nhiệt độ nào đó, hệ chuyển động được cân bằng theo phương trình lực

$$P_{\text{Kết hợp}} = P_{\text{đẩy}} + P_{\text{ch.d. nhiệt}}$$

thì xuất hiện tâm kết tinh, nước được đóng băng. Sản phẩm đóng băng ở nhiệt độ quá lạnh càng thấp, thì chất lượng sản phẩm càng được bảo đảm. Ở nhiệt độ quá lạnh thấp từ -1°C đến -4°C số tinh

thể đá tạo thành sản phẩm ít, nên kích thước tinh thể lớn, gây cọ rách tế bào của sản phẩm. Nếu nhiệt độ quá lạnh từ -10 đến -40°C , tinh thể đá tạo thành nhiều, kích thước nhỏ ($5 \div 10\mu\text{m}$). Nếu nhiệt độ quá lạnh -80°C thì chất lỏng sẽ tạo thành dạng thuỷ tinh thể.

Nhiều công trình nghiên cứu cho biết, nếu ở nhiệt độ cao hơn -30°C , kích thước tinh thể phát triển bình thường ra xung quanh (hình 5.2 a), lớn dần về chiều dài cũng như chiều ngang. Ở nhiệt độ thấp hơn -30°C kích thước tinh thể đá chỉ phát triển theo chiều dài (hình 5.2b) bao bọc xung quanh tế bào (hình 5.2c).



Hình 5.2. Sự phát triển của tinh thể đá

a/ Kích thước phân tử đá phát triển theo chiều dài và chiều ngang

b/ Tinh thể phát triển theo chiều dài

c/ Tinh thể đá dạng sợi xung quanh tế bào.

Trong trường hợp này, các tinh thể đá không phá huỷ cấu trúc mô tế bào của sản phẩm mà còn bảo vệ cho tế bào được nguyên vẹn. Chính vì vậy chất lượng của thực phẩm được bảo đảm an toàn tuyệt đối. Trong công nghiệp lạnh đông thực phẩm, người ta tăng nồng độ phân tử của sản phẩm là giải pháp tốt nhất. Tăng nồng độ phân tử là để cho rau, quả đạt độ chín kỹ thuật để có các quá trình chuyển hoá (tăng nồng độ tự nhiên).

Prôpectin - pectin.

Gluxit - các peptit

Glucôgen - glutin...

Tăng nồng độ phân tử nhân tạo như tẩm muối, đường, các dung dịch sinh tố, tẩm các chất ôxy hoá ... vừa hạ thấp nhiệt độ quá lạnh, lại làm tăng giá trị dinh dưỡng và khả năng bảo quản của sản phẩm.

5.2. Kỹ thuật làm lạnh và bảo quản lạnh thực phẩm.

5.2.1. Kỹ thuật làm lạnh

Chế độ làm lạnh thực phẩm liên quan chặt chẽ giữa các thông số như: nhiệt độ, độ ẩm, thời gian nhằm đảm bảo chất lượng thực phẩm.

Làm lạnh trong môi trường không khí, chọn chế độ như sau:

- Độ ẩm tương đối của không khí trong phòng $\varphi = 85 - 100\%$
- Vận tốc không khí khi đổi lưu tự nhiên $V = 0,1 \div 0,2 \text{ m/s}$, đổi lưu cường bức có thể $> 0,5 \text{ m/s}$.
- Nhiệt độ không khí: bắt đầu đưa sản phẩm vào, nhiệt độ không khí phòng lạnh thấp hơn nhiệt độ đóng băng của sản phẩm $1 \div 2^{\circ}\text{C}$ (nhiệt độ đóng băng của rau quả $-0,8 \div -4,2^{\circ}\text{C}$; thịt $-1,2^{\circ}\text{C} \dots$). Khi sản phẩm đã được làm lạnh đến $3 - 7^{\circ}\text{C}$ thì có thể nâng nhiệt độ không khí lên $0 \div -1^{\circ}\text{C}$ để tránh hiện tượng đóng đá của sản phẩm. Khi làm lạnh rau quả cần thông gió đảm bảo hô hấp của sản phẩm.

Sau đây giới thiệu 1 số phương pháp làm lạnh thực phẩm:

+ Làm lạnh thịt trong môi trường không khí.

Thịt để cả con treo trên moóc hoặc trên xe đẩy. Chế độ làm lạnh như sau:

- Trước khi xếp thịt vào $t_{KK} = -2 \div -3^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 95 \div 98\%$
- Trong quá trình làm lạnh $t_{KK} = -1 \div 0^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 90 \div 92\%$
- Quá trình làm lạnh kết thúc khi nhiệt độ tâm đùi con thịt đạt 4°C bì mặt thịt khô ráo ($18 \div 24\text{h}$)

+ Làm lạnh thịt trong môi trường ẩm

Tạo môi trường ẩm bằng cách phun nước muối lạnh dưới dạng sương mù để làm lạnh không khí. Phương pháp này tránh giảm khối lượng sản phẩm nhưng mặt sản phẩm bị ướt và thấm muối. Khắc phục hiện tượng này nhờ bao gói sản phẩm bằng nilon.

+ Làm lạnh cá.

Thường làm lạnh cá đến nhiệt độ đóng băng của dịch bào ($t_{db} = -0,6 \div 2^{\circ}\text{C}$)

Cá có thể làm lạnh bằng các môi trường khác nhau:

- Trong môi trường không khí $t_{KK} = -2 \div -3^{\circ}\text{C}$; chất lượng giảm
- Trong môi trường rắn (ướp nước đá)

Người ta có thể dùng nước đá sẵn xuất từ nước biển ngay trên tàu đánh cá để ướp.

Nhiệt độ tan của nước đá có thể hạ xuống ($-1,5 \div 2,1^{\circ}\text{C}$), sẽ làm lạnh nhanh và kéo dài thời gian bảo quản.

- Trong môi trường lỏng: đó là dung dịch NaCl lạnh, nước biển làm lạnh đến nhiệt độ gần nhiệt độ điểm đóng băng là $(-1,5^{\circ}\text{C})$.

+ Làm lạnh rau quả: Làm lạnh và bảo quản lạnh kéo dài thời gian sử dụng, bảo đảm chất lượng. Rau quả sau khi thu hoạch được làm lạnh nhanh theo phương pháp.

- Trong phòng có không khí tuần hoàn cưỡng bức
- Trong các toa tàu, xe lạnh
- Làm lạnh kiểu xối
- Làm lạnh kiểu chân không

Làm lạnh kiểu chân không dựa trên cơ sở thu nhiệt và bay hơi nước để tự làm lạnh. Thời gian làm lạnh nhanh, giảm tổn thất ẩm và bảo đảm chất lượng ban đầu.

5.2.2. Kỹ thuật bảo quản lạnh thực phẩm

Bảo quản lạnh thực phẩm tuy hạn chế được các biến đổi sinh lý của rau quả nhưng không hạn chế triệt để. Do đó thời gian bảo quản tương đối ngắn.

+ Bảo quản lạnh thịt:

Thịt có thể bảo quản tối 30 ngày ở nhiệt độ $t_{KK} = 0 \div -1^{\circ}\text{C}$ và $\varphi = 85 \div 90\%$

Thịt được bảo quản trong 3 ngày cho phép hao tổn khối lượng như sau:

- Thịt bò, cừu loại 1, hao tổn 0,72% khối lượng thịt
- Thịt lợn nạc: 0,6% khối lượng thịt
- Thịt lợn xá miếng: 0,8% khối lượng thịt

Nếu bảo quản trên 3 ngày, thì mỗi ngày cho phép tổn hao tăng thêm 0,02%/ngày tính theo khối lượng thịt bảo quản. Để tránh đọng ẩm hoặc bay hơi ẩm quá mức trên bề mặt sản phẩm, ta có bảng dưới:

Nhiệt độ $^{\circ}\text{C}$	4	3	2	1	0	-1
Độ ẩm không khí %	70	76	82	87	92	96

+ Bảo quản lạnh rau quả

Rau quả sau khi thu hoạch được xếp vào sọt, hoặc thùng gỗ (mỗi thùng khoảng 8 \div 10Kg) được xếp chồng lên nhau trong các kho bảo quản. Cần lưu ý không nên xếp quá đầy quả trong thùng, có thể bị xây xát và dập nát khi xếp chồng, do đó sẽ bị hư hỏng trong quá trình bảo quản. Mặt khác đối tượng bảo quản là rau quả đang sống có nghĩa là luôn cần ôxy để hô hấp và thải ra khí CO_2 , cho nên khi xếp cần có độ thoáng để lưu thông không khí, tăng thêm ôxy và giảm CO_2 tới mức cần thiết. Để kéo dài thời gian bảo quản, người ta duy trì sự hô hấp của rau quả ở mức độ thấp bằng cách tăng hàm lượng CO_2 và giảm cung cấp ôxy (ví dụ không khí có 10% CO_2 , 11% O_2 và 79% N_2 , thời gian bảo quản tăng 30 \div 40%).

Bảng 5.1. Chế độ và thời gian bảo quản rau quả tươi

Loại rau quả	Nhiệt độ bảo quản $^{\circ}\text{C}$	Độ ẩm không khí phòng $\varphi \%$	Chế độ thông gió	Thời gian bảo quản
1	2	3	4	5
Bưởi	0 \div 5	85	Mở	1 \div 2 tháng
Cam	0,5 \div 2	85	Mở	1 \div 2 tháng
Chanh	1 \div 2	85	Mở	1 \div 2 tháng
Chuối chín	14 \div 16	85	Mở	5 \div 10 ngày

Chuối xanh	$11,5 \div 13,5$	85	Mở	3 \div 10 tuần
Dứa chín	$4 \div 7$	85	Mở	3 \div 4 tuần
Dứa xanh	10	85	Mở	4 \div 6 tháng
Đào	$0 \div 1$	$85 \div 90$	Mở	5 \div 6 tháng
Táo	$0 \div 3$	$90 \div 95$	Mở	3 \div 10 tháng
Cà chua chín	$2,0 \div 2,5$	$75 \div 80$	Mở	1 tháng
Cà rốt	$0 \div 1$	$90 \div 95$	Mở	Vài tháng
Cà chua xanh	4	$80 \div 90$	Mở	10 \div 11 ngày
Dưa chuột	$0 \div 4$	85	Mở	Vài tháng
Đậu khô	$5 \div 7$	$70 \div 75$	Đóng – mở	4 \div 12 tháng
Đậu tươi	2	90	Đóng – mở	3 \div 4 tuần
Hành	$0 \div 1$	75	Đóng – mở	1 \div 2 tuần
Khoai tây	$3 \div 8$	$85 \div 90$	Đóng – mở	5 \div 6 tháng
Nấm tươi	$0 \div 1$	90	Đóng – mở	1 \div 2 tuần
Rau muống	$5 \div 10$	$80 \div 90$	Đóng – mở	3 \div 5 tuần
Cải xa lát	3	90	Đóng – mở	3 tháng
Su hào	$0 \div 0,5$	90	Đóng – mở	2 \div 6 tháng
Cải bắp, súp lơ	$0 \div 1$	90	Đóng – mở	4 tuần
Su su	5	90	Đóng – mở	4 tuần

Bảng 5.2. Chế độ và thời gian bảo quản động vật

Loại rau quả	Nhiệt độ bảo quản $^{\circ}\text{C}$	Độ ẩm không khí phòng φ %	Chế độ thông gió	Thời gian bảo quản
Thịt bò, heo, nai, cừu	$-0,5 \div 0,5$	$82 \div 85$	Đóng	10 \div 15 ngày
Thịt bò gầy	$0 \div 0,5$	$80 \div 85$	Đóng	10 \div 15 ngày
Gà, ngan, vịt, ngỗng mổ sẵn	$-1 \div 0,5$	$85 \div 90$	Đóng	10 \div 15 ngày
Thịt lợn	$0 \div 1$	$80 \div 85$	Đóng	10 \div 12 ngày
Thịt đóng hộp kín	$0 \div 2$	$75 \div 80$	Đóng	12 \div 18 tháng
Cá tươi ướp đá	-1	100	Đóng	6 \div 12 ngày
Cá khô w= 14 – 17%	$2 \div 4$	50	Đóng	6 \div 12 tháng
Cá muỗi, cá hun khói	$2 \div 4$	$75 \div 80$	Mở	12 tháng
Lươn sống	$2 \div 3$	$85 \div 100$	Mở	Vài tháng
Ốc sống	$2 \div 3$	$85 \div 100$	Mở	Vài tháng
Sò huyết	$-1 \div 1$	$85 \div 100$	Mở	15 \div 30 ngày
Tôm sống	$2 \div 3$	$85 \div 100$	Mở	Vài ngày
Tôm nấu chín	$2 \div 3$		Mở	Vài ngày
Bơ muỗi ngắn ngày	$12 \div 15$	$75 \div 80$	Mở	38 tuần
Bơ muỗi lâu ngày	$-1 \div 4$	$75 \div 80$	Mở	12 tuần
Bơ muỗi lâu ngày	$-18 \div -20$	$75 \div 80$	Mở	38 tuần
Pho mát cứng	$1,5 \div 4$	70	Mở	4 \div 12 tháng
Pho mát nhão	$7 \div 15$	$80 \div 85$	Mở	Ít ngày
Sữa bột đóng hộp	5	$75 \div 80$	Đóng	3 \div 6 tháng
Sữa đặc có đường	$0 \div 10$	$75 \div 80$	Đóng	6 tháng
Sữa tươi	$0 \div 2$	$75 \div 80$	Đóng	2 ngày

5.3. Kỹ thuật lạnh đông và bảo quản đông thực phẩm.

5.3.1. Các phương pháp lạnh đông thực phẩm.

a/ Phương pháp lạnh đông chậm.

Trong quá trình lạnh đông chậm, nhiệt độ không khí cao hơn -25°C ; vận tốc không khí đối lưu nhỏ hơn 1 m/s, do đó thời gian lạnh đông kéo dài 15 - 20 giờ tùy theo kích thước và loại thực phẩm. Số tinh thể đá hình thành trong gian bào rất ít nên kích thước lớn, va chạm làm rách màng tế bào, phá huỷ cấu trúc của mô tế bào sản phẩm. Khi sản phẩm tan giá, dịch bào trong sản phẩm chảy ra, làm giảm chất lượng, dễ nhiễm trùng (có khi giảm 1/2 giá trị thương phẩm). Ngày nay không dùng phương pháp này để bảo quản thực phẩm. Đối với rau quả dùng để chế biến dưới dạng nước quả hoặc dạng huyền phù, phương pháp này có lợi vì tác dụng phá huỷ tế bào, cấu trúc hệ thống keo, nên khi ép sẽ cho năng suất cao. Do đó áp dụng phương pháp làm lạnh đông chậm chỉ đạt hiệu quả tốt khi vừa cần bảo quản nguyên liệu lưu trữ thành phẩm, thời gian lâu để kéo dài thời vụ chế biến, vừa tăng chất lượng cho một số sản phẩm chế biến sau này.

b/ Phương pháp lạnh đông nhanh.

Môi trường làm lạnh đông nhanh thường là không khí hoặc chất lỏng. Chất lỏng thường là dung dịch muối nhằm hạ thấp nhiệt độ đóng băng của dung dịch. Tuy nhiên phương pháp này, gây bẩn cho sản phẩm và làm hư hỏng thiết bị. Môi trường không khí tuy hệ số truyền nhiệt nhỏ và sản phẩm dễ bị ôxy hoá, hao hụt khối lượng nhưng tiện lợi nên được dùng khá phổ biến. Không khí lạnh có nhiệt độ (-35°C). Vận tốc đối lưu $3 \div 4$ m/s (cho phòng nhỏ, hầm đông lạnh) và nhiệt độ (-40°C), vận tốc 5m/s (cho thiết bị lạnh đông nhanh).

Thời gian làm lạnh đông nhanh từ $2 \div 10$ giờ (Thịt lợn 1/2 hoặc 1/4 con khối lượng khoảng 50 kg, lạnh đông nhanh 10 giờ). Sản phẩm lạnh đông nhanh do có nhiều tinh thể đá bé tạo thành ở tế bào và gian bào nên không phá huỷ tế bào, đảm bảo 95% chất lượng tươi sống. Điều kiện để có thể lạnh đông nhanh:

- Nhiệt độ môi trường truyền lạnh $< -35^{\circ}\text{C}$.
- Vận tốc không khí đối lưu $3 \div 5$ m/s (môi trường khí) và 1 m/s (lỏng).
- Kích thước sản phẩm nhỏ $3 \times 3 \times 5\text{cm}$ hoặc $5 \times 5 \times 5\text{cm}$.
- Quá trình đóng băng sản phẩm xảy ra cùng một lúc trong tế bào và ngoài gian bào nhằm hạn chế sự di chuyển nước trong tế bào ra gian bào.

c/ Phương pháp lạnh đông cực nhanh.

Phương pháp lạnh đông cực nhanh đã làm tăng năng suất từ $40 \div 50$ lần, giảm hao hụt sản phẩm $3 \div 4$ lần; đảm bảo nguyên vẹn chất lượng sản phẩm tươi sống. Người ta dùng nitơ lỏng (phụ phẩm của công nghiệp sản xuất ôxy lỏng) để làm đông cực nhanh thực phẩm tươi sống. Dùng nitơ lỏng có các ưu điểm sau:

- Nitơ lỏng bay hơi ở áp suất thường cho nhiệt độ ở -196°C .
- Nitơ lỏng gần như trơ, nên hạn chế sản phẩm bị ôxy hoá.
- Phương pháp này cho phép tiêu diệt nhiều vi sinh vật hơn các phương pháp khác.

5.3.2. Những biến đổi của sản phẩm liên quan tới lạnh đông.

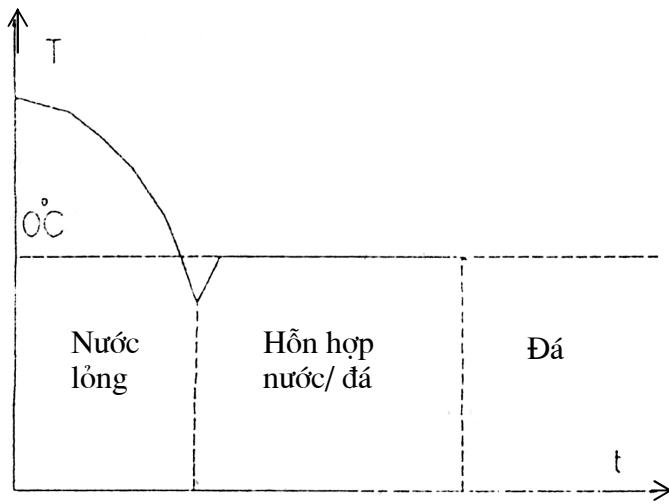
a/ *Sự thay đổi trạng thái.*

Khi ta làm đông nước nhờ chất lỏng lạnh trung gian ở nhiệt độ T_α , quan sát thấy ba pha.

• Làm lạnh nước từ nhiệt độ ban đầu cho tới nhiệt độ thấp hơn một chút điểm chảy (0°C). Trước khi các tinh thể xuất hiện, nước vẫn còn ở trạng thái lỏng ở nhiệt độ thấp hơn 0°C trước khi leo lên điểm chảy. Hiện tượng này gọi là “sự chậm đông”.

• Nắc của nhiệt độ ở điểm chảy trong suốt thời gian của quá trình thay đổi trạng thái. Chỉ nhiệt chậm thay đổi trạng thái thì được hấp phụ bởi môi trường lạnh và nước ở trạng thái cân bằng hai pha lỏng - đá.

• Khi thay đổi trạng thái hoàn toàn, sự lạnh của đá càng nhanh hơn là sự khuếch tán nhiệt của nước tăng mạnh trong thời gian thai đổi trạng thái. Nhiệt độ của đá giảm không đổi xứng về hướng T_α .



Hình 5.3. Tiến trình của nhiệt độ khi chảy của nước.

Trong thời gian lạnh đông của một dung tích muối nào đó, khi bắt đầu công việc, chỉ xuất hiện các tinh thể của thành phần: tinh thể của đá đối với dung dịch pha loãng và tinh thể của dung dịch đối với dung dịch đặc. Những tinh thể của dung môi và của dung dịch chỉ xuất hiện tức thời đối với nồng độ đặc biệt của dung dịch gọi là “nồng độ cùng tinh”. Ở nồng độ đặc biệt này, được kết hợp một “nhiệt độ cùng tinh” là nhiệt độ chảy của hỗn hợp.

Gần đúng có thể xem một mớ sinh học trong thời gian lạnh đông bao gồm như một dung dịch loãng. So với đường cong lạnh đông của nước và đường cong dung dịch loãng thấy có hai điểm khác nhau chủ yếu: nhiệt độ chảy thấp hơn nhiệt độ chảy của nước và khoảng sai lệch điểm chảy của nước và của dung dịch càng lớn khi dung dịch càng đặc.

Đá dần hình thành, dung dịch tự đặc dần trong pha lỏng. Điểm chảy của dung dịch hạ xuống theo thời gian độ đậm tăng. Do đó người ta gọi “nhiệt độ bắt đầu chảy”.

b/ *Nhiệt độ bắt đầu chảy.*

Trường hợp dung dịch loãng, theo định luật Raoul viết dưới dạng đơn giản.

$$T_c = -K_w \cdot \frac{C'}{M} \quad ({}^0\text{C})$$

Trong đó: K_w - Hằng số gây lạnh của nước bằng 18,6 C.G.S.

C' - Khối lượng dung dịch (g) hòa tan trong 100 g nước.

M - Khối lượng phân tử của dung dịch.

Yếu tố M trở thành “Khối lượng phân tử tương đương” đặc trưng cho thành phần chiết chất khô hòa tan của sản phẩm.

Trường hợp thịt bò có độ ẩm 74%.

$$C' = \frac{1-0,74}{0,74} \cdot 100 = 35,1 \text{ g/100g nước.}$$

$M = 723,5$ (Tính theo phương trình của “Chen” ở dưới).

$$T_c = -18,6 \times \frac{35,1}{723,5} = -0,9 {}^0\text{C}$$

Theo phương trình thực nghiệm của LeVY (1979) Phụ thuộc độ ẩm W như sau.

$$\text{Thịt bò và cá biển} \quad T_c = -3 \left(\frac{1}{W} - 1 \right)$$

$$\text{Thịt lợn} \quad T_c = -0,9 {}^0\text{C}$$

$$\text{Thịt cừu non} \quad T_c = -0,75 \cdot \sqrt{\frac{1}{W} - 1}$$

Đối với thịt bò $W = 74\%$ thì

$$T_c = -3 \left(\frac{1}{0,74} - 1 \right) = -1,05 {}^0\text{C}$$

Dưới đây, nhiệt độ bắt đầu chảy của một số sản phẩm.

Thịt, cá : - 1 {}^0\text{C}

Đậu Hà Lan nhỏ: - 1,1 {}^0\text{C}

Lê : - 2,4 {}^0\text{C}

Nước cam cô, 80 Brix: - 6 {}^0\text{C}

Nước táo cô, 80 Brix: - 10 {}^0\text{C}

c/ *Tỉ lệ nước đóng băng*.

Trái ngược với trường hợp nước, toàn bộ được đông ở 0 {}^0\text{C}; Dung dịch và các sợi sinh học tỉ lệ nước đóng băng không chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ. Độ số nước (50 - 80%) đóng băng ở $T_c - 5 {}^0\text{C}$; còn khoảng 10% nước không đông (phân nước liên kết).

Tỉ lệ nước đông có thể tính theo phương trình của Bartlett (1944).

$$\ln X = \frac{L}{R} \cdot \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right)$$

Trong đó: L - Nhiệt ẩn chảy của nước bằng 6003 J.mole⁻¹

R - Hằng số khí lý tưởng bằng 8,314 mole⁻¹ K⁻¹

T - Nhiệt độ chảy của nước bằng 273,1 K

X - Phân phân tử nước không đóng

Giả sử E là hàm lượng nước của sản phẩm không đóng và S là hàm lượng chiết chất khô hoà tan của khối lượng phân tử tương đương M.

$$X = \frac{\frac{E}{18}}{\frac{E}{18} + \frac{S}{M}} \rightarrow E = \frac{18 \cdot S \cdot X}{M \cdot (1-X)}$$

Hàm lượng đá của sản phẩm $G = W - E$

Và tỉ lệ nước đóng là $y = \frac{G}{W}$

Ví dụ trong trường hợp thịt bò có độ ẩm 74% đóng ở -15°C , ta có $y = 94,4\%$ (khi lấy $M = 723,5$).

Phương trình thực nghiệm của Chen (lg 85) cho phép tính trực tiếp hàm lượng đá của sản phẩm phụ thuộc nhiệt độ T.

$$G = \frac{S}{M} \cdot \frac{R \cdot T_0^2}{L} \cdot \frac{T_c - T}{(T - T_0) \cdot (T_c - T_0)}$$

Với $R = 8,32 \text{ KJ..kg mole}^{-1} \cdot {}^0\text{K}^{-1}$; $L = 335 \text{ KJ/kg}$

Trường hợp thịt bò có độ ẩm 74% đóng ở -15°C , khi $M = 723,5$ ta có

$$y = \frac{G}{W} = 84\%$$

Giá trị này khác với giá trị tìm được từ phương pháp của Bartlett. Các giá trị tự tính toán theo hai phương pháp chỉ hội tụ trong trường hợp nước quả và những sản phẩm thực vật.

Việc tính toán tỉ lệ nước đóng cần phải biết khối lượng phân tử tương đương của việc chiết chất hoà tan.

Nếu biết nhiệt độ bắt đầu chảy; ta có thể xác định được khối lượng phân tử tương đương bắt đầu từ định luật Raoul.

$$M = \frac{-K_w \cdot C}{T_c} \quad (\text{T}_c \text{ tính bằng } {}^0\text{C})$$

Trong trường hợp thịt bò, độ ẩm 74%, $T_c = -1^{\circ}\text{C}$ ta nhận được $M = 625,9$. Người ta có thể sử dụng phương trình của Bartlett từ nhiệt độ bắt đầu chảy, khi không có đá và $E = W$ (W - đã biết). Ta xác định phân tử X của nước không đóng với $T = T_c$.

$$X = \frac{\frac{E}{18}}{\frac{E}{18} + \frac{S}{M}} \rightarrow M = \frac{18 \cdot S \cdot X}{E \cdot (1-X)}$$

Đối với thịt bò độ ẩm 74%, $T_c = -1^{\circ}\text{C}$ ta nhận được $M = 645,7$. Theo Chen (1985) hai phương pháp trên đánh giá thấp hơn giá trị thực của M. Trừ trường hợp rau và quả. Tác giả yêu cầu các phương trình thực nghiệm sau:

$$\text{Thịt bò: } M = \frac{535,4}{W}$$

$$\text{Cá tuyết (cá moru): } M = \frac{404,9}{W}$$

$$\text{Nước cá et táo: } M = \frac{200}{1+0,255}$$

5.3.3. Sự thay đổi entanpy.

Entanpy “tuyệt đối” của một sản phẩm, đó là sự thay đổi entanpy trong quá trình lạnh đông, vì nó can thiệp vào tính toán một máy làm lạnh đông. Người ta có thể tính sự thay đổi entanpy khối bằng các phương tiện khác nhau.

a/ *Đánh giá gần đúng:* Từ giả thiết đơn giản hoá, tất cả đã được hình thành ở nhiệt độ bắt đầu chảy T_c , ta phân sự thay đổi entanpy thành ba thời kỳ.

- Tổn thất nhiệt nhạy cảm của nhiệt độ ban đầu T_i đối với nhiệt độ bắt đầu chảy T_c .
- Tiêu thụ nhiệt ẩn để thay đổi trạng thái.
- Tổn thất nhiệt nhạy cảm của T_c đối với nhiệt độ đông T .

Ta có:

$$\Delta H = C^+ \cdot (T_i - T_c) + W \cdot L + C^- \cdot (T_c - T)$$

Trong đó: L - Nhiệt ẩn chảy của nước ($335 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$).

C^+ - Nhiệt riêng của sản phẩm tan đông.

C^- - Nhiệt riêng của sản phẩm đông lạnh.

Ta có được sự đánh giá tốt nhất, nếu biết tỉ lệ y của nước đóng băng với.

$$\Delta H = C^+ \cdot (T_i - T_c) + y \cdot W \cdot L + C^- \cdot (T_c - T)$$

Cũng phương pháp như thế, giả sử xác định cách nhiệt riêng: Người ta coi nhiệt riêng tổng của sản phẩm tương ứng với trung bình nhiệt riêng của nước, của đá và chất khô ta có thể viết.

$$C^+ = 4,18 \cdot [W + 0,3 \cdot (1-W)] = 4,18 \cdot (0,7 \cdot W + 0,3)$$

$$C^- = 4,18 \cdot (E + 0,5 \cdot G + 0,3 \cdot S)$$

Các giá trị này có đơn vị là $\text{kJ/kg} \cdot {}^\circ\text{C}$.

Như vậy trong trường hợp thịt bò, độ ẩm 74% thì.

$$C^+ = 3,42 \text{ kJ/kg} \cdot {}^\circ\text{C}$$

$$C^- = 2,12 \text{ kJ/kg} \cdot {}^\circ\text{C} \quad (\text{với } y = 0,84)$$

Một số tác giả sử dụng phương trình thực nghiệm như sau.

$$C^+ = 4,18 \cdot (1 - 0,55 \cdot S - 0,15 \cdot S^3)$$

$$C^- = 4,18 \cdot (0,37 + 0,3 \cdot S)$$

Đối với thịt bò ta nhận được giá trị tương ứng.

$$C^+ = 3,58 \text{ kJ/kg} \cdot {}^\circ\text{C}$$

$$C^- = 1,87 \text{ kJ/kg} \cdot {}^\circ\text{C}$$

Levy (1979) đề nghị phương trình có độ chính xác hơn đối với một sản phẩm.

$$\text{Thịt bò} \quad C^+ = 4,18 \cdot [0,35 + 0,825 \cdot W \cdot (1 - 0,3 \cdot W)]$$

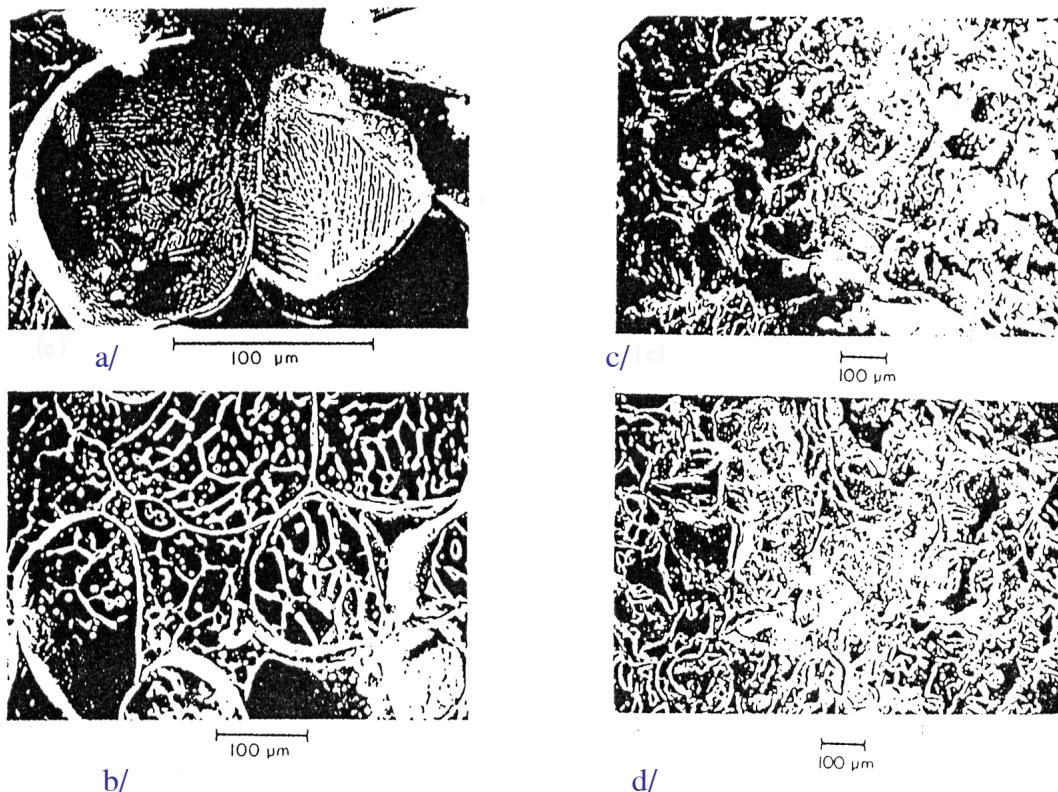
$$\text{Thịt lợn} \quad C^+ = 4,18 \cdot [1,031 - 0,293 \cdot W \cdot (1 - 0,154 \cdot W)]$$

$$\text{Cừu non} \quad C^+ = 4,18 \cdot [0,15 + 1,67 \cdot W \cdot (1 - 0,60 \cdot W)]$$

$$\text{Cá} \quad C^+ = 2,09 \cdot (1 + W)$$

Như vậy với thịt bò độ ẩm 74% ta có $C^+ = 3,45 \text{ kJ/kg } ^\circ\text{C}$.

b/ *Mô hình thực nghiệm:* Có nhiều mô hình thực nghiệm cho phép tính ΔH .



Hình 5.4. Ảnh kính hiển vi điện tử các sợi của táo ở tốc độ khác nhau:

a) $45^\circ\text{C}/\text{phút}$ b) $9^\circ\text{C}/\text{phút}$ c) $1^\circ\text{C}/\text{phút}$ d) $0,4^\circ\text{C}/\text{phút}$

(Theo Bombem và King 1982)

- Chen (1985) đề xuất hệ sau.

$$[\Delta H]_{T_i}^T = [\Delta H]_{T_i}^{T_c} + [\Delta H]_{T_c}^T = \Delta H^+ + \Delta H^-$$

$$\text{Với} \quad H^- = (T - T^*) \cdot \left[0,37 + 0,3 \cdot S + \frac{S}{M} \cdot \frac{R \cdot T_0^2}{(T - T_0) \cdot (T^* - T_0)} \right] \cdot 4,18$$

T^* - Là nhiệt độ quy ước.

Nếu H_c là entanpy ở nhiệt độ T_c .

$$\Delta H^- = H_c - H^-$$

$$\Delta H^+ = 4,18 \cdot (T - T_c) \cdot (1 - 0,55 \cdot S - 0,15 \cdot S^3)$$

Tác giả cho biết, những giá trị đã cho bởi những phương trình thì luôn thoả mãn đối với thịt, cá và nước quả.

- Levy (1979) yêu cầu:

$$\Delta H = \Delta H^+ + \Delta H^-$$

Với $\Delta H^+ = C^+ \cdot (T_i - T_c)$

Và $\Delta H^- = K \cdot (T_c - T)^n$ với điều kiện $T < T_c - 6^\circ\text{C}$

(Với $T > T_c - 6^\circ\text{C}$ sẽ dùng phương trình khác)

K và n là những hằng số thực nghiệm phụ thuộc sản phẩm và độ ẩm của nó và được xác định bằng thực nghiệm.

Đối với thịt bò	$n = 0,066 + 0,36 \cdot S + 0,217 \cdot S^2$
	$K = 4,18 \cdot (11,31 - 43,7 \cdot W + 106,33 \cdot W^2)$
Đối với cá	$n = 0,116 + 0,19 \cdot S + 0,6 \cdot S^2$
	$K = 0,18 \cdot (6,58 - 38,6 \cdot W + 101 \cdot W^2)$

- Succar và HayaKaWa (1983) yêu cầu phương pháp khác, chỉ cho phép tính sự thay đổi entanpy giữa điểm bắt đầu chảy T_c và nhiệt độ trung bình đông lạnh.

$$H^- = C_e \cdot (T - T^*) + \frac{D}{n-1} \cdot \left[\frac{1}{(T_0 - T)^{n-1}} - \frac{1}{(T_0 - T^*)^{n-1}} \right] + H_0$$

Ở đây:

T^* - Nhiệt độ quy ước đối với $H = 0$

C_e, D, H, n - Hằng số thực nghiệm phụ thuộc vào sản phẩm và độ ẩm của nó.

$$\Delta H^- = H_c - H^-$$

Cần phải biết 4 hằng số thực nghiệm. Đối với thịt bò và cá, ta có sự gần đúng tốt đối với sự thay đổi entanpy với.

$$H^- = 2,09 \cdot (T_c - T) + 209 \cdot \left[\frac{1}{T_0 - T_c} - \frac{1}{T_0 - T} \right]$$

Minh họa bằng số sự thay đổi entanpy nhận được theo các phương pháp khác nhau để đông lạnh $T_i = + 10^\circ\text{C}$ đến $T = - 15^\circ\text{C}$ thịt bò độ ẩm 74 % với $T_c = - 1^\circ\text{C}$, $y = 0,84$, $M = 723,5$.

	ΔH^+	ΔH^-	ΔH
Đánh giá gần đúng không thực hiện với tỉ lệ nước đóng băng.	38,1 kJ	277,5 kJ	315,6 kJ
Đánh giá gần đúng thực hiện với tỉ lệ nước	38,1 kJ	238,5 kJ	276,6 kJ

đóng băng.			
Chen (1985)	38,4 kJ	234,4 kJ	273,3 kJ
Levy (1979)	38,1 kJ	246,9 kJ	285 kJ
Succar và HayaKaWa (1983)	233,1 kJ		

5.3.4. Các biến đổi vật lý khác.

a/ Khối lượng thể tích.

Lạnh đông kéo theo sự giảm khối lượng thể tích của sản phẩm. Khối lượng thể tích của đá ở 0°C là 920 kg/m³.

- Hsieh và Al (1977) đề nghị quan hệ sau.

$$\frac{1}{\rho} = \frac{E}{\rho_E} + \frac{G}{\rho_G} + \frac{S}{\rho_S}$$

Trong đó:

ρ : Khối lượng thể tích của sản phẩm đông lạnh.

ρ_E - Khối lượng thể tích của nước.

ρ_G - Khối lượng thể tích của đá.

ρ_S - Khối lượng thể tích chất khô.

Phương trình này khó áp dụng vì cần phải biết ρ_S .

- Succar và HayaKaWa (1983) đề xuất.

$$\rho = \rho_0 + A_\rho \cdot (T_c - T) + (\rho^+ - \rho_0) \cdot \frac{T_0 - T_c}{T_0 - T}$$

Trong đó:

ρ_0 , A_ρ Hằng số thực nghiệm phụ thuộc sản phẩm và độ ẩm của nó.

ρ^+ - Khối lượng thể tích của sản phẩm không lạnh đông.

T_0 - Nhiệt độ chảy của nước. (273; 1 °K)

Phương trình này công kenne, cần phải biết hai giá trị thực nghiệm. Tác giả đã công bố đối với các sản phẩm khác nhau và độ ẩm khác nhau.

b/ Dẫn nhiệt.

Kopelman (1966) coi sản phẩm thiết lập từ pha lỏng liên tục, hệ số dẫn nhiệt λ_L , và pha rắn không liên tục, hệ số dẫn nhiệt λ_S . Đối với sản phẩm dạng sợi; cho phương trình sau.

$$\lambda_{\parallel} = \lambda_L \cdot \left[1 - \frac{S^2}{1 - \frac{\lambda_S}{\lambda_L}} \right]$$

Ở đây:

λ_{\parallel} - Hệ số dẫn nhiệt theo hướng sợi

S - Thể tích phần rắn.

Theo hướng thẳng góc với sợi, ta có

$$\lambda_{\perp} = \frac{1-Q}{1-Q \cdot (1-S)}$$

$$Q = \frac{S}{1 - \frac{\lambda_s}{\lambda_L}}$$

Succar và HayaKaWa đề suất.

$$\lambda = \lambda_0 + A_\lambda \cdot (T_c - T) + (\lambda^+ - \lambda_0) \cdot \frac{T_0 - T_c}{T_0 - T}$$

Trong đó:

λ và A_λ - Hằng số thực nghiệm đặc trưng của sản phẩm và độ ẩm của nó.

λ^+ - Dẫn nhiệt của sản phẩm không lạnh đông.

$T_0 = 273, 1^\circ C$

Phương trình này cần biết giá trị của hai hằng số thực nghiệm.

5.3.5. Thời gian lạnh đông.

Biết thời gian lạnh đông rất quan trọng, bởi vì nó cho phép xác định thời gian lưu giữ (đối với thiết bị không liên tục) hoặc lưu lượng (đối với thiết bị liên tục) của sản phẩm.

Vấn đề đông lạnh nhanh, đối với người thiết kế chấp nhận thiết bị đông lạnh. Đối với người sử dụng, rút ra phần tốt nhất của thiết bị. Hai vấn đề này khảo sát như sau.

- Thiết bị đặc trưng bởi.

- Công suất lạnh \dot{Q} .
- Nhiệt độ chất lỏng lạnh của nó T_∞ .
- Hệ số truyền h .

- Sản phẩm đặc trưng bởi.

- Độ ẩm W .
- Hệ số dẫn nhiệt λ .
- Nhiệt riêng C .
- Khối lượng thể tích của nó.
- Dạng hình học của nó.

Lạnh đông sản phẩm nhiệt độ ban đầu T_i đến nhiệt độ T dẫn tới sự thay đổi entanpy khối lượng của nó ΔH . Nếu m là khối lượng sản phẩm xử lý và t là thời gian lạnh đông, rõ ràng tốc độ lạnh đông không bị giới hạn bởi công suất lạnh của thiết bị, phải.

$$\dot{Q} > \frac{m \cdot \Delta H}{t}$$

Người ta sử dụng phải chú ý để không quá tải thiết bị, bằng cách thỏa mãn bất đẳng thức.

$$m < \frac{\dot{Q} \cdot t}{t}$$

Nếu tốc độ lạnh đông bị giới hạn bởi công suất thiết bị, sẽ dẫn tới làm giảm chất lượng sản phẩm.

Ngược lại, tải trọng không đủ cho thiết bị sẽ dẫn tới làm tăng giá đầu tư thiết bị. Cuối cùng bài toán lạnh đông dẫn tới nghiên cứu sự cân bằng sau.

$$\frac{\dot{Q}}{m} > \frac{\Delta H}{t}$$

5.3.6. Những biến đổi của thực phẩm đông lạnh trong quá trình trữ đông.

a/ Những biến đổi cơ lý.

Điều kiện bảo quản sản phẩm lạnh đông là đảm bảo sự cân bằng trao đổi nhiệt và ẩm giữa sản phẩm và môi trường. Tuy nhiên điều này khó thực hiện vì:

- Ban đầu nhiệt độ sản phẩm khó làm lạnh đều theo chiều dày và nhiệt độ mặt ngoài thấp hơn nhiệt độ không khí trong phòng, nên có hiện tượng truyền nhiệt từ môi trường vào sản phẩm.
- Bề mặt thiết bị trao đổi nhiệt thấp hơn nhiệt độ không khí xung quanh, gây ra ngưng tụ hơi nước, nhiệt độ mặt sản phẩm lại giảm và hiện tượng nói ở trên vẫn xảy ra (ngay cả khi có sự cân bằng nhiệt độ cả khối sản phẩm).

Ẩm trong sản phẩm ở dạng tinh thể đá, nên không có khuếch ẩm trong sản phẩm. Bề ngoài sản phẩm tạo thành lớp xốp, lan sâu vào lòng sản phẩm.

Hơi nước tạo thành do sự thăng hoa đá khuếch tán qua lớp xốp vào không khí xung quanh. Lớp xốp vẫn giữ nguyên cấu trúc tế bào, không thấy hiện tượng co rút mô cơ rõ rệt. Do tác dụng của ôxy trong không khí và tế bào sản phẩm đã bị mất nước, gây biến đổi không thuận nghịch về mùi, vị, màu... làm sản phẩm trở lên khô, rắn, không có mùi ngon khi nấu...

Bề mặt sản phẩm bị khô do bay hơi ẩm (nhiệt độ bề mặt sản phẩm thấp hơn nhiệt độ môi trường và áp suất riêng hơi nước trên bề mặt sản phẩm lại cao hơn).

Để giảm bốc hơi ẩm cần:

- Dàn ống lạnh sắp xếp sao cho nhiệt từ trần và tường nóng được dàn hấp thụ bằng bức xạ, giảm đối lưu không khí trong phòng.
- Ngăn cản xâm nhập nhiệt từ ngoài vào phòng, sản phẩm đặt xa tường ngoài và trần (dùng hành lang, tường hai lớp giữa có thiết bị làm lạnh).
- Dùng bao bì bằng polyétylen kín.

Bảng 5.3. Chỉ tiêu tổn hao khối lượng sản phẩm khi bảo quản lạnh đông.

Sản phẩm	Nhiệt độ bảo quản (°C)	Thời gian bảo quản (tháng)	Lượng ẩm bốc hơi (%)
Trứng lạnh đông	0	2	1,5
	- 0	8	3,3
Thịt gia cầm lạnh đông	- 8	2	1,0
	- 8	6	1,7
Cá lạnh đông	- 18	2	0,62
	- 18	4	1,10

b/ Những biến đổi sinh hoá.

Những biến đổi sinh hoá học và sinh học vẫn diễn ra trong quá trình bảo quản lạnh đông, do quá trình ôxy hoá mỡ và do ngay chính hệ men trong sản phẩm gây phá huỷ các chất tạo nên tế bào và bắp cơ.

Thịt làm lạnh đông khác với làm lạnh thường, hàm lượng glucôgen tăng, hàm lượng các chất khử giảm. Hệ thống prôtit bị biến đổi, lượng nitơ hoà tan và nitơ còn lại, lượng polypeptit và bazơ - nitơ, lượng NH_3 tăng $1,5 \div 2$ lần.

Khi bảo quản thịt, hàm lượng hợp chất axit hoà tan của photpho hữu cơ, vô cơ tăng, do bị phân huỷ. Hàm lượng vitamin trong thịt giảm. Sau 8 tháng bảo quản tổn thất vitamin, riboflavin, axit pantotenic, axit nicotic giảm từ $18 \div 34\%$ so với ban đầu.

c/ *Biến đổi cấu trúc bắp thịt.*

Trong quá trình bảo quản lạnh đông, sự tái lập tinh thể đá có hại: một số tinh thể bé bị tan và tinh thể to càng phát triển (rõ nhất khi dao động nhiệt độ). Do đó bảo quản lạnh đông chỉ cho phép thay đổi nhiệt độ $\pm 1,5^0\text{C}$ một lần trong ngày. Các mô liên kết cũng chịu những biến đổi cơ bản, tăng ẩm và khả năng nhừ khi nấu. Độ chắc của mô bắp và mô liên kết giảm.

d/ *Biến đổi thực phẩm từ thực vật.*

Rau quả làm lạnh đông thường bảo quản ở -18^0C . Những biến đổi quan trọng là biến đổi về độ axit, độ ngọt, chất khô và hệ men, vi sinh vật.

Hàm lượng chất khô và độ axit của dịch bào tăng khi bảo quản ở nhiệt độ cao. Hàm lượng đường giảm mạnh ở -9^0C so với -18^0C . Dưới tác dụng của men invectaza có trong rau quả, đường saccaroza chuyển hoá khá nhiều. Do đó là quá trình thuỷ phân bất lợi, là giai đoạn đầu của sự tổn thất đường do oxy hoá khử. Các gluxit, protein, chất khoáng không hao hao nhiều.

Bảo quản lạnh đông rau quả lâu dài sẽ làm thay đổi hệ vi sinh vật của chúng.

Ví dụ: bảo quản các loại củ $6 \div 7$ tháng ở -9^0C chỉ còn 3 trong 8 loại nấm men, 5 trong 8 loại vi khuẩn... Ở nhiệt độ cao hơn điểm Orecti của dịch bào một chút, vi sinh vật chết nhiều.

5.4. Kỹ thuật tan giá thực phẩm đã lạnh đông.

5.4.1. Tan giá và làm ấm.

Tan giá và làm ấm sản phẩm đã qua bảo quản lạnh đông là khâu cuối cùng, nhưng lại quyết định tới chất lượng sản phẩm. Giai đoạn tan giá và làm ấm thực hiện không tốt sẽ làm hư hỏng bề mặt sản phẩm, tổn hao trọng lượng, tổn thất dịch bào và gây nhiễm vi sinh vật.

a/ *Tan giá.*

Đây là quá trình nước từ trạng thái rắn sang dạng lỏng và khôi phục các tinh chất ban đầu của thực phẩm.

Cơ chế những quá trình sinh lý, sinh hoá và hoá học trong quá trình tan giá cũng rất phức tạp, cũng có quá trình tự phân huỷ glucogen, tích luỹ chất khử, hàm lượng axit lactic tăng, giảm pH, tăng tổn thất chất dịch.

Trong quá trình hấp thụ lại nước do đá tan ra ở các gian bào của tế bào, sợi cơ quyết định tới tổn hao dịch bào. Trong quá trình tan giá chậm, nước do đá tan ra hấp thụ trở về tế bào và sợi cơ, chui qua màng tế bào vào nguyên sinh chất để tạo lập các dạng liên kết xôn và liên kết gen ban đầu của nước. Trường hợp quá trình lạnh đông làm chết và phá vỡ nhiều tế bào, biến tính protit nhiều... sẽ làm giảm khả năng hấp thụ lại nước của tế bào, nước tan ra bị mất ra ngoài, mang theo các chất hoà tan trong đó.

Nước dịch khi tan giá mang theo khoảng 9% protit tan và một số chất khác, 12% sinh tố nhóm B. Tan giá càng nhanh càng tổn thất nước dịch. Tổn thất dịch ít nhất khi làm ấm rất chậm trong không khí ở 3°C và tiếp tục giữ thịt ở 0°C trong 5 ngày nữa.

Yêu cầu kỹ thuật tan giá.

- Tổn thất dịch bào ít nhất (tan giá chậm).
- Tổn thất khối lượng sản phẩm ít nhất (cần tăng độ ẩm không khí).
- Bảo đảm vệ sinh an toàn thực phẩm.

Theo D.A. Khristodulo, tính thời gian tan giá cho thịt 1/2; 1/4 con từ - 8°C đến - 0,5°C, vận tốc không khí 0,05 ÷ 1m/s như sau.

$$\tau = \frac{m}{t_{KK} + n} \cdot \sqrt[3]{\frac{G_1}{G_2}} \quad (\text{giờ})$$

Trong đó:

t_{KK} - Nhiệt độ không khí làm tan giá

m, n - Hằng số thực nghiệm

G_1 - Khối lượng 1/2 con hoặc 1/4 con bò

G_2 - Khối lượng vật chuẩn (hằng số) 30kg (lợn) và 60 kg (bò)

Lợn 1/2 con: m = 325 n = 1,5

Bò 1/4 con: phần trước m = 155 n = 1,8

phần sau m = 575 n = 1,8

Phương pháp tính toán lý thuyết của V.A Xennhitovich có độ chính xác cao hơn. Ông giả thiết quá trình tan giá trải qua hai giai đoạn:

• Giai đoạn làm nóng sản phẩm từ nhiệt độ ban đầu đến điểm đóng băng. Tính như quá trình truyền nhiệt.

• Giai đoạn hai thu nhiệt do nước đá tan chảy.

$$\tau_2 = \frac{q \cdot \gamma \cdot S}{4 \cdot \alpha \cdot \Delta t} \cdot Bi \cdot \left[1 + \frac{2 \cdot C_0}{\mu_2 \cdot q} \cdot (t_c - t_d) \right] \quad (\text{giờ})$$

Trong đó:

$$(t_c - t_d) = \left[1 - e^{-\left(1 + \frac{q \cdot \mu_2}{2 \cdot C_0 \cdot \Delta t} \right)} \right] \cdot \Delta t$$

$q = W \cdot \omega \cdot \rho$ ẩm nhiệt tan giá 1kg sản phẩm ở nhiệt độ nóng chảy kcal/kg.

γ - Khối lượng riêng sản phẩm.

δ - Bề dày sản phẩm (m).

α - Hệ số trao đổi nhiệt tại bề mặt sản phẩm Kcal/m².h.°C.

$\Delta t = t_{KK} - t_{db}$ Hiệu nhiệt môi trường tan giá và điểm nóng chảy của sản phẩm.

$$Bi = \frac{\delta / 2 \cdot \alpha}{\lambda_0}$$

Ở đây: λ_0 - Độ dẫn nhiệt của sản phẩm tan giá.

C_0 - Nhiệt dung riêng sản phẩm tan giá.

Làm tan giá nhanh trong nước ấm (40°C) từ 6 - 8 giờ so với tan giá trong không khí (1 ngày) thì tổn thất chất khô tăng 10 lần. Ngoài kích thước sản phẩm cũng ảnh hưởng tới tổn hao dịch bào; kích thước càng nhỏ càng tổn hao dịch bào.

Có nhiều phương pháp tan giá.

+ Tan giá chậm trong không khí.

- Tan giá chậm với nhiệt độ bề mặt giữ thấp hơn điểm sương không khí, nhiệt độ không khí được tăng từ 0°C lên $6 - 8^{\circ}\text{C}$ trong khoảng 3 - 5 ngày, độ ẩm không khí 90 - 92% khối lượng thịt không giảm, tổn thất dịch không lớn. Tan giá cách này, thịt bị ẩm bề mặt, vi sinh vật phát triển mạnh, có mùi ôi chua. Lớp bề mặt thịt bị biến tính, hút ẩm, ngưng tụ và khối lượng tăng 1,5 - 2 %.

- Tan giá chậm với nhiệt độ bề mặt giữ cao hơn điểm sương không khí. Nhiệt độ không khí tăng từ 0°C lên 6°C trong khoảng 3 - 5 ngày; giữ độ ẩm 65 - 70% tổn thất khối lượng $3,2 \div 4\%$. Bề mặt thịt ráo nước. Đây là phương pháp đơn giản được áp dụng nhiều.

+ Tan giá nhanh trong không khí.

Không khí tuần hoàn ở nhiệt độ $15^{\circ}\text{C} \div 20^{\circ}\text{C}$, độ ẩm $55 \div 60\%$, thời gian $15 \div 20$ giờ. Tổn thất khối lượng 3%; tổn thất dịch trong quá trình tan giá nhỏ. Thịt khô ráo và còn tốt.

+ Tan giá trong không khí và hơi nước.

Có hai phương pháp tan giá trong không khí và hơi nước.

- Tan giá trong hỗn hợp ở nhiệt độ $4 \div 5^{\circ}\text{C}$ trong 16 giờ.

- Tan giá trong hỗn hợp ở nhiệt độ $20 - 25^{\circ}\text{C}$ trong 11 - 12 giờ.

Những biến đổi bên ngoài cũng giống như làm tan giá băng không khí, giữ nhiệt độ bề mặt dưới điểm sương, những biểu hiện rõ hơn.

+ Tan giá trong nước.

Thường dùng nước có nhiệt độ 10°C (tan giá 20 giờ) hay 20°C ($10 \div 11$ giờ cho lợn, bò không dùng nước lớn hơn, vì làm tăng tổn thất dịch và chất tan...).

Bề mặt thịt bị nhạt và tăng khối lượng 2% vì hút nước, tổn thất dịch và chất tan ít. Nước để tan giá phải vô trùng, kết hợp tan giá với rửa sản phẩm luôn. Người ta có thể dùng dung dịch muối NaCl 4% (nhiệt độ $40 \div 60^{\circ}\text{C}$) để tan giá thịt và cá. Các loại quả tan giá trong dòng nước ở nhiệt độ $10 - 15^{\circ}\text{C}$. Các loại rau lạnh đông khi tan giá trong nước muối sôi, thời gian chỉ bằng $1/2$ đến $2/3$ thời gian nấu rau tươi. Nhìn chung phương pháp này dễ nhiễm khuẩn, vi sinh vật từ sản phẩm này sang sản phẩm khác.

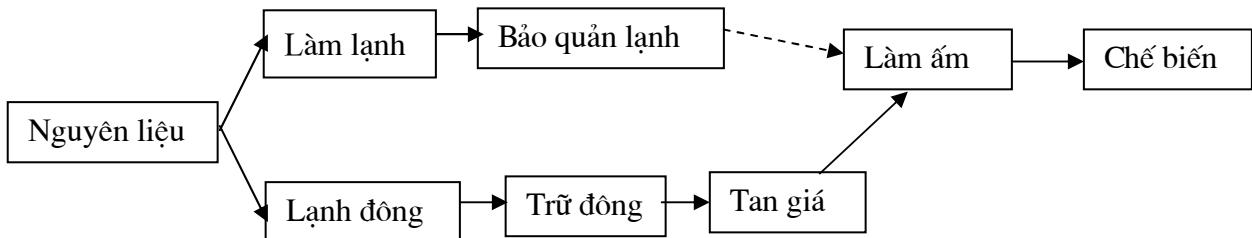
+ Tan giá trong nước đá: Phương pháp này chỉ dùng cho cá lạnh đông. Đá và cá xếp xen kẽ nhau trong thùng (đá 30%, cá 60%). Đá vụn tan ở 0°C , do đó tan giá xảy ra ở nhiệt độ không đổi. Lúc đầu quá trình tan giá tiến hành với $\Delta t = 15 - 18^{\circ}\text{C}$ giai đoạn cuối cần nhiều nhiệt lượng nhất làm tan tất cả đá trong sản phẩm thì $\Delta t = 1 \div 1,5^{\circ}\text{C}$. Thời gian tan giá dài (khoảng 100 giờ) ít tổn thất dịch bào và không tổn thất khối lượng.

b/ *Làm ấm*: Làm ấm sản phẩm làm lạnh là quá trình nâng nhiệt độ sản phẩm khi bảo quản lạnh (nhiệt độ từ $0 \div 4^{\circ}\text{C}$) hoặc sản phẩm sau khi tan giá tới nhiệt độ bình thường để chế biến.

Đối với sản phẩm không dùng để chế biến công nghiệp thì không cho phép làm ấm bề mặt, tránh cho vi sinh vật phát triển. Người ta thường làm ấm sản phẩm trong môi trường khí. Thời gian làm ấm khoảng 10 - 15 giờ. Quá trình tan giá và làm ấm tiến hành trong điều kiện nhiệt độ môi trường thấp. Ban đầu tan giá tiến hành với $\Delta t = t_c - t_{sp} = 3 - 5^{\circ}\text{C}$. Nếu $t_{sp} = -18^{\circ}\text{C}$ thì không khí trong phòng phải ở $-15^{\circ}\text{C} \div -13^{\circ}\text{C}$. Giai đoạn cuối tan giá $\Delta t = 7 - 5^{\circ}\text{C}$ thì không khí (hay nước) phải ở nhiệt độ $0 \div 4^{\circ}\text{C}$. Quá trình tan giá và làm ấm phải thực hiện trong các phân xưởng lạnh hoặc các phương tiện có lạnh. Tan giá trong không khí bình thường có hại cho việc bảo quản tạm thời sản phẩm trước khi chế biến; làm nhầy và xấu bề mặt thịt (tốt nhất là tan giá và làm ấm ở $\Delta t = 1^{\circ}\text{C}$).

5.4.2. Vai trò công đoạn tan giá.

Trong kỹ thuật lạnh đông thực phẩm, công đoạn tan giá là khâu xử lý cuối cùng sản phẩm trước khi đưa tới khâu làm ấm. Đây là công đoạn quan trọng quyết định tới chất lượng của sản phẩm, có thể dẫn tới hư hỏng sản phẩm.



Khác với bảo quản lạnh (đường chấm), làm lạnh đông thực phẩm, có những biến đổi trong tế bào, màng tế bào, thành phần hóa học của dịch bào của sản phẩm. Do đó cần tan giá chậm để có thể phục hồi toàn bộ các tính chất ban đầu của sản phẩm. Trong thực tế có thể làm tan chậm nhờ hệ thống điều hoà nhiệt độ hoặc dùng hành lang trong các kho lạnh. Hành lang trong thường ở nhiệt độ $+15^{\circ}\text{C}$, rộng $\geq 3\text{m}$.

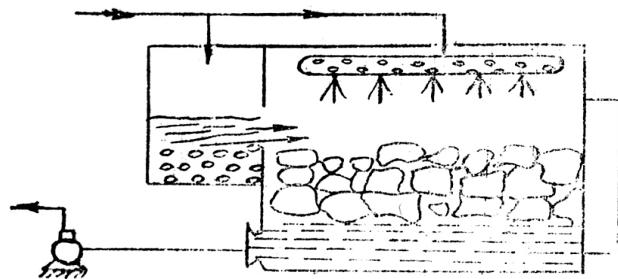
5.5. Quy trình kỹ thuật làm lạnh và lạnh đông một số thực phẩm.

5.5.1. Chế biến lạnh đông các loại thuỷ sản.

Các loại hải sản đánh bắt xa bờ hoặc nuôi trong các lồng trên sông thường có khối lượng khá lớn. Để đảm bảo đủ lượng xuất khẩu và tiêu dùng trong nước cả năm, hải sản cần được bảo quản lạnh đông, giữ được phẩm chất, hương vị, màu sắc cho tới khi xuất xưởng. Đây thực sự là yêu cầu cấp thiết và quan trọng, nhằm phát triển không ngừng, đảm bảo giữ vững một ngành sản xuất quan trọng. Dưới đây giới thiệu một số quy trình công nghệ bảo quản lạnh đông hải sản.

a/ Qui trình làm lạnh tôm: Tôm sau khi bắt, đưa lên khỏi mặt nước phải được ướp đá hoặc dung dịch muối lạnh ngay. Tỉ lệ giữa nước đá và tôm, giữa dung dịch muối và tôm thay đổi theo mùa vụ, thời gian bảo quản, vận chuyển, trạng thái cách nhiệt thùng chứa, ...

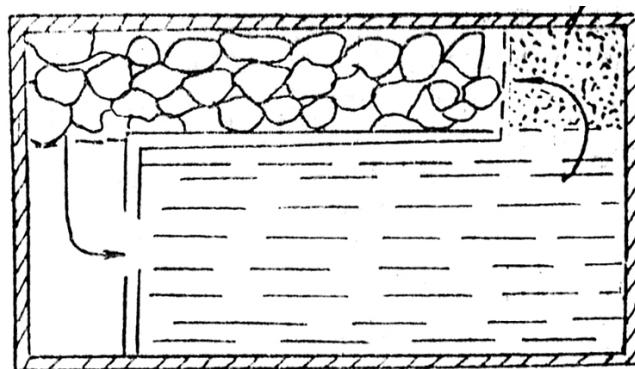
Nếu bảo quản ở nhiệt độ thấp (nhưng trên 0°C) độ tươi càng kéo dài.



Hình 5.4. Bể đá muối "Frigaco"

Bể chứa đá

Thùng đá
Ngăn muối

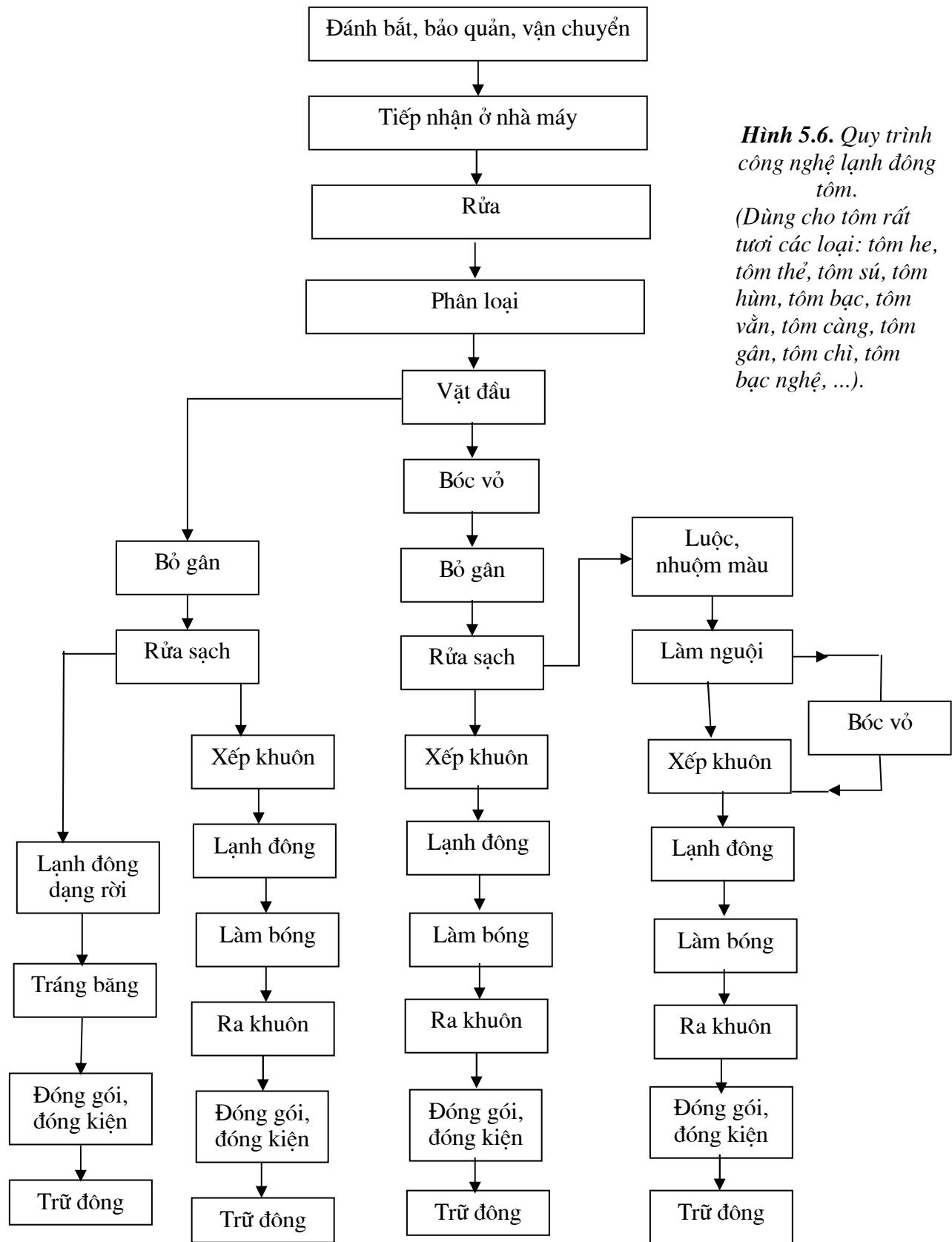


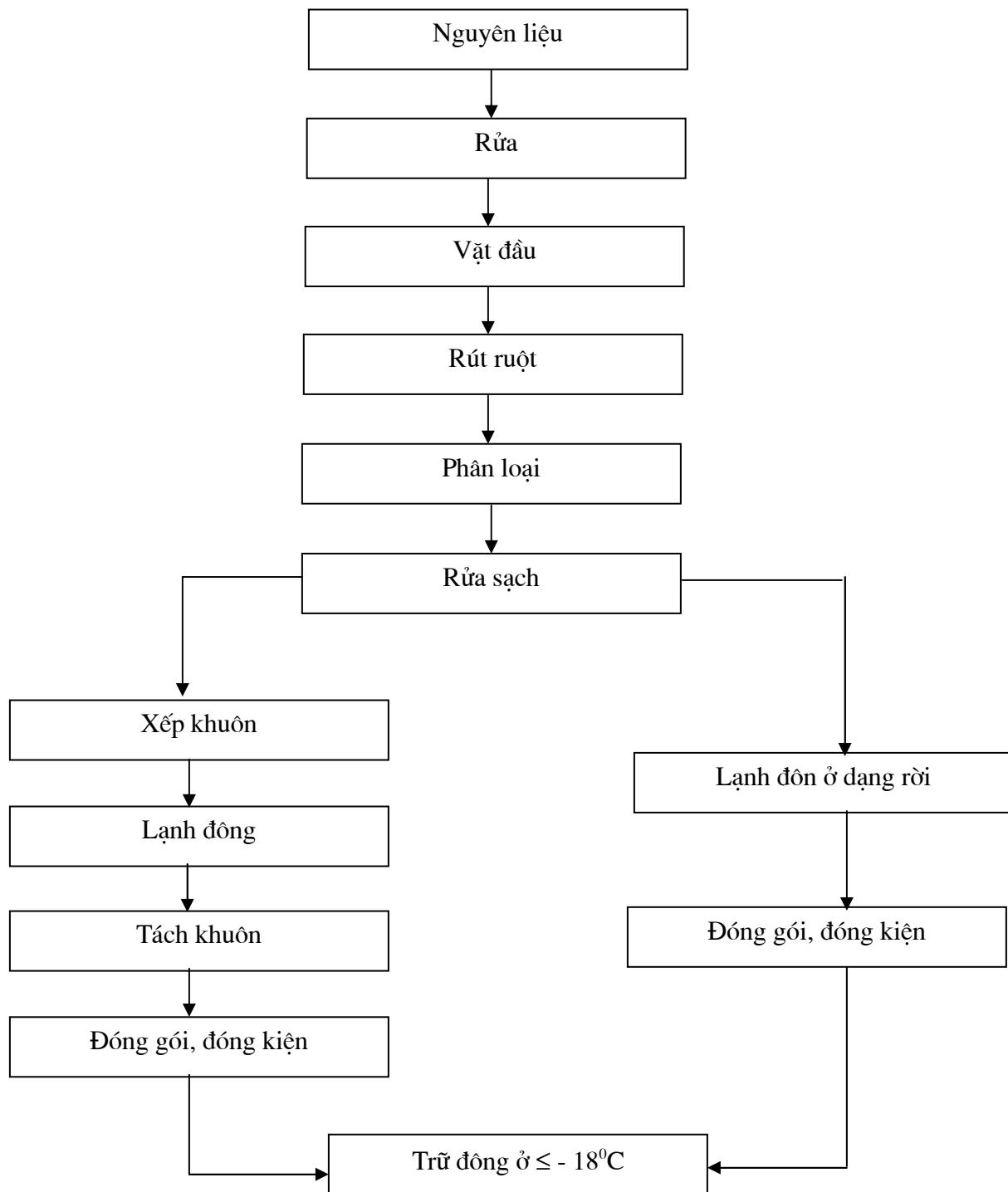
Hình 5.5. Bể làm lạnh đông cá "Morman"

Bảng dưới cho nhiệt độ thân tôm và thời gian bảo quản tôm.

Bảng 5.4.

Nhiệt độ tôm ($^{\circ}\text{C}$)	Thời gian bảo quản (ngày đêm)
- 0,25	11 ÷ 12
0	8
0,5	6 ÷ 8
3	5 ÷ 6
5	3,5
7	2 ÷ 3
10	1,5





Hình 5.7. Quy trình công nghệ “tôm vặt đầu lạnh đông”
(Dùng cho tôm rất tươi: tôm he, tôm sú, tôm hùm, ...).

• Xử lý nguyên liệu: Nguyên liệu nhập về cần rửa, nước đá, rác rưởi trong quá trình vận chuyển nổi lên trong thùng rửa (khả năng rửa từ $50 \div 500$ kg) được hớt đi. Nước đá dùng cần bỏ đi. Quá trình rửa tôm không được kéo dài, vì lượng đá còn lại không đủ để khống chế nhiệt độ cần thiết cho tôm. Tôm sạch chuyển đến bể chứa ở đầu dây chuyền chế biến. Trước khi chứa tôm bể cần sát trùng bằng dung dịch chlorine nồng độ 50ppm. Cần dùng nước đá để giữ tôm ở nhiệt độ $0^{\circ}\text{C} \div 10^{\circ}\text{C}$. Tôm sau khi ra khỏi bể lạnh cần được phân loại ngay (bằng máy hoặc bằng tay) trên những mặt bàn bằng thép không gỉ, gạch men hay kính. Không để nước thải đọng trên bàn và nền phân xưởng.

Tôm sau khi phân loại, cần ướp nước đá để chuẩn bị cho công đoạn sau.

• Vặt đầu tôm: Tôm cần vặt đầu xong mới đưa vào bảo quản vì đầu tôm chứa nhiều chất dễ gây hỏng tôm. Môi trường vặt đầu tôm cần thực hiện trong môi trường vệ sinh sạch sẽ nếu không vi khuẩn dễ xâm nhập vào thịt tôm, không thể bảo quản lạnh đông xuất khẩu được.

Cần lưu ý loại bỏ các con tôm kém phẩm chất. Tôm tươi hay không căn cứ vào một số chỉ tiêu sau:

- Màu sắc.
- Mùi.
- Các chấm đen trên vỏ.
- Những vòng đen.
- Độ chắc của thịt, ...

Trong quá trình vận chuyển và vặt đầu nên giữ nhiệt độ tôm khoảng 0°C . Đầu tôm loại ra cho vào thùng chứa ngay để trước mặt công nhân; và được thay rửa một giờ một lần.

Tôm sau khi vặt đầu cho vào ướp đá có pha 20ppm Chlorine ngay.

• Bóc vỏ, bỏ gân: Mặt hàng tôm bóc vỏ, bỏ gân thường dùng cho các loại tôm có độ tươi và phẩm chất hơi kém so với tôm vặt đầu. Sự bóc vỏ bỏ gân làm giảm khối lượng tôm khoảng 20% so với tôm vặt đầu.

Việc bóc vỏ, bỏ gân bằng tay cần tiến hành nhanh. Tôm sau khi bóc vỏ dễ bị vi trùng xâm nhập gây hư hỏng; nên cần giữ vệ sinh.

Khâu bóc vỏ cần kiểm tra chặt chẽ để chắc chắn thân tôm sạch triệt để.

Tôm sau khi bóc vỏ cho vào thùng ướp đá và chất sát trùng chlorine 30ppm. Việc loại bỏ ruột tôm triệt để hay không phụ thuộc thị hiếu khách hàng.

- Luộc chín, nhuộm màu.

Việc luộc chín, nhuộm màu phụ thuộc yêu cầu của khách hàng. Nguyên liệu thường là tôm rảo, tôm săt dạng tiêu chuẩn còn nguyên con, không lỏng đầu, vỡ gạch, không có chấm đen, đỏ thịt tôm chắc, ...

Tôm được rửa sạch và luộc trong dung dịch muối pha thuốc nhuộm màu. Bột màu pha trong nước ở $50 \div 60^{\circ}\text{C}$, nồng độ 2%. Dung dịch dùng trong một ngày, không dùng lại.

Dung dịch nước luộc pha chế như sau:

Nồi nước luộc dung tích 100 lít pha thêm 3 lít dung dịch thuốc nhuộm, 1kg axít xitic công nghiệp và $13 \div 15$ kg muối ăn.

Dung dịch nước luộc phải đun sôi trước khi cho tôm vào trong 2 phút. Mỗi lần sau khi luộc cần bổ sung 0,2 lít dung dịch nhuộm màu, 0,04 kg axít xitic và muối sao cho tỉ trọng của dung dịch $1,1 \div 1,11$. Tôm sau khi nguội cho vào ướp đông.

Ngoài tôm chín nguyên con, thị trường còn yêu cầu tôm chín bóc vỏ. Tôm bóc vỏ luộc chín gồm các loại tôm rảo, tôm vàng, tôm sắt, ... còn tươi nhưng không đủ tiêu chuẩn làm tôm sống bở đầu, tôm sống bóc vỏ, tôm chín nguyên con.

Để dễ bóc vỏ, tôm sống bảo quản nước lạnh ở $2 \div 5^{\circ}\text{C}$ để các sợi cơ gắn liền giữa vỏ và thịt tách ra.

Tôm bóc vỏ trước luộc sau, cho năng suất cao, nhưng giá trị dinh dưỡng giảm. Ngược lại luộc trước bóc vỏ sau thì bảo toàn dinh dưỡng, khó bóc vỏ và lượng tạp trùng cao.

- Cho tôm vào khuôn.

Phổ biến hiện nay là khuôn 2kg. Khuôn trước khi sử dụng sát trùng bằng chlorine 20ppm. Có 3 phương pháp xếp khuôn: xếp xen kẽ, xếp theo lớp và đổ lôn xộn. Xếp theo lớp dùng cho tôm cỡ 50 trở lên. Xếp từng con vào hộp, tôm nằm nghiêng, đầu hướng ra ngoài, đuôi hướng vào giữa hộp.

Xếp xen kẽ, tôm ở đáy khuôn, lớp trên mặt và lớp bao quanh xếp cẩn thận, lớp chính giữa có thể đổ lộn xộn.

Đối với tôm ở hàng số 120 trở lên thường xếp lộn xộn. Sau khi xếp xong cần cân kiểm tra. Trong khi xếp khuôn cần tính đến lượng nước làm bóng. Qua điểm đóng băng thể tích của nước tăng lên, có thể làm cho khuôn biến dạng, do đó cần kiểm tra kỹ. Nước làm bóng sạch và được sát trùng bằng chlorine $2 \div 5\text{ppm}$.

Nước làm bóng ngoài hình thức, còn làm cho tôm không tiếp xúc với không khí, không bị biến chất, không hao khối lượng, không bị hư hỏng khi vận chuyển.

Tôm sau khi xếp khuôn cho vào ướp đông ngay. Trường hợp nguyên liệu ứ đọng, cần bảo quản ở $0^{\circ}\text{C} \div 6^{\circ}\text{C}$ nhưng không quá 8 giờ.

- Lạnh đông tôm.

Quá trình lạnh đông tôm kết thúc khi 86% nước trong tôm đã hoá đá (sản phẩm đạt nhiệt độ -12°C). Quá trình lạnh đông tôm càng nhanh càng tốt, do đó thiết bị lạnh phải đảm bảo nhiệt độ từ -40°C trở xuống.

- Ra khuôn, đóng thùng để đưa vào kho trữ đông.

• Trữ đông tôm: Sau khi bao gói và cho vào thùng cáctôn xong, cần nhanh chóng đưa vào kho trữ đông bảo quản ở nhiệt độ -18°C .

- Kiểm tra sản phẩm

Kiểm tra nhiệt độ trung tâm của sản phẩm, nhiệt độ này phải đạt $-10 \div -12^{\circ}\text{C}$. Kiểm tra sản phẩm bằng cảm quan thông qua các chỉ tiêu: mùi vị, màu sắc, cơ cấu thịt tôm. Thường đánh giá cảm quan bằng thang 5 điểm (bảng 5.5).

Bảng 5.5.

Điểm	Tôm rảo đông	Tôm nấu chín		
	Màu sắc: 1,0	Mùi: 1,2	Vị: 1,2	Cơ cấu: 1,6
5	Đồng nhất, rất đặc trưng cho loài tôm.	Thơm, rất đặc trưng cho tôm tươi, không có mùi lạ.	Ngọt, rất đặc trưng của tôm, không có vị lạ.	Rất săn chắc.
4	Đồng nhất, đặc trưng cho loài tôm.	Thơm, đặc trưng cho tôm tươi, không có mùi lạ.	Ngọt, đặc trưng của tôm không vị lạ.	Săn, chắc.
3	Tương đối đồng nhất.	Thơm nhẹ, không có mùi lạ.	Vị hơi ngọt, không vị lạ.	Hơi bở đốt đầu hoặc hơi dai khô.
2	Hơi biến màu.	Có mùi khai nhẹ.	Vị nhạt.	Bở đốt đầu hoặc dai khô.
1	Biến màu.	Có mùi khai.	Vị quá nhạt.	Thịt tôm hơi bở hoặc rất dai khô.
0	Biến màu nặng	Có mùi khai nặng hoặc mùi lạ	Có vị sản phẩm hỏng hoặc có vị lạ.	Dùi hiệu sản phẩm hỏng.

b/ Bảo quản lạnh đông cá.

Người ta bảo quản cá bằng lạnh đông dạng khối, sau bọc bằng giấy tẩm parafin hoặc polyetylen. Cá sau khi làm lạnh đông thường tráng một lớp băng mỏng ngăn cản tiếp xúc với môi trường cho chất lượng bảo quản tốt. Cá xếp trong kho thành dây, hàng với tải trọng $0,3 \div 0,35$ tấn/ m^3 . ở nhiệt độ $-18^\circ C \div -20^\circ C$, độ ẩm không khí $95 \div 98\%$. Trường hợp cá bọc kín trong bao bì, có thể dùng đồi lưu khôn khí. Thời gian bảo quản $2 \div 9$ tháng phụ thuộc loại sản phẩm và phương pháp lạnh đông. Do cá có nhiều mỡ, cấu tạo từ axít béo không no nên dễ bị ôxy hoá, và chứa nhiều enzym và vi sinh vật, nên cần bảo quản ở nhiệt độ thấp (tới $-30^\circ C$) nhằm hạn chế tác hại do vi sinh vật và các enzym gây ra.

5.5.2. Chế biến lạnh đông các loại thịt.

Thịt được làm lạnh đông ở các buồng lạnh đông hoặc tuynen lạnh đông ($1/2$, $1/4$ con hoặc nguyên con); ngoài ra thịt còn được làm lạnh đông ở dạng khối, filé và miếng vụn. Trong phòng lạnh đông thịt được treo nhờ các móc ở dạng $1/4$ hoặc $1/2$ con. Nhiệt độ không khí $-35^\circ C \div -40^\circ C$, tốc độ dòng khí $3 \div 5$ m/s. Thịt coi như lạnh đông xong khi 86% nước trong thịt đóng băng và nhiệt độ trong cơ đùi dây ở tâm khối thịt đạt $-12^\circ C$. Tổn hao khối hạt trong quá trình lạnh đông cho phép $0,6 \div 2,6\%$ phụ thuộc chất lượng thịt và kỹ thuật lạnh đông.

Thịt dạng khối, filé, vụn xếp vào khay theo chủng loại và đưa vào buồng lạnh đông. Thời gian lạnh đông phụ thuộc vào sản phẩm, kích thước sản phẩm và thiết bị, nói chung không quá 8 giờ. Sau đây là yêu cầu cụ thể và quy cách thịt lạnh đông xuất khẩu.

a/ Thịt bò $1/4$ con hoặc $1/2$ con.

Thịt bò $1/4$ con (bò to) khoẻ mạnh và đã được kiểm tra thú y mới đưa vào làm lạnh đông.

Bò chia làm bốn phần, bổ đôi giữa cột sống và cắt ngang giữa đốt xương sườn số 9 - 10 hoặc 10 - 11. Mỗi phần có khối lượng khoảng $30 \div 50$ Kg.

Các đốt xương sống, xương bả vai, xương chậu không được nhô ra. Lớp mỡ bao phủ từ cổ đến mông không dày quá 1cm. Lớp mỡ bên trong thân cơ hoành, động mạch chủ và các nội tạng khác kể cả vú và bộ phận sinh dục phải loại bỏ. Không để sót các cục máu đọng trong các miếng thịt xơ. Mặt cắt miếng thịt phải bóng không xước, sạch sẽ không có các chất nhiễm bẩn bởi ruột, dạ dày và máu dính vào.

Khi giao thịt, nhiệt độ ở sát xương của từng phần phải $< -10^{\circ}\text{C}$.

Từ khi giết mổ đến khi giao hàng, kể cả thời gian bảo quản không quá 90 ngày.

b/ *Bảo quản lạnh đông thịt gia cầm.*

Thịt gia cầm bao gói từng con bằng bao bì chất dẻo. Sau khi lạnh đông xếp vào các thùng và được xếp vào kho bảo quản theo dãy, lô trên sàn gỗ. Thịt gia cầm bảo quản ở nhiệt độ không khí $-18^{\circ}\text{C} \div -20^{\circ}\text{C}$ và độ ẩm $95 \div 98\%$. Không đổi lưu cuồng bức. Bảo quản lâu ngày, da bị khô và thay đổi màu sắc. Các chỗ thịt tiếp xúc với nhau hay với bao bì thường có các nốt vàng hoặc màu xanh đậm.

Ngỗng và vịt do thịt nhiều mỡ nên bảo quản ở nhiệt độ thấp hơn (-20°C) và thời gian bảo quản không dài.

5.5.3. *Bảo quản và chế biến lạnh đông rau quả.*

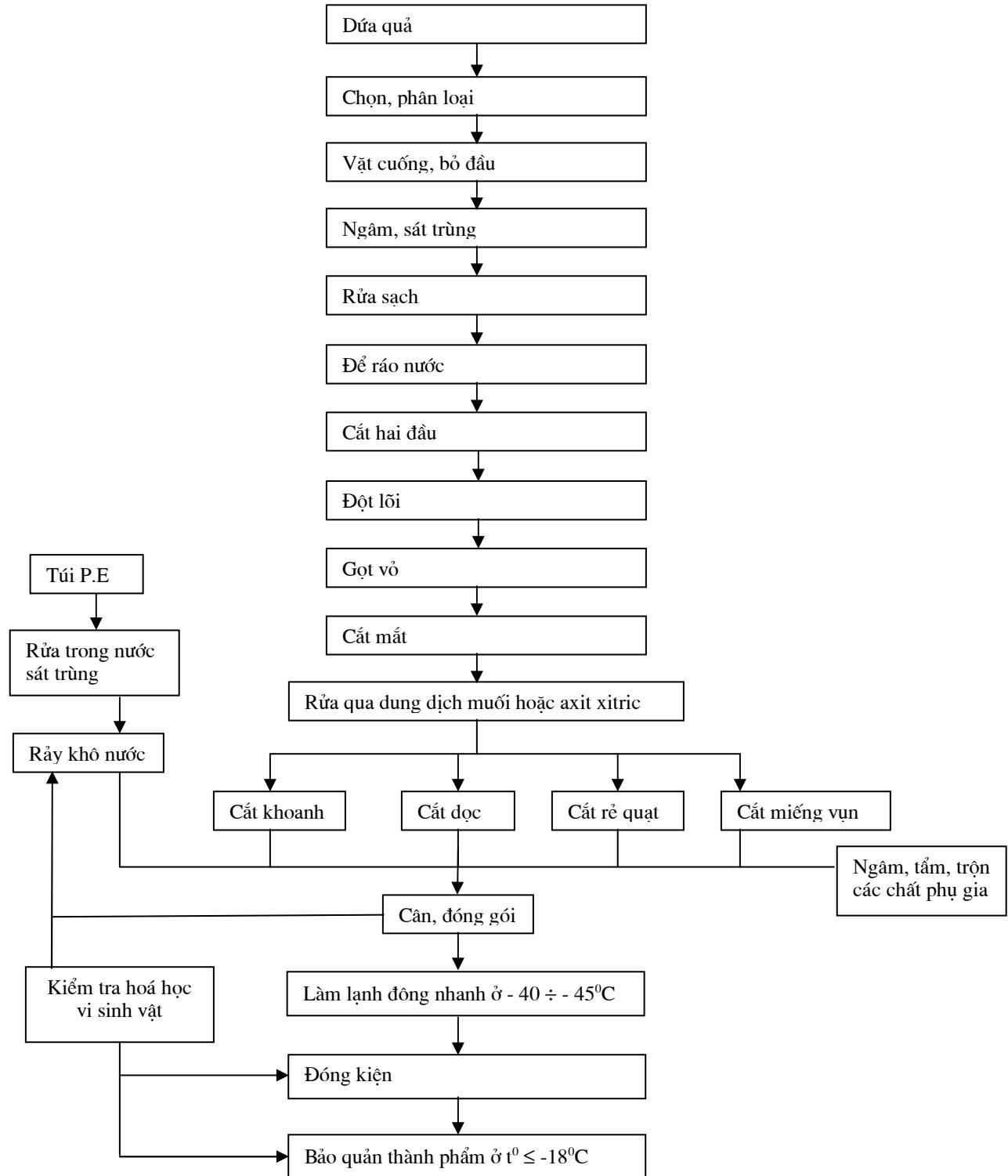
Rau quả lạnh đông ở dạng rời hoặc đóng vào gói nhỏ khối lượng $0,3 \div 1\text{Kg}$. Chúng được làm lạnh đông nhanh và xếp vào các hộp (khối lượng $15 \div 20\text{Kg}$) xếp theo lô, hàng trong kho có nhiệt độ $-18^{\circ}\text{C} \div -25^{\circ}\text{C}$.

Rau quả bảo quản lạnh đông ở nhiệt độ -18°C trở xuống, không ảnh hưởng tới chất lượng.

Đối với một vài loại rau quả việc chần có tác dụng bảo vệ vitamin C và ngăn ngừa một số biến đổi sinh hoá khác (do đã diệt các enzym xúc tác). Hàm lượng vitamin C biến đổi phụ thuộc vào nhiệt độ và giống rau quả.

Ví dụ: đậu hạt sau 7 - 8 tháng bảo quản ở -18°C , bảo vệ được $98 \div 99\%$ vitamin C; ở -13°C bảo vệ được $92 \div 94\%$.

a/ Qui trình chế biến dứa lạnh đông.



Hình 5.8. Qui trình chế biến dứa lạnh đông

Bảng 5.6. Thành phần hóa học một số loại quả ở Việt Nam.

TT	Loại quả	Nước, %	Đường, %	Axit, %
1	Chuối chín 100% (chín trứng quốc - chín ăn ngon)	70 - 76	17 - 24	1,50
2	Cam, chanh (múi cam)	88,60	6,0 - 6,5	1,41
3	Dứa	72 - 88	8,0	0,30
4	Xoài	76 - 80	18,5	0,80
5	Vải thiều	84,30	11 - 20	0,20
6	Nhãn đường phèn	84 - 86	10 - 17	0,54
7	Chôm chôm	82	15	0,40
8	Đu đủ	85 - 90	13 - 14	0,10
9	Na	80 - 82	8 - 12	0,15
10	Mút mít chín	75 - 85	23,9	1,06
11	Hột mít	56	11 - 15	0,15
12	Mận	82,09	5,0 - 6,1	0,05
13	Mơ	80 - 85	7,37	0,10
14	Đào	83	9,2	0,54
15	Ổi	70 - 74	6,4	0,30
16	Mắc coọc	84 - 89	5,2	0,63
17	Quả bơ	65	5,6	1,30
18	Thanh long	86	3,0	2,50
19	Cơm dừa cứng cay	80	7,5	0,75
20	Măng cụt (múi)	72	2,9 - 3,1	0,90
21	Sorsi	76	8,6	0,04
22	Sầu riêng	76	4,6	0,09
23	Hột sầu riêng	52	18	0,09
24	Bưởi	90	5,5 - 6,5	0,02

+ Nguyên liệu.

Yêu cầu đối với dứa:

- Dứa quả phải tươi tốt, không meo mốc, không dập, không ủng thối.
- Độ chín của quả: đối với dứa hoa chín từ 3 mắt đến 1/3 quả; đối với dứa ta chín từ 1 mắt đến 1/3 quả.

Có thể sử dụng những quả có độ chín quá độ chín kỹ thuật qui định ở trên, chưa có mùi men rượu, chưa n้ำ. Chú ý phải chế biến riêng từng loại.

+ Chọn và phân loại: Dứa được chọn theo tiêu chuẩn trên và phân loại theo cấp hạng và độ chín ngay tại kho. Về độ chín chia thành hai loại: độ chín kỹ thuật và quá chín.

Trong quá trình chọn và phân loại ta cần loại bỏ cuống và hoa.

+ Ngâm rửa, sát trùng: Dứa có hai độ chín khác nhau ngâm riêng trong hai bể nước đã clo hoá (5 mg/l) trong thời gian 5 phút mới đem rửa. Trong dây chuyền cơ khí hoá, dứa được rửa bằng bàn chải cho hết đất bám vào quả. Dứa sau khi rửa, đặt trên bàn cho ráo nước và chuyển đến bộ phận cắt đầu.

+ Cắt đầu: dùng dao sắc cắt đầu dứa. Hai mặt cắt ở hai đầu phẳng và thẳng góc với lõi. Không làm nát mặt cắt và làm dập nát dứa.

+ Đột lõi: Trước khi đột lõi phải kiểm tra cấp hạng của dứa và điều chỉnh cỡ dao theo bảng sau:

Bảng 5.7. Thành phần hóa học của một số loại rau ở Việt Nam.

TT	Loại rau, củ	Nước, %	Gluxit, %	Protein, %
1	Lạc nhân	7,3	15,20	26,9
2	Khoai tây	75	0,18	2,0
3	Cà chua	84 - 88	3 - 6	0,25 - 1,0
4	Ớt ngọt	90,5	6	1,3
5	Dưa chuột	95	3	0,8 - 1,0
6	Dưa hấu	89,7	5,4 - 10	1,0
7	Dưa gang	78	5	2,6
8	Bí ngô	65	6,2 - 7	2 - 3,1
9	Bí đao (bí xanh)	72	1,5	1 - 1,4
10	Bắp cải	90	4,2 - 5,0	2,6 - 5,3
11	Súp lơ (cải bông)	89 - 92	1,7 - 4,2	3,3
12	Su hào	87 - 89	3,5	2,0
13	Cà rốt	88,5	6,5	1,5 - 2
14	Rau muống	83 - 89	3,5	2,0
15	Rau cải	94	3,4	6,8
16	Củ cải trắng	92,1	3,7	0,22
17	Đậu Hà Lan	79	5 - 8	4 - 5
18	Đậu cô ve	82	3 - 4	3 - 4
19	Quả đậu rồng non	84	3,2	2,1
20	Cà tím	86	3	2,2
21	Măng tây	76	0,47	1,95
22	Bông actiso	76 - 78	15,5	3,26
23	Nấm rơm	92,39	2,61	2,66
24	Nấm mồ	91,43	0,80	3,98
25	Nấm hương trắng	68,10	3,64	3,54

Bảng 5.8.

Cấp hạng	1	2
Dao (mm)	18 - 20	20 - 25

Khi đột lõi, đặt đầu có mặt phẳng nhất xuống dưới (hai mặt xiên lệch thì loại bỏ). Không được đột lõi một lần nhiều cấp hạng khác nhau. Yêu cầu đột lõi phải phù hợp với bảng trên, không sót lõi, không xiên.

+ Gọt vỏ: Trước khi gọt vỏ phải kiểm tra cấp hạng dứa và điều chỉnh số dao theo chỉ dẫn sau:

Bảng 5.9.

Cấp hạng	1	2
φ dao (mm)	70	75
φ trực lõi (mm)	18 - 20	20 - 25

Dứa gọt xong không được sót vỏ xanh, thịt quả không dập vỡ, không xếp chồng các quả lên nhau. Dứa được xếp đứng từng quả để chuyển sang bộ phận cắt mắt.

+ Cắt mắt: Trước khi cắt mắt cần kiểm tra phẩm, cấp hạng, độ chín của dứa. Dùng dao sắc để cắt mắt dứa. Đường cắt theo đường xoắn ốc, tiết diện rãnh hình tam giác, vết cắt nhẵn, không ăn sâu vào lõi. Thường hợp gọt vỏ bằng máy, thường phần mắt còn lại ít, ta dùng cách nhổ mắt (lấy hết phần đen còn lại của mắt dứa).

+ Nhúng nước muối: Dứa gọt xong được nhúng qua nước muối sạch với nồng độ $0,7 \div 1\%$ làm sạch tạp chất và sát trùng. Nước muối nấu sôi và lọc. Dứa sau khi nhúng đặt đứng trên bàn nghiêng có lỗ thoát nước.

+ Cắt miếng.

Cắt khoanh: nếu dùng máy cắt, trước tiên phải kiểm tra, điều chỉnh cỡ ống sao cho đường kính ống lớn hơn đường kính quả dứa 3mm. Điều chỉnh cự ly cắt theo độ dày khoanh yêu cầu. Cắt riêng từng đợt theo cấp hạng và độ chín.

Nếu cắt bằng tay phải dùng dao sắc, tránh nát dứa. Chọn đầu quả dứa có mặt thật phẳng cắt trước. Độ dày khoanh dứa khoảng 15mm, hai mặt đều. Các khoanh dứa đạt yêu cầu, dứa sang bộ phận đóng gói. Các khoanh không đạt yêu cầu chuyển sang bộ phận cắt miếng rẽ quạt hoặc cắt miếng vụn.

Cắt miếng rẽ quạt: trước khi cắt cần kiểm tra phẩm chất, cấp hạng để chọn hình thái cắt lợi nhất. Nếu dùng dao nhiều lưỡi để cắt khoanh thành những miếng rẽ quạt có bề mặt không dưới 3mm thì theo bảng sau:

Bảng 5.10.

Cấp hạng	1	2
Đường kính trục lõi dao (mm)	18 - 20	20 - 25
Số miếng cắt ra từ một khoanh	4 - 6	8

Nếu dùng dao một lưỡi cũng cắt theo bảng trên, tránh dứa nát vụn.

Những khoanh không cắt được rẽ quạt (vì nát) thì cắt thành dứa vụn dài không quá 10mm.

Cắt thanh dọc: chọn mặt phẳng nhất của quả dứa đặt lên thớt, bẻ dọc quả dứa làm hai, rồi chia thành 4, 6 hoặc 8 phần thuộc đường kính quả dứa. Miếng dứa đều, không lệch, nát.

+ Cân, đóng gói: kiểm tra phẩm chất, cấp hạng và đóng vào túi (đã được xử lý sạch) và kín. Khối lượng mỗi túi $500g \pm 2\%$. Chú ý dứa trong túi phải đồng đều màu sắc, cùng cấp hạng, đồng đều kích thước, không lẫn tạp chất, không sót vỏ xanh, ...

+ Làm lạnh đóng nhanh:

Tránh hiện tượng lên men rượu, dứa sau khi đóng gói phải đưa vào lạnh đóng nhanh ở nhiệt độ phòng $-35^{\circ}\text{C} \div -40^{\circ}\text{C}$, tốc độ dòng khí $> 2\text{m/s}$. Thời gian làm lạnh đóng nhanh khoảng $3 \div 5$ giờ. Nhiệt độ trung tâm sản phẩm -12°C , lượng nước trong sản phẩm đóng băng 86%.

+ Đóng kiện: Dứa đóng kiện bằng thùng cáctông. Mỗi thùng cáctông đóng 13 hoặc 17 túi tùy theo yêu cầu của khách hàng. Trong thùng phải có phiếu đóng kiện ghi rõ: loại sản phẩm, số lượng, ca sản xuất, họ tên người đóng kiện. Thùng cáctông phải sạch và để sẵn trước ở phòng đóng bao từ $3 \div 4$ giờ (làm lạnh sẵn). Để giảm bớt khó khăn cho công nhân làm việc ở nhiệt độ thấp, ta đóng kiện ở phòng đóng bao gói với nhiệt độ không khí khoảng -10°C .

*) Qui cách phẩm chất của dứa lạnh đóng.

Dứa lạnh đóng được chế biến từ dứa tươi, tốt, có đúng độ chín kỹ thuật (chín từ 2 hàng mắt tới 2/3 trái). Không dùng dứa bị sâu bệnh, hư hỏng.

+ Tiêu chuẩn cảm quan.

Dứa thành phẩm có màu vàng nhạt đến vàng rơm. Không có màu thâm đậm của dứa hỏng, không vết sâu bệnh, ...

Màu sắc của dứa trong một gói phải đồng đều.

Mùi vị: Sau khi lạnh đông và sau khi tan giá chật trong không khí, vẫn giữ mùi thơm tự nhiên của dứa, không có mùi lạ.

Độ cứng: dứa sau khi lạnh đông xong phải cứng chắc. Sau khi tan giá chật ở nhiệt độ bình thường của không khí $2 \div 4$ giờ không bị nhũn, không bị chảy nước ra nhiều làm miếng dứa teo lại và không ngả sang màu thâm đen.

+ Tiêu chuẩn hình thức:

- Dứa khoanh: miếng dứa tròn đều, miếng dứa không còn lõi, không bầm dập, chiều dày miếng dứa 14 - 16mm. Đường kính mỗi khoanh không nhỏ hơn 55mm. Trong mỗi túi, kích thước và hình dạng tương đối đồng đều.

- Dứa rẽ quạt: không sót lõi, kích thước không nhỏ hơn 40mm.

- Dứa miếng nhỏ: kích thước cung lớn miếng dứa không nhỏ quá 20mm.

+ Tiêu chuẩn bao bì: Dứa đóng trong hòm cáctông số 13, hòm sạch, tráng parafin để chống ẩm. Trên hòm phải ghi ký mã hiệu và nội dung đã ký với khách hàng. Mỗi hòm 17 túi, mỗi túi khoảng 500g. Khối lượng tịnh mỗi hòm là 8,5kg, khối lượng cả bì là 10,5kg.

Túi nilông sạch và ghi ký hiệu, đóng kín bằng hàn nhiệt (cỡ túi 30×20 cm).

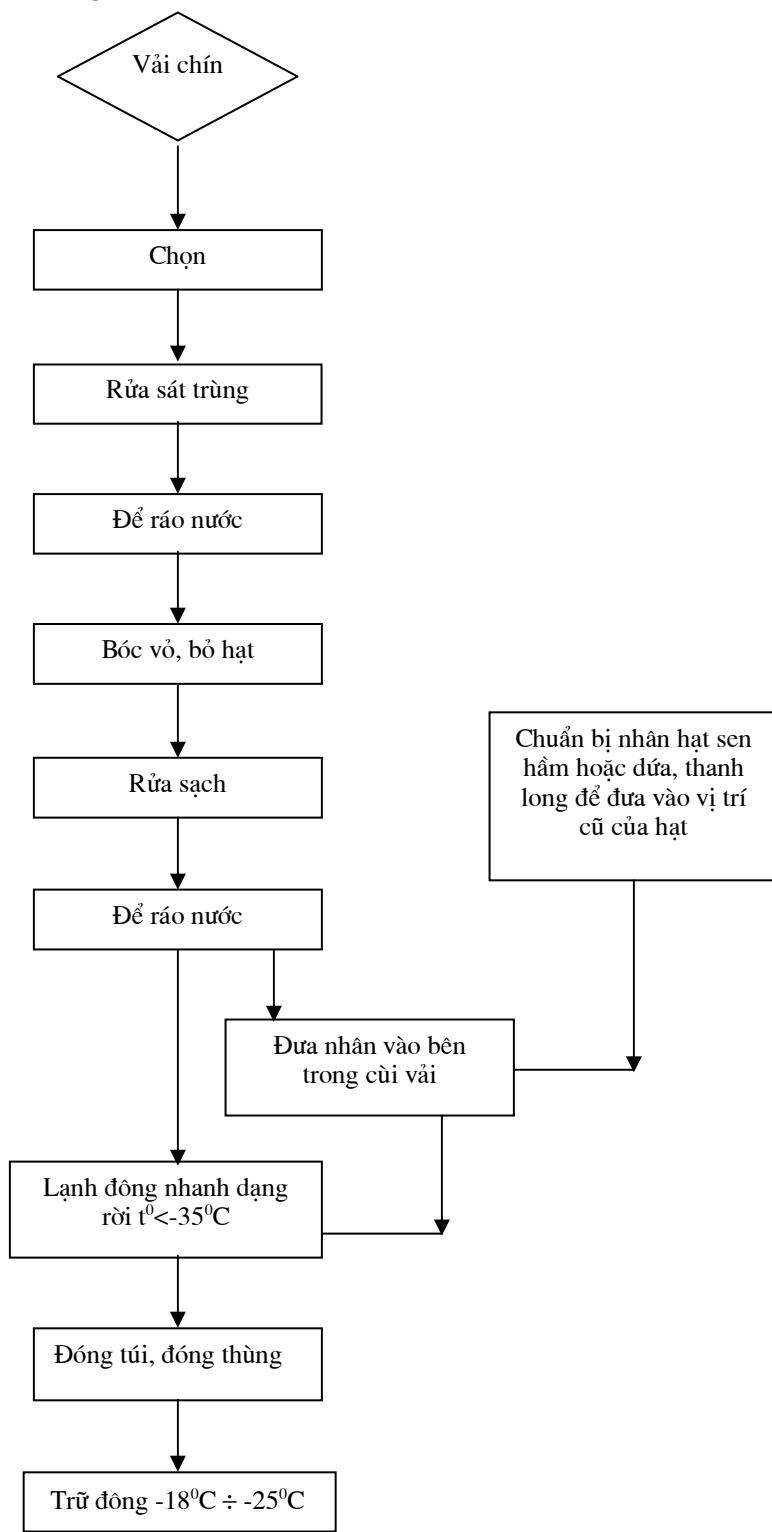
+ Tiêu chuẩn vi sinh vật:

- Tạp trùng không quá 5000con/1g sản phẩm.

- Không có vi trùng gây bệnh: E.coli, Cl, Welchi, ...

- Hoạt độ Brômelin của dứa lạnh đông bảo quản ở $t^0 = -18^{\circ}\text{C}$ trước 6 tháng phải còn trên 80%, từ $6 \div 12$ phải còn hơn 50% so với dứa tươi. (Brômelin là men tiêu hoá rất quí).

b/ Quy trình chế biến vải lạnh đông.



Hình 5.9. Qui trình chế biến vải lạnh đông.

+ Nguyên liệu

Nguyên liệu là vải chua hoặc vải thiều đủ độ chín kỹ thuật. Quả vải cứng, không sâu bệnh dập nát, không bị lên men mốc.

+ Chọn và phân loại:

Chọn và phân loại bỏ các loại quả không đủ độ chín kỹ thuật, sâu bệnh, dập nát, sau đó được phân loại theo cấp hạng để sau này dùng dao tách hạt cho dễ dàng. Trong quá trình này thực hiện luôn việc vặt cuống.

+ Rửa, sát trùng

Vải sau khi chọn và phân loại, ngâm trong dung dịch Chlorine 15 ppm trong 5 phút, sau đó đưa sang máy rửa, thổi khí để làm sạch tạp chất và sát trùng bề mặt quả vải. Rửa xong, cần tráng lại bằng nước sạch và cho ráo nước trên bàn có lỗ thoát nước.

+ Bóc vỏ, tách hạt

Nhầm loại bỏ các thành phần không sử dụng. Bóc 1 phần vỏ quanh cuống sao cho vừa đủ ống lấy hạt. Ống dao lấy hạt dạng côn đường kính $10 \div 17\text{mm}$ tùy theo loại vải. Ống làm bằng thép không gỉ. Khi lấy hạt ống dao xoáy vào quả vải phần đã bóc vỏ. Cùi vải tách khỏi hạt. Rút ống dao ra xoay theo chiều ngược lại, hạt sẽ được lấy ra. Bóc lốt phần vỏ còn lại, thả cùi vào khay chứa. Yêu cầu cùi vải không rách, giữ nguyên hình dạng quả vải.

+ Ngâm và rửa lại

Cùi vải lấy ra phải ngâm ngay vào $\text{CaCl}_2 0,5\%$ trong $10 - 15$ phút nhằm tăng độ cứng của cùi vải, khi ăn sẽ dòn. Sau đó rửa lại bằng nước sạch nhầm loại bỏ CaCl_2 , tạo màu và hương vị tự nhiên của cùi vải. Làm ráo nước.

+ Chuẩn bị nhân

Tùy theo khách hàng có thể cho hay không cho nhân vào cùi vải. Cho nhân nhằm tăng độ cứng và hình dáng của cùi vải; đồng thời làm tăng hương vị và dinh dưỡng cho sản phẩm. Nhân là hạt sen hầm nhừ trong dung dịch đường nồng độ $15 - 18\%$.

+ Làm lạnh đông nhanh.

Vải sau khi xếp vào khay đưa vào lạnh đông nhanh ở -35°C . Sau khi đạt nhiệt độ -12°C thì kết thúc(khoảng 2 – 3 giờ)

+ Đóng túi, đóng thùng.

Vải sau khi làm lạnh đông đóng vào hộp nhựa(mỗi hộp 0,5 Kg) và làm kín. Các hộp vải xếp vào thùng cactông (khoảng 20 hộp một thùng). Công việc này làm trong phòng lạnh -10°C . Thùng và hộp phải sát trùng và để trước ở phòng lạnh 3 – 4 giờ trước khi đóng thùng. Trong mỗi hộp có giấy ghi ca, ngày sản xuất, kí hiệu hàng, tên nhà máy, thời hạn sử dụng ... theo yêu cầu của khách hàng.

+ Bảo quản lạnh đông: Thùng vải phải đưa ngay vào kho bảo quản lạnh đông ở $-18 \div -25^{\circ}\text{C}$, thời hạn bảo quản không quá 6 tháng.

Tài liệu tham khảo

1. Hướng dẫn thiết kế hệ thống lạnh.

Nguyễn Đức Lợi *NXBKHKT 2002*

2. Kỹ thuật lạnh thực phẩm

TS. Nguyễn Xuân Phương *NXBKHKT 2004*

3. Kỹ thuật công nghiệp lạnh đông

Trần Đức Ba – Phạm Văn Bôn – Nguyễn Văn Tài
NCB Công nhân Kỹ thuật 1985.

4. Manual of refrigerated storage in the Warmer developing countries.

5.ХОЛОДИЛЬНЫЕ Машины И ХСТАНОВКИ

МОСКВА 1982

PHỤ LỤC

Phụ lục 1. *Những thông tin chính về chất tải lạnh và môi chất lạnh.*

Chất tải lạnh, môi chất lạnh	Công thức hoá	Kí hiệu qui ước	Khối lượng phân tử Kg/mol	Nhiệt độ sôi bình thường (°C)	Nhiệt độ chuẩn t_{kp} (°C)	áp suất chuẩn P_{kp} (Pa)	Thể tích riêng chuẩn V_{kp} (m ³ /Kg)	Nhiệt độ đông đặc t_z (°C)	Chỉ số đoạn nhiệt K
Nước	H ₂ O	–	18,016	100,0	374,12	212,2	3,00	0	1,33
Không khí	–	–	28,96	-194,4	-140,7	37,69	–	–	1,40
NH ₃	NH ₃	–	17,03	-33,4	132,4	112,9	4,13	-77,7	1,30
Axit cacbônic	CO ₂	–	44,01	-78,5	31,0	73,8	2,156	-56,6	1,30
Sunfua anhyđrit	SO ₂	–	66,07	-10,0	157,5	78,8	1,920	-75,3	1,26
Dicldiflo metan	CF ₂ Cl ₂	–	120,92	-29,8	112,04	41,2	1,793	-155,0	1,14
Monoclotriflomêtan	CF ₃ Cl	R _Θ -13	104,47	-81,5	28,78	38,6	1,721	-180,0	–
Monoclodiflomêtan	CHF ₂ Cl	R _Θ -22	86,48	-40,8	96,13	49,9	1,95	-160,0	–
Tetraflomêtan	CF ₂ Cl ₂ -CF ₂ Cl	R _Θ -114	170,91	3,5	145,8	32,8	1,715	-94,0	1,107
Hỗn hợp 49%R22 và 51%R115	–	R _Θ -502	111,64	-45,6	90,0	42,7	1,788	–	–

Phụ lục 2. *Tính chất nhiệt động của NH₃ ở trạng thái bão hòa*

Nhiệt độ t (9°C)	Áp suất p.10 ⁻⁵ pa	Thể tích riêng		Mật độ		Entanpy		Nhiệt hoà hơi τ kJ/kg ⁰ K	entropy	
		Chất lỏng bão hòa v'.10 ³ (m ³ /kg)	Hơi bão hòa khô v".10 ³ (m ³ /kg)	Chất lỏng bão hòa ρ'.10 ⁻³ kg/m ³	Chất lỏng bão hòa ρ"kg/m ³	Chất lỏng bão hòa i' kJ/kg	Hơi khô bão hòa i" kJ/kg		Chất lỏng bão hòa s' kJ/kg ⁰ K	Hơi bão hòa khô s" kJ/kg ⁰ K
- 60	0,2186	1,4008	4715,8	0,7139	0,2121	- 147,94	1293,03	1441,03	-2,5462	4,2144
- 55	0,3009	1,4123	3497,5	0,7081	0,2859	- 126,97	1302,12	1429,12	-2,4490	4,1921
-50	0,4076	1,4242	2633,4	0,7022	0,3797	- 105,73	1310,94	1416,67	-2,3528	3,9957
-45	0,5440	1,4364	2010,6	0,6962	0,4874	-84,16	1319,45	1403,61	-2,2573	3,8948
- 40	0,7159	1,4490	1555,1	0,6901	0,6431	-62,33	1327,65	1389,97	-2,1628	3,7989
-35	0,9300	1,4620	1217,3	0,6840	0,8215	-40,19	1335,52	1375,71	-2,0690	3,7077
-30	1,1936	1,4753	963,5	0,6778	1,0379	-17,77	1343,02	1360,79	-1,9760	3,6206
-25	1,5145	1,4892	770,5	0,6715	1,2978	4,93	1350,15	1345,22	-1,8838	3,5372
-20	1,9015	1,5035	622,1	0,6651	1,6074	27,89	1356,86	1328,97	-1,7924	3,4574
-15	2,3636	1,5383	506,8	0,6587	1,9731	54,09	1363,14	1312,06	-1,7019	3,3806
-10	2,9106	1,5336	416,3	0,6521	2,4020	74,48	1368,96	1294,48	-1,6125	3,3067
-5	3,5531	1,5495	344,6	0,6454	2,9018	98,05	1374,30	1276,25	-1,5241	3,2353
0	4,3017	1,5660	287,3	0,6386	3,4805	124,76	1379,14	1257,38	-1,4370	3,1663
5	5,1679	1,5831	241,1	0,6317	4,1469	145,57	1383,45	1237,89	-1,3511	3,0994
10	6,6135	1,6010	203,7	0,6246	4,9104	169,43	1387,23	1217,80	-1,2666	3,0343
15	7,3007	1,6196	173,0	0,6174	5,7810	193,32	1390,44	1197,12	-1,1836	2,9709

20	8,5922	1,6390	147,7	0,6101	6,7695	217,20	1393,08	1175,88	-1,1022	2,9090
25	10,051	1,6594	126,8	0,6026	7,8879	241,03	1395,12	1154,10	-1,0224	2,8485
30	11,690	1,6807	109,3	0,5950	9,1488	264,79	1396,56	1131,78	-0,9443	2,7891
35	13,525	1,7031	94,6	0,5872	10,566	288,45	1397,38	1108,93	-0,8679	2,7308
40	15,567	1,7267	82,3	0,5792	12,156	312,01	1397,55	1085,55	-0,7932	2,6734
45	17,834	1,7515	71,8	0,5709	13,934	335,45	1397,08	1061,62	-0,7201	2,6167
50	20,338	1,7779	62,8	0,5625	15,921	358,79	1395,92	1037,13	-0,6487	2,5607
55	23,098	1,8058	55,1	0,5538	18,138	382,04	1394,06	1012,03	-0,5789	2,5052
60	26,127	1,8357	48,5	0,5448	20,610	405,23	1391,74	986,24	-0,5104	2,4500

Phụ lục 3. Tính chất nhiệt động của R12 ở trạng thái bão hòa.

Nhiệt độ t (9°C)	áp suất p.10 ⁻⁵ pa	Thể tích riêng		Mật độ		Entropy		Nhiệt hoá hơi τ kJ/kg ⁰ K	entropy	
		Chất lỏng bão hòa khô v'.10 ³ (m ³ /kg)	Hơi bão hoà khô v".10 ³ (m ³ /kg)	Chất lỏng bão hòa ρ'.10 ⁻³ kg/m ³	Chất lỏng bão hòa ρ"kg/m ³	Chất lỏng bão hòa i' kJ/kg	Hơi khô bão hoà i" kJ/kg		Chất lỏng bão hòa s' kJ/kg ⁰ K	Hơi bão hoà khô s" kJ/kg ⁰ K
- 60	0,2262	0,6355	0,6386	1,574	1,566	345,90	524,19	178,29	3,7776	4,6140
- 55	0,299	0,6411	0,4914	1,560	2,035	350,21	526,54	176,33	3,7975	4,6059
- 50	0,3919	0,6468	0,3834	1,546	2,608	354,55	528,90	174,35	3,8172	4,5985
- 45	0,5051	0,6527	0,3029	1,532	3,302	358,93	531,25	172,32	3,8366	4,5919
- 40	0,6430	0,6588	0,2421	1,518	4,131	363,34	534,60	170,26	3,8557	4,5859
- 35	0,8088	0,6651	0,1956	1,503	5,114	367,80	535,95	168,16	3,845	4,5806
- 30	1,006	0,6717	0,1595	1,489	6,268	372,29	538,30	166,00	3,8932	4,5759
- 25	1,240	0,6784	0,1314	1,474	7,613	376,81	540,63	163,82	3,9115	4,5716
- 20	1,513	0,6854	0,1091	1,459	9,169	318,38	542,96	161,58	3,9296	4,5679
- 15	1,830	0,6927	0,0913	1,444	10,96	385,98	545,26	159,28	3,9476	4,5646
- 10	2,196	0,7003	0,0769	1,428	13,00	390,63	547,55	156,92	3,9653	4,5616
- 5	2,614	0,7028	0,0652	1,412	15,33	395,30	549,82	154,52	3,9828	4,5590
0	3,091	0,7164	0,0557	1,396	17,96	400,0	552,06	152,06	4,0000	4,5567
5	3,620	0,7250	0,0478	1,379	20,94	404,75	554,28	149,53	4,0171	4,5547
10	4,235	0,7340	0,0412	1,362	24,28	409,54	556,45	146,92	4,0340	4,5528
15	4,913	0,7434	0,0357	1,345	28,02	414,36	558,59	144,23	4,0507	4,5512
20	5,669	0,7533	0,0311	1,327	32,20	419,22	560,69	141,46	4,0672	4,5498
25	6,508	0,7637	0,0271	1,309	36,87	424,13	562,73	138,61	4,0836	4,5485
30	7,435	0,7748	0,0238	1,291	42,08	429,08	564,72	135,64	4,0998	4,5473
35	8,456	0,7864	0,0209	1,272	47,88	434,09	566,64	132,55	4,1169	4,5461
40	9,577	0,7989	0,0184	1,252	54,34	439,16	568,48	129,32	4,1320	4,5450
45	10,80	0,8122	0,0163	1,231	61,54	444,28	570,24	125,95	4,1479	4,5438
50	12,14	0,8264	0,0144	1,210	69,85	449,49	571,89	122,40	4,1638	4,5426
55	13,60	0,8418	0,0127	1,188	78,56	454,78	573,43	118,64	4,1797	4,5413
60	15,19	0,8585	0,0113	1,165	88,63	460,18	574,83	114,65	4,1956	4,5398

Phụ lục 4. Tính chất cơ bản của dung dịch nước clorit canxi

Mật độ ở 15°C Kg/l	Hàm lượng muối trong dung dịch %	Nhiệt độ đóng băng(°C).	Nhiệt dung riêng KJ/kg °K ở nhiệt độ (°C)				
			0	-10	-20	-30	-40
1,0	0,1	0	4,2	—	—	—	—
1,05	5,9	-3,0	3,83	—	—	—	—
1,10	11,5	-7,1	3,5	—	—	—	—
1,15	16,8	-12,7	3,22	3,2	—	—	—
1,16	17,8	-14,2	3,17	3,15	—	—	—
1,17	18,9	-15,7	3,13	3,11	—	—	—
1,18	19,9	-17,4	3,09	3,06	—	—	—
1,19	20,9	-19,2	3,04	3,02	—	—	—
1,20	21,9	-21,2	3,0	2,98	2,95	—	—
1,21	22,8	-23,3	2,96	2,94	2,91	—	—
1,22	23,8	-25,7	2,93	2,91	2,88	—	—
1,23	24,7	-28,3	2,9	2,87	2,85	—	—
1,24	25,7	-31,2	2,87	2,84	2,82	2,79	—
1,25	26,6	-34,6	2,84	2,81	2,79	2,76	—
1,26	27,5	-38,6	2,81	2,78	2,76	2,73	—
1,27	28,4	-43,6	2,78	2,76	2,73	2,71	2,68
1,28	29,4	-50,1	2,76	2,73	2,71	2,68	2,65
1,286	29,9	-55,0	2,73	2,71	2,69	2,66	2,64

Phụ lục 5. Năng suất lạnh riêng thể tích của R12.

Nhiệt độ riêng (°C)	q _v KJ/m ³ ở nhiệt độ trước khi điều chỉnh thông gió(°C)												
	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+10	+15	+20	+25	+30
-50	408,6	397,3	386,0	374,3	362,6	350,9	338,7	326,6	314,0	301,4	288,9	275,9	262,9
-45	524,2	510,0	495,7	481,1	466,4	451,3	436,3	420,8	405,3	389,4	373,0	365,7	340,4
-40	665,3	647,3	629,7	611,3	592,9	574,0	555,2	535,9	516,2	496,6	476,5	455,9	435,4
-35	835,7	813,5	791,7	768,7	746,1	722,6	699,2	675,3	651,0	626,8	601,6	576,9	551,4
-30	1037,5	1010,7	983,5	955,8	927,8	899,3	870,4	841,5	811,8	781,7	781,5	721,0	689,6
-25	—	1243,1	1210,4	1176,9	1143,0	1108,7	1073,5	1038,3	1002,3	965,9	929,1	892,2	854,5
-20	—	—	1477,1	1436,9	1395,9	1354,8	1313,0	1270,3	1227,2	1183,6	1139,2	1094,4	1049,2
-15	—	—	—	1742,1	1693,1	1644,2	1593,9	1543,3	1492,2	1439,8	1386,7	1333,5	1279,5
-10	—	—	—	—	2041,1	1982,5	1923,0	1862,7	1801,2	1738,8	1676,4	1617,4	1548,7
-5	—	—	—	—	—	—	—	2226,5	2156,2	2082,9	2009,2	1934,7	1858,9
0	—	—	—	—	—	—	—	2648,6	2565,7	2480,3	2393,6	2306,5	2217,7
+5	—	—	—	—	—	—	—	3137,6	3037,5	2937,5	2837,9	2735,2	2631,8
+10	—	—	—	—	—	—	—	—	3567,2	3452,9	3335,2	3218,0	3098,2

Phụ lục 6. Năng suất riêng thể tích của R12.

Nhiệt độ riêng (°C)	q_v , KJ/m ³ ở nhiệt độ trước khi điều chỉnh thông gió(°C)													
	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+10	+15	+20	
-60	417,8	407,8	397,3	386,9	376,4	365,9	355,5	345,0	334,1	322,4	310,7	298,1	286,0	
-50	707,6	690,8	674,1	657,3	640,6	623,8	602,9	586,2	569,4	548,5	531,7	510,8	489,9	
-40	1138,8	1113,7	1088,6	1059,3	1034,1	1004,8	979,7	950,4	925,3	891,8	858,3	829,0	795,5	
-30	-	-	1678,3	1645,4	1603,5	1561,7	1519,8	1477,9	1436,1	1385,8	1339,8	1293,5	1243,5	
-25	-	-	-	2001,3	1951,0	1900,8	1850,6	1800,3	1750,1	1695,7	1637,0	1578,4	1519,8	
-20	-	-	-	-	2378,1	2319,5	2256,7	2198,1	2135,3	2086,3	1997,1	1930,1	1858,9	
-15	-	-	-	-	-	2792,6	2721,4	2650,2	2574,9	2495,3	2415,8	2327,9	2244,1	
-10	-	-	-	-	-	-	3278,3	3190,3	3102,4	3006,1	2909,8	2809,3	2708,9	
-5	-	-	-	-	-	-	-	3801,6	3696,9	3583,9	3470,9	3353,6	3236,4	

Phụ lục 7. Tính chất vật lý của không khí ẩm

Nhiệt độ, °C	Mật độ không khí khô, Kg/m ³	Mật độ không khí bão hòa, Kg/m ³	Áp suất hơi nước, KPa	Hàm lượng ẩm của KK bão hòa		Nhiệt dung không khí bão hòa, KJ/Kg ⁰ K	Entanpy của không khí bão hòa, KJ/Kg
				g/m ³	g/Kg		
40	1,128	1,097	7,36	50,91	48,8	1,109	165,8
38	1,135	1,107	6,61	46,00	43,5	1,096	149,5
36	1,142	1,116	5,93	41,51	38,8	1,088	135,6
34	1,150	1,126	5,31	37,40	34,4	1,080	122,7
32	1,157	1,136	4,74	33,64	30,6	1,071	110,1
30	1,165	1,146	4,23	30,21	27,2	1,063	99,6
28	1,173	1,156	3,77	27,09	24,0	1,059	89,2
26	1,181	1,166	3,35	24,24	21,4	1,050	80,4
24	1,189	1,176	2,98	21,68	18,8	1,042	72,0
22	1,197	1,185	2,64	19,33	16,6	1,042	64,1
20	1,205	1,195	2,33	17,22	14,7	1,038	57,8
18	1,213	1,204	2,09	15,31	12,9	1,038	50,7
16	1,222	1,214	1,81	13,59	11,4	1,034	44,8
14	1,230	1,223	1,59	12,03	9,97	1,029	39,2
12	1,238	1,232	1,40	10,64	8,75	1,025	34,1
10	1,247	1,242	1,22	9,39	7,63	1,025	29,2
8	1,256	1,251	1,07	8,28	6,56	1,025	24,7
6	1,265	1,261	0,93	7,28	5,79	1,021	20,5
4	1,275	1,271	0,81	6,39	5,03	1,021	16,6
2	1,284	1,281	0,70	5,60	4,37	1,017	12,9
+0	1,293	1,290	0,61	4,89	3,78	1,017	9,8
-2	1,303	1,301	0,52	4,22	3,19	1,017	5,9

-4	1,312	1,310	0,44	3,64	2,69	1,017	2,7
-6	1,322	1,320	0,37	3,13	2,27	1,013	-0,4
-8	1,332	1,331	0,31	2,69	1,19	1,013	-3,3
-10	1,342	1,341	0,26	2,30	1,60	1,013	-6,1
-12	1,353	1,350	0,22	1,98	1,33	1,013	-8,7
-14	1,363	1,361	0,18	1,70	1,11	1,013	-11,3
-16	1,374	1,372	0,15	1,46	0,92	1,013	-13,9
-18	1,385	1,384	0,13	1,25	0,76	1,009	-16,3
-20	1,396	1,395	0,10	1,05	0,63	1,009	-19,8

MỤC LỤC

Chương 1.

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN

1.1. Cơ sở nhiệt động của máy lạnh.....	2
1.1.1. Chu trình Cácnô (Quá trình vòng tròn ngược).....	3
1.1.2. Đồ thị nhiệt động.....	5
1.2. Tác nhân lạnh và môi trường truyền lạnh.....	7
1.2.1. Tác nhân lạnh.	7
1.2.2. Môi trường truyền lạnh.....	10
1.3. Khái niệm cơ bản về kỹ thuật lạnh và lạnh đông thực phẩm.....	12
1.3.1. Tổn thất và bảo vệ thực phẩm.	12
1.3.2 Enzym và vi sinh vật	13
1.3.3. Ảnh hưởng của nhiệt độ tới phản ứng sinh hoá và sự phát triển của vi sinh vật.	13
1.3.4. Chất lượng ban đầu của sản phẩm và phương pháp bảo quản lạnh.	14
1.3.5. Sự ướp lạnh.....	15
1.3.6 . Lạnh đông	18

Chương 2

CÁC QUÁ TRÌNH VÀ THIẾT BỊ CỦA HỆ THỐNG LẠNH

2.1. Các chu trình của máy lạnh nén hơi.	21
2.1.2. Chu trình làm việc của máy lạnh nén hơi 1 cấp.	21
2.1.3. Chu trình lạnh 2 cấp	25
2.2. Các thiết bị truyền nhiệt cơ bản trong hệ thống lạnh.....	30
2.2.1. Thiết bị ngưng tụ	30
2.2.2. Thiết bị bốc hơi.....	32
2.2.3. Thiết bị làm lạnh không khí.	34

Chương 3

TÍNH TOÁN VÀ LỰA CHỌN THIẾT BỊ CHO HỆ THỐNG LẠNH

3.1. Tính và chọn máy nén hơi 1 cấp.....	37
3.1.1. Chọn các thông số của chế độ làm việc	37
3.1.2. Chu trình máy lạnh nén hơi một cấp	39
3.1.3. Xác định theo điều kiện tiêu chuẩn.	45
3.2. Tính và chạy máy nén hơi 2 cấp.....	47
3.2.1. Chu trình 2 cấp làm mát trung gian hoàn toàn	47
3.2.2. Chu trình hai cấp bình trung gian có ống xoắn.	49
3.3. Tính, chọn thiết bị ngưng tụ.	52
3.3.1. Cho kiểu thiết bị ngưng tụ	52
3.3.2. Tính thiết bị ngưng.	56
3.4. Tính thiết bị bốc hơi.....	58

3.4.1. Phân thiết bị bay hơi.....	58
3.4.2. Tính chọn thiết bị bay hơi làm lạnh chất tải lỏng.....	59
3.4.3. Tính và chọn giàn lạnh không khí	62
3.5. Tính và chọn các thiết bị phụ trợ cho hệ thống lạnh	64
3.5.1. Bình tách lỏng.....	64
3.5.2. Bình tách dầu	64

Chương 4

THIẾT KẾ KHO LẠNH THỰC PHẨM

4.1. Phân loại kho lạnh.	67
4.1.1. Phân loại kho lạnh:.....	67
4.1.2. Phân loại phòng lạnh.....	67
4.2. Các thông số ban đầu khi thiết kế kho lạnh.....	68
4.2.1. Những số liệu về khí tượng.	68
4.2.2. Chọn nhiệt độ nước làm mát	72
4.2.3. Số liệu về chế độ bảo quản.	72
4.2.4. Hiệu nhiệt độ giữa các vách ngăn.....	73
4.2.5. Phương pháp xếp dỡ - Máy nâng hạ.....	73
4.3. Tính diện tích xây dựng và mặt bằng kho.	74
4.3.1. Dung tích và tiêu chuẩn chất tải.....	74
4.3.2. Sự thoát tải và kích thước bên trong.....	78
4.3.3. Chọn mặt bằng xây dựng.....	78
4.3.4. Phân bố diện tích các phòng.....	79
4.4. Cấu trúc và cách nhiệt ẩm cho kho lạnh.....	80
4.4.1. Đặc tính của cách nhiệt.....	81
4.4.2. Tính kín khít - chống cháy.	82
4.4.3. Tính chất vật lý của vật liệu cách nhiệt.	82
4.5. Tính cân bằng nhiệt kho lạnh	91
4.5.1. Dòng nhiệt qua kết cấu bao che Q_1	92
4.5.2. Dòng nhiệt do sản phẩm toả ra Q_2	93
4.5.3. Dòng nhiệt thông gió phòng lạnh Q_3	95
4.5.4. Dòng nhiệt vận hành Q_4	95
4.5.5. Dòng nhiệt do hô hấp của rau quả Q_5	96
4.5.6. Xác định phụ tải nhiệt cho máy nén và thiết bị	96

Chương 5

KỸ THUẬT LẠNH VÀ LẠNH ĐÔNG THỰC PHẨM

5.1. Cơ sở lý thuyết	97
5.1.1. Tác dụng của nhiệt độ thấp đối với vi sinh vật	97
5.1.2. Tác dụng của nhiệt độ thấp đối với tế bào sống và thực phẩm.	98
5.2. Kỹ thuật làm lạnh và bảo quản lạnh thực phẩm.	100
5.2.1. Kỹ thuật làm lạnh.....	100
5.2.2. Kỹ thuật bảo quản lạnh thực phẩm.....	101

5.3. Kỹ thuật lạnh đông và bảo quản đông thực phẩm	103
5.3.1. Các phương pháp lạnh đông thực phẩm.....	103
5.3.2. Những biến đổi của sản phẩm liên quan tới lạnh đông.....	103
5.3.3. Sự thay đổi entanpy.....	107
5.3.4. Các biến đổi vật lý khác.....	110
5.3.5. Thời gian lạnh đông.....	111
5.3.6. Những biến đổi của thực phẩm đông lạnh trong quá trình trữ đông.....	112
5.4. Kỹ thuật tan giá thực phẩm đã lạnh đông.....	113
5.4.1. Tan giá và làm ấm.....	113
5.4.2. Vai trò công đoạn tan giá.....	116
5.5. Quy trình kỹ thuật làm lạnh và lạnh đông một số thực phẩm.....	116
5.5.1. Chế biến lạnh đông các loại thuỷ sản.....	116
5.5.2. Chế biến lạnh đông các loại thịt.....	122
5.5.3. Bảo quản và chế biến lạnh đông rau quả.....	123
<i>Tài liệu tham khảo</i>	<i>131</i>
<i>PHỤ LỤC</i>	<i>132</i>