

TS. NGUYỄN XUÂN PHƯƠNG

Kỹ thuật lạnh thực phẩm



NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

TS. NGUYỄN XUÂN PHƯƠNG

KỸ THUẬT LẠNH THỰC PHẨM



**NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT
HÀ NỘI**

MỤC LỤC

Chương 1

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN

9

1.1. Cơ sở kỹ thuật nhiệt trong kỹ thuật lạnh	9
1.1.1. Định luật 1 nhiệt động	9
1.1.2. Định luật 2 nhiệt động	10
1.1.3. Chu trình nhiệt động	11
1.1.4. Hiệu suất nhiệt và hệ số làm lạnh của chu trình nhiệt động	12
1.2. Chu trình Carnot và ứng dụng trong kỹ thuật lạnh	13
1.2.1. Chu trình Carnot thuận nghịch thuận chiều	13
1.2.2. Chu trình Carnot thuận nghịch ngược chiều	15
1.2.3. Ứng dụng chu trình Carnot thuận nghịch ngược chiều trong kỹ thuật lạnh	16
1.3. Tác nhân lạnh và môi trường truyền lạnh	18
1.3.1. Tác nhân lạnh ở dạng lỏng	19
1.3.2. Tác nhân lạnh ở dạng rắn	22
1.3.3. Chất tải lạnh (môi trường truyền lạnh)	22
1.4. Các khái niệm cơ bản về công nghệ lạnh thực phẩm	26
1.4.1. Phân biệt lạnh thường, lạnh đông, lạnh thâm độ và lạnh tuyệt đối	26
1.4.2. Sự khác nhau giữa làm lạnh và làm lạnh đông thực phẩm	27
1.4.3. Những biến đổi xảy ra khi làm lạnh và làm lạnh đông thực phẩm	27
1.4.4. Ý nghĩa của việc làm lạnh và làm lạnh đông thực phẩm	40

Chương 2

CƠ SỞ LÝ THUYẾT CÁC QUÁ TRÌNH VÀ THIẾT BỊ CỦA HỆ THỐNG LẠNH TRONG THỰC PHẨM

42

2.1. Các chu trình tiêu biểu của máy lạnh nén hơi	42
2.1.1. Chu trình làm việc của máy lạnh nén hơi một cấp có quá nhiệt hơi hút và quá lạnh dịch môi chất	42

2.1.2. Chu trình làm việc của máy lạnh nén hơi hai cấp	45
2.1.3. Chu trình làm việc của máy lạnh nén hơi ba cấp	50
2.1.4. Quá trình làm việc của hệ thống máy lạnh chuyển tiếp (máy lạnh cascade)	51
2.1.5. Chu trình làm việc của máy lạnh chuyển tiếp tương đương với hệ thống nén lạnh ba cấp	54
2.2. Các thiết bị truyền nhiệt cơ bản trong hệ thống lạnh	56
2.2.1. Vai trò và ứng dụng của thiết bị truyền nhiệt trong hệ thống lạnh	56
2.2.2. Thiết bị bốc hơi	57
2.2.3. Thiết bị làm lạnh không khí	59
2.2.4. Thiết bị ngưng tụ	61
2.3. Cơ sở thiết kế kho lạnh thực phẩm	67
2.3.1. Phân loại kho lạnh	68
2.3.2. Những số liệu ban đầu cần cho thiết kế kho lạnh	69
2.3.3. Tính diện tích xây dựng và bố trí mặt bằng kho lạnh	70
2.3.4. Tính cách nhiệt và cách ẩm kho lạnh	76
2.3.5. Tính cân bằng nhiệt kho lạnh	85

Chương 3

TÍNH VÀ CHỌN THIẾT BỊ CHO HỆ THỐNG LẠNH 99

3.1. Tính và chọn máy lạnh nén hơi một cấp	99
3.1.1. Chọn các thông số của chế độ làm việc	99
3.1.2. Xác định chu trình làm việc của máy lạnh nén hơi một cấp	102
3.1.3. Tính và chọn máy nén cho chu trình một cấp	105
3.2. Tính và chọn máy nén cho hệ thống máy lạnh nén hơi hai cấp	112
3.2.1. Chu trình máy lạnh nén hơi hai cấp làm mát trung gian hoàn toàn	112
3.2.2. Chu trình máy lạnh nén hơi hai cấp bình trung gian ống xoắn	117
3.2.3. Tính và chọn máy nén cho chu trình hai cấp	119
3.3. Tính và chọn thiết bị ngưng tụ cho hệ thống lạnh	121
3.3.1. Phân loại các thiết bị ngưng tụ	121

3.3.2. Tính và chọn thiết bị ngưng tụ	132
3.4. Tính và chọn thiết bị bay hơi	134
3.4.1. Phân loại các thiết bị bay hơi	134
3.4.2. Tính và chọn thiết bị bay hơi làm lạnh chất tải lạnh lỏng	135
3.4.3. Tính và chọn giàn lạnh không khí tĩnh	138
3.4.4. Tính và chọn giàn lạnh không khí có quạt gió	141
3.5. Tính và chọn hệ thống thiết bị phụ cho hệ thống lạnh	143
3.5.1. Tính và chọn bình chứa tác nhân lỏng	144
3.5.2. Tính và chọn bình tách lỏng	147
3.5.3. Tính và chọn bình trung gian	148
3.5.4. Tính và chọn bình tách dầu	149
3.5.5. Tính và chọn tháp giải nhiệt	150

Chương 4

CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ KỸ THUẬT LẠNH VÀ LẠNH ĐÔNG THỰC PHẨM

4.1. Cơ sở lý thuyết về kỹ thuật lạnh và lạnh đông thực phẩm	153
4.1.1. Tác dụng của nhiệt độ thấp đối với vi sinh vật	153
4.1.2. Tác dụng của nhiệt độ thấp đối với tế bào của cơ thể sống và thực phẩm	155
4.2. Kỹ thuật làm lạnh và bảo quản lạnh thực phẩm	158
4.2.1. Kỹ thuật làm lạnh thực phẩm	158
4.2.2. Kỹ thuật bảo quản lạnh thực phẩm	162
4.3. Kỹ thuật làm lạnh đông và bảo quản lạnh đông thực phẩm	169
4.3.1. Kỹ thuật làm lạnh đông thực phẩm	169
4.3.2. Kỹ thuật bảo quản lạnh đông thực phẩm	174

Chương 5

CÔNG NGHỆ, KỸ THUẬT CHẾ BIẾN LẠNH VÀ LẠNH ĐÔNG THỰC PHẨM NHIỆT ĐỐI

5.1. Quy trình chế biến lạnh đông một số rau quả đặc sản Việt Nam	178
---	-----

5.1.1. Khái niệm chung	178
5.1.2. Quy trình kỹ thuật chế biến dưa lạnh đông	181
5.1.3. Quy trình kỹ thuật chế biến dưa lạnh đông	188
5.1.4. Quy trình kỹ thuật chế biến nhãn lạnh đông	193
5.1.5. Quy trình kỹ thuật chế biến xoài lạnh đông	196
5.1.6. Quy trình kỹ thuật chế biến vải lạnh đông	198
5.2. Quy trình chế biến lạnh đông một số thủy sản Việt Nam	203
5.2.1. Quy trình kỹ thuật chế biến tôm đông lạnh	203
5.2.2. Quy trình kỹ thuật chế biến cá đông lạnh	211
5.2.3. Quy trình kỹ thuật chế biến mực đông lạnh	215
5.3. Quy trình chế biến lạnh đông thịt, sữa và các sản phẩm từ sữa	220
5.3.1. Quy trình kỹ thuật chế biến lạnh đông thịt và các sản phẩm từ thịt	220
5.3.2. Quy trình kỹ thuật lạnh đông sữa và các sản phẩm từ sữa	225
5.4. Kỹ thuật làm tan giá và làm ấm thực phẩm đã lạnh đông	226
5.4.1. Kỹ thuật làm tan giá thực phẩm đã lạnh đông	226
5.4.2. Kỹ thuật làm ấm thực phẩm đã lạnh đông	227
5.5. Cô đặc nước quả bằng phương pháp kết tinh dung môi	227
5.5.1. Khái niệm chung	227
5.5.2. Cơ sở lý thuyết của sự cô đặc bằng phương pháp kết tinh nước	229
5.5.3. Các giai đoạn của cô đặc bằng phương pháp kết tinh nước	234
5.5.4. Một số sơ đồ tiêu biểu cô đặc bằng phương pháp kết tinh nước trong công nghiệp	242

Chương 6

ỨNG DỤNG KỸ THUẬT LẠNH TRONG CÁC NGÀNH CÔNG NGHIỆP KHÁC VÀ TRONG ĐỜI SỐNG

6.1. Ứng dụng kỹ thuật lạnh trong nông nghiệp	247
6.1.1. Ứng dụng kỹ thuật lạnh trong bảo quản giống chăn nuôi và trồng trọt	247
6.1.2. Ứng dụng kỹ thuật lạnh trong chế biến các sản phẩm rau quả	248
6.1.3. Ứng dụng kỹ thuật lạnh trong chế biến nông sản thực phẩm	249

6.2. Ứng dụng kỹ thuật lạnh trong y tế	251
6.2.1. Ứng dụng kỹ thuật lạnh trong bảo quản thuốc và các vật phẩm y tế	251
6.2.2. Ứng dụng kỹ thuật lạnh trong điều trị lâm sàng	252
6.3. Ứng dụng kỹ thuật lạnh trong điều hoà không khí cho sản xuất và đời sống	254
6.3.1. Vai trò của điều hoà không khí	254
6.3.2. Các nguyên tắc của điều hoà không khí	256
6.3.3. Các hệ thống điều hoà không khí thường gặp	261
TÀI LIỆU THAM KHẢO	270

Chương 1

NHỮNG KHÁI NIỆM CƠ BẢN

1.1. CƠ SỞ KỸ THUẬT NHIỆT TRONG KỸ THUẬT LẠNH

1.1.1. Định luật 1 nhiệt động

Trong kỹ thuật nhiệt, định luật tổng quát và bao trùm cho các quá trình là định luật bảo toàn và chuyển hoá năng lượng, định luật này được phát biểu là: “Trong các quá trình biến đổi của tự nhiên, năng lượng không tự tạo ra và cũng không tự mất đi, nó chỉ có thể biến đổi từ dạng này sang dạng khác”.

Theo định luật này sự biến đổi năng lượng của một hệ thống bằng tổng năng lượng trao đổi với môi trường xung quanh (thường ở hai dạng: nhiệt và công) có ý nghĩa là:

$$\Delta E = E_2 - E_1 = Q - L \longrightarrow Q = \Delta E + L$$

Ở đây người ta quy định nhiệt cấp cho hệ thống là (+) và ngược lại là (-), trong đó E_1, E_2 - năng lượng đầu và cuối của hệ nhiệt;

Q - năng lượng hệ nhiệt nhận từ môi trường xung quanh;

L - số công mà hệ nhiệt thực hiện lên môi trường xung quanh.

Trong quá trình giãn nở thì công thực hiện là:

$$L = \int_{V_1}^{V_2} P dV$$

trong đó V_1, V_2 - thể tích trước và sau khi giãn nở.

Xét trong quá trình giãn nở của một hệ ΔE chính là biến đổi nội năng của hệ và $\Delta E = \Delta U$.

Như vậy ta có:

$$Q = \Delta E + L = \Delta U + \int P dV$$

Nếu xét trong một đơn vị thể tích vô cùng nhỏ thì có thể coi $P = \text{const}$ và chúng ta có:

$$dQ = dU + PdV$$

Từ công thức biến đổi trên, định luật 1 nhiệt động được phát biểu là: “Năng lượng cung cấp cho hệ thống một phần làm thay đổi nội năng của hệ, một phần thực hiện công”.

1.1.2. Định luật 2 nhiệt động

Khi nghiên cứu về định luật 1 nhiệt động người ta thấy nếu hai vật thể tiếp xúc nhau thì nhiệt truyền từ vật nóng sang vật lạnh hay ngược lại thì theo định luật 1 nhiệt động đều đúng.

Nhưng thực tế trong tự nhiên nhiệt chỉ truyền từ vật thể nóng sang vật thể lạnh, còn quá trình ngược lại chỉ thực hiện được nhờ tiêu tốn một năng lượng bên ngoài. Điều đó có nghĩa là định luật 1 không xác định được khả năng xảy ra và chiều hướng xảy ra của quá trình.

Định luật xác định khả năng và chiều hướng xảy ra của quá trình, xác định giới hạn lớn nhất có thể chuyển nhiệt thành công là định luật 2 nhiệt động. Định luật 2 nhiệt động được phát biểu trên cơ sở tổng kết từ thực nghiệm do vậy định luật 2 có nhiều cách phát biểu khác nhau nhưng đều có nội dung như nhau:

- Khi quan sát quá trình truyền nhiệt đơn thuần năm 1850 Clausius phát biểu định luật 2 nhiệt động như sau: “Nhiệt không thể tự động truyền từ vật lạnh hơn sang vật nóng hơn”. Hay nói cách khác muốn lấy năng lượng từ vật có nhiệt độ thấp sang vật có nhiệt độ cao hơn cần phải có năng lượng khác bên ngoài tác động vào.

- Qua các thực nghiệm về động cơ nhiệt năm 1851 Thomson phát biểu định luật 2 nhiệt động là: “Không thể chế tạo được động cơ nhiệt mà có kết quả duy nhất biến đổi nhiệt thành công nhờ làm lạnh một vật mà các vật thể khác xung quanh không hề chịu bất cứ một sự thay đổi nào cả”.

Loại động cơ mà chuyển toàn bộ nhiệt nhận được từ một vật thể mà không truyền một lượng nhiệt nào cho vật thể có nhiệt độ thấp hơn gọi là động cơ vĩnh cửu loại 2. Vì vậy định luật 2 nhiệt động có thể phát biểu cách khác là: “Không thể chế tạo được động cơ vĩnh cửu loại 2”.

Thực tế thì cách phát biểu của Clausius và Thomson là như nhau.

Ví dụ, ta không thể lấy nhiệt lượng Q từ vật thể có nhiệt độ t_1 chuyển thành

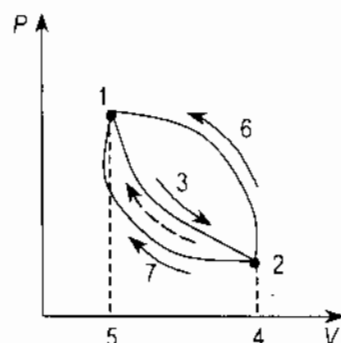
công L rồi bằng ma sát có thể chuyển công L thành nhiệt để truyền cho vật thể có nhiệt độ t_2 lớn hơn ($t_2 > t_1$).

Định luật 2 nhiệt động có thể được phát biểu theo cách thứ ba là: “Không thể biến toàn bộ nhiệt thành công nhờ máy nhiệt chạy tuần hoàn”.

1.1.3. Chu trình nhiệt động

Khi môi chất giãn nở trong xylanh đến thời điểm nhiệt độ và áp suất bằng nhiệt độ và áp suất của môi trường xung quanh thì dừng lại (không thể giãn nở nữa) như vậy sinh công một lần. Vậy muốn có quá trình giãn nở sinh công lần 2 (lặp lại lần đầu) cần có quá trình chuyển môi chất về trạng thái ban đầu. Nghĩa là môi chất đã thực hiện một quá trình khép kín hay còn gọi là chu trình.

Đồ thị hình 1.1 biểu diễn quá trình biến đổi của 1 kg môi chất. 1-2 là quá trình giãn nở. Công L thực hiện là diện tích hình 1-3-2-4-5. Trong quá trình này môi chất nhận nhiệt từ nguồn nhiệt có nhiệt độ $t = t_1$, lượng nhiệt là Q_1 . Để tiếp tục sinh công môi chất cần được nén trở lại vị trí 1. Điều đó có thể thực hiện theo một trong ba cách sau:



Hình 1.1. Các trạng thái biến đổi của 1 kg môi chất

– Cách 1: Đường cong quá trình nén là 2-3-1 trùng với đường cong giãn nở 1-2-3, lúc đó công giãn nở bằng công nén và công của chu trình bằng không.

– Cách 2: Đường cong quá trình nén là 2-6-1, như vậy công tiêu tốn cho quá trình nén lớn hơn công giãn nở và quá trình tiêu tốn một lượng công (đúng bằng diện tích 1-3-2-6-1 cho 1 kg môi chất).

– Cách 3: Đường cong quá trình nén là 2-7-1, lúc đó công giãn nở lớn hơn công nén và kết quả quá trình ta nhận được công dương (đúng bằng diện tích 1-3-2-7-1 cho 1 kg môi chất).

Như vậy, ta thấy: để chuyển biến liên tục nhiệt thành công và ngược lại cần có ít nhất hai nguồn nhiệt có nhiệt độ khác nhau và có môi chất thực hiện chu trình giữa hai nguồn nhiệt đó.

Trong ba cách trên thì cách thứ hai có kết quả quá trình tiêu tốn công người ta còn gọi là chu trình ngược. Hệ thống thiết bị lạnh chuyển công thành nhiệt làm việc theo chu trình này.

1.1.4. Hiệu suất nhiệt và hệ số làm lạnh của chu trình nhiệt động

1.1.4.1. Hiệu suất nhiệt đối với chu trình thuận

Chu trình thuận là chu trình chuyển nhiệt thành công (sinh công) theo cách thứ ba nêu trên, diễn ra theo 1-3-2-7-1 ở hình 1.2. Trong hình 1.2 trình bày quá trình biến đổi nhiệt theo chu trình thuận. Qua hình 1.2 ta thấy: quá trình 1-a-2 là quá trình giãn nở.

Theo định luật 1 nhiệt động: môi chất giãn từ nhiệt độ T_1 xuống T_2 ($T_1 > T_2$) nó nhận từ môi trường nhiệt lượng Q_1 và theo định luật 1 nhiệt động ta có phương trình sau:

$$Q_1 = U_2 + L_1 \quad (1.1)$$

Quá trình 2-b-1 gọi là quá trình nén, môi chất nhận từ bên ngoài công L_2 và nhả cho môi trường có nhiệt độ T_2 nhiệt lượng Q_2 và theo định luật 1 nhiệt động ta có phương trình:

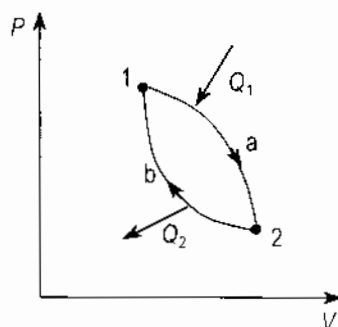
$$-Q_2 = U_1 - U_2 - L_2 \quad (1.2)$$

Cộng 2 vế phương trình (1.1) và (1.2) lại ta có:

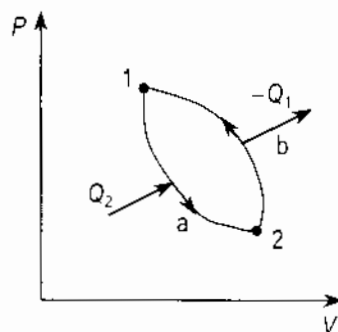
$$Q_1 - Q_2 = L_1 - L_2 = L \quad (1.3)$$

Vậy công thực hiện sau chu trình bằng hiệu số nhiệt lượng Q_1 nhận từ nguồn có nhiệt độ T_1 và nhiệt lượng Q_2 toả ra cho nguồn có nhiệt độ T_2 (với $T_1 > T_2$) hoặc bằng hiệu số giữa công giãn nở và công nén.

Hiệu suất nhiệt η là tỷ số giữa nhiệt chuyển thành công dương sau chu trình với toàn bộ nhiệt lượng cung cấp cho môi chất:



Hình 1.2. Quá trình biến đổi của chu trình nhiệt động thuận chiều



Hình 1.3. Quá trình biến đổi của chu trình nhiệt động ngược chiều

$$\eta = \frac{L}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1}$$

Thực tế $\eta < 1$ vì không thể có $Q_2 = 0$ hay Q_1 vô cùng lớn.

1.1.4.2. Hệ số làm lạnh với chu trình ngược

Trong quá trình này sự giãn nở của môi chất được thực hiện với nhiệt độ nhỏ hơn nhiệt độ của quá trình nén. Theo hình 1.3 ta thấy:

- Quá trình giãn nở 1-a-2: Môi chất nhận lượng nhiệt Q_2 từ môi trường có nhiệt độ t_2 và thực hiện công L_2 và ta có:

$$Q_2 = U_1 + L_2 \quad (1.4)$$

- Quá trình nén 2-b-1: Quá trình này tiêu tốn một công L_1 , công này biến thành nhiệt cùng với nhiệt Q_2 nhận từ môi trường có nhiệt độ thấp t_2 nhả lượng nhiệt Q_1 cho môi trường có nhiệt độ cao hơn ($t_1 > t_2$). Như vậy ta có:

$$-Q_1 = U_1 - U_2 - L_1 \quad (1.5)$$

Cộng hai vế phương trình (1.4) và (1.5) lại ta có:

$$Q_2 - Q_1 - L_1 + L_2 = -L \rightarrow Q_1 = Q_2 + L \quad (1.6)$$

Vậy công tiêu tốn trong chu trình là:

$$L = L_1 - L_2$$

Hiệu suất lạnh ε là tỷ số giữa nhiệt lượng lấy từ nguồn có nhiệt độ thấp t_2 (nguồn lạnh) với công tiêu tốn:

$$\varepsilon = Q_2 / L = Q_2 / (Q_1 - Q_2) \quad (1.7)$$

Hệ số lạnh ε thường lớn hơn 1.

1.2. CHU TRÌNH CARNOT VÀ ỨNG DỤNG TRONG KỸ THUẬT LẠNH

1.2.1. Chu trình Carnot thuận nghịch thuận chiều

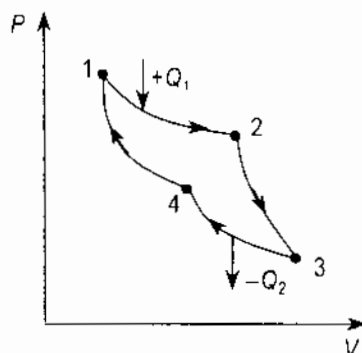
Năm 1824 ông Carnot (người Pháp) đã xây dựng chu trình nhiệt lý tưởng gồm bốn quá trình (hình 1.4):

1-2 là quá trình giãn nở đẳng nhiệt. Trong quá trình này môi chất tiếp xúc với nguồn nóng có nhiệt độ t_1 và nhận một lượng nhiệt Q_1 .

2-3 là quá trình giãn nở đoạn nhiệt, quá trình này môi chất tách khỏi nguồn nóng cách nhiệt tuyệt đối với môi trường bên ngoài, khi môi chất giãn nở thì nhiệt độ của nó giảm từ t_1 xuống t_2 ($t_2 < t_1$).

3-4 là quá trình nén đẳng nhiệt, quá trình này môi chất tiếp xúc với nguồn lạnh có nhiệt độ t_2 và truyền cho nguồn lạnh này một lượng nhiệt $-Q_2$.

4-1 là quá trình nén đoạn nhiệt, trong quá trình này môi chất tách khỏi nguồn lạnh và cách nhiệt tuyệt đối với môi trường bên ngoài và nhiệt độ môi chất tăng lên từ t_2 đến t_1 .



Hình 1.4. Chu trình Carnot thuận nghịch thuận chiều

Tương tự như chu trình nhiệt động thuận chiều, hiệu suất chu trình Carnot thuận nghịch thuận chiều cũng được xác định theo công thức:

$$\eta_k = L / Q_1 = 1 - Q_2 / Q_1$$

Trong chu trình này, Carnot giả thuyết môi chất là một chất khí lý tưởng chỉ nhận nhiệt Q_1 trong quá trình giãn nở đẳng nhiệt và nhả lượng nhiệt (Q_2) trong quá trình nén đẳng nhiệt. Theo phương trình khí lý tưởng ta có:

$$Q_1 = RT_1 \ln(V_2 / V_1) \quad \text{và} \quad Q_2 = RT_2 \ln(V_3 / V_4)$$

$$\text{Từ đó ta có:} \quad \eta_k = 1 - [T_2 \ln(V_3 / V_4)] / [T_1 \ln(V_2 / V_1)]$$

Mặt khác trong quá trình giãn nở đoạn nhiệt 2-3 và quá trình nén đoạn nhiệt 4-1 ta có:

$$(V_2 / V_3)^{\kappa-1} = T_2 / T_1 \quad \text{và} \quad (V_1 / V_4)^{\kappa-1} = T_2 / T_1$$

$$\text{Từ đó rút ra:} \quad V_2 / V_3 = V_1 / V_4 \quad \text{hay} \quad V_2 / V_1 = V_3 / V_4$$

Chu trình Carnot thuận nghịch thuận chiều là chu trình lý tưởng của các động cơ nhiệt.

Từ công thức xác định hiệu suất η_k ta có các nhận xét sau:

- Hiệu suất nhiệt của quá trình không phụ thuộc vào môi chất mà chỉ phụ thuộc vào nhiệt độ nguồn nóng (T_1) và nhiệt độ nguồn lạnh (T_2).

Hiệu suất nhiệt luôn luôn nhỏ hơn 1 vì không thể có $T_2 = 0^\circ\text{K}$ và $T_1 = \infty$.

do vậy không thể biến hoàn toàn nhiệt thành công trong máy nhiệt.

– Hiệu suất nhiệt bằng không khi $T_2 = T_1$, có nghĩa là khi các vật thể cân bằng nhiệt thì không thể chuyển nhiệt thành công.

– Hiệu suất η_k tăng khi T_1 tăng và T_2 giảm, do vậy muốn nâng cao hiệu suất của máy nhiệt thì phải nâng cao nhiệt độ nguồn nóng T_1 và hạ nhiệt độ nguồn lạnh T_2 . Trong thực tế việc hạ nhiệt độ nguồn lạnh là hạn chế và khó, do vậy thường người ta làm tăng nhiệt độ nguồn nóng.

Ngoài ra trong thực tế muốn nâng cao η_k phải chế tạo động cơ làm việc càng gần chu trình thuận nghịch (có nghĩa là tránh tổn thất công do ma sát) càng tốt.

Trong chu trình Carnot không thuận nghịch do có ma sát giữa các bộ phận trong thiết bị nên tiêu tốn một phần công, do vậy công nhận được của chu trình giảm đi hay nói cách khác hiệu suất chu trình Carnot thuận nghịch lớn hơn không thuận nghịch.

$$\eta_{\text{t/n}} = 1 - T_2/T_1 > \eta_{\text{k/n}} = 1 - Q_2/Q_1$$

1.2.2. Chu trình Carnot thuận nghịch ngược chiều

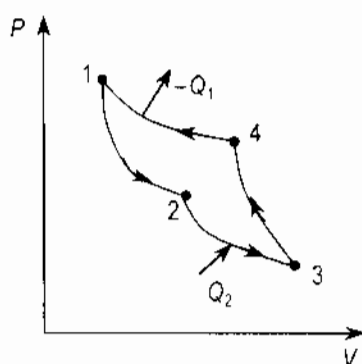
Chu trình Carnot thuận nghịch ngược chiều được làm việc theo quá trình trên đồ thị hình 1.5:

1-2 là quá trình giãn nở đoạn nhiệt, môi chất được cách nhiệt với môi trường ngoài và nhiệt độ môi chất giảm từ nhiệt độ T_1 xuống T_2 ($T_1 > T_2$).

2-3 là quá trình giãn nở đẳng nhiệt, môi chất nhận nhiệt độ từ môi trường có nhiệt độ thấp (môi trường lạnh) có nhiệt độ T_2 một lượng nhiệt là Q_2 .

3-4 là quá trình nén đoạn nhiệt, môi chất được cách nhiệt với môi trường bên ngoài do vậy nhiệt độ môi chất tăng lên từ T_2 lên T_1 .

4-1 là quá trình nén đẳng nhiệt, môi chất nhả nhiệt cho nguồn nóng lượng nhiệt là $-Q_1$.



Hình 1.5. Chu trình Carnot thuận nghịch ngược chiều

Tương tự như quá trình nhiệt động thuận chiều ta có hệ số lạnh ε của chu

trình Carnot thuận nghịch ngược chiều là:

$$\varepsilon = Q_2 / L = Q_2 / (Q_1 - Q_2)$$

Cũng chứng minh tương tự như chu trình Carnot thuận chiều ta có:

$$Q_1 = RT_1 \ln(V_1/V_4) \quad \text{và} \quad Q_2 = RT_2 \ln(V_2/V_3)$$

Mà ta có: $(V_1/V_4)^{k-1} = T_2/T_1$ và $(V_2/V_3)^{k-1} = T_2/T_1$

Do vậy ta có: $\ln(V_1/V_4) = \ln(V_2/V_3)$

Thay giá trị Q_1 và Q_2 vào ta có:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= Q_2 / (Q_1 - Q_2) \\ &= [RT_2 \ln(V_2/V_3)] / [RT_1 \ln(V_1/V_4) - RT_2 \ln(V_2/V_3)] \\ &= T_2 / (T_1 - T_2) = 1 / (T_1/T_2 - 1) \end{aligned}$$

Như vậy, ta thấy nếu T_2 càng cao thì hệ số làm lạnh càng lớn, nếu T_2 không đổi mà T_1 giảm thì hệ số lạnh cũng tăng và hiệu quả kinh tế sẽ cao (vì không dùng công nén).

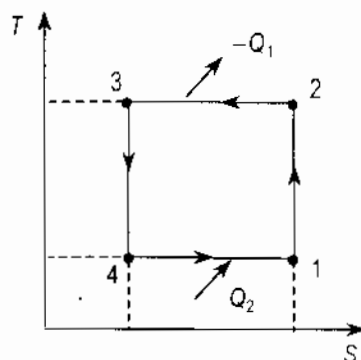
1.2.3. Ứng dụng chu trình Carnot thuận nghịch ngược chiều trong kỹ thuật lạnh

Để hạ nhiệt độ của một vật thể nào xuống thấp hơn nhiệt độ môi trường và giữ nó ở nhiệt độ thấp đó người ta dùng máy lạnh. Chu trình làm việc của máy lạnh hoạt động theo chu trình Carnot thuận nghịch ngược chiều. Trong đó nhiệt của vật thể cần làm lạnh được truyền cho môi chất (vì vậy nhiệt độ của nó giảm đi) nhờ sự hoạt động của máy lạnh (sinh công khi nén) nhiệt độ môi chất tăng lên và nhả nhiệt cho môi trường xung quanh.

Như vậy sự khác nhau giữa động cơ nhiệt và máy lạnh là động cơ nhiệt làm việc theo chu trình Carnot thuận nghịch thuận chiều còn máy lạnh làm việc theo chu trình ngược chiều.

Quá trình làm việc của máy lạnh được thể hiện theo hình 1.6:

- 1-2 là quá trình nén đoạn nhiệt.
- 2-3 là quá trình ngưng tụ đẳng nhiệt.
- 3-4 là quá trình giãn nở đoạn nhiệt.
- 4-1 là quá trình bay hơi đẳng nhiệt.



Hình 1.6. Chu trình làm việc của máy theo quá trình giãn nở

Trong quá trình này môi chất nhận của nguồn lạnh một nhiệt lượng Q_2 (trong quá trình bay hơi) và nhả cho nguồn nóng nhiệt lượng Q_1 (trong quá trình ngưng tụ) và trong chu trình đã tiêu tốn một công là $L = Q_1 - Q_2$.

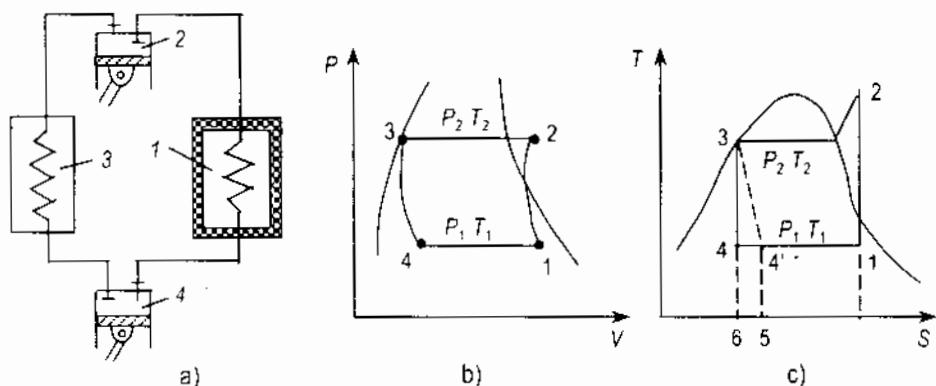
Để đánh giá mức độ hoàn thiện của chu trình ta dựa vào hệ số làm lạnh (như đã trình bày phần trên).

Nhiệt lượng của vật cần làm lạnh truyền cho môi chất trong một đơn vị thời gian gọi là năng suất lạnh của máy.

Nhiệt lượng của vật cần làm lạnh truyền cho 1 kg môi chất trong máy gọi là năng suất lạnh riêng.

Trong hệ thống máy lạnh môi chất thường là những chất lỏng dễ bay hơi như NH_3 ; R_{12} ; R_{22} ... Trong chu trình làm việc của máy lạnh, môi chất tồn tại ở hai pha: pha lỏng và pha hơi nên chu trình làm việc đạt gần với chu trình Carnot (chu trình lý tưởng) hơn.

Quá trình làm việc của hệ thống máy lạnh nén hơi một cấp được thể hiện ở sơ đồ trong hình 1.7.



Hình 1.7. Sơ đồ nguyên lý làm việc của hệ thống máy lạnh nén hơi một cấp:

- a) sơ đồ nguyên lý làm việc;
- b) chu trình làm việc biểu diễn trên đồ thị $P - V$;
- c) chu trình làm việc có và không có van tiết lưu trên đồ thị $T - S$

Máy nén 2 hút hơi môi chất ở buồng lạnh 1 với áp suất P_1 và nhiệt độ T_1 không đổi, rồi nén đoạn nhiệt từ P_1, T_1 lên áp suất P_2 và nhiệt độ T_2 trong máy nén 2 (trên đồ thị là đường 1-2). Hơi nén được nén đến hơi quá nhiệt (như trên

dồ thị) hoặc ở trạng thái bão hoà ẩm được đẩy vào thiết bị ngưng tụ 3. Trong thiết bị ngưng tụ môi chất truyền cho môi trường, làm mát một nhiệt lượng Q_1 (tính cho 1 kg môi chất) và ngưng tụ thành lỏng ở áp suất không đổi. Trong suốt quá trình ngưng tụ nhiệt độ và áp suất môi chất không đổi là P_2, T_2 (trên đồ thị là quá trình 2-3).

Môi chất lỏng sau khi ngưng tụ được đưa vào xylanh giãn nở 4, ở đây môi chất nhận của môi trường cần làm lạnh một nhiệt lượng Q_2 và môi chất bay hơi đẳng nhiệt đẳng áp ở P_1 và T_1 (trên đồ thị là quá trình 4-1). Sau đó hơi môi chất lại được hút về máy nén 2 và chu trình được lặp lại. Trong hệ thống lạnh có xylanh giãn nở, thiết bị sẽ công kênh. Vì vậy trong thực tế người ta thay xylanh giãn nở bằng van tiết lưu (trên đồ thị là thay quá trình 3-4 bằng quá trình 3-4').

Đặc điểm của van tiết lưu là trong quá trình làm việc của van tiết lưu áp suất của môi chất giảm nhưng hàm nhiệt không đổi (đi theo đường 3-4' và ta có $i_3 = i_4'$).

Như vậy khi thay xylanh giãn nở bằng van tiết lưu năng suất lạnh bị giảm đi 1 lượng bằng diện tích 4-4'-5-6, lúc đó năng suất làm lạnh riêng Q_2 chỉ còn lại là diện tích 4'-5-7-1.

Hay $Q_2 = i_1 - i_4' = i_1 - i_3$ (vì quá trình tiết lưu hàm nhiệt môi chất không đổi).

Nhiệt lượng môi chất nhả ra cho chất làm mát trong quá trình ngưng tụ là:

$$Q_1 = i_2 - i_3 = i_2 - i_4.$$

Như vậy công tiêu tốn cho chu trình là:

$$L = Q_1 - Q_2 = (i_2 - i_4) = i_2 - i_1$$

Đây chính là công cần thiết để nén môi chất từ vị trí 1 lên vị trí 2 trên đồ thị.

Hệ số làm lạnh của chu trình là:

$$\varepsilon = Q_1 / Q_2 = (i_1 - i_4) / (i_2 - i_1)$$

1.3. TÁC NHÂN LẠNH VÀ MÔI TRƯỜNG TRUYỀN LẠNH

Tác nhân lạnh chính là môi chất trong chu trình Carnot, là chất cung cấp lạnh (thu nhiệt của môi trường xung quanh) trong quá trình nó biến đổi trạng thái.

Thông thường tác nhân lạnh tồn tại ở hai dạng: lỏng và rắn.

1.3.1. Tác nhân lạnh ở dạng lỏng

Tiêu biểu cho các tác nhân lạnh ở dạng lỏng là NH_3 và freon.

1.3.1.1. NH_3

NH_3 lỏng được dùng phổ biến trong các nhà máy lạnh vì nó có những ưu điểm sau:

- Dễ sản xuất (sản xuất được trong nước), rẻ tiền.
- Dễ phát hiện chỗ rò rỉ.
- Có ẩn nhiệt hoá hơi lớn ($r = 313,89 \text{ kcal/kg}$ ở nhiệt độ hoá hơi là -15°C).
- NH_3 hoà tan trong nước nên không bị tắc ẩm trong quá trình làm việc của hệ thống máy lạnh nếu có ẩm lọt vào hệ thống.
- Không gây tác hại phá huỷ tầng ozon như các chất freon.

Nhưng NH_3 cũng có những nhược điểm sau:

- Độc hại với con người, nồng độ NH_3 trong không khí lớn hơn hoặc bằng 5% thể tích trong thời gian 30 phút có thể làm cho người bị chết ngạt.
- Nguy hiểm vì dễ gây nổ (thành phần hỗn hợp nổ trong không khí là 16 đến 25% NH_3 theo thể tích) tác dụng với đồng và các kim loại màu khác nên hệ thống lạnh NH_3 không được dùng đồng và các kim loại màu khác.
- Nếu bị rò rỉ NH_3 dễ hấp thụ vào sản phẩm gây mùi khó chịu và làm tăng pH của bề mặt sản phẩm, làm tăng khả năng phát triển của vi sinh vật ở những sản phẩm này.
- Thiết bị công kênh (vì thể tích riêng của hơi lớn) chiếm nhiều diện tích nhà xưởng và tốn vật liệu chế tạo.

1.3.1.2. Freon

Các freon là dẫn xuất halogen của các hydrocacbon no như metan (CH_4), etan (C_2H_6), propan (C_3H_8) v.v. Ngoài ra người ta còn dùng tác nhân lạnh là một hỗn hợp đẳng phí như tác nhân lạnh ký hiệu “500” là hỗn hợp đẳng phí của R_{12} và R_{150} với tỷ lệ tương ứng 73,8% và 26,2% theo khối lượng.

Các loại tác nhân lạnh là các chất hữu cơ chưa no thì ít được dùng như etylen ký hiệu “1 150”, propylen ký hiệu “1 170”.

Nhìn chung các freon có các ưu điểm sau:

- Ít độc.
- Không mùi hoặc có mùi thơm thoảng nhẹ.
- Không hoặc ít gây nổ.
- Thể tích riêng bé nên máy nén gọn và nhẹ ($v_{R12} = 0,0927 \text{ m}^3/\text{kg}$ ở nhiệt độ -15°C).

- Nhiệt độ cuối giai đoạn nén của freon thấp nên có thể dùng thiết bị hoàn nhiệt (làm quá nhiệt hơi hút về máy và quá lạnh tác nhân lỏng trước khi vào van tiết lưu) do đó không cần thiết bị tách lỏng.

Nhưng freon có các nhược điểm sau:

- Ẩn nhiệt hoá hơi bé ($r_{112} = 38,59 \text{ kcal/kg}$ ở nhiệt độ -15°C và chỉ bằng khoảng $1/8 \text{ } r_{\text{F-NH}_3}$).

- Freon không hoà tan trong nước nên dễ xảy ra hiện tượng “nút đá” làm tắc đường ống dẫn do sự đóng băng của nước không hoà tan trong tác nhân lạnh khi nhiệt độ tác nhân thấp hơn 0°C .

- Các freon hoà tan trong dầu máy do đó làm tăng nhiệt độ bay hơi và nhiệt độ ngưng tụ của freon, khi lượng dầu trong tác nhân lạnh tăng thì làm tăng độ nhớt và giảm hệ số cấp nhiệt α của nó. Dầu hoà tan trong freon nên khó tách dầu.

- Hỗn hợp của các freon với không khí thì không độc, không gây nguy hiểm cho con người (trừ khi nồng độ quá cao thì gây ngạt vì thiếu oxy) nhưng các sản phẩm phân huỷ của chúng khi có ngọn lửa thì rất nguy hiểm vì nó tạo khí độc fosgen (OCCl_2).

- Hỗn hợp freon dễ bị rò rỉ (những lỗ nhỏ không khí không chui qua nhưng các freon vẫn chui qua).

- Khó phát hiện chỗ rò rỉ (vì không màu, không vị).

- Tham gia vào phá huỷ tầng ozon.

Các freon được tạo thành từ hydrocacbon no với flo và clo có công thức chung là: $\text{C}_m\text{H}_x\text{F}_y\text{Cl}_z$, trong đó $2m + 2 = x + y + z$.

Phần lớn các freon dùng trong hệ thống lạnh là dẫn xuất halogen của metan (CH_4) và etan (C_2H_6) và cách gọi tên chúng theo quy luật chung sau:

– Từ metan CH_4 : công thức ký hiệu là R_{ab} , trong đó $a = (m + x)$; $b = y$.

Ví dụ: CF_2Cl_2 là R_{12} ; CHFCl_2 là R_{21} ; CHF_2Cl là R_{22} ; CF_3Cl là R_{13} .

– Từ etan C_2H_6 : công thức ký hiệu là R_{ab} nhưng $a = (11 + x)$; $b = y$

Ví dụ: $\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}_3$ là R_{113} ; $\text{C}_2\text{F}_3\text{Cl}$ là R_{142} ; $\text{C}_2\text{F}_2\text{Cl}_2$ là R_{114}

Trong đó thông dụng hơn cả là freon 12 (R_{12}) và freon 22 (R_{22}).

a) Freon 12 (R_{12}): CF_2Cl_2

Freon 12 là tác nhân lạnh được sử dụng rộng rãi trong các máy lạnh nhỏ, trong các tủ lạnh và trong phòng thí nghiệm. R_{12} là chất không màu, không mùi, không cháy và không gây nổ. Dưới tác dụng của ngọn lửa ở 400°C R_{12} phân huỷ tạo F_2 , Cl_2 và H_2 gây độc nên không được hút thuốc khi làm việc ở nơi có freon. Nếu R_{12} chiếm 30% thể tích không khí thì gây ngạt thở vì thiếu oxy. R_{12} lỏng bắn vào người thì làm cứng da, hỏng mắt.

R_{12} dẫn nhiệt kém nhưng tác dụng với caosu tự nhiên. Nhiệt dung của nó ở từ -80°C đến 50°C được tính theo công thức:

$$C = (0,2232 + 3,5 \cdot 10^{-4}t + 0,013 \cdot 10^{-4}t^2) \times 4,287 \text{ kJ/kg}$$

Nếu ngưng tụ bằng không khí thì nhiệt độ ngưng tụ lấy cao hơn nhiệt độ không khí 10 đến 20°C .

b) Freon 22 (R_{22}): CHF_2Cl

Đây là loại tác nhân lạnh được dùng nhiều trong các hệ máy lạnh nhỏ và vừa như máy điều hoà, tủ cấp đông, kho bảo quản lắp ghép... R_{22} độc hơn R_{12} , không gây nổ, cháy, có thể hoà tan trong nước gấp 8 lần R_{12} . Tính chất vật lý gần giống với NH_3 . Có năng suất lạnh riêng thể tích lớn nên lượng tác nhân tuần hoàn trong máy không lớn bằng R_{12} nên máy gọn đỡ cồng kềnh hơn.

R_{22} có áp suất lớn hơn R_{12} ở cùng chế độ nhiệt độ như ở nhiệt độ $t = -30 \div -40^\circ\text{C}$ áp suất của R_{22} vẫn lớn hơn áp suất khí quyển còn R_{12} thì thấp hơn. Vì vậy R_{22} không dùng cho máy nén hai cấp.

Vì áp suất của R_{22} lớn nên trong hệ thống máy nén thường ngưng tụ bằng nước (để áp suất ngưng tụ nhỏ), thiết bị đỡ làm việc quá tải vì áp suất cao.

Độc độc của một số tác nhân lạnh trong không khí cho ở 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 ⁰ C		Thời gian tác dụng, h
	Phần trăm thể tích	g/m ³	
NH ₃	0,5 ÷ 0,6	312 ÷ 418	1/2
R ₁₁₃	4,8 ÷ 5,2	373 ÷ 404	1,0
CO ₂	29 ÷ 30	532 ÷ 550	1/2 ÷ 1,0
R ₁₁	10,0	570	2
R ₂₂	18,0 ÷ 22,6	640 ÷ 810	2
R ₁₂	28,5 ÷ 30,4	1140 ÷ 1530	Chuồn bạch bị tác dụng 2 h vẫn không thấy tai biến gì rõ rệt

1.3.2. Tác nhân lạnh ở dạng rắn

Loại tác nhân này chủ yếu ở dạng đá khô (tuyết cacbonic), đá ướt và hỗn hợp đá muối được dùng để bảo quản cá, tôm sau khi đánh bắt, nhưng cũng chỉ có tác dụng bảo quản ngắn ngày.

1.3.3. Chất tải lạnh (môi trường truyền lạnh)

Chất tải lạnh (môi trường truyền lạnh) thường xuyên tiếp xúc với thiết bị hay sản phẩm nên nó phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Không ăn mòn, không phá huỷ các trang thiết bị mà nó tiếp xúc.
- Không gây độc hại với người, không gây cháy nổ.
- Có nhiệt độ đông đặc thấp do đó không bị tạo đá trong đường ống và thiết bị bay hơi.
- Rẻ tiền, dễ kiếm.

Sau đây ta xét tới một số môi trường truyền lạnh thông dụng.

1.3.3.1. Chất tải lạnh khí

Không khí là môi trường khí phổ biến nhất vì:

- Không khí rất phổ biến, rẻ và nhiều.
- Dễ vận chuyển vào tận các nơi cần làm lạnh.

- Không khí cần cho sự sống của con người, động vật, thực vật cho nên trong hệ thống bảo quản lạnh, làm lạnh, điều hoà không khí phục vụ cho sinh hoạt, nhà ở không thể không dùng không khí là môi trường truyền lạnh.

- Môi trường không khí không gây độc hại cho người và thực phẩm.

- Khi vận chuyển bằng môi trường không khí thì dễ điều chỉnh vận tốc lưu lượng và không khí có thể coi là không ăn mòn thiết bị.

Khi sử dụng không khí có nhược điểm sau: Hệ số cấp nhiệt α nhỏ, $\alpha = 6 \div 8 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{độ}$ khi ở trạng thái đối lưu tự nhiên. Để khắc phục ta có thể tăng vận tốc không khí lên nhưng α tăng cũng không nhiều.

Ví dụ: $v = 1,5 \div 2 \text{ m/s}$ thì $\alpha = 9 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{độ}$

$v = 5 \text{ m/s}$ thì $\alpha = 24 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{độ}$

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

Trong thực tế người ta không tăng vận tốc không khí lên quá lớn vì khi $v > 10 \text{ m/s}$ thì hiệu suất truyền lạnh tăng không đáng kể nhưng lại tăng đầu tư về quạt và tổn điện. Mặt khác khi tăng vận tốc không khí đối với một số trường hợp còn bất lợi như làm khô bề mặt, tăng cường oxy hoá sản phẩm.

- Không khí khó làm sạch khi tách các tạp chất cơ học, vì sinh vật đặc biệt là tách các mùi vị lạ trong không khí.

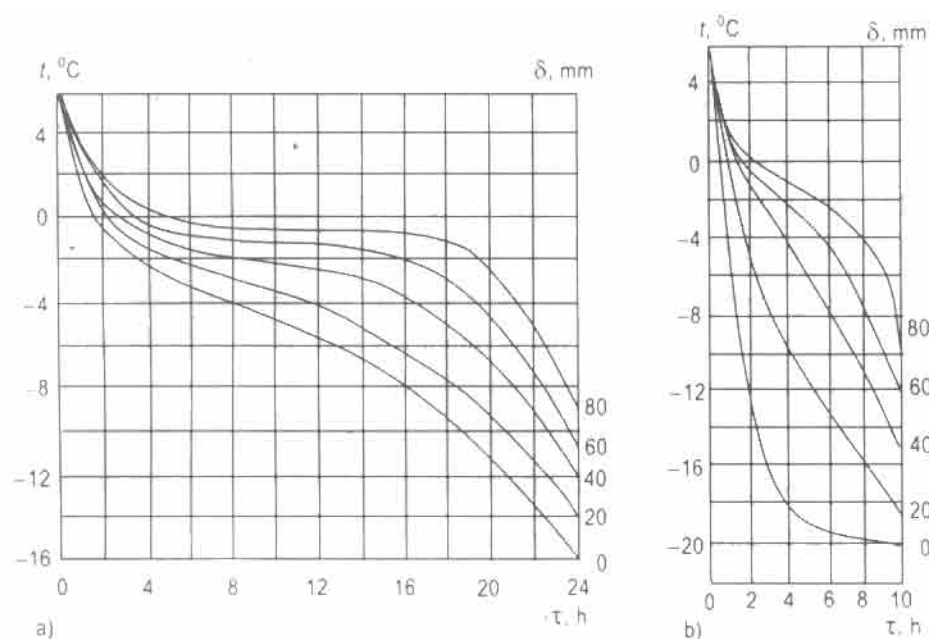
Ngoài không khí ra người ta còn dùng môi trường tải lạnh khí là N_2 , CO_2 ... nhưng trong một số trường hợp đặc biệt vì nó đắt tiền và hệ thống sử dụng phải kín.

1.3.3.2. Chất tải lạnh lỏng

Môi trường tải lạnh lỏng thường dùng là nước và nước muối. Môi trường tải lạnh lỏng cũng được dùng khá phổ biến trong hệ thống lạnh, chúng có những ưu điểm sau:

- Có hệ số cấp nhiệt lớn $\alpha = 200 \div 400 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{độ}$. Khi chất lỏng chuyển động với vận tốc 5 m/s thì có thể đạt tới $\alpha = 40000 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{độ}$ (trong khi đó chất khí chỉ đạt $24 \text{ kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{độ}$). Do vậy làm lạnh trong môi trường lỏng sẽ rất nhanh so với môi trường khí.

Sự biến đổi nhiệt độ của sản phẩm khi làm lạnh trong môi trường lỏng và khí theo thời gian được thể hiện qua hai đồ thị trong hình 1.8.



Hình 1.8. Sự biến đổi nhiệt độ của sản phẩm theo thời gian trong các môi trường lạnh khác nhau:

- a) làm lạnh đông bằng không khí;
- b) làm lạnh đông bằng nước muối

Chính vì rút ngắn được thời gian làm lạnh (làm lạnh nhanh) mà phẩm chất sản phẩm được đảm bảo, thời gian bảo quản được kéo dài.

– Dùng môi trường lỏng tránh được sự hao hụt khối lượng và sự oxy hoá của không khí .

– Dùng hỗn hợp của nhiều muối có thể hạ nhiệt độ rất thấp (dung dịch bão hoà CaCl_2 bị đóng băng ở -50°C)

Nhưng dùng môi trường lỏng cũng có một số nhược điểm sau:

– Nước muối dễ làm hỏng trang thiết bị trong hệ thống vì gây hiện tượng ăn mòn.

– Nước muối dễ thấm vào sản phẩm làm ảnh hưởng chất lượng sản phẩm.

– Bề mặt sản phẩm bị ướt làm giảm giá trị cảm quan và còn là môi trường cho vi sinh vật phát triển.

– Môi trường nước muối thích hợp cho loại vi sinh vật ưa mặn (chịu áp suất thẩm thấu cao), loại này hoạt động làm biến đổi protein, làm tăng khả năng hút muối của nó.

– Muối ăn ngoài thành phần chủ yếu là NaCl còn chứa các thành phần muối khác như CaCl_2 , MgCl_2 , KCl, ... Trong đó CaCl_2 liên kết với dung dịch protein và axit béo tạo thành canxi anbuminat không hoà tan làm tăng độ cứng và giảm mức độ tiêu hoá của sản phẩm. MgCl_2 ngoài làm cho sản phẩm cứng còn làm cho sản phẩm có vị chất đắng.

– Dung dịch muối khi bị bắn khó làm sạch.

Trong thực tế khi dùng môi trường truyền lạnh lỏng bao giờ cũng phải chú ý nhiệt độ của môi trường luôn luôn lớn hơn nhiều so với nhiệt độ đông băng của nó và thường $\Delta t = 7 - 10^\circ\text{C}$.

1.3.3.3. Chất tải lạnh rắn

Chất tải lạnh rắn thường dùng là đá ướt, đá khô (tuyết cacbonic). Nó cung cấp nhiệt nhờ khả năng thu nhiệt khi thay đổi trạng thái từ rắn sang lỏng hoặc hơi.

a) Đá ướt (hay còn gọi là đá cây)

Ở Việt Nam ta không có nước đá tự nhiên (vì nhiệt độ không khí của nước ta hầu hết lớn hơn 0°C). Nước đá nhân tạo được sản xuất dạng khối (cây) với khối lượng 10; 20; 25 và 50 kg/1 cây hoặc dạng viên, dạng đá vẩy tùy theo mức độ sử dụng.

Đá cây khi sử dụng phải nghiền nhỏ để tăng diện tích tiếp xúc, làm lạnh được nhanh. Ẩn nhiệt hoà tan của đá là 80 kcal/kg (72 kcal/dm³).

Đối với đá làm lạnh thực phẩm trực tiếp hay để ăn cần phải đảm bảo không quá 100 vi khuẩn/cm³ và hoàn toàn không có vi khuẩn đường ruột.

Trong sản xuất nước đá người ta thường dùng nước sạch đã sát trùng với các hoá chất như: NaClO , Ca(OCl)_2 , NaNO_3 , H_2O_2 ... Khi dùng hoá chất sát trùng thì nồng độ khí clo còn lại trong đá không được vượt quá 50 đến 80 mg/l, vì quá nhiều sẽ gây mùi khó chịu và giảm khả năng truyền nhiệt.

b) Đá khô (tuyết cacbonic)

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

Trong điều kiện bình thường của môi trường không khí nếu hàm lượng CO_2 càng thấp thì nhiệt độ thăng hoa của tuyết CO_2 càng thấp.

Ví dụ: nếu ở 1 at, không khí chứa 60% CO_2 thì nhiệt độ thăng hoa của đá khô là -84°C , nếu không khí có 40% CO_2 thì nhiệt độ thăng hoa là -90°C .

Đá khô được sử dụng rộng rãi trong nhiều ngành công nghiệp đặc biệt là công nghiệp thực phẩm như: làm lạnh nhanh và bảo quản lạnh thực phẩm, làm lạnh các bộ phận máy quay nhanh, sấy thuốc sinh hoá, làm lạnh để tách parafin từ dầu, sấy ete, gây mưa nhân tạo, làm nguội trong sản xuất các loại thép mỏng đặc biệt, làm lạnh và bảo quản lạnh đông khô trong chăn nuôi và trong y học. Hiện nay nước ta đã sản xuất được đá khô dạng khối và dạng viên.

1.4. KHÁI NIỆM CƠ BẢN VỀ CÔNG NGHỆ LẠNH THỰC PHẨM

1.4.1. Phân biệt lạnh thường, lạnh đông, lạnh thâm độ và lạnh tuyết đối

1.4.1.1. Khái niệm về lạnh

Khái niệm “lạnh” được hiểu là chỉ trạng thái vật chất có nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ bình thường. Nhiệt độ bình thường là nhiệt độ thích hợp cho cơ thể con người. Nhiệt độ này thay đổi tùy theo con người ở xứ nóng hay xứ lạnh và nó dao động trong khoảng từ $+18^\circ\text{C}$ đến $+25^\circ\text{C}$. Như vậy có thể coi giới hạn trên của lạnh là $+18^\circ\text{C}$.

1.4.1.2. Lạnh thường, lạnh đông, lạnh đông thâm độ và lạnh tuyết đối

Sự phân chia khái niệm này chỉ mang tính tương đối tùy theo nhiệt độ và được chia theo các thang nhiệt độ sau:

- Lạnh thường: $+18^\circ\text{C} > t'' > t''_{\text{đông băng}}$.
- Lạnh đông: $t''_{\text{đông băng}} > t'' > -100^\circ\text{C}$.
- Lạnh thâm độ: $-100^\circ\text{C} > t'' > -200^\circ\text{C}$.
- Lạnh tuyết đối (lạnh Cryo): $-200^\circ\text{C} > t'' > -272,999985^\circ\text{C}$.

Trong sự phân chia này chỉ có lạnh và lạnh đông là rõ ràng và phân chia cơ bản nhất. Lạnh thường (hay còn gọi là lạnh) là nước chưa có sự biến thành đá còn tồn tại ở trạng thái lỏng, còn lạnh đông là nước đã tạo thành đá.

1. 4.2. Sự khác nhau giữa làm lạnh và làm lạnh đông thực phẩm

Như chúng ta đều biết hầu hết các phản ứng hoá học và sinh hoá đều chịu ảnh hưởng của nhiệt độ: nhiệt độ tăng thì vận tốc phản ứng tăng và ngược lại. Đặc trưng cho sự ảnh hưởng đó là hệ số nhiệt độ Q_{10} . Nhờ những tính chất trên mà thực phẩm được làm lạnh và bảo quản lạnh ở nhiệt độ trên 0°C sẽ kìm hãm được những biến đổi về hoá, lý, sinh học và kìm hãm được các hoạt động của enzym, vì sinh vật do vậy thực phẩm giữ được chất lượng cao và kéo dài thời gian bảo quản. Ngoài ra bảo quản lạnh còn có tác dụng làm tăng chất lượng của thực phẩm như: thịt khi chín hoá học sẽ tích tụ được nhiều axit amin, các este, các axit lactic... làm cho thịt có chất lượng cao, vị thơm ngon khi chế biến; cá muối sẽ thấm muối tốt hơn và có màu sắc tươi hơn (so với muối ở nhiệt độ thường); bia, rượu, vang, nước giải khát bảo quản lạnh sẽ tăng khả năng hấp thụ CO_2 tăng hương thơm và vị sẽ hấp dẫn hơn.

Nhưng làm lạnh chỉ bảo quản được ngắn ngày (nhìn chung chỉ vài tuần đến vài tháng tùy theo loại thực phẩm). Muốn bảo quản lâu hơn phải làm lạnh đông vì làm lạnh đông hầu hết nước tự do và một phần nước liên kết được chuyển thành đá, môi trường hoạt động cho các enzym, các vi sinh vật và các phản ứng hoá học không còn, do vậy các biến đổi xảy ra rất chậm. Nhờ vậy kỹ thuật làm lạnh đông thực phẩm được phát triển mạnh để tăng khối lượng và thời gian dự trữ nguyên liệu cho chế biến, tăng khả năng điều hoà và cung cấp thực phẩm tươi sống cho các thành phố lớn, các khu công nghiệp, khu tập trung dân cư và để phục vụ tốt cho giao lưu sản phẩm thực phẩm trong nước và ngoài nước (ví dụ, chế biến và xuất khẩu dưa lạnh đông, tôm, cá lạnh đông ...).

Ngoài ra lạnh đông còn là công đoạn chế biến để tăng hiệu suất và giữ được chất lượng cao so với quá trình chế biến khác như: làm lạnh đông trong kỹ thuật sấy thăng hoa, cô đặc bằng phương pháp kết tinh dung môi, tách nước trong sản xuất bơ, làm lạnh đông chậm để tăng hiệu suất ép.

Đối với một số sản phẩm làm lạnh đông là một công đoạn quan trọng không thể thiếu như sản xuất nước đá, các loại kem...

1.4.3. Những biến đổi xảy ra trong quá trình làm lạnh và làm lạnh đông thực phẩm

1.4.3.1. Đối với quá trình làm lạnh và bảo quản lạnh

Trong quá trình làm lạnh và bảo quản lạnh các quá trình biến đổi lý, hoá,

sinh lý, vẫn xảy ra tuy ở mức độ thấp hơn do vậy vẫn làm thay đổi chất lượng của thực phẩm...

a) Biến đổi lý học

Đây chính là những biến đổi làm thay đổi hình dạng, màu sắc, khối lượng của sản phẩm. Quan trọng hơn cả trong quá trình này là sự bay hơi nước, nó là nguyên nhân gây ra tổn hao tự nhiên cho khối lượng sản phẩm, làm cho rau quả chóng bị héo, bề mặt thịt cá bị khô và sẫm màu. Sự bay hơi nước phụ thuộc vào bề mặt bay hơi, nhiệt độ và độ ẩm tương đối, vận tốc của môi trường không khí. Ngoài ra còn phụ thuộc vào bao bì, tính chất và độ chín tới của sản phẩm (nhất là với rau quả). Sự bay hơi ẩm làm cho bề mặt sẫm màu là do các mao quản bị teo lại không phản xạ ánh sáng mà hấp thụ ánh sáng. Đối với rau quả, sự bay hơi ẩm luôn gắn liền với quá trình hô hấp, với rau quả có kích thước tế bào lớn, khoảng gian bào to lớp vỏ của tế bào mỏng, khả năng giữ nước của chất nguyên sinh yếu sẽ làm thoát ẩm nhanh, làm cho rau quả chóng héo. Ngoài ra loại rau quả nào hô hấp mạnh, thải nhiều nhiệt thì khả năng bốc hơi ẩm càng lớn.

Sự hao hụt khối lượng khi bảo quản ngoài nguyên nhân bay hơi nước còn do các quá trình lên men, hô hấp làm phân huỷ các chất đường, tinh bột, vitamin... làm giảm chất lượng sản phẩm.

Để hạn chế sự hao hụt khối lượng khi làm lạnh người ta có thể áp dụng một số biện pháp sau:

- Giảm thời gian làm lạnh bằng làm lạnh nhanh.
- Giảm bề mặt bay hơi bằng sử dụng các bao bì đóng gói.
- Không nên thông gió nhiều khi làm lạnh và bảo quản lạnh mà chỉ thông gió vừa đủ để duy trì hô hấp của rau quả ở mức độ thấp còn thịt cá thì không cần thông gió.
- Tăng hàm ẩm không khí trong phòng làm lạnh hoặc làm lạnh trực tiếp trong môi trường lỏng (nếu có thể được).

Tổn hao khối lượng tự nhiên phụ thuộc nhiều vào điều kiện thu hái như thời điểm, độ chín, độ dập nát, thời gian và phương pháp làm lạnh... Còn đối với thịt, cá phụ thuộc vào trạng thái con vật trước khi giết, quá trình chín tới của thịt và cá sau khi chết.

Bảng 1.2, 1.3, 1.4 là tiêu chuẩn tổn hao tự nhiên cho phép theo tiêu chuẩn của các nước SNG.

Bảng 1.2. Tiêu chuẩn tổn hao tự nhiên của thịt và phủ tạng khi bảo quản $0 \div 4^{\circ}\text{C}$

Sản phẩm	Tiêu chuẩn tổn hao, %			
	Sau 1 ngày	Sau 2 ngày	Sau 3 ngày	Trên 3 ngày
1. Thịt bò: - Loại 1 - Loại 2 và loại không tiêu chuẩn hoá	0,42 0,50	0,62 0,70	0,72 0,70	Nếu bảo quản trên 3 ngày thì mỗi ngày tiêu hao đến 0,1% khối lượng
2. Thịt cừu: - Loại 1 - Loại 2 và loại không tiêu chuẩn hoá	0,42 0,50	0,62 0,70	0,72 0,80	
3. Thịt lợn: - Mỡ - Lợn nguyên con cả da - Thịt không mỡ, thịt lợn con	0,2 0,3 0,4	0,4 0,5 0,6	0,5 0,6 0,8	
4. Phủ tạng: - Tim, óc, thận, gan - Các loại khác	0,4 0,5	0,6 0,7	0,8 0,9	

Bảng 1.3. Tiêu chuẩn tổn hao của thỏ và gia cầm mổ ruột khi làm lạnh trong phòng

Sản phẩm	Tiêu chuẩn tổn hao khi làm lạnh bên trong sản phẩm đến nhiệt độ 4°C , %
Gà giò	0,7
Gà mái	0,7
Vịt, ngỗng	0,6
Gà tây	0,4
Thỏ	1,3

Bảng 1.4. Tiêu chuẩn tổn hao khi bảo quản cam, quýt tươi

Thời gian bảo quản, ngày	Tổn hao tự nhiên tính trong 1 ngày, %	
	Quýt	Cam
< 5	0,10	0,08
6 ÷ 15	0,06	0,04
16 ÷ 30	0,04	0,04
31 ÷ 60	0,05	0,03
61 ÷ 90	0,06	0,03
> 90		0,03

b) Biến đổi hoá học

Trong quá trình làm lạnh và bảo quản lạnh, biến đổi hoá học bị kìm hãm chứ không bị ngừng hẳn, nó tuân theo định luật Bertelot:

$$\lg y = \lg y_0 + a \cdot t$$

trong đó y và y_0 - vận tốc phản ứng ở $t^\circ\text{C}$ và 0°C ;

a - hệ số nhiệt độ của vận tốc phản ứng;

t - nhiệt độ khi phản ứng xảy ra, $^\circ\text{C}$.

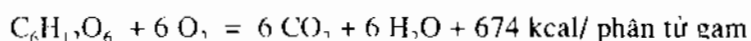
Qua đó ta thấy sự phụ thuộc của vận tốc phản ứng vào nhiệt độ. Phù hợp với định luật Van't Hoff về vận tốc phản ứng là, nếu tăng nhiệt độ lên 10°C thì vận tốc phản ứng tăng 2 đến 3 lần.

c) Biến đổi sinh lý

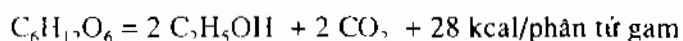
Trong rau quả làm lạnh thì quá trình biến đổi sinh lý đó là sự hô hấp của rau quả.

Sự hô hấp là quá trình trao đổi chất của tế bào cơ thể sống gồm hô hấp hiếu khí và hô hấp yếm khí.

Hô hấp hiếu khí (có O_2):



Hô hấp yếm khí (không có O_2):



Cường độ hô hấp là số miligam CO_2 thải ra trong 1 h của 1 kg chất khô rau quả. Cường độ hô hấp m phụ thuộc vào yếu tố bên ngoài và chủng loại rau quả.

Ví dụ, nếu cùng ở $0 \div 20^{\circ}\text{C}$ thì $m_{\text{hào}} = 1,5 \div 1,9 \text{ mg CO}_2/\text{kg.h}$, $m_{\text{cam}} = 1,8 \div 2,5 \text{ mg CO}_2/\text{kg.h}$, $m_{\text{và chua}} = 18,8 \text{ mg CO}_2/\text{kg.h}$

Tỷ số hô hấp (hay hệ số hô hấp) là tỷ số giữa thể tích của khí CO_2 thải ra so với số O_2 hút vào trong quá trình hô hấp. Quá trình hô hấp phụ thuộc vào nhiệt độ, mức độ chín và độ nguyên lành của rau quả.

Quá trình hô hấp phụ thuộc vào nhiệt độ theo phương trình:

$$\lg y = \lg y_a + b \cdot t$$

trong đó y và y_a - vận tốc hô hấp của rau quả ở $t^{\circ}\text{C}$ và 0°C ;

t - nhiệt độ môi trường xảy ra hô hấp, $^{\circ}\text{C}$;

b - hệ số hô hấp.

Theo nghiên cứu của Bohr và Phan thì b hầu như cố định với các loại rau quả và $b = 0,0360 \pm 0,00044$.

Phương trình trên chỉ đúng trong vùng hô hấp thích hợp của rau quả. Ví dụ, với khoai tây vùng hô hấp thích hợp là: $t^{\circ} = 3 \div 40^{\circ}\text{C}$.

Trong quá trình làm lạnh và bảo quản lạnh rau quả vẫn tiếp tục quá trình chín tới sau thu hái nhưng với mức độ khác nhau: lê, táo, chuối, dứa có thể tiếp tục chín tới trong quá trình làm lạnh và bảo quản lạnh, nhưng đào, cam, quýt, nho thì chín tới kém hơn, còn mơ, mận thì hoàn toàn không tiếp tục chín tới khi làm lạnh và bảo quản lạnh.

Bằng thực nghiệm người ta có thể xác định được lượng nhiệt thải ra trong quá trình hô hấp của rau quả ở 20°C như sau:

- Rau xanh: $0,1 \text{ kcal/kg.h}$.
- Quả: $0,017 \div 0,010 \text{ kcal/kg.h}$.

Trong quá trình làm lạnh cường độ hô hấp và sự thải nhiệt của rau quả giảm xuống 2 - 6 lần.

d) Các quá trình sinh hoá chủ yếu xảy ra trong thịt và cá

Sau khi đình chỉ sự sống, nhiệt độ của tế bào động vật (máu nóng và máu lạnh) tăng lên khá nhiều. Nhiệt tạo ra trong trường hợp này nhiều hơn khi con vật còn sống rất nhiều: một giờ sau khi giết mổ nhiệt độ của con thịt trong điều kiện đoạn nhiệt tăng lên khoảng $3,3 \div 7,9^{\circ}\text{C}$ vì năng lượng giải phóng ra không được dùng cho các chức năng sinh lý và toả ra ở dạng nhiệt. Nhiệt toả ra chủ

yếu ở quá trình sinh hoá ở các bắp thịt chứ không có hoặc có rất ít ở xương hoặc ở mô liên kết.

Qua nghiên cứu người ta thấy 1kg thịt bắp trong 1 h toả ra lượng nhiệt là 0,25kcal/kg.h. Trong con thịt thì thịt bắp khoảng 60% như vậy lượng nhiệt toả ra trong quá trình sinh hoá trung bình cho 1kg thịt móc hàm là: $0,25 \times 0,6 = 0,15$ kcal/kg.h.

Để giữ được chất lượng và kéo dài thời gian bảo quản, thịt, cá sau khi chết phải được đưa đi làm lạnh và bảo quản lạnh ngay.

Nhìn chung đối với thịt, cá sau khi chết đều xảy ra ba giai đoạn chính như sau:

- Quá trình tê cứng sau khi chết (rigor mortis).
- Quá trình chín tới - chín hoá học (ageing).
- Giai đoạn phân huỷ sâu sắc (quá trình thối rữa).

Riêng đối với cá trước khi bước vào giai đoạn tê cứng có một thời gian ngắn là giai đoạn tiết nhớt sau khi chết.

• *Quá trình tiết nhớt sau khi chết*

Cá sau khi tiết nhớt thì quanh da được bọc một lớp nhớt trong suốt, do tuyến nhớt vẫn tiếp tục tiết ra một thời gian (sau khi chết), nên lượng nhớt tăng lên rõ rệt. Trong nhớt, cá có chất protit (glucoproteit) là muxin. Nó là môi trường tốt cho vi sinh vật phát triển, từ đó vi sinh vật chui qua kẽ vảy vào da và thịt. Nhớt lúc đầu trong suốt sau đó bị đục và có mùi khó chịu (lúc đầu có mùi chua sau chuyển sang mùi thối) do vi sinh vật phá huỷ. Khi nhớt bị phân huỷ thì cá vẫn chưa hỏng và có thể rửa cá tách sạch lớp nhớt trước khi đem làm lạnh thì vẫn còn tốt. Quá trình tiết nhớt kết thúc khi bắt đầu chuyển sang giai đoạn tê cứng.

• *Quá trình tê cứng sau khi chết*

Đây là quá trình biến đổi sinh hoá - cơ lý và hoá học của động vật sau khi chết khác với sự tê cứng khi cơ thể bị lạnh. Thời điểm bắt đầu tê cứng từ sau khi chết phụ thuộc vào nhiều yếu tố: loài, trạng thái trước khi chết, môi trường xung quanh... Nhìn chung thời điểm bắt đầu tê cứng đối với cá tính bằng phút, với bò, lợn tính bằng giờ. Biểu hiện của quá trình tê cứng là thịt rắn chắc lại. Quá trình tê cứng bắt đầu xảy ra đối với bắp thịt ở đầu rồi bắt đầu lan rộng ra dọc theo nhánh dây thần kinh tủy sống còn đối với cá cũng bắt đầu từ đầu rồi lan dần đến đuôi.

Trong giai đoạn này độ chắc của cơ bắp tăng, độ đàn hồi giảm (lúc tê cứng phát triển cực đại là 16 đến 18 h sau khi gia súc chết thì độ chắc của thịt tăng lên 25%, trở lực cắt tăng gần gấp đôi). Thịt đang ở giai đoạn tê cứng đem chế biến thì chất lượng kém, sau khi nấu thịt vẫn cứng, không ngon, nước nấu không ngọt.

Thời gian bắt đầu tê cứng xảy ra nhanh với con vật non, còn với con vật béo thì xảy ra chậm hơn và phụ thuộc vào nhiệt độ.

Ví dụ, ở nhiệt độ $15 \div 18^{\circ}\text{C}$ thì thời gian bắt đầu tê cứng là: $10 \div 12$ h sau khi chết, còn ở nhiệt độ 0°C thời gian bắt đầu tê cứng là: $18 \div 20$ h. Còn đối với cá thời gian bắt đầu tê cứng ngắn hơn và cho ở bảng 1.5.

Bảng 1.5. Thời điểm bắt đầu tê cứng và thời gian tê cứng của cá phụ thuộc vào nhiệt độ

Nhiệt độ, $^{\circ}\text{C}$	Thời gian bắt đầu tê cứng của cá pypsa sau khi chết	Thời gian tê cứng
35	5 phút	40 phút
25	35 phút	30 phút
15	2 h	10 phút
10	4 h	36 phút
5	10 h	2,5 ngày
1	15 h	3 ÷ 4 ngày

Thực chất của tê cứng là do quá trình biến đổi chất protit trong tế bào chết, là những chất như actin, miozin và actomiozin. Sau khi chết trong mô cơ động vật xảy ra quá trình phân huỷ:



ATP - adenosin triphosphat

ADP - adenosin diphosphat

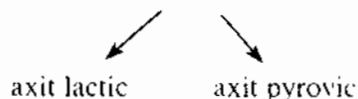
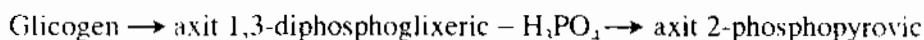
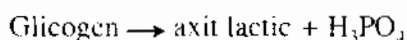
Sau 12 h sau khi chết có thể phân huỷ trên 90% ATP. Trong mô bắp, hàm lượng actin, miozin, actomiozin và ATP xác định tính chất cơ lý và tình trạng chất lượng con vật. Người ta đã xác định rằng các sợi cơ bắp giữ được tính đàn hồi chỉ khi nào có đủ một lượng ATP nhất định. ATP và một số nucleotit triphosphat khác có tác dụng phân ly actomiozin thành actin và miozin đồng

thời gian cản không cho actin tổ hợp với miozin để tạo thành actomiozin. Chính trạng thái của tổ hợp actomiozin mới ảnh hưởng rất lớn tới tính chất cơ lý của tế bào. Nếu ít actomiozin (nhiều actin và miozin như trong thịt con vật sống) thì hàm ẩm thịt cao, thịt mềm. Nếu actomiozin tăng (giảm actin và miozin là những trung tâm háo nước) thì thịt giảm ẩm, protit cơ cứng cuộn tròn làm tăng độ bền cơ lý. Do vậy quá trình tê cứng của thịt sau khi chết chính là sự phân huỷ ATP đồng thời tạo thành tổ hợp actomiozin. Ngoài ra quá trình tê cứng còn do sự phân huỷ ATP tạo ADP và H_3PO_4 . Chính H_3PO_4 cùng với axit lactic tạo thành sau khi chết làm pH của thịt giảm tới điểm đẳng điện $pH = 5 \div 5,5$ làm cho protit đông tụ cuộn tròn và thịt cứng lại.

Trong sản phẩm càng mỏng, nhiệt độ càng thấp và giảm càng nhanh thì ATP phân huỷ càng chậm (tức actomiozin tạo thành càng chậm). Vì vậy ở nhiệt độ thấp thì sự tê cứng bắt đầu chậm và kéo dài. Đối với cá khi làm lạnh nhanh tới gần điểm đóng băng và bảo quản chúng ở nhiệt độ đó thì cho phép kìm hãm rất mạnh sự tạo thành tổ hợp actomiozin do vậy kéo dài được thời gian tê cứng.

• Quá trình chín hoá học

Các quá trình sinh hoá xảy ra trong giai đoạn chín hoá học có thể coi là quá trình ngược lại của quá trình tê cứng: lượng axit nucleotit giảm, độ háo nước của protit trong thịt tăng lên. Sờ dĩ có như vậy là do hoạt động của các enzym: pepxin, catepxin, (thịt sau khi giết mổ 5 ÷ 7 giờ thì tính bền đối với pepxin giảm đi 1,5 lần và ngày càng giảm đi) làm thủy phân actomiozin thành actin và miozin có khả năng hút nước nên làm thịt mềm ra. Ngoài ra trong quá trình chín tới có sự phân huỷ glicogen như sau:

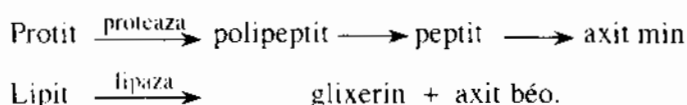


Sự tích tụ axit lactic và H_3PO_4 làm cho pH của thịt giảm vượt quá pH đẳng điện nên protit mất khả năng đông tụ cuộn tròn lại. Đồng thời dưới tác dụng của môi trường axit các protit bị thủy phân thành các peptit và axit amin, do vậy làm tăng chất lượng của sản phẩm thịt. Qua nhiều nghiên cứu cho thấy rằng thịt chín

hoá học có độ tiêu hoá cao hơn, ngon hơn thịt tươi, khi nấu nướng cho hương vị ngọt hơn. Đối với thịt giai đoạn chín tới xảy ra sau 10 đến 14 ngày sau khi giết mổ nếu bảo quản ở 0°C đến 4°C. Còn đối với cá ở điều kiện bình thường sự chuyển trạng thái từ tê cứng sang phân huỷ sâu sắc rất nhanh gần như bỏ qua giai đoạn chín hoá học (chỉ 15 đến 16 h sau khi chết) vì trong cá các hệ thống enzym và vi sinh vật hoạt động rất mạnh nhất là đối với cá không mổ ruột, bỏ mang và không làm sạch nhớt. Ngay sau khi tê cứng thì bắt đầu phân huỷ mô liên kết (nhất là collagen) làm cho cá nhũn, ươn nhanh và sinh nhiều mùi hôi và độc. Trong các chất hôi, độc có NH_3 và trimetylamin (người ta có thể dựa vào các thành phần này để xác định độ tươi của cá). Cá biển bị hỏng thì có nhiều trimetylamin $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ và dimetylamin $(\text{CH}_3)_2\text{NH}$, còn trong cá ao hồ cho đến khi thối rữa vẫn không có (hoặc có rất ít) hai chất này mà chủ yếu là NH_3 (vì trong cá biển có nhiều oxytrimelamin là nguồn sản sinh ra hai chất trên).

• *Giai đoạn phân huỷ sâu sắc*

Đây là quá trình phân huỷ các thành phần cơ bản của bắp thịt động vật như protit, lipit... từ giai đoạn chín tới dưới tác dụng của các enzym proteaza (peptidaza, catepsin...) lipaza thủy phân theo các quá trình sau:



Vận tốc phản ứng xảy ra mạnh nhất khi nhiệt độ bằng nhiệt độ thân nhiệt động vật (36,5 đến 37°C).

Khi chuyển sang giai đoạn phân huỷ sâu sắc các axit amin bị oxy hoá tạo thành indol, scatol giải phóng ra NH_3 và H_2S làm cho thịt có mùi ôi, hôi khó chịu, kết cấu giữ nước bị phá huỷ nên nước tự do được giải phóng làm miếng thịt mềm và nhũn, ươn.

Mặt khác sau khi giải phóng ra glyxerin và axit béo, bước đầu là những axit béo không no và những axit béo có phân tử thấp (như axit butyric, axit caproic...) bị oxy hoá tạo mùi hôi. Axit béo không no khi bị oxy hoá tạo thành peroxyt, đây là chất oxy hoá mạnh nó lại tiếp tục oxy hoá các axit béo không no khác làm quá trình oxy hoá chất béo (hay sự ôi của thịt) xảy ra nhanh hơn.

Mặt khác trong quá trình phân huỷ protit có tạo ra NH_3 và nó tác dụng với

axit béo tạo thành muối amon. Dưới tác dụng của enzym muối này bị oxy hoá để cuối cùng tạo thành xeton phân tử lượng thấp và một số sản phẩm khác. Hiện tượng xám của thịt khi làm lạnh và bảo quản lạnh là do sự giảm nhiệt độ của thịt chậm lớp bề mặt ngăn cản sự trao đổi khí với môi trường xung quanh (vì nhiệt độ giảm chậm không đủ kích hoạt quá trình phân huỷ nên khí NH_3 và H_2S tạo ra và tích tụ lại.) Nếu làm lạnh đông 1 pha thịt tươi còn ướt thì thường có một lớp đá đóng băng ở bề mặt, không khí thải ra không thoát ra được vì bị lớp băng ngăn cản, do đó dễ làm thịt bị xám.

1.4.3.2. Đối với quá trình làm lạnh đông và bảo quản lạnh đông

Thực tế quá trình làm lạnh đông là làm giảm nhiệt độ xuống dưới nhiệt độ đóng băng của dịch bào vì vậy khi bảo quản lạnh đông những biến đổi xảy ra rất chậm (vì hầu hết nước trong dịch bào đóng băng không còn môi trường cho vi sinh vật và enzym hoạt động). Sự đóng băng (tạo đá) phụ thuộc vào nhiều yếu tố khác nhau như nhiệt độ, bản chất, vận tốc chuyển động của môi trường v.v.

a) Sự ảnh hưởng của nhiệt độ quá lạnh tới quá trình tạo đá

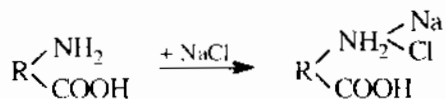
Trong quá trình làm lạnh đông luôn có hiện tượng quá lạnh tức là hạ nhiệt độ xuống dưới 0°C mà vẫn chưa có sự đóng băng. Sự chậm tạo thành tâm kết tinh này phụ thuộc vào nồng độ chất tan trong dịch bào. Như ta đã biết trong môi trường lỏng luôn có chuyển động nhiệt (chuyển động Brown) và chuyển động tương hỗ. Ở nhiệt độ thấp thì chuyển động nhiệt giảm và chuyển động tương hỗ được tăng cường tức là tăng cường khả năng kết hợp các phân tử lại với nhau. Ở một nhiệt độ nào đó hệ thống chuyển động được cân bằng khi:

$$P_{\text{kết hợp}} = P_{\text{đẩy}} + P_{\text{chuyển động nhiệt}}$$

Khi có sự cân bằng này thì xuất hiện tâm kết tinh của mạng lưới tinh thể do đó nước được đóng băng. Đối với nước nguyên chất phương trình lực được cân bằng ở 0°C , ứng dụng tính chất này trong kỹ thuật sản xuất nước đá người ta dùng sóng siêu âm để khử lực đẩy (tăng lực kết hợp) làm cho quá trình đóng băng đá trong khuôn được nhanh hơn.

Trong quá trình làm lạnh đông thực phẩm, dưới tác dụng của nhiệt độ thấp có sự biến đổi axit béo no thành không no nên hạ được băng điểm. Mặt khác trong protit của mạng tế bào bắt đầu liên kết với muối bằng cách chuyển nitơ

hoá trị ba thành nitơ hoá trị năm và tạo ra các hợp chất mới có khả năng hút nước:



Mỗi phân tử gam liên kết với một lượng nước nhất định. Muốn tách được lượng nước ấy ra (để đóng băng) cần làm giảm nhiệt độ một lượng $\Delta t = 1,84^\circ\text{C}$. Đó chính là độ hạ băng điểm Δt trong định luật Raoult

$$\Delta t = 1,84 \cdot n$$

trong đó n - nồng độ phân tử gam, $n = m/M$;

m - khối lượng chất hoà tan, g;

M - phân tử lượng (khối lượng phân tử) của chất hoà tan.

Như vậy độ hạ băng điểm Δt tỷ lệ thuận với nồng độ phân tử n của dịch bào, vì vậy trong kỹ thuật lạnh đông thực phẩm phải chú ý đến độ hạ băng điểm, chỉ ở nhiệt độ này mới tạo được nhiều mầm tinh thể do vậy kích thước tinh thể đá nhỏ không làm ảnh hưởng tới cấu trúc tế bào.

Qua nghiên cứu người ta thấy ở khoảng nhiệt độ quá lạnh $-1 \div -4^\circ\text{C}$, số tinh thể đá được tạo thành trong sản phẩm ít nên kích thước tinh thể đá tương đối lớn, dễ làm rách màng tế bào thực phẩm, còn nếu tạo được độ quá lạnh từ $-10 \div -40^\circ\text{C}$ thì số tinh thể đá tạo thành sẽ nhiều do kích thước tinh thể đá nhỏ chỉ khoảng $5 \div 10 \mu\text{m}$ (theo số liệu của Nicolski) còn nếu $t_{q1} = -80^\circ\text{C}$ thì chất lỏng sẽ không tạo thành tinh thể mà chỉ tạo được chất rắn vô định hình.

Nhiều công trình nghiên cứu còn cho biết nếu ở nhiệt độ cao hơn -30°C thì kích thước tinh thể đá phát triển đều ra xung quanh và lớn dần đều về các phía. Nếu ở nhiệt độ thấp hơn -30°C thì kích thước tinh thể đá chỉ phát triển theo chiều dài nên tinh thể đá trở thành sợi dài bao bọc quanh tế bào, khi đó nó không chỉ không phá vỡ cấu trúc tế bào thực phẩm mà còn bảo vệ cho tế bào được toàn vẹn.

Trong công nghiệp lạnh đông thực phẩm để giảm Δt_{q1} xuống người ta thường chú ý đến làm tăng nồng độ phân tử trong thực phẩm lên theo hai hướng:

- Theo hướng tự nhiên để cho rau quả đạt độ chín để có quá trình chuyển hoá:

Protopectin $\rightarrow$ pectin

Gluxit $\rightarrow$ đường $\rightarrow$ đường khử

Protit $\rightarrow$ polipeptit $\rightarrow$ peptit $\rightarrow$ axit amin

- Theo hướng nhân tạo như tắm muối, tắm đường, tắm các dung dịch sinh tố, tắm các chất chống oxy hoá v.v.

Các biện pháp làm tăng nồng độ phân tử như trên vừa hạ thấp được nhiệt độ quá lạnh vừa tăng được giá trị dinh dưỡng, giá trị thương phẩm và khả năng bảo quản của thực phẩm.

b) Những biến đổi lý học của thực phẩm làm lạnh đông

Trong quá trình làm lạnh đông nước được kết tinh thành tinh thể đá do vậy sản phẩm rắn chắc và tăng thể tích lên một ít. Do sự kết tinh đá như vậy nên tính chất vật lý của sản phẩm bị thay đổi

• Sự biến đổi nhiệt dung

Vì một phần nước chuyển thành đá nên nhiệt dung của sản phẩm được xác định theo công thức sau:

$$C_m = C_{ck}(1 - W) + C_d \cdot a \cdot W + C_n(1 - a)W, \text{ kcal/kg.độ}$$

trong đó W - là hàm lượng nước có trong sản phẩm (tính theo phần đơn vị);

a - tỷ lệ nước đóng băng ở t_{dh} ;

C_d và C_n - nhiệt dung của nước đá và nước;

C_M , C_{ck} - nhiệt dung của sản phẩm và của chất khô.

Nhìn chung trong quá trình làm lạnh đông nhiệt độ càng giảm thì nhiệt dung càng giảm theo như đồ thị hình 1.9.

Theo đồ thị ta có C_0 là nhiệt dung riêng của sản phẩm ở trạng thái lạnh (trên điểm đóng băng). C_w là nhiệt dung toàn phần vì ở đây phải tính lượng nhiệt tỏa ra khi tạo đá:

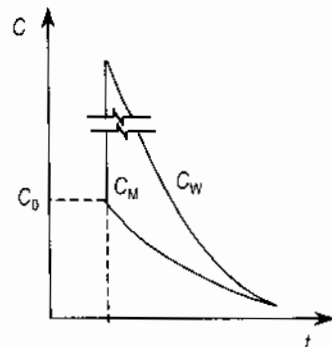
$$C_w = C + (W_2 - W_1) \cdot W \cdot r_3, \text{ kcal/kg.độ}$$

trong đó $(W_2 - W_1)$ - hiệu số lượng nước đóng băng;

r_3 - ẩn nhiệt kết tinh;

C_M có thể xác định:

$$C_M = C_0 - \frac{A_c}{1 + B_c / \lg t}$$



Hình 1.9. Đồ thị nhiệt dung sản phẩm $C = f(t)$

• **Sự biến đổi độ dẫn nhiệt λ_M**

Độ dẫn nhiệt của nước đá lớn hơn của nước nên trong quá trình làm lạnh đông độ dẫn nhiệt của sản phẩm tăng lên:

$$\lambda_M = \lambda_0 + \frac{A_\lambda}{1 + \frac{B_\lambda}{\lg[t - (1 - t_{db})]}}, \text{ kcal/m.h.độ}$$

trong đó λ_0 - độ dẫn nhiệt của sản phẩm ở nhiệt độ kết tinh;

A_λ, B_λ - hằng số thực nghiệm;

t, t_{db} - giá trị nhiệt độ không kể dấu âm.

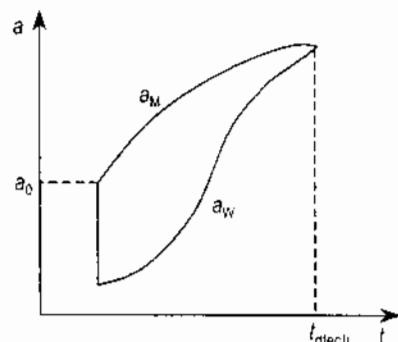
• **Sự biến đổi khối lượng riêng ρ và hệ số dẫn nhiệt độ a_M**

Khối lượng riêng của sản phẩm làm lạnh đông giảm đi 5 ÷ 6% do sự giãn nở khi nước tạo thành đá. Hệ số dẫn nhiệt độ của nó cũng tăng lên.

Hệ số a_M có thể tính như sau:

$$a_M = \frac{\lambda_M}{C_M \rho}, \text{ m}^2/\text{h}$$

$$\text{Hay } a_M = a_0 + \frac{A_a}{\lg[t - (1 - t_{db})]}$$



Hình 1.10. Đồ thị hệ số dẫn nhiệt $a_M = f(t)$

Bảng 1.6. Giá trị các đại lượng của thịt bò và cá

Đại lượng	Thịt bò	Cá
C_0	0,805	0,800
A_c	0,396	0,415
B_c	0,343	0,369
λ_0	0,390	0,572
A_λ	0,342	0,669
B_λ	0,186	0,148
a_0	0,00045	0,00045
A_a	0,00244	0,00214
B_a	0,445	0,482
ρ	970,00	960,00

Bảng 1.7. So sánh giá trị của C , λ , a của nước và nước đá

Đại lượng	Đơn vị	Nước	Nước đá
C	kcal/kg.độ	1	0,52
λ	kcal/kg.độ	0,48	1,43
a	m ² /h	0,00045	0,000365

c) Những biến đổi sinh hoá của thực phẩm làm lạnh đông

- Nhiệt độ cuối cùng của sản phẩm thực phẩm đã qua làm lạnh đông phải đạt không quá -12°C (theo tiêu chuẩn Liên Xô cũ và chế độ làm lạnh đông thực phẩm) do vậy các quá trình biến đổi sinh hoá được hạn chế rất nhiều so với làm lạnh. Qua các nghiên cứu cho thấy từ nhiệt độ -6°C đến -12°C tác động đến hoạt động của vi sinh vật mạnh nhất, còn ở nhiệt độ $t^{\circ} \leq 20^{\circ}\text{C}$ khả năng tiêu diệt vi sinh vật giảm. Đồng thời khi nhiệt độ giảm các hoạt động của men trong rau quả, thịt, cá, cũng giảm nhưng không bị đình chỉ. Nhìn chung các biến đổi sinh hoá khi làm lạnh đông vẫn tiếp tục xảy ra và kéo dài trong suốt thời gian làm lạnh đông và bảo quản lạnh đông nhưng diễn ra rất chậm vì tác dụng của nhiệt độ thấp và phần nước tự do cho nó hoạt động không còn.

Không nên làm lạnh đông nhanh thịt đang ở giai đoạn tê cứng vì lúc này protit của nó có khả năng hydrat hoá kém nhất: thịt cứng, sự ổn định về phân bố ẩm của nó kém nhất nên khi tan giá thịt này mất nhiều dịch, kém khả năng giữ ẩm và chất lượng thịt giảm. Nếu làm lạnh đông thịt tươi chưa qua giai đoạn tê cứng thì sau khi bảo quản thịt chưa đạt đến giai đoạn chín hoá học còn đang ở giai đoạn tê cứng nên chất lượng thịt tan giá cũng giảm.

Khi bảo quản lạnh đông thịt ở giai đoạn đã qua tê cứng, thịt sẽ phát triển ở giai đoạn chín hoá học. Thời gian bảo quản dù có dài thì những biến đổi cũng chưa quá giới hạn của chín tới, do vậy, chất lượng thịt được tăng lên, khi tan giá ít mất dịch bào.

1.4.4. Ý nghĩa của việc làm lạnh và làm lạnh đông thực phẩm

- Nguyên liệu rau quả của chúng ta thường mang tính thời vụ, mặt khác, việc cung cấp nguyên liệu cho các nhà máy từ các nông trường, khu vực sản xuất không đồng đều. Để ổn định nguyên liệu cho quá trình, để giữ chất lượng

nguyên liệu tốt cần có quá trình làm lạnh, bảo quản lạnh, làm lạnh đông và bảo quản lạnh đông.

- Đối với đời sống nhân dân khu đông dân cư, cho quốc phòng càng cần có kho chứa và phân phối mới đảm bảo đời sống bình thường lâu dài.

- Ngoài đời sống và sản xuất thực phẩm lạnh và lạnh đông còn có nhiều ý nghĩa trong bảo quản giống, cây trồng, cho các loại gia súc gia cầm, bảo quản thuốc (nhất là các loại vacxin) cho y tế.

- Trong một số ngành công nghiệp hiện đại như: điện tử, tự động hoá, các máy móc và các quá trình điều khiển muốn làm việc tốt, ổn định cần phải được làm việc ở chế độ nhiệt độ, độ ẩm ổn định. Điều đó không thể thiếu hệ thống điều hoà không khí.

Chương 2

CƠ SỞ LÝ THUYẾT CÁC QUÁ TRÌNH VÀ THIẾT BỊ CỦA HỆ THỐNG LẠNH DÙNG TRONG TRỒNG THỰC PHẨM

2.1. CÁC CHU TRÌNH TIÊU BIỂU CỦA MÁY LẠNH NÉN HƠI

Máy lạnh nén hơi dùng động cơ điện đang được phổ biến rộng rãi trên thế giới, nó chiếm tới trên 90% tổng công suất lạnh hiện có. Như vậy tổng công suất của các loại máy lạnh như: máy lạnh hấp thụ, máy lạnh ejectơ, máy lạnh nhiệt điện, máy lạnh hiệu ứng xoáy v.v. chiếm không quá 10% tổng công suất lạnh trên thế giới. Sở dĩ máy lạnh nén hơi được dùng rộng rãi và đóng vai trò quan trọng như vậy vì nó có nhiều ưu điểm như: gọn nhẹ, dễ sử dụng, phạm vi sinh lạnh từ +20°C đến -120°C và thấp hơn nữa, công suất máy lạnh có thể từ vài ngàn đến hàng trăm ngàn kilocalo trong 1 h. Ngoài ra máy lạnh nén hơi dùng điện là nguồn năng lượng rất phổ biến, quá trình làm việc của nó an toàn và có độ tin cậy cao.

Trong máy lạnh nén hơi tùy thuộc vào nhiệt độ lạnh yêu cầu mà người ta có thể dùng máy lạnh một cấp hay nhiều cấp.

2.1.1. Chu trình làm việc của máy lạnh nén hơi một cấp có quá nhiệt hơi hút và quá lạnh dịch môi chất

Chu trình lạnh đơn giản nhất chính là chu trình Carnot ngược chiều. Chu trình gồm hai quá trình quá trình đoạn nhiệt và hai quá trình đẳng nhiệt biểu diễn trên đồ thị T – S thành một hình chữ nhật 1''-2'-3'-4''-1'' (hình 2.1b).

1''-2' là quá trình nén đoạn nhiệt với $\Delta S = 0$.

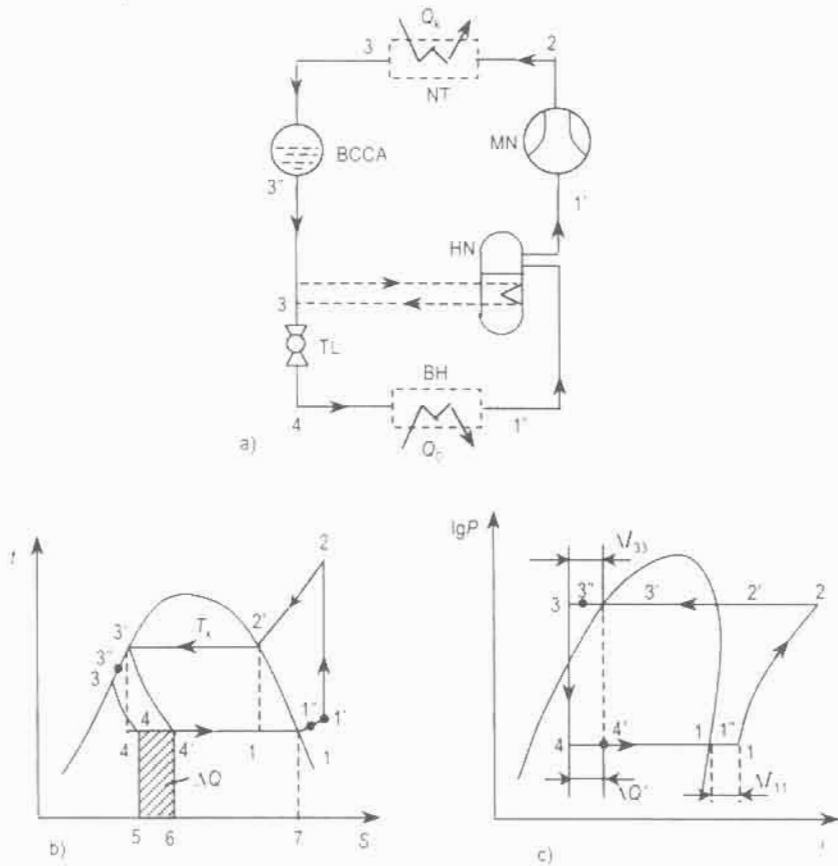
2'-3' là quá trình ngưng tụ đẳng nhiệt $\Delta t = 0$.

3'-4'' là quá trình giãn nở đoạn nhiệt có sinh ngoại công của môi chất

4''-1'' là quá trình bay hơi đẳng nhiệt trong thiết bị bay hơi để sinh lạnh (thu nhiệt).

Chu trình đơn giản có các nhược điểm cơ bản là điểm 1'' nằm trong vùng ẩm nên máy nén làm việc với hành trình ẩm, gây va đập thủy lực làm nổ vỡ máy

nén và bộ phận giãn nở sinh công khá cồng kềnh, tốn kém... cho nên trong thực tế sản xuất đã có những chu trình lạnh tương đối hoàn chỉnh như chu trình 1-1'-2-2'-3-3'-4-1 ở hình 2.1b. Ở chu trình tiêu biểu này, máy nén hút hơi quá nhiệt (điểm 1') gọi là chu trình khô nhờ thiết bị tách lỏng bố trí giữa máy nén và thiết bị bay hơi thiết bị bay hơi (gặp nhiều ở máy lạnh amoniac). Để hoàn chỉnh hơn, người ta dùng chu trình có quá nhiệt hơi hút Δt_{qn} và quá lạnh dịch môi chất Δt_{ql} .



Hình 2.1. Sơ đồ nguyên lý và chu trình làm việc của máy lạnh nén hơi một cấp, có quá nhiệt hơi hút và quá lạnh dịch môi chất:

a. sơ đồ nguyên lý làm việc;

b, c. chu trình làm việc biểu diễn trên đồ thị $t - S$, đồ thị $\lg P - h$.

MN: máy nén hơi; NT: thiết bị ngưng tụ; BCCA: bình chứa cao áp;

TL: van tiết lưu; BH: thiết bị bay hơi, sinh lạnh; HN: thiết bị hồi nhiệt

Bảng 2.1.

Điểm nút của chu trình từ điểm tới điểm	Quá trình	Dạng đường nối hai điểm nút của quá trình	
		Biểu diễn trên đồ thị $t - S$	Biểu diễn trên đồ thị $\lg P - i$
1 - 1'	Quá nhiệt hơi hút	Cong nghiêng phía trái	Thẳng ngang
1' - 2	Nén đoạn nhiệt	Thẳng đứng	Cong nghiêng phải
2 - 2'	Làm nguội hơi quá nhiệt	Cong nghiêng phía trái	Thẳng ngang
2' - 3'	Ngưng tụ	Thẳng ngang	Thẳng ngang
3' - 3	Quá lạnh dịch tác nhân lạnh	Cong nghiêng phải	Thẳng ngang
3 - 4	Tiết lưu đoạn nhiệt có tổn thất	Cong nghiêng phải	Thẳng đứng
4 - 1	Bay hơi sinh lạnh	Thẳng ngang	Thẳng ngang

Độ quá nhiệt $\Delta t_{q\bar{n}} = t_{1'} - t_1 = t_{1'} - t_0$. So với chu trình khô, công nén riêng $L = h_2 - h_{1'}$ có lớn hơn một ít, năng suất hút cũng giảm một ít do thể tích $v_{1'}$ tăng, nhưng hệ thống máy nén làm việc với chu trình hút hơi quá nhiệt đảm bảo an toàn.

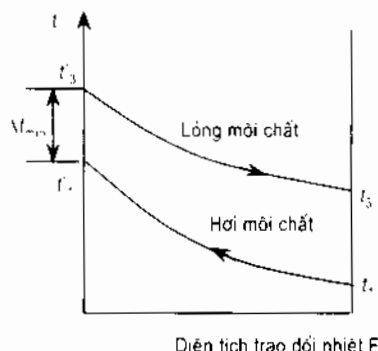
Độ quá lạnh $\Delta t_{q\bar{l}} = t_3 - t_5 = t_k - t_5$. Do có độ quá lạnh lỏng nên năng suất lạnh riêng tăng một đại lượng $\Delta q_{q\bar{l}}$ được biểu diễn bằng diện tích hình chữ nhật 5-6-4'-4-5 (hình 2.1.b). Thực hiện quá nhiệt hơi hút và quá lạnh lỏng môi chất freon thường trong một thiết bị chung gọi là thiết bị trao đổi nhiệt hay thiết bị hồi nhiệt. Dịch tác nhân lạnh trước khi vào van tiết lưu được vào thiết bị hồi nhiệt (theo đường nét đứt ở hình 2.1.a) để làm quá lạnh đến nhiệt độ t_3 . Nhiệt lượng do dịch tác nhân lạnh thải ra trong thiết bị hồi nhiệt dùng để làm quá nhiệt hơi lạnh trước khi về máy nén.

Cân bằng nhiệt ở thiết bị hồi nhiệt ta có $\Delta i_{33'} = \Delta i_{11'}$, tức là $i_{3'} - i_3 = i_{1'} - i_1$.

Nhiệt lượng do dịch tác nhân lạnh thải ra $Q = m \cdot c_{ph} \cdot \Delta t_h$

Do lưu lượng m bằng nhau nên $C_{ph} \cdot \Delta t_l = C_{ph} \cdot \Delta t_h$. Vì nhiệt dung riêng của lỏng C_{pl} lớn hơn của hơi, nên $\Delta t_l < \Delta t_h$, do vậy hiệu số nhiệt độ Δt_{min} của thiết bị nằm ở phía trên. $\Delta t_{min} = t_3 - t_1 = 5^\circ\text{C}$.

Các quá trình quá lạnh, quá nhiệt ở các hệ thống máy lạnh công nghiệp thường được thiết kế phối hợp nhau:



Hình 2.2. Biến thiên nhiệt độ trong thiết bị hồi nhiệt

1-1': Quá nhiệt ở thiết bị bay hơi - sinh lạnh.

1''-1': Quá nhiệt ở thiết bị hồi nhiệt

3'-3'': Quá lạnh trong thiết bị ngưng tụ, hay trong thiết bị quá lạnh, hay ở bình chứa cao áp.

3''-3: Quá lạnh trong thiết bị hồi nhiệt

Năng suất lạnh riêng $q_0 = i_1 - i_4$ kcal/kg

Công nén riêng của chu trình $L = i_2 - i_1$, kcal/kg.

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

2.1.2.1. Đặt vấn đề

Ở chu trình làm việc của máy lạnh nén hơi, ta thấy áp suất ngưng tụ P_k phụ thuộc vào vị trí địa lý có khí hậu hàn đới, ôn đới hay nhiệt đới, phụ thuộc vào thời tiết lạnh, ôn hoà hay nóng bức, và phụ thuộc cả vào thời gian ban đêm hay ban ngày. Còn P_n thì phụ thuộc vào yêu cầu làm lạnh ít hay nhiều mà có trị số P_n cao hay thấp, áp suất thường hay áp suất chân không. Ngày nay xu thế cần nhiệt độ t_0 khá thấp, ví dụ lạnh đông nhanh thực phẩm phải cần nhiệt độ của không khí (môi trường tải lạnh) khoảng -40°C , nên t_0 phải khoảng -50°C , do đó P_n cũng rất nhỏ, cho nên tỷ số $\frac{P_k}{P_n}$ rất lớn. Chênh lệch áp suất $\frac{P_k}{P_n}$ lớn thì hệ

số lạnh của hệ thống máy sẽ thấp, máy lạnh làm việc với hiệu suất không cao. Tỷ số áp suất (tỷ số nén) càng cao thì việc thiết kế, chế tạo càng phức tạp tốn kém, và dĩ nhiên là tuổi thọ của máy càng thấp. Máy lạnh nén hơi với P_n , t_0 thấp thì nhiệt độ cuối của quá trình nén rất cao, nhất là đối với môi chất lạnh NH_3 , cho nên dầu bôi trơn mất tác dụng, dầu sẽ còn bị phân huỷ thành các chất

có hại khác, joăng đệm kín cũng như một số phụ kiện khác cũng bị biến đổi. Vì vậy cho nên khi tỷ số nén lớn hơn 9 hoặc 10, hiệu số áp suất $P_k - P_0 > 12$ đối với máy lạnh NH₃, $P_k - P_0 > 8$ đối với máy lạnh freon thì phải chuyển sang chu trình nén lạnh hai hoặc nhiều cấp có làm mát trung gian (hình 2.3). Việc chuyển sang máy nén lạnh hai cấp sẽ có nhiều ưu điểm:

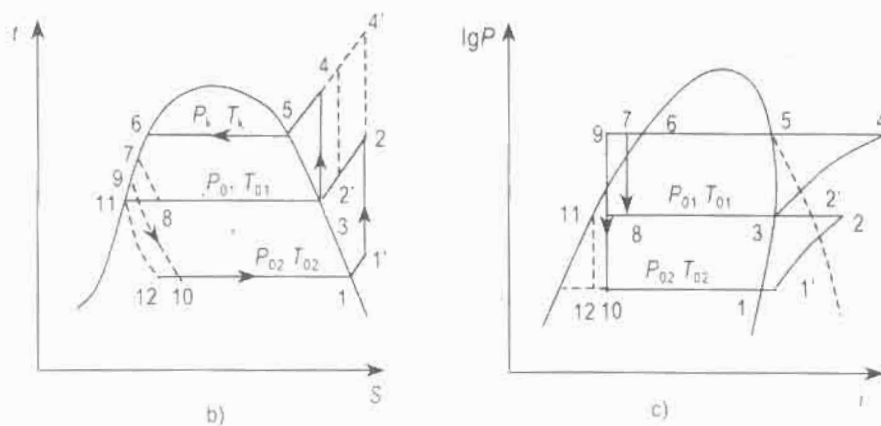
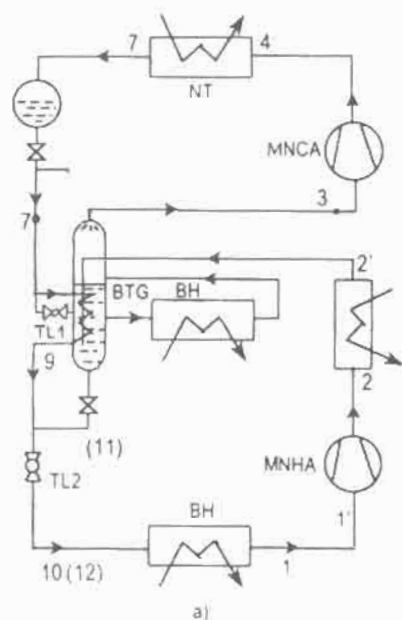
- Giảm nhiệt độ cuối của quá trình nén ($t_2 < t'_2$).
- Giảm công nén so với nén một cấp (đại lượng giảm biểu diễn bằng diện tích 2-4'-4-3-2'-2).
- Độ an toàn, tin cậy trong vận hành rất cao, tăng tuổi thọ của máy.
- Tăng hệ số vận chuyển λ .
- Có được hai chế độ làm lạnh với t_{01} và t_{02} . Có được t_{02} khá thấp, đáp ứng cho yêu cầu lạnh đông nhanh với nhiệt độ môi trường tải lạnh $-35^{\circ} \div -40^{\circ}\text{C}$ ($t_{01} = -45 \div -50^{\circ}\text{C}$).

Tuy vậy, việc lựa chọn chu trình một hay hai cấp nén còn phụ thuộc vào nhiều điều kiện của từng trường hợp cụ thể, vì một cấp nén vẫn có lợi điểm cơ bản so với hai cấp nén là đơn giản, dễ sử dụng, ít thiết bị và giá thành rẻ hơn. Đây cũng lại là một bài toán về kinh tế - kỹ thuật.

Có rất nhiều chu trình hai cấp nén khác nhau, ở đây chỉ giới thiệu chu trình hai cấp nén tiêu biểu và thông dụng nhất hiện nay.

2.1.2.2. Chu trình máy lạnh nén hơi 2 cấp, 2 lần tiết lưu, bình trung gian có ống xoắn trao đổi nhiệt

Đây là chu trình máy lạnh nén hơi hai cấp tiêu biểu và thông dụng nhất hiện nay. Các quá trình quá nhiệt hơi hút 1-1', ngưng tụ 5-6, quá lạnh dịch môi chất 6-7 giống như máy nén lạnh một cấp. Hơi tạo thành ở thiết bị bay hơi với t_{02} rất thấp được quá nhiệt 1-1' và được hút về để nén hạ áp 1'-2. Hơi nén ở trạng thái quá nhiệt 2 được làm mát trung gian đến nhiệt độ t_2 gần bằng nhiệt độ t_k , sau đó vào bình trung gian với nhiệt độ t_x ($t_3 \equiv t_k \equiv t_{01}$). Từ trạng thái 3, hơi được hút về để nén cao áp tới trạng thái quá nhiệt t_4 . Nhiệt độ cuối t_4 này của quá trình nén vẫn thấp hơn rất nhiều so với t_2 nếu dùng hệ nén một cấp. Hơi môi chất cao áp vào thiết bị NT để hoá lỏng, làm quá lạnh tới t_7 và tập trung ở bình chứa cao áp. Từ bình chứa cao áp, một phần dịch môi chất lạnh qua tiết lưu 1



Hình 2.3. Sơ đồ nguyên lý và chu trình làm việc của máy lạnh nén hơi hai cấp, hai lần tiết lưu, bình trung gian có ống xoắn trao đổi nhiệt:

a) sơ đồ nguyên lý làm việc;

b, c) chu trình làm việc biểu diễn trên đồ thị $t - S$ và đồ thị $\lg P - i$;

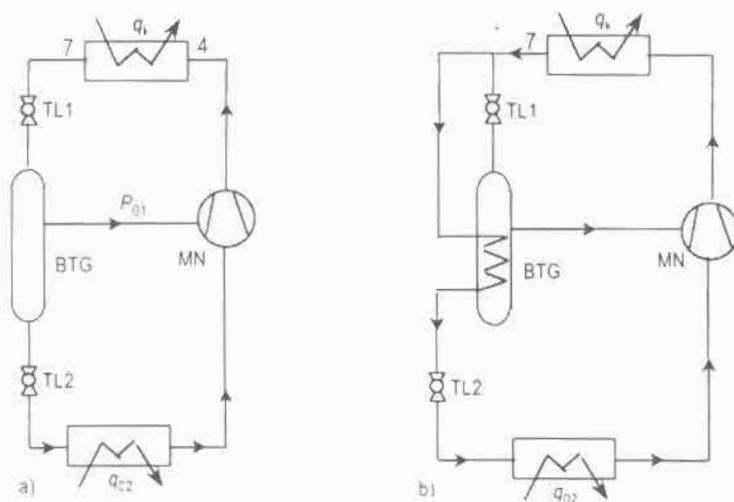
NHA - nén hạ áp; MTG - thiết bị làm mát trung gian; BTG - bình trung gian; NCA - nén cao áp; TL1 - van tiết lưu lần 1; TL2 - van tiết lưu lần 2; BHC - thiết bị bay hơi ở P_{01}, t_{01} ; BH, NT, BCCA - như chủ thích của hình 2.1

(quá trình tiết lưu 7-8) để hoà trộn, làm mát nguồn hơi nén hạ áp, đã làm mát trung gian bằng nước (quá trình 2-2'), nhằm làm mát trung gian hoàn toàn ở bình trung gian với $t_3 = t_k$. Phần dịch môi chất lạnh qua tiết lưu 1 còn để làm quá lạnh tiếp phần dịch chính chảy trong ống xoắn ở bình trung gian từ nhiệt độ t_7 xuống đến nhiệt độ t_{10} . Nhiệt độ t_{10} này luôn luôn cao hơn nhiệt độ của dịch môi chất lạnh trong bình trung gian t_{11} khoảng 5°C : $t_{11} = t_{10} - 5^{\circ}\text{C}$). Như vậy về mặt nhiệt động thì dung dịch môi chất từ ống xoắn với độ quá lạnh ít nên năng suất lạnh riêng q_{02} sẽ nhỏ hơn so với trường hợp dùng dịch môi chất từ bình trung gian với nhiệt độ t_{11} thấp hơn vì quá trình bay hơi sinh lạnh 12-1 lớn hơn 10-1. Nhưng chu trình dùng dịch môi chất từ ống xoắn có ưu việt cơ bản là dịch môi chất chảy trong ống với áp suất cao tương đương P_k , nên có thể vận hành tới giàn bay hơi với khoảng cách lớn mà không phải lắp đặt thêm bơm như ở hệ thống không có ống xoắn trong bình trung gian. Mặt khác, trong vận hành hệ thống máy lạnh với bình trung gian có ống xoắn thì dầu bôi trơn từ máy nén hạ áp không đi theo tuyến lỏng để vào thiết bị bay hơi với t_{02} rất thấp, nên không làm bẩn bề mặt bên trong của giàn lạnh. Chu trình với bình trung gian có ống xoắn được sử dụng rộng rãi do rất phù hợp với thực tế sản xuất công nghiệp thường đòi hỏi hai chế độ làm lạnh cho cấp đông / trữ đông hay trữ đông / bể nước đá hoặc trữ đông / kho nước đá, v.v., với hai nhiệt độ bay hơi t_{01} và t_{02} . Vấn đề phải cân đối thế nào cho hai nhiệt độ bay hơi t_{01} và t_{02} phù hợp tương ứng với trị số áp suất trung gian $P_{01} = \sqrt{P_k P_{02}}$.

Như vậy trong chu trình phải tính toán năng suất lạnh $Q_{01} = G_1 \cdot q_{01}$ ở nhiệt độ bay hơi t_{01} , và năng suất lạnh $Q_{02} = G_2 \cdot q_{02}$ ở nhiệt độ bay hơi t_{02} , là phần năng suất cơ bản chính của chu trình lạnh hai cấp nén. Do có hai năng suất lạnh ở nhiệt độ bay hơi khác nhau nên phải tính hệ số lạnh riêng cho từng cấp áp suất nén, và như vậy rõ ràng là không chính xác lắm, cho nên bình thường người ta chỉ xét đến hệ số lạnh của cấp nén thấp nhất, tức ứng với nhiệt độ bay hơi thấp nhất trong chu trình là t_{02} là phần cơ bản chính của chu trình nén lạnh hai cấp.

Từ những năm sáu mươi của thế kỷ XX, người ta đã ứng dụng rộng rãi máy nén lạnh trục vít và tuabin lạnh vào các hệ thống tương đương với nhiều cấp nén, nhiều chế độ làm lạnh khác nhau mà hệ thống vẫn đơn giản, vẫn chỉ với một máy nén duy nhất. Đó là nhờ đặc điểm cơ chế mềm của máy lạnh trục vít,

của tuabin lạnh cho phép có nhiều cửa hút trên thân máy với nhiều áp suất trung gian khác nhau nằm trong khoảng P_k và P_{01} . Hệ thống cũng có bố trí bình trung gian làm mát hoàn toàn nên giảm tối đa công nén, và đạt độ quá lạnh sâu đưa tới năng suất lạnh riêng q_{02} khá lớn so với chu trình có ống xoắn trao đổi nhiệt trong bình trung gian luôn luôn làm mát trung gian chỉ một phần nên tiết kiệm công nén chưa được nhiều và do độ quá lạnh ít nên chấp nhận năng suất lạnh riêng q_{02} nhỏ. Tuy nhiên, chu trình với ống xoắn trao đổi nhiệt có lợi điểm về dịch môi chất lạnh chảy trong ống còn giữ được áp suất cao tương đương P_k , nên có thể vận chuyển trong khoảng cách 50 m trở lại mà không phải lắp đặt thêm bơm như ở chu trình đối chứng.



Hình 2.4. Chu trình hai tiết lưu, quá lạnh lỏng môi chất, làm mát trung gian hơi nén, nhưng chỉ sử dụng một máy nén trực vút hoặc tuabin MN:

- a) bình trung gian làm mát hoàn toàn;
- b) bình trung gian có ống xoắn trao đổi nhiệt

2.1.2.3. Cấu tạo của hệ thống nén lạnh hai cấp

Thực hiện chu trình nén lạnh hai cấp có thể bằng máy nén lạnh hai cấp cộng với các thiết bị phụ như bình trung gian, các thiết bị làm mát trung gian bằng nước, các thiết bị hồi nhiệt (trao đổi nhiệt), thiết bị ngưng tụ, thiết bị làm quá lạnh, bình chứa cao áp, bình chứa hạ áp, các trạm tiết lưu, các giàn bay hơi - làm lạnh, các bình tách lỏng, hệ thống ống, van, v.v.

Máy nén lạnh hai cấp thường có cấu tạo hình chữ V hoặc $\downarrow$, w, trong đó số xy lanh nén cao áp so với số xy lanh nén hạ áp thường chiếm tỷ lệ là 1/3, 2/6 hoặc 3/5. Cũng có một số máy nén lạnh với tỷ lệ là 2/2, 4/4.... Trường hợp không có máy nén lạnh hai cấp thì có thể dùng các máy nén lạnh 1 cấp lắp ghép lại thành hệ thống nén lạnh hai cấp theo tỷ số thích hợp. Theo cách này người ta đã lắp ghép nhiều hệ thống nén lạnh hai cấp khác nhau như:

- Máy 2AB-15 ghép 2 máy ở nén hạ áp với một máy ở nén cao áp.
- Máy 2AB-15 với máy 4AB-15: ghép một máy 4AB-15 ở nén hạ áp với một máy 2AB-15 ở nén cao áp.

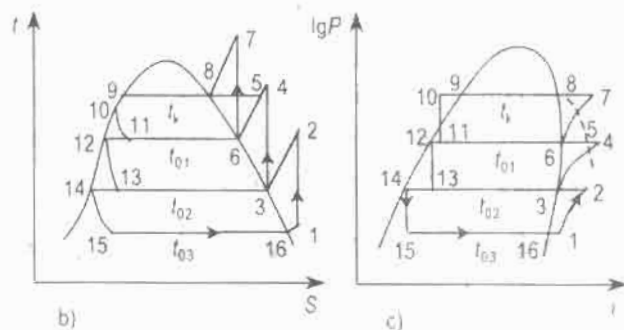
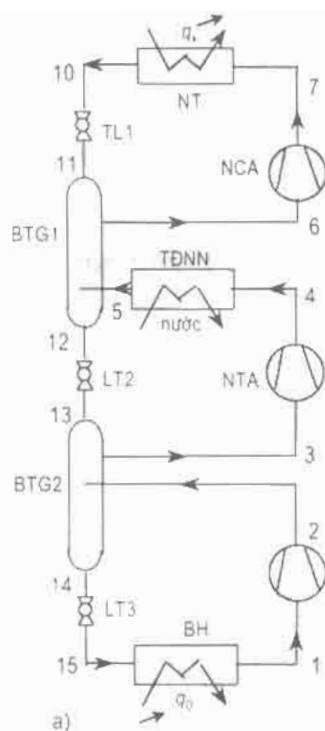
Ngoài việc đấu ghép các loại máy khác nhau, người ta còn đấu ghép các kiểu máy khác nhau thành hệ thống nén lạnh hai cấp như máy nén lạnh ở cấp cao áp với máy lạnh ejectơ ở nén hạ áp; máy nén lạnh ở cấp hạ áp với máy lạnh hấp thụ ở nén cao áp; máy lạnh ejectơ ở nén hạ áp với máy lạnh kiểu hiệu ứng xoáy ở nén cao áp, v.v.

2.1.3. Chu trình máy nén lạnh nén hơi ba cấp

Thường dùng hệ thống máy nén lạnh ba cấp với nhiệt độ bốc hơi của môi chất lạnh khá thấp $t_{01} \approx -55^{\circ}\text{C} \div -70^{\circ}\text{C}$ (hình 2.5). Hệ thống máy nén lạnh ba cấp có thể làm việc với 3 nhiệt độ bốc hơi khác nhau. Trường hợp chỉ làm việc với một chế độ lạnh thấp nhất t_{01} , P_{01} , thì phải chọn các áp suất trung gian tương ứng P_{01} , P_{02} sao cho tỷ số nén ở các cấp tương đương nhau:

$$\sigma = \frac{P_k}{P_{01}} \approx \frac{P_{01}}{P_{02}} \approx \frac{P_{02}}{P_{03}}$$

Ở cấp nén hạ áp, quá trình 1-2, nhiệt độ cuối của quá trình nén không vượt quá nhiệt độ ngưng tụ t_k cho nên hơi môi chất được đưa ngay vào bình trung gian BTG2 để làm mát bằng môi chất lỏng bay hơi xuống tới trạng thái bão hoà khô t_3 (quá trình làm mát trung gian hoàn toàn 2-3). Ở cấp nén trung áp quá trình 3-4, nhiệt độ cuối của quá trình nén $t_4 > t_k$, cho nên hơi được làm mát trung gian một phần bằng nước ở thiết bị trao đổi nhiệt nước TĐNN đến nhiệt độ t_5 , sau đó tiếp tục làm mát hoàn toàn ở bình trung gian một BTG1 đến trạng thái bão hoà t_6 để đưa tới cấp nén cao áp quá trình 6-7. Hơi cao áp được làm nguội, ngưng tụ (7-8-9) và quá lạnh lỏng (9-10). Lỏng môi chất lần lượt qua ba cấp tiết lưu (điểm 15), được đưa vào thiết bị bay hơi làm lạnh (quá trình 15-16) với t_{01} rất thấp.



Hình 2.5. Máy nén lạnh ba cấp

a) sơ đồ nguyên lý làm việc;

b, c) chu trình làm việc biểu diễn trên đồ thị $t-S$ và đồ thị $\lg P-t$;

NHA- nén hạ áp, NTA- nén trung áp; NCA nén cao áp; TĐNN - thiết bị trao đổi nhiệt bằng nước; BTG1 - BTG2 - bình trung gian ở cấp nén trung áp và hạ áp; BH; NT; TL - như chú thích ở hình 2.1

Ngoài hệ thống nén lạnh ba cấp theo chu trình kín liên tục của một môi chất lạnh, người ta còn dùng chu trình hở của khí CO_2 rắn.

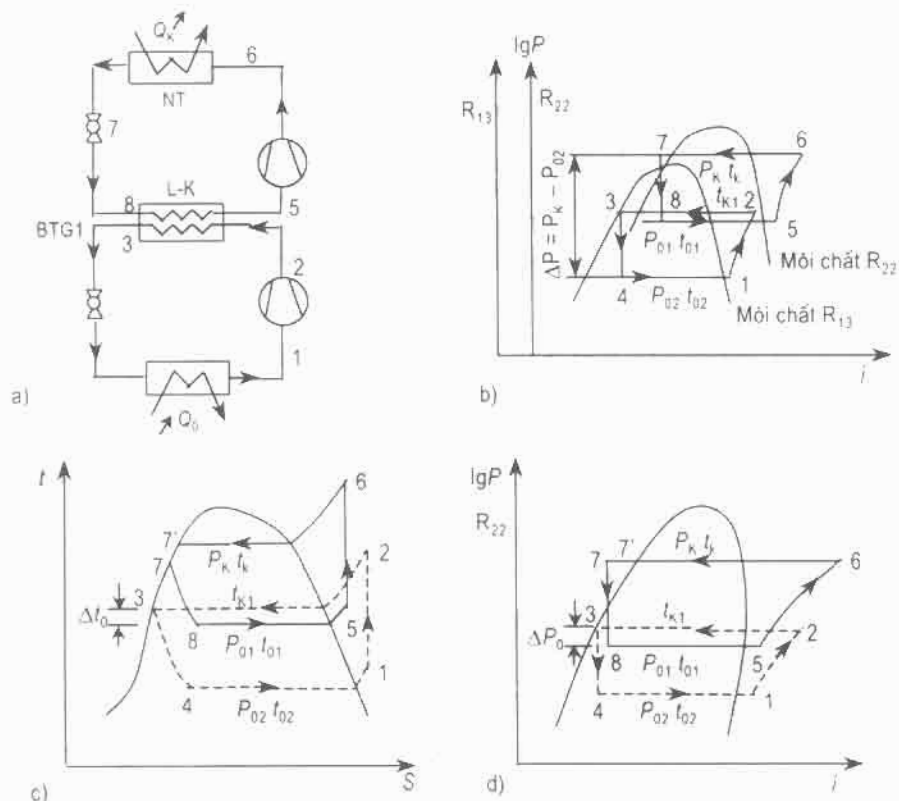
2.1.4. Chu trình làm việc của hệ thống máy lạnh chuyển tiếp (máy lạnh cascade)

Trong công nghiệp nhất là công nghiệp hoá lỏng không khí, hoá lỏng khí đốt, nhiều trường hợp đòi hỏi nhiệt độ bay hơi của môi chất lạnh rất thấp, không được quá -100°C . Đạt được nhiệt độ này rất khó nếu chỉ dùng những môi chất lạnh bình thường với các chu trình nén một, hai hay ba cấp, vì nhiệt độ đóng băng của NH_3 khá cao, ở -77.9°C , cho nên giới hạn dưới cho phép của NH_3 với $t_0 \geq -70^\circ\text{C}$. Vì vậy người ta phải dùng những môi chất lạnh có nhiệt độ đóng băng rất thấp như R_{13} (-183°C), R_{23} (-163°C), propan (C_3H_8 , $t_{\text{đb}} = -187.1^\circ\text{C}$), etan (C_2H_6 , $t_{\text{đb}} = -183.2^\circ\text{C}$)... Nhưng nếu chỉ dùng những môi chất lạnh này thì sẽ tốn nhiều công nén vì nhiệt độ tối hạn của chúng thấp. Mặt khác, nếu t_0 thấp mà chỉ dùng một môi chất lạnh thì ΔP trong máy sẽ quá lớn. Phần lớn các môi chất lạnh bốc hơi với t_0 thấp lại cần áp suất chân không thấp, cho nên dễ lọt không

khí từ ngoài vào hệ thống. Đối với hệ thống suppap của máy nén cũng tránh độ chân không nhiều trong máy (các máy nén hiện đại hệ thống suppap của nó chỉ đảm bảo làm việc với áp suất hút nhỏ nhất là 0,1ata. Một tuabin lạnh có thể làm việc với áp suất hút tới 0,06 ata. Vì thế người ta phải dùng hệ thống máy lạnh chuyển tiếp với 2, 3 môi chất lạnh.

2.1.4.1. Máy lạnh chuyển tiếp tương đương với hệ thống nén lạnh hai cấp

Trong trường hợp này thường có hai chu trình song song nhau, chu trình trên (tầng trên) dùng để giải nhiệt cho thiết bị ngưng tụ K của tầng dưới (hình 2.6).



Hình 2.6. Máy lạnh chuyển tiếp:

a) sơ đồ nguyên lý làm việc

b) chu trình làm việc biểu diễn trên đồ thị $\lg P - i$.

c, d) chu trình làm việc của máy lạnh chuyển tiếp dùng một môi chất lạnh, biểu diễn trên đồ thị $t - S$, biểu diễn trên đồ thị $\lg P - i$

Chu trình dưới là chính, là khâu cung cấp nhiệt cho chu trình trên và cung cấp lạnh cho trạm lạnh. Thường dùng môi chất cho tầng trên là NH_3 , R_{22} , ... là các môi chất lạnh có áp suất không lớn lắm, và cho tầng dưới là R_{13} , R_{23} , ... là những môi chất lạnh có áp suất cao, không đòi hỏi độ chân không nhiều khi cần t_0 khá thấp, và có t_{0b} rất thấp.

Ta gọi chênh lệch áp suất giữa thiết bị ngưng tụ và thiết bị bốc hơi là $\Delta P = P_k - P_{02}$, thì ở đây chênh lệch áp suất của mỗi cấp nén chỉ còn là:

$$\Delta P_1 = P_k - P_{01} \ll \Delta P \text{ (ở tầng trên)}$$

$$\Delta P_2 = P_{01} - P_{02} \ll \Delta P \text{ (ở tầng dưới)}$$

Trong hệ thống người ta không dùng bình làm mát trung gian, mà chỉ dùng một thiết bị bốc hơi - ngưng tụ $L-K$, trong đó môi chất lạnh của tầng trên bốc hơi với áp suất P_{01} , còn môi chất lạnh ở tầng dưới ngưng tụ với áp suất $P_{01} + \Delta P_0$.

Năng suất lạnh riêng của môi chất lạnh ở tầng dưới:

$$Q_{02} = i_1 - i_4 \text{ kcal/kg}$$

Công thực hiện chu trình nén:

$$Al_2 = i_2 - i_1 \text{ kcal/kg}$$

Công thực hiện chu trình nén của tầng trên:

$$Al_1 = i_6 - i_5 \text{ kcal/kg}$$

Nhiệt ở thiết bị ngưng tụ - bốc hơi (tầng dưới):

$$Q_k = i_2 - i_3 \text{ kcal/kg}$$

Năng suất lạnh của môi chất lạnh ở tầng trên:

$$Q_{01} = i_5 - i_6 \text{ kcal/kg}$$

Vậy lượng môi chất lạnh làm việc ở tầng trên để được 1 kg môi chất lạnh bốc hơi ở tầng dưới:

$$g = \frac{Q_k}{Q_{01}} \cdot \frac{i_2 - i_1}{i_5 - i_6}$$

Hiệu suất làm lạnh (hệ số lạnh):

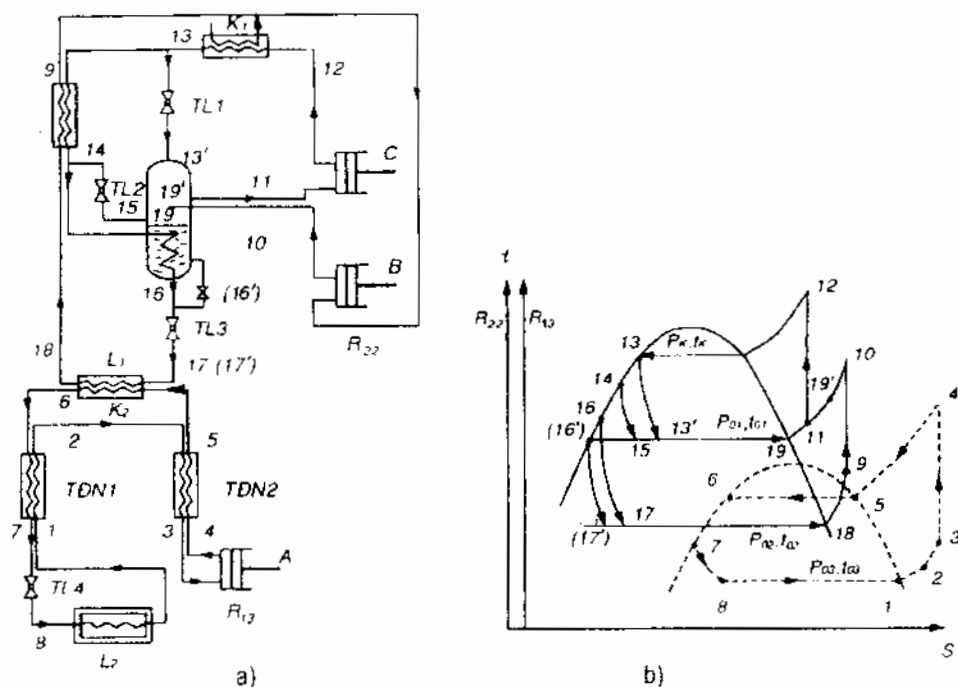
$$\varepsilon = \frac{Q_{02}}{Al_2 + g \cdot Al_1} = \frac{i_1 - i_4}{(i_2 - i_1) + \frac{(i_2 - i_3)(i_6 - i_5)}{(i_5 - i_6)}}$$

Một số trường hợp người ta dùng một môi chất lạnh cho cả hai tầng của máy lạnh chuyển tiếp nhằm giảm chênh lệch áp suất trong từng cấp máy so với máy nén lạnh một cấp. Loại máy cascade dùng với hai môi chất thường chỉ gặp ở máy lạnh freon (hình 2.6c và 2.6d).

Về lý thuyết có thể nói rằng với diện tích truyền nhiệt vô tận thì hiệu số Δt_0 giữa nhiệt độ ngưng tụ t_{k1} và nhiệt độ bốc hơi của môi chất lạnh t_{01} trong thiết bị L-K vô cùng bé, gần bằng không. Song thực tế, vì diện tích truyền nhiệt có hạn, nên Δt_0 có giá trị đáng kể. Nếu $\Delta t_0 \rightarrow 0$ thì hệ thống tương đương như hệ thống máy nén lạnh hai cấp với chu trình bình trung gian không có ống xoắn trao đổi nhiệt.

2.1.5. Chu trình làm việc của máy lạnh chuyển tiếp tương đương với hệ thống nén lạnh ba cấp

Máy lạnh chuyển tiếp tương đương ba cấp nén gồm hai tầng: tầng trên và tầng dưới (hình 2.7).



Hình 2.7. Máy lạnh chuyển tiếp tương đương với hệ thống nén lạnh ba cấp:

a) sơ đồ nguyên lý làm việc;

b) chu trình làm việc biểu diễn trên đồ thị $t-S$

Tầng trên là hệ thống nén lạnh hai cấp, thường dùng môi chất lạnh R_{22} . Tầng dưới là hệ thống nén lạnh một cấp, thường dùng môi chất lạnh R_{13} ($t_{0b} = 180^{\circ}\text{C}$).

Tầng trên nhằm giải quyết "nước" ngưng tụ cho tầng dưới, nhưng lại không thể dùng nước lạnh để giải nhiệt ngưng tụ được, mà thay bằng nước muối lạnh thì hiệu quả kinh tế cũng không cao.

Chu trình làm việc của tầng trên như sau: dịch R_{22} sau TL3 (điểm 17) vào thiết bị bốc hơi - ngưng tụ $L_1 - K_1$ để bốc hơi giải nhiệt ngưng tụ của R_{13} . Hơi bão hoà (điểm 18) qua thiết bị TĐN3 thành hơi quá nhiệt (điểm 9) và được máy nén B hút về để nén đến trạng thái quá nhiệt 10. Hơi trung áp này vào bình trung gian có ống xoắn trao đổi nhiệt. Trong bình trung gian, hơi tạo thành sau TL2 (điểm 15), trộn với hơi trung áp thành hỗn hợp hơi có trạng thái 19'. Hỗn hợp hơi quá nhiệt này được làm nguội bằng dịch R_{22} sau TL1 đến trạng thái 11 rồi mới về máy nén C nén tới trạng thái cao áp 12, vào thiết bị ngưng tụ K_1 của tầng trên. Thiết bị K_1 giải nhiệt bằng nước. Dịch R_{22} sau khi ngưng tụ (điểm 13) chia làm hai phần. Phần nhỏ qua TL1 vào bình trung gian để hạ nhiệt độ làm nguội lượng hơi trung áp tới trạng thái 11 để về máy nén C. Phần chính của dịch R_{22} còn lại qua TĐN3 (điểm 14) rồi lại chia thành hai đường: đường phụ qua TL2 (điểm 15) để vào bình trung gian (điểm 19) nhằm làm quá lạnh đường dịch chính của R_{22} đi trong ống xoắn ở bình trung gian từ trạng thái 14 xuống tới 16 trước khi vào TL3. Sau TL3 lượng R_{22} với trạng thái điểm 17 mới vào thiết bị bốc hơi ngưng tụ $L_1 - K_2$ để bốc hơi - giải nhiệt ngưng tụ của R_{13} cho tầng dưới.

Ở tầng dưới máy nén A hút R_{13} từ trạng thái hơi quá nhiệt (điểm 3) nén đến trạng thái điểm 4, qua TĐN2 để làm nguội hơi quá nhiệt tới (điểm 5), sau đó vào thiết bị bốc hơi - ngưng tụ $L1-K2$ để ngưng tụ thành dịch R_{13} (điểm 6). Giải nhiệt ngưng tụ của hơi R_{13} bằng ẩn nhiệt bốc hơi của dịch R_{22} trong thiết bị bốc hơi - ngưng tụ $L1-K2$ là thiết bị chung cho cả 2 tầng và là thiết bị trao đổi nhiệt chính giữa hai tầng của hệ thống máy lạnh chuyển tiếp. Dịch R_{13} sau ngưng tụ, tiếp tục làm quá lạnh ở TĐN1 quá trình 6-7 rồi mới qua TL-4 (quá trình tiết lưu 7-8) và bốc hơi sinh lạnh ở thiết bị bốc hơi $L2$ với P_{03} , t_{03} rất thấp của lĩnh vực làm lạnh thâm độ - lĩnh vực dưới -100°C .

Hơi R_{13} tạo thành ở trạng thái bão hoà khô từ điểm 1 qua TĐN1 đạt tới hơi

quá nhiệt điểm 2 và qua tiếp TĐN2 để đạt tới độ quá nhiệt điểm 3 trước khi máy nén A hút về để tiếp tục chu trình nén lạnh của tầng dưới.

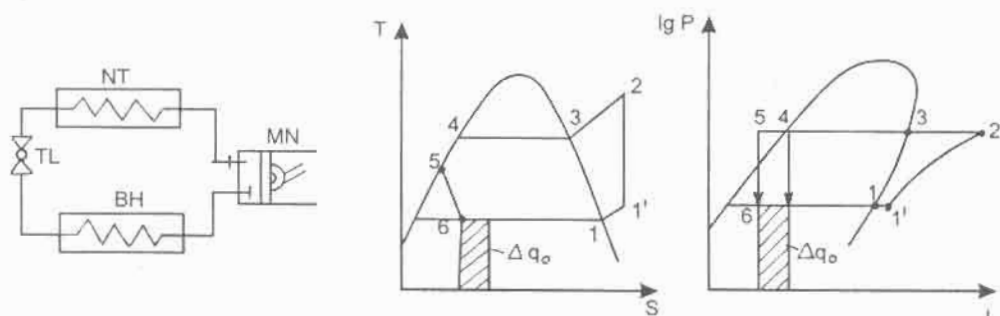
Trong kỹ thuật làm lạnh thâm độ và kỹ nghệ hoá lỏng các khí, tùy điều kiện kỹ thuật và đặc điểm nhiệt động của các môi chất mà người ta lắp ghép hệ thống lạnh chuyển tiếp tương đương ba cấp nén, nhưng tầng trên là hệ thống nén lạnh 1 cấp, với tầng dưới là hệ thống nén lạnh hai cấp, hoặc lắp ghép thành hệ thống lạnh chuyển tiếp tương đương bốn cấp nén, gồm tầng trên, tầng dưới đều là hệ thống nén lạnh hai cấp với 2, 3 hoặc nhiều môi chất khác nhau.

2.2. CÁC THIẾT BỊ TRUYỀN NHIỆT CƠ BẢN TRONG HỆ THỐNG LẠNH

2.2.1. Vai trò và ứng dụng của thiết bị truyền nhiệt trong hệ thống lạnh

Trong hệ thống lạnh thông thường về nguyên lý làm việc được thể hiện qua sơ đồ trong hình 2.8.

Nhìn vào sơ đồ hình 2.8 ta thấy hai bộ phận cơ bản của hệ thống máy lạnh nén hơi một cấp như thiết bị bốc hơi (TBBH) và thiết bị ngưng tụ (TBNT) là dạng của thiết bị trao đổi nhiệt.



Hình 2.8. Sơ đồ và chu trình làm việc của máy lạnh nén hơi một cấp

Trong chu trình làm việc của máy lạnh chuyển tiếp (để tạo nhiệt độ thấp hơn -100°C) người ta có bố trí thiết bị trao đổi nhiệt (TBTN) dạng thiết bị ngưng tụ bốc hơi để trao đổi nhiệt giữa hai tác nhân ở khâu cao (xảy ra sự bốc hơi) và ở khâu thấp (xảy ra sự ngưng tụ).

Ngoài ra thiết bị trao đổi nhiệt còn đóng vai trò quan trọng trong quá nhiệt và quá lạnh. Nhờ có quá lạnh Δt_{q_l} mà năng suất lạnh tăng lên một lượng ΔQ_0 (như đồ thị 2.8) tính cho 1 kg tác nhân lạnh.

Do tính đa dạng của công nghệ sử dụng lạnh nên dẫn đến sự đa dạng của TBTN. Phần này chỉ đề cập đến những dạng thiết bị trao đổi nhiệt thông dụng nhất trong hệ thống lạnh dùng cho thực phẩm.

2.2.2. Thiết bị bốc hơi

Thiết bị bốc hơi rất đa dạng người ta có thể phân loại chúng ra các dạng sau:

- Phân loại theo đặc trưng đối tượng được làm lạnh, thiết bị bốc hơi để làm lạnh chất lỏng, làm lạnh chất khí, làm lạnh vật phẩm rắn và thiết bị bốc hơi ngưng tụ.

- Phân loại theo đặc trưng điều kiện tuần hoàn đối tượng được làm lạnh, ta có hai loại: loại kín (như TBBH kiểu vỏ - ống và kiểu vỏ - ống xoắn) và loại hở (có mức chất lỏng hở như bể muối trong sản xuất đá).

- Phân loại theo độ dày của tác nhân lạnh trong TBBH.

- Phân loại theo kết cấu TBBH, ta có loại ống có cánh và loại ống trơn.

Về kết cấu TBBH dùng cho các freon khác với loại dùng cho NH_3 do hệ số cấp nhiệt phía freon sôi thấp hơn phía chất tải lạnh (nếu là môi trường lỏng) vì vậy người ta phải làm thêm các cánh (gân) với bề cao 1,45 - 1,60 mm bước cánh nhỏ (hệ số cánh khoảng 3,5 - 3,8) về phía freon sôi. Mặt khác do vật liệu đồng chế tạo TBBH cho freon đắt hơn vật liệu thép nên khi thiết kế TBBH cho freon chọn chênh lệch nhiệt độ giữa hai lưu chất lớn hơn ($\Delta t_{\text{m}} = 6 - 8^{\circ}\text{C}$) so với trường hợp TBBH cho NH_3 ($\Delta t_{\text{m}} = 5^{\circ}\text{C}$).

Mức độ dày của tác nhân lỏng trong TBBH với freon cho phép lấy thấp ($\approx 0,6D$) hơn so với NH_3 ($\approx 0,8D$) vì hỗn hợp lỏng - hơi của freon khi sôi có lẫn dầu máy nên có hiện tượng bùng nổ, tạo bọt.

Đối với TBH dạng xoắn - tưới hay nhúng ngập thì chất tải lạnh (thường là nước hoặc nước muối) đi ngoài ống, còn tác nhân lạnh sôi trong ống. Trường hợp này có thể tổ hợp ống thành giàn, thành vi.

Ngoài ra còn có TBBH kiểu panen đứng nó gồm những bề mặt truyền nhiệt là những tấm kim loại hình chữ nhật đứng nhúng vào thùng chứa chất tải lạnh (có dùng cánh khuấy) hoặc ôm quanh vỏ của thùng chứa chất tải lạnh (kiểu kết cấu thùng lên men bia). Loại này cho phép giảm khối lượng 25 - 30% và giảm giá thành vì giá thành ống đắt gấp trên hai lần thép tấm nếu cùng diện tích bề mặt truyền nhiệt.

Trị số Q_F (W/m^2) cho phép cho TBBH dùng NH_3 (tính cho bề mặt trong ống) cho trong bảng 2.2.

Bảng 2.2. Trị số Q_F phụ thuộc vào giá trị t_0 và Δt_0

Nhiệt độ sôi $t_0, ^\circ C$	Q_F khi $\Delta t_0, W/m^2$		
	$3^\circ C$	$4^\circ C$	$5^\circ C$
0	1856	2900	3400
-15	1740	2784	3000
-25	1624	2204	—

Trị số q_F (W/m^2) cho phép TBBH dùng freon (tính cho bề mặt trong ống) cho trong bảng 2.3.

Bảng 2.2. Trị số Q_F phụ thuộc Δt_0 và vận tốc chất tải lạnh

Chênh lệch nhiệt độ $\Delta t_0, ^\circ C$	Vận tốc chất tải lạnh $w_0, m/s$	Q_F khi $t_0 = -5^\circ C \div -15^\circ C, W/m^2$
4	1,0	3248
	1,5	4640
5	1,0	4640
	1,5	6380
6	1,0	5688
	1,5	7888

2.2.3. Thiết bị làm lạnh không khí

Tuỳ thuộc cách tiếp xúc giữa không khí với bề mặt mà người ta phân loại thiết bị làm lạnh không khí (TBLLKK) loại ướt và loại khô. Ngoài ra tuỳ theo phương thức làm lạnh mà người ta còn chia ra loại thiết bị làm lạnh trực tiếp và gián tiếp. Khi trong ống là tác nhân lạnh sôi thì gọi là thiết bị làm lạnh trực tiếp. Khi trong ống là chất tải lạnh chảy thì gọi là thiết bị làm lạnh gián tiếp.

Thông thường quá trình truyền nhiệt trong thiết bị làm lạnh không khí là quá trình truyền nhiệt giữa một lưu thể trong ống là lỏng (hoặc hỗn hợp lỏng - hơi bão hoà) với lưu thể ngoài ống là không khí. Không khí có hệ số cấp nhiệt (α) nhỏ hơn rất nhiều so với hệ số cấp nhiệt của lưu thể trong ống. Dòng nhiệt truyền từ trong ra ngoài là một dòng liên tục, để tăng cường quá trình truyền nhiệt phải tăng cường quá trình trao đổi nhiệt của quá trình từ thành thiết bị ra ngoài không khí (hệ số cấp nhiệt của không khí rất nhỏ) bằng cách tăng bề mặt trao đổi nhiệt như làm gân (hoặc cánh) tản nhiệt (hay thu nhiệt).

Ngoài ra để tăng cường quá trình trao đổi nhiệt phía ngoài ống với không khí người ta thường phun nước thành mưa hoặc tưới lên bề mặt thiết bị trao đổi nhiệt (thường được gọi là TBTN kiểu ướt). Nhờ những TBTN kiểu ướt mà quá trình trao đổi nhiệt trực tiếp từ thành ống ra ngoài không khí đã trở thành trao đổi nhiệt gián tiếp từ thành ống ra môi trường lỏng (thường là nước) và sau đó từ môi trường lỏng ra môi trường không khí. Quá trình cấp nhiệt từ thành ống ra môi trường lỏng thường là rất lớn nên chất lỏng được làm lạnh nhanh sau đó chất lỏng trao đổi nhiệt với không khí qua bề mặt màng trên ống và chảy xuống phía dưới do vậy bề mặt tiếp xúc được tăng lên rất nhiều. Trong quá trình trao đổi nhiệt để làm lạnh không khí một phần chất lỏng được bay hơi vì vậy nó cũng tăng cường cho quá trình làm lạnh không khí.

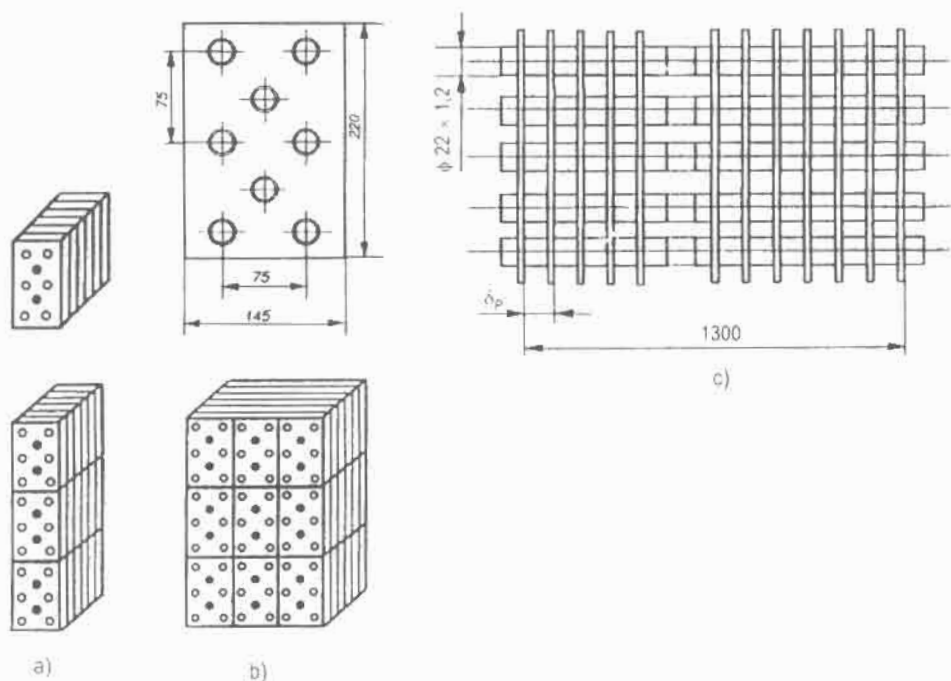
2.2.3.1. Thiết bị làm lạnh không khí kiểu khô

Loại này thường dùng loại ống (hoặc giàn ống) có cánh tản nhiệt về phía không khí. Trong trường hợp không khí quá ẩm làm quá trình có tạo nhiều tuyết và nước đá trên bề mặt ống lạnh thì phải dùng ống trơn. Vận tốc không khí đi qua khe hẹp (giữa các cánh tản nhiệt và ống trơn) có thể đạt tới 6m/s.

Cánh của ống rất đa dạng: loại tấm phẳng, loại xoắn vis không hàn, và loại xoắn vis có hàn, loại xoắn vis đúc, loại cánh rời... Trong đó loại cánh ngang rời

bằng nhôm ép lên ống có nhiều ưu điểm về chế, tạo hiệu quả truyền nhiệt và giảm trở lực dòng chảy. Hệ số cánh loại này là 10 - 25 (hệ số cánh là tỷ số giữa bề mặt có cánh trên bề mặt không cánh phía bên kia). Cánh loại tấm có thể là dạng phẳng, gợn sóng hoặc dích dắc để tạo độ chảy rối của dòng chảy.

Loại xoắn *vis* không hàn làm từ các dải (băng) bằng thép, nhôm hay đồng được xoắn quanh ống với bước *vis* từ 30 mm đến 20 mm và không được nhỏ hơn 15 mm đối với các thiết bị làm lạnh không khí có xả tuyết tự động.



Hình 2.9. Một số kiểu kết cấu modul của TBLLKK

- a) modul cơ bản; b) tổ hợp một số modul;
 c) TBLLKK kiểu treo trần hay có chân đỡ độc lập

Cánh loại xoắn *vis* liền (tạo bằng cách đúc hay ép) chỉ dùng cho các ống dày (6 đến 5 mm) tạo cánh có mặt cánh hình thang (đỉnh tròn hay thẳng) bước cánh cao chừng 14 mm (bề dày ống sau khi ép xong còn chừng 2 mm). Hệ số cánh khoảng 19,6 dùng thích hợp cho máy điều hoà không khí có tách ẩm dạng nước chảy từ bề mặt ống lạnh. Các thiết bị LKK đặt cho các phòng lạnh và

làm lạnh đông thường có bước cánh 10 - 12 mm nên cần phải lưu ý việc tẩy tuyết phá băng cho chúng. Riêng đối với các phòng lạnh có nhiệt độ $t_1 \geq +2^\circ\text{C}$ thì có thể tẩy tuyết bằng chính nguồn nhiệt của không khí trong phòng.

2.2.3.2. Thiết bị làm lạnh không khí kiểu ướt (xối tưới)

Loại thiết bị làm lạnh không khí kiểu này có bề mặt giàn lạnh được xối tưới bằng nước; dung dịch ethylenglycol hay thủy tinh hữu cơ lỏng để tăng cường hiệu quả truyền nhiệt. Sự trao đổi nhiệt xảy ra giữa không khí và màng chất lỏng trên bề mặt ống lạnh được bổ sung bằng sự trao đổi nhiệt giữa không khí và giọt chất lỏng rơi trong không gian giữa các ống. Ngoài ra chất lỏng xối tưới còn làm cản trở sự bám tuyết trên bề mặt giàn ống. Trong trường hợp thiết bị có nhiều dãy ống theo chiều đứng với vận tốc không khí trong khoảng không gian tự do là 3,5 m/s thì cường độ truyền nhiệt trong TBLLKK kiểu xối tưới cao hơn TBLLKK kiểu khô (với vận tốc gió đến 7 m/s) là 10 - 15% và không có bám tuyết giàn ống. Mật độ tưới chất lỏng tối thiểu là 40 kg/m.h (cho ống trơn) và 100 kg/m.h (cho ống có cánh) khi tăng mật độ tưới thì sự trao đổi nhiệt có tăng lên nhờ trao đổi nhiệt bổ sung giữa không khí và chất lỏng.

Thường dùng các TBLLKK kiểu xối tưới với hệ số cánh khoảng 20 - 25, cánh cao 10 - 12 mm, bước cánh 8 - 10 mm, đường kính ống đến 25 mm.

Để làm lạnh không khí trong phòng bảo quản tĩnh (không khí đối lưu tự nhiên) người ta thường dùng các giàn lạnh dựng quanh tường hay treo trần, dàn ống dựng quanh tường thường có 1 - 2 dãy, mỗi dãy có 12 - 16 ống theo chiều cao (nếu là ống ngang). Giàn ống treo trần cũng gồm 1 - 2 dãy nằm ngang, sự trao đổi nhiệt là nhờ vào sự đối lưu tự nhiên của không khí trong phòng với vận tốc không khí khoảng 0,4 - 0,5 m/s.

2.2.4. Thiết bị ngưng tụ

Thiết bị ngưng tụ (TBNT) trong hệ thống lạnh nhằm mục đích chuyển trạng thái tác nhân lạnh từ dạng hơi sang dạng lỏng nhờ trao đổi nhiệt với môi trường bên ngoài (là nước, không khí hay kết hợp giữa chúng). Thiết bị ngưng tụ trong hệ thống lạnh được phân loại theo một số đặc điểm sau:

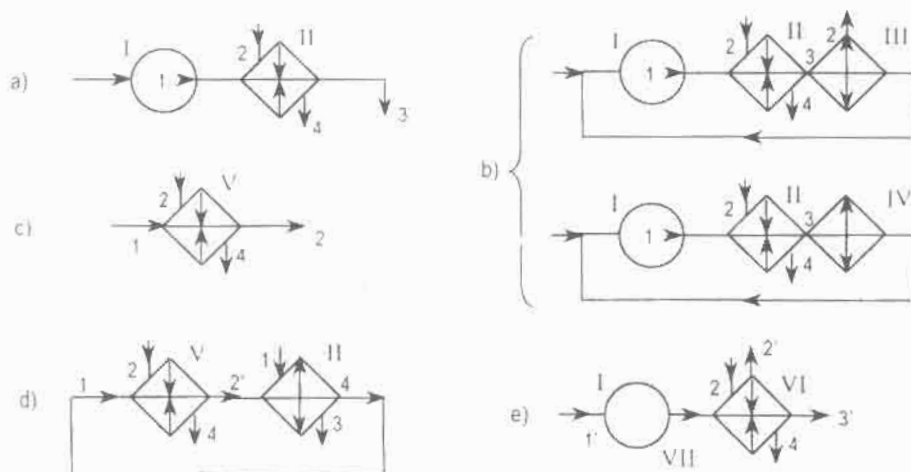
- Phân loại theo chất giải nhiệt ngưng tụ: Theo cách này người ta chia ra TBNT dùng khí (thường là không khí), TBNT dùng lỏng (thường là nước), TBNT dùng nền đất làm chất giải nhiệt và thiết bị ngưng tụ - bốc hơi.

- Phân loại theo không gian ngưng tụ người ta chia ra: Loại ngưng tụ ngoài ống (như thiết bị ngưng tụ ống chùm nằm ngang) và loại ngưng tụ trong ống (như các giàn ống ngưng tụ trao đổi nhiệt với không khí hay nước, TBNT kiểu ống xoắn hay kiểu tấm bản).

- Phân loại theo phương thức vận chuyển chất tải nhiệt người ta chia ra TBNT tuần hoàn tự nhiên và TBNT tuần hoàn cưỡng bức chất tải nhiệt qua bề mặt truyền nhiệt. Ngoài ra còn có TBNT kiểu xối tưới chất lỏng.

Hình 2.10 giới thiệu một số kiểu TBNT.

Trong tất cả các trường hợp đều có thể thay dòng lạnh (chất tải nhiệt). Trong TBNT bằng một lưu chất nào đó để tận dụng nhiệt do ngưng tụ chất thải ra của tác nhân lạnh để đun nóng lưu chất đó phục vụ cho mục đích công nghệ khác.



Hình 2.10. Một số phương án tổ hợp TBNT:

a) TBNT dùng nước không tuần hoàn; b) TBNT dùng nước có tuần hoàn (có dùng tháp rê hay bể giải nhiệt nước); c) TBNT-BH; d) TBNT-BH kết hợp TBNT thứ cấp; e) TBNT dùng không khí;

1- trạng thái của dòng lạnh (lỏng), 1'- trạng thái của dòng lạnh (khí); 2- trạng thái của dòng hơi nóng; 2'- trạng thái của dòng hơi lạnh; 3- trạng thái của dòng lạnh (lỏng); 3'- trạng thái của dòng lạnh (khí); 4- trạng thái ra của dòng lỏng nóng (chất ngưng);

I- máy bơm; II- TBNT; III- tháp rê; IV- bể (hồ) giải nhiệt nước; V- TBNT - BH; VI- TBNT giải nhiệt bằng không khí (có thể kết hợp phun nước bổ sung; VII- quạt gió

Hình 2.10a giới thiệu sơ đồ TBNT xuôi dòng làm lạnh bằng nước. Loại này thường dùng cho hệ thống lạnh có năng suất nhỏ ở các trạm lạnh và tàu thủy và nước sau khi sử dụng (trao đổi nhiệt) bỏ đi không tuần hoàn lại.

Hình 2.10b giới thiệu sơ đồ TBNT dùng nước có tuần hoàn bằng cách bổ sung thiết bị ngưng tụ giải nhiệt (làm mát) cho nước là tháp rã hay bể (hồ) giải nhiệt.

Hình 2.10c giới thiệu sơ đồ TBNT - bốc hơi thường dùng trong các máy lạnh chuyển tiếp hay trong các thiết bị hoá lỏng không khí và sản xuất O_2 , N_2 , CO_2 ...

Hình 2.10d giới thiệu sơ đồ TBNT bốc hơi kết hợp một TBNT thứ cấp để ngưng tụ hơi của dòng lạnh để tuần hoàn vào chu trình nhờ sử dụng một chất tải nhiệt thứ cấp một pha.

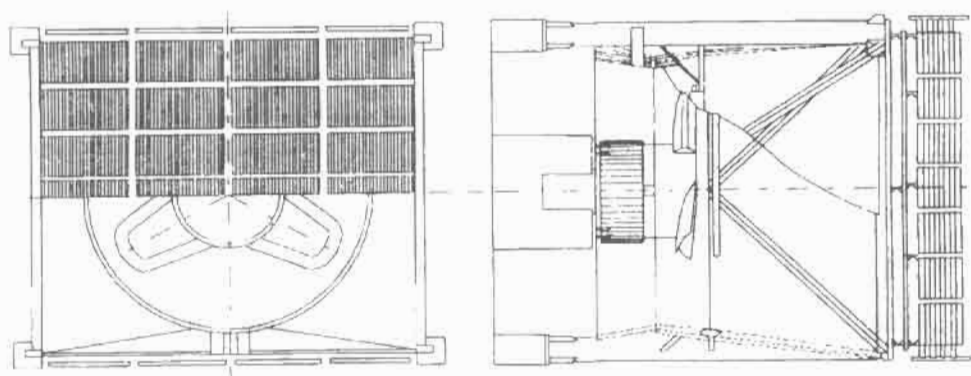
2.2.4.1. Thiết bị ngưng tụ dùng không khí

Thiết bị ngưng tụ loại này sử dụng không khí đối lưu tự nhiên hay cưỡng bức để tải lượng nhiệt do tác nhân lạnh ngưng tụ toả ra. Loại thiết bị này thường dùng giàn ống có cánh (về phía không khí) cánh dày 0,2 - 0,8 mm, bước cánh 4 - 12 mm và hệ số cánh $\beta = 7 - 20$. Trong một số trường hợp có thể tăng hệ số cánh tối đa tới $\beta = 20 - 40$.

Có thiết bị ngưng tụ dùng các ống nhỏ $\phi = 4,8 - 6,5$ mm có các cánh là những thanh kim loại thẳng $d = 1,2 - 2,5$ mm hàn, nối nhiều ống thành dãy với bước ống 40 - 60 mm bước cánh 6 - 9 mm, có hệ số cánh $\beta = 3 - 10$ (các giàn ngưng của tủ lạnh nhỏ). Các ống truyền nhiệt của thiết bị ngưng tụ có thể đặt nằm ngang hay thẳng đứng cũng không ảnh hưởng nhiều đến hệ số truyền nhiệt K và trở lực trong thiết bị. Trong các máy điều hoà không khí và một số dạng tủ lạnh lớn (cỡ trên 150 lít) thường dùng thiết bị ngưng tụ không khí có quạt gió đối lưu cưỡng bức với vận tốc gió tại tiết diện tự do đến 2 - 5 m/s. Và cường độ dòng nhiệt riêng cho 1 m² bề mặt ngoài $Q = 170 - 340$ W/m².

Các loại thiết bị ngưng tụ dùng không khí cũng có cấu tạo tương tự như các thiết bị làm lạnh không khí dùng ống có cánh chỉ khác là ống dày hơn vì chịu áp cao hơn.

Thiết bị ngưng tụ trong công nghiệp thực phẩm có nhiều cỡ khác nhau cỡ nhỏ có diện tích bề mặt truyền nhiệt từ 12 đến 630 m² cỡ lớn đến 3550 m². Năng suất nhiệt của loại nhỏ $Q_k \leq 60$ kW; loại vừa $Q_k \leq 1$ MW và loại lớn $Q_k \geq 3$ MW. Thiết bị ngưng tụ dùng không khí ngày nay được dùng rộng rãi trong nhiều ngành công nghiệp (thực phẩm, dầu khí, y tế...) nó thích hợp cho các vùng hiểm nước, giá thành chế tạo thấp, tuổi thọ cao ít bẩn bề mặt truyền nhiệt. Trong công nghiệp đã có thiết bị ngưng tụ dùng không khí cỡ lớn đến 20.000 m² (hình 2.11).



Hình 2.11. Kết cấu TBNT dùng không khí

Trong một số trường hợp, để khắc phục dinh phụ tải nhiệt của thiết bị ngưng tụ quá cao (do yếu tố thời tiết hay do phụ tải công nghệ tăng) người ta dùng biện pháp phun nước bổ sung vào luồng không khí dưới dạng những hạt sương mù (tức là làm ẩm đoạn nhiệt $i = \text{const}$ cho không khí), nhờ quá trình bay hơi nước làm ẩm đoạn nhiệt mà nhiệt độ không khí được giảm bớt và tăng cường được quá trình trao đổi nhiệt của TBNT.

Hiệu quả xử lý ẩm cho không khí được đánh giá bằng hệ số ε và phụ thuộc vào lượng ẩm bổ sung:

$$\varepsilon = \frac{t_1 - t_{2u}}{t_1 - t_2} = 3,1 B^{0,6}$$

trong đó t_1, t_2 - nhiệt độ bầu khô của không khí trước và sau khi xử lý;

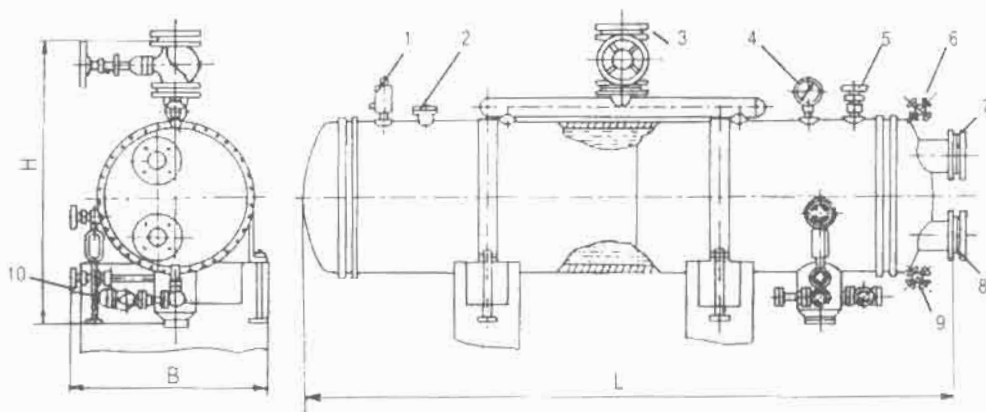
t_{2u} - nhiệt độ bầu ướt của không khí sau khi xử lý;

B - lượng ẩm bổ sung, g ẩm/kg không khí khô.

2.2.4.2. Thiết bị ngưng tụ (TBNT) dùng nước

Có những loại TBNT sau đây:

- *Loại TBNT ống chùm nằm ngang*: Đây là loại thiết bị dùng khá phổ biến trong công nghiệp nhất là đối với những hệ thống lạnh có năng suất vừa và lớn. Ưu điểm của loại thiết bị này là thiết bị gọn nhẹ, ít công kênh, ống được gắn vào hai mặt sàng ở hai đầu của thiết bị, chất tải nhiệt (nước) đi trong ống còn hơi tác nhân ngưng tụ đi ngoài ống. Để tăng cường quá trình trao đổi nhiệt người ta có thể tăng vận tốc chất lỏng đi trong ống bằng cách chia ngăn ở các mặt bít hai đầu ống. Các thiết bị ngưng tụ ống chùm nằm ngang dùng nước có phụ tải nhiệt riêng khoảng $4 - 5 \text{ kW/m}^2$, vận tốc nước đi trong ống $0,8 - 1,5 \text{ m/s}$, loại thiết bị này có thể dùng cả cho NH_3 và freon R_{22} . Hình 2.12 giới thiệu tổng quát TBNT ống chùm nằm ngang.

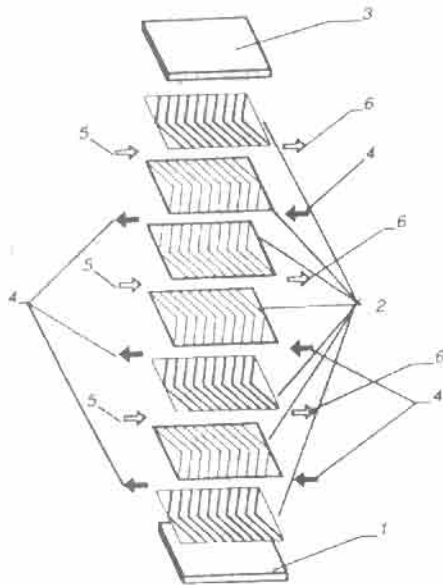


Hình 2.12. TBNT kiểu ống chùm nằm ngang:

1- van an toàn; 2- ống cân bằng hơi; 3, 10- ống vào và ra của tác nhân lạnh; 4- áp kế; 5- xả khí không ngưng phía vỏ; 6- xả không khí phía ống; 7, 8- ống vào và ra của nước; 9- xả nước

- *Loại TBNT ống chùm thẳng đứng*: Cũng tương tự như ống chùm nằm ngang nước được cấp vào mặt trong của ống truyền nhiệt tạo thành màng mỏng chảy xuôi xuống nhờ bộ phận phân phối nước kiểu chóp và lỗ, ưu điểm của loại này là có thể dùng nước có độ sạch không cao như nước sông, biển, ao hồ và với độ chênh lệch nhiệt độ $4 - 7^\circ\text{C}$ thì hệ số truyền nhiệt của nó khá cao $K = 800 \text{ W/m}^2\cdot\text{độ}$.

• **Loại TBNT tấm bản:** Loại này được chế tạo từ những tấm kim loại dày chừng 1 mm dập thành gợn sóng và hàn ép tạo thành ống dẫn tác nhân lạnh cần ngưng tụ và có thể chịu được chênh lệch áp suất giữa hai lưu chất (lưu chất cao áp đi trong rãnh ống). Trong một thiết bị thì các tấm bản tạo thành cum chồng lên nhau để tạo sự chảy rối cho lưu chất chảy ngoài rãnh ống.



Hình 2.13. Sơ đồ không gian tổ chức dòng chảy cho TBNT tấm bản:

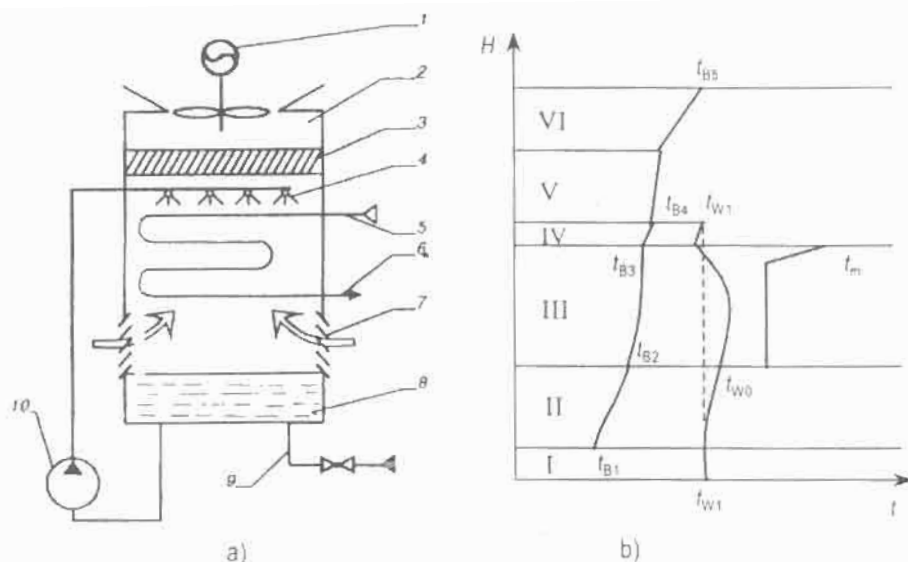
1, 3- các tấm vỏ ép ngoài; 2- các tấm bản bề mặt trao đổi nhiệt; 4- chất làm lạnh vào và ra (nước, không khí...); 5, 6- chất cần được làm lạnh vào và ra

2.2.4.3. Thiết bị ngưng tụ kiểu làm lạnh bốc hơi

Loại thiết bị này có hai kiểu:

- Kiểu xối tưới: hiện nay ít dùng vì công kênh, hiệu quả sử dụng không cao.
- Kiểu làm lạnh bằng không khí và phun nước bổ sung.

Loại thiết bị thứ hai thích hợp cho vùng khí hậu khô nóng và hiếm nước, hiệu quả sử dụng thiết bị cao. Các hãng YORK, LINE ... có sản xuất những TBNT kiểu này có năng suất tới 2000 - 3000 kW (khi $t_k = 35^\circ\text{C}$, $t_w = 22^\circ\text{C}$). Sơ đồ những thiết bị này có hiệu quả truyền nhiệt cao do ngoài truyền nhiệt với không khí (vận tốc không khí có thể tới 5 m/s) còn truyền nhiệt với màng nước mỏng được tạo thành do hệ thống phun nước ở phía trên của thiết bị. Mặt khác do tiếp xúc tia nước, màng nước với không khí một phần nước được bay hơi thu nhiệt, do vậy hiệu quả trao đổi nhiệt được tăng lên đáng kể. Dùng loại ống trơn $d = 22 \times 1,6$ mm xếp gần nhau thì có hiệu quả hơn loại ống $d = 3,8 \times 3$ mm (khối lượng giảm đi một nửa mà năng suất tăng lên gấp đôi).



**Hình 2.14. TBNT xối tưới có dùng quạt gió
(TBNT làm lạnh bốc hơi):**

a) sơ đồ hệ thống; b) biến thiên nhiệt độ các dòng theo chiều cao thiết bị;

1- quạt hút gió; 2- vỏ thiết bị; 3- bộ phận gạn lỏng; 4- các vòi phun nước; 5, 6- ống hơi tác nhân vào và tác nhân lỏng ra; 7- cửa chớp lấy gió vào; 8- hồ tạm chứa nước; 9- bộ sung nước mát, 10- bơm nước;

t_{in} , t_k - đường nhiệt độ tác nhân; t_w - đường nhiệt độ nước; t_b - đường nhiệt độ không khí

Có thể tăng hiệu quả làm việc của TBNT bằng cách tăng vận tốc gió (đến 10 m/s), tổ chức bộ phận tách giọt tốt và đặc biệt chú ý làm mềm nước để tránh bám cặn lên ống. Chi tiêu chi phí trung bình cho 1 kJ nhiệt tải ngưng tụ là 5 - 7,5 l/s nước tuần hoàn; 0,1 - 0,3 l/s nước bổ sung và 5 - 10 l/s không khí; điện năng chi phí là 0,0075 kW.

2.3. CƠ SỞ THIẾT KẾ KHO LẠNH THỰC PHẨM

Nước ta nằm ở vùng nhiệt đới, trải dài dọc bờ biển nên việc xây dựng các kho lạnh phục vụ cho sản xuất và xuất khẩu thịt, cá, rau quả là rất cần thiết.

Việc thiết kế kho lạnh phải đảm bảo một số yêu cầu cơ bản sau:

- Các kho lạnh phải đảm bảo quy chuẩn hoá.
- Đáp ứng yêu cầu khắt khe của sản phẩm.
- Có khả năng cơ giới hoá cao trong các khâu bốc xếp vận chuyển.
- Có hiệu quả kinh tế cao, vốn đầu tư nhỏ, có thể sử dụng máy và thiết bị trong nước.

2.3.1. Phân loại kho lạnh

Tuỳ theo yêu cầu sử dụng và chức năng hoạt động của các kho lạnh thực phẩm người ta chia chúng thành các loại khác nhau với những đặc trưng nhất định cần phải tính đến khi thiết kế. Tuỳ theo chức năng người ta chia ra các kho lạnh sau:

- Các kho lạnh chuẩn bị (hay kho lạnh sơ bộ) dùng để làm lạnh sơ bộ và bảo quản tạm thời ngắn hạn các sản phẩm nông nghiệp tại các vùng nguyên liệu.

- Các kho lạnh sản xuất đóng vai trò như một bộ phận của nhà máy chế biến thực phẩm (thông thường các kho lạnh này phải dùng máy lạnh có năng suất lớn và phụ tải nhiệt của chúng luôn thay đổi theo thời vụ).

- Các kho lạnh vận chuyển (tàu thủy, tàu hoả, ô tô có trang bị máy lạnh) và kho lạnh ở bến cảng dùng để bảo quản tạm thời thực phẩm để thay đổi phương tiện chuyên chở. Đặc điểm của kho lạnh này là có vòng quay hàng hoá rất lớn liên tục xuất nhập từ nhiều hướng của nhà lạnh bằng phương tiện cơ giới hoá bốc xếp và vận chuyển.

- Các kho lạnh phân phối: dùng để điều hoà việc cung cấp thực phẩm cho thành phố, khu đông dân cư và dự trữ thực phẩm lâu dài. Loại kho này cần có dung tích chứa lớn với các phương tiện bảo quản ở các chế độ khác nhau phục vụ tính đa dạng của thực phẩm.

- Kho lạnh thương nghiệp: có dung tích bé thường dùng để bảo quản các thực phẩm đang bán hay đang dùng để chế biến (cửa hàng ăn uống, khách sạn...). Trong kho như vậy có thể tạm chứa được nhiều thực phẩm (tươi sống, đã qua sơ chế hay sản phẩm).

Ngoài ra còn phải kể đến các tủ lạnh gia đình, cũng có thể coi là một kho lạnh rất nhỏ nằm trong hệ thống lạnh của nền kinh tế quốc dân.

Ở nước ta hiện nay các kho lạnh của chúng ta còn phát triển rời rạc chưa thành mạch gắn kết với nhau do vậy chất lượng thực phẩm của chúng ta bị giảm đi rất nhiều do những khâu, những giai đoạn thiếu lạnh. Muốn đẩy mạnh việc chế biến và nâng cao chất lượng sản phẩm hệ thống các kho lạnh phải đồng bộ gắn kết với nhau từ khâu sơ chế vận chuyển, chế biến đến phân phối và bán hàng.

2.3.2. Những số liệu ban đầu cần cho thiết kế kho lạnh

2.3.2.1. Những số liệu về khí tượng

Những số liệu về khí tượng cần quan tâm ở đây là nhiệt độ, độ ẩm, hướng gió và sự bức xạ nhiệt của Mặt trời. Những yếu tố này sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến kết cấu kho lạnh, đến sự tổn thất nhiệt và khả năng làm việc của kho lạnh.

Khí hậu Việt Nam có thể chia thành hai miền chủ yếu. Miền Bắc từ đèo Hải Vân trở ra có hai mùa hè và đông rõ rệt. Mùa hè nóng và ẩm, nhiệt độ trung bình mùa hè tháng nóng nhất trên 35°C . Nhiệt độ tối đa trong bóng râm có khi lên tới 40°C . Vào mùa đông giá rét ở các vùng Tây Bắc có băng giá, một số vùng núi cao (như Sa Pa) có thể có tuyết. Nhiệt độ trung bình tháng lạnh nhất trong năm là $10 - 12^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ thấp nhất là $3 - 5^{\circ}\text{C}$. Miền Nam từ đèo Hải Vân trở vào cũng có thể chia thành hai mùa: mùa khô và mùa mưa. Nhiệt độ trong năm tương đối ổn định. Sự chênh lệch nhiệt độ giữa các mùa không quá cao thường là $6 - 7^{\circ}\text{C}$.

Để tính toán thiết kế kho lạnh nói chung người ta tính toán dựa vào nhiệt độ cao nhất quan sát được trong năm tại địa phương xây dựng vì khi đó tổn thất lạnh là lớn nhất và năng suất lạnh yêu cầu cũng có thể là lớn nhất.

Các thông số về khí tượng có thể lấy theo số liệu trung bình của các đài khí tượng khu vực xây kho lạnh.

2.3.2.2. Những thông số kỹ thuật của luận chứng kinh tế

Trong nhiệm vụ thiết kế phải có đủ các thông số kỹ thuật những đặc điểm công trình, là cơ sở xây dựng luận chứng kinh tế kỹ thuật và gồm các vấn đề chủ yếu sau:

- Mục đích, yêu cầu của xây dựng kho lạnh.

- Lập luận về chọn địa điểm xây dựng công trình chú ý tới vùng nguyên liệu, giao thông vận tải, sự liên kết với các nhà máy khác, khả năng cung cấp điện, nước ...

- Công suất của công trình và sự mở rộng về làm lạnh thực phẩm (tính bằng tấn/ngày), về trữ lạnh (sức chứa sản phẩm đã làm lạnh), về làm lạnh đông và bảo quản lạnh đông, về khả năng sản xuất đá...

- Các đặc điểm và tính chất của quy trình công nghệ, tính chất của sản phẩm và yêu cầu của lạnh phục vụ cho quy trình công nghệ.

- Các nguồn nguyên liệu, nơi cung cấp điện, nước, hơi và các nhiên liệu.

- Các phương án tối ưu về vận chuyển nguyên liệu vật tư từ vùng nguyên liệu về nhà máy và vận chuyển sản phẩm đến nơi tiêu thụ và xuất khẩu.

- Cơ cấu bộ máy tổ chức số lượng công nhân viên và nguồn cung cấp nhân lực.

- Biện pháp khả năng hợp tác với các xí nghiệp khác trong vùng.

- Các biện pháp về an toàn lao động, phòng chống cháy và vệ sinh môi trường.

- Thời gian hoàn thành, tổng vốn đầu tư và thời gian thu hồi vốn đầu tư.

Quá trình thiết kế công trình thường được chia làm hai giai đoạn: thiết kế sơ bộ nằm trong giai đoạn lập luận chứng kinh tế kỹ thuật và giai đoạn thiết kế kỹ thuật thi công xây lắp.

2.3.3. Tính diện tích xây dựng và bố trí mặt bằng kho lạnh

Để tính được diện tích xây dựng và bố trí mặt bằng ta phải tiến hành từng bước sau.

2.3.3.1. Xác định dung tích và tiêu chuẩn chất tải của kho lạnh

Dung tích và tiêu chuẩn chất tải của kho lạnh được tính toán thiết kế theo yêu cầu của từng trường hợp cụ thể ta có thể thiết kế theo định hướng dung tích sau:

- Các kho lạnh thịt có thể lấy dung tích cho từng loại buồng theo số liệu bảng 2.4.

Bảng 2.4. Dung tích định hướng của các buồng theo dung tích kho lạnh

Dung tích kho lạnh, tấn	Tỷ lệ dung tích chung, %			Công suất buồng kết đông (tấn/24 h) hoặc dung tích chung (%)
	Buồng bảo quản đông	Buồng bảo quản lạnh	Buồng vận năng	
50 ÷ 600	50 ÷ 75		25 ÷ 50	Đến 5 tấn/24 h
1000 ÷ 2000	75		25	Đến 1%
3000 ÷ 5000	75		25	Đến 0,5%
> 5000	60	20	20	Đến 0,5%

Kho lạnh thuộc các xí nghiệp chế biến thịt là bộ phận của xí nghiệp, dung tích của kho và của từng buồng được tính theo dây chuyền công nghệ và số ca sản xuất. Năng suất làm lạnh và làm lạnh đông phải đạt 80% năng suất mỗi ca, các buồng bảo quản lạnh phải phù hợp với năng suất 2 ngày đêm. Các buồng bảo quản lạnh đông phải đủ sức chứa được lượng thịt của 60 ca sản xuất. Ngoài ra hệ thống lạnh phải chú ý đến phòng tiếp nhận hành lang vận chuyển và xuất hàng.

Đối với nhà máy chế biến cá, kho lạnh nằm trong khu công nghiệp cá. Dung tích kho lạnh 80% dùng cho bản quản lạnh đông và 20% là bảo quản vận năng. Dung tích kho lạnh cá thường được bố trí theo định hướng trong bảng 2.5.

Bảng 2.5. Định lượng dung tích các phòng của kho lạnh cá

Dung tích kho lạnh cá, tấn	Công suất buồng lạnh đông, tấn/24 h	Dung tích kho dự trữ, tấn	Công suất bể đá, tấn	Dung tích buồng chứa đá, tấn
100	10	20	5	30
200	20	40	15	80
300	30	50	20	100
≥ 750	50 ÷ 75	75		

Đối với các kho bảo quản rau quả thường có các buồng sau:

- Buồng bảo quản rau quả.

- Buồng chế biến (chế biến theo quy trình công nghệ, đóng gói).
- Buồng tiếp nhận và phân phối sản phẩm.

Đối với các kho lạnh nhỏ có dung tích dưới 1000 tấn có thể sử dụng một buồng với nhiều chức năng, ví dụ buồng xử lý tiếp nhận, phân phối và chế biến có thể làm một. Đối với kho lạnh phân phối rau quả thì không cần buồng này.

Đa số trong các điều kiện cụ thể, để đảm bảo độ chính xác cao, an toàn người ta tính kho lạnh dựa vào nguyên liệu và sản phẩm với các tiêu chuẩn chất tải cụ thể của từng loại và từ đó người ta có thể tính ra dung tích và diện tích kho lạnh. Tiêu chuẩn chất tải ta có thể tra trong bảng 2.6.

Bảng 2.6. Tiêu chuẩn chất tải và hệ số tính thể tích a

Sản phẩm bảo quản	Tiêu chuẩn chất tải, tấn/m ³	Hệ số tính thể tích a
Thịt bò đông lạnh 1/4 con	0,40	0,88
Thịt bò đông lạnh 1/2 con	0,30	1,17
Thịt bò đông lạnh 1/4 và 1/2 con	0,35	1,0
Thịt cừu đông lạnh	0,28	1,25
Thịt lợn đông lạnh	0,45	0,78
Gia cầm đông lạnh trong hòm gỗ	0,38	0,92
Cá đông lạnh trong hòm gỗ hoặc hộp cactông	0,45	0,78
Thịt thăn hay thịt có đông lạnh trong hộp cactông	0,70	0,50
Mỡ trong hộp cactông	0,80	0,44
Trứng trong hộp cactông	0,27	1,30
Đồ hộp trong các hòm gỗ hoặc hộp cactông	0,60 ÷ 0,65	0,58 ÷ 0,54
Cam quýt trong các ngăn gỗ mỏng khi sắp xếp trên giá	0,45	0,78
Mỡ trong các hộp cactông	0,70	0,50
Trứng trong các ngăn cactông	0,26	1,35

Tiếp bảng 2.6

Sản phẩm bảo quản	Tiêu chuẩn chất tải, tấn/m ³	Hệ số tính thể tích (a)
Thịt hộp trong các ngăn gỗ	0,38	0,92
Giò trong các ngăn gỗ	0,30	1,17
Thịt gia cầm trong các ngăn gỗ	0,44	0,79
Thịt gia cầm trong ngăn cactông	0,38	0,92
Nho và cà chua ở khay	0,30	1,17
Táo và lê trong ngăn gỗ	0,31	1,03
Cam quýt trong hộp mỏng	0,32	1,09
Cam quýt trong hòm gỗ, cactông	0,30	1,17
Hành tây khô	0,30	1,03
Cà rốt	0,32	0,99
Dưa hấu, dưa bở	0,40	0,87
Bắp cải	0,30	1,17

Ghi chú: Tiêu chuẩn chất tải là khối lượng sản phẩm kể cả trọng lượng bao bì (nếu sản phẩm có đóng gói).

Tiêu chuẩn chất tải ở các kho lạnh thương nghiệp và tiêu dùng thường lấy nhỏ hơn so với tiêu chuẩn chất tải trên.

2.3.3.2. Xác định số lượng và kích thước các buồng lạnh

Dung tích kho lạnh là đại lượng cơ bản cần biết để xác định số lượng và kích thước các buồng lạnh. Ngoài ra số lượng và kích thước kho lạnh còn phụ thuộc vào loại hàng bảo quản trong kho, tính chất của hàng bảo quản và tính chất kho lạnh (kho lạnh phân phối, trung chuyển, chế biến hay thương nghiệp).

Dung tích kho lạnh được xác định theo biểu thức:

$$E = V \cdot g_v \rightarrow V = E/g_v$$

trong đó E - dung tích kho lạnh, tấn;

V - thể tích chất tải kho lạnh, m³;

g_v - định mức (hay tiêu chuẩn) chất tải, tấn/ m³.

Diện tích chất tải F được xác định dựa vào thể tích chất tải và chiều cao chất tải:

$$F = \frac{V}{h}, \text{ m}^2$$

trong đó h - chiều cao chất tải, m.

Chiều cao chất tải là chiều cao lô hàng chất trong kho. Chiều cao này phụ thuộc vào bao bì đựng hàng, phương tiện bốc dỡ. Chiều cao h có thể tính bằng chiều cao buồng lạnh trừ đi phần lắp đặt giàn lạnh treo trần và khoảng không gian cần thiết để xếp dỡ hàng

- Trọng tải của nền được xác định theo công thức sau:

$$g_v = g_v \cdot h, \text{ tấn/m}^2$$

- Diện tích lạnh cần xây dựng được xác định theo công thức:

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

trong đó F_l - diện tích lạnh cần xây dựng, m^2 ;

β_l - hệ số sử dụng diện tích các buồng, chưa tính cả đường đi và các diện tích giữa các lô hàng và cột, tường, các diện tích lắp đặt thiết bị như giàn bay hơi quạt... β_l phụ thuộc vào diện tích nền và có thể lấy theo bảng 2.7.

Bảng 2.7. Hệ số sử dụng diện tích theo diện tích phòng

Diện tích phòng lạnh, m^2	β_l
Đến 20	0,50 ÷ 0,60
Từ 20 đến 10	0,70 ÷ 0,75
Từ 100 đến 400	0,75 ÷ 0,80
Trên 400	0,80 ÷ 0,85

Số lượng buồng lạnh cần xây dựng được xác định theo công thức sau:

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

trong đó f - diện tích buồng lạnh quy chuẩn đã chọn và xác định theo các hàng cột của kho, m^2 .

Ngoài ra ta cũng có thể tính diện tích lạnh trực tiếp theo biểu thức sau:

$$F_l = \frac{E}{g_v \cdot h \cdot \beta_t}$$

trong đó với phòng lạnh trang bị giá treo thì $g_v = 0,25$ tấn/m theo chiều dài l m của giá treo.

- Diện tích phòng làm lạnh và làm lạnh đông có thể tính theo công thức:

$$F = \frac{M \cdot T}{g_l \cdot 24} \cdot K$$

trong đó M - công suất cần làm lạnh hoặc làm lạnh đông, tấn/24 h;

T - thời gian hoàn thành một mẻ sản phẩm bao gồm thời gian chất tải, dỡ tải, thời gian làm lạnh (hay làm lạnh đông) và thời gian phá băng cho giàn lạnh, h;

g_l - tiêu chuẩn chất tải trên 1 m chiều dài giá treo, tấn/m;

K - hệ số tính chuyển từ tiêu chuẩn chất tải trên 1 m chiều dài ra 1 m² diện tích cần xây dựng thường $K = 1,2$.

2.3.3.3. Bố trí mặt bằng kho lạnh

Khi bố trí mặt bằng kho lạnh phải tuân theo một số yêu cầu chung sau:

1) Phải bố trí các buồng phù hợp với dây chuyền công nghệ sản phẩm đi theo dây chuyền liên tục, không gặp nhau, không đan chéo, không đi ngược nhau.

2) Quy hoạch phải đặt chi phí đầu tư thấp nhất cần sử dụng rộng rãi các cấu kiện tiêu chuẩn hoá, giảm đến mức thấp nhất các diện tích phụ nhưng phải tiện nghi.

3) Quy hoạch mặt bằng cần phải đảm bảo vận hành tiện lợi và rẻ tiền cụ thể đảm bảo các yêu cầu sau:

- Đảm bảo lối đi và đường vận chuyển thuận lợi cho bốc xếp thủ công hoặc cơ giới hoá theo thiết kế

- Chiều rộng kho lạnh nhiều tầng không vượt quá 40m còn chiều rộng kho lạnh một tầng thường lấy theo bộ số của 12 m.

- Chiều rộng sân bốc dỡ thường 6 - 7,5 m (cho cả đường sắt và ô tô).

- Để giảm tổn thất nhiệt qua kết cấu bao che các buồng lạnh được sắp xếp theo nhóm có cùng chế độ nhiệt độ.

- 4) Mặt bằng kho lạnh phải phù hợp với hệ thống lạnh đã chọn.
- 5) Mặt bằng kho lạnh phải đảm bảo kỹ thuật an toàn phòng chữa cháy.
- 6) Quy hoạch cần phải tính đến khả năng mở rộng kho lạnh do vậy phải để lại khoảng mở rộng của một phía kho lạnh.

2.3.4. Tính cách nhiệt và cách ẩm kho lạnh

2.3.4.1. Chọn kết cấu xây dựng và cách nhiệt

Sự khác nhau kho lạnh với các nhà công nghiệp khác là kho lạnh phải luôn luôn duy trì được nhiệt độ thấp, do vậy luôn luôn có dòng nhiệt và ẩm xâm nhập từ ngoài vào. Để hạn chế dòng nhiệt và ẩm này, kết cấu xây dựng và cách nhiệt kho lạnh phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Đảm bảo độ bền vững lâu dài (25 năm đối với kho lạnh nhỏ, 50 năm đối với kho lạnh trung bình và 100 năm đối với kho lạnh lớn và rất lớn).
- Chịu được tải trọng của bản thân và hàng hoá trong kho.
- Phải chống được ẩm xâm nhập từ ngoài vào và bề mặt bên ngoài của tường không được đọng sương.
- Phải đảm bảo cách nhiệt tốt để giảm chi phí đầu tư cho máy lạnh và vận hành.
- Thuận tiện cho việc bốc dỡ.
- Phải đảm bảo an toàn, phòng chống cháy và vệ sinh môi trường.
- Hiệu quả kinh tế cao

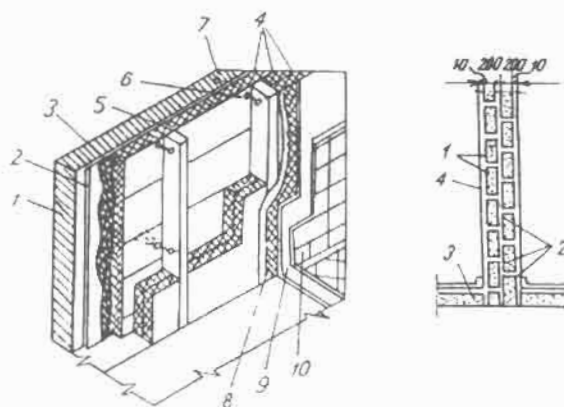
Để đảm bảo các yêu cầu trên, cấu kiện kho lạnh thường là bê tông cốt thép, chịu tải đặc biệt là nền, cột, dầm, móng (đối với kho làm lạnh đông và bảo quản lạnh đông nền phải có đệm không khí để chống tạo đá của đất, phá hỏng nền). Kết cấu tường bao, tường ngăn thường được xây bằng gạch, riềng tường ngăn giữa các phòng lạnh có thể dùng bê tông bọt.

a) Kết cấu tường bao và tường ngăn

Hình 2.15 mô tả kết cấu tường bao và tường ngăn phổ biến cho các kho lạnh.

Tường gạch chịu áp lực có hai lớp vữa trát hai bên cách nhiệt ở mặt tường phía trong phòng lạnh. Trước khi cách nhiệt phải có lớp cách ẩm (thường là lớp

giấy dầu có quét bitum dày 2,5 - 3 mm) sau đó dán cách nhiệt lên. Lớp cách nhiệt thường dán 2 - 3 lớp có mạch so le nhau để tránh cầu nhiệt. Bên ngoài lớp cách nhiệt là lớp lưới thép để giữ ổn định lớp cách nhiệt và trát một lớp vữa xi măng phẳng.



Hình 2.15:

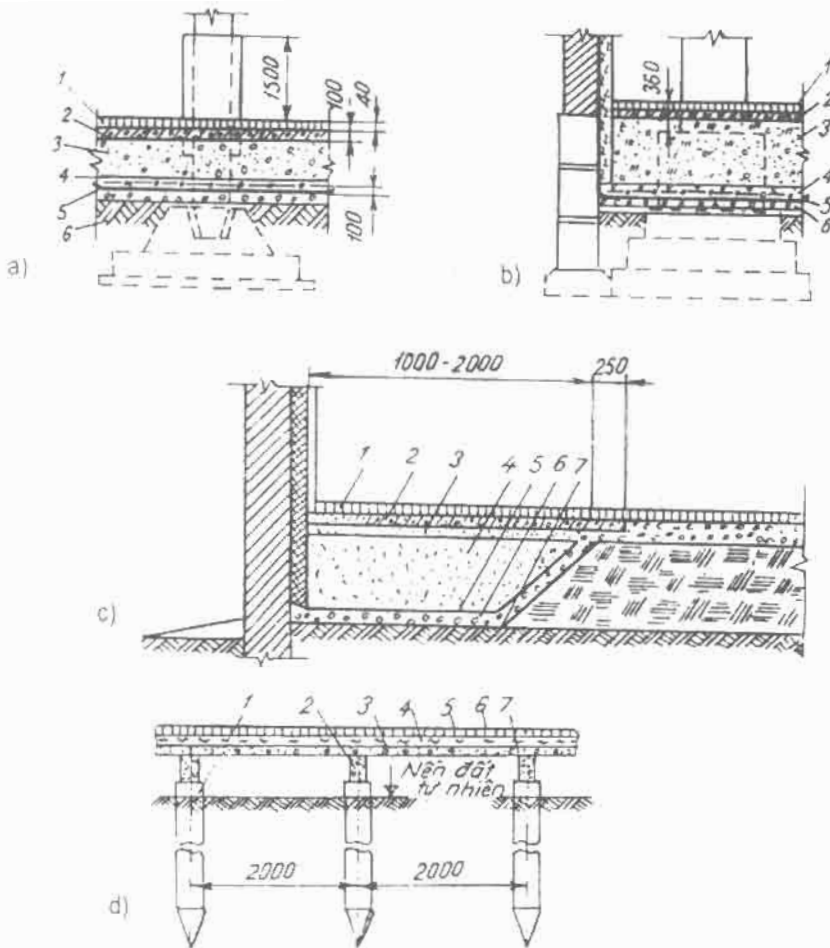
- a) tường bao bằng gạch có cách nhiệt: 1- tường gạch; 2- lớp vữa xi măng; 3- lớp cách ẩm; 4- lớp cách nhiệt; 5- thanh ốp bằng gỗ; 6- đinh mộc; 7- chốt bằng gỗ; 8- lưới thép; 9- gạch men; 10- khe hở;
- b) tường ngăn bằng bê tông bọt: 1- bê tông bọt; 2- vữa cách nhiệt; 3- tấm cách nhiệt; 4- lớp vữa trát

b) Kết cấu mái

Mái của nhà lạnh không được đọng và thấm nước. Để thoát nước mái thường có độ dốc $2 \div 5\%$. Kết cấu mái gần giống tường bao từ trên xuống thường là: lớp vữa, lớp bê tông cốt thép, lớp cách ẩm, lớp cách nhiệt, lớp lưới thép và vữa xi măng.

c) Kết cấu nền

Kết cấu nền ngoài đảm bảo chống xâm nhập của nhiệt và ẩm còn phải chịu được tải trọng của hàng hoá. Thông thường nền kho lạnh và lạnh đông được kết cấu như trong hình 2.16.



Hình 2.16. Kết cấu nền của kho lạnh:

a) cơ dây điện trở đốt nóng cho kho lạnh từ -10 đến -40°C ;

b) kho lạnh từ -4 đến $+4^{\circ}\text{C}$: 1- nền nhẵn; 2- lớp đệm bê tông; 3- lớp cách nhiệt; 4- lớp bê tông có dây điện trở đốt nóng; 5- lớp cách ẩm; 6- lớp đệm bê tông đá dăm để làm kín nền kho;

c) kết cấu nền kho và tường bao ở kho lạnh lớn hơn 0°C : 1- Nền nhẵn; 2- lớp bê tông tăng cứng; 3- lớp bê tông giăng; 4- cách nhiệt; 5- lớp cách ẩm; 6- lớp bê tông đệm; 7- lớp làm kín bằng đá dăm.

d) nền lững trên cọc cho kho lạnh nhiệt độ âm: 1- cọc bê tông cốt thép; 2- dầm bê tông cốt thép; 3- các tấm bê tông cốt thép tiêu chuẩn; 4- tấm cách nhiệt (bông khoáng); 5- vỏ có cốt tăng cứng; 6- nhựa đường; 7- lớp cách ẩm.

d) Vật liệu cách nhiệt

Vật liệu cách nhiệt cho nhà lạnh phải đảm bảo các yêu cầu sau:

- Hệ số dẫn nhiệt λ nhỏ $\lambda \rightarrow 0$.
- Khối lượng riêng nhỏ.
- Độ thấm hơi nước nhỏ ($\mu \rightarrow 0$).
- Độ bền cơ học và độ dẻo cao.
- Bền ở nhiệt độ thấp và không ăn mòn các vật liệu xây dựng tiếp xúc với nó.
- Không cháy hoặc không dễ cháy.
- Không bắt mùi và không có mùi lạ.
- Không gây độc hại với con người với sản phẩm và không gây mùi vị lạ cho sản phẩm.
- Dễ vận chuyển, lắp ráp, gia công và sửa chữa.
- Rẻ tiền dễ kiếm.

Trên thực tế không có vật liệu cách nhiệt lý tưởng nào đáp ứng được các yêu cầu trên, mỗi vật liệu có những ưu nhược điểm riêng, tùy điều kiện cụ thể mà ta chọn cho phù hợp. Hiện nay vật liệu cách nhiệt phổ biến nhất là từ các hợp chất hữu cơ nhân tạo. Chúng có tính cách nhiệt tốt, sản xuất với quy mô ổn định về chất lượng, kích thước dễ lắp đặt, sử dụng giá thành rẻ. Các loại cách nhiệt phổ biến hiện nay là polistiren (stiropo) poliuretan, polietylen, polivinyl clorua.

Hiện nay polistirol và poliuretan được sử dụng rộng rãi nhất để cách nhiệt. Riêng poliuretan có ưu điểm là khi tạo bọt không cần gia nhiệt nên dễ dàng tạo bọt trong các thể tích rộng bất kỳ (như cách nhiệt cho tủ lạnh gia đình, tủ lạnh thương nghiệp). Chất sinh hơi tạo bọt cho poliuretan thường là R_{11} .

Các tính chất vật liệu xây dựng có thể tra theo bảng 2.8.

**Bảng 2.8. Tính chất một số vật liệu vật liệu cách nhiệt, cách âm
thường dùng xây dựng phòng lạnh**

TT	Vật liệu	ρ , kg/m ³	λ kcal/m.h.độ	C, kcal/kg.độ	α , kcal/m ² .h.độ	μ , g/m.h.mmHg
	1	2	3	4	5	6
1	Tấm xi măng amiăng	1900	0,03	0,20	5,45	0,0035
2	Tấm cách nhiệt bằng xi măng aminăng	500 300	0,11 0,08	0,20 0,20	1,69 1,12	0,052 0,052
3	Bê tông cốt thép	2400	1,33	0,20	12,85	0,04
4	Bê tông asphan	2100	0,90	0,40	14,00	0,001
5	Bitum	1800	0,65	0,40	11,05	0,001
6	Xi lò cao	1000	0,25	0,18	3,40	0,060
7	Xi lò hơi (dạng hạt)	900	0,22	0,18	3,04	0,027
8	Hồ trát (xi măng cát)	1800	0,80	0,20	8,65	0,012
9	Hồ trát (xi măng cát vôi)	1700	0,75	0,20	8,15	0,013
10	Hồ trát từ xi nhẹ	1400	0,55	0,18	6,01	0,015
11	Gỗ ngang thớ	550	0,15	0,60	3,60	0,0032
12	Gỗ dọc thớ	550	0,30	0,60	5,05	0,043
13	Mùn cưa trấu	250 300	0,08 0,11	0,60 0,55	1,75 2,15	0,035 0,035
14	Sợi khoáng	250	0,065	0,18	0,85	0,060
15	Bông khoáng	200	0,06	0,18	0,75	0,065
16	Tấm ép từ bông khoáng	500	0,12	0,20	1,75	0,045
17	Li-e khoáng	300	0,06	0,18	0,92	0,0335
18	Tấm li-e	250	0,06	0,05	1,40	0,05
19	Tấm li-e vụn ép	150	0,05	0,45	0,94	0,006
20	Tấm vỏ cây ép	100	0,04	0,40	0,64	0,065

Tiếp bảng 2.8

	1	2	3	4	5	6
21	Tấm rơm rạ ép	300	0,09	0,35	1,60	0,065
22	Thủy tinh bột	500	0,15	0,20	1,90	0,003
23	Bông thủy tinh	200	0,05	0,20	0,72	0,65
24	Bông thủy tinh (tấm)	48	0,04	0,18	0,30	0,060
25	Mipore (nhựa xốp ure-formaldehyt)	20	0,035	0,40	0,27	-
26	Nhựa bột PVC -1 (từ polivinyl clorua) PVC-4	125	0,040	0,40	0,72	0,0007
		40	0,045	0,32		
27	Nhựa xốp PS (styropo)	35	0,037	0,32	0,39	0,0009
		15-20	0,027-0,029	0,32	0,33	-
28	Nhựa xốp moltopren (poliuretan)	30-150	0,022-0,030		-	-
				0,032	-	-
29	Torfoplite	250	0,065	0,40	1,30	0,025
30	Bê tông bọt (khô, xốp 73-88%)	300	0,075-0,080	0,2-0,3	-	-
		350	0,080-0,085	0,2-0,3	-	-
		400	0,085-0,095	-	-	-
		500	0,095-0,11	-	-	-
		600	0,11-0,13	-	-	-
31	Bê tông khí (veronit, Mỹ) (tông Thủy Điện)	115-145	0,25	0,2-0,3	-	-
		400-960	0,11-0,29	-	-	-
		500-1100	0,09-0,31	-	-	-
32	Bông khoáng (termover, vitroflec, mineralitom, stenol...)	30-100	0,03-0,04	-	-	-
		100	0,038	-	-	-
		150*	0,040	-	-	-
33	Bông xỉ	200-250	0,04-0,07	-	-	-
34	Tường xây bằng gạch	1800	0,82	-	-	-

Ghi chú: ρ - khối lượng riêng, kg/m^3 ; λ - độ dẫn nhiệt, kcal/m.h.độ ; C - nhiệt dung, kcal/kg.độ ; α - hệ số cấp nhiệt ở trạng thái tĩnh, $\text{kcal/m}^2.\text{h.độ}$; μ - độ thấm hơi, g/m.h.mmHg .

2.3.4.2. Xác định chiều dày lớp cách nhiệt

Chiều dày lớp cách nhiệt được xác định dựa vào hai yêu cầu cơ bản sau:

- Vách ngoài của kết cấu bao che không được phép đọng sương nghĩa là độ dày lớp cách nhiệt phải đủ lớn để nhiệt độ bề mặt ngoài phải lớn hơn nhiệt độ đọng sương.

- Chọn chiều dày cách nhiệt sao cho giá thành một đơn vị lạnh (1000 kcal/h) là rẻ nhất.

• Tính chiều dày lớp cách nhiệt với tường, trần

Để tính chiều dày lớp cách nhiệt ta phải biết hệ số truyền nhiệt K .

Từ công thức tính hệ số truyền nhiệt K cho tường phẳng nhiều lớp

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{\delta_{CN}}{\lambda_{CN}} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$\text{Suy ra: } \delta_{CN} = \lambda_{CN} \cdot \left[\frac{1}{K} - \left(\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2} \right) \right]$$

trong đó δ_{CN} - chiều dày lớp cách nhiệt cần phải tính, m;

λ_{CN} - hệ số dẫn nhiệt của vật liệu cách nhiệt, W/m.độ;

K - hệ số truyền nhiệt của tường, W/m².độ;

α_1, α_2 - hệ số cấp nhiệt của không khí ngoài vào bề mặt ngoài tường và từ mặt trong của tường vào không khí phòng (W/m².độ);

δ_i, λ_i - chiều dày và độ dẫn nhiệt của lớp vật liệu thứ i ; δ_i, λ_i là do ta chọn và tra bảng được.

Để tính được δ_{CN} ta phải xác định được K, α_1 và α_2 . Các thông số này ta có thể tra bảng 2.9 (theo tiêu chuẩn Liên Xô cũ).

Bảng 2.9. Hệ số truyền nhiệt K của tường ngoài phụ thuộc vào nhiệt độ phòng (W/m².độ)

Nhiệt độ phòng	-40 đến -30°C	-25 đến -20°C	-15 đến -10°C	-4°C	0°C	4°C	12°C
Tường							
Tường ngoài	0,19	0,21	0,23	0,28	0,30	0,35	0,52
Mái bằng	0,17	0,20	0,23	0,26	0,29	0,33	0,47

Nếu trần kho lạnh có mái che thì hệ số K lấy tăng 10% so với giá trị K mái bằng trong bảng. Hệ số của tường ngăn với hành lang, buồng đệm phụ thuộc vào nhiệt độ của buồng lạnh.

Bảng 2.10. Hệ số K của tường ngăn với hành lang và buồng đệm

Nhiệt độ không khí trong buồng lạnh, °C	-30	-20	-10	-4	4	12
K , W/m ² .độ	0,27	0,28	0,33	0,35	0,52	0,64

Hệ số K của tường ngăn giữa các buồng lạnh cũng như giữa các tầng của kho lạnh nhiều tầng có nhiệt độ khác nhau tra trong bảng 2.11.

Bảng 2.11. Hệ số K của tường ngăn giữa các buồng lạnh

Tường ngăn giữa các buồng	K , W/m ² .độ
Kết đông / gia lạnh	0,23
Kết đông / bảo quản lạnh	0,26
Kết đông / bảo quản lạnh đông	0,47
Bảo quản lạnh / bảo quản lạnh đông	0,28
Gia lạnh / bảo quản lạnh đông	0,33
Gia lạnh / bảo quản lạnh	0,52
Các buồng có cùng nhiệt độ	0,58

Hệ số truyền nhiệt K đối với nền có sườn thông gió nền lấy theo nhiệt độ buồng lạnh.

Bảng 2.12. Hệ số K của nền có sườn (thông gió)

Nhiệt độ không khí trong buồng lạnh	Từ -4 đến 4°C	-10°C	Từ -20 đến -30°C
Hệ số K , W/m ² .độ	0,41	0,29	0,21

Trong một số trường hợp không biết được hệ số K ta có thể tính dựa vào α_1 và α_2 (W/m².độ). Giá trị α_1 và α_2 phụ thuộc vào nhiều yếu tố và có thể tra theo bảng 2.13.

Bảng 2.13. Hệ số cấp nhiệt α_1 và α_2

Bề mặt tường	Hệ số cấp nhiệt, $W/m^2 \cdot ^\circ C$
Bề mặt ngoài của tường bao và mái	23,3
Bề mặt trong của tường khi đối lưu tự nhiên	8,0
Bề mặt trong của nền và trần khi đối lưu tự nhiên	6 - 7,0
Bề mặt trong của tường khi đối lưu cưỡng bức vừa phải (bảo quản lạnh)	9,0
Bề mặt trong của tường khi đối lưu cưỡng bức mạnh (buồng gia lạnh và kết đông)	10,5

Sau khi tính được δ_{CN} ta phải chọn δ_{CN} theo quy chuẩn phù hợp với tấm vật liệu có sẵn (đã quy chuẩn hoá).

Độ dày lớp cách nhiệt được chọn bao giờ cũng phải bằng và lớn hơn độ dày lớp cách nhiệt đã tính toán.

2.3.4.3. Kiểm tra động sương

Hình 2.17 mô tả quá trình truyền nhiệt qua tường phẳng.

t_1, t_2 là nhiệt độ không khí bên ngoài và trong phòng;

α_1 và α_2 là hệ số cấp nhiệt phía ngoài và trong tường;

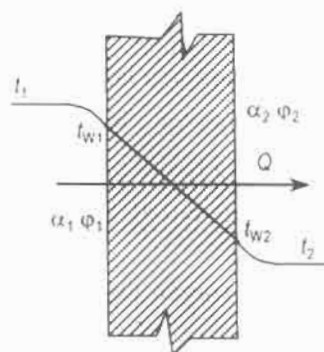
t_{w1}, t_{w2} là nhiệt độ thành tường ngoài và trong.

Dòng nhiệt truyền qua tường là dòng liên tục và ta có khi tính cho $1 m^2$

$$Q = K (t_1 - t_2) = \alpha_1 (t_1 - t_{w1})$$

Từ đó suy ra
$$K = \alpha_1 \frac{t_1 - t_{w1}}{t_1 - t_2}$$

Điều kiện để không đọng sương là t_{w1} phải lớn hơn nhiệt độ đọng sương (t_s). Nếu thay t_s vào t_{w1} ta có:



Hình 2.17. Truyền nhiệt qua tường phẳng

$$K = \alpha_1 \frac{t_1 - t_s}{t_1 - t_2}$$

Nhiệt độ đọng sương t_s tra theo nhiệt độ t_1 và ϕ_1 trên đồ thị không khí ẩm.

Thực tế để đảm bảo an toàn người ta lấy hệ số truyền nhiệt đọng sương làm chuẩn và

$$K_s = 0,95\alpha_1 \frac{t_1 - t_s}{t_1 - t_2}$$

Khi tính kiểm tra điều kiện để vách ngoài không đọng sương là $K_n \leq K_s$.

Có thể coi $K_s = K_{\max}$ là hệ số truyền nhiệt cực đại cho phép để phía ngoài tường không bị đọng sương.

2.3.5 Tính cân bằng nhiệt kho lạnh

Tính nhiệt kho lạnh là tính toán dòng nhiệt từ môi trường bên ngoài đi vào kho lạnh. Đây chính là dòng lạnh tổn thất mà máy lạnh phải bù để giữ ổn định nhiệt độ của hệ thống kho lạnh. Tính nhiệt nhà lạnh còn có tác dụng xác định năng suất máy lạnh cần phải lắp đặt cho phù hợp. Khi tính nhiệt cần phải tính riêng cho từng phòng (hoặc từng cụm phòng nếu có cùng nhiệt độ). Dòng nhiệt xâm nhập vào kho lạnh (hay lượng lạnh tổn thất) được xác định như sau:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + W$$

trong đó

Q_1 - dòng nhiệt đi qua kết cấu bao che của phòng lạnh, W;

Q_2 - dòng nhiệt do sản phẩm toả ra trong quá trình xử lý lạnh, W;

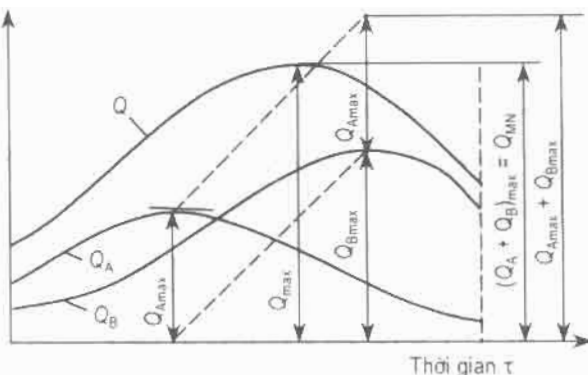
Q_3 - dòng nhiệt từ không khí ngoài vào do thông gió phòng lạnh, W;

Q_4 - dòng nhiệt từ các nguồn khác khi vận hành phòng lạnh, W;

Q_5 - dòng nhiệt do hô hấp của sản phẩm (chỉ có khi bảo quản lạnh rau quả), W.

Đặc điểm của các dòng nhiệt là chúng liên tục thay đổi theo thời gian. Q_1 phụ thuộc chủ yếu vào sự thay đổi nhiệt độ của không khí bên ngoài do vậy Q_1 có thể thay đổi theo giờ trong ngày và theo mùa trong năm. Q_2 phụ thuộc vào loại sản phẩm và thời vụ. Q_3 phụ thuộc vào loại sản phẩm (cần thông gió hay không). Q_4 phụ thuộc vào quá trình công nghệ và trình độ trang bị của nhà lạnh. Q_5 phụ thuộc loại sản phẩm (có hô hấp hay không) và phụ thuộc vào sự biến đổi sinh hóa của sản phẩm.

Năng suất của hệ thống lạnh được thiết kế theo phụ tải lớn nhất $Q_{\max}$ mà ta xác định được tại một thời điểm nào đó trong năm của tất cả các phụ tải chứ không phải $Q_{\max}$ là tổng các phụ tải thành phần vì các phụ tải này hoạt động không trùng pha với nhau (hình 2.18).



Hình 2.18. Sơ đồ tính phụ tải cho máy nén

Cần phải chọn máy có năng suất lạnh bằng phụ tải nhiệt lớn nhất để đáp ứng được phụ tải nhiệt ở bất kỳ thời điểm nào. Ở đây (theo hình 2.18) ta chọn: $Q_{MN} = (Q_A + Q_B)_{\max}$ chứ không phải: $Q_{MN} = Q_{A\max} + Q_{B\max}$.

Trong trường hợp máy lạnh phục vụ cho nhiều buồng thì có sự khác nhau giữa phụ tải máy nén và phụ tải thiết bị.

Vì $Q_{MN} = (Q_A + Q_B)_{\max}$ nhưng phụ tải thiết bị lớn nhất của buồng A là $Q_{A\max}$, buồng B là $Q_{B\max}$ và tổng phụ tải thiết bị sẽ là $Q_{A\max} + Q_{B\max}$.

2.3.5.1. Xác định dòng nhiệt qua kết cấu bao che Q_1

Dòng nhiệt qua kết cấu bao che là dòng nhiệt xâm nhập qua tường, trần, nền do sự chênh lệch nhiệt độ giữa bên ngoài và bên trong cộng với dòng nhiệt xâm nhập do bức xạ Mặt trời qua tường bao và trần.

$$Q_1 = Q_{11} + Q_{12}$$

trong đó Q_{11} - dòng nhiệt xâm nhập do truyền nhiệt qua tường, trần, nền;

Q_{12} - dòng nhiệt xâm nhập do bức xạ nhiệt qua tường, trần;

Như vậy Q_{11} được xác định từ biểu thức:

$$Q_{11} = K_1 F (t_1 - t_2)$$

trong đó K_1 - hệ số truyền nhiệt thực của kết cấu bao che xác định theo chiều dày cách nhiệt thực;

F - diện tích bề mặt của kết cấu bao che, m^2 ;

t_1, t_2 - nhiệt độ môi trường bên ngoài và bên trong phòng lạnh, $^{\circ}C$.

Để xác định diện tích F ta chú ý lấy kích thước như sau:

- Xác định kích thước chiều dài tường ngoài:

- Đối với buồng ở cạnh kho lấy chiều dài từ giữa các trục tâm.

- Đối với buồng góc kho lấy chiều dài từ mép ngoài tường đến trục tâm tường ngăn.

• Xác định kích thước chiều dài tường trong (tường ngăn) từ bề mặt trong tường ngoài đến tâm tường ngăn.

- Xác định chiều cao tường: xác định từ mặt nền đến mặt trên của trần.

• Diện tích của trần và của nền được tính theo chiều dài và chiều rộng. Chiều dài và chiều rộng lấy từ tâm các tường ngăn hoặc từ mặt trong của tường ngoài đến tâm của tường ngăn. Nhiệt độ không khí bên ngoài luôn luôn thay đổi nên để đảm bảo cho hệ thống lạnh làm việc được an toàn ta có thể tính theo biểu thức sau:

$$t_1 = 0,6 t_{tb\max} + 0,4 t_{\max}$$

trong đó $t_{tb\max}$ - nhiệt độ trung bình tháng nóng nhất trong năm;

$t_{\max}$ - nhiệt độ cao nhất trong năm.

(Các số liệu này có thể lấy theo số liệu ở các đài khí tượng thủy văn khu vực xây dựng hệ thống lạnh).

* Dòng nhiệt tổn thất qua nền được xác định theo từng trường hợp cụ thể.

- Đối với nền có sườn (thông gió nền):

$$Q_{11} = K_1 F(t_n - t_2) \quad , \quad W$$

trong đó t_n - nhiệt độ trung bình của nền khi có sườn.

- Đối với nền không có sườn (thông gió) xác định theo công thức:

$$Q_{11} = \sum_{i=1}^n K_i F_i (t_1 - t_2) \cdot m$$

trong đó

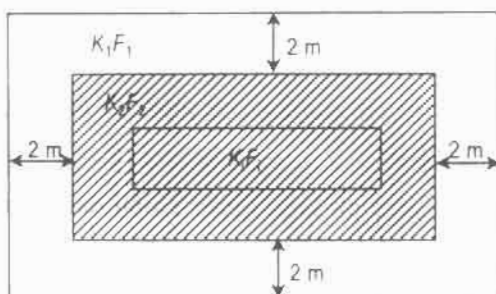
K_i, F_i - hệ số truyền nhiệt và diện tích tương ứng vùng nền thứ i ;

m - hệ số tính đến sự tăng trưởng tương đối của nền khi có cách nhiệt.

$$m = \frac{1}{1 + 1,25 \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} \right)}$$

Nếu nền không có cách nhiệt thì $m = 1$.

Để tính toán dòng nhiệt qua nền người ta chia nền ra các vùng khác nhau (như hình 2.19). Mỗi vùng có bề rộng 2 m tính từ bề mặt tường bao vào giữa nền.



Hình 2.19. Chia vùng nền để tính dòng nhiệt $Q_{1,i}$

Giá trị hệ số truyền nhiệt K_i ($W/m^2 \cdot ^\circ C$) được xác định như sau:

- Vùng rộng với 2 m đầu từ ngoài vào $K_1 = 0,47$.
- Vùng rộng với 2 m tiếp theo $K_2 = 0,23$.
- Vùng rộng 2 m tiếp theo $K_3 = 0,12$.
- Vùng rộng 2 m tiếp theo $K_4 = 0,07$.

Diện tích vùng rộng 2 m góc tường bao được tính hai lần vì được coi có dòng nhiệt đi từ hai phía tường vào.

• Dòng nhiệt bức xạ $Q_{1,2}$ được xác định cho tường ngoài và mái kho lạnh chịu ảnh hưởng trực tiếp của bức xạ nhiệt Mặt trời:

$$Q_{1,2} = K_1 F \Delta t_{1,2}$$

trong đó K_1 - hệ số truyền nhiệt thực của vách ngoài;

$\Delta t_{1,2}$ - hiệu nhiệt độ dư đặc trưng cho sự bức xạ nhiệt Mặt trời.

Đối với trần màu xám (bê tông, xi măng hoặc lớp phủ lấy $\Delta t_{1,2} = 19^\circ C$).

Đối với trần màu sáng lấy $\Delta t_{1,2} = 16^\circ C$.

Đối với tường $\Delta t_{1,2}$ lấy theo bảng 2.14.

Bảng 2.14. Hiệu nhiệt độ dư $\Delta t_{1,2}$ phụ thuộc hướng và tính chất bề mặt tường

Hướng - Vị độ	Nam			Đông-Nam	Tây - Nam	Đông	Tây	Tây - Bắc	Đông - Bắc	Bắc
Tường	10"	20"	30"	Từ 10 đến 30"						
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

Đối với mỗi buồng lạnh người ta chỉ tính dòng nhiệt do bức xạ Mặt trời qua mái và qua một tường nào đó có tổn thất bức xạ lớn nhất (hiệu $\Delta t_{1,2}$ lớn nhất hay diện tích lớn nhất). Sau khi tính toán, kết quả được thành lập cho mỗi phòng riêng theo bảng 2.15.

Bảng 2.15. Tổng kết kết quả tính toán

Phòng	Tường	K_1	F	t_1	t_2	$Q_{1,1}$	$\Delta t_{1,2}$	$Q_{1,2}$

2.3.5.2. Xác Dòng nhiệt do sản phẩm toả ra Q_2

Dòng nhiệt do sản phẩm toả ra khi làm lạnh, làm lạnh đông và hạ tiếp nhiệt độ trong phòng bảo quản lạnh đông được xác định theo công thức:

$$Q_2 = M (i_1 - i_2) \frac{1000}{24 \times 3600} , W$$

trong đó i_1, i_2 - entanpi của sản phẩm trước và sau khi xử lý lạnh, có thể tra theo bảng 2.16, kJ/kg.

M - công suất làm lạnh hay làm lạnh đông hay lượng hàng nhập vào phòng bảo quản lạnh hoặc bảo quản lạnh đông, tấn/24 h.

Dòng nhiệt Q_2 có thể tính theo số liệu đầu bài ra cụ thể như trên, nếu không có thể tính theo định hướng sau:

- Khối lượng hàng ngày nhập vào buồng bảo quản lạnh trong 24 h xác định theo công thức:

$$M_1 = \frac{E_1 \cdot B \cdot m}{365} = 0,025 E_1 , \text{ tấn/24 h}$$

trong đó M_1 - khối lượng nhập vào buồng bảo quản lạnh tấn/24 h;

E_1 - dung tích buồng lạnh, m^3 ;

m - hệ số nhập hàng không đồng đều (đối với kho lạnh phân phối $m = 1,5$);

365 - số lượng ngày kho lạnh nhập trong 1 năm;

B - hệ số quay vòng hàng trong năm (đối với kho lạnh phân phối - $B = 5 \div 6$ lần/năm).

Bảng 2.16. Entanpi của sản phẩm phụ thuộc vào nhiệt độ (kJ/kg)

Nhiệt độ, °C Sản phẩm	-20	18	-15	-12	-10	-8	-5	-3	-2	-1	0	1
Thịt bò, gia cầm	0	4,6	13,0	22,2	30,2	39,4	57,3	75,3	98,8	185,5	232,2	235,5
Thịt cừu	0	4,6	12,6	21,8	29,8	38,5	55,6	74,0	95,8	179,5	224,0	227,0
Thịt lợn	0	4,6	12,2	21,4	28,9	34,8	54,4	73,3	91,6	170,0	211,8	214,7
Sản phẩm phụ thịt	0	5	13,8	24,4	33,2	43,1	62,8	87,9	109,6	204,0	261,0	264,5
Cá gáy	0	5	14,3	24,8	33,6	43,5	64,0	88,4	111,6	212,2	265,8	269,5
Cá bèo	0	5	14,3	24,4	32,7	42,3	62,5	85,5	106,2	199,8	249,0	252,0
Trứng	-	-	-	-	-	-	-	227,4	230,2	233,8	237,0	240,0
Mỡ động vật	0	3,8	10,1	17,6	23,5	29,3	40,6	50,5	60,4	91,6	95,0	98,8
Sữa nguyên chất	0	5,5	14,3	25,2	32,7	42,3	62,8	88,7	111,2	184,2	317,8	322,8
Sữa chua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	2
Kem chua	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	8
Pho mát tươi	-	9,4	26,8	41,2	53,2	63,7	85,9	103,0	-	192,6	299,1	302,2
Kem	0	7,1	19,7	34,8	46,9	62,4	105,3	178,8	221,0	224,4	227,4	230,8
Nho, mơ, anh đào	0	7,5	20,6	36,5	49,8	66,5	116,0	202,2	229,0	232,6	235,8	239,5
Quả các loại	0	6,7	17,2	29,8	38,5	51,0	82,9	139,0	211,0	267,9	271,7	274,3

Tiếp bảng 2.16

Sản phẩm	Nhiệt độ, °C										
	2	4	8	10	12	15	20	25	30	35	40
Thịt bò, gia cầm	238,2	245,5	248,2	264,5	270,8	280,4	296,8	312,0	329,0	345,0	361,0
Thịt cừu	230,0	236,3	249,0	255,3	261,4	271,2	286,7	310,8	314,0	334,0	349,8
Thịt lợn	217,8	224,0	235,8	241,7	248,2	256,8	272,5	287,7	301,8	317,8	332,2
Sản phẩm phụ thịt	268,3	274,3	289,2	296,0	302,2	312,8	330,6	348,0	366,0	348,0	401,0
Cá gầy	272,9	280,0	293,9	301,0	308,0	314,4	336,0	353,6	371,0	388,0	406,0
Cá béo	256,0	262,6	277,0	283,0	290,0	300,4	317,4	334,4	351,5	369,0	385,0
Trứng	243,3	249,8	262,4	268,7	274,3	284,4	300,0	316,2	331,5	347,5	362,7
Mỡ động vật	101,4	106,5	121,4	129,8	138,6	155,3	182,8	204,2	221,4	240,0	253,6
Sữa nguyên chất	326,8	334,4	350,7	358,5	366,0	378,0	398,0	418,0	437,0	458,0	477,0
Sữa chua	8,0	15,9	31,4	39,4	47,3	59,0	78,6	98,4	118,0	-	-
Kem chua	5,9	13,0	29,3	36,8	44,4	55,2	73,7	95,8	110,6	-	-
Pho mát tươi	205,5	313,0	326,9	334,0	344,3	351,3	369,4	387,2	404,7	-	-
Kem	234,0	240,9	254,4	264,0	267,9	277,8	294,8	311,0	328,0	344,6	361,4
Nho, mơ, anh đào	242,9	250,2	264,5	271,8	278,6	289,6	307,0	325,5	343,0	360,5	378,0
Quả các loại	274,0	286,7	302,0	308,8	317,0	328,0	346,5	365,6	384,8	403,0	421,0

- Khối lượng hàng nhập vào buồng bảo quản lạnh đông trong 24 h được xác định theo công thức:

$$M_d = \frac{E_d \cdot \psi \cdot B \cdot m}{365} = (0,027 \div 0,035), \text{ tấn/24 h}$$

trong đó E_d - dung tích buồng bảo quản lạnh đông, m^3 ;

ψ - tỷ lệ nhập sản phẩm có nhiệt độ cao hơn -8°C đưa trực tiếp vào buồng bảo quản lạnh đông.

Đối với kho lạnh phân phối $\psi = 0,65 - 0,85$, $m = 2,5$; $B = 5 - 6$ lần/năm

- Khối lượng hàng nhập vào phòng làm lạnh đông trong 1 ngày đêm được xác định theo công thức:

$$M_{kd} = \frac{E_{kd} \cdot \psi \cdot B \cdot m}{365}$$

Khi tính Q_2 cho phụ tải thiết bị lấy khối lượng hàng nhập trong 1 ngày đêm vào phòng bảo quản lạnh hoặc bảo quản lạnh đông bằng 8% dung tích buồng nếu dung tích buồng nhỏ hơn 200 tấn và bằng 6% nếu dung tích buồng lớn hơn 200 tấn.

Vì hoa quả có thời vụ nên đối với kho lạnh xử lý và bảo quản hoa quả khối lượng hàng nhập vào trong 1 ngày đêm được tính theo công thức:

$$M = \frac{E \cdot \psi \cdot B \cdot m}{120}$$

trong đó M - lượng hàng nhập vào trong 24 h, tấn/24 h;

E - dung tích kho lạnh, m^3 ;

B - hệ số quay vòng ($B = 8 - 10$);

m - hệ số nhập hàng không đồng đều ($m = 2 - 2,5$);

120 - số ngày nhập hàng trong năm.

Theo biểu thức trên thì $M = 10 \div 15\%$ dung tích kho lạnh.

Đối với kho lạnh trung chuyển cá thì $M = 10\%$ dung tích kho.

- Khi tính toán dòng nhiệt do sản phẩm toả ra cần phải chú ý đến bao bì đựng sản phẩm đó. Dòng nhiệt do bao bì toả ra được xác định theo công thức:

$$Q_{2b} = M_b \cdot C_b (t_1 - t_2) \frac{1000}{24 \times 3600}, \text{ W}$$

$$Q_{2b} \approx 11,6 M_b \cdot C_b (t_1 - t_2), \text{ W}$$

trong đó M_b - khối lượng bao bì đưa vào cùng sản phẩm 1/24 h;

C_b - nhiệt dung riêng của bao bì, kJ/kg.độ;

t_1, t_2 - nhiệt độ trước và sau khi làm lạnh bao bì, $^{\circ}\text{C}$.

Nhiệt dung riêng của bao bì có thể như sau:

- Bao bì gỗ $C_b = 2,5$ kJ/kg.độ
- Bao bì cacton $C_b = 1,46$ kJ/kg.độ
- Bao bì kim loại $C_b = 0,46$ kJ/kg.độ
- Bao bì thủy tinh $C_b = 0,835$ kJ/kg.độ

Trong một số trường hợp sản phẩm chỉ làm lạnh người ta có thể tính Q_2 dựa vào nhiệt dung $Q_2 = M.C (t_1 - t_2)$.

Nhiệt dung của sản phẩm có thể tra theo bảng 2.17.

Bảng 2.17. Nhiệt dung riêng của một số sản phẩm

Sản phẩm	C, kJ/kg.độ	Sản phẩm	C, kJ/kg.độ
Thịt bò	3,44	Sữa	3,94
Thịt lợn	2,98	Vang sữa	3,86
Thịt cừu	2,89	Kem sữa chua	3,02
Cá gáy	3,62	Pho mát	2,10 - 2,52
Cá béo	2,94	Trứng	3,35
Hàng thực phẩm	2,94 - 3,35	Rau quả	3,44 - 3,94
Dầu động vật	2,68	Bia, nước quả	3,94

2.3.5.3. Xác định dòng nhiệt do thông gió phòng Q_3

Đây là dòng nhiệt chỉ tính đối với các trường hợp bảo quản có thông gió phòng (chủ yếu là bảo quản với rau quả). Dòng nhiệt Q_3 được xác định theo công thức:

$$Q_3 = M_k (i_1 - i_2)$$

trong đó M_k - lưu lượng không khí cần đưa vào thông gió, kg/s;

i_1, i_2 - entanpi của không khí ngoài và không khí phòng, kJ/kg

(i_1, i_2 có thể xác định thông qua nhiệt độ và độ ẩm tương đối ψ của không khí ngoài và không khí phòng trên đồ thị không khí ẩm).

Lưu lượng không khí thông gió có thể xác định theo công thức:

$$M_k = \frac{V \cdot a \cdot \rho_k}{24 \times 3600}$$

trong đó V là thể tích phòng cần thông gió; m^3 ;

a - số lần thay đổi không khí phòng trong 1 ngày đêm (lần/24h);

ρ_k - khối lượng riêng không khí ở nhiệt độ và độ ẩm không khí phòng

2.3.5.4. Xác định dòng nhiệt vận hành Q_4

Dòng nhiệt vận hành Q_4 được xác định theo công thức:

$$Q_4 = Q_{4,1} + Q_{4,2} + Q_{4,3} + Q_{4,4}, W$$

trong đó $Q_{4,1}$ - dòng nhiệt toả ra do đèn chiếu sáng, W;

$Q_{4,2}$ - dòng nhiệt toả ra do người làm việc trong phòng, W;

$Q_{4,3}$ - dòng nhiệt toả ra do động cơ điện, W;

$Q_{4,4}$ - dòng nhiệt tổn thất do đóng mở cửa, W.

a) Dòng nhiệt toả ra do chiếu sáng phòng $Q_{4,1}$

Dòng nhiệt này được xác định theo công thức:

$$Q_{4,1} = A \cdot F, W$$

F - diện tích của phòng cần chiếu sáng, m^2 ;

A - nhiệt lượng toả ra khi chiếu sáng 1 m^2 diện tích phòng; đối với phòng bảo quản $A = 1,2 W/m^2$; đối với phòng chế biến $A = 4,5 W/m^2$.

b) Dòng nhiệt do người làm việc trong phòng toả ra $Q_{4,2}$

Dòng nhiệt $Q_{4,2}$ được xác định theo công thức:

$$Q_{4,2} = 350 \cdot n, W$$

trong đó n - số người làm việc trong phòng;

350 - nhiệt lượng do 1 người toả ra khi làm công việc nặng nhọc (350 W/người).

Số người làm việc trong phòng phụ thuộc vào công nghệ gia công chế biến và bố trí xếp trong phòng. Thông thường với phòng nhỏ hơn 200 m^2 thường lấy $n = 2 - 3$ còn với phòng lớn hơn 200 m^2 thì lấy $n = 3 - 4$.

c) Dòng nhiệt do các động cơ điện toả ra $Q_{4,3}$

Dòng nhiệt toả ra do các động cơ điện làm việc trong phòng được xác định theo công thức:

$$Q_{4,3} = 1000 \cdot N \cdot W$$

trong đó N - công suất của động cơ điện (động cơ quạt giàn lạnh, động cơ máy móc gia công chế biến và xe vận chuyển ...).

Tổng công suất các động cơ lắp đặt trong phòng lấy theo công suất thiết kế, nếu không có thì lấy theo quy định sau:

- Buồng bảo quản lạnh $N = 1 - 4$ kW.
- Buồng làm lạnh $N = 3 - 8$ kW.
- Buồng làm lạnh đông $N = 8 - 16$ kW.

Buồng có diện tích nhỏ lấy giá trị nhỏ, buồng có diện tích lớn lấy giá trị lớn

Khi bố trí động cơ ngoài buồng lạnh thì tính theo biểu thức:

$$Q_{4,3} = 1000 \cdot N \cdot \eta \cdot W$$

trong đó η - hiệu suất động cơ.

d) Dòng nhiệt khi mở cửa $Q_{4,4}$

Dòng nhiệt khi mở cửa được xác định theo biểu thức:

$$Q_{4,4} = B \cdot F \cdot W$$

trong đó B - dòng nhiệt riêng khi mở cửa, W/m^2 ;

F - diện tích phòng, m^2 .

Dòng nhiệt riêng khi mở cửa B phụ thuộc vào diện tích và chiều cao phòng. Khi chiều cao phòng là 6 m có thể tra theo bảng 2.18.

Bảng 2.18. Dòng nhiệt riêng B khi mở cửa phụ thuộc vào diện tích nền (khi chiều cao phòng là 6 m)

Loại phòng	B (W/m^2) phụ thuộc vào F (m^2)		
	Đến 50 m^2	50 - 150 m^2	>150 m^2
Phòng làm lạnh và bảo quản lạnh cá	23	12	10
Phòng bảo quản lạnh	29	15	12
Phòng làm lạnh đông	32	15	12
Phòng bảo quản lạnh đông	22	12	8
Phòng xuất nhập	78	38	20

2.3.5.5. Dòng nhiệt toả ra do sự hô hấp của rau quả Q_s

Dòng nhiệt Q_s chỉ xuất hiện ở các phòng bảo quản lạnh rau quả. Đây chính là dòng nhiệt toả ra trong quá trình hô hấp của rau quả và được xác định theo công thức:

$$Q_s = E (0,1Q_n + 0,9 Q_{bq}) , W$$

trong đó E - dung tích (sức chứa) của kho lạnh, tấn;

Q_n và Q_{bq} - dòng nhiệt toả ra do khi sản phẩm ở nhiệt độ nhập vào kho và ở nhiệt độ bảo quản, W/tấn.

Bảng 2.19. Dòng nhiệt toả ra khi hô hấp ở các nhiệt độ khác nhau (W/tấn)

Rau quả	Nhiệt độ, °C				
	0	2	5	15	20
Mơ	18	27	50	154	199
Chanh	9	13	20	460	58
Cam	11	13	19	56	69
Đào	19	22	41	131	181
Lê xanh	20	27	46	161	178
Lê chín	11	21	41	126	218
Táo xanh	19	21	31	92	121
Táo chín	11	14	21	58	73
Mận	21	35	65	184	132
Nho	9	17	24	49	78
Hành	20	21	26	31	58
Cải bắp	33	36	51	121	195
Khoai tây	20	22	24	36	44
Cà rốt	28	34	38	87	135
Dưa chuột	20	24	34	121	175
Sa lát	38	44	51	188	340
Củ cải đỏ	20	28	34	116	214
Rau bina (spina)	83	119	199	524	900

2.3.5.6. Bảng tổng hợp các kết quả tính toán

Đối với các kho lạnh nhiều buồng có chế độ nhiệt độ khác nhau để tiện theo dõi và tính toán ta phải lập thành bảng tổng hợp như bảng 2.20.

Bảng 2.20. Tổng hợp kết quả tính toán

Buồng	Nhiệt độ phòng	Q_1		Q_2		Q_3	Q_4		Q_5	Tổng Q	
		Thiết bị	Máy nén	Thiết bị	Máy nén		Thiết bị	Máy nén		Thiết bị	Máy nén
Bảo quản 1											
Bảo quản 2											

Nếu hệ thống lạnh có nhiều buồng với các nhóm nhiệt khác nhau người ta thường nhóm lại theo ba nhóm sau:

- Buồng làm lạnh và bảo quản lạnh nhiệt độ từ $2 \div 4^{\circ}\text{C}$.
- Buồng bảo quản lạnh đông nhiệt độ từ $-18 \div -20^{\circ}\text{C}$.
- Buồng làm lạnh đông nhiệt độ từ $-30 \div -35^{\circ}\text{C}$.

2.3.5.7. Xác định nhiệt tải cho thiết bị và cho máy nén

Tải nhiệt cho thiết bị dùng để tính cho thiết bị bay hơi trong phòng. Để đảm bảo được nhiệt độ trong phòng ở những điều kiện bất lợi nhất người ta phải tính tải nhiệt cho thiết bị là tổng các tải nhiệt thành phần có giá trị cao nhất:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

Tuy nhiệt Q_3 và Q_5 chỉ có khi phòng bảo quản rau quả, tải nhiệt máy nén cũng được tính từ các tải nhiệt thành phần nhưng tùy theo loại kho lạnh mà có thể lấy toàn bộ hay một phần các thành phần tải nhiệt đó. Toàn bộ dòng nhiệt truyền qua kết cấu bao che Q_1 của kho lạnh phân phối và kho lạnh bảo quản được tính cho máy nén.

Đối với kho lạnh trong nhà máy liên hợp thịt, cá theo “Quy chuẩn thiết kế công nghệ kho lạnh” thì nhiệt tải máy nén lấy bằng 80% $Q_{1\max}$ cho các kho lạnh nhiệt độ -20°C và 60% cho các kho lạnh nhiệt độ 0°C .

Cũng theo “Tiêu chuẩn công nghệ thịt” dòng nhiệt Q_1 lấy cho máy nén không phụ thuộc nhiệt độ buồng lạnh và lấy bằng 85 - 90% $Q_{1\max}$ đối với kho lạnh một tầng và lấy bằng 75 - 90% $Q_{1\max}$ đối với kho lạnh nhiều tầng.

Đối với kho lạnh công nghiệp cá thực tế người ta thường lấy tải nhiệt máy

nén ($Q_{MN,1}$) bằng 100 % Q_{1max} đối với kho lạnh trung chuyển ở cảng và lấy 85% Q_{1max} đối với kho lạnh chế biến.

- Dòng nhiệt do sản phẩm toả ra Q_2 .

Nhiệt tải tính cho máy nén có thể lấy như sau:

$$Q_{MN,2} = 100\% Q_2 \text{ đối với kho lạnh thịt và cá, rau quả.}$$

- Dòng nhiệt Q_3 và Q_5 đặc trưng cho quá trình làm lạnh và bảo quản lạnh rau quả nên được tính 100% cho máy nén.

- Dòng nhiệt do thao tác vận hành Q_4 , nhiệt tải tính cho máy nén bằng 50 - 75% giá trị Q_4 lớn nhất.

Khi xác định năng suất lạnh của máy nén cần phải tính thời gian làm việc của thiết bị và các tổn thất trong các thiết bị, đường ống do hiệu nhiệt độ thực tế giữa nhiệt độ phòng lạnh và nhiệt độ sôi của tác nhân.

Năng suất lạnh của máy nén với các nhóm buồng có nhiệt độ sôi giống nhau có thể xác định theo công thức:

$$Q_0 = \frac{K \cdot \sum Q_{MN}}{b}$$

trong đó K - hệ số tính đến tổn thất trên đường ống và thiết bị của hệ thống lạnh;

b - hệ số thời gian làm việc.

Hệ số K của hệ thống lạnh trực tiếp phụ thuộc vào nhiệt độ bay hơi của môi chất lạnh trong giàn lạnh và lấy theo bảng 2.21.

Bảng 2.21

Nhiệt độ, °C	-40	-30	10
K	1,1	1,07	1,05

Đối với hệ thống làm lạnh gián tiếp (qua nước muối) lấy $K = 1,12$.

Hệ số thời gian làm việc của máy nén (b) dự tính làm việc 22 h trong ngày đêm lấy $b = 0,9$.

Đối với kho lạnh nhỏ thương nghiệp và dùng trong đời sống, nhiệt tải máy nén lấy bằng 100% tổng các dòng nhiệt thành phần tính toán được và hệ số thời gian làm việc của các hệ thống này lấy $b = 0,7$.

Chương 3

TÍNH VÀ CHỌN THIẾT BỊ CHO HỆ THỐNG LẠNH

3.1. TÍNH VÀ CHỌN MÁY LẠNH NÉN HƠI MỘT CẤP

3.1.1. Chọn các thông số của chế độ làm việc

Chế độ làm việc của hệ thống lạnh được đặc trưng bằng bốn chế độ nhiệt độ sau:

- Nhiệt độ sôi của môi chất lạnh t_0 ($^{\circ}\text{C}$).
- Nhiệt độ ngưng tụ của môi chất t_k ($^{\circ}\text{C}$).
- Nhiệt độ quá lạnh của môi chất trước van tiết lưu t_{ql} ($^{\circ}\text{C}$).
- Nhiệt độ quá nhiệt của môi chất trước khi vào máy nén t_{qn} ($^{\circ}\text{C}$).

3.1.1.1. Chọn nhiệt độ sôi của tác nhân lạnh t_0

Nhiệt độ t_0 được chọn theo nhiệt độ phòng lạnh và có thể chọn như sau:

$$t_0 = t_b - \Delta t_0$$

trong đó t_b - nhiệt độ phòng (buồng) lạnh;

Δt_0 - hiệu nhiệt độ yêu cầu, $^{\circ}\text{C}$.

Đối với giàn bay hơi trực tiếp, nhiệt độ bay hơi lấy thấp hơn nhiệt độ phòng $7 \div 10^{\circ}\text{C}$ tùy thuộc vào chế độ chuyển động của không khí trong phòng. Trong một số trường hợp đặc biệt có thể lấy $\Delta t_0 = 5 \div 6^{\circ}\text{C}$. Đối với các thiết bị lạnh thương nghiệp và đời sống thường chọn $\Delta t_0 = 8 \div 13^{\circ}\text{C}$ do diện tích giàn bay hơi nhỏ và hệ số truyền nhiệt nhỏ.

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

3.1.1.2. Chọn nhiệt độ ngưng tụ t_k

Nhiệt độ t_k được chọn phụ thuộc vào nhiệt độ môi trường làm mát của thiết bị ngưng tụ.

- Nếu thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước có thể chọn t_K như sau:

$$t_K = t_{W2} + \Delta t_K$$

trong đó t_{W2} là nhiệt độ nước ra khỏi thiết bị ngưng tụ

Δt_K là hiệu nhiệt độ ngưng tụ, thường chọn $\Delta t_K = 3 \div 5^\circ\text{C}$.

- Trong một số trường hợp người ta lấy t_{W2} là nhiệt độ trung bình của nước vào và nước ra và khi đó chọn $\Delta t_K = 4 \div 6^\circ\text{C}$.

Thực tế chọn nhiệt độ ngưng tụ là một bài toán kinh tế để làm sao một đơn vị lạnh là nhỏ nhất. Nếu Δt_K nhỏ nhiệt độ ngưng tụ thấp, năng suất lạnh tăng, tiêu tốn điện nhỏ nhưng tiêu tốn nước tăng và chi phí cho nước ngưng tăng do vậy tùy điều kiện cụ thể mà chọn cho hợp lý.

Đối với máy lạnh freon nên chọn Δt_K lớn gấp hai lần đối với máy lạnh NH_3 .

- Nhiệt độ nước đầu vào t_{W1} và đầu ra t_{W2} chênh nhau $2 \div 6^\circ\text{C}$, phụ thuộc vào kiểu bình ngưng, và ta có:

$$t_{W2} = t_{W1} + (2 \div 6), ^\circ\text{C}$$

Nhiệt độ nước vào bình ngưng t_{W1} phụ thuộc vào nhiệt độ của môi trường.

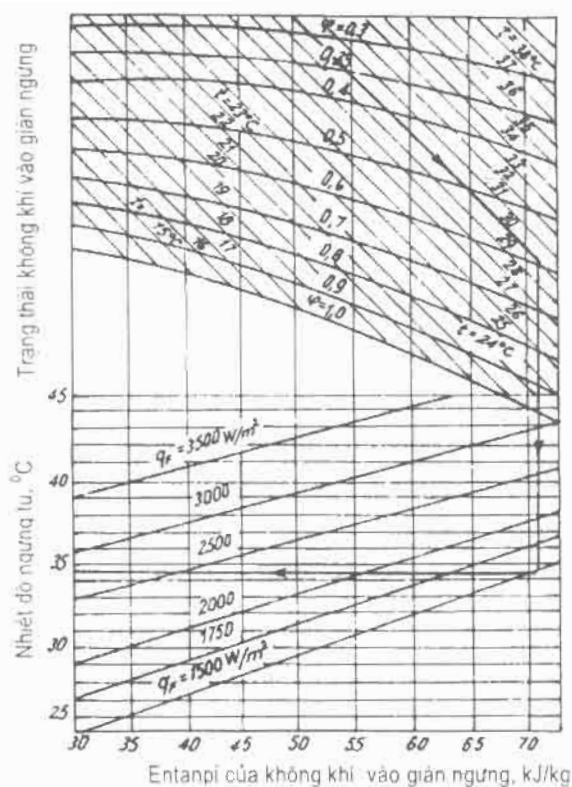
Khi sử dụng nước tuần hoàn qua tháp làm mát nước lấy nhiệt độ nước vào bình ngưng cao hơn nhiệt độ nhiệt kế bầu ướt là $3 \div 4^\circ\text{C}$.

Đối với giàn ngưng làm mát bằng không khí hiệu nhiệt độ giữa môi chất lạnh ngưng tụ và không khí là $8 \div 10^\circ\text{C}$. Nhiệt độ giữa không khí vào và ra có độ chênh lệch từ 6 đến 9°C , đối với giàn ngưng NH_3 , và $3 \div 4^\circ\text{C}$ đối với giàn ngưng freon.

Ở các giàn ngưng tưới nhiệt độ nước là giữ nguyên và có thể lấy bằng nhiệt độ nước tuần hoàn. Nhiệt độ ngưng tụ khi sử dụng giàn ngưng tưới được phụ thuộc vào tải nhiệt của giàn ngưng và trạng thái không khí bên ngoài (đặc biệt là độ ẩm). Với tải nhiệt riêng của giàn ngưng $Q_f = 1750 \div 2000 \text{ W/m}^2$ có thể lấy nhiệt độ ngưng tụ cao hơn nhiệt độ nước tuần hoàn từ $8 \div 11^\circ\text{C}$.

Có thể chọn nhiệt độ ngưng tụ theo đồ thị trong hình 3.1.

Ví dụ nhiệt độ không khí 30°C và $\phi = 60\%$ đóng xuống dưới gặp đường nhiệt tải $Q_w = 1500 \text{ W/m}^2$ đóng ngang ta tìm được nhiệt độ ngưng tụ $t_K = 34,6^\circ\text{C}$.



Hình 3.1. Đồ thị dùng để xác định nhiệt độ ngưng tụ cho giàn ngưng hơi

3.1.1.3. Xác định nhiệt độ quá lạnh t_{ql}

t_{ql} là nhiệt độ môi chất lỏng trước khi đi vào van tiết lưu. Nhiệt độ quá lạnh càng thấp năng suất càng lớn. Vì vậy người ta cố gắng hạ nhiệt độ quá lạnh xuống càng thấp càng tốt, thường người ta chọn như sau:

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

Vì nước mới, đầu tiên đưa qua thiết bị quá lạnh sau đó mới đưa sang thiết bị ngưng tụ.

Để giảm công kén người ta tiến hành quá lạnh trong thiết bị ngưng tụ bằng cách để chất lỏng ngập một số ống dưới cùng của bình ngưng ống chùm và nước cấp được đi qua các ống này trước.

Đối với hệ thống lạnh freon, việc quá lạnh được thực hiện ở thiết bị hồi nhiệt giữa môi chất lỏng nóng sau khi ngưng trước khi vào van chiết lưu và hơi lạnh ở thiết bị bay hơi ra trước khi về máy nén.

3.1.1.4. Chọn nhiệt độ hơi hút về máy nén t_{qn}

t_{qn} là nhiệt độ hơi môi chất trước khi vào máy nén để đảm bảo an toàn cho máy nén khi làm việc (không bị hành trình ẩm) t_{qn} phải lớn hơn nhiệt độ bay hơi của môi chất. Độ quá nhiệt của từng loại máy nén và từng loại môi chất có khác nhau.

- Với môi chất NH_3 nhiệt độ hơi hút (t_{qn}) cao hơn nhiệt độ sôi từ $5 \div 15^\circ C$, tức là $t_{qn} = t_h = t_s + (5 \div 15), ^\circ C$.

Sự quá nhiệt hơi hút của máy lạnh NH_3 có thể thực hiện bằng ba cách sau:

- Quá nhiệt ngay trong giàn lạnh khi sử dụng các loại van tiết lưu nhiệt.
- Quá nhiệt nhờ hoà trộn thêm với hơi nóng trên đường về máy nén.
- Quá nhiệt do tổn thất lạnh trên đường ống từ giàn bay hơi về máy nén.

Do nhiệt độ cuối tầm nén của máy NH_3 cao nên chọn độ quá nhiệt càng nhỏ càng tốt. Trong điều kiện của ta nên chọn bình tách lỏng đặt sau giàn bay hơi để vừa đảm bảo an toàn cho máy vừa giảm độ quá nhiệt.

Đối với máy nén freon do nhiệt độ cuối tầm nén không cao nên độ quá nhiệt hơi hút có thể chọn cao hơn một chút và người ta đặt được bằng thiết bị hồi nhiệt.

- Với môi chất R_{12} độ quá nhiệt có thể đạt đến $30^\circ C$.
- Với môi chất R_{22} độ quá nhiệt có thể đạt đến $25^\circ C$.

3.1.2. Xác định chu trình làm việc của máy lạnh nén hơi một cấp

Sơ đồ làm việc của máy lạnh nén hơi một cấp với môi chất NH_3 hay freon đều có nguyên lý làm việc giống nhau, chỉ khác là với freon có thiết bị hồi nhiệt để thực hiện quá lạnh và quá nhiệt.

3.1.2.1. Sơ đồ và chu trình biểu diễn trên đồ thị $t - s$ và $lgP - i$

Sơ đồ và chu trình biểu diễn của máy lạnh nén hơi một cấp như trong hình 3.2.

Trong hình 3.2:

$t_1 = t_h$ là nhiệt độ hơi hút về máy nén $t_1 = t_{qn}$.

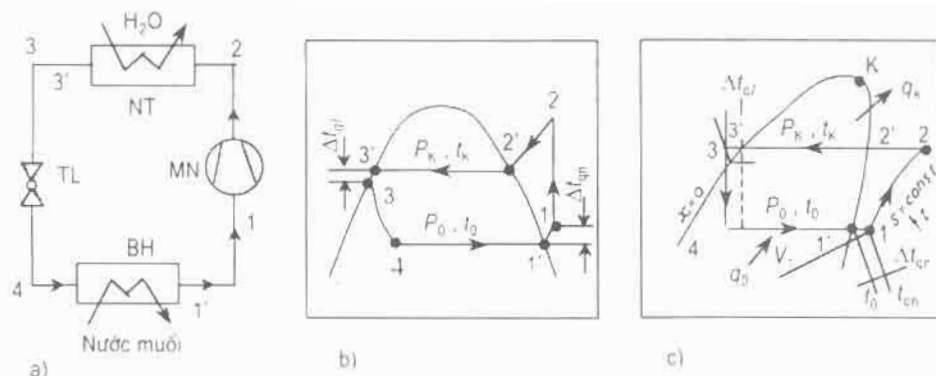
$t'_1 = t_0$ là nhiệt độ sôi của tác nhân trong giàn bay hơi $t'_1 = t_4 = t_0$.

t_2 là nhiệt cuối tầm nén.

t'_2 là nhiệt độ của hơi bão hoà ở bình ngưng tụ $t'_2 = t_k$.

t'_3 là nhiệt độ của lỏng bão hoà ở bình ngưng tụ $t'_3 = t_k$.

t_3 là nhiệt độ quá lạnh của tác nhân lỏng $t_3 = t_{ql}$.



Hình 3.2. Chu trình máy lạnh nén hơi một cấp

a) sơ đồ nguyên lý làm việc: MN: máy nén;

NT: bình ngưng tụ; TL: van tiết lưu; BH: bình bay hơi;

b) chu trình biểu diễn trên đồ thị $t - S$;

c) chu trình biểu diễn trên đồ thị $\lg P - i$.

Đặc điểm của các quá trình ở đây là:

- Quá trình $1'-1$ là quá trình quá nhiệt hơi hút.
- Quá trình $1-2$ là quá trình nén hơi môi chất trong máy nén.
- Quá trình $2-2'-3'-3$ là quá trình làm mát, ngưng tụ và quá lạnh, nó được xảy ra ở thiết bị ngưng tụ và thiết bị hồi nhiệt (với freon).
- Quá trình $3-4$ là quá trình tiết lưu quá trình này giảm nhiệt độ và áp suất từ t_0 , P_K xuống t_0 , P_0 nhưng không thay đổi hàm nhiệt môi chất.

Trước khi xác định các đại lượng của chu trình cần phải xác định rõ:

- Môi chất lạnh sử dụng trong chu trình.
- Thiết lập được chu trình trong đồ thị $t - S$ hay $\lg P - i$. Theo điều kiện thiết kế sau đó ta tiến hành xác định các đại lượng chính của chu trình.

3.1.2.2. Xác định các thông số trạng thái cơ bản của chu trình

Xác định các thông số tại các điểm nút sau đó lập biểu đồ các thông số như trong bảng 3.1.

Bảng 3.1

Thông số điểm nút	t'' , °C	P , MPa	h , kJ/kg	v , m ³ /kg
1'				
1				
2				
2'				
3'				
3				
4				

a) Xác định năng suất lạnh riêng q_0

q_0 là năng suất lạnh tạo ra khi bay hơi 1 kg môi chất lỏng và được xác định như sau:

$$q_0 = h_1 - h_4, \text{ kJ/kg}$$

trong đó h_1 - entanpi của hơi bão hoà khi ra khỏi thiết bị bay hơi (ứng điểm 1' trên đồ thị);

h_4 - entanpi của môi chất lỏng sau khi qua van tiết lưu (ứng điểm 4 trên đồ thị)

b) Năng suất lạnh riêng thể tích q_v

q_v được xác định theo biểu thức sau:

$$q_v = q_0 / v_1$$

v_1 - thể tích riêng hơi hút về máy nén (tương ứng với điểm 1 trên đồ thị).

c) Xác định công nén riêng l

l là công lý thuyết mà máy nén phải sinh ra để nén 1 kg hơi môi chất theo quá trình đoạn nhiệt từ áp suất P_0 lên áp suất P_k :

$$l = h_2 - h_1, \text{ kJ/kg}$$

trong đó h_1 , h_2 - entanpi môi chất khi hút vào và đẩy ra khỏi máy nén (tương ứng với điểm 1 và 2 trên đồ thị).

d) Xác định năng suất ngưng tụ riêng q_k

q_k là lượng nhiệt mà 1 kg môi chất thải ra cho nước (hoặc không khí) khi ngưng tụ và quá lạnh trong thiết bị ngưng tụ:

$$q_k = h_2 - h_1, \text{ kJ/kg}$$

trong đó h_2, h_1 - entanpi của hơi khí vào bình ngưng và của lỏng đã quá lạnh khi ra khỏi bình ngưng (tương ứng với điểm 2.3 trên đồ thị).

e) Xác định hệ số lạnh của chu trình ε

ε là tỷ số giữa năng suất lạnh đạt được và công tiêu tốn cho chu trình:

$$\varepsilon = q_o/l$$

g) Xác định hiệu suất exargi γ của chu trình

γ là tỷ số giữa hệ số lạnh và hệ số lạnh của chu trình lạnh Carnot (chu trình lý tưởng):

$$\gamma = \varepsilon/\varepsilon_c = \varepsilon.(T_k - T_o)/T_o$$

trong đó ε_c - hệ số lạnh của chu trình lạnh Carnot (chu trình lý tưởng);

T_k, T_o - nhiệt độ ngưng tụ và nhiệt độ bay hơi tính theo nhiệt độ tuyệt đối, °K.

3.1.3. Tính và chọn máy nén cho chu trình một cấp

3.1.3.1. Tính cho điều kiện thiết kế

Sau khi đã xác định được nhiệt tải (năng suất lạnh) Q_o tức là Q^{MIN} trong phân tính nhiệt, sau khi đã xác định chu trình và các thông số cơ bản của chu trình theo điều kiện thiết kế để chọn được máy nén ta phải tiến hành theo các bước sau:

1. Tính năng suất lạnh riêng khối lượng

$$q_o = h_1 - h_4, \text{ kJ/kg}$$

2. Tính năng suất khối lượng thực tế của máy nén đó chính là lưu lượng môi chất nén qua máy nén.

$$m_{ct} = Q_o/q_o, \text{ kg/s}$$

3. Tính năng suất thể tích thực tế của máy nén:

$$V_u = m_{ct} . V_1, \text{ m}^3/\text{s}$$

4. Tính hệ số cấp của máy nén (λ). Hệ số cấp của máy nén chính là tỷ số thể tích thực tế V_u và lý thuyết V_{lt} của máy nén. λ đặc trưng cho hệ số tổn thất của quá trình nén thực so với quá trình nén lý thuyết. Hệ số λ có thể xác định theo nhiều phương pháp khác nhau:

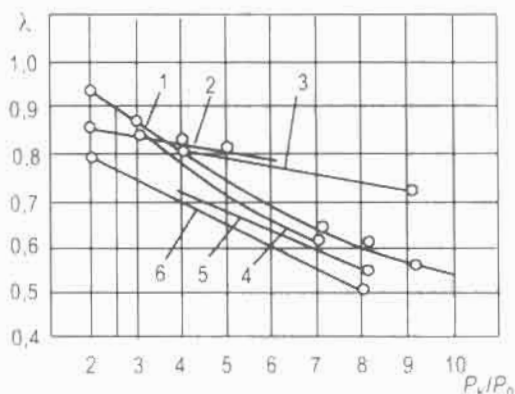
* Xác định λ theo công thức thực nghiệm do các nhà chế tạo cho trong các catalog máy.

* Xác định λ theo đồ thị đã cho của nhà chế tạo.

Tuỳ theo loại máy và dựa vào đồ thị trong hình 3.3 ta xác định được λ .

Hình 3.3. Hệ số cấp λ của máy nén (Liên Xô cũ) phụ thuộc vào P_k/P_0 :

- 1- máy nén kiểu hiện đại;
- 2- máy nén trục vít cao áp;
- 3- máy nén trục vít;
- 4- máy nén freon R_{22} ;
- 5- máy nén rôto;
- 6- máy nén nhỏ R_{12}



* Xác định λ theo tổn thất thành phần: Đây là phương pháp được dùng rộng rãi hơn cả:

$$\lambda = \lambda_c \cdot \lambda_{\text{tt}} \cdot \lambda_{\text{h}} \cdot \lambda_{\text{r}} \cdot \lambda_{\text{K}} \cdot \lambda_{\text{t}}$$

trong đó λ_c - hệ số tính đến thể tích chết;

λ_{tt} - hệ số tính đến tổn thất do tiết lưu;

λ_{h} - tổn thất do hơi hút vào xy lanh bị đốt nóng;

λ_{r} - tổn thất do rò rỉ môi chất qua bít pittông xy lanh secmăng và van từ khoang nén về khoang hút;

λ_{K} - tổn thất do quá trình ngưng tụ do độ không tinh khiết của môi chất (có lẫn một phần khí không ngưng).

Hay có thể viết gọn là $\lambda = \lambda_i \cdot \lambda_{\text{tt}}$

Vì:

$$\lambda_i = \lambda_c \cdot \lambda_{\text{tt}} \cdot \lambda_{\text{K}} = \frac{P_0 - \Delta P_{\text{tt}}}{P_0} - \zeta \left[\left(\frac{P_k + \Delta P_{\text{K}}}{P_0} \right)^{1/m} - \frac{P_0 - \Delta P_{\text{tt}}}{P_0} \right]$$

Lấy $\Delta P_{\text{tt}} = \Delta P_{\text{K}} = 0,005 \div 0,01 \text{ mPa}$

$m = 0,95 \div 1,1$ đối với máy nén NH_3

$m = 0,90 \div 1,05$ đối với máy nén freon

C là tỷ số chết thường lấy $C = 0,03 \div 0,05$ tùy theo loại máy nén

Và $\lambda_{co} = \lambda_{co} \cdot \lambda_r$

Đối với máy nén lạnh thường lấy $\lambda_{co} = T_0/T_k$.

5. Thể tích lý thuyết (do pittông quét được)

$$V_h = \frac{V_u}{\lambda} \quad , \quad \text{m}^3/\text{s}$$

6. Thể tích lý thuyết của một máy nén ta chọn để lắp đặt.

$$V_{hMN} = \pi d^2 \cdot s \cdot z \cdot n / 4 \quad , \quad \text{m}^3/\text{s}$$

trong đó d - đường kính của pittông, m;

s - khoảng chạy của pittông, m;

z - số lượng pittông;

n - số vòng quay của trục, vg/s.

7. Tính số lượng máy nén theo yêu cầu:

$$Z_{MN} = \frac{V_h}{V_{hMN}}$$

8. Tính hiệu suất của máy nén.

$$\eta = \eta_i \cdot \eta_c \cdot \eta_{cl} \cdot \eta_{td}$$

trong đó η_i - hệ số tính đến tổn thất trong hay còn gọi là hiệu suất chỉ thị của quá trình nén.

η_c - hệ số tính đến sự tổn thất ma sát của máy nén.

η_{td} - hệ số tính đến tổn thất do truyền động: khớp nối, đai truyền... riêng với các máy kín và bán kín: $\eta_{td} = 1$;

η_{cl} - hiệu suất động cơ điện thường, $\eta_{cl} = 0 \div 0,95$ tùy theo loại động cơ điện.

- Tính công nén đoạn nhiệt: $L = m \cdot l = m(h_2 - h_1)$

- Tính hiệu suất chỉ thị: $\eta_i = \lambda_{co} + b \cdot t_0$

t_0 - nhiệt độ sôi của tác nhân;

b - hệ số kinh nghiệm.

Với máy nén NH_3 nằm ngang $b = 0,002$;

Với máy nén NH_3 đứng $b = 0,001$;

Với máy nén freon đứng $b = 0,025$.

- Tính công suất chỉ thị: $N_i = N_s / \eta_i$, kW.

- Tính công suất ma sát: $N_{ms} = V_{tr} \cdot P_{ms}$.

P_{ms} - áp suất ma sát riêng.

với máy nén NH_3 thẳng dòng $P_{ms} = 0,049 \div 0,069$ mPa;

với máy nén freon thẳng dòng $P_{ms} = 0,039 \div 0,059$ mPa;

với máy nén ngược dòng $P_{ms} = 0,019 \div 0,034$ mPa.

- Tính công suất hữu ích (công suất trên trục máy nén):

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

- Tính hiệu suất $\eta_c = N_i / N_c = \eta_i \cdot \eta_c$.

- Tính công suất trên trục động cơ điện:

$$N_{tr} = N_c / \eta_{ld}$$

9. Công suất tiếp diện động cơ:

$$N_{cl} = N_c / (\eta_{ld} \cdot \eta_{cl})$$

Từ N_{cl} ta chia đều cho số máy nén từ đó ta biết được công suất tiếp diện của động cơ điện mỗi máy nén. Động cơ chọn thực tế thường lớn hơn công suất tiếp diện tính toán từ 10--15% để đảm bảo vận hành an toàn cho động cơ.

Các bước tiến hành trên ta chọn được máy nén dựa vào thể tích hút V_h của máy nén ta đã biết. Nếu không biết V_h của máy nén mà chỉ biết $Q_{0,tc}$ (năng suất lạnh ở điều kiện tiêu chuẩn, đây là yếu tố luôn luôn biết vì máy nén phần lớn được sản xuất ở điều kiện tiêu chuẩn) thì có thể chọn máy theo $Q_{0,tc}$.

3.1.3.2. Xác định theo điều kiện tiêu chuẩn

* Trường hợp chỉ biết $Q_{0,TC}$ của máy nén thì sau khi xác định V_h (mục 5 của 3.1.3.1 xác định thể tích hút lý thuyết) ta tiến hành các quá trình tiếp theo sau:

10. Xác định chu trình lạnh tiêu chuẩn:

Chế độ lạnh tiêu chuẩn của hệ thống lạnh NH_3 , freon làm việc một cấp, hai cấp và chế độ điều hoà được quy định theo bảng 3.2.

Dựa vào chế độ tiêu chuẩn trên ta có thể xác định được chu trình làm việc tiêu chuẩn trên đồ thị $t-S$ hay $\lg P-i$ và xác định các thông số còn lại như h , V , P và tỷ số nén Π .

Bảng 3.2. Một số chế độ lạnh tiêu chuẩn cơ bản

Nhiệt độ, °C		t_0	t_{q0}	t_k	t_{q1}
Các chế độ tiêu chuẩn					
Chế độ tiêu chuẩn một cấp	- NH ₃	-15	-10	+30	+25
	- freon	-15	-5	+30	+25
Chế độ điều hoà không khí		+5	+15	+35	+30
Chế độ tiêu chuẩn hai cấp	- NH ₃	-40	-30	+35	+30
	- freon	-35	-20	+30	+25

11. Xác định năng suất lạnh riêng khối lượng tiêu chuẩn $q_{v,lc}$:

$$q_{v,lc} = h_{1TC} - h_{4TC} , \text{ kJ/kg}$$

12. Xác định năng suất lạnh riêng thể tích tiêu chuẩn q_{vTC} .

$$q_{vTC} = q_{vTC} / V_{1TC} , \text{ kJ/m}^3$$

13. Xác định hệ số cấp tiêu chuẩn λ xác định từ các λ thành phần tiêu chuẩn (như xác định ở mục 4 của 3.1.3.1).

14. Tính chuyển từ Q_0 tính toán (Q_{0MN}) ra Q_{0TC} :

$$Q_{0TC} = Q_0 \cdot q_{vTC} \cdot \lambda_{TC} / q_v \lambda , \text{ kW}$$

15. Tính số máy nén cần thiết:

$$Z_{\text{máy nén}} = Q_{0TC} / Q_{0TCMN}$$

Trong đó Q_{0TCMN} là năng suất lạnh tiêu chuẩn của một máy nén cụ thể. Để tra máy nén cụ thể dựa vào V_h hay Q_{0TC} ta có thể tra theo các bảng về máy nén sau: theo hãng máy Nycor của Nhật Bản, hãng Bock của Đức và của Liên Xô cũ, khi tra theo bảng về máy của hãng Bock của Đức ta cần lưu ý:

- Máy ký hiệu F là máy hồ có thể sử dụng động cơ điện bất kỳ.
- Máy nén ký hiệu AM là máy nén ghép liền với động cơ nhưng động cơ không nằm trong vòng tuần hoàn môi chất lạnh.
- Máy nén ký hiệu AMW dùng cho các phương tiện vận tải lạnh, động cơ điện có thêm puli nhận truyền động của động cơ diegen puli có khớp có khớp nối điện từ.
- Máy nén có thêm ký hiệu S có động cơ điện có công suất lớn dùng cho điều hoà không khí, môi chất R₂₂.
- Máy nén ký hiệu FZ là máy nén hồ hai cấp nén.

Bảng 3.3. Thông số kỹ thuật một số tổ máy nén amoniac Liên Xô cũ
Sử dụng máy nén ПН10, ПН65, ПН200

Thông số kỹ thuật	A110-7-0	A110-7-2	1A110-7-2	A165-7-0	A165-7-2	A220-7-0	A220-7-2
Năng suất lạnh ($t_n = -15^{\circ}\text{C}$; $t_k = 30^{\circ}\text{C}$), kW	-	140	93	-	180	-	267
1000 kcal/h	-	120	80	-	155	-	230
($t' = 5^{\circ}\text{C}$; $t_k = 35^{\circ}\text{C}$), kW	325	-	-	440	-	663	-
1000 kcal/h	280	-	-	380	-	570	-
Công suất hữu ích, kW	53	39	26	75	52	112	78
Thế tích lý thuyết, m^3/s	0,0836	0,0836	0,056	0,125	0,125	0,167	0,167
m^3/h	301	301	200	450	450	602	602
Tiêu tổn dầu, kg/h	0,06	0,06	0,06	0,07	0,07	0,085	0,085
Tiêu tổn nước, m^3/h	0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,0
Động cơ điện kiểu	АОП2-91,4	АОП2-82,4	АОП2-82,6	АОП2-92,4	АОП2-91,4	А3,315S1,4	АОП2-92,4
Công suất, kW	75	55	40	100	75	132	100
Vòng quay, vg/s	24,7	24,5	16,3	24,7	24,7	24,5	24,7
vg/ph	1480	1470	980	1480	1480	1470	1480
Kích thước phù bì, dài mm	2275	2200	2200	2320	2330	2365	2390
rộng mm	1215	1215	1215	1215	1215	1215	1215
cao mm	1370	1370	1300	1300	1300	1560	1560
Chiều dài lắp đặt, mm	2910	2835	3000	3000	3010	3075	3100
Đường kính đường ống hút, mm	100	100	100	100	100	125	125
đẩy, mm	65	65	100	100	100	100	100

Ghi chú: 1. Các tổ máy nén tương ứng môi chất R₂₂ có kí hiệu А 110-2-0; А 110-2-2; А 220-2-0; А 220-2-2. Khi sử dụng R₂₂ năng suất lạnh bằng khoảng 90% so với NH₃; công suất hữu ích bằng 95%.

2. Đường kính xylanh 115 mm, khoảng chạy 82 mm. Số xylanh П 110-4; П 165-6 và П 200-8.

Bảng 3.4. Máy nén pittông kiểu hở một cấp và hai cấp hãng Bock (CHLB Đức)

Ký hiệu	Số xy lanh	Pittông, mm		Vận tốc, vg/ph	Thể tích quét, m ³ /h	Ghi chú
1	2	3	4	5	6	7
F1/90	2	32	28	730	1,97	
F1/110				920	2,49	
F1/133				1130	3,05	
F1/165				1380	3,73	
F1/190				1590	4,30	
F2/90	2	45	38	710	5,15	
F2/110				890	6,45	
F2/133				1130	8,16	
F2/165				1420	10,29	
F2/190				1630	11,90	
F3/140	2	45	38	915	12,78	
F3/170				1125	15,72	
F3/210				1420	19,84	
F3/230				1580	22,08	
F4/140	4	55	49	915	25,56	
F4/170				1125	31,43	
F4/210				1420	39,68	
F4/230				1580	44,15	
F5/170	4	70	55	1050	25,56	
F5/210				1300	31,43	
F5/230				1450	39,68	
F5/240				1530	44,15	
F14/1165	4	80	58		101,5	
F14/1365			68		118,9	
AMO/45-6	2	32	28	940	2,54	220/380 V Y/Δ ba pha 50 Hz
AM1/45-4	2	32	28	1400	3,78	
AM2/58-4	2	40	23	1420	4,93	
AM2/73-4	2	45	23	1420	6,23	
AM2/95-4	2	40	38	1420	8,14	
AM2/121-4	2	45	38	1420	10,30	

Tiếp bảng 3.4

1	2	3	4	5	6	7
AM3/153-4	2	50	39	1420	12,93	
AM3/185-4	2	55	39	1420	15,79	
AM3/233-4	2	55	49	1420	19,84	
AM4/306-4		50	39		52,23	380 V ba pha 50 Hz
AM4/370-4	4	55	49	1450	62,94	
AM4/466-4		55	49		73,65	
AM5/601-4				52,23		
AM5/724-4	4	70	1450	62,94		
AM5/847-4				73,65		
FZ6	6	70	55	1450	73,7	Máy nén hai cấp, thể tích quét hạ áp và cao áp
FZ16	6	80	68	1450	118,9	
					59,5	

Bảng 3.5 (Xem trang 113)

3.2. TÍNH VÀ CHỌN MÁY NÉN CHO HỆ THỐNG LẠNH NÉN HƠI HAI CẤP

3.2.1. Chu trình máy lạnh nén hơi hai cấp làm mát trung gian hoàn toàn

Chu trình làm việc này được biểu diễn như trong hình 3.4.

Đặc điểm của chu trình làm mát trung gian hoàn toàn là bình trung gian không có ống xoắn.

Quá trình làm việc của hệ thống này như sau:

Hơi môi chất lạnh hình thành ở bình bay hơi (BH) được máy nén hạ áp (NHA) hút vào và nén từ trạng thái 1 có áp suất P_n và nhiệt độ t_1 lên trạng thái 2 có áp suất trung gian (P_{ig}) và nhiệt độ t_2 sau đó được đẩy vào bình trung gian (BT6), miệng ống đẩy sục xuống mức chất lỏng do đó hơi được làm mát đến trạng thái bão hoà (làm mát hoàn toàn chính là làm mát đến trạng thái bão hoà) xác định ở điểm 3. Hơi ở trạng thái 3 được máy nén cao áp (NCA) hút và nén lên trạng thái 4 có áp suất P_k và nhiệt độ t_4 rồi được đẩy vào thiết bị ngưng tụ (NT). Trong thiết bị ngưng tụ hơi được làm mát, ngưng tụ và quá lạnh qua các vị trí 4 → 5' → 5. Sau đó được qua van tiết lưu TL_1 vào bình trung gian. Phần hơi hình thành trong bình trung gian (do trao đổi nhiệt với hơi nén của NHA)

Bảng 3.5. Máy nén piston MYCOM một cấp nén loại ký hiệu W (hãng Mayekawa Nhật Bản)

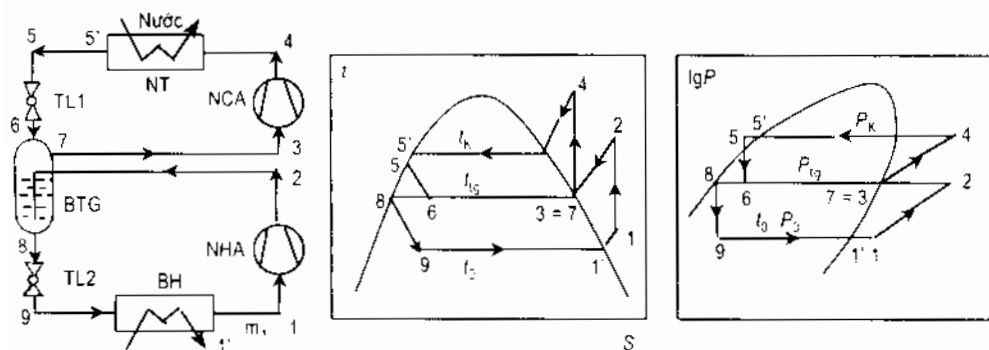
Môi chất	Ký hiệu	Thể tích quét, m ³ /h	Q ₀ , kW						N _c , kW					
			-25°C	-20°C	-15°C	-10°C	-5°C	0°C	-25°C	-20°C	-15°C	-10°C	-5°C	0°C
R717	N2WA	71,0	17,3	23,4	30,7	39,3	49,5	61,3	8,1	9,1	10,0	10,7	11,3	11,6
	N4WA	187,2	45,4	61,6	80,8	103,7	130,4	161,6	21,4	23,9	26,2	28,3	29,7	30,6
	N6WA	280,7	68,3	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	531,9	658,7	87,2	97,6	107,1	115,2	121,2	124,5
R22	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
	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
	F2WA2	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
	F8WBA	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

Tiếp bảng 3.5

Môi chất	Ký hiệu	Thể tích quét, m ³ /h	Q _h , kW						N _c , kW					
			-25°C	-20°C	15°C	-10°C	-5°C	0°C	-25°C	20°C	-15°C	-10°C	-5°C	0°C
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

Ghi chú: Năng suất lạnh và công suất trên trục ở nhiệt độ ngưng tụ 35°C và nhiệt độ bay hơi khác nhau.

được máy nén cao áp hút về cùng với hơi của NHA sau khi làm mát hoàn toàn phân lỏng còn lại đi vào van tiết lưu 2 TL₂ rồi vào thiết bị bay hơi BH. Trong thiết bị bay hơi môi chất lỏng bay hơi thu nhiệt và làm lạnh môi trường. Hơi hình thành được máy nén hạ áp hút về và quá trình được lặp lại.



Hình 3.4. Chu trình lạnh hai 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- bình ngưng tụ; TL1, TL2 - van tiết lưu 1 và 2; BTG - bình trung gian

3.2.1.1. Các quá trình làm việc

Nhìn vào sơ đồ hình 3.4 ta thấy các quá trình 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 bình trung gian nhờ bay hơi một lượng lỏng trong bình trung gian.

3-4: nén đoạn nhiệt cấp cao áp ($S_3 = S_4$).

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

5-6: tiết lưu đẳng entanpi ($i_5 = i_6$) từ áp suất ngưng tụ xuống áp suất trung gian. Phần hơi có entanpi i_7 được hút về phía máy nén cao áp. Phần lỏng còn lại có entanpi i_8 được tiết lưu lần 2 xuống áp suất P_0 .

8-9: tiết lưu cấp 2 đẳng entanpi ($i_8 = i_9$) từ áp suất trung gian xuống áp suất bay hơi P_0 .

9-1': quá trình bay hơi đẳng nhiệt trong thiết bị bay hơi để thu nhiệt làm lạnh môi trường.

3.2.1.2. Xác định chu trình hai cấp

1. Xác định các thông số cơ bản.

Muốn xác định được chu trình làm việc phải xác định được các thông số cơ bản ngoài nhiệt độ bay hơi, ngưng tụ (như xác định ở máy nén một cấp) ta còn phải xác định áp suất trung gian:

$$P_{tg} = P_k \cdot P_0$$

Từ các điều kiện cơ bản trên ta xác định được các điểm nút chu trình từ 1 đến 9 (gần giống như ở máy nén một cấp).

2. Xác định năng suất lạnh riêng q_0 :

$$q_0 = i_1 - i_9, \text{ kJ/m}^3$$

3. Xác định năng suất lạnh riêng thể tích q_v :

$$q_v = q_0 / v_1, \text{ kJ/m}^3$$

4. Xác định công nén riêng:

Ở đây ta phải xác định công nén riêng cho cả hai cấp cao và hạ áp.

Giả sử m_1 là lưu lượng môi chất qua máy nén hạ áp, m_3 là lưu lượng môi chất qua máy nén cao áp, l_1, l_2 là công nén riêng hạ áp và cao áp. Theo định luật bảo toàn năng lượng nếu coi tổn thất ở bình trung gian là không đáng kể ta có nhiệt vào bằng nhiệt ra. Tức là:

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

Từ đó ta có $m_3/m_1 = (i_2 - i_8)/(i_7 - i_6)$.

Công nén riêng:

$$l = \frac{m_1 l_1 + m_3 l_2}{m_1} = l_1 + \frac{m_3 l_2}{m_1} = l_1 + \frac{i_2 - i_8}{i_7 - i_6} \cdot l_2, \text{ kJ/kg}$$

5. Năng suất nhiệt riêng (khí ngưng tụ):

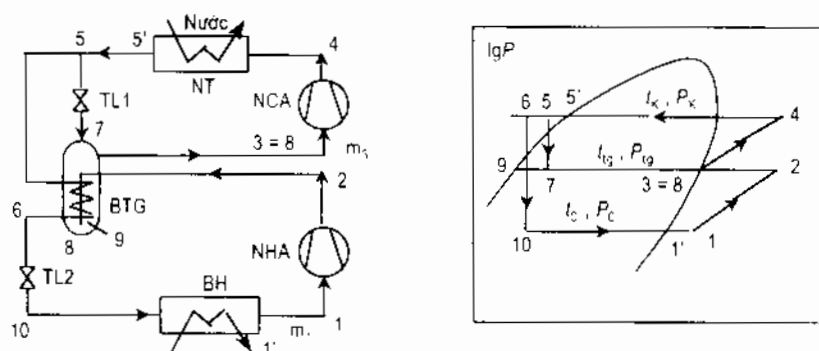
$$q_k = i_4 - i_5, \text{ m}_3/\text{m}_1$$

6. Xác định hệ số lạnh:

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

3.2.2. Chu trình máy lạnh nén hơi hai cấp bình trung gian ống xoắn

Chu trình làm việc theo sơ đồ trong hình 3.5.



Hình 3.5. Chu trình hai cấp nén bình trung gian có ống xoắn:

BH - bình bay hơi; NHA- máy nén hạ áp; NCA - máy nén cao áp;
NT- bình ngưng tụ; TL1, TL2 - van tiết lưu 1 và 2; BTG - bình trung gian

Sự khác biệt cơ bản của chu trình này và chu trình làm mát trung gian hoàn toàn là:

- Môi chất lỏng được quá lạnh trong ống xoắn. Nhiệt độ quá lạnh lớn hơn nhiệt độ bình trung gian $3 \div 5^\circ\text{C}$.
- Lượng lỏng qua van tiết lưu TL₁ chỉ vừa đủ để làm mát hơi nóng từ trạng thái 2 (ra khỏi máy nén hạ áp) xuống đến trạng thái hơi bão hoà.
- Lượng lỏng có áp suất P_K được tiết lưu thẳng qua TL₂ xuống P_n , không qua áp suất trung gian.

So với chu trình làm mát trung gian hoàn toàn chu trình này có các ưu nhược điểm sau:

- Lỏng vào thiết bị bay hơi không bị lẫn dầu của hơi do máy nén hạ áp mang tới.
- TL₂ từ P_K xuống P_n nên có thể đi xa vì hiệu áp suất lớn.
- Nhược điểm là năng suất lạnh nhỏ hơn vì nhiệt độ quá lạnh không đạt đến nhiệt độ của bình trung gian.

3.2.2.1. Các quá trình của chu trình

1'-1 là quá nhiệt của hơi hút.

1-2 là nén đoạn nhiệt cấp hạ áp từ P_0 đến P_{1g} .

2-3 là làm mát hơi quá nhiệt hạ áp đến hơi bão hoà.

3-4 là nén đoạn nhiệt cấp cao áp từ P_{1g} đến P_K .

4-5'-5 là làm mát ngưng tụ và quá lạnh trong thiết bị ngưng tụ

5-7 là tiết lưu từ áp suất P_K xuống P_{1g} và đưa vào bình trung gian

5-6 là quá lạnh đẳng áp trong ống xoắn trong bình trung gian.

6-10 là tiết lưu từ áp suất P_K xuống áp suất P_0 .

10-1' là bay hơi thu nhiệt của môi trường lạnh.

3.2.2.1. Xác định chu trình

1. Xác định các thông số cơ bản:

Giống như với hệ thống bình trung gian làm mát hoàn toàn chỉ khác là lấy nhiệt độ $t_6 = t_7 + (3 \div 5)^{\circ}\text{C}$.

2. Năng suất lạnh riêng q_0 :

$$q_0 = i_1' - i_{10}, \text{ kJ/kg}$$

3. Năng suất lạnh riêng thể tích q_v :

$$q_v = q_0 / v_1, \text{ kJ/m}^3$$

4. Công nén riêng l :

$$l = l_1 + l_2, \text{ mJ/m}_1$$

Ta phải xác định tỷ số m_3/m_1 . Theo cân bằng nhiệt ở bình trung gian ta có:

$$m_1 i_5 + (m_3 + m_1) i_7 + m_1 i_2 = m_3 i_3 + m_1 i_6$$

$$m_3 (i_3 - i_7) = m_1 (i_5 - i_7 + i_2 - i_6)$$

Vậy $m_3/m_1 = (i_5 - i_7 + i_2 - i_6) / (i_3 - i_7)$.

Và ta có $l = l_1 + (i_2 + i_5 - i_7 - i_6) l_2 / (i_3 - i_7)$

l_1, l_2 là công nén riêng cấp hạ áp và cao áp xác định trên đồ thị và $i_5 = i_7$.

Do vậy $l = (i_2 - i_1) + (i_2 - i_6) = (i_4 - h_3) / (i_3 - i_7)$

$$\text{vì} \quad l_1 = i_2 - i_1$$

$$l_2 = i_4 - i_3$$

5. Xác định năng suất nhiệt q_K :

$$q_K = i_4 - i_5 \cdot m_3/m_1$$

6. Xác định hệ số lạnh ε :

$$\varepsilon = q_0/l$$

Nhìn chung hệ số lạnh của máy nén hai cấp người ta ít quan tâm nhất là trong trường hợp có nhiều chế độ nhiệt độ bay hơi.

3.2.3. Tính và chọn máy nén cho chu trình hai cấp

Tính nhiệt để chọn máy nén cho chu trình hai cấp trước hết phải tiến hành cho cấp thấp riêng, sau đó tính cho cấp cao riêng, sau đó tiến hành cân bằng chất và entanpi của bình trung gian để xác định lưu lượng môi chất tuần hoàn trong mỗi cấp.

3.2.3.1. Tính toán cấp hạ áp (bình trung gian ống xoắn)

Năng suất q_0 cấp hạ áp (từ $30 \div 40^\circ\text{C}$) đã được xác định qua tính nhiệt kho lạnh. Mục đích của tính nhiệt cấp hạ áp là chọn được loại và số lượng máy nén phù hợp của hệ thống.

1. Tính năng suất lạnh riêng q_0 :

$$q_0 = i_1 - i_{10}, \text{ kJ/kg}$$

2. Lưu lượng hơi thực tế m_1 :

$$m_1 = Q_0/q_0, \text{ kg/s}$$

3. Tính thể tích hút thực tế: $V_{u\text{HA}}$

$$V_{u\text{HA}} = m_1 \cdot V$$

4. Tính hệ số cấp của máy nén hạ áp:

$$\lambda_{\text{HA}} = \left\{ \frac{P_0 - \Delta P_0}{P_0} - C \left[\left(\frac{P_{\text{lg}} + \Delta P_{\text{lg}}}{P_0} \right)^{\frac{1}{m}} - \frac{P_0 - \Delta P_0}{P_0} \right] \right\} \frac{T_0}{T_{\text{lg}}} = \lambda_r \cdot \lambda_w$$

5. Tính thể tích hút lý thuyết (thể tích quét của pittông):

$$V_{\text{thHA}} = V_{u\text{HA}}/\lambda$$

6. Tính số lượng máy nén cấp thấp áp:

$$Z_{\text{MIN HA}} = V_{\text{li}} / V_{\text{li MIN}}$$

7. Tính công nén đoạn nhiệt:

$$N_S = m_1 \cdot L_1$$

8. Tính hiệu suất chỉ thị:

$$\eta_i = \lambda_w + b \cdot t_0$$

9. Tính công suất chỉ thị:

$$N_i = N_S / \eta_i$$

10. Tính công suất ma sát:

$$N_{\text{ms}} = V_{\text{li}} \cdot P_{\text{ms}}$$

11. Tính công suất hữu ích:

$$N_C = N_i + N_{\text{ms}}$$

12. Tính công suất tiếp điện:

$$N_{\text{li HA}} = N_C / \eta_{\text{id}} \cdot \eta_{\text{li}}$$

Tuỳ theo số máy nén, tính được số động cơ và công suất động cơ:

3.2.3.2. Tính toán cấp cao áp (bình trung gian ống xoắn)

1. Tính lưu lượng hơi thực tế qua máy nén cấp cao áp:

$$\text{Do } i_5 = i_7 \text{ nên: } m_3 = m_1 \cdot \frac{i_2 - i_6}{i_3 - i_7}$$

Trường hợp có thiết bị bay hơi mắc thêm vào bình trung gian với lưu lượng m_{11} nào đó ta chỉ việc cộng thêm vào lưu lượng trên.

2. Tích thể tích hút thực tế:

$$V_{\text{li CA}} = m_3 \cdot V_3$$

3. Tính hệ số cấp của máy nén cao áp:

$$\eta = \eta_i \cdot \lambda_w \quad \text{trong đó} \quad \lambda_w = t_{\text{lg}} / t_k$$

$$\lambda_i = \frac{P_{\text{lg}} + \Delta P_{\text{lg}}}{P_{\text{lg}}} - C \left[\left(\frac{P_k + \Delta P_{\text{lg}}}{P_{\text{lg}}} \right)^{\frac{1}{m}} - \frac{P_{\text{lg}} + \Delta P_{\text{lg}}}{P_{\text{lg}}} \right]$$

4. Tính thể tích hút lý thuyết cao áp:

$$V_{HCA} = V_{HCA}/\eta$$

5. Tính số lượng máy nén cao áp:

$$Z_{MNC A} = V_{HCA}/V_{HMN}$$

6. Công nén đoạn nhiệt cao áp:

$$N_S = m_3 \cdot L_2$$

7. Tính hiệu suất chỉ thị:

$$\eta_i = \lambda_{W'} + b \cdot t_{tg}$$

8. Tính công suất chỉ thị:

$$N_i = L_i/\eta_i$$

9. Tính công suất ma sát:

$$N_{ms} = V_{H'} \cdot P_{ms}$$

10. Tính công suất hữu ích:

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

11. Tính công suất tiếp điện:

$$N_{elCA} = N_c/\eta_{ld} \cdot \eta_{cl}$$

3.3 TÍNH CHỌN THIẾT BỊ NGỪNG TỤ CHO HỆ THỐNG LẠNH

3.3.1. Phân loại các thiết bị ngưng tụ

Có nhiều loại thiết bị ngưng tụ làm việc theo các nguyên tắc khác nhau và có kết cấu khác nhau. Phần này chỉ giới thiệu những thiết bị ngưng tụ chính thông dụng.

- Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước gồm có các loại sau:
 - Thiết bị ngưng tụ ống chùm nằm ngang cho NH_3 và freon.
 - Thiết bị ngưng tụ ống chùm thẳng đứng cho NH_3 .
 - Thiết bị ngưng tụ kiểu ống lồng ống nằm ngang cho NH_3 và freon.
- Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước kết hợp với không khí
 - Giàn ngưng tưới.

- Thiết bị ngưng tụ làm mát bằng không khí

- Giàn ngưng cưỡng bức.
- Giàn ngưng tự nhiên.
- Giàn ngưng kiểu tấm.

Trong các hệ thống lạnh cỡ lớn và cỡ trung bình chỉ sử dụng kiểu làm mát bằng nước và kết hợp.

Tiêu chuẩn để tính và chọn thiết bị ngưng tụ là nhiệt tải ngưng tụ. Nhiệt tải này xác định dựa vào chu trình làm việc và môi chất.

Tuỳ điều kiện thực tế ở nơi sử dụng : nước làm mát một lần hay tuần hoàn, điều kiện nước, điều kiện môi trường mà chọn thiết bị ngưng tụ cho phù hợp. Nếu nước nhiều nhưng chất lượng không cao thì dùng thiết bị ngưng tụ ống chùm kiểu đứng. Nếu nước ít, chất lượng cao thì dùng thiết bị ngưng tụ ống chùm nằm ngang, tuần hoàn nước. Nếu nước ít, độ ẩm không khí thấp nên dùng giàn ngưng tưới. Các giàn ngưng không khí chỉ nên dùng cho các thiết bị lạnh loại nhỏ.

Một số thiết bị ống chùm và các đặc tính kỹ thuật được cho theo ở các bảng từ bảng 3.6 đến bảng 3.10.

Bảng 3.6. Máy nén piston MYCOM hai cấp nén, môi chất lạnh R₂₂

t ₀ , °C	Kí hiệu	Phương φ và S ₁ , mm	Số xylanh	Tốc độ vòng/ph	Thể tích quét m ³ /h	Q ₀ , 1000 0 nhiệt độ (°C), kcal/h						N, 0 nhiệt độ (°C), kW					
						-60	-55	50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5
30	F42A2	95φ × 761	4 + 2	1000	193,9	7,4	10,3	14,0	18,5	24,1	30,8	38,9	9,5	12,3	13,9	15,5	17,1
	F62A2		6 + 2	1200	232,7	8,9	12,4	16,8	22,2	28,9	37,0	46,7	11,4	14,8	16,7	18,6	20,5
				1000	258,6	10,1	13,9	18,7	24,6	31,8	40,5	50,8	12,4	16,2	18,2	20,3	22,2
				1200	310,3	12,1	16,7	22,4	29,5	38,2	48,6	60,9	14,9	19,4	21,9	24,3	26,6
	F42B2	130φ × 1001	4 + 2	900	430,1	16,4	22,8	31,0	41,1	53,4	68,4	86,2	21,0	27,3	30,8	34,4	37,9
	F62B2		6 + 2	1000	477,8	18,2	25,4	34,4	45,6	59,4	76,0	95,8	23,4	30,7	34,2	38,2	42,1
35	F42A2	95φ × 761	4 + 2	1000	193,9	7,1	10,0	13,6	18,0	23,5	30,1	38,0	10,0	13,0	14,7	16,4	18,1
	F62A2		6 + 2	1200	232,7	8,6	12,0	16,3	21,6	28,2	36,1	45,6	12,0	15,6	17,6	19,7	21,8
				1000	258,6	9,7	13,4	18,1	23,9	31,0	39,5	49,6	13,0	16,9	19,1	21,3	23,4
				1200	310,3	11,6	16,1	21,8	28,7	37,2	47,4	59,5	15,6	20,3	22,9	25,6	28,1
	F42B2	130φ × 1001	4 + 2	900	430,1	15,8	22,1	30,1	40,0	52,1	66,7	84,2	22,2	29,3	32,5	36,4	40,2
	F62B2		6 + 2	1000	477,8	17,6	24,6	33,4	44,4	57,9	74,1	93,5	24,7	32,0	36,1	40,4	44,7
40	F42A2	95φ × 761	4 + 2	1000	193,9	6,9	9,6	13,1	17,5	22,8	29,3	37,0	10,6	12,1	13,7	15,5	17,4
	F62A2		6 + 2	1200	232,7	8,2	11,6	15,8	21,0	27,4	35,2	44,4	12,7	14,5	16,5	18,6	20,8
				1000	258,6	9,3	13,0	17,6	23,2	30,2	38,5	48,3	13,6	15,6	17,7	20,0	22,4
				1200	310,3	11,2	15,6	21,1	27,9	36,2	46,1	58,0	16,3	18,7	21,3	24,0	26,9
	F42B2	130φ × 1001	4 + 2	900	430,1	15,2	21,4	29,1	38,8	50,7	65,0	82,1	23,6	26,8	30,4	34,4	38,5
	F62B2		6 + 2	1000	477,8	16,9	23,7	32,4	43,1	56,3	72,2	91,2	26,2	29,8	33,8	38,2	42,8
45	F42A2	95φ × 761	4 + 2	1000	193,9	6,6	9,3	12,8	17,2	22,5	29,0	36,7	10,4	12,0	13,6	15,4	17,2
	F62A2		6 + 2	1200	232,7	7,9	11,2	15,4	20,6	27,0	34,8	44,0	13,0	15,0	17,1	19,4	21,7
				1000	258,6	8,9	12,6	17,1	22,5	29,8	38,0	48,0	13,6	15,7	17,9	20,3	22,7
				1200	310,3	10,9	15,0	20,4	26,9	35,2	45,4	57,0	16,3	18,7	21,3	24,0	26,9
	F42B2	130φ × 1001	4 + 2	900	430,1	14,9	21,1	28,8	38,5	50,4	64,7	81,8	23,2	26,4	30,0	34,0	38,0
	F62B2		6 + 2	1000	477,8	16,6	23,2	31,0	41,6	53,6	68,9	86,2	25,8	29,2	33,0	37,2	41,6

Bảng 3.7. Máy nén piston MYCOM hai cấp nén, năng suất lạnh và công suất trên trục ở nhiệt độ ngưng tụ và nhiệt độ bay hơi khác nhau, môi chất lạnh NH₃

t ₁ , °C	Ký hiệu	Pítông φ và S, mm	Số xy lanh	Tốc độ vòng/ph	Thể tích quét m ³ /h	Q ₀ 1000 ở nhiệt độ (°C), kcal/h						N _i ở nhiệt độ (°C), kW					
						-60	-55	-50	-45	-40	-35	-60	-55	-50	-45	-40	-35
30	N42A	95φ × 761	4 + 2	1.000	193,9	5,4	7,7	10,8	14,7	19,7	25,9	33,5	8,1	9,2	10,4	11,8	14,9
	N62A		6 + 2	1.200	232,7	6,4	9,2	12,9	17,7	23,6	31,1	40,2	9,7	11,0	12,5	14,2	17,9
	N62A		6 + 2	1.000	258,6	7,4	10,8	14,6	19,8	26,3	34,4	44,3	10,8	11,9	13,6	15,5	19,8
	N124B		12 + 4	1.200	310,3	8,8	12,6	17,5	23,8	31,6	41,3	53,2	12,6	14,3	16,3	18,6	23,8
35	N42B	130φ × 1001	4 + 2	900	430,1	11,9	17,1	23,9	32,6	43,7	57,4	74,3	18,0	20,4	23,1	26,2	33,1
	N62B		6 + 2	1000	477,8	13,2	19,0	26,5	36,3	48,6	63,8	82,6	20,0	22,6	25,7	29,1	36,8
	N62B		6 + 2	900	573,4	16,3	23,3	32,3	43,9	58,4	76,4	98,3	23,2	26,5	30,2	34,4	44,0
	N124B		12 + 4	1000	637,1	18,1	25,9	35,9	48,8	64,9	84,9	109,2	25,8	29,4	33,6	38,2	48,8
40	N42A	95φ × 761	4 + 2	1.000	193,9	5,2	7,5	10,5	14,4	19,3	25,4	32,9	8,5	9,6	10,9	12,4	15,8
	N62A		6 + 2	1200	232,7	6,2	9,0	12,6	17,3	23,2	30,5	39,5	10,2	11,5	13,1	14,9	18,9
	N62A		6 + 2	1000	258,6	7,1	10,2	14,2	19,4	25,8	33,8	43,5	10,9	12,4	14,2	16,2	20,9
	N124B		12 + 4	1200	310,3	8,6	12,3	17,1	23,3	31,0	40,6	52,2	13,0	14,9	17,0	19,4	25,0
45	N42B	130φ × 1001	4 + 2	900	430,1	11,5	16,6	23,3	31,9	42,8	56,4	73,0	18,8	21,3	24,2	27,5	35,0
	N62B		6 + 2	1000	477,8	12,8	18,5	25,9	35,5	47,6	62,7	81,1	20,9	23,6	26,9	30,5	38,9
	N62B		6 + 2	900	573,4	15,8	22,7	31,6	43,0	57,3	75,0	96,5	24,1	27,5	31,4	35,9	46,3
	N124B		12 + 4	1000	637,1	17,6	25,2	35,1	47,8	63,6	83,3	107,3	26,8	30,5	34,9	39,9	51,4
50	N42A	95φ × 761	4 + 2	1.000	193,9	5,0	7,3	10,2	14,1	18,9	24,9	32,3	8,8	10,0	11,4	13,0	16,6
	N62A		6 + 2	1200	232,7	6,0	8,7	12,3	16,9	22,7	29,9	38,8	10,6	12,0	13,7	15,6	19,7
	N62A		6 + 2	1000	258,6	6,9	9,9	13,9	18,9	25,3	33,2	42,7	11,3	12,9	14,7	16,9	21,9
	N124B		12 + 4	1200	310,3	8,3	11,9	16,7	22,7	30,4	39,8	51,3	13,5	15,4	17,7	20,3	26,3
55	N42B	130φ × 1001	4 + 2	900	430,1	11,1	16,1	22,7	31,2	42,0	55,3	71,7	19,6	22,2	25,3	28,8	36,9
	N62B		6 + 2	1000	477,8	12,4	17,9	25,3	34,7	46,6	61,5	79,7	21,8	24,7	28,1	32,0	41,0
	N62B		6 + 2	900	573,4	15,3	22,0	30,8	42,0	56,1	73,5	94,8	25,3	28,5	32,7	37,4	48,5
	N124B		12 + 4	1000	637,1	17,0	24,5	34,2	46,7	62,3	81,7	105,3	27,7	31,7	36,3	41,6	53,9
60	N42A	95φ × 761	4 + 2	1.000	193,9	4,8	7,0	10,0	13,8	18,4	24,3	31,6	8,4	9,5	10,8	12,4	15,8
	N62A		6 + 2	1200	232,7	5,7	8,4	11,8	16,3	21,8	28,6	37,0	9,8	11,1	12,6	14,4	18,4
	N62A		6 + 2	1000	258,6	6,5	9,4	13,0	17,8	23,6	31,0	40,0	10,6	12,1	13,8	15,8	20,0
	N124B		12 + 4	1200	310,3	7,8	11,2	15,4	20,6	27,0	35,0	44,0	11,8	13,5	15,5	17,8	22,5

Bảng 3.8. Bình ngưng ống vỏ nằm ngang amoniac

Ký hiệu bình ngưng	Diện tích bề mặt m ²	Kích thước phủ bì, mm				Số lượng	Kích thước ống, mm			Thế tích + giữa các ống, mm	Khối lượng, kg
		Đường kính	Dài	Rộng	Cao		Hơi	Lỏng	Nước		
KTT-10	9	408	1880	535	760	99	50	10	11/4TP	0,16	555
KTT-20	20	500	2930	810	910	144	50	20	70	0,32	995
KTT-25	25	500	3430	810	910	144	50	20	70	0,39	1140
KTT-32	32	500	4430	810	910	144	50	20	70	0,52	1440
KTT-40	40	600	3520	910	1000	216	70	25	80	0,53	1550
KTT-50	50	600	4520	910	1000	216	70	25	80	0,7	1980
KTT-65	65	600	5520	910	1000	216	70	25	100	0,885	2430
KTT-90	90	800	4640	1110	1230	386	80	32	125	1,26	3300
KTT-110	110	800	5640	1110	1230	386	80	32	125	1,58	4000
KTT-140	140	1000	4750	1330	1670	614	100	40	200	2,0	5330
KTT-180	180	1000	5750	1330	1670	614	100	40	200	2,5	6450
KTT-250	250	1200	5845	1520	1940	870	125	50	250	3,5	9360
KTT-300	300	1200	6845	1520	1940	870	125	50	250	4,1	10920

Bảng 3.9. Bình ngưng ống chùm thẳng đứng amoniac

Ký hiệu bình ngưng	Diện tích bề mặt m ²	Kích thước phủ bì mm			Số ống	ống nối, mm		Thể tích không gian giữa các ống, m ³	Khối lượng, kg
		Đường kính	Rộng	Cao		Hơi	Lòng		
50 KB	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

Bảng 3.10. Bình ngưng ống chùm nằm ngang, freon
(ống cánh lán hoa bằng đồng $\phi 20 \times 3$ mm)

Bình ngưng	Diện tích bề mặt ngoài, m ²	Đường kính vỏ, mm	Chiều dài ống, m	Số ống ,	Tải nhiệt max, kW	Số lõi
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

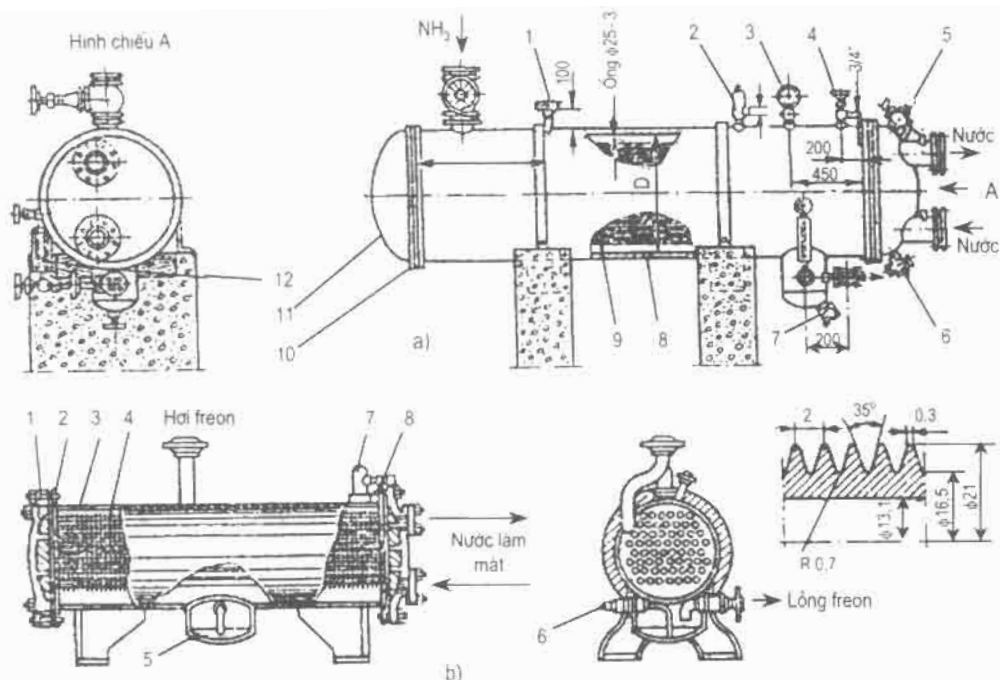
Bảng 3.11. Bình ngưng ống chùm nằm ngang freon**(ống cánh lân hoa đặc biệt, ưu tiên sử dụng trong thiết bị lạnh tàu thủy)**

Bình ngưng	Diện tích bề mặt ngoài, m ²	Đường kính vỏ, mm	Chiều dài ống, mm	Số ống	Ống nối, mm			Kích thước phủ bì, mm			Thể tích không gian giữa các ống, m ³
					Hơi	Lỏng	Nước	Dài	Rộng	Cao	
MKTHP-10	10	325	1500	60	25	20	50	1850	530	665	0.0885
MKTHP-16	16	325	1500	90	40	20	65	1850	530	665	0.0795
MKTHP-25	25	377	2000	110	40	32	65	2450	600	700	0.142
MKTHP-40	40	426	2000	174	50	40	100	2500	640	790	0.185
MKTHP-50	50	426	2500	174	50	40	125	3000	640	790	0.2325
MKTHP-63	63	426	2500	218	55	30	125	3000	535	790	0.2125
MKTHP-80	80	530	2000	358	65	50	150	2530	700	930	0.265
MKTHP-100	100	530	2500	358	80	65	150	3050	700	930	0.335
MKTHP-125	125	530	3000	358	80	65	200	3550	700	930	0.411
MKTHP-160	160	600	2500	530	100	80	200	3150	800	1020	0.430
MKTHP-200	200	600	3000	530	100	80	200	3650	800	1020	0.620
MKTHP-250	250	700	3000	730	125	100	250	3650	870	1155	0.850
MKTHP-315	315	700	3500	730	125	100	250	4150	870	1155	0.990

3.3.1.1. Bình ngưng ống chùm dùng cho NH₃

Bình ngưng ống chùm sử dụng cho môi chất NH₃ có hai loại nằm ngang và thẳng đứng.

Bình ngưng gồm vỏ hình trụ bên trong có bố trí một chùm ống, hai đầu trùm ống gắn vào hai mặt sàng, hai phía có hai nắp. Hơi NH₃ đi vào không gian giữa các ống và vỏ trao đổi nhiệt với nước và được ngưng tụ trên bề mặt ngoài các chùm ống, còn nước đi trong ống theo các nối đã bố trí sẵn. Chùm ống là những ống thép $\phi 25 \times 3$ mm trơn không có cánh vì hệ số toả nhiệt của môi chất NH₃ khi ngưng và của nước là gần bằng nhau.



Hình 3.6. Bình ngưng ống vỏ nằm ngang:

a) bình ngưng ống vỏ nằm ngang: 1- ống nối đường cân bằng hơi; 2- van an toàn; 3- áp kế; 4- ống nối xả khí không ngưng; 5- van xả khí phía nước; 6- van xả nước; 7- van xả dầu; 8- vỏ thép hình trụ; 9- ống trao đổi nhiệt $\phi 25 \times 3$; 10- mặt sàng; 11- nắp; 12- ống đo mức chất lỏng (ống thủy);

b) freon; c) profil cánh ống: 1- vỏ; 2- mặt sàng; 3- nắp; 4- ống trao đổi nhiệt có cánh; 5- bầu gom lỏng; 6- van xả; 7- van an toàn

Bình ngưng ống chùm nằm ngang là thiết bị ngưng tụ gọn nhẹ, chắc chắn, hệ số truyền nhiệt cao ($800 \div 1000 \text{ W/m}^2 \cdot \text{độ}$) ít tốn kim loại, ít tốn diện tích lắp đặt nên hay được dùng trong các hệ thống cỡ trung bình và cỡ lớn. Bình ngưng ống chùm thẳng đứng có cấu tạo gần giống bình nhưng ống chùm nằm ngang, nắp trên có hệ thống cấp nước xoáy theo bề mặt trong của chùm ống. Từ trên hệ số truyền nhiệt của ống chùm thẳng đứng thấp hơn một chút so với nằm ngang ($700 \div 900 \text{ W/m}^2 \cdot \text{độ}$).

3.3.1.2. Bình ngưng ống chùm cho freon

Bình ngưng ống chùm dùng cho freon khác với dùng cho NH₃ như sau:

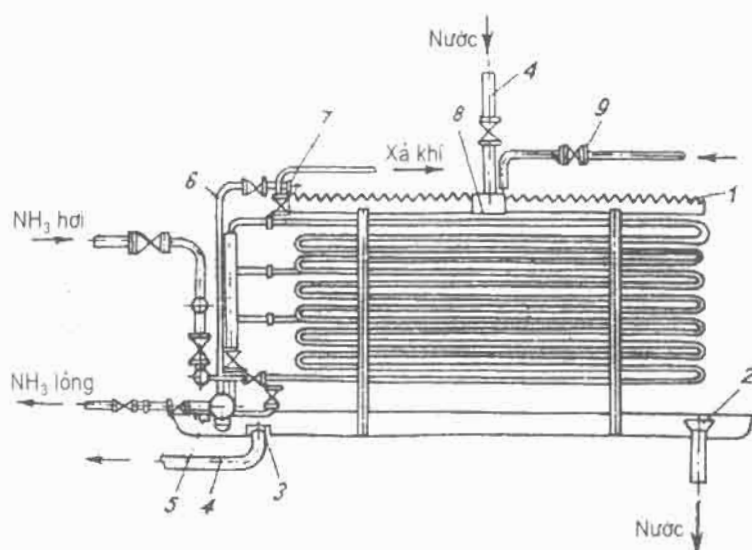
- Chùm ống có thể làm bằng thép hoặc bằng đồng.

- Phía freon (phía ngoài ống) có thể tạo gân vì hệ số cấp nhiệt bình ngưng ống chùm dùng cho freon có hệ số truyền nhiệt $460 \div 580 \text{ W/m}^2.\text{độ}$ và hệ số cánh là 3,5 (hình 3.6b).

Do dầu hoà tan vào freon nên loại bình ngưng này không có bầu gom và van xả dầu, dầu tuần cùng với môi chất. Phía dưới bình ngưng lồng do đó không cần bố trí thêm bình chứa cao áp.

3.3.1.3. Giàn ngưng tưới

Cấu tạo của giàn ngưng tưới như hình 3.7.



Hình 3.7. Giàn ngưng tưới:

1- máng răng cưa phân phối nước; 2- phễu chảy tràn; 3- miệng hồi nước; 4- ống hồi nước; 5- van xả dầu về bình chứa dầu; 6- đường cân bằng; 7- van xả khí không ngưng; 8- thùng phân phối nước; 9- vòi nước tưới bổ sung

Giàn bao gồm một giàn ống gấp khúc có nối với ống góp hơi, ống góp lỏng và xả dầu. Toàn bộ bề mặt ngoài của giàn ngưng được tưới nước bằng một hệ thống tưới nước tuần hoàn. Nước được bơm từ bộ phận hứng nước phía dưới đáy lên thùng phân phối (tưới) phía trên. Thùng phân phối nước cho các máng răng cưa và nước chảy tự do tưới đều cho các ống hơi NH_3 đi từ phía dưới lên phần lỏng ngưng tụ được đẩy vào ống góp lỏng phần hơi còn lại tiếp tục đi lên phía trên. Khí không ngưng được lấy ra qua van 7 ở vị trí cao nhất của giàn.

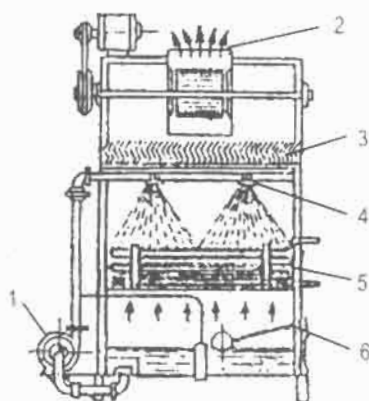
Các tổ giàn đặt song song với nhau mỗi tổ giàn thường có 14 ống và cứ 4 ống lại có đường nối với ống gộp lòng. Để làm mát nước có thể làm giàn phun phía trên để tăng cường trao đổi nhiệt và bay hơi giữa nước và không khí. Hệ số truyền nhiệt giàn ngưng tưới đạt $700 \div 900 \text{ W/m}^2 \cdot \text{độ}$. Ưu điểm của giàn ngưng tưới là: tỷ lệ tiêu hao nước tưới tương đối nhỏ để làm sạch bề mặt.

Nhược điểm là công kênh, không có khả năng quả lạnh lòng.

3.3.1.4. Giàn ngưng bay hơi nước (hỗn hợp nước và không khí)

Hình 3.8. Giàn ngưng bay hơi:

- 1- bơm nước tuần hoàn;
- 2- quạt gió;
- 3- thiết bị chắn nước;
- 4- vòi phun nước;
- 5- giàn ngưng ống trơn;
- 6- van phao duy trì mức nước trong bể



Giàn ngưng loại này sử dụng kết hợp nước và không khí để làm mát (hình 3.8). Nước được phun vào giàn còn không khí được chuyển động cưỡng bức bằng quạt gió (đặt phía trên).

Toàn bộ thiết bị có vỏ bao che trừ lối vào và ra cho không khí. Để tăng cường quá trình trao đổi nhiệt và trao đổi chất trong giàn ngưng bay hơi người ta có thể bố trí giữa các dãy ống xoắn (gấp khúc) là những thanh gỗ, lưới bằng chất dẻo hay bằng các vật liệu khác để tăng cường bề mặt trao đổi nhiệt và chất giữa nước và không khí để giảm tiêu tốn nước do các hạt nước nhỏ bị cuốn theo khí người ta bố trí thiết bị tách giọt là những tấm kim loại mỏng hình chữ S đặt song song nhau. Các hạt nước đập vào bề mặt các tấm này đọng lại và chảy xuống. Nhiệt tải riêng của giàn ngưng loại này rất lớn ($q_1 = 2300 \text{ W/m}^2 \cdot \text{độ}$) với giàn công suất 35 kW lưu lượng nước tuần hoàn là $30 \text{ m}^3/\text{h}$, tiêu tốn nước bay hơi khoảng $0,6 \text{ m}^3/\text{h}$.

Kích thước phủ bì của giàn là dài $\times$ rộng $\times$ cao = 4380 $\times$ 4560 $\times$ 5720 mm khối lượng 6970 kg.

3.3.1.5. Giàn ngưng bằng không khí

Đây là giàn ngưng làm mát bằng không khí đối lưu cưỡng bức (đối lưu tự nhiên chỉ dùng cho tủ lạnh gia đình. Giàn ngưng không khí có các ưu điểm sau: tiết kiệm nước, không làm ô nhiễm sông hồ và các nguồn nước khác, không cần tháp làm mát tuần hoàn. Nhược điểm là: gây tiếng ồn do quạt, phụ tải nhiệt bé (chỉ 140 ÷ 230 kW/m²) hệ số truyền nhiệt bé (chỉ 23 ÷ 35 kW/m²độ) hiệu số nhiệt độ lớn $\Delta t = 8 \div 15^\circ\text{C}$.

Một số thông số kỹ thuật của giàn ngưng được giới thiệu ở bảng 3.12.

Bảng 3.12. Giàn ngưng không khí đối lưu cưỡng bức

Kiểu	Số dây ống	Chiều dài ống	Số ống	Diện tích, m ²	Năng suất quạt, kW	Số quạt, cái
ABM (giàn ngưng không khí loại nhỏ)	4	1,5	94	105	7	1
	4	5	94	220	14	2
	6	1,5	141	160	6	1
	6	3	141	325	12	2
	8	1,5	188	210	5,5	1
	8	3	188	440	11	2
ABT (giàn ngưng không khí kiểu nằm ngang)	4	4	282	875	39 hoặc 75	1
	4	8	282	1770		2
	6	4	423	1320	33 hoặc 70	1
	6	8	423	2640		2
	8	4	564	1740	28 hoặc 67	1
	8	8	564	3500		2
Giàn không khí kiểu zig-zac	4	6	564	2650		1
	6	6	846	4000	180 ÷ 220	1
	8	6	1126	5300		1

3.3.2. Tính và chọn thiết bị ngưng tụ

Mục đích tính thiết bị ngưng tụ là xác định diện tích bề mặt cần thiết theo các dữ liệu tính toán như nhiệt tải Q_k , nhiệt độ nước vào và ra, không khí vào, không khí ra theo điều kiện khí hậu nơi lắp đặt hệ thống. Đồng thời xác định tiêu tổn nước hoặc không khí để chọn bơm quạt cho hệ thống.

Việc tính toán thiết bị ngưng tụ được tiến hành theo trình tự sau:

- Chọn kiểu, loại thiết bị ngưng tụ.
- Xác định bề mặt trao đổi nhiệt của thiết bị ngưng tụ theo phương trình truyền nhiệt:

$$Q_k = K.F.\Delta t_{tb}$$

trong đó Q_k - nhiệt tải của thiết bị ngưng tụ (tính cùng tính máy nén), kW;

K - hệ số truyền nhiệt, $\text{kJ/m}^2.\text{h}.\text{độ}$;

F - diện tích bề mặt trao đổi nhiệt, m^2 ;

Δt_{tb} - hiệu số nhiệt độ logarit trung bình, $^{\circ}\text{C}$.

3.3.2.1. Xác định hiệu số nhiệt độ log trung bình (Δt_{tb})

Hiệu số nhiệt độ logarit trung bình được xác định theo công thức:

$$\Delta t_{tb} = \frac{\Delta t_{\max} - \Delta t_{\min}}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta t_{\max}}{\Delta t_{\min}}}$$

trong đó $\Delta t_{\max}$ - hiệu số nhiệt độ lớn nhất (phía nước vào), $^{\circ}\text{C}$;

$\Delta t_{\min}$ - hiệu số nhiệt độ bé nhất (phía nước ra), $^{\circ}\text{C}$.

Trong thực tế quá trình ngưng tụ có thể chia làm ba giai đoạn :

- Làm nguội hơi từ t_2 đến nhiệt độ ngưng tụ t_k .
- Quá trình ngưng tụ ở $t_k = \text{const}$.
- Quá trình làm nguội lỏng từ t_k xuống $t_{\text{quá lạnh}}$.

Nhưng trong thực tế lượng nhiệt xảy ra chủ yếu từ quá trình ngưng tụ vì vậy khi tính toán có thể coi nhiệt độ trong thiết bị ngưng tụ không đổi là t_k .

Vậy
$$\Delta t_{\max} = t_k - t_{w1}$$

$$\Delta t_{\min} = t_k - t_{w2}$$

t_{w1} , t_{w2} - nhiệt độ nước vào và nước ra khỏi thiết bị ngưng tụ.

Khi sử dụng giàn ngưng bay hơi có thể coi nhiệt độ của nước không đổi và khi đó: $\Delta t_{tb} = t_k - t_w$.

3.3.2.2. Xác định nhiệt độ dòng nhiệt hay nhiệt tải riêng q_F

q_F có thể xác định theo công thức:

$$q_F = K \cdot \Delta t_{tb}$$

Từ đó bề mặt cần thiết của thiết bị truyền nhiệt có thể tính theo biểu thức:

$$F = Q_k / q_F$$

Đối với giàn ngưng sử dụng hỗn hợp nước không khí thường:

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

3.3.2.3. Xác định hệ số truyền nhiệt K

Hệ số truyền nhiệt K có thể tra bảng theo thực nghiệm.

Bảng 3.13. Giá trị thực nghiệm của hệ số truyền nhiệt K ($\text{W/m}^2 \cdot \text{độ}$)

Kiểu thiết bị ngưng tụ	K , $\text{W/m}^2 \cdot \text{độ}$	Q_F , W/m^2	N
Thiết bị ngưng tụ ống chùm			
- nằm ngang với NH_3	700 ÷ 1000	3500 ÷ 5200	5 ÷ 6
- thẳng đứng với NH_3	800	4200	5 ÷ 6
- nằm ngang với freon	700	3600	5 ÷ 6
Giàn ngưng tưới	700 ÷ 930	3500 ÷ 4650	5 ÷ 6
Giàn ngưng bay hơi (hỗn hợp không khí nước)	500 ÷ 700	1500 ÷ 2100	3
Giàn ngưng không khí	30	240 ÷ 300	8 ÷ 10

Có thể xác định K theo lý thuyết trong trường hợp trao đổi nhiệt giữa hai môi chất lỏng qua vách ống.

$$K = \frac{\pi}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\lambda_i} \ln \frac{d_{i+1}}{d_i} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot d_{n+1}}}$$

Mật độ dòng nhiệt $q_F = K \cdot \Delta t$, W/m^2 .

dòng nhiệt $Q_k = K \cdot F \cdot \Delta t$, W

trong đó d_1, d_{n+1} - đường kính trong và đường kính ngoài, m;

d_i - đường kính trong lớp thứ i ;

α_1, α_2 - hệ số cấp nhiệt của phía trong và phía ngoài ống, $W/m^2 \cdot \text{độ}$;

λ_i - hệ số dẫn nhiệt của lớp thứ i .

Vấn đề cơ bản ở đây là phải xác định α_1, α_2 để xác định hệ số truyền nhiệt K .

3.3.2.4. Xác định lượng nước làm mát cung cấp cho TBNT

Có thể xác định theo công thức:

$$V_n = \frac{Q_k}{C_k \cdot \rho \cdot \Delta t_w}$$

trong đó: Q_k - tải nhiệt của TBNT, kW;

C - nhiệt dung của nước $C = 4,19$ kJ/kg.độ;

ρ - khối lượng riêng của nước $\rho = 1000$ kg/m³;

Δt_w - độ tăng nhiệt độ của nước trong TBNT.

Ngoài lưu lượng cần phải tính trở lực để chọn bơm.

3.3.2.5. Tính lưu lượng không khí qua giàn ngưng tụ

Xác định như với nước nhưng C là nhiệt dung của không khí $C = 1$ kJ/kg.độ;

ρ là khối lượng riêng của không khí $\rho = 1,2 \div 1,15$ kg/m³ ở 20°C đến 30°C.

3.4. TÍNH VÀ CHỌN THIẾT BỊ BAY HƠI

3.4.1. Phân loại thiết bị bay hơi

Thiết bị bay hơi rất đa dạng, người ta có thể phân loại chúng theo các cơ sở sau:

a) Phân loại dựa theo trạng thái môi trường làm lạnh người ta chia ra:

- TBBH làm lạnh chất tải lạnh lỏng (nước, nước muối...)

- TBBH làm lạnh không khí. Riêng loại bốc hơi làm lạnh không khí còn chia ra giàn lạnh tĩnh và giàn lạnh quạt.

b) Phân loại dựa vào mức độ choán chỗ của môi chất lỏng trong thiết bị.

Trên cơ sở này người ta chia ra loại ngập và không ngập:

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

- Loại TBBH không ngập thì dung môi chất lỏng không bao phủ toàn bộ bề mặt trao đổi nhiệt, một phần bề mặt trao đổi nhiệt dùng để quá nhiệt hơi hút về máy nén (thường là loại cấp lỏng từ trên xuống)

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

Hệ thống lạnh sử dụng chất tải lạnh thường gọi là hệ thống làm lạnh gián tiếp. Hệ thống làm lạnh gián tiếp còn được chia ra loại kín và loại hở. TBBH ống chùm nằm ngang thuộc loại kín. Giàn bay hơi kiểu giàn ống hay giàn bay hơi kiểu tấm (panen) thuộc loại thiết bị loại hở.

Khi tính toán TBBH người ta dựa vào năng suất lạnh đã tính Q_0 và từ đó tính toán diện tích bề mặt trao đổi nhiệt theo công thức:

$$F = \frac{Q_0}{K \cdot \Delta t}$$

trong đó Q_0 - năng suất lạnh hay nhiệt tải của TBBH đã tính toán được:

K - hệ số truyền nhiệt phụ thuộc vào loại TBBH và điều kiện vận hành, nó có thể xác định bằng lý thuyết hay thực nghiệm, $W/m^2 \cdot ^\circ C$;

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

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

hoặc tốt nhất xác định theo hệ số nhiệt độ logarit trung bình:

$$\Delta t = \Delta t_{tb} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{2,3 \lg \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}}$$

trong đó $\Delta t_{max} = t_{n1} - t_0$; $\Delta t_{min} = t_{n2} - t_0$, $^\circ C$;

t_{n1}, t_{n2} - nhiệt độ nước vào và ra khỏi TBBH, $^\circ C$;

t_0 - nhiệt độ bay hơi của môi chất lỏng, $^\circ C$.

Hệ số truyền nhiệt K có thể tra theo bảng sau:

Bảng 3.14. Hệ số truyền nhiệt K đối với một số TBBH làm lạnh nước muối

Dạng TBBH làm lạnh nước muối	K , $W/m^2 \cdot ^\circ C$	Ghi chú
TBBH ống chùm dùng cho NH_3	$460 \div 580$	Với $\Delta t = 5^\circ C$
TBBH ống chùm cho freon R_{12}	$230 \div 350$	K tính theo bề mặt có cánh
TBBH ống chùm dùng cho freon R_{22}	$350 \div 400$	
TBBH ống xoắn	$290 \div 1000$	K tính theo bề mặt nhẵn trong ống
Giàn bay hơi kiểu Panen	$460 \div 580$	Với $\Delta t = 5^\circ C$

Sau khi có Δt và K , ta tính được diện tích bề mặt bay hơi làm lạnh bằng nước muối từ đó ta tra và chọn giàn lạnh theo yêu cầu theo các bảng 3.15, 3.16, 3.17.

Bảng 3.15. Thiết bị bay hơi kiểu tấm (panen)

Thiết bị bay hơi	Diện tích bề mặt, m^2	Số lượng tổ giàn	Kích thước phủ bì, mm			Sức chứa amoniac, m^3
			Dài	Rộng	Cao	
30 ИП	30	6×5	3470	575	1050	0,169
40 ИП	40	8×5	3470	735	1050	0,223
60 ИП	60	12×5	3670	1060	1050	0,332
90 ИП	90	18×5	3670	1045	1050	0,497
120 ИП	120	12×10	6100	1115	1200	0,501
180 ИП	180	18×10	6100	1625	1200	0,744
240 ИП	240	24×10	6100	2135	1200	1,008
	320	32×10	6100	2815	1200	1,34

Bảng 3.16. Bình bay hơi ống vỏ nằm ngang amoniac và freon

Thiết bị bay hơi	Diện tích bề mặt, m ²	Đường kính, mm	Kích thước phủ bì, mm			Số lượng ống	Thể tích không gian giữa các ống, m ³
			Dài	Rộng	Cao		
ИКТ-40	40,7	600 × 8	3580	1075	1590	216	0,52
ИКТ-50	54	600 × 8	4580	1075	1590	216	0,7
ИКТ-65	67,8	600 × 8	5580	1075	1590	216	0,885
ИКТ-90	96,8	800 × 8	4670	1310	1950	386	1,14
ИКТ-110	121	800 × 8	5670	1310	1950	386	1,58
ИКТ-140	154	1000 × 10	4800	1493	2270	616	2,1
ИКТ-180	193	1000 × 10	5800	1493	2270	616	2,64
ИКТ-250	273	1200 × 10	5920	1788	2670	870	3,8
ИКТ-300	327	1200 × 10	6920	1788	2670	870	4,5

Ghi chú: Số lỗi của ИКТ-250 và ИКТ-300 là 4; còn lại số lỗi là 8.

Bảng 3.17. Bình bay hơi ống vỏ freon sôi trong ống

Thiết bị bay hơi	Diện tích bề mặt, m ²	Đường kính, mm	Chiều dài, mm	Số lượng ống	Số lỗi	Sức chứa, m ³
ИТВР- 5	5	273	1500	64	26	0,0054
ИТВР-6,3	6,3	273	2000	64	28	0,0072
ИТВР-8	8	325	1500	98	20	0,0087
ИТВР-10	10	325	2000	98	22	0,0110
ИТВР-12,5	12,5	325	2500	98	20	0,0146
ИТВР-16	16	325	3000	98	22	0,0175
ИТВР-20	20	426	2000	184	14	0,0216
ИТВР-25	25	426	2500	184	14	0,0270
ИТВР-31,5	31,5	426	3000	184	14	0,0324
ИТВР-40	40	530	2500	282	12	0,0412
ИТВР-50	50	530	3000	282	10	0,0495
ИТВР-63	63	600	25000	416	10	0,061
ИТВР-80	80	600	3000	416	8	0,072
ИТВР-100	100	700	3000	568	6	0,100
ИТВР-125	125	700	3500	568	6	0,117
ИТВР-160	160	800	3500	750	6	0,154
ИТВР-200	200	800	4000	750	6	0,176

Ghi chú: Loại ИТВР-5 đến ИТВР-16 có một mặt sàng, ống hình chữ U, các loại còn lại có hai mặt sàng.

Lưu lượng chất tải lạnh lỏng (nước muối) có thể xác định theo biểu thức:

$$V_n = \frac{Q_0}{C_n \cdot \rho_n \cdot \Delta t_n} \quad , \quad \text{m}^3/\text{s}$$

trong đó C_n và ρ_n - nhiệt dung riêng và khối lượng riêng của nước muối;

Δt_n - hiệu nhiệt độ nước muối vào và ra khỏi thiết bị bốc hơi:

$$\Delta t_n = t_{n1} - t_{n2}$$

Và có thể chọn Δt_n theo điều kiện làm việc như sau:

- Đối với các TBBH lấy $\Delta t_n = 2 \div 3^\circ\text{C}$
- Đối với các TBBH làm lạnh buồng $\Delta t_n = 2 \div 3^\circ\text{C}$
- Đối với các thiết bị công nghệ $\Delta t_n = 4 \div 6^\circ\text{C}$
- Đối với các thiết bị làm lạnh đông kiểu màng $\Delta t_n = 1^\circ\text{C}$

Sau khi xác định V_n , t_n có thể chọn bơm và chiều cao cột nước cần thiết của bơm.

Đối với hệ thống làm lạnh muối dùng cho thương nghiệp và đời sống người ta phải xác định thời gian làm việc và khối lượng nước muối tuần hoàn.

3.4.3. Tính và chọn giàn lạnh không khí tĩnh

Giàn lạnh không khí thường chia làm hai loại: trực tiếp và gián tiếp.

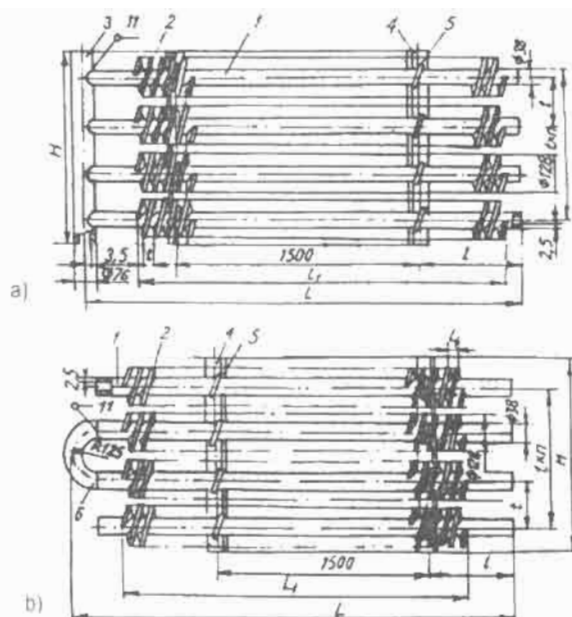
Giàn lạnh không khí trực tiếp là môi chất lỏng bay hơi trong ống thu nhiệt để làm lạnh không khí ngoài ống. Giàn lạnh không khí gián tiếp là nước muối lạnh đi trong ống để làm lạnh không khí ngoài ống.

Giàn lạnh không khí tĩnh thuộc loại treo trần hoặc treo tường của phòng bảo quản lạnh hoặc lạnh đông các sản phẩm không bao gói (giàn có thể có cánh hoặc không có cánh) để giảm tổn hao khối lượng sản phẩm.

Giàn lạnh ống trơn thường dùng ống $\phi 57 \times 3,5$ mm

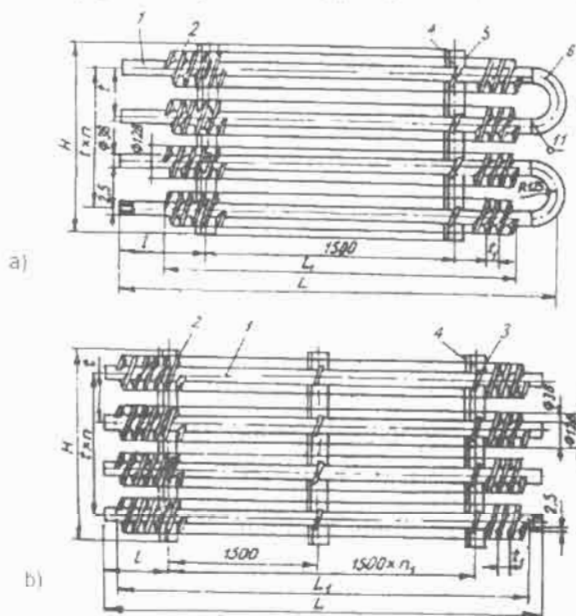
Giàn ống có cánh tản nhiệt thường được chế tạo từ ống $\phi 38 \times 2,5$ mm. Cánh tản nhiệt dạng chun xoắn chế tạo từ lá thép dày $0,8 \div 1$ mm, chiều rộng lá thép là 45 mm bước cánh 20 mm cho các buồng bảo quản các sản phẩm không đóng gói và 30 mm cho buồng bảo quản các sản phẩm không đóng gói. Giàn treo tường có $K = 3 \div 4,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{độ}$, còn giàn treo trần có $K = 4 \div 5,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{độ}$ theo diện tích bề mặt có cánh.

Kết cấu các tổ giàn được cho ở các hình 3.9, 3.10.



Hình 3.9: a) giàn ống một ống gộp CK; b) giàn ống xoắn đầu C3T;

- 1- ống thép; 2- lá thép làm cánh tản nhiệt; 3- ống gộp;
4- thép góc làm giá đỡ; 5- nẹp ống. 6- đoạn cắt ống



Hình 3.10: a) giàn ống xoắn đuôi; b) giàn ống trung gian
(chú thích như hình 3.9)

Để có các giàn lạnh theo ý muốn phù hợp với kết cấu buồng với chiều dài và bề mặt trao đổi nhiệt lớn, các giàn trên được nối ghép với nhau thành tổ giàn.

Bề mặt trao đổi nhiệt được tính theo biểu thức:

$$F = \frac{Q_{\text{тн}}}{K \cdot \Delta t}$$

trong đó $Q_{\text{тн}}$ - tải nhiệt thiết bị đã tính cho từng phòng (ở phần trên);

K - hệ số truyền nhiệt của giàn lạnh $\text{W/m}^2 \cdot \text{độ}$;

Δt - hiệu nhiệt độ giữa không khí trong phòng lạnh và môi chất lạnh sôi trong ống hoặc hiệu nhiệt độ trung bình giữa không khí trong buồng lạnh và nước muối trong giàn lạnh.

Khi tính thiết kế hệ số truyền nhiệt k của giàn lạnh có thể tra theo bảng 3.18.

Bảng 3.18. Hệ số truyền nhiệt k của giàn ống lạnh phụ thuộc nhiệt độ buồng và loại ống

Loại giàn	$K, \text{W/m}^2 \cdot \text{độ}$, ở nhiệt độ buồng lạnh	
	0°C	-20°C
Giàn ống tròn treo trần	9,8	7
Giàn ống tròn treo tường	$9,8 \div 14$	$7 \div 9,9$
Giàn ống tròn treo trần 1 hàng	$5,9 \div 5,1$	$4,7 \div 4,2$
Giàn ống tròn treo trần 2 hàng	$5,6 \div 4,8$	$4,4 \div 4$
Giàn treo tường 4 ống theo chiều cao	$4,7 \div 4,1$	$3,6 \div 3,3$
Giàn treo tường 8 ống theo chiều cao	$4,3 \div 3,7$	$3,4 \div 3,0$

Trong đó giàn ống có bước cánh 30 mm lấy giá trị lớn hơn và giàn ống có bước cánh 20 mm lấy giá trị nhỏ hơn. Khi tính giàn cho buồng lạnh thường chọn và bố trí giàn treo trần nhưng phải đảm bảo khoảng cách từ giàn đến mép tường ít nhất là 1 m. Nếu tính giàn treo trần chưa đủ thì tính cho giàn treo tường đến đủ thì thôi. Sau khi tính được F có thể tra giàn theo bảng 3.19.

Bảng 3.19. Thông số kỹ thuật một số giàn quạt amoniac

Giàn quạt	Diện tích bề mặt m^2	Tai nhiệt khí $\Delta t = 10, kW$	Bước cánh	Quạt					Công suất sưởi điện KW	Sức chứa NH_3
				Số lượng	Đường kính, mm	Vòng quay, vg/ph	Công suất, kW	Lưu lượng, m^3/s		
BOF-50	50	6000	13,4	2	400	16,7/25	0,4/0,6	0,67/0,95	8,68	22
BOF-75	75	9000	8,6	2	400	16,7/25	0,4/0,6	0,67/0,95	8,68	22
BOF-100	100	1200	17,5	2	600	16,7/25	1,1/1,5	1,38/2,07	12	30
BOF-150	150	1800	11,3	2	600	16,7/25	1,1/1,5	1,38/2,07	12	30
BOF-100	100	12000	17,5	2	600	16,7/25	1,1/1,5	1,82/2,72	12	30
BOF-230	230	27000	17,5	1	800	25	4,0	4,7	12	60
			13,5							

3.4.4. Tính và chọn giàn lạnh không khí có quạt gió

Giàn lạnh quạt là giàn lạnh không khí có đối lưu cưỡng bức bằng quạt gió. Đây là loại giàn lạnh được dùng phổ biến rộng rãi trong các hệ thống lạnh. So với giàn lạnh tĩnh giàn lạnh quạt gió có các ưu điểm sau:

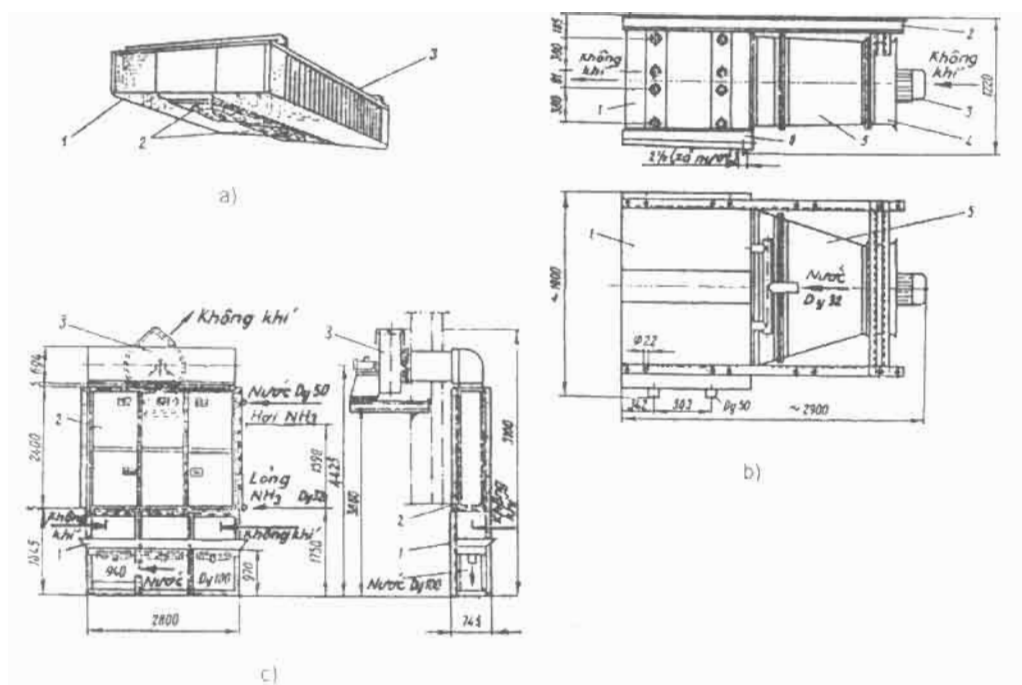
- Có thể bố trí ở trong buồng hoặc ngoài buồng lạnh.
- Chiếm ít thể tích phòng.
- Nhiệt độ đồng đều, hệ số trao đổi nhiệt lớn.
- Ít tổn nguyên vật liệu.

Nhưng chúng cũng có nhược điểm là: ồn, tổn lạnh và điện cho động cơ quạt gió.

Sơ đồ cấu tạo và nguyên lý làm việc của một số loại giàn quạt như trong hình 3.11.

Trong tất cả các thiết bị làm lạnh không khí kiểu giàn quạt thường sử dụng loại ống thép $\phi 25 \times 2,5$ mm hoặc $\phi 25 \times 2$ mm. Cánh làm bằng lá thép dày 0,8 mm, rộng 30 mm xoắn, bước cánh 13,3 mm. Giàn quạt dùng cho môi chất freon thường dùng ống đồng $\phi 10 \div 18$ mm, chiều dày ống 0,5 ÷ 1,5 mm cánh nhôm dày 0,3 mm.

Việc phá băng cho các giàn lạnh với buồng có nhiệt độ lớn hơn $2^\circ C$ thì dùng không khí trực tiếp của buồng để phá, còn với nhiệt độ không khí buồng thấp hơn thì dùng hơi tác nhân nước nóng hoặc dây điện trở.



Hình 3.11. Ba loại giàn quạt:

- a) treo trần, không khí vào phía dưới và thổi ra hai bên; 1- cửa gió; 2- quạt; 3- giàn lạnh;
 b) treo trần không khí vào và ra theo phương nằm ngang; 1- cửa gió; 2- giá treo; 3- động cơ; 4- thân quạt; 5- hộp gió;
 c) đặt trên bể không khí vào phía dưới ra phía trên; quạt ly tâm, giàn đặt thẳng đứng; 1- khay hứng nước; 2- giàn lạnh; 3- quạt ly tâm

Diện tích bề mặt của giàn quạt cũng được xác định theo công thức:

$$F = \frac{Q_{\text{ttr}}}{K \cdot \Delta t}$$

Hệ số truyền nhiệt K của giàn quạt ống cánh phụ thuộc vào nhiệt độ sôi của môi chất hoặc nước, nước muối như sau:

$t, ^\circ\text{C}$	-40	-20	-15	0 và lớn hơn
$K, \text{W/m}^2 \cdot \text{độ}$	11,6	12,8	14,0	17,5

Đối với giàn ống trơn dùng NH₃ có quạt gió $K = 35 \div 43 \text{ W/m}^2 \cdot \text{độ}$. Đối với giàn quạt freon sôi là $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ thì $K = 12 \text{ W/m}^2 \cdot \text{độ}$. Hiệu nhiệt độ càng lớn thì K càng lớn và ngược lại. Khi tính được F ta có thể chọn giàn quạt theo bảng 3.19 và bảng 3.20.

Bảng 3.20. Giàn quạt freon nhỏ

Giàn quạt	Diện tích, m ²	Tải nhiệt khí $\Delta t = 10$, kW	Số lượng quạt	Công suất quạt, W	Kích thước phù bì, mm		
					Dài	Rộng	Cao
2BO7	6,5	815	1	50	555	445	465
2BO9	9,6	1160	1	50	530	445	465
2BO14	13,6	1630	2	100	555	765	465
2BO20	20	2320	2	100	630	765	465

Khi tính toán giàn quạt chú ý vận tốc không khí và hiệu số nhiệt độ của không khí và môi chất không được vượt quá giới hạn cho phép.

Lưu lượng không khí qua giàn lạnh được xác định theo công thức (tính kiểm tra lại thông số giàn):

$$V_k = \frac{Q_{0TB}}{\rho_{0TB}(i_1 - i_2)}$$

trong đó i_1 , i_2 - entanpi của không khí khi vào và ra khỏi giàn (được xác định theo đồ thị không khí ẩm).

- Nếu làm lạnh gián tiếp bằng nước muối khi tính lưu lượng nước muối thì lấy Δt giữa vào và ra là $2 \div 3^\circ\text{C}$.

- Khi tính toán và chọn các giàn lạnh quạt cho các buồng làm lạnh và làm lạnh đông để đảm bảo độ an toàn khi quá tải thường phải tăng diện tích bề mặt trao đổi nhiệt lên $20 \div 30\%$ so với giá trị tính toán.

3.5. TÍNH VÀ CHỌN CÁC THIẾT BỊ PHỤ CHO HỆ THỐNG LẠNH

Thiết bị phụ trong hệ thống lạnh rất nhiều và rất đa dạng, trong phần này chỉ giới thiệu việc tính và chọn các thiết bị phụ chính dùng trong hệ thống lạnh.

3.5.1. Tính và chọn bình chứa tác nhân lỏng

3.5.1.1. Bình chứa cao áp

Theo quy định về an toàn trong hệ thống lạnh thì bình chứa cao áp phải chứa được 30% thể tích của toàn bộ hệ thống giàn bay hơi trong hệ thống lạnh có bơm cấp môi chất lỏng từ trên và 60% thể tích giàn trong hệ thống lạnh cấp lỏng từ dưới lên. Khi vận hành mức chất lỏng ở bình cao áp chỉ được phép chiếm 50% thể tích bình.

Sức chứa của bình chứa cao áp có thể xác định theo công thức:

Đối với hệ thống cấp môi chất từ trên:

$$V_{CA} = \frac{0,3V_g}{0,5} \cdot 1,2 \approx 0,7 \cdot V_d, \text{ m}^3$$

Đối với hệ thống cấp môi chất từ dưới:

$$V_{CA} = \frac{0,6V_g}{0,5} \cdot 1,2 \approx 1,45 \cdot V_d, \text{ m}^3$$

trong đó V_d - thể tích hệ thống giàn bay hơi trong hệ thống;

1,2 - hệ số an toàn.

3.5.1.2. Bình chứa thu hồi

Bình chứa thu hồi dùng để chứa môi chất lỏng từ các giàn bay hơi xả về khi tiến hành tẩy tuyết phá băng bằng hơi nóng hoặc khi tiến hành sửa chữa. Bình chứa thu hồi hình trụ có thể đặt nằm ngang hay đứng thể tích của nó được xác định như sau:

$$V_T = \frac{V_{gt\max} + V_{gq\max}}{0,8} \cdot 1,2 \approx 1,5 \cdot (V_{gt\max} + V_{gq\max})$$

trong đó $V_{gt\max}$ - thể tích lớn nhất của một giàn lạnh tĩnh, m^3 ;

$V_{gq\max}$ - thể tích lớn nhất của một giàn quạt, m^3 ;

0,8 - mức chứa cho phép của bình chứa thu hồi;

1,2 - hệ số an toàn.

Sau khi tính xong thể tích ta có thể chọn bình chứa theo bảng 3.21 (do Liên Xô cũ chế tạo).

Bảng 3.21. Một số loại bình chứa

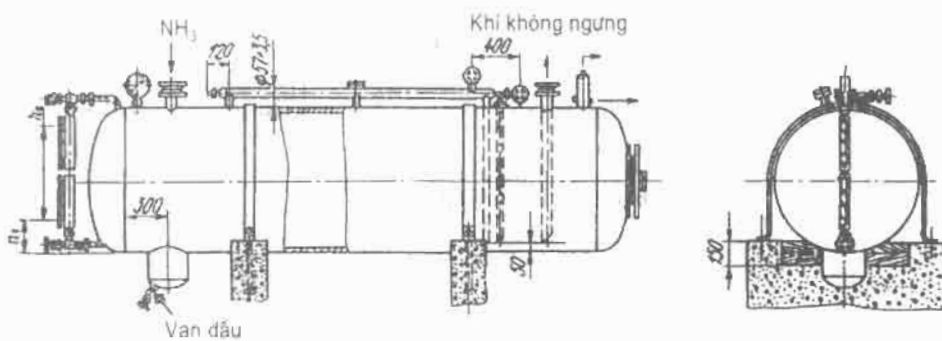
Loại bình	Kích thước, mm			Dung tích, m ³	Khối lượng, kg
	D.S	L	H		
Bình chứa cao áp nằm ngang					
0,4PB	426 × 10	3620	570	0,4	410
0,75PB	600 × 8	3190	500	0,75	430
1,5PB	800 × 8	3790	810	1,5	700
2,5PB	800 × 8	5790	810	2,5	1035
3,5PB	1000 × 10	4890	950	3,5	1455
5,0PB	1200 × 12	5480	950	5,0	2225
Bình chứa thu hồi nằm ngang					
0,75P _{NR}	600 × 8	3000	500	0,75	430
1,5P _{NR}	800 × 8	3600	810	1,5	700
2,5P _{NR}	800 × 8	5730	810	2,5	1030
3,5P _{NR}	1000 × 10	4825	950	3,5	1450
5,0P _{NR}	1200 × 12	5340	950	5,0	2220
Bình chứa thu hồi đứng					
1,5P _{NRB}	800 × 8	3880	1116	1,68	785
2,5P _{NRB}	1000 × 10	3990	1320	2,70	1285
3,5P _{NRB}	1200 × 12	3565	1524	3,41	1645
4,5P _{NRB}	1200 × 12	4560	1524	4,55	2000

Bình chứa cao áp cần phải có thiết bị báo hiệu mức lỏng tối đa 80% dung tích và mức lỏng tối thiểu 20% dung tích.

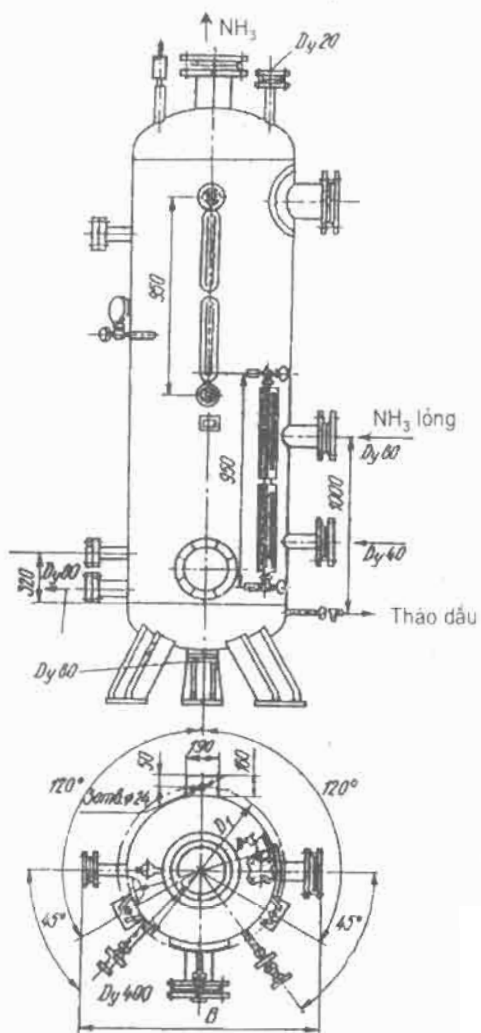
Áp suất cho phép 1,8 là MPa, nhiệt độ từ -15 đến +47^oC có bộ phận tách khí không ngưng.

Bình chứa thu hồi có áp suất tối đa cho phép 1,5 MPa nhiệt độ từ -50 đến +40^oC.

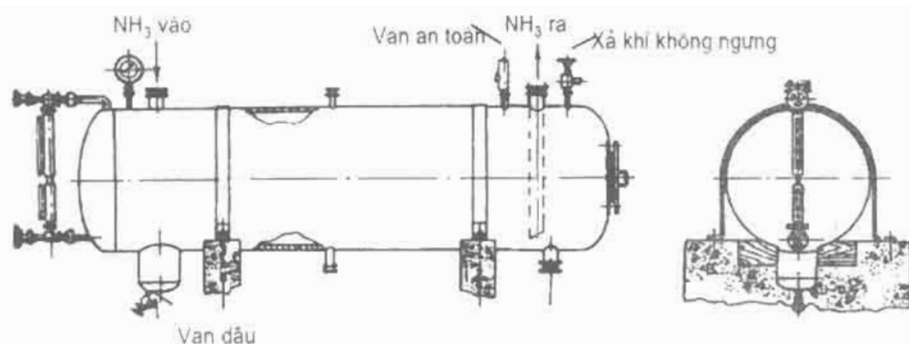
Trong hình 3.12, 3.13, 3.14 là một số dạng bình chứa do Liên Xô cũ chế tạo.



Hình 3.12. Bình chứa chất lỏng PB



Hình 2.13. Bình chứa chất lỏng đứng PDB



Hình 2.14. Bình chứa chất lỏng nằm ngang PĐB

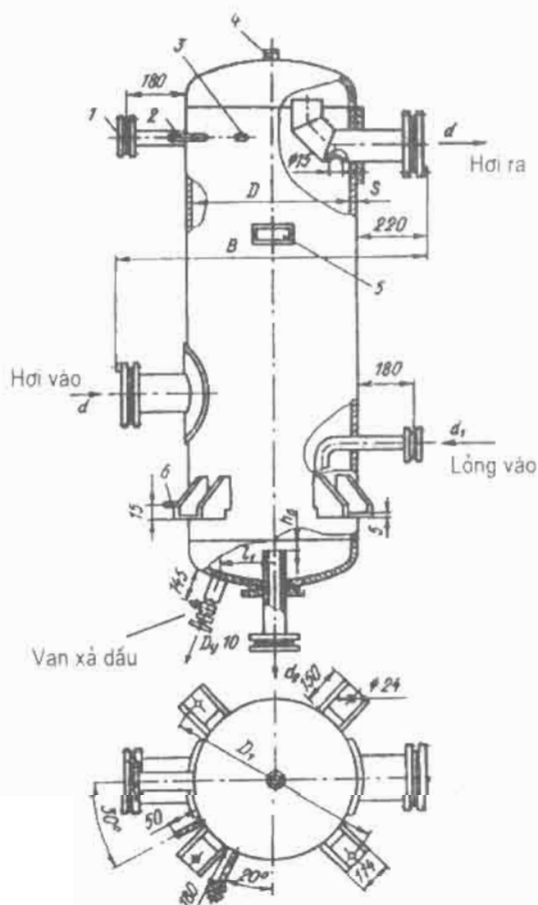
3.5.2. Tính và chọn bình tách lỏng

Bình tách lỏng bố trí trên đường hút máy nén để bảo vệ máy nén khỏi ẩm.

Bình tách lỏng to nhỏ tùy thuộc vào năng suất của máy, bình có kết cấu như hình 3.15 (theo chế tạo của Liên Xô cũ).

Bình tách lỏng được chọn đường kính ống nối vào đường hút của máy nén.

Một số thông số kỹ thuật của bình tách lỏng do Liên xô cũ chế tạo cho ở bảng 3.22.



Hình 2.15. Bình tách lỏng OЖ

Bảng 3.22. Thông số của một số bình tách lỏng

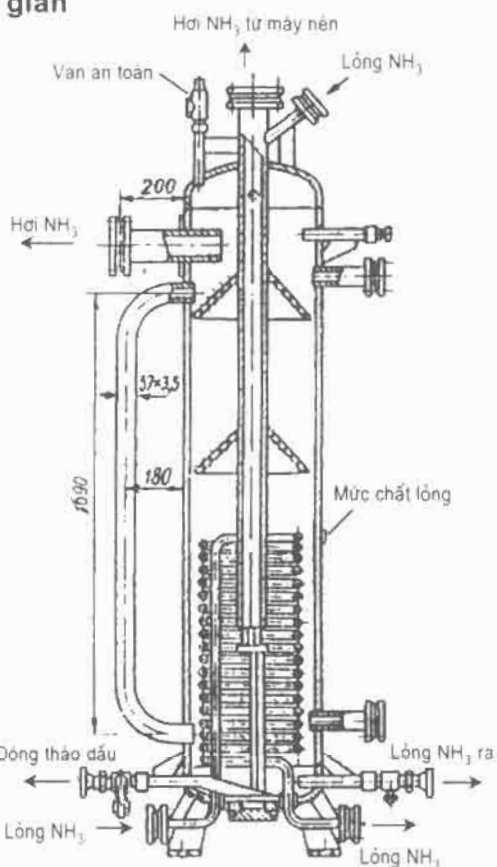
Dạng bình tách lỏng	Kích thước, mm				Khối lượng, kg
	Dài	Đường kính ống nối	Rộng	Cao	
70 - OЖ	426×10	70	890	1750	210
100 - OЖ	500×8	100	980	2060	244
125 - OЖ	600×8	125	1080	2100	313
150 - OЖ	800×8	150	1280	2710	543
200 - OЖ	1000×10	200	1430	2815	946
250 - OЖ	1000×10	250	1564	2870	926
300 - OЖ	1200×12	300	1772	2975	1370

3.5.3. Tính và chọn bình trung gian

Bình trung gian được sử dụng trong hệ thống máy lạnh hai cấp hay nhiều cấp. Bình trung gian dùng để làm mát hơi nén ở cấp áp thấp và để quá lạnh môi chất trước khi vào van tiết lưu bằng cách bay hơi một phần lỏng ở áp suất và nhiệt độ trung gian. Có hai loại bình trung gian: có ống xoắn và không có ống xoắn.

Bình trung gian được chọn theo đường kính ống hút vào máy nén cấp cao. Khi đó vận tốc hơi trong bình theo tiết diện ngang không quá 0.5 m/s, tốc độ lỏng trong ống xoắn từ 0.4 ÷ 0.7 m/s. Hệ số truyền nhiệt của ống xoắn là 580 ÷ 700 W/m².độ.

Hình 3.16 cho ta thấy dạng kết cấu bình trung gian do Liên Xô cũ chế tạo, loại bình này có các ống nối phù hợp cho môi chất vào ra có đường cân



Hình 3.16. Bình trung gian ПС

bằng áp suất cho phép 1,5 MPa, nhiệt độ từ -30°C đến $+40^{\circ}\text{C}$, nhiệt độ ống xoắn từ -30°C đến $+47^{\circ}\text{C}$.

Các thông số kỹ thuật của một số bình trung gian do Liên Xô cũ chế tạo được giới thiệu ở bảng 3.23.

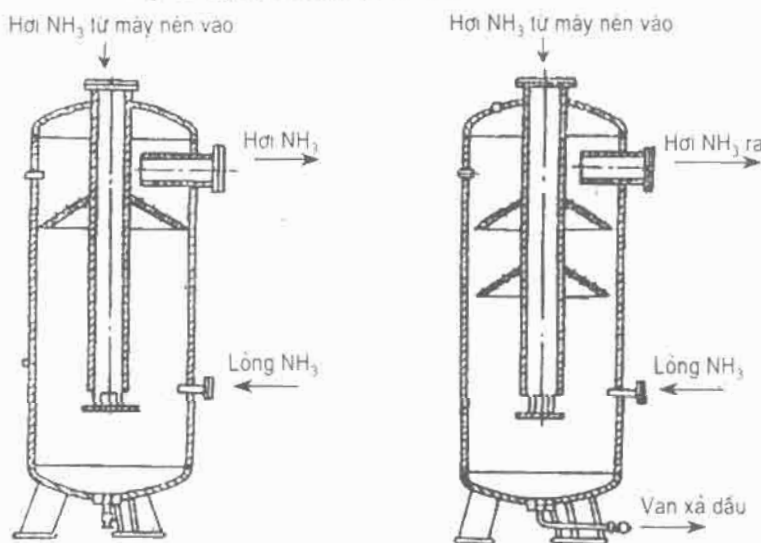
Bảng 3.23. Thông số kỹ thuật một số bình trung gian

Loại bình trung gian	Kích thước, mm			Diện tích bề mặt ống xoắn, m^2	Thể tích bình, m^3	Khối lượng, kg
	Dài	Rộng	Cao			
40ΠC ₁	426×10	70	2390	1,75	0,22	330
60ΠC ₁	600×8	150	2800	4,30	0,67	570
80ΠC ₁	800×8	150	2920	6,30	1,15	800
100ΠC ₁	1000×10	200	2940	8,60	1,85	1230
120ΠC ₁	1200×12	300	3640	10,00	3,30	1973

3.5.4. Tính và chọn bình tách dầu

Bình tách dầu được lắp đặt vào đường ống dẫn của máy nén NH_3 để tách dầu ra khỏi dòng hơi nén trước khi vào bình ngưng tụ. Hiện nay có nhiều bình tách dầu khác nhau, các bình tách dầu chế tạo tại Liên Xô cũ thường có dạng ký hiệu OMM và MO như: 50-OMM; 80-OMM; 100-OMM; 65-MO; 100-MO.

Các bình tách dầu này có cấu tạo như hình 3.17.



Hình 3.17. Bình tách dầu NH_3

Các số đầu của ký hiệu chỉ đường kính ống nối vào đường dây của máy nén.

Trong bảng 3.24 là một số loại bình tách dầu chế tạo tại Liên Xô cũ.

Bảng 3.23. Các đặc tính kỹ thuật của bình tách dầu OMM

Các đặc tính	50 - OMM	80 - OMM	100 - OMM	125 - OMM	150 - OMM	200 - OMM	300 - OMM
Đường kính, mm	273	325	426	500	600	700	1200
Dung tích, m ³	0,05	0,078	0,174	0,32	0,78	0,83	3,67
Chiều cao, mm	1535	1765	1850	2125	2650	2750	3980
Khối lượng, kg	87	125	223	275	359	2750	2060

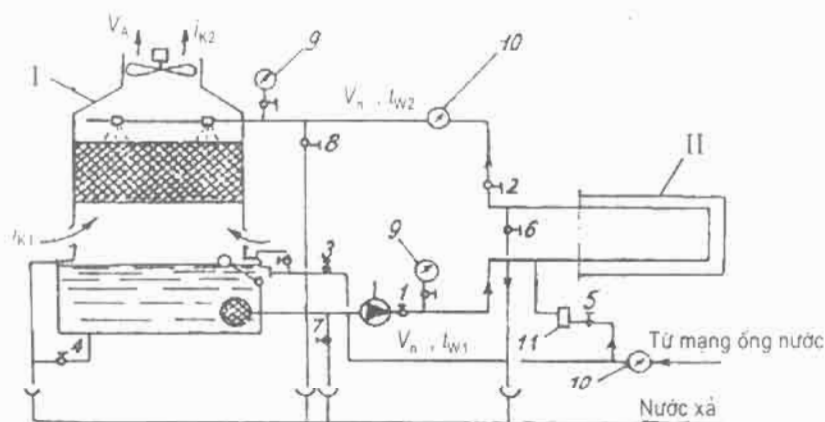
Các loại bình tách dầu dạng OMM này được làm mát bằng lỏng NH₃ (hơi nén được súc qua NH₃ lỏng).

Ngoài ra, loại MO là tách dầu đưa vào dòng xoáy xyclon.

3.5.5. Tính và chọn tháp giải nhiệt

Tháp giải nhiệt chủ yếu dùng để làm mát nước khi sử dụng tuần hoàn nước làm mát khi ngưng tụ. Đây là biện pháp hữu hiệu vừa tiết kiệm nước vừa đảm bảo sự hoạt động bình thường của hệ thống lạnh.

Sơ đồ hoạt động của hệ thống tháp giải nhiệt thể hiện ở hình 3.18.



Hình 3.18. Tháp giải nhiệt và hệ thống nước tuần hoàn:

I- tháp giải nhiệt; II- bình ngưng; III- bơm; 1,2,3,4,5,6,7,8- van chặn; 9- áp kế; 10- lưu lượng kế; 11- van điều chỉnh lưu lượng nước tự động theo áp suất ngưng tụ

Bảng 3.25. Hiệu suất tháp giải nhiệt

Phương pháp giải nhiệt	Tải nhiệt riêng q_F , kW/m ²	Trở lực riêng, 10 ⁻³ Nm ³ /m ² s	Hiệu suất η
Bồn nước phun Tháp giải nhiệt	2,5 - 6,5	0,2 - 0,3	0,35 - 0,40
- phun nước kiểu hồ	8,0 - 20	0,7 - 1,0	0,45 - 0,55
- phun giọt kiểu hồ	10 - 30	0,8 - 1,4	0,6 - 0,75
- có quạt gió	40 - 50	1,5 - 2,5	0,75 - 0,85

Khi mở van 1.2.3 và đóng van 5.6 nước từ bể đáy tháp I sẽ được bơm III bơm vào làm mát bình ngưng tụ II rồi quay lại tháp giải nhiệt ở đây nước được phun đều trên lớp đệm.

Khi qua bình ngưng nước thu nhiệt của chất lạnh và nóng lên từ t_{w1} đến t_{w2} . Trong tháp giải nhiệt nước được phun đều và chảy từ trên xuống, nước được trao đổi nhiệt và chất với không khí hút từ dưới lên (nhờ quạt gió lắp ở đỉnh tháp giải nhiệt). Do vậy nước sẽ được làm nguội. Trong tháp giải nhiệt diễn ra quá trình trao đổi nhiệt của nước với không khí và bay hơi nước vào không khí. Phương trình cân bằng nhiệt có thể viết dưới dạng sau:

$$Q_k = C \cdot \rho \cdot V \cdot (t_{w2} - t_{w1}) = V_k \cdot \rho_k \cdot (i_{k2} - i_{k1})$$

trong đó Q_k - nhiệt lượng thải ra ở bình ngưng tụ;

V, V_k - lưu lượng nước và không khí qua tháp giải nhiệt m³/s;

t_{w1}, t_{w2} - nhiệt độ nước vào và ra khỏi bình ngưng,

C - nhiệt dung riêng của nước kJ/kg.độ;

ρ - khối lượng riêng của không khí kg/m³;

ρ_k - Khối lượng riêng của không khí, kg/m³;

i_{k1}, i_{k2} - là entanpi của không khí vào và ra khỏi tháp kJ/kg.

Tổn thất nước cho tháp giải nhiệt không lớn chỉ bằng 3 ÷ 10% lượng nước tuần hoàn nước bổ sung từ đường ống nước thành phố vào qua van phao.

Sau khi qua tháp giải nhiệt nhiệt độ của nước giảm đi 3,5 ÷ 4,5°C

Nhiệt độ của nước ra khỏi tháp giải nhiệt phụ thuộc trạng thái không khí vào tháp và bề mặt trao đổi nhiệt giữa nước và không khí. Nếu diện tích bề mặt

trao đổi nhiệt vô cùng lớn thì t_{w1} là nhiệt độ nhiệt kế bầu ướt, nhưng trong thực tế bề mặt trao đổi nhiệt là hữu hạn nên thường lấy t_{w1} cao hơn nhiệt kế bầu ướt $3 \div 4^{\circ}\text{C}$.

Tỷ số giữa hiệu nhiệt độ thực tế và hiệu nhiệt độ lý tưởng gọi là hiệu suất tháp giải nhiệt:

$$\eta = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{t_{w2} - t_{tt}}$$

Từ công thức trên ta có thể xác định nhiệt độ nước vào và ra khỏi tháp giải nhiệt:

$$t_{w2} = t_{tt} \cdot \frac{\Delta t_w}{\eta}$$

và

$$t_{w1} = t_{w2} - \Delta t_w$$

trong đó $\Delta t_w = t_{w2} - t_{w1}$.

Tiết diện (mặt cắt) của tháp giải nhiệt có thể tính như sau:

$$F = \frac{Q_k}{q_T}$$

trong đó q_T có thể lấy theo bảng 3.26.

Bảng 3.26. Giới thiệu định hướng hiệu suất tháp giải nhiệt

Phương pháp giải nhiệt	Tải nhiệt riêng, kW/m ²	Trở lực riêng 10 ³ , Nm ³ /m ² s	Hiệu suất η
Bồn nước phun	2,5 ÷ 6,5	0,2 ÷ 0,3	0,35 ÷ 0,40
Tháp giải nhiệt			
Phun nước kiểu hồ	8 ÷ 20	0,7 ÷ 1,0	0,45 ÷ 0,55
Phun giọt kiểu hồ	10 ÷ 30	0,8 ÷ 1,4	0,60 ÷ 0,75
Có quạt gió	40 ÷ 50	1,5 ÷ 2,5	0,70 ÷ 0,85

Chương 4

CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ KỸ THUẬT LẠNH VÀ LẠNH ĐÔNG THỰC PHẨM

4.1. CƠ SỞ LÝ THUYẾT VỀ KỸ THUẬT LẠNH VÀ LẠNH ĐÔNG THỰC PHẨM

Hầu hết các thực phẩm bị hỏng là do các nguyên nhân chính sau:

- Thực phẩm bị hỏng do tác dụng của các enzym có sẵn trong thực phẩm.
- Thực phẩm bị hỏng do vi sinh vật xâm nhập từ ngoài vào.
- Thực phẩm bị hỏng do độc tố [độc tố có thể do vi sinh vật gây ra hoặc do quá trình oxy hoá (phân huỷ) các thành phần thực phẩm tạo ra].

Hầu hết các quá trình trên đều chịu ảnh hưởng của nhiệt độ, nhiệt độ càng thấp thì quá trình xảy ra càng chậm và ngược lại.

4.1.1. Tác dụng của nhiệt độ thấp đối với vi sinh vật

4.1.1.1. Phân loại vi sinh vật theo nhiệt độ

Vi sinh vật phá hỏng thực phẩm rất nhiều và đa dạng. Dựa theo nhiệt độ người ta có thể chia chúng thành ba nhóm sau:

- Vi sinh vật ưa nóng: nhiệt độ phát triển của loại này từ 30 đến 80°C nhưng nhiệt độ thích hợp nhất cho chúng là 50 đến 65°C.
- Vi sinh vật ưa ấm: nhiệt độ thích hợp cho chúng phát triển là 24 đến 40°C.
- Vi sinh vật ưa lạnh: nhiệt độ thích hợp là -10 đến 25°C.

Nhìn chung trong thực phẩm (rau quả và thịt cá, sữa...) đều có cả ba loại vi sinh vật trên. Trong lĩnh vực làm lạnh và bảo quản lạnh thì sự phát triển chủ yếu là vi sinh vật ưa lạnh.

4.1.1.2. Hoạt động của vi sinh vật ở nhiệt độ thấp

Dưới tác dụng của nhiệt độ thấp một số vi sinh vật bị hạn chế hoạt động hoặc chết bởi các nguyên nhân sau:

- Phần protein của vi sinh vật bị biến đổi hay bị phân huỷ do hệ thống keo sinh học (keo protein) cũng bị phá huỷ. Sự giảm nhiệt độ kéo theo sự giảm năng lượng bề mặt của nước, giảm các lực kết hợp với các hệ keo, sự giảm kéo dài đến mức nào đó thì nước bắt đầu tách khỏi vỏ hydrat làm cho protein cuộn tròn lại. Mặt khác sự giảm nhiệt độ làm cho lực đẩy giữa các phân tử giảm đi và đến mức nào đó thì bắt đầu đông tụ protein.

Sự đông tụ protein do nhiệt độ là thuận nghịch, không biến đổi hoàn toàn tính chất protein, do vậy sau thời gian làm lạnh và làm lạnh đông khi tiến hành làm ấm hoặc tan giá vi sinh vật lại tiếp tục phát triển.

- Sự phá huỷ cơ học ở tế bào vi sinh vật trong quá trình đóng băng tinh thể nước đá. Các tinh thể nước đá có góc cạnh nên nó có thể chèn ép làm rách màng tế bào của vi sinh vật.

- Sự chuyển nước thành đá: khi nhiệt độ sản phẩm đạt -18°C thì bên trong thực phẩm 80% nước đã đóng băng (đối với thịt cá), còn đối với rau quả ở -8°C đã đóng băng 72% và ở -15°C đóng băng 79% nước. Do đó môi trường hoạt động của các enzym và các vi sinh vật hầu như không còn vì thiếu nước tự do. Riêng nấm mốc có thể sống ở nơi khan nước nhưng lượng nước tối thiểu phải đạt 15%, chính vì vậy người ta mới quy định làm lạnh đông nhiệt độ tâm sản phẩm đạt -18°C .

- Sự thay đổi áp suất, pH, nồng độ chất tan và áp suất thẩm thấu. Do nước bị đóng băng và tách ra ở dạng nguyên chất (dung môi kết tinh trước) nên nồng độ của dịch bào tăng lên, áp suất thẩm thấu tăng lên và pH giảm do đó vi sinh vật rất khó phát triển.

- Nhìn chung nhóm vi sinh vật ưa nhiệt bị chết dễ dàng ở nhiệt độ thấp. Tuy nhiên có một số vi sinh vật ưa nóng (loại vi sinh vật ưa nóng điển hình) có thể chuyển sang dạng ưa lạnh. Do vậy người ta phải làm lạnh đông nhanh để chúng không kịp chuyển từ dạng này sang dạng khác.

- Nhóm vi sinh vật ưa ấm có nhiều loại như: *Salmonella*, trực khuẩn đường ruột *Staphylococcus*, *Botulinus*... Đặc biệt là *Staphylococcus* phát triển ở nhiệt độ 7°C có khả năng chịu được nhiệt độ thấp chúng thường gây ra ngộ độc sữa, phô mát, kem sữa...

- Nhóm vi sinh vật ưa lạnh thường gặp là:

* *Pseudomonas* làm cho thực phẩm có màu xanh hoặc màu sẫm tối.

* *Achromobacter*.

* Nấm mốc có nhiều loại phát triển được ở nhiệt độ thấp như *Penecillium*, *Mucor*... hoạt động được ở nhiệt độ -15°C . Nấm mốc phát triển chủ yếu ở sản phẩm có pH thấp như các loại quả, nước quả, sữa chua... còn ở thịt, cá chúng ít phát triển hơn. Nấm mốc thuộc loại vi sinh vật hiếu khí nên chủ yếu nó phát triển trên bề mặt thực phẩm, một số loài có thể ăn sâu vào nhưng vẫn đòi hỏi phải có không khí. Nấm mốc không chịu được nhiệt độ cao khó bị tiêu diệt ở nhiệt độ $74 - 80^{\circ}\text{C}$.

* Nấm men ưa lạnh: loại này phát triển được ở nhiệt độ -2 đến 3°C , môi trường thích hợp nhất của nó là sản phẩm chua. Nhìn chung có thể phát triển được ở trong tất cả các sản phẩm bảo quản lạnh.

Như vậy chúng ta thấy muốn diệt trừ vi sinh vật bằng lạnh là rất khó khăn đòi hỏi phải hạ nhiệt độ thật nhanh đột ngột và nhiệt độ rất thấp. Nhưng diệt một phần và hạn chế sự hoạt động, phát triển thì nhiệt độ thấp lại tác dụng rất lớn. Bắt đầu từ nhiệt độ -6 đến -8°C thì hệ thống men bị diệt phần lớn nhưng một số nấm mốc vẫn còn hoạt động. Đối với các loại độc tố thì nhiệt độ thấp không có tác dụng làm biến đổi. Để hạn chế sự biến đổi của thực phẩm ở nhiệt độ thấp người ta thường kết hợp bảo quản ở nhiệt độ thấp với bảo quản bằng hoá chất hoặc kết hợp với diệt trùng bằng tia tử ngoại, tia phóng xạ...

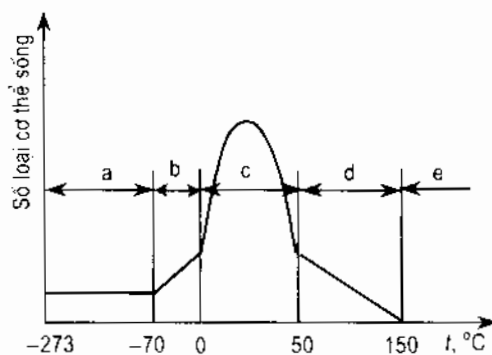
4.1.2. Tác dụng của nhiệt độ thấp đối với tế bào của cơ thể sống và thực phẩm

Ảnh hưởng của nhiệt độ thấp đối với tế bào cơ thể sống và thực phẩm là vấn đề phức tạp vì nó chịu nhiều ảnh hưởng của các yếu tố bên ngoài và bên trong của cơ thể sống và thực phẩm. Nhưng nhìn chung nhiệt độ thấp có ảnh hưởng cơ bản đến quá trình biến đổi sinh lý sinh hoá sau: hầu hết các chức năng sống của cơ thể (sự biến đổi sinh lý sinh hoá) đều có sự tham gia trực tiếp của nước và phụ thuộc vào hàm lượng của nó. Trong cơ thể sống các quá trình trao đổi chất như tiêu hoá, bài tiết, hô hấp đều chỉ thực hiện được khi có nước tham gia. Trong quá trình bảo quản và chế biến nước cũng đóng vai rất lớn vì nó là

môi trường truyền nhiệt, nó tham gia các quá trình hoạt động của các enzym và vi sinh vật, khi mất nước protein sẽ bị đông tụ...

Tác dụng của nhiệt độ thấp đối với cơ thể sống có tính chất quan trọng vì nó là một trong những yếu tố bên ngoài tác động lên trạng thái của nước và cũng từ đó tác động đến tổ hợp thành phần hoá học của sản phẩm hay cơ thể sống. Hình 4.1 biểu diễn sự ảnh hưởng của nhiệt độ đến các hoạt động của cơ thể sống (từ -273 đến $+150^{\circ}\text{C}$):

- Vùng a: là vùng hoạt động của cơ thể sống rất bị hạn chế.
- Vùng b, d: là vùng nhiệt độ cơ thể sống hoạt động yếu mà vẫn bị hạn chế
- Vùng c: là vùng thích hợp cho cơ thể sống hoạt động mạnh nhất
- Vùng e: là vùng cơ thể sống không thể tồn tại.



Hình 4.1. Sự phân bố sinh vật theo nhiệt độ

Trong lĩnh vực ảnh hưởng của nhiệt độ thấp ta xét chủ yếu ở vùng a và vùng b.

4.1.2.1. Vùng nhiệt độ rất thấp (vùng a)

Vùng này chỉ xuất hiện khi công nghiệp lạnh phát triển, người ta dùng lạnh thâm độ để chế biến các sản phẩm mau hỏng hay bảo quản giống và giữ gen.

Tuỳ theo điều kiện nhiệt độ bên ngoài và tuỳ theo tính chất môi trường lỏng mà sự đóng băng có thể tạo thành tinh thể hay đông đặc ở trạng thái thủy tinh. Trạng thái thủy tinh khác trạng thái tinh thể ở chỗ các phân tử của vật thể phân bố trong không gian không theo quy luật nào còn trong tinh thể chúng sắp xếp theo không gian chặt chẽ nhất định do đó dạng thủy tinh có tính chất đẳng hướng (tính đồng nhất theo tất cả các hướng) còn tinh thể thì bất đẳng hướng. Về tính đẳng hướng thì dạng thủy tinh thể giống như chất lỏng nhưng khác nhau về độ cứng, khả năng đàn hồi.

Nhiều thí nghiệm đã chứng minh rằng nhiều tế bào sống có thể tránh đông

băng mà chuyển thành trạng thái thủy tinh quá trình tạo thủy tinh càng hoàn thiện bao nhiêu thì tế bào tái sinh càng lớn bấy nhiêu (số lượng tế bào sống lại có thể đạt đến 90%).

4.1.2.2. Vùng nhiệt độ hạn chế hoạt động (vùng b)

Đây là vùng thích hợp trong bảo quản và chế biến lạnh các thực phẩm mau hỏng khi làm lạnh đông bên trong chất nguyên sinh tạo thành các tinh thể đá, các tinh thể đá đủ lớn có khả năng phá vỡ cấu trúc của tế bào. Ngoài ra sự tạo thành đá làm kìm hãm nhiều hoạt động sinh hoá (vì thiếu nước làm dung môi). Ngược lại khi làm lạnh đông và tan giá hoạt động của một số enzym lại tăng lên (như zimaza) vì chúng được giải phóng khỏi những tổ hợp với các phân tử khác trong dung dịch.

Như vậy khi làm lạnh đông và tan giá không tức thời sẽ gây phá vỡ cấu trúc tế bào, biến tính một số protein và biến đổi hoạt động sinh hóa của nó. Nhiệm vụ của kỹ thuật lạnh là làm sao bảo vệ đến mức tối đa tính chất tươi sống tự nhiên ban đầu của thực phẩm.

Cơ thể động vật sống được là nhờ sự tuần hoàn của chất lỏng, qua đó nó thực hiện quá trình trao đổi chất và thải nhiệt nên nó không thể sống được khi nhiệt độ thấp. Còn đối với thực vật thì khác, quá trình sống của nó ít thải nhiệt tế bào của nó được bảo vệ bởi lớp vỏ chắc bằng xenluloza, cấu trúc tế bào của nó cũng đơn giản hơn vì vậy khả năng chịu nhiệt độ thấp tốt hơn nhưng cũng không sống được ở nhiệt độ quá thấp.

Nhiệt độ đóng băng của tế bào cơ thể sống khác với nhiệt độ đóng băng của nước (vì nó có chất hoà tan) và nó không phải là hằng số, nó phụ thuộc vào tính chất của dung dịch.

Tác dụng của nhiệt độ thấp lên tế bào chủ yếu là do sự tạo thành đá. Sự tạo thành đá tác dụng lên lớp nguyên sinh chất (lớp cơ chất) làm thay đổi tính chất thẩm tích (khuếch tán và điện tích). Nếu lớp này bị hồng nước không hút trở lại được khi tan giá tế bào sẽ chết. Mặt khác trong quá trình tạo đá, nếu mầm tinh thể đá lớn sẽ phá vỡ màng tế bào do đó tế bào cũng bị chết. Sự chết của tế bào chỉ được phát hiện khi tan giá vì khi đó nước không hút được trở lại chất nguyên sinh mà chảy ra ngoài thể tích tế bào khi đó giảm đi (co lại) 5 – 9 lần. Để sự hút nước trở lại tế bào khi tan giá thì biện pháp tan giá hợp lý là rất quan trọng, nếu

không hút trở lại kịp vẫn xảy ra mất nước và teo nguyên sinh.

Teo nguyên sinh (xảy ra khi làm lạnh đông) không chỉ làm giảm hàm lượng nước mà còn làm tăng nồng độ các chất hoà tan trong dịch bào (chính các chất này ở nồng độ cao sẽ tác hại đến chất nguyên sinh làm biến tính nó), do vậy nhiệt độ thấp có tác dụng trực tiếp đến các tính chất sinh hoá của nguyên sinh chất, tuy nhiên sự biến tính do tác dụng của nhiệt độ thấp bao giờ cũng xảy ra chậm hơn so với tác dụng làm giảm nhiệt độ đóng băng của dịch bào. Các muối cũng có tác dụng tương tự như glucit.

Khi xét ảnh hưởng của nhiệt độ thấp đến tế bào ta phải chú ý đến trạng thái keo trong tế bào vì quá trình tan đá đầu tiên xảy ra với nước tự do, nếu nhiều nước ở dạng liên kết keo thì càng khó tạo đá.

Nhiệt độ dương nhưng thấp cũng có tác dụng hạn chế các quá trình biến đổi sinh lý, sinh hoá của cơ thể sống. Sự giảm nhiệt độ là làm giảm khả năng di động nhạy cảm của cơ thể sống (cả động vật và thực vật), điều này cần phải chú ý trong quá trình bảo quản rau quả xanh chưa chín vì nó hạn chế quá trình biến đổi chín tới của quả.

4.2 KỸ THUẬT LÀM LẠNH VÀ BẢO QUẢN LẠNH THỰC PHẨM

4.2.1. Kỹ thuật làm lạnh

4.2.1.1. Chế độ làm lạnh

Chế độ làm lạnh thích hợp là những quy định về sự liên quan chặt chẽ giữa các thông số của quá trình làm lạnh như nhiệt độ, độ ẩm, thời gian... để đảm bảo giữ được chất lượng của thực phẩm tốt nhất.

- Vận tốc làm lạnh là vận tốc nhiệt của sản phẩm ($^{\circ}\text{C}/\text{h}$) nó có ý nghĩa rất lớn trong việc bảo vệ các đặc tính ban đầu của sản phẩm. Nhìn chung người ta có xu hướng làm lạnh nhanh (tăng vận tốc làm lạnh), nhưng không được để xảy ra mạnh như bay hơi nước trên bề mặt sản phẩm bằng cách bao gói sản phẩm hay tăng độ ẩm tương đối của môi trường không khí. Ngoài ra khi làm tăng độ ẩm còn có tác dụng làm tăng khả năng dẫn nhiệt của không khí.

Chế độ làm lạnh được xem là một hàm số của nhiều biểu số nó phụ thuộc vào tính chất, trạng thái của sản phẩm điều kiện trang thiết bị và yêu cầu sử

đựng sản phẩm sau khi làm lạnh... nhìn chung để có thể tiến hành làm lạnh phải tiến hành làm lạnh trong phòng nhỏ và không làm lạnh lẫn lộn giữa các loại rau quả với nhau và hoặc giữa rau quả và thịt cá để tránh hiện tượng làm lạnh không đều và khó chọn chế độ phù hợp chung cho nhiều loại.

Nếu làm lạnh trong môi trường không khí thường người ta chọn chế độ làm lạnh như sau:

- Độ ẩm không khí phòng làm lạnh $\phi = 85 - 100\%$.
- Vận tốc chuyển động của không khí không có đối lưu cưỡng bức là $0.1 \div 0.2$ m/s, còn đối lưu cưỡng bức cho phép lớn hơn 0,5 m/s.
- Nhiệt độ của không khí: khi mới đưa sản phẩm vào sản phẩm còn “nóng” người ta giữ nhiệt độ không khí phòng làm lạnh thấp hơn nhiệt độ đóng băng của sản phẩm $1 \div 2^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ đóng băng của một số sản phẩm thực phẩm như sau: thịt $t_{db} = -1,2^{\circ}\text{C}$; cá $t_{db} = -0,6 \div -0,2^{\circ}\text{C}$. Rau quả $t_{db} = -0,8 \div -4,2^{\circ}\text{C}$. Khi sản phẩm đã được làm lạnh đến $3 \div 7^{\circ}\text{C}$ thì có thể nâng nhiệt độ không khí trong phòng lên $0 \div -1^{\circ}\text{C}$, để tránh hiện tượng đóng đá của sản phẩm. Khi làm lạnh rau quả phải chú ý thay đổi không khí phòng để rau quả hô hấp duy trì sự sống.

4.2.1.2. Các phương pháp làm lạnh thực phẩm

Một số phương pháp làm lạnh được dùng phổ biến hiện nay ở nước ta và trên thế giới là:

a) Làm lạnh thịt trong môi trường không khí

Thường thịt được làm lạnh ở dạng nửa con hay nguyên con, thịt được treo trên các giàn hoặc xe đẩy. Phòng làm lạnh phải được đảm bảo:

- Trước khi xếp thịt vào $t_{kk} = -2 \div -3^{\circ}\text{C}$; $\phi = 95 \div 98\%$.
- Trong quá trình làm lạnh $t_{kk} = -1 \div 0^{\circ}\text{C}$; $\phi = 90 \div 92\%$.
- Vận tốc không khí trong phòng $0.5 \div 2$ m/s.
- Quá trình làm lạnh kết thúc khi nhiệt độ tâm đùi con thịt (vì chỗ đùi là dày nhất) đạt 4°C , bề mặt thịt trở nên khô ráo (thường mất $18 \div 24$ h).

Tùy theo điều kiện trang bị kỹ thuật mỗi nước mà có thể áp dụng quá trình làm lạnh cho phù hợp:

- Ở Đức làm lạnh tĩnh ở nhiệt độ $t_{kk} = 0^{\circ}\text{C}$, $\phi = 85\%$, còn làm lạnh nhanh tiến hành trong tunen:

* Giai đoạn đầu 1,5 ÷ 2 h, $t_{kk} = -5^{\circ}\text{C}$, $v_{kk} = 3 \div 4 \text{ m/s}$ cho lợn và $t_{kk} = -1^{\circ}\text{C}$, $v_{kk} = 2 \div 6 \text{ m/s}$ cho bò.

* Giai đoạn 2: $t_{kk} = -1^{\circ}\text{C}$ cho lợn và $t_{kk} = -2^{\circ}\text{C}$ cho bò, với vận tốc không khí $v_{kk} = 2 \text{ m/s}$ và $\phi_{kk} = 95\%$. Thời gian làm lạnh như vậy mất 13 ÷ 14h cho lợn và 20 ÷ 24 h cho bò.

- Ở Đan Mạch làm lạnh tĩnh ở $t_{kk} = -1 \div 1^{\circ}\text{C}$, $\phi_{kk} = 80 \div 85\%$, làm lạnh tăng cường với thịt lợn nguyên con giai đoạn đầu $t_{kk} = -5 \div -7^{\circ}\text{C}$, $\phi_{kk} = 90 \div 95\%$. Sau 2 h $t_{kk} = -2^{\circ}\text{C}$ và $\phi_{kk} = 90\%$.

- Ở Pháp làm lạnh tăng cường ở 4 h đầu với thịt bò, thịt cừu $t_{kk} = -5^{\circ}\text{C}$, thịt lợn $t_{kk} = -7^{\circ}\text{C}$ và $\phi_{kk} = 90\%$. Sau đó $t_{kk} = -1,5 \div -2^{\circ}\text{C}$ và $\phi_{kk} = 80\%$.

b) Làm lạnh thịt trong môi trường ẩm

Môi trường ẩm tạo ra bằng cách phun nước muối lạnh thành tia để làm lạnh không khí, sau đó dùng không khí lạnh để làm lạnh sản phẩm, phương pháp này rút ngắn được thời gian làm lạnh tránh tổn hao khối lượng nhưng bề mặt sản phẩm ướt và bị thấm muối. Để hạn chế bề mặt bị ướt và thấm muối người ta bao gói sản phẩm bằng nilon, đem nhúng hay phun nước muối lạnh lên sản phẩm.

c) Làm lạnh thịt gia cầm (gà, vịt, chim)

Gia cầm khi còn sống thân nhiệt khoảng $42 \div 44^{\circ}\text{C}$, sau khi giết mổ thịt có nhiệt độ $30 \div 35^{\circ}\text{C}$ tùy thuộc vào môi trường.

Thịt gia cầm được làm lạnh xuống $3 \div 4^{\circ}\text{C}$, trong phòng có $t_{kk} = 0 \div 1^{\circ}\text{C}$, $\phi_{kk} = 80 - 85\%$, tuần hoàn không khí 20 lần thể tích/h, thời gian làm lạnh từ 12 ÷ 24 h tùy theo chất lượng và loại sản phẩm.

Để tăng cường quá trình làm lạnh, thịt gia cầm được làm lạnh trong tunen có $t_{kk} = -2 \div -5^{\circ}\text{C}$, $\phi_{kk} = 85 \div 90\%$ và $v_{kk} = 4 \text{ m/s}$. Con vật được xếp lên khay đặt trên các xe đẩy con này gối lên con kia với góc khoảng 30° . Làm lạnh đến nhiệt độ bên trong con vật đạt 6°C thì kết thúc, thời gian làm lạnh 4 ÷ 6 h với ngỗng, 2 ÷ 3 h với gà vịt. Sau đó đưa sang phòng bảo quản lạnh và nhiệt độ tiếp tục giảm xuống $3 \div 4^{\circ}\text{C}$.

d) Làm lạnh cá

Cá cần được làm lạnh nhanh để hạn chế sự phá huỷ của enzym và vi sinh vật, bảo vệ vitamin A và D... Đối với cá thường làm lạnh đến nhiệt độ đóng băng của dịch bào (thường $t_{db} = -0.6 \div 2^{\circ}\text{C}$). Cá biển có nhiệt độ đóng băng dịch bào thấp hơn so với cá ao, hồ. Đối với cá có thể làm lạnh trong môi trường khí, trong môi trường lỏng và môi trường rắn (ướp nước đá):

- Làm lạnh trong môi trường không khí với $t_{kk} = -2 \div -3^{\circ}\text{C}$ thì làm lạnh chậm, chất lượng sản phẩm giảm so với ban đầu nên thường ít áp dụng.

- Làm lạnh trong môi trường rắn (ướp nước đá). Nước đá đem ướp cá phải sạch, kích cỡ nhỏ để tăng bề mặt tiếp xúc và khi đá tan thu nhiệt nên nhanh chóng cá được giảm nhiệt độ. Để tăng cường quá trình làm lạnh người ta có thể sản xuất đá từ nước biển ngay trên các tàu đánh cá. Nhiệt độ tan của nước đá có thể hạ xuống đến $-1.5 \div 2.1^{\circ}\text{C}$ như vậy sẽ làm lạnh nhanh và kéo dài thời gian bảo quản cá. Qua thí nghiệm người ta thấy cá thu bảo quản ở 0°C được 16 ngày, ở -1.1°C được 21 ngày còn 1.1°C chỉ 10 ngày, nếu bảo quản ở trạng thái quá lạnh (-2.8°C) có thể kéo dài trên 1 tháng. Nhược điểm của ướp đá sản xuất từ nước biển là cá bị thấm muối Mg^{2+} nên có vị đắng chát.

- Làm lạnh trong môi trường lỏng: môi trường lỏng thường dùng để làm lạnh cá là dung dịch NaCl nước lạnh, nước biển làm lạnh đến nhiệt độ gần nhiệt độ điểm đóng băng là -1.5°C . Như vậy thời gian làm lạnh cá sẽ rút ngắn đi rất nhiều vì hệ số cấp nhiệt của lỏng lớn hơn của không khí rất nhiều lần. Qua thực nghiệm người ta thấy thời gian làm lạnh với cá 1kg mất 1 h, cá 1 ÷ 3 kg mất 1.5 h, cá trên 3 kg mất 2 ÷ 3 h. Sau khi làm lạnh cá xếp hòm và bảo quản ở -2°C thì có thể bảo quản được 15 ngày.

e) Làm lạnh rau quả

Nhìn chung thực vật chịu lạnh khá tốt, làm lạnh và bảo quản lạnh có tác dụng kéo dài thời gian sử dụng mà vẫn giữ được chất lượng ban đầu nhằm kéo dài thời vụ, ổn định việc cung cấp rau quả cho sinh hoạt và sản xuất. Rau quả sau khi thu hái được làm lạnh nhanh theo một trong các phương pháp sau:

- Làm lạnh trong phòng lạnh có tuần hoàn không khí đối lưu cưỡng bức.
- Làm lạnh trong các toa tàu, xe lạnh.

- Làm lạnh kiểu xối.

- Làm lạnh chân không.

* Làm lạnh trong phòng lạnh có tuần hoàn không khí đối lưu cưỡng bức: rau quả được làm lạnh trong phòng với không khí đối lưu cưỡng bức (tuần hoàn không khí $60 \div 120$ lần thể tích/h, tương ứng với $v_{kk} = 3 \div 4$ m/s). Rau quả được xếp trên giàn với tải trọng $200 \div 400$ kg/m² (khi chiều cao xếp sản phẩm tới 2 m). Không khí trong phòng làm lạnh có nhiệt độ $t_{kk} = 0^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{kk} = 85 \div 95\%$ thời gian làm lạnh $20 \div 24$ h.

* Làm lạnh chân không: cơ sở của phương pháp này dựa vào sự thu nhiệt hay bay hơi nước. Rau quả được đưa vào phòng làm lạnh có áp suất chân không, khi đó một phần nước trên bề mặt rau quả bay hơi để tự làm lạnh nó. Làm lạnh theo phương pháp này thời gian làm lạnh sẽ rất nhanh, như khi làm lạnh xà lách từ 23°C xuống 1°C chỉ mất $21 \div 25$ phút và độ ẩm tổn thất khoảng $2 \div 3\%$, chất lượng sản phẩm vẫn đảm bảo như nguyên liệu ban đầu so với làm lạnh trong phòng lạnh để đạt nhiệt độ xà lách đến 1°C phải mất 5 h, tổn hao khối lượng $2.5 \div 3\%$ nhưng chất lượng sản phẩm kém hơn, xấu hơn. Nhược điểm của phương pháp này là rau quả có bề mặt bay hơi riêng lớn mới có hiệu quả.

* Làm lạnh kiểu xối: là làm lạnh trong nước lạnh hay nước đá gần 0°C . Rau quả được xếp trong các thùng, sọt rồi nhúng hay xối nước lạnh. Ở Thụy Điển, Anh, Mỹ hay dùng phương pháp này để làm lạnh cho cần tây, đậu xanh, cà rốt... Phương pháp này làm lạnh nhanh và có thể kết hợp với rửa sản phẩm thời gian làm lạnh khoảng 10 – 30 phút.

4.2.2. Kỹ thuật bảo quản lạnh thực phẩm

Bảo quản lạnh tuy có hạn chế được các biến đổi sinh lý, sinh hoá của rau quả nhưng không hạn chế được triệt để vì vậy thời gian bảo quản không được lâu dài như làm lạnh đông và bảo quản lạnh đông.

4.2.2.1. Bảo quản lạnh thịt

Nhìn chung thịt có thể bảo quản được tới 30 ngày ở nhiệt độ $t_{kk} = 0 \div -1^{\circ}\text{C}$ và $\varphi_{kk} = 85 \div 90\%$. Ở phòng bảo quản, thịt được treo trên giá hay móc, treo trên xe đẩy hay đường ray vận chuyển: đối với thịt nguyên con hay nửa con thì treo $220 \div 280$ kg/m đường ray hay $200 \div 250$ kg/m² sàn phòng. Khi bảo quản thịt

đã làm lạnh trong 3 ngày thì cho phép tổn hao khối lượng như sau:

- Thịt bò, thịt cừu loại 1 tổn hao là 0,72% khối lượng thịt.
- Thịt bò, thịt cừu loại 2 tổn hao là 0,80% khối lượng thịt.
- Thịt lợn béo tổn hao là 0,50% khối lượng thịt.
- Thịt lợn nạc tổn hao là 0,60% khối lượng thịt.
- Thịt lợn xà miềng tổn hao là 0,80% khối lượng thịt.
- Phù tạng tổn hao là 0,80 ÷ 0,90% khối lượng thịt.

Nếu bảo quản trên 3 ngày thì cho phép mỗi ngày sau tăng thêm tổn hao khoảng 0,02% /ngày tính theo khối lượng thịt bảo quản.

Thịt thường được bảo quản lạnh trong phòng với vận tốc không khí khoảng 0,1m/s. Để tránh hiện tượng đọng ẩm hay bay hơi ẩm quá mức trên bề mặt sản phẩm, độ ẩm không khí phụ thuộc vào nhiệt độ bảo quản như sau:

Nhiệt độ bảo quản, °C	4	3	2	1	0	-1
Độ ẩm không khí φ_{kk} , %	70	76	82	87	92	96

Đối với phù tạng (tim, lưỡi, gan) chỉ có thể bảo quản 2 ÷ 3 ngày.

Các thức ăn chín có thể bảo quản ở phòng có $t_{kk} = 0 \div -4^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{kk} = 85\%$ trong thời gian 4 ngày. Các loại thịt sấy hay bán sấy hoặc có ướp thêm ít muối có thể bảo quản ở $t_{kk} = -4 \div -6^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{kk} = 80\%$ trong thời gian vài tháng.

4.2.2.2. Bảo quản thịt gia cầm (gà, chim, ngan, ngỗng) đã làm lạnh

Các loại này thường đựng trong các hòm, thùng, bao bì, và bảo quản trong phòng với $t_{kk} = 0^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{kk} = 85 \div 90\%$, lượng không khí tuần hoàn 4 ÷ 6 lần thể tích phòng/h.

4.2.2.3. Bảo quản trứng và các sản phẩm của trứng

Trứng tuy có vỏ cứng bảo vệ nhưng trên bề mặt của vỏ trứng có lỗ hổng dạng mao quản với số lượng rất lớn vì vậy trứng dễ bị hỏng trong điều kiện thường. Nếu chế độ bảo quản không tốt, trứng cũng rất dễ bị giảm phẩm chất do protein bị biến tính, lòng đỏ dính sát vào vỏ... Trứng thường được xếp vào trong các khay nhựa hay cactông chồng lên nhau rồi xếp lên các giàn với tải trọng

khoảng 320 kg/m³. Trứng được bảo quản ở chế độ $t_{kk} = 0^{\circ}\text{C}$ hoặc ở trạng thái quá lạnh $t_{kk} = -2 \div -2,5^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{kk} = 85 \div 88\%$. Phòng bảo quản trứng phải thông gió và thay đổi không khí như đối với phòng bảo quản rau quả. Thỉnh thoảng phải đảo trứng (xoay úp thùng đựng trứng xuống) để lòng đỏ không bị sát vào vỏ. Tổn hao khối lượng của trứng khoảng 0,5% khối lượng sau một tháng bảo quản.

Sản phẩm của trứng chủ yếu là bột trứng. Bột trứng được đựng trong các bao bì như thùng sắt, hòm gỗ và thùng cacbon bên trong có giấy chống ẩm. Kho bảo quản bột trứng không cho phép dao động lớn nhiệt độ và độ ẩm (nên thường dùng trong kho lạnh có máy điều hoà nhiệt độ). Thời gian bảo quản bột trứng phụ thuộc vào nhiệt độ và hàm ẩm không khí như trong bảng 4.1.

Bảng 4.1

Các chỉ tiêu	Chế độ	
Nhiệt độ phòng bảo quản ($^{\circ}\text{C}$)	$-5 \div -8^{\circ}\text{C}$	$-6 \div -8^{\circ}\text{C}$
Độ ẩm không khí (%)	$60 \div 65\%$	$70 \div 80\%$
Độ ẩm của bột trứng từ trứng nguyên:	$< 7\%$	$< 9\%$
- Từ lòng đỏ trứng	$< 5\%$	$< 6\%$
- Từ lòng trắng trứng	$< 12\%$	$< 14\%$
Thời gian bảo quản	< 12 tháng	< 6 tháng

4.2.2.4. Bảo quản cá và các sản phẩm từ cá

Nhìn chung cá thuộc loài sản phẩm khó bảo quản lạnh vì giai đoạn tê công ngắn, hệ thống men của bản thân cá và hệ vi sinh vật trong cá hoạt động mạnh. Cá ít khi bảo quản trong kho lạnh không khí mà thường bảo quản bằng đá. Để kéo dài thời gian bảo quản, người ta sản xuất đá từ nước sạch, nước có cho thêm nước sát trùng (các chất này không tác hại cho người và gia súc khi ăn cá) xen kẽ lớp đá lớp cá. Nếu đủ lượng đá, cá có thể bảo quản được 15 ngày, nếu đá có pha thêm chất sát trùng thì có thể kéo dài thêm được 5 – 7 ngày nữa.

Các sản phẩm từ cá như đồ hộp cá được bảo quản trong kho lạnh có $t_{kk} = 0 \div -2^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{kk} = 85 \div 90\%$. Thời gian bảo quản phụ thuộc vào lượng muối ướp: cá muối nhạt bảo quản được gần 4 tháng, cá muối mặn bảo quản được 8 tháng.

Cá sấy, hun khói và phơi khô bảo quản ở nhiệt độ $t_{kk} = 0 \div 2^{\circ}\text{C}$ và $\phi_{kk} = 75 \div 80\%$. Thời gian bảo quản $2 \div 3$ tháng.

4.2.2.5. Bảo quản sữa và các sản phẩm từ sữa

a) Sữa tươi

Sữa là điều kiện vô cùng thuận lợi cho vi sinh vật phát triển nên sữa sau khi vắt xong cần phải làm lạnh và bảo quản lạnh ngay. Sữa tươi có tác dụng tự đề kháng đối với cơ thể vi sinh vật thời gian đầu khá tốt. Thời gian tự đề kháng của sữa tươi phụ thuộc vào nhiệt độ khá lớn như sau:

Nhiệt độ, $^{\circ}\text{C}$	37	30	25	10	5	0
Thời gian tự đề kháng, h	2	3	6	24	35	48

Thường sữa tươi được nhập vào nhà máy có nhiệt độ thấp hơn 10°C , như vậy sữa phải được làm lạnh ngay sau khi vắt tại các cơ sở chăn nuôi. Sữa tươi bảo quản để cung cấp cho nhu cầu tiêu dùng của nhân dân và cho nhà máy chế biến sữa.

b) Bảo quản pho mát

Pho mát là sản phẩm được sản xuất từ protein của sữa: protein sau khi đông tụ tách ra phải được muối trong thời gian dài ở nhiệt độ thấp. Muối pho mát trong nước muối bão hoà hay ở nồng độ muối $18 \div 20\%$ và nhiệt độ là $10 \div 12^{\circ}\text{C}$. Sau khi chín pho mát được đóng bánh hay đóng thùng gỗ, đóng hộp nhựa hay bao bì giấy rồi đem vào kho bảo quản. Nếu bảo quản dưới 1 tháng thì $t_{kk} = 2^{\circ}\text{C}$, $\phi_{kk} = 80 \div 85\%$ và thời gian bảo quản $6 \div 12$ tháng.

4.2.2.6. Bảo quản rau quả

Nước ta nằm vùng nhiệt đới nên rau quả rất nhiều và đa dạng nhưng theo mùa. Bảo quản lạnh không những giữ được phẩm chất của rau quả còn có tác dụng kéo dài thời gian cung cấp cho nhu cầu tiêu dùng của nhân dân và cho sản xuất.

Các loại quả sau khi thu hái được xếp vào sọt hay thùng gỗ có lót giấy mềm hay là rơm, mỗi thùng khoảng $8 \div 10$ kg rồi được xếp chồng lên nhau trong các kho bảo quản. Khi xếp, phải đảm bảo khe hở để làm thoáng và không làm chèn

ép dập quả (chiều cao của bốn góc thùng bao giờ cũng cao hơn chiều cao của quả trong thùng). Vì rau quả sau khi thu hái vẫn duy trì sự sống do vậy phải cung cấp oxy để đảm bảo giữ được quá trình hô hấp ở mức độ thấp không để chuyển sang giai đoạn lên men (hô hấp yếm khí) sẽ làm hỏng rau quả do vậy khi bảo quản phải thông gió phòng ở mức độ thấp 2 ÷ 4 lần thể tích phòng/h và 1 ngày thay đổi không khí phòng 1 ÷ 2 lần. Nhiệt độ phòng bảo quản thay đổi tùy thuộc vào loại rau quả. Tổn thất (hao hụt khối lượng) đối với rau quả trong quá trình bảo quản khá cao như, với táo bảo quản ở 3 ÷ 5°C và $\phi_{kk} = 94\%$ thì tháng đầu mất 3,42%, tháng thứ hai mất 1,91%, tháng thứ ba mất 2,11% khối lượng quả.

Để kéo dài thời gian bảo quản ta có thể dùng hỗn hợp không khí có 10% CO₂, 11% O₂ và 79% N₂ thì có thể kéo dài thời hạn bảo quản tới 30 – 40% (nếu ở cùng chế độ bảo quản lạnh). Trong bảng 4.2, 4.3 là một số chế độ bảo quản lạnh rau quả tươi và đóng hộp.

Bảng 4.2. Chế độ và thời gian bảo quản rau quả tươi

Loại rau quả	Nhiệt độ bảo quản, °C	Độ ẩm không khí phòng ϕ , %	Chế độ thông gió	Thời gian bảo quản
1	2	3	4	5
Bưởi	0 ÷ 5	85	Mở	1 ÷ 2 tháng
Cam	0,5 ÷ 2	85	Mở	1 ÷ 2 tháng
Chanh	1 ÷ 2	85	Mở	1 ÷ 2 tháng
Chuối chín	14 ÷ 16	85	Mở	5 ÷ 10 ngày
Chuối xanh	11,5 ÷ 13,5	85	Mở	3 ÷ 10 tuần
Dứa chín	4 ÷ 7	85	Mở	3 ÷ 4 tuần
Dứa xanh	10	85	Mở	4 ÷ 6 tháng
Đào	0 ÷ 1	85 ÷ 90	Mở	5 ÷ 6 tháng
Táo	0 ÷ 3	90 ÷ 95	Mở	3 ÷ 10 tháng
Cà chua chín	2,0 ÷ 2,5	75 ÷ 80	Mở	1 tháng
Cà rốt	0 ÷ 1	90 ÷ 95	Mở	Vài tháng
Cà chua xanh	4	80 ÷ 90	Mở	10 ÷ 11 ngày

Tiếp bảng 4.2

1	2	3	4	5
Dưa chuột	0 ÷ 4	85	Mở	Vài tháng
Đậu khô	5 ÷ 7	70 ÷ 75	Đóng - mở	4 ÷ 12 tháng
Đậu tươi	2	90	Đóng - mở	3 ÷ 4 tuần
Hành	0 ÷ 1	75	Đóng - mở	1 ÷ 2 tuần
Khoai tây	3 ÷ 8	85 ÷ 90	Đóng - mở	5 ÷ 6 tháng
Nấm tươi	0 ÷ 1	90	Đóng - mở	1 ÷ 2 tuần
Rau muống	5 ÷ 10	80 ÷ 90	Đóng - mở	3 ÷ 5 tuần
Cải xa lát	3	90	Đóng - mở	3 tháng
Su hào	0 ÷ 0,5	90	Đóng - mở	2 ÷ 6 tháng
Cải bắp, súp lơ	0 ÷ 1	90	Đóng - mở	4 tuần
Su su	5	90	Đóng - mở	4 tuần

Bảng 4.3. Chế độ và thời gian bảo quản đồ hộp rau quả

Sản phẩm	Loại bao bì	Nhiệt độ bảo quản, °C	Độ ẩm không khí φ, %	Thời gian, tháng
Nước quả	Sắt tây đóng hòm	0 ÷ 5	65 ÷ 75	8
Đồ hộp rau	Sắt tây đóng hòm	0 ÷ 5	65 ÷ 75	8
Nước rau, quả tiết trùng	Chai đóng hòm	0 ÷ 10	65 ÷ 75	7
Nước rau, quả thanh trùng	Chai đóng hòm	0 ÷ 40	65 ÷ 75	4
Rau muối, quả dầm dấm	Thùng gỗ lớn	0 ÷ 1	90 ÷ 95	10
Nấm muối	Thùng gỗ lớn	0 ÷ 1	90 ÷ 95	8
Rau, quả, nấm sấy	Hòm gói	0 ÷ 6	65 ÷ 75	10 ÷ 12
Mứt rim thanh trùng	Hộp sắt đóng hòm	10 ÷ 15	80 ÷ 85	3
Mứt dẻo đựng trong hộp kín	Đóng hộp sắt hoặc thùng	10 ÷ 15	80 ÷ 85	3
Mứt mận, mứt nhãn	Đóng hộp, thùng	0 ÷ 2	80 ÷ 85	2 ÷ 6

4.2.2.7. Bảo quản thực phẩm từ động vật

Bảng 4.4. Chế độ và thời gian bảo quản động vật

Loại thịt cá	Nhiệt độ bảo quản, °C	Độ ẩm không khí phòng φ %	Chế độ thông gió	Thời gian bảo quản
Thịt bò, hươu, nai, cừu	-0,5 ÷ 0,5	82 ÷ 85	Đóng	10 ÷ 15 ngày
Thịt bò gầy	0 ÷ 0,5	80 ÷ 85	Đóng	10 ÷ 15 ngày
Gà, vịt, ngan, ngỗng mổ sẵn	-1 ÷ 0,5	85 ÷ 90	Đóng	10 ÷ 15 ngày
Thịt lợn	0 ÷ 1	80 ÷ 85	Đóng	10 ÷ 12 ngày
Thịt đông hộp kín	0 ÷ 2	75 ÷ 80	Đóng	12 ÷ 18 tháng
Cá tươi ướp đá	-1	100	Đóng	6 ÷ 12 ngày
Cá khô w = 14 – 17%	2 ÷ 4	50	Đóng	6 ÷ 12 tháng
Cá muối, cá hun khói	2 ÷ 4	75 ÷ 80	Mở	12 tháng
Lươn sống	2 ÷ 3	85 ÷ 100	Mở	Vài tháng
Ốc sống	2 ÷ 3	85 ÷ 100	Mở	Vài tháng
Sò huyết	-1 ÷ 1	85 ÷ 100	Mở	15 ÷ 30 ngày
Tôm sống	2 ÷ 3	85 ÷ 100	Mở	Vài ngày
Tôm nấu chín	2 ÷ 3			Vài ngày
Bơ muối ngăn ngày	12 ÷ 15	75 ÷ 80	Mở	38 tuần
Bơ muối lâu ngày	-1 ÷ 4	75 ÷ 80	Mở	12 tuần
Bơ muối lâu ngày	-18 ÷ -20	75 ÷ 80	Mở	38 tuần
Pho mát cứng	1,5 ÷ 4	70	Mở	4 ÷ 12 tháng
Pho mát nhão	7 ÷ 15	80 ÷ 85	Mở	Ít ngày
Sữa bột đông hộp	5	75 ÷ 80	Đóng	3 ÷ 6 tháng
Sữa đặc có đường	0 ÷ 10	75 ÷ 80	Đóng	6 tháng
Sữa tươi	0 ÷ 2	75 ÷ 80	Đóng	2 ngày

4.3. KỸ THUẬT LÀM LẠNH ĐÔNG VÀ BẢO QUẢN LẠNH ĐÔNG THỰC PHẨM

4.3.1. Kỹ thuật làm lạnh đông thực phẩm

4.3.1.1. Sự khác nhau cơ bản giữa làm lạnh và làm lạnh đông thực phẩm

Sự khác nhau cơ bản giữa làm lạnh và làm lạnh đông là làm lạnh hạ nhiệt độ sản phẩm xuống gần nhiệt độ đóng băng của dịch bào như vậy quá trình làm lạnh không có sự tạo thành tinh thể nước đá trong sản phẩm. Còn làm lạnh đông là hạ nhiệt độ xuống dưới nhiệt độ đóng băng của dịch bào như vậy trong quá trình làm lạnh đông có sự tạo thành nước đá trong sản phẩm. Tùy theo mức độ làm lạnh đông mà lượng nước trong sản phẩm chuyển thành đá từ 80% trở lên.

- Về quá trình bảo quản tiếp theo ta thấy làm lạnh và bảo quản lạnh tuy có kìm hãm được sự hoạt động của các enzym và vi sinh vật nhưng chúng vẫn hoạt động khoẻ vì môi trường cho chúng hoạt động vẫn còn. Do vậy làm lạnh và bảo quản lạnh chỉ kéo dài được thời gian ngắn. Quá trình làm lạnh đông ngoài tác dụng của nhiệt độ thấp kìm hãm còn làm mất môi trường hoạt động của đa số enzym và vi sinh vật, do vậy kìm hãm gần tối đa sự hoạt động của chúng. Nhờ vậy quá trình làm lạnh đông và bảo quản lạnh đông thời gian dài hơn nhiều. Sự làm lạnh đông hiện nay rất đa dạng và phong phú. Dựa theo quá trình làm lạnh đông người ta chia chúng thành ba loại như sau:

- Làm lạnh đông chậm.
- Làm lạnh đông nhanh.
- Làm lạnh đông cực nhanh.

4.3.1.2. Phương pháp làm lạnh đông chậm

Phương pháp làm lạnh đông chậm thường tiến hành trong môi trường có nhiệt độ không khí lớn hơn -25°C và vận tốc đối lưu không khí nhỏ hơn 1m/s nên thời gian làm lạnh đông thường kéo dài từ 15 ÷ 20 h tùy theo kích thước và loại sản phẩm. Số tinh thể đá hình thành trong gian bào và tế bào ít nên có kích thước lớn, dễ gây nên sự cọ xát làm rách màng tế bào và phá huỷ cấu trúc mô tế bào. Khi đưa sản phẩm lạnh đông ra tan giá lượng dịch bào bị thoát làm giảm dinh dưỡng của sản phẩm. Vì vậy ngày nay phương pháp làm lạnh đông chậm ít

được dùng để kéo dài thời gian bảo quản thực phẩm. Tuy nhiên phương pháp này vẫn dùng vừa để kéo dài thời gian bảo quản vừa để để làm tăng hiệu suất của quá trình chế biến như bảo quản để tăng hiệu suất ép trong sản xuất nước quả, hoặc dùng bảo quản lạnh đông để làm trong một số dịch quả dạng huyền phù.

4.3.1.3. Phương pháp làm lạnh đông nhanh

Phương pháp làm lạnh đông nhanh thường được áp dụng trong môi trường không khí hoặc lỏng. Môi trường lỏng thường dùng là các dung dịch muối (hoặc hỗn hợp muối) để nhiệt độ đông băng của dung dịch càng thấp càng tốt. Làm lạnh đông trong môi trường lỏng tuy có hệ số α lớn, thời gian ngắn nhưng dễ gây biến dạng hỏng thiết bị, bề mặt sản phẩm ướt bị thấm muối làm ảnh hưởng đến chất lượng thực phẩm. Chính vì vậy môi trường lỏng ít được sử dụng.

Làm lạnh đông trong môi trường không khí khi $t_{kk} \leq -35^{\circ}\text{C}$ với vận tốc không khí $v_{kk} = 3 \div 4$ m/s. Các phòng làm lạnh đông nhỏ với $t_{kk} \leq -40^{\circ}\text{C}$, với $v_{kk} = 5$ m/s với các hầm làm lạnh đông nhanh dạng tunen. Hiện nay nhiều tủ cấp đông để làm lạnh đông nhanh rau quả hay chế biến hải sản áp dụng làm lạnh đông dạng panen với $t_{kk} \leq -40^{\circ}\text{C}$, thời gian làm lạnh đông chỉ $4 \div 5$ h.

Nhìn chung thời gian làm lạnh đông nhanh là $2 \div 10$ h tùy thuộc dạng sản phẩm.

Với thịt lợn 1/2con hoặc 1/4 con có khối lượng khoảng 50 kg thì làm lạnh đông nhanh khoảng 10 h. Với thịt, cá có khối lượng khoảng 0,5 kg thì làm lạnh đông nhanh chỉ 2,5 h. Sản phẩm làm lạnh đông nhanh do có nhiều tinh thể đá được tạo thành ở trong tế bào và gian bào với lượng rất nhiều và kích thước tinh thể rất bé nên không làm rách màng tế bào và cấu trúc mô vì vậy có thể giữ được tốt chất lượng ban đầu của sản phẩm.

4.3.1.4. Phương pháp làm lạnh đông cực nhanh

Cùng với sự phát triển của kỹ thuật lạnh, kỹ thuật làm lạnh đông cực nhanh cũng được áp dụng. Làm lạnh đông cực nhanh thường được tiến hành trong môi trường lỏng, nitơ lỏng, freon lỏng hoặc một số khí hoá lỏng khác. Thời gian làm lạnh đông cực nhanh sản phẩm chỉ trong $5 \div 10$ phút (chỉ bằng khoảng 1/6 thời gian làm lạnh đông nhanh), do rút ngắn thời gian nên làm lạnh đông cực nhanh

làm giảm được hao hụt khối lượng 3 ÷ 4 lần. Sản phẩm làm lạnh đông cực nhanh hầu như giữ được nguyên vẹn phẩm chất tươi sống của sản phẩm ban đầu.

Nhờ tính ưu việt của làm lạnh đông cực nhanh như vậy nên hiện nay ở một số nước tiên tiến lượng sản phẩm qua làm lạnh đông cực nhanh càng ngày càng chiếm tỷ lệ lớn (trên 50%) trong tổng số sản phẩm đem làm lạnh đông. Trong làm lạnh đông cực nhanh môi trường thường dùng hơn cả là nitơ lỏng, vì nitơ lỏng là phụ phẩm trong sản xuất oxy lỏng vừa rẻ, vừa nhiều (nitơ chiếm 4/5 khối lượng trong không khí). Mặt khác dùng nitơ lỏng còn có các ưu điểm sau:

- Nitơ lỏng bay hơi ở áp suất thường cho nhiệt độ thấp (-100°C).
- Nitơ lỏng không oxy hoá hay tác dụng gì với sản phẩm nên bảo vệ tốt được tính chất ban đầu của sản phẩm.
- Làm lạnh đông cực nhanh trong nitơ lỏng sẽ tiêu diệt được nhiều vi sinh vật hơn so với các phương pháp khác.

4.3.1.5. Kỹ thuật làm lạnh đông một số thực phẩm

Trong kỹ thuật làm lạnh đông ngoài việc là công đoạn ban đầu trước khi đưa vào kho bảo quản lạnh đông, làm lạnh đông còn là một công đoạn trong quá trình chế biến rau quả và thịt cá (phần này sẽ được trình bày ở phần kỹ thuật chế biến các sản phẩm đông lạnh). Phần kỹ thuật làm lạnh đông này chủ yếu nói về làm lạnh đông trước khi đưa vào bảo quản lạnh đông.

a) Làm lạnh đông thịt và các sản phẩm từ thịt gia súc

Thịt được làm lạnh đông trong các buồng lạnh đông hoặc hầm lạnh đông ở dạng thịt 1/2 con (lợn), 1/4 con (bò, trâu) ngoài ra còn ở dạng khối và dạng miếng. Thịt được coi là làm lạnh đông xong khi nhiệt độ trung tâm cơ đùi thịt (hay nhiệt độ tâm khối thịt) đạt -8°C . Tồn hao khối lượng trong quá trình làm lạnh đông là 0,6 ÷ 1,2%.

Trong kỹ thuật làm lạnh đông thịt, người ta chia ra hai loại:

- Làm lạnh đông hai pha: thịt được hạ nhiệt độ qua hai giai đoạn: thịt nóng được làm lạnh để hạ nhiệt độ của nó xuống đến 4°C , sau đó mới đưa vào thiết bị làm lạnh đông.
- Làm lạnh đông một pha: thịt sau khi giết mổ được đưa đi làm lạnh đông

ngay ở đó thịt được hạ nhiệt độ xuống không quá -8°C . Qua nhiều nghiên cứu người ta thấy rằng làm lạnh đông một pha có nhiều ưu điểm hơn làm lạnh đông hai pha vì nó giảm được thời gian làm lạnh đông, giảm tổn hao khối lượng, giảm chi phí lạnh và diện tích phòng lạnh. Trong quá trình làm lạnh đông, phương pháp làm lạnh đông ảnh hưởng nhiều đến thời gian làm lạnh đông và tổn hao khối lượng sản phẩm (bảng 4.5).

Bảng 4.5. Ảnh hưởng của các phương pháp làm lạnh đông đến thời gian làm lạnh đông và tổn hao khối lượng (với thịt bò nửa con)

Phương pháp làm lạnh đông thịt	Nhiệt độ thịt		Các thông số của không khí		Thời gian làm lạnh đông, h	Tổn hao khối lượng, %
	Ban đầu °C	Cuối °C	Nhiệt độ, °C	Vận tốc không khí, m/s		
Làm lạnh đông hai pha:						
- chậm	4	-8	-18	0,1 ÷ 0,2	40	2,58
- tăng cường	4	-8	-23	0,5 ÷ 0,8	28	2,35
- nhanh	4	-8	-35	3 ÷ 4	16	2,00
Làm lạnh đông một pha:						
- chậm	37	-8	-23	0,1 ÷ 0,2	36	1,82
- Tăng cường	37	-8	-30	0,5 ÷ 0,8	21	1,60
- Nhanh	37	-8	-35	1 ÷ 2	20	1,20

b) Làm lạnh đông thịt gia cầm

Chế độ công nghệ và trang thiết bị làm lạnh đông thịt gia cầm gần giống như làm lạnh đông thịt gia súc. Các con thịt được bọc trong bao bì rồi xếp lên các xe hoặc thùng, rồi được đưa vào phòng làm lạnh đông với tải trọng xếp sản phẩm $150 \div 200 \text{ kg/m}^2$.

Trong phòng làm lạnh đông có nhiệt độ $t_{kk} = -30^{\circ}\text{C}$, $\varphi = 80 \div 85\%$ và $v_{kk} = 4 \div 6 \text{ m/s}$. Thời gian làm lạnh đông với gà vịt là $8 \div 10 \text{ h}$, với ngan ngỗng là $12 \div 16 \text{ h}$.

Thịt gia cầm tốt nhất là làm lạnh đông một pha theo phương pháp làm lạnh đông nhanh hay cực nhanh. Quá trình làm lạnh đông được kết thúc khi tâm sản phẩm đạt -8°C . Sau đây là một số tiêu chuẩn của gà vịt lạnh đông xuất khẩu. Đối với gà sau giết mổ phải đạt 0,5 kg trở lên:

- Gà loại 1: thân gà phải có lớp mỡ dưới da ở phần dưới bụng, hai bên ngực và lưng. Lông ngực phải giữ nguyên hình dạng không gãy xương, phải rửa sạch tiết trong và ngoài, da phải sạch, mềm mại, nguyên vẹn, có màu tự nhiên của da gà và toàn thân có hình dáng đẹp. Có vết mổ nhưng không được ở trên ngực.

- Gà loại 2: có phẩm chất giống như gà loại 1 nhưng lớp mỡ có thể mỏng hơn. Gà loại 2 có thể gãy 1 cánh hoặc 1 đùi, có vết xước trên da nhưng không quá 2 cm. Da gà có thể thay đổi một chút nhưng không được ở trên ngực.

Đối với vịt sau khi giết mổ phải đạt 0,6 kg trở lên và được phân thành hai loại như sau:

- Vịt loại 1: có khối lượng 1 kg/con trở lên, da phải trắng vàng hoặc trắng hồng, ngực và xung quanh phải dày, cho phép đến 2 vết rách trên da nhưng vết rách không quá 1 cm.

- Vịt loại 2: có khối lượng từ 0,6 – 1 kg/con, ngực phải dày, xung quanh bụng vịt có thể nhỏ hơn vịt loại 1, cho phép không quá 3 vết rách trên da và mỗi vết không quá 1 cm.

c) Làm lạnh đông sữa và các sản phẩm từ sữa

Làm lạnh đông có thể được coi là một công đoạn trong quá trình chế biến bơ và đặc biệt trong sản xuất kem (nó có tính quyết định đến chất lượng sản phẩm kem). Bơ và pho mát cũng được làm lạnh đông và bảo quản lạnh đông ở nhiệt độ từ $-18 \div -20^{\circ}\text{C}$ để giữ được lâu dài.

d) Làm lạnh đông thủy sản

Hiện nay ở nước ta và thế giới làm lạnh đông hải sản là một khâu vô cùng quan trọng không thể thiếu được trong chế biến thủy sản lạnh đông xuất khẩu (sẽ được trình bày ở phần kỹ thuật chế biến các sản phẩm lạnh đông sau), còn đối với làm lạnh đông phục vụ cho mục đích bảo quản đối với thủy sản cũng rất quan trọng. Vì thủy sản là loại nguyên liệu có giá trị dinh dưỡng cao và rất mau hỏng nếu muốn giữ được lâu dài từ vài tuần đến vài tháng không có cách nào

khác là đưa vào làm lạnh đông và bảo quản lạnh đông. Cá sau khi đánh bắt với cá to từ 1kg trở lên có thể làm lạnh đông nguyên con sau khi làm lạnh đông được mạ băng rồi bao gói và đưa đi bảo quản lạnh đông, còn với cá nhỏ hoặc tôm người ta thường xếp khay sau đó mới đi làm lạnh đông. Đối với thủy sản thường tiến hành làm lạnh đông nhanh trong các tủ cấp đông hoặc các tunen với nhiệt độ không khí $t_{kk} = -35^{\circ}\text{C}$, $v_{kk} = 4 \div 5 \text{ m/s}$ và $\phi = 90 \div 95\%$, quá trình làm lạnh đông kết thúc khi nhiệt độ tâm khối sản phẩm đạt -12°C , sau đó chúng sẽ được ra khuôn bao gói và đưa đi bảo quản ở phòng bảo quản lạnh đông.

c) Làm lạnh đông rau quả

Nước ta nằm ở vùng nhiệt đới, rau quả rất phong phú. Nhiều loại rau quả của chúng ta được thị trường thế giới rất ưa chuộng. Để giữ nguyên phẩm chất ban đầu của nguyên liệu cần phải tiến hành chế biến lạnh đông.

Làm lạnh đông rau quả khác với làm lạnh đông các sản phẩm khác là trong quá trình làm lạnh đông rau quả vẫn duy trì sự sống do vậy phải thông gió và thay đổi không khí phòng. Nhiều loại quả của nước ta, ngoài giá trị dinh dưỡng một số loại còn có giá trị sinh học cao như gấc có caroten (tiền vitamin A), đu đủ có papain, dứa có bromelin. Đây là những enzym thuộc dạng proteaza rất cần thiết cho quá trình tiêu hoá. Để giữ tối hoạt tính các enzym này chỉ có thể dùng phương pháp lạnh đông. Qua nhiều nghiên cứu người ta thấy rằng nếu làm lạnh đông nhanh và bảo quản lạnh đông thì sau 6 tháng vẫn giữ được trên 80% hàm lượng bromelin so với ban đầu, còn dứa đóng hộp thanh trùng thì gần như bromelin bị phá huỷ hết.

Ngoài ra làm lạnh đông còn có tác dụng tăng hiệu quả của quá trình chế biến, như làm lạnh đông chậm dứa có thể làm tăng hiệu suất ép lên 150% so với dứa không qua làm lạnh đông đem ép.

4.3.2. Kỹ thuật bảo quản lạnh đông thực phẩm

4.3.2.1. Bảo quản lạnh đông thịt gia súc

Thịt 1/2 hay 1/4 con được xếp trên giá kê bằng gỗ, xếp sát nhau thành khối với tải trọng $0,3 \div 0,45 \text{ tấn/m}^2$ tương ứng với thịt cừu và bê, thịt càng lớn tải trọng càng lớn.

Thịt khối (có xương hoặc không có xương) có thể xếp nhiều hơn với tải trọng đến $0,65 \text{ tấn/m}^3$.

Chế độ bảo quản cho tất cả các loại thịt lạnh đông là như sau: phòng có nhiệt độ $t_{kk} = -18 \div -20^\circ\text{C}$ và $\phi_{kk} = 95 \div 98\%$, không có đối lưu không khí cưỡng bức. Muốn kéo dài thời gian bảo quản có thể bảo quản ở nhiệt độ thấp hơn (-30°C).

Trong quá trình bảo quản các biến đổi xảy ra chậm phụ thuộc nhiều vào đặc tính và mức độ của quá trình chín hoá học của thịt trước khi làm lạnh đông. Nếu thịt chín hoá học trong thời gian làm lạnh và bảo quản lạnh thịt trong trạng thái lạnh đông thì pH tăng lên chậm. Khi thịt làm lạnh đông chưa qua giai đoạn chín hoá học (thịt làm lạnh đông một pha) thì pH giảm dần trong quá trình bảo quản. Qua nghiên cứu người ta thấy sự thay đổi pH (làm lạnh đông một pha) bảo quản ở nhiệt độ -18°C thay đổi như sau:

Thời gian bảo quản, tháng	0	2	4	6
pH	6,09	5,82	5,73	5,53

Vì trong quá trình bảo quản tuy xảy ra chậm nhưng vẫn có quá trình phân giải protit $\rightarrow$ axit amin và lipit $\rightarrow$ glycerin và axit béo. Vì vậy mà pH giảm xuống. Sự biến đổi thành phần hoá học phụ thuộc vào sự dao động của nhiệt độ và độ ẩm. Sự thay đổi càng lớn thì biến đổi càng nhiều trong điều kiện bảo quản dao động nhiều về nhiệt độ và độ ẩm các axit tự do trong mô mỡ của thịt có thể tăng 2 – 3 lần, thậm chí có thể xuất hiện sự ôi của mỡ do sự oxy hoá của axit béo tự do có trong nó.

4.3.2.2. Bảo quản lạnh đông thịt gia cầm

Thịt gia cầm được bao gói từng con một bằng bao bì chất dẻo sau khi làm lạnh đông được xếp vào các thùng và được xếp vào kho bảo quản theo dãy, theo lô trên sàn gỗ. Cũng như thịt khác, thịt gia cầm được bảo quản ở nhiệt độ $t_{kk} = -18 \div -20^\circ\text{C}$, $\phi_{kk} = 95 \div 98\%$, không đối lưu cưỡng bức. Thịt gia cầm bảo quản lâu ngày da bị khô do bay hơi nước, màu sắc của da cũng thay đổi. Những chỗ con thịt tiếp xúc với nhau hay với bao bì thường có các nốt vàng đôi khi có vết màu xanh hơi đậm.

Ngỗng và vịt do thịt có nhiều mỡ nên chế độ bảo quản phải ở nhiệt độ thấp hơn (thường là -20°C) và thời gian bảo quản không dài.

4.3.2.3. Bảo quản lạnh đông cá

Cá thường được làm lạnh đông dạng khối sau đó được bao gói bằng giấy tráng parafin hay polietylen. Cá sau khi làm lạnh đông được tráng một lớp băng mỏng thì bảo quản được chất lượng tốt hơn. Lớp băng đó giữ cho lớp cá bên trong không bị khô và không bị oxy không khí oxy hoá trực tiếp. Các khối cá được xếp vào kho thành hàng thành dãy với tải trọng $0,3 \div 0,35 \text{ tấn/m}^3$, và được bảo quản trong phòng với $t_{kk} = -18 \div -20^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{kk} = 95 \div 98\%$. Nếu các khối cá này được bọc kỹ trong bao bì thì có thể dùng không khí đối lưu cưỡng bức. Thời gian bảo quản phụ thuộc vào loại cá và phương pháp làm lạnh đông và thường bảo quản được từ $2 \div 9$ tháng, nếu khối cá được mạ băng có thể kéo dài thời gian bảo quản từ $1 \div 3$ tháng. Do cá có nhiều mỡ và mỡ cá cấu tạo từ nhiều axit béo không no nên rất dễ bị biến đổi khi tiếp xúc với oxy. Mặt khác trong cá có nhiều enzym và vi sinh vật do vậy để hạn chế được đến mức thấp nhất những biến đổi xảy ra, ta cần bảo quản cá ở nhiệt độ thấp (tới -30°C).

4.3.2.4. Bảo quản lạnh đông sữa và các sản phẩm của sữa

Ở các xí nghiệp chế biến sữa, để dự trữ cho sản phẩm sữa có thể làm lạnh đông nhanh ở nhiệt độ thấp và thành từng lớp mỏng. Bằng cách đó sữa được bảo quản ở nhiệt độ -20°C và tính chất của nó bị biến đổi không đáng kể sau khi tan giá so với trạng thái sữa ban đầu.

Bảo quản lạnh đông được áp dụng nhiều đối với các sản phẩm được chế biến từ sữa như bơ và pho mát.

Sự bảo quản bơ có kết quả tốt hay xấu phụ thuộc nhiều vào chất lượng bao gói, độ rắn đặc và phương pháp sản xuất nó. Để bảo quản tốt, giữ được chất lượng lâu dài bơ phải được làm lạnh nhanh ngay sau khi sản xuất và bảo quản ở nhiệt độ thấp.

Sự thể hiện biến đổi của bơ khi bảo quản là biến đổi màu lớp bề mặt do xuất hiện các đốm hồng hay đen, đó chính là nguyên nhân biến đổi của axit oleic thành axit oxy stearic làm cho nó có mùi khó chịu.

Sự thủy phân của bơ tạo ra axit oleic và các axit béo khác là khởi đầu cho sự hư hỏng của nó. Qua nhiều nghiên cứu người ta thấy rằng khi bảo quản nhiệt độ dưới -20°C thì hạn chế tốt nhất những biến đổi của bơ và bảo đảm chất lượng của nó trong quá trình bảo quản.

Pho mát được làm lạnh đông và bảo quản ở nhiệt độ -20°C có thể kéo dài trên 12 tháng mà chất lượng vẫn tốt.

4.3.2.5. Bảo quản lạnh đông rau quả

Rau quả được làm lạnh đông ở dạng rời hay đã đóng vào các gói nhỏ với khối lượng $0,3 \div 1$ kg. Chúng được làm lạnh đông nhanh trong các tunen hay tủ cấp đông rồi được đóng vào các thùng cactông khối lượng từ $15 \div 20$ kg và được xếp thành lô, hàng trong các kho bảo quản có nhiệt độ $t_{kk} = -18 \div -25^{\circ}\text{C}$. Đối với các loại rau quả được trộn thêm đường cần bảo quản ở nhiệt độ thấp hơn $t_{kk} = -23 \div -25^{\circ}\text{C}$, thời gian bảo quản có thể kéo dài từ 6 – 8 tháng.

Ở rau quả bảo quản lạnh đông ở nhiệt độ -18°C trở xuống, những biến đổi xảy ra không đáng kể và hầu như không thay đổi chất lượng. Một trong những thành phần kém bền nhất khi bảo quản rau quả là vitamin C (axit ascorbic).

Đối với một vài loại rau quả, việc chần có tác dụng rất quan trọng để bảo vệ vitamin C và ngăn ngừa một số biến đổi sinh hoá khác, vì quá trình chần đã diệt các enzym xúc tác cho quá trình oxy hoá. Sự biến đổi hàm lượng vitamin C phụ thuộc vào chế độ bảo quản (nhiệt độ) và các loại giống rau quả.

Ví dụ, bảo quản đậu hạt lạnh đông sau $7 \div 8$ tháng bảo quản ở -18°C bảo vệ được $98 \div 99\%$ vitamin C, còn bảo quản ở -13°C bảo vệ được $92 \div 94\%$. Với ớt bảo quản ở -18°C giữ được $80 \div 84\%$ vitamin C còn bảo quản ở -13°C chỉ giữ được $67 \div 76\%$. Cà chua bảo quản ở -18°C giữ được 99% vitamin C còn bảo quản ở -13°C chỉ giữ được $90 \div 92\%$.

Chương 5
CÔNG NGHỆ, KỸ THUẬT CHẾ BIẾN LẠNH
VÀ LẠNH ĐÔNG THỰC PHẨM NHIỆT ĐỚI

5.1. QUY TRÌNH CHẾ BIẾN LẠNH ĐÔNG MỘT SỐ RAU QUẢ
ĐẶC SẢN VIỆT NAM

5.1.1. Khái niệm chung

Nước ta nằm ở vùng khí hậu nhiệt đới gió mùa nên rất phong phú các loại hoa quả nhiệt đới có giá trị dinh dưỡng và giá trị sinh học cao. Thành phần hoá học của một số loại rau, quả và củ ở nước ta có thể thấy ở bảng 5.1 và bảng 5.2.

Những loại rau quả nói trên thường thu hoạch theo mùa vụ, như ở bảng 5.3.

Để có thể kéo dài thời hạn sử dụng hay để xuất khẩu người ta thường áp dụng bảo quản lạnh và lạnh đông. Nhưng để nâng cao giá trị sản phẩm xuất khẩu, giảm chi phí vận chuyển chúng ta phải xuất khẩu dạng sản phẩm đã qua chế biến. Các loại rau quả khác nhau đều có quy trình chế biến lạnh đông khác nhau. Nhưng nhìn tổng thể chúng đều qua các công đoạn giống nhau như: chọn (phân loại), rửa, gia công cơ học (gọt vỏ, cắt v.v.). Trong các công đoạn đó, đối với mỗi loại rau quả do chúng khác nhau về cấu trúc và thành phần hoá học nên các thông số kỹ thuật cũng khác nhau. Chính vì lý do đó, trong phần này chúng tôi chỉ giới thiệu cụ thể một số quy trình chế biến lạnh đông cho các loại rau quả tiêu biểu ở nước ta.

Bảng 5.1. Thành phần hoá học của một số loại quả ở Việt Nam

TT	Loại quả	Nước, %	Đường, %	Axit, %
1	Chuối chín 100% (chín trúng 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	Múi 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 cộc	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	Mãng cụt (múi)	72	2,9 - 3,1	0,90
21	Sơ ri	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

Bảng 5.2. Thành phần hoá học của một số loại rau ở Việt Nam

TT	Loại rau, củ	Nước, %	Protein, %	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	Ốt 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 cove	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 mỡ	91,43	0,80	3,98
25	Nấm hương trắng	68,10	3,64	3,54

Bảng 5.3. Thời vụ thu hoạch một số rau quả tiêu biểu của Việt Nam

STT	Loại quả	Thời vụ thu hoạch, tháng	STT	Loại quả	Thời vụ thu hoạch, tháng
1	Thanh long	5 ÷ 10	9	Vú sữa	12 ÷ 3
2	Mãng cầu	4 ÷ 7	10	Dừa hấu	12 ÷ 3
3	Xoài	1 ÷ 5	11	Ổi	9 ÷ 3
4	Mít	5 ÷ 10	12	Quít	11 ÷ 2
5	Mận	9 ÷ 3	13	Sầu riêng	5 ÷ 10
6	Cam	8 ÷ 5	14	Bơ	6 ÷ 11
7	Cam	9 ÷ 12	15	Chanh	8 ÷ 12
8	Chôm chôm	6 ÷ 9			

5.1.2. Quy trình kỹ thuật chế biến dứa lạnh đông

5.1.2.1. Giới thiệu chung về dứa

Hiện nay dứa là loại quả có giá trị dinh dưỡng và giá trị dược liệu cao nên bên cạnh các sản phẩm chế biến (nước dứa, mứt dứa v.v.), thị trường quốc tế đang đòi hỏi rất nhiều về mặt hàng dứa tươi. Ở nước ta dứa là một trong ba loại quả chủ lực (dứa, cam, chuối). Trên thế giới dứa được coi là “hoàng đế” của các loại quả. Chính vì vậy mà sản lượng dứa ở các nước ngày càng tăng.

Bảng 5.4. Sản lượng dứa tươi (1000 tấn)

Năm Nước	1960	1971	1973	1975	1978	1979	1980	1985
Toàn thế giới	2665	3884	4546	6476	7657	8459	9219	9232
Hawai (Mỹ)	944	831	735	635	612	618	596	513
Braxin	267	424	410	515	575	580	566	1144
Malaixia	147	350	290	199	190	193	185	192
Đài Loan	166	388	340	319	250	245	233	240
Thái Lan	-	-	319	1151	1540	1372	1680	1800
Ấn Độ	-	-	-	105	112	500	549	770
Việt Nam	-	34	-	35	37	265	320	405

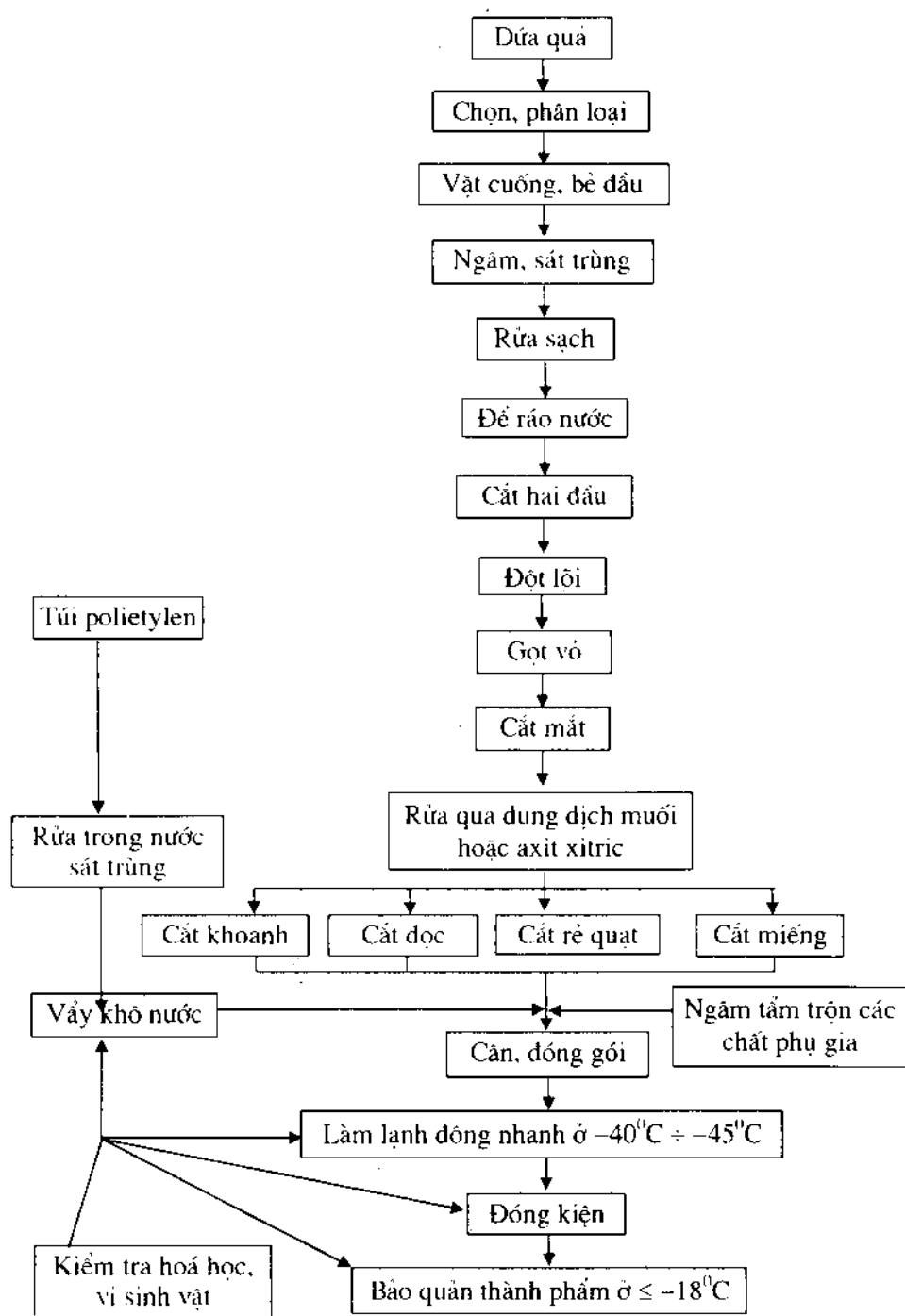
Ngày nay dứa không chỉ được coi là “hoàng đế” vì có giá trị dinh dưỡng cao, hương thơm, vị ngọt, màu sắc đẹp mà vì dứa còn chứa bromelin - một loại men tiêu hoá và còn được coi là biệt dược trong điều trị ung thư và trong đại phẫu thuật.

Lâu nay ở nước ta đã xuất khẩu một ít dứa tươi loại nguyên quả, nhưng trên đường vận chuyển đến nơi tiêu thụ thường bị hư hỏng với tỷ lệ cao, có khi đến 50%. Xuất khẩu dứa lạnh đông không những tránh được gần như tuyệt đối tỷ lệ hư hỏng trên mà còn giữ được gần như nguyên vẹn tính chất ban đầu của dứa, đồng thời cho phép mở rộng quy mô xuất khẩu với cung độ vận chuyển không hạn chế (vì dứa lạnh đông có thể kéo dài trên 6 tháng). Dứa đã qua chế biến đem làm lạnh đông còn giảm chi phí vận chuyển, giảm chi phí bao bì (giảm hơn cả so với chế biến đóng hộp). Đặc biệt dứa lạnh đông sau 6 tháng vẫn còn giữ được trên 80% bromelin so với dứa ban đầu. Qua nhiều tài liệu của phương Tây cho biết nếu chiết xuất bromelin từ dứa để làm men tiêu hoá thì giá trị của dứa tăng lên khoảng 15 lần (vì hiện nay trong đại phẫu thuật và chữa bệnh ung thư người ta đều cần đến biệt dược bromelin).

Nước ta là nước có đất đai rất phù hợp cho cây dứa phát triển. Từ năm 1981 trở lại đây chúng ta đã dần dần xây dựng nhà máy chế biến dứa lạnh đông xuất khẩu như ở Hải Phòng, thành phố Hồ Chí Minh, Cần Thơ (Trà Nóc), Tiền Giang (Long Định), Ninh Bình (Đồng Giao) v.v. Nhưng những qui mô này còn nhỏ, sản lượng chưa cao. Trong quá trình thực hiện công nghiệp hoá nông thôn theo nghị quyết Trung ương chúng ta cần đẩy mạnh hơn nữa việc chế biến nông sản trong đó có lĩnh vực chế biến dứa lạnh đông xuất khẩu.

5.1.2.2. Quy trình chế biến dứa lạnh đông

Quy trình công nghệ chế biến dứa lạnh đông được mô tả theo sơ đồ trong hình 5.1.



Hình 5.1

a) Nguyên liệu

Dứa đưa chế biến dứa lạnh đông dạng cắt khoanh, bổ dọc, rẻ quạt, miếng nhỏ v.v. phải đảm bảo yêu cầu nguyên liệu như sau:

- Dứa phải tươi tốt, không lên men mốc, không bầm dập, ứng thối.
- Độ chín của quả: đối với dứa hoa (dứa Queen) chín từ 3 mắt đến 2/3 quả. Đối với dứa ta (dứa Cayen) chín từ 1 mắt đến 1/3 quả.

b) Chọn và phân loại

Dứa trước khi đưa vào sản xuất phải phân loại theo cấp hạng và độ chín. Trong khi chọn và phân loại ta tiến hành vặt cuống, bẻ hoa. Tránh làm bầm dập, làm lẫn lộn cấp hạng và độ chín của dứa.

c) Ngâm, rửa

Dứa sau khi phân loại được đưa vào bể ngâm để làm bờ đất cát và tạo điều kiện cho quá trình rửa sau này. Nước dùng để ngâm là nước sát trùng với nồng độ clo là 5 ppm. Thời gian ngâm là 5 phút. Dứa sau khi ngâm được rửa bằng máy rửa bàn chải để làm sạch đất cát bám ngoài, sau đó dứa được rửa lại bằng nước sạch. Cuối cùng dứa được để ráo rồi cắt đầu.

d) Cắt đầu

Dùng dao sắc để cắt đầu dứa. Mặt cắt hai đầu phải phẳng và vuông góc với trục của lõi. Không được làm dập và nhiễm bẩn mặt cắt.

e) Đột lõi

Trước khi đột lõi phải kiểm tra cấp hạng của dứa và điều chỉnh cỡ dao như sau:

Cấp hạng	I	II
Cỡ dao ϕ , mm	18 ÷ 20	20 ÷ 25

Khi đột lõi phải chú ý đặt đầu có mặt cắt phẳng nhất xuống dưới, nếu cả hai đầu đều cắt xiên, lệch thì trả lại bộ phận cắt đầu để sửa lại. Yêu cầu đột lõi là không ăn sâu vào thịt dứa và phải hết lõi.

f) Gọt vỏ

Gọt vỏ có thể bằng tay hoặc bằng máy. Nếu gọt bằng tay, yêu cầu phải gọt

hết gân xanh. Nếu gọt bằng máy thì phải kiểm tra và điều chỉnh cỡ dao theo cấp hạng như sau:

Cấp hạng	I	II
φ dao, mm	70	75
φ trục lõi, mm	18 ÷ 20	20 ÷ 25

Yêu cầu dưa gọt xong không được sót vỏ xanh, quả tròn đều, không dập nát. Dưa sau khi gọt vỏ xong không được xếp chồng các quả lên nhau mà phải xếp đứng từng quả lên khay rồi chuyển sang bộ phận cắt mắt.

g) Cắt mắt

Trước khi cắt mắt phải kiểm tra phẩm chất, cấp hạng, độ chín của dưa. Cắt mắt dưa thường được thực hiện ở hai dạng:

- Dùng dao sắc để cắt mắt dưa: đường cắt mắt phải cắt theo đường tròn ốc, mặt rãnh tạo thành hình tam giác, vết cắt nhẵn, không được ăn sâu vào phần lõi.
- Nhổ mắt: Trong trường hợp gọt vỏ bằng máy, thường phần mắt còn lại ít, lúc đó ta thường dùng biện pháp nhổ mắt (lấy hết phần đen còn lại của mắt dưa).

Yêu cầu dưa sau khi cắt mắt phải hết mắt, hết gân xanh, vết nâu và vết dập. Chỉ cho phép còn lại những chấm đen nhỏ như đầu kim và hạt nằm trong thịt dưa.

h) Nhúng nước muối

Dưa sau khi gọt, cắt mắt cần được nhúng qua nước muối sạch với nồng độ 0,7 ÷ 1% sau đó để ráo trên bàn.

i) Cắt miếng

- Cắt khoanh: nếu dùng máy cắt, phải kiểm tra và điều chỉnh các cỡ ống đựng dưa sao cho đường kính ống không lớn hơn đường kính quả dưa 3 mm đồng thời điều chỉnh cự ly cắt theo độ dày yêu cầu. Cắt riêng từng đợt theo cấp hạng và độ chín. Khi cho dưa vào ống phải nhẹ nhàng chọn mặt phẳng cho vào trước. Nếu cắt khoanh bằng tay phải dùng dao thật sắc, cắt nhẹ nhàng tránh làm

dập nát dứa. Thông thường độ dày khoanh dứa khoảng 15 mm khoanh dứa phải đều, không bị lệch, mặt cắt phải phẳng.

- Cắt miếng rẻ quạt: khi cắt dứa rẻ quạt phải kiểm tra phẩm chất, cấp hạng khoanh dứa để chọn hình thái cắt lợi nhất. Nếu dùng dao nhiều lưỡi để cắt thì bề mặt miếng rẻ quạt không dưới 3 cm^2 , thường cắt như sau:

Cấp hạng	I	II
φ trục lõi dao, mm	$18 \div 20$	$20 \div 25$
Số miếng cắt từ một khoanh	$4 \div 6$	8

Những khoanh vì dập nát không thể cắt dứa rẻ quạt được thì cắt thành dứa vụn (miếng nhỏ).

- Cắt dọc: chọn mặt phẳng nhất của quả dứa đặt trên thớt dùng dao sắc bổ dọc quả dứa làm đôi rồi cắt ra thành 4, 6 hay 8 miếng dọc tùy thuộc vào đường kính của quả dứa. Yêu cầu miếng dứa cắt phải đều, không lệch, không dập nát.

k) Càn, đóng gói

Túi đóng gói phải được rửa sát trùng, để ráo, túi phải đảm bảo sạch và kín. Trên túi có ký hiệu ca, ngày sản xuất. Dứa phải được đóng riêng theo phẩm chất, cấp, loại, hạng. Dứa trong túi phải đồng đều về màu sắc, kích thước. Không được lẫn tạp chất và không dập nát. Khối lượng dứa trong mỗi túi là $500\text{ g} \pm 10$.

l) Làm lạnh đông nhanh

Để đảm bảo chất lượng sản phẩm dứa sau khi đóng gói phải nhanh chóng đưa vào thiết bị làm lạnh đông nhanh (ở tủ cấp đông hay hầm làm lạnh đông) ở nhiệt độ -35°C đến -40°C , với vận tốc không khí lớn hơn 2 m/s (với hầm đông). Thời gian làm lạnh đông phụ thuộc vào loại và kích thước miếng dứa, thường từ $3 \div 5\text{ h}$. Quá trình làm lạnh đông kết thúc khi tâm sản phẩm đạt -15°C và lượng nước trong sản phẩm sẽ đóng băng tới 86%.

m) Đóng kiện

Dứa sau khi đã làm lạnh đông nhanh được đưa sang phòng đóng kiện. Kiện là các thùng cactông, mỗi thùng đóng từ 13 hay 17 túi tùy theo yêu cầu của khách hàng. Trong thùng phải có phiếu đóng kiện, trên phiếu phải ghi rõ: loại sản phẩm, số lượng, ca sản xuất, họ tên người đóng kiện. Thùng cactông phải sạch và để sẵn trong phòng đóng kiện từ 3 ÷ 4 h (để làm lạnh trước). Thường nhiệt độ trong phòng đóng kiện từ 0 ÷ 10°C. Các kiện đóng xong phải nhanh chóng đưa vào kho bảo quản ở nhiệt độ -18°C.

5.1.2.3. Quy cách và phẩm chất của dứa lạnh đông

Dứa lạnh đông được sản xuất từ dứa tươi tốt có đúng độ chín kỹ thuật (như phần nguyên liệu đã nêu) và sản phẩm phải đạt các tiêu chuẩn sau.

a) Tiêu chuẩn cảm quan

Dứa thành phẩm có màu vàng nhạt tới vàng rơm, không có màu của dứa ủng, dập nát, không có vết sâu bệnh, không còn sót mắt và vỏ chín. Màu sắc các miếng dứa trong gói phải tương đối đồng đều.

Mùi vị: Sau khi tan giá chậm trong không khí còn giữ được mùi vị tự nhiên của dứa tươi, không có mùi vị ủng hoặc mùi vị lạ.

Độ cứng: Dứa sau khi lạnh đông xong phải cứng, chắc. Dứa sau khi tan giá chậm trong không khí (khoảng 2 ÷ 4 h) không bị mềm nhũn, không bị chảy nước nhiều làm cho miếng dứa teo lại và không bị ngả sang màu thâm đen.

b) Tiêu chuẩn hình thức

- Dứa khoanh: miếng dứa tròn đều, không còn lõi, không bấm dập. Chiều dày miếng dứa từ 14 -16 mm (đường kính mỗi khoanh không nhỏ quá 55 mm). Trong mỗi túi, kích thước và hình dạng phải tương đối đồng đều.

- Dứa bổ dọc (dứa thanh): miếng dứa không còn sót lõi, mắt, các rãnh mắt phải song song cùng chiều, miếng dứa nguyên vẹn không nứt và không quá nhỏ. Trong mỗi túi, kích thước và hình dạng phải tương đối đồng đều.

- Dứa rế quạt: không sót lõi, kích thước cũng không nhỏ hơn 40 mm.

Miếng dừa dày từ 14 – 16 mm, kích thước tương đối đồng đều.

- Dừa miếng nhỏ: kích thước cung lớn của miếng dừa không nhỏ quá 20 mm. Hoặc dừa cắt theo hạt lựu, kích thước 10 × 10 × 10 mm.

c) Tiêu chuẩn bao bì

Dừa đóng trong hòm cactông số 13. Hòm sạch được tráng paraphin để chống ẩm. Trên hòm phải có ký mã hiệu và nội dung đã ký với khách hàng. Mỗi hòm đựng 17 túi × 500 g. Khối lượng tịnh mỗi hòm là 8,5 kg. Khối lượng cả bì của hòm là 10,5 kg.

Túi nilông đóng dừa phải sạch, kích thước túi 30 × 20 cm. Túi phải được hàn (dán) kín.

d) Tiêu chuẩn vi sinh vật

- Lượng tạp trùng không quá 5000 con/g sản phẩm.
- Không có vi khuẩn đường ruột *E.coli*, *Cl.welchi*.
- Hoạt độ bromelin của dừa lạnh đông bảo quản ở nhiệt độ -18°C trước 6 tháng phải còn trên 80% và từ 6 – 12 tháng phải còn trên 50% so với dừa tươi.

5.1.3. Quy trình kỹ thuật chế biến dừa lạnh đông

5.1.3.1. Khái niệm chung

Cây dừa cùng họ với cây cau của nước ta. Nó có nguồn gốc từ quần đảo Polynesia ở Thái Bình Dương. Theo tài liệu của Woodroof (1970) ước lượng rằng hiện nay trên thế giới diện tích trồng dừa vào khoảng 3,7 triệu mẫu Tây và sản lượng đạt 16.914 triệu quả dừa/năm. Các vùng trồng dừa tập trung nhiều ở Đông Nam Á và các đảo ở Thái Bình Dương. Các quốc gia trồng nhiều dừa là: Philipin (khoảng trên 1 triệu ha), Ấn Độ (trên 600.000 ha), Indônêxia (khoảng 600.000 ha), Sri Lanca (trên 400.000 ha).

Ở Việt Nam, dừa được trồng nhiều ở miền Nam, năm 1957 có khoảng trên 31 nghìn ha.

**Bảng 5.5. Diện tích và năng suất trồng dừa ở một số vùng nước ta
(theo thống kê cũ của miền Nam Việt Nam)**

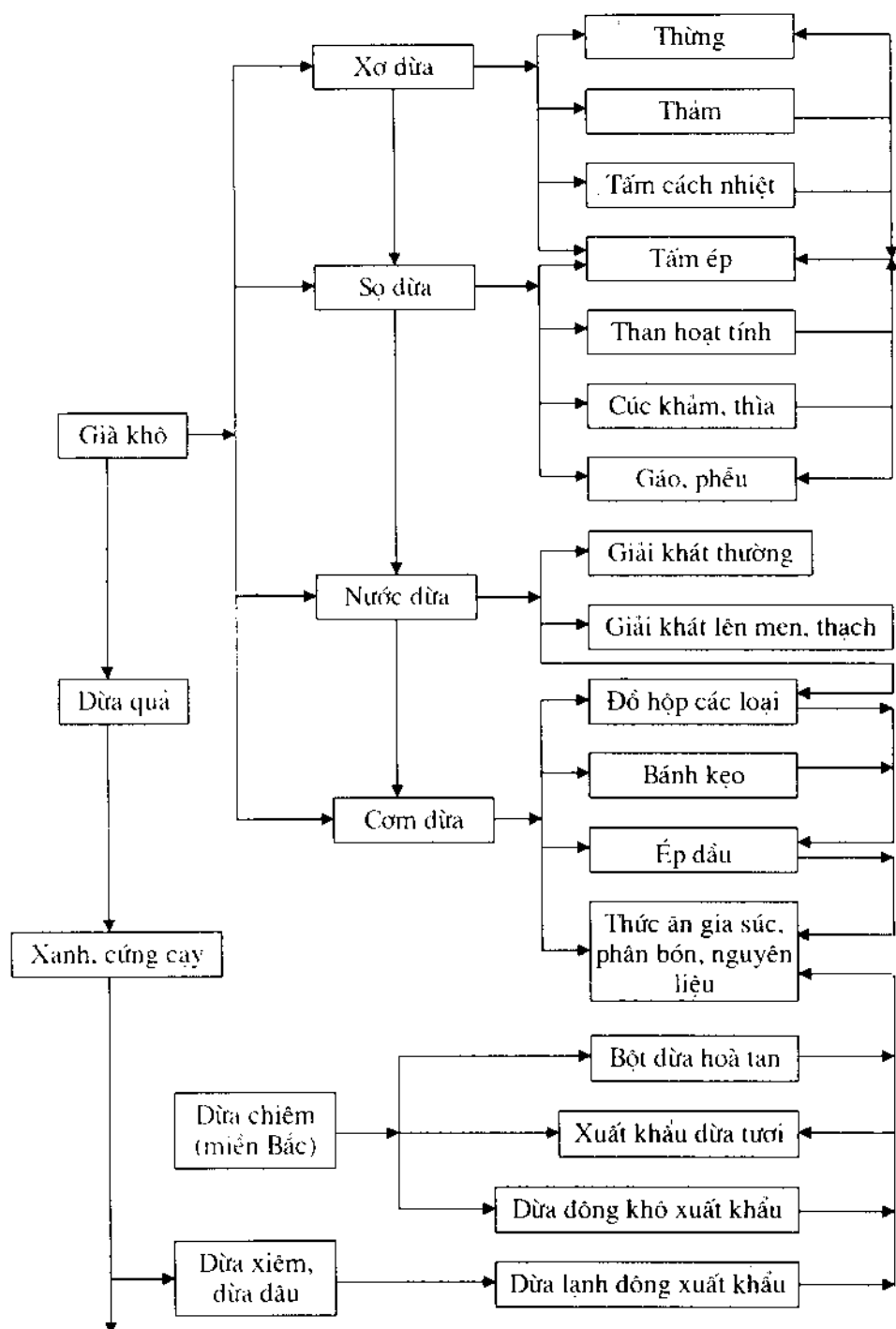
Tỉnh	Diện tích, ha	Năng suất khô dầu, tấn/ha	Số quả khô, quả/ha
Kiến Hoà	21.000	0,81	4.500
Định Tường	3.040	0,79	4.400
Bình Định	2.200	0,80	4.500
Kiên Giang	1.648	0,44	2.500
Vĩnh Long	1.067	0,52	3.000
Phong Định	600	1,18	1.000
An Xuyên	482	0,25	1.400
Khánh Hoà	460	0,70	3.900
Ba Xuyên	200	0,53	3.000
Miền Nam Phú Yên	150	0,60	3.600
Các tỉnh còn lại miền Nam	553	0,37	2.100
Các tỉnh còn lại miền Trung	94	0,60	3.300
Tổng cộng	31.494	0,74	4.170

Sau ngày miền Nam hoàn toàn giải phóng, diện tích trồng dừa được phát triển mạnh. Riêng ở miền Nam đã có khoảng 60.000 mẫu với sản lượng quả là trên 250 triệu quả/năm.

Ở miền Bắc dừa được trồng nhiều nhất ở Thanh Hoá với sản lượng khoảng 40 triệu quả/năm. Như vậy ở nước ta có khoảng 300 triệu quả dừa thu hoạch rải rác từ 4 đến 10 lần trong năm. Riêng ở miền Bắc dừa thu hoạch theo ba vụ:

- Dừa dọc thu hoạch trong tháng 1 và 2.
- Dừa chiêm thu hoạch từ tháng 3 đến tháng 7.
- Dừa chính vụ thu hoạch từ tháng 10 đến tháng 12.

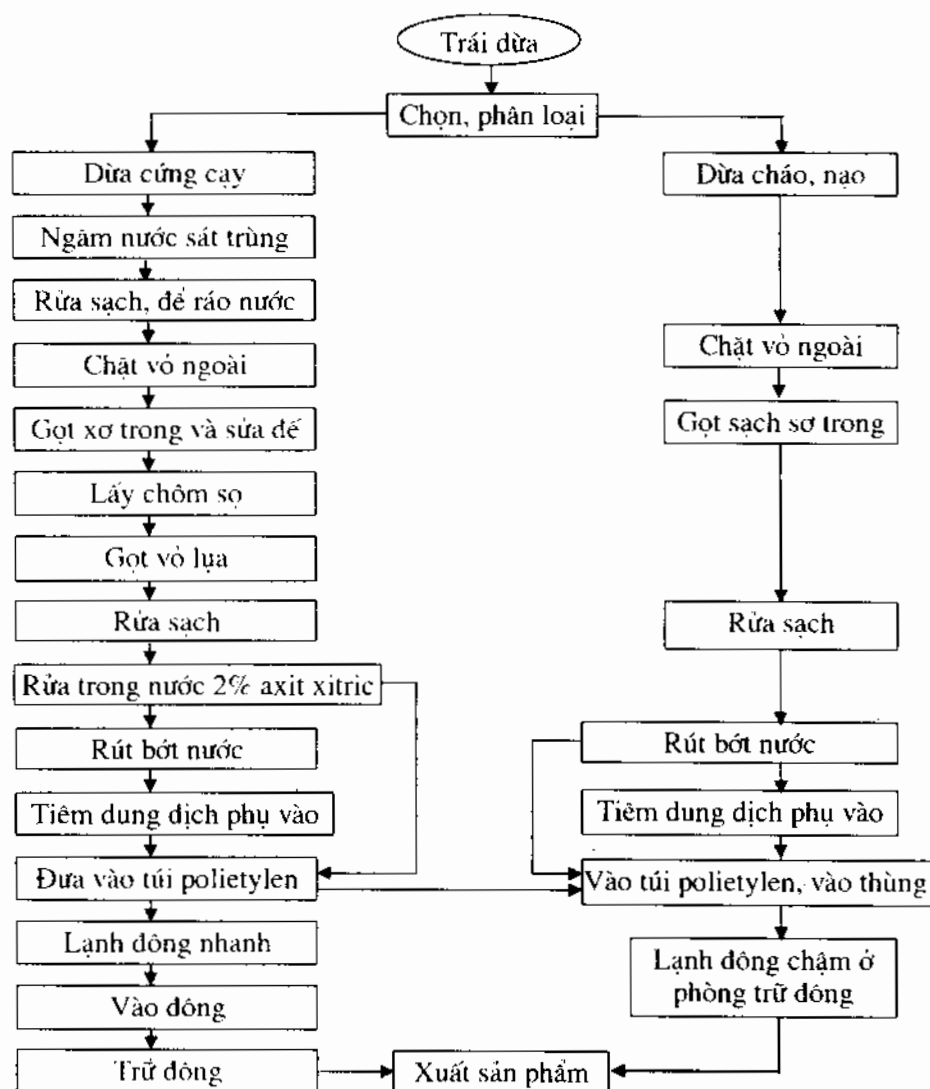
Lâu nay chúng ta chỉ quen sử dụng nước dừa (với dừa non) cùi dừa dùng để ăn và ép dầu. Thực ra dừa có thể chế biến ra nhiều sản phẩm khác nhau như trong hình 5.2.



Hình 5.2

5.1.3.2. Quy trình chế biến dưa lạnh đông

Dưa lạnh đông xuất khẩu được chế biến từ dưa có các độ già như dưa non, cháo, nạo, cứng cạy (ở miền Bắc gọi là dưa bánh tẻ), cứng cạy già. Trong đó dưa cứng cạy là dưa có tỷ lệ cơm (cùi dưa) và nước thích hợp nhất cho giải khát và ăn tráng miệng. Ở dưa cứng cạy, cơm dưa chiếm khoảng 6 – 7% và nước dưa chiếm khoảng 20 – 25%. Ở độ già này tùy cơm có thể cạy được nhưng lớp cơm ở đầu cuống còn mỏng thậm chí còn chưa bít kín được ba lỗ mắt ở đầu cuống dưa. Quy trình công nghệ chế biến dưa lạnh đông như hình 5.3.



Hình 5.3

a) Nguyên liệu

Nguyên liệu chế biến dừa lạnh đông chủ yếu là dừa Xiêm (ở miền Nam), dừa dứa, dừa chiêm (ở miền Bắc), dừa dàu v.v. Dừa thu mua ở dạng cứng cạy để có thể đẽo được 1/3 – 1/2 sọ hoặc dừa cháo, dừa nạo.

b) Chọn, phân loại

Dừa trước khi đưa vào sản xuất phải chọn, phân loại theo giống và theo độ già (cháo, nạo, cứng cạy).

c) Ngâm nước sát trùng

Sau khi chọn, phân loại dừa được ngâm trong nước sát trùng có nồng độ clo $5 \div 10$ ppm. Sau đó dừa được rửa lại trong thùng nước sạch rồi để ráo. Thời gian ngâm là $5 \div 10$ phút.

d) Chặt vỏ ngoài

Dùng dao sắc chặt bỏ vỏ xanh ở đầu và cuối sau đó đẽo 1/3 – 1/2 sọ phần đầu, phần còn lại để làm đế giữ dừa thẳng bằng và không cho nước dừa chảy ra ngoài.

e) Gọt xơ trong

Dùng dao gọt sạch xơ trong (chỉ để lại phần gáo) không qua khâu đẽo sọ.

f) Lấy chỏm sọ, gọt sửa lại cơm (cùi)

Dùng dao nhỏ hoặc cán thìa cạy chỏm đầu rồi dùng dao nhỏ gọt cho sạch vỏ và sửa lại cho đẹp.

g) Rửa sạch

Dừa cứng cạy sau khi đã đẽo 1/2 sọ đem rửa cho sạch, rồi rửa qua dung dịch nước muối 2% hoặc nước chanh pha phenol để làm trắng và sát trùng. Đối với dừa cả sọ thì phải rút bớt nước theo tỷ lệ 10% thể tích nước dừa (có thể tiêm dung dịch phụ vào như nước đường, nước muối, nước chanh, sữa v.v.).

h) Đưa vào túi polyetylen và làm lạnh đông

Dừa sau khi rửa được cho vào túi polietylen và đưa đi làm lạnh đông nhanh. Thời gian làm lạnh đông là 4 – 6 h khi nhiệt độ tâm quả dừa đạt -12°C .

i) Đưa vào thùng và trữ đông

Dừa sau khi làm lạnh đông xong được đưa vào thùng và đưa vào kho bảo

quản lạnh đông có nhiệt độ -18°C . Thời gian bảo quản tối đa là 6 tháng. Tỷ lệ các phần trong chế biến dưa lạnh đông có thể thấy trong bảng 5.6.

Bảng 5.6. Tỷ lệ các phần trong chế biến dưa lạnh đông

Dưa xiêm cứng cạy	Khối lượng, g	Tỷ lệ phần trăm (theo khối lượng)
Cà trái dưa	1847	100
Chặt vỏ ngoài	746	40
Gọt xơ trong và sửa đế	188	10
Chặt nửa sọ phía trên đế	258	14
Gọt vỏ lụa (gọt sửa lại cơm)	5	0,3
Thành phẩm dưa đông lạnh	650	35,7

5.1.4. Quy trình kỹ thuật chế biến nhãn lạnh đông

5.1.4.1. Khái niệm chung

Nhãn (*Nephelium* = *Euphoria longana*) thuộc giống *Euphoria*, họ bô hòn (*Sapindaceae*) cùng họ với cây vối, chôm chôm. Nhãn được xem là cây bản xứ trong những vùng đất thấp của Srilanka, phía Nam Ấn Độ, Miến Điện và Trung Quốc. Ở Việt Nam nhãn được trồng nhiều ở Hưng Yên từ lâu đời đã nổi tiếng nhãn Phố Hiến. Ở miền Nam nhãn cũng được trồng nhiều ở Bạc Liêu, Vũng Tàu.

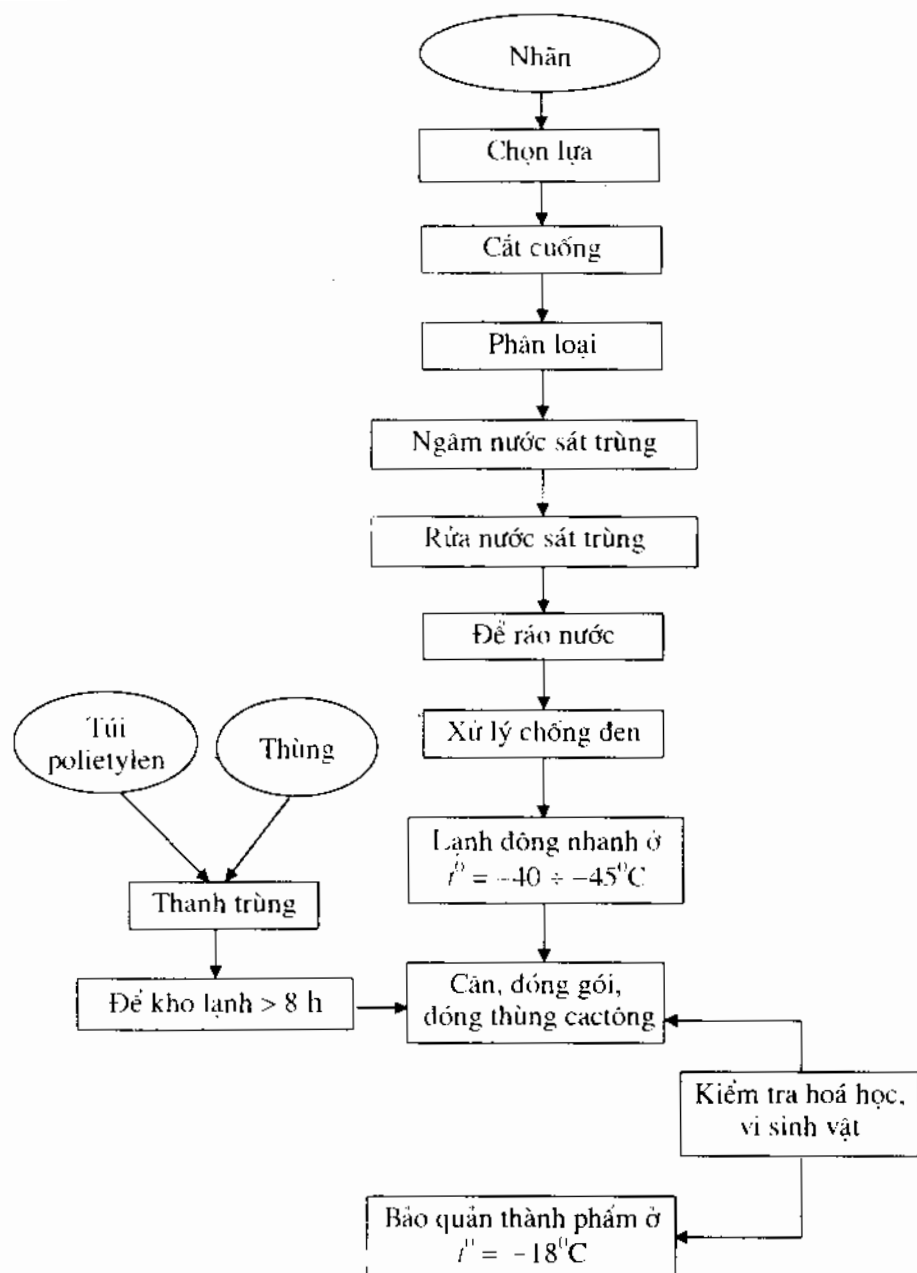
Tuỳ theo giống và điều kiện khí hậu nhãn thường chín khoảng 3 – 4 tháng sau khi hoa nở.

Nhãn có hàm lượng đường cao (15%) axit 0,1%, ngoài ra còn có nhiều canxi, phospho, sắt và các vitamin C; vitamin B₁, vitamin B₂. Nhãn có giá trị chữa bệnh như đối với người khó ngủ, ăn không ngon thì long nhãn (nhãn sấy khô) có thể làm thuốc an thần, kích thích hoạt động của não.

5.1.4.2. Quy trình kỹ thuật chế biến nhãn lạnh đông

Nhãn lạnh đông là sản phẩm chế biến từ quả nhãn chín làm lạnh đông và bảo quản lạnh đông ở $t^{\circ} = -18^{\circ}\text{C}$.

Quy trình kỹ thuật chế biến nhãn lạnh đông như hình 5.4.



Hình 5.4

a) Yêu cầu về nguyên liệu

Nhân phải tươi nguyên, không dập, ủng, không lên men, mốc, sâu bệnh, quả không bị héo, cuống còn xanh. Nhân chín có màu nâu sáng hay màu vàng tùy theo giống. Nhân có độ chín vừa phải (90 – 95%) để đảm bảo thịt quả cứng (do vậy thường chọn loại nhân có màu nâu xanh hay vàng xanh). Tuyệt đối không sử dụng loại nhân quá chín so với độ chín kỹ thuật.

b) Chọn và phân loại

Trước khi nhập kho nguyên liệu nhân phải được chọn kỹ để loại bỏ những quả không đủ tiêu chuẩn như ủng, thối, mốc, nứt v.v.

Trước khi đưa vào sản xuất nhân được phân loại theo cấp hạng và độ chín. Thường người ta chia làm hai loại theo trọng lượng quả như sau:

- Loại 1: $55 \div 75$ quả/kg (hay $13,3 \div 18$ g/quả).
- Loại 2: $76 \div 80$ quả/kg (hay $12,5 \div 13,2$ g/quả).

c) Ngâm nước sát trùng

Sau khi chọn phân loại, nhân được ngâm rửa trong nước clo có nồng độ 30 ppm trong 5 phút để sát trùng và làm bờ đất, cát vì clorin ở nồng độ này có tính sát khuẩn cao nhưng không ảnh hưởng tới chất lượng quả nhân.

d) Rửa sát trùng

Nhân sau khi ngâm được đưa sang rửa bằng nước clo nồng độ 20 ppm để tiếp tục làm sạch và làm giảm nồng độ clo trên quả nhân để sau này tan giá không còn mùi vị clo.

e) Làm lạnh đông nhanh

Nhân được rải trên khay xếp trên giàn (hoặc rải mỏng trên băng chuyền) rồi đưa vào hầm đông có $t' = -40 \div -45^{\circ}\text{C}$ trong thời gian 30 phút. Trong quá trình này nước trong cùi nhân kết tinh làm cho quả nhân cứng lại, các enzym trong quả sẽ ngừng hoạt động. Sau khi làm lạnh đông xong quả nhân được bao phủ một lớp tuyết trắng nhờ làm cho quả có màu nâu trắng hoặc vàng trắng tùy theo giống nhân.

g) Bao gói, đóng kiện

Nhân sau khi làm lạnh đông xong được đóng trong túi polietylen (với trọng

lượng 0,5 kg) sau đó đóng vào thùng cactông (cứ 20 gói cho 1 thùng) bên trong thùng có phiếu ghi rõ ngày giờ làm lạnh đông, trọng lượng.

g) Bảo quản lạnh đông

Nhân sau khi bao gói được đưa vào phòng bảo quản có nhiệt độ $t' = -8 \div -5^{\circ}\text{C}$ thời hạn bảo quản không quá 6 tháng.

5.1.5. Quy trình kỹ thuật chế biến xoài lạnh đông

5.1.5.1. Khái niệm chung

Xoài là loại quả nhiệt đới, ngon, đứng thứ hai về sản lượng sau chuối. Xoài có nguồn gốc từ Ấn Độ, Malaixia. Các nước trồng nhiều xoài là Ấn Độ, Pakixtan, Braxin. Giống xoài nổi tiếng là Alphones.

Ở Việt Nam xoài được trồng nhiều ở Nam Bộ và thu hoạch vào tháng 5, tháng 6. Các giống xoài chủ yếu của nước ta là:

- Xoài cát: quả vừa, giòn, thơm ngon.
- Xoài Thanh Ca: quả vừa, thơm ngon.
- Xoài thơm: quả vừa, vị ngọt, hương rất thơm.
- Xoài tượng: quả to, ăn xanh rất chua.

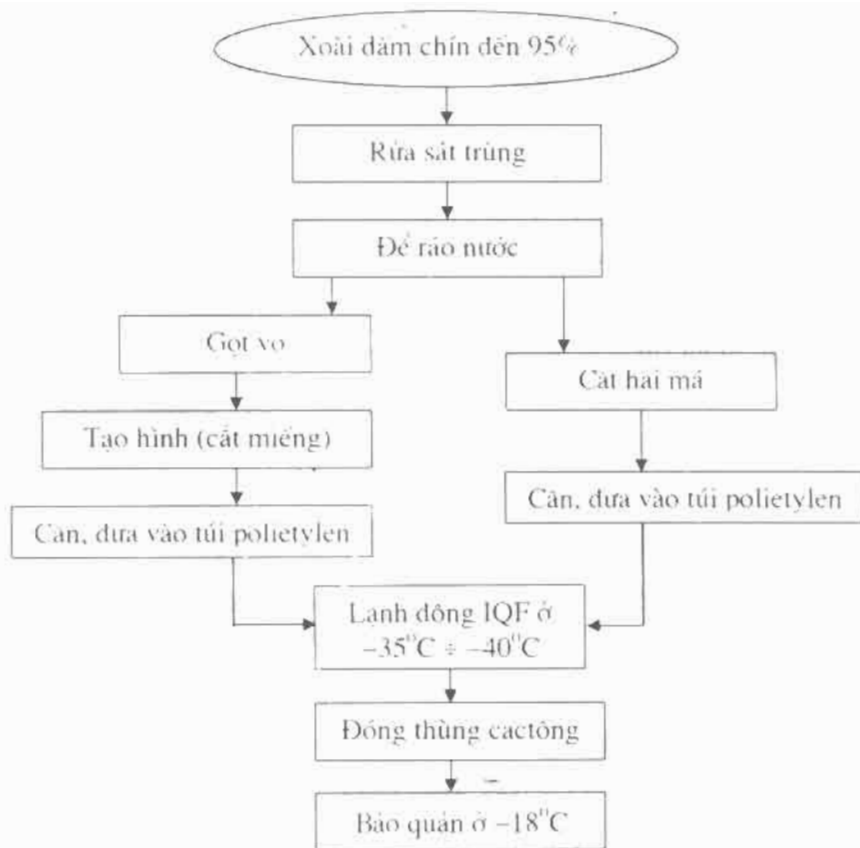
Ngoài các giống xoài phổ biến trên, miền Bắc có giống xoài Yên Châu (Sơn La) cũng rất ngon nhưng khi chín thịt quả mềm. Ngoài ra còn có các loại cùng họ với xoài như sau:

- Muôm: có kích thước nhỏ, vị rất chua.
- Quèo: quả dẹt nhỏ đầu cong như cổ mỏ, vị chua.

Xoài là loại quả một hạt hình quả thận, vỏ dai, khi chín có màu vàng xanh hoặc vàng, thịt quả bám chủ yếu ở hai bên hạt (gọi là má xoài), hạt to chiếm 25 – 30% khối lượng quả. Về thành phần hoá học thịt xoài chứa nước 76 – 80%; đường 11 – 20%; axit 0,2 – 0,54% (khí xanh cao hơn nhiều), carotin 3,1 mg%, vitamin C 13 mg%, vitamin B₁ 0,04%. Axit trong xoài chủ yếu là axit galic.

5.1.5.2. Quy trình chế biến xoài lạnh đông

Quy trình công nghệ chế biến xoài lạnh đông như trong hình 5.5.



Hình 5.5

a) Nguyên liệu

Nguyên liệu sản xuất xoài lạnh đông chủ yếu xoài cát, xoài Thanh Ca, xoài tượng và xoài thơm. Để đạt chất lượng cao, miếng xoài cứng thì xoài đưa vào sản xuất không được quá chín (tốt nhất đạt độ chín 95%).

b) Chọn và phân loại

Xoài sau khi thu hái phải được phân loại theo độ chín, loại bỏ những quả không đủ tiêu chuẩn như sâu bệnh, dập, thối v.v.

c) Rửa sát trùng

Xoài đủ tiêu chuẩn đưa vào bể ngâm sát trùng với nồng độ clo là $10 \div 15$ ppm thời gian ngâm là 15 phút, sau đó đưa vào máy rửa thổi khí, sau khi rửa xong được tráng lại bằng nước sạch rồi cho lên bàn để ráo.

d) Gọt vỏ

Dùng dao sắt gọt hết vỏ ngoài. Trong quá trình gọt vỏ phải hết sức nhẹ nhàng tránh làm dập nát thịt xoài.

e) Tạo hình

Tạo hình có hai dạng: dạng dĩa gọt vỏ thường đem cắt miếng (dọc hoặc ngang) theo yêu cầu khách hàng. Dạng không gọt vỏ thì chỉ cắt hai má rồi để nguyên không cắt nhỏ thêm.

f) Cân, đóng túi

Túi đựng xoài là polietylen. Với xoài cắt miếng thường đóng túi 0,5 kg. Còn với xoài còn vỏ (má xoài) một túi đóng từ 2 ÷ 4 miếng tùy theo kích cỡ quả xoài.

g) Làm lạnh, đông nhanh

Xoài sau khi đóng túi được đưa đi làm lạnh đông nhanh trong tủ đông (dạng IQF) có nhiệt độ $-35 \pm -40^{\circ}\text{C}$. Trong thời gian 3 – 4 h khi nhiệt độ tâm sản phẩm đạt $-12 \pm -15^{\circ}\text{C}$ thì kết thúc.

h) Đóng thùng và bảo quản

Giống như các sản phẩm lạnh đông khác, sau khi làm lạnh đông xong xoài nhanh chóng được đóng vào thùng carton rồi đưa đi bảo quản lạnh đông ở nhiệt độ -18°C .

5.1.6. Quy trình kỹ thuật chế biến vải lạnh đông

5.1.6.1. Khái niệm chung

Vải thuộc giống *Nepheliumlitchi* = *litchi sinensis*, họ bô hòn tên gọi là *Litchi*.

Vải là loại quả có chất lượng cao và được thị trường thế giới ưa chuộng. Vải được trồng nhiều ở các nước nằm ở giữa các vĩ tuyến 20 – 30 độ Bắc và Nam thuộc đường xích đạo. Vải được trồng nhiều ở các nước như

Trung Quốc	39.700 ha	61.820 tấn
Thái Lan	13.550 ha	18.401 tấn
Austràlia	1.000 ha	250 tấn

Miền Bắc Việt Nam ở sát Trung Quốc được coi là nơi xuất xứ của vải. Theo tài liệu của Pháp để lại (C. Petelot 1952) nơi đây cây vải mọc ở sườn núi Ba Vì (Hà Tây), Tam Đảo (Vĩnh Phúc). Sử sách chép rằng cách đây 10 thế kỷ thời Bắc thuộc, vải (tên hán là Lệ Chi) là một trong những cống vật Việt Nam hàng năm phải cống nạp cho Trung Quốc và tài liệu Trung Quốc cũng cho biết khoảng năm 200 sau Công nguyên vua Việt Nam là Triệu Đà có mang vải sang cống.

Ở nước ta cây vải được trồng nhiều ở hai bờ sông Đáy nhất là vùng Thanh Oai (Hà Tây), hai bờ sông Hồng đặc biệt vùng Hải Dương có vải Thanh Hà nổi tiếng trong cả nước vì quả ngon, giòn, thơm, cùi dày, hạt nhỏ. Từ Thanh Hà nghề trồng vải đã lan rộng ra các vùng Đông Bắc như Bình Khê, Đông Triều, Hoành Bồ (Quảng Ninh) đặc biệt huyện Lục Ngạn hiện nay là nơi có sản lượng lớn nhất trong cả nước. Hiện nay Lục Ngạn đã có trên 2.000 ha trồng vải. Vải được trồng trước hết dùng để ăn tươi và chế biến đồ hộp vải nước đường, giá trị sinh năng lượng của vải lớn vì độ khô cao (nước ép từ cùi vải có độ Bx từ $19 \div 21$ trong khi từ bưởi, quýt, cam chỉ $9 \div 12$).

Trong quả vải nếu là giống tốt (vải thiếu) tỷ lệ phần ăn được (cùi vải) chiếm $70 \div 80\%$ khối lượng quả. Hiện nay vải đã được xuất khẩu tươi sang các nước đặc biệt các nước châu Âu. Năm 1984 châu Âu mới nhập 2.000 tấn vải tươi, đến năm 1994 đã nhập tới 9.000 tấn với giá trị $4 \div 5$ USD/kg. Nhu cầu này càng ngày càng tăng.

Vải trồng ở nước ta hiện nay chủ yếu là hai loại: vải chua (vải ta) và vải thiếu:

- Vải chua (vải ta) là loại được trồng lâu đời ở nước ta. Quả vải chua to hình trái tim, ít khi có dạng hình cầu. Trọng lượng từ $20 \div 30$ g/quả, vỏ quả đỏ. Hạt quả to, tỷ lệ cùi thấp (thường chỉ $60 - 65\%$ khối lượng quả. Vải chua thu hoạch vào cuối tháng 4 và đầu tháng 5. Chất lượng vải chua thấp hơn vải thiếu. Độ chua cao từ $0,8 \div 1\%$.

- Vải thiếu: Còn gọi là vải Tàu vì người ta cho rằng giống này được đưa từ Trung Quốc sang. Vải thiếu có quả nhỏ hơn vải chua, chỉ nặng 20 g/quả. Quả

hình cầu, tỷ lệ cùi (phần ăn được) cao hơn vải chua, chiếm $70 \div 80\%$, hạt nhỏ, độ đường cao. Loại nổi tiếng của vải thiếu là vải Thanh Hà. Vải Thanh Hà quả hình cầu cuống quả cầm xiên, gai quả trung bình, quả chín màu đỏ vàng, quả nặng $18 \div 20\text{g/quả}$. Tỷ lệ cùi $72 \div 76\%$, độ Bx $19 \div 20$.

Ở nước ta vải chín từ cuối tháng 4 đến giữa tháng 6. Chín sớm nhất là vải chua và muộn nhất là vải thiếu. Vải phải thu hoạch đủ độ chín vì những ngày gần chín quả lớn nhanh nhất (thu sớm $3 \div 5$ ngày, sản lượng có thể giảm $10 : 20\%$). Hơn nữa vải không chín thêm sau khi thu hoạch và hái sớm độ chua cao. Nhưng vải không thể để quá chín vì lúc đó sâu bọ, dơi, chuột phá hoại nhiều, gặp mưa quả bị nứt, để quá chín thịt quả nhũn khó chế biến, vỏ quả sẫm màu. Vải là loại vỏ mỏng dễ sẫm màu nên việc tổ chức thu hái và vận chuyển đến nơi tiêu thụ phải hết sức thận trọng vì vải dễ thối dập. Chỉ một ngày vận chuyển không che đậy hoặc không nhẹ tay vỏ đã thâm lại rất khó bán.

Khả năng xuất khẩu vải tươi ngày càng tăng vì vậy chúng ta đã nghiên cứu nhiều biện pháp để kéo dài thời gian bảo quản của vải sau thu hoạch.

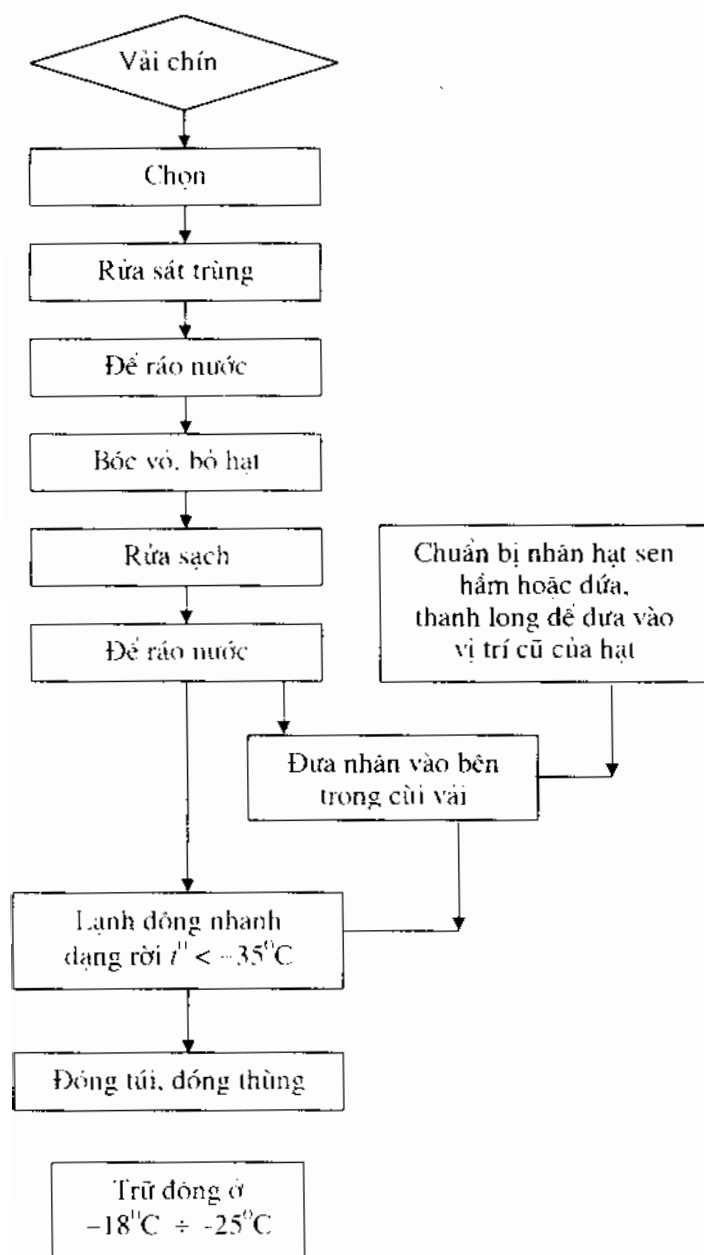
Theo Shinhhiaghin cách tốt nhất để giữ lâu vải là bảo quản trong hỗn hợp không khí và khí CO_2 với tỷ lệ $3 : 1$ ở $4,5^\circ\text{C}$ thì sau 30 ngày đêm vải vẫn giữ được màu sắc, hương vị tự nhiên của vải tươi.

Ở Nam Phi người ta xông quả vải bằng SO_2 (đốt $100 \div 150\text{g}$ lưu huỳnh trong phòng kín) để giữ màu sắc quả vải nhưng cũng không quá hai tuần lễ.

Hiện tại ở nước ta Viện Nghiên cứu Rau quả cũng đã nghiên cứu dùng SO_2 và bảo quản lạnh để bảo quản nhưng thời hạn cũng không kéo dài. Để có thể vận chuyển đi xa và giảm chi phí vận chuyển vải phải được chế biến thành sản phẩm lạnh đông.

5.1.6.2. Quy trình chế biến vải lạnh đông

Vải lạnh đông của nước ta đã được chế biến và xuất sang Liên Xô cũ vào thập kỷ tám mươi của thế kỷ XX và được khách hàng rất ưa chuộng. Quy trình công nghệ chế biến vải lạnh đông theo sơ đồ trong hình 5.6.



Hình 5.6

a) Nguyên liệu

Nguyên liệu để sản xuất vải lạnh đông có thể là vải chua hay vải thiêu có độ chín kỹ thuật. Quả vải cứng không mềm, không sâu bệnh, dập nát, không nứt và không bị lên men mốc.

b) Chọn phân loại

Vải sau khi vào nhà máy phải tiến hành chọn để loại bỏ các quả không đủ quy cách như sâu bệnh, dập nát... và phân loại theo cấp hạng để sau này dùng dao tách hạt cho phù hợp. Trong quá trình chọn, phân loại, tiến hành luôn công việc vật cuống.

c) Rửa sát trùng

Vải sau khi chọn được đưa vào ngâm trong dung dịch clo nồng độ 15 ppm trong 5 phút, sau đó đưa sang máy rửa thổi khí để rửa sạch tạp chất đất cát và sát trùng bề mặt quả vải. Sau khi rửa xong quả vải được tráng lại bằng nước sạch rồi được để ráo trên bàn.

d) Bóc vỏ bỏ hạt

Bóc vỏ bỏ hạt nhằm loại bỏ những phần không sử dụng ra khỏi cùi vải. Cách tiến hành như sau: dùng tay cầm phần quả vải tay phải vật cuống sau đó bóc phần vỏ quanh cuống sao cho vừa đủ miệng ống lấy hạt. Ống dao lấy hạt có dạng hình côn, sắc đường kính từ 10 ÷ 17 mm tùy theo loại vải, ống được làm từ thép không gỉ. Khi lấy hạt ống dao xoáy vào quả vải phần đã bóc vỏ, khi đó cùi vải bị đứt ra không còn liên kết với hạt vải dao ăn sâu vào hạt, sau đó rút và xoay theo chiều ngược lại sẽ lấy được hạt ra. Bóc nốt phần vỏ còn lại và thả cùi vào khay chứa. Yêu cầu khi tách hạt khỏi cùi vải: cùi vải không bị rách và giữ nguyên hình dạng quả.

e) Ngâm và rửa lại

Cùi vải sau khi lấy được phải ngâm ngay vào dung dịch CaCl_2 0,5% trong 10 - 15 phút nhằm làm tăng độ cứng của cùi vải, khi đó ăn sẽ giòn hơn. Sau khi ngâm, cùi vải được vớt ra để ráo và được rửa lại bằng nước sạch nhằm loại bỏ CaCl_2 bên ngoài, tạo màu và hương vị tự nhiên của cùi vải. Sau đó vớt ra khay có đục lỗ để trên bàn cho ráo nước.

f) Chuẩn bị nhân

Nhân cho vào trong cùi vải có thể có hoặc không tùy theo hợp đồng. Việc

cho nhân làm tăng độ cứng và cố định hình dáng của cùi vải. Mặt khác cho nhân còn có tác dụng tăng giá trị dinh dưỡng, hương và vị của sản phẩm. Nhân thường được làm từ hạt sen hầm nhừ trong dung dịch nước đường nồng độ 15 - 18%.

g) Làm lạnh đông nhanh

Vải sau khi được xếp vào khay rồi đưa vào làm lạnh đông nhanh dạng rời trong các thiết bị dạng IQF ở nhiệt độ -35°C . Khi tâm của nó đạt nhiệt độ -12°C thì kết thúc. Thời gian làm lạnh đông thường 2 – 3 h.

h) Đóng túi, đóng thùng

Vải sau khi làm lạnh đông được đóng vào hộp nhựa mỏng, mỗi hộp 0,5 kg sau đó làm kín nắp hộp (có thể dán bằng băng dính). Các hộp vải được xếp vào thùng cactông khoảng 20 hộp/thùng. Quá trình đóng hộp hoặc đóng thùng phải tiến hành trong phòng lạnh có nhiệt độ -10°C . Thùng và hộp phải được vô trùng và để trong phòng lạnh 3 – 4 h trước khi đóng thùng. Trong mỗi hộp phải có một mảnh giấy không thấm nước in ca, ngày tháng sản xuất, ký hiệu mặt hàng, tên nhà máy, ngày tháng năm sản xuất, khối lượng, thời hạn sử dụng... theo yêu cầu của khách hàng.

i) Bảo quản lạnh đông

Vải sau khi đóng thùng phải đưa ngay vào kho bảo quản lạnh đông ở nhiệt độ $-18 \div -25^{\circ}\text{C}$ (tùy theo đặc điểm kỹ thuật của phòng). Thời hạn bảo quản không quá 6 – 8 tháng.

5.2. QUY TRÌNH CHẾ BIẾN LẠNH ĐÔNG MỘT SỐ THỦY SẢN VIỆT NAM

Nước ta có nhiều sông ngòi và bờ biển dài vì vậy thủy sản Việt Nam rất đa dạng và phong phú. Việc chế biến lạnh đông các sản phẩm của ta cũng rất nhiều. Trong phạm vi tài liệu này chỉ có thể giới thiệu một số quy trình chính tiêu biểu cho chế biến thủy sản đông lạnh ở nước ta hiện nay.

5.2.1. Quy trình kỹ thuật chế biến tôm đông lạnh

5.2.1.1. Khái niệm chung

Tôm phân bố ở cả biển và sông hồ, tuy vậy tôm biển vẫn nhiều hơn cá. Ở Việt Nam tôm là đối tượng rất quan trọng của ngành thủy sản hiện nay, vì nó

chiếm tỷ lệ 55% tổng kim ngạch xuất khẩu của ngành. Xuất khẩu tôm tươi và tôm lạnh đông toàn thế giới năm 1990 vượt quá 6 tỷ USD, năm 1990 Việt Nam đứng thứ chín trên thế giới về xuất khẩu tôm đông lạnh. Được sự quan tâm của Nhà nước, ngành nuôi trồng và chế biến tôm đông lạnh ở nước ta ngày càng phát triển.

Việt nam có khoảng 225 loài tôm được phân bố ở các vùng biển xa bờ, vùng biển ven bờ và các thủy vực trong nội địa.

Tôm thuộc ngành *Arthoropoda*, lớp *Crustacea*, lớp phụ: *Malacostraca*, bộ *Decapoda*, bộ phụ: *Dendrobranchiata*. Thành phần hoá học của tôm có thể thấy ở bảng 5.7.

Bảng 5.7. Thành phần hoá học của một số loài tôm trên thế giới

Loài tôm	Thành phần hoá học, % khối lượng			
	Nước	Protein	Tro	Lipit
Tôm he trắng	77.4 ± 0.2	20.6 ± 0.1	1.41 ± 0.02	0.20 ± 0.02
Tôm he nâu	76.2 ± 0.1	21.4 ± 0.2	1.63 ± 0.20	0.14 ± 0.01
Tôm hồng	81.5 ± 0.5	17.1 ± 0.4	1.30 ± 0.06	0.39 ± 0.05
Tôm châu Á	84.0 ± 0.4	15.2 ± 0.4	0.77 ± 0.03	0.42 ± 0.17
Tôm sú	75.22 ± 0.55	21.04 ± 0.48	1.91 ± 0.05	1.83 ± 0.06

Tôm là loại nguyên liệu có nhiều hệ enzym và vi sinh vật tập trung ở đầu và phân bố dọc toàn thân do vậy tôm bị phân huỷ rất nhanh sau khi chết. Những biến đổi của tôm sau khi chết rất đa dạng và phức tạp nhưng nhìn chung có thể chia thành các dạng sau:

- Biến đổi dưới tác dụng của các enzym nội tại: các biến đổi này chủ yếu là những biến đổi của adenosin triphosphat (ATP), biến đổi của glycogen, biến đổi tạo thành actomyosin.

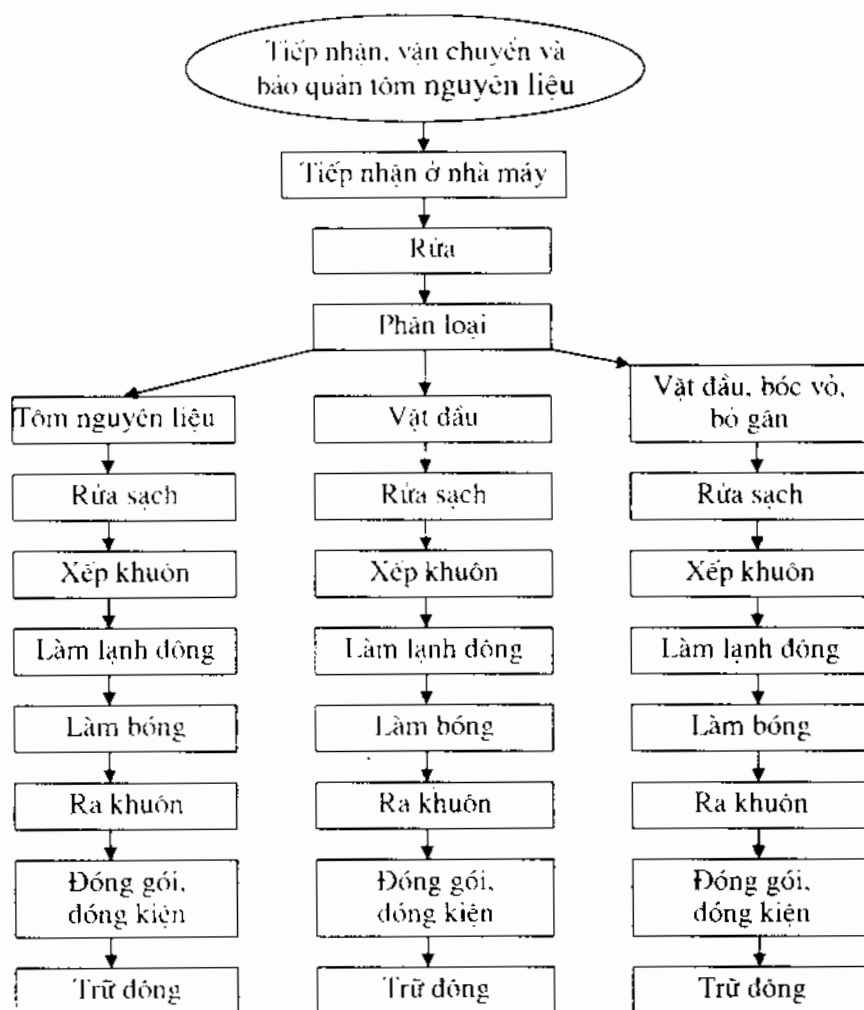
- Biến đổi của các hợp chất chứa nitơ: đây là nguyên nhân cơ bản gây sự giảm sút chất lượng tôm. Đây là quá trình phân huỷ một số hợp chất nitơ tạo ra các mùi khó chịu, tạo ra các hợp chất bay hơi có mùi thối. Do quá trình phân huỷ làm biến đổi các protein gây ra những thay đổi trong quá trình thẩm thấu và màu sắc của cơ thịt.

- Biến đổi do tác dụng của vi sinh vật: vi sinh vật này có sẵn trong tôm (tập

trung ở phần đầu) hoặc xâm nhập từ ngoài vào. Dưới tác dụng của vi sinh vật và các hệ enzym chứa trong nó, các chất dinh dưỡng protit, lipit bị phân huỷ nhanh và phân huỷ hoàn toàn tạo ra các chất gây mùi như NH_3 , H_2S , indol, scatol. Chính những biến đổi này mà các quá trình diễn ra (từ tê cứng đến chín hoá học và phân huỷ sâu sắc) diễn ra nhanh. Để giữ được chất lượng của tôm cần phải có biện pháp bảo quản sau đánh bắt và chế biến cho phù hợp.

5.2.1.2. Quy trình chế biến tôm đông lạnh

Quy trình công nghệ tổng quát chế biến tôm đông lạnh như trong hình 5.7.



Hình 5.7

a) Tiếp nhận, bảo quản và vận chuyển tôm nguyên liệu

Muốn cho các sản phẩm tôm có chất lượng cao sau khi đánh bắt tôm phải được bảo quản lạnh ngay trong phòng lạnh, nước lạnh hoặc bằng nước đá theo tỷ lệ đá/tôm = 0,5/1 tùy thời gian bảo quản và vận chuyển. Nhìn chung càng giữ tôm ở nhiệt độ thấp (trên nhiệt độ đóng băng của dịch bào) càng tốt. Thời gian bảo quản phụ thuộc vào nhiệt độ như sau:

Nhiệt độ, °C	-0,25	0	0,5	3	5	7	10
Thời gian bảo quản, ngày đêm	11 ÷ 12	8	6 ÷ 8	5 ÷ 6	3,5	2 ÷ 3	1,5

Như vậy trong bảo quản tôm nguyên liệu thường dùng ở nhiệt độ 0,5°C. Vì nhiệt độ thấp hơn -1°C để làm cho lượng nước trong tôm đóng băng.

Tôm sau khi đánh bắt được cho vào sọt tre, thùng nhựa hoặc bằng thép không gỉ. Khối lượng tôm cho vào thùng khoảng 50 kg (cả đá) vừa cho hai người khiêng tùy theo phương tiện và thời gian vận chuyển mà quyết định tỷ lệ đá /tôm. Đá được xay càng nhỏ càng tốt. Trong thùng cứ xếp xen kẽ lớp đá lớp tôm, lớp đáy và trên cùng được phủ kín bằng lớp đá. Trong khi xếp chú ý không được để bao bì đè trực tiếp lên nguyên liệu tôm. Trong quá trình vận chuyển phải thường xuyên kiểm tra nếu thấy xuất hiện tình trạng ươn thối phải lập tức cho tiêu thụ ngay không được đưa về nhà máy.

b) Tiếp nhận

Nhà máy cần có khu tiếp-nhận tôm riêng. Khu vực này có nền xi măng và rãnh thoát nước. Nền và rãnh thường xuyên rửa bằng nước sát trùng chlorine 50 ppm trước và sau khi tiếp nhận.

c) Rửa

Nguyên liệu sau khi tiếp nhận được đưa sang thùng rửa, không được đưa các phương tiện vận chuyển vào phân xưởng sản xuất. Thùng rửa làm bằng thép không gỉ. Sức chứa của thùng có thể từ 50 – 500 kg tùy việc bốc dỡ bằng cơ khí (cần cẩu, palăng v.v.) hay bằng tay. Thùng rửa được đặt trong bể nước lưu động. Nước đá dùng để ướp tôm trong lúc vận chuyển và rác bẩn sẽ nổi lên trên mặt nước và được vớt ra cho vào thùng chứa rác thải.

Quá trình rửa tôm phải nhanh vì lượng đá không đủ để khống chế nhiệt độ cần thiết cho tôm. Tốt nhất là đáy và chung quanh bể rửa có các thiết bị làm lạnh nước trong bể để ổn định nhiệt độ của nước rửa tôm.

d) Phân loại

Mục đích của khâu phân loại nhằm loại bỏ những con tôm không đủ tiêu chuẩn chế biến.

Bảng 5.8. Đánh giá chất lượng tôm nguyên liệu đủ tiêu chuẩn chế biến tôm đông lạnh

Các chỉ tiêu	Mức và yêu cầu	
	Loại 1	Loại 2
<i>Cảm quan</i>		
Màu sắc	Có vỏ màu tự nhiên đặc trưng cho mỗi loài tôm	Vỏ ngoài trắng đục, nhạt, đã hiện vằn đen nhất là ở đầu nhưng chưa ăn sâu vào thịt
Trạng thái:		
- Đầu	Đính chắc vào thân, không bị vỡ gach	Đã bị long nhưng còn dính vào thân. Hơi bị vỡ gach
- Mắt	Căng tròn, bóng đen	Hơi nhàn, mờ đục
- Chân	Đính chắc vào đầu	Còn dính vào đầu nhưng không chắc
- Bụng	Màng bụng sáng bóng	Màng bụng ít sáng bóng
- Thịt	Chắc, đàn hồi, khó tách rời khỏi vỏ, màu tự nhiên	Thịt hơi mềm, dễ tách rời khỏi vỏ, màu trắng đục
- Mùi	Mùi tanh tự nhiên, không có mùi lạ	Thoảng mùi ươn nhẹ, không có vị lạ
- Vị	Khi luộc chín nước luộc trong, thịt có vị ngọt	Khi luộc chín nước luộc đục, thịt ít ngọt
<i>Hoá học</i>		
Hàm lượng NH_3 (mg N_3 /100 g thịt tôm)	≤ 25	≤ 35
<i>Vì sinh vật</i>		
Tập khuẩn (số lượng tế bào/l g thịt tôm)	$\leq 10^4$	$\leq 10^5$
Vi khuẩn gây thối (số tế bào/l g thịt tôm)	$\leq 10^2$	$\leq 10^3$
Vi khuẩn gây bệnh	Không có	Không có

Khi phân loại cần tiến hành nhanh trên mặt bàn bằng thép không gỉ hoặc bằng gạch men. Bàn có độ dốc về giữa không có nước đọng. Việc phân loại tôm nên tiến hành theo từng đợt ngắn. Trước mặt người công nhân chỉ nên để 1 – 2 kg tôm và ba rổ (để phân ba loại: tôm nguyên con, tôm vật đầu và tôm bóc vỏ) nhúng trong bể nước đá. Khi đã chọn đủ số lượng để cân, tôm được để ráo nước và đưa đi cân ngay. Tôm sau khi phân loại và cân phải đưa đi ướp đá và đưa sang công đoạn tiếp theo, nếu chưa chế biến kịp phải đưa vào kho bảo quản ở nhiệt độ 6°C.

e) Vặt đầu tôm

Công việc vặt đầu tôm được tiến hành trong phân xưởng nơi thoáng mát. Trong điều kiện khí hậu của nước ta vặt đầu tôm và các công đoạn tiếp theo tốt nhất được tiến hành trong phòng điều hoà có nhiệt độ từ 15 – 20°C. Thao tác vặt đầu tôm nhanh nhất là giữ tôm trong lòng bàn tay dùng sức ép của ngón cái và ngón trỏ để loại bỏ đầu tôm ra khỏi thân. Thao tác như vậy thì mép thịt tương đối phẳng đảm bảo yêu cầu kỹ thuật và nhanh vì có thể tiến hành cả hai tay. Không nên vặt đầu bằng cả 2 tay bằng cách bẻ cong hay kéo đứt ra vì như vậy mép thịt bị xước không phẳng, năng suất thấp. Đầu tôm loại ra được đưa ngay vào thùng chứa, thùng này phải thay rửa luôn ít nhất 1 h 1 lần. Tôm sau khi vặt đầu phải đưa ướp đá có pha clorin 20 ppm ngay. Chính trong giai đoạn này cần phân loại xem sau khi vặt đầu con nào nát, con nào không đủ tiêu chuẩn sang sản xuất tôm nõn (bóc vỏ, bỏ gân).

f) Bóc vỏ và bỏ gân

Mặt hàng tôm bóc vỏ và bỏ gân thường áp dụng cho những loại tôm có phẩm chất kém hơn tôm vật đầu. Vỏ tôm chính là nơi biểu hiện rõ nhất mức độ tươi và nguyên vẹn của con tôm. Vì vậy cần phải bóc vỏ bỏ đi để phục hồi chất lượng thịt tôm. Tôm có một đường gân (ruột) chạy suốt từ đầu đến đuôi ở phần lưng, gân này cần phải được lấy ra trước khi lạnh đông. Việc bóc vỏ bỏ gân cần được tiến hành nhanh. Thông thường tôm được giữ chặt bằng một tay còn tay kia nắm chặt mép vỏ để lột sạch vỏ và rút đường gân. Trong một số trường hợp gân ăn sâu vào thịt tôm phải dùng dao nhọn sắc rạch nhẹ phần thịt tôm để lấy

ruột ra. Tôm sau khi bóc vỏ là môi trường thuận lợi cho vi sinh vật xâm nhập và phát triển. Vì vậy những công nhân ở công đoạn này phải được kiểm tra vệ sinh định kỳ và chặt chẽ. Quá trình bóc vỏ được thực hiện trên bàn thép không gỉ, gạch tráng men hoặc nhựa chuyên dùng.

Tôm sau khi bóc vỏ phải được cho vào thùng nhựa hoặc thép không gỉ để ướp đá có chất sát trùng clorin 30 ppm.

g) Xếp khuôn

Khuôn là những hộp (khay) kim loại chuyên dùng, kích thước tùy theo yêu cầu của khách hàng. Hiện nay thông dụng nhất là loại 2 kg. Khuôn được chế tạo bằng thép không gỉ cứng, để giữ cố định khối tôm trong quá trình làm lạnh đông và ra khuôn. Mặt trong của khuôn phải nhẵn bóng để giữ mặt ngoài khối tôm đẹp. Khuôn trước khi sử dụng phải được rửa sạch bằng nước sát trùng clorin nồng độ 20 ppm. Xếp tôm vào khuôn có thể tiến hành một trong ba cách: xếp thành lớp, xếp xen kẽ và đổ lẫn lộn:

- Xếp từng lớp thường áp dụng với các loại tôm cỡ lớn (cỡ số 50 trở lên). Tôm xếp từng con vào khuôn ở tư thế nằm nghiêng đầu hướng ra ngoài, đuôi hướng vào giữa khuôn.

- Xếp xen kẽ: phương pháp này áp dụng với tôm cỡ vừa (cỡ từ 50 đến 120). Đối với phương pháp này tôm ở lớp đáy, lớp trên mặt và lớp bao quanh được xếp cẩn thận giống như xếp từng lớp ở trên, còn ở giữa có thể đổ lẫn lộn.

- Đối với tôm có cỡ số 120 trở lên thường cho vào khuôn theo phương thức đổ lẫn lộn.

Sau khi xếp khuôn xong cần phải cân để kiểm tra khối lượng của từng khuôn. Chú ý lượng tôm trong khuôn bao giờ cũng phụ trội hơn so với khối lượng quy định được ghi trong hợp đồng mua bán vì trong quá trình làm lạnh đông và bảo quản có sự hao hụt khối lượng.

Khối lượng phụ trội có thể thấy ở bảng 5.9.

Bảng 5.9. Khối lượng tôm trước khi đưa vào ướp đông

Loại tôm	Kích thước (cỡ)	Đối với hộp 2 kg cần cho	Đối với hộp 5 pao cần cho
Tôm vật đầu	Dưới 20	2,05 kg	5 pao 2 aoxơ
	21 ÷ 40	2,10 kg	5 pao 4 aoxơ
	41 ÷ 90	2,15 kg	5 pao 6 aoxơ
	91 ÷ 150	2,20kg	5 pounds 8 oun
Tôm bóc vỏ	Dưới 25	2,10 kg	5 pao 4 aoxơ
	26 ÷ 60	2,15 kg	5 pao 6 aoxơ
	61 ÷ 130	2,20 kg	5 pao 8 aoxơ
	Trên 130	2,25 kg	5 pao 10 aoxơ

Ghi chú: - Ounce, đọc là aoxơ (đơn vị đo lường Anh) và 1 aoxơ = 28.35 g.

- Pound, đọc là pao (đơn vị đo lường Anh) và 1 pao = 450 g.

Trong khi xếp khuôn cần chú ý đến lượng nước làm bóng vì qua điểm đóng băng thể tích của nước đã tăng lên. Vì vậy nếu lượng nước làm bóng quá nhiều thể tích của khối sẽ tăng lên làm cho hộp khuôn bị biến dạng gây khó khăn cho việc ra khuôn và đóng hòm cactông sau này. Nước làm bóng phải là nước sạch có thêm chất sát trùng clorin 2 ÷ 5 ppm. Lớp nước làm bóng không những giữ cho khối tôm được kín trong lớp băng bóng mà còn làm cho lớp tôm ngoài không tiếp xúc với không khí nên không bị oxy hoá, làm biến chất và không bị hao hụt trọng lượng. Ngoài ra lớp nước làm bóng còn bảo vệ tôm khỏi bị hư hỏng do va đập cơ học trong vận chuyển và bảo quản.

Mỗi khối tôm phải có một nhãn ghi những điều cần thiết thoả thuận theo đơn hàng. Nhãn này phải được gắn trên mặt khối tôm. Do vậy ngay từ đầu ta phải đặt úp nhãn xuống đáy khuôn sau đó xếp tôm lên trên (nhãn phải in trên giấy không thấm nước).

Tôm sau khi xếp khuôn xong cần khẩn trương đưa vào phòng đông lạnh ngay. Trong trường hợp bị ứ đọng không làm lạnh đông kịp phải cho ngay vào phòng bảo quản nguyên liệu (hay phòng ra khuôn bao gói) có nhiệt độ 0 ÷ 6°C. Những khuôn tôm đã xếp xong được cho vào khay, mỗi khay chỉ 4 ÷ 6 khuôn. Khay được xếp trên xe chuyên dụng để vận chuyển đến tủ cấp đông.

h) Làm lạnh đông tôm

Các khay tôm được đưa vào thiết bị làm lạnh đông kiểu tunen (hầm lạnh

đông nhanh) hay tủ cấp đông. Nhiệt độ của tủ đông thường là -40°C trở xuống. Quá trình làm lạnh đông **kết thúc** khi tôm khuôn tôm đạt nhiệt độ -12°C . Thời gian làm lạnh đông thường $3 \div 4$ h.

i) Ra khuôn, bao gói, đóng thùng và bảo quản

Tôm sau khi làm lạnh đông xong, khuôn được lấy ra mở nắp và đổ vào một ít nước lạnh có nhiệt độ $1 \div 2^{\circ}\text{C}$ (để hạ băng và làm bóng bề mặt). Sau đó lấy khuôn ra và nhúng vào bể nước sạch có nhiệt độ khoảng 10°C rồi úp vào mặt bàn cứng để tách khối tôm ra khỏi khuôn.

Khối tôm được bọc túi nilông, hàn kín để không cho sản phẩm tiếp xúc với không khí bên ngoài ngăn cản quá trình bốc hơi và oxy hoá. Túi sau khi đóng xong nhanh chóng cho vào đóng thùng cactông. Mỗi thùng đóng 6; 8; 10; 12 túi tùy thuộc vào khách hàng.

Hộp, túi nilông, thùng cactông phải đảm bảo sạch sẽ. Các thùng phải có nhãn hiệu rõ ràng, có đủ các thông số cần thiết như tên xí nghiệp, loại tôm, kích thước tôm, khối lượng, ngày tháng năm sản xuất v.v.

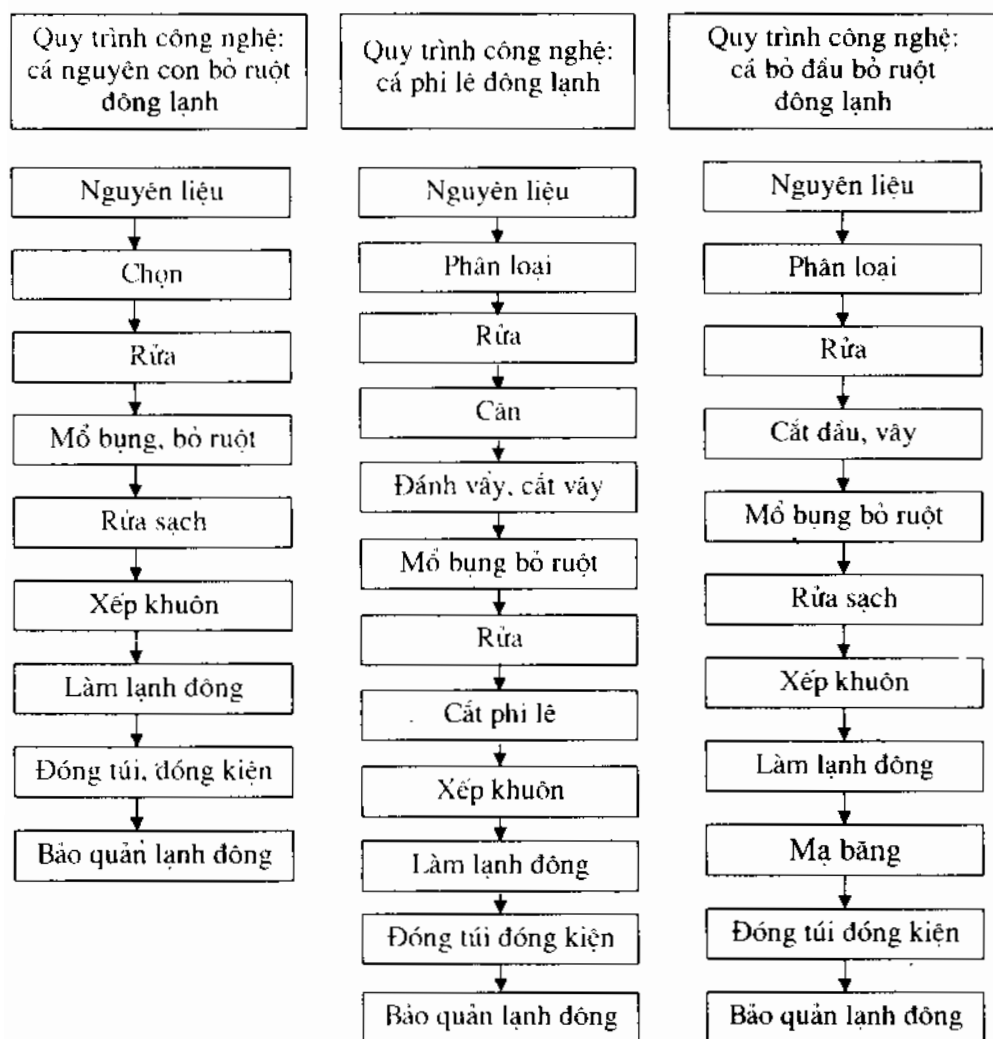
Quá trình ra khuôn bao gói phải được tiến hành ở phòng có nhiệt độ thấp từ $0 \div -10^{\circ}\text{C}$ (tốt nhất là ở -10°C). Sau khi bao gói xong phải đưa vào kho bảo quản lạnh đông ngay. Nhiệt độ phòng bảo quản là $-20 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Người quản lý kho lạnh phải có sổ ghi và đánh dấu từng lô hàng để khi xuất kho xuất cho đúng theo nguyên tắc lô hàng nào vào trước thì phải xuất trước. Thời gian lưu lại kho trữ đông không nên quá 5 tháng.

5.2.2. Quy trình kỹ thuật chế biến cá đông lạnh

5.2.2.1. Khái niệm chung

Nước ta có bờ biển dài nên nguồn thủy sản vô cùng phong phú. Nhiều công trình nghiên cứu gần đây cho thấy: trong số các loài cá đánh bắt được ở biển đông và vịnh Thái Lan có khoảng 40 loài cá có giá trị kinh tế, nhiều loài có giá trị kinh tế cao được thị trường trong nước và thế giới ưa chuộng như cá thu, cá chim, cá hồng, cá ngừ v.v. Đặc biệt trong những năm gần đây do chúng ta có nhiều chính sách thích hợp với nghề thủy sản, nên ngoài đánh bắt cá tự nhiên chúng ta còn lai tạo và nuôi được nhiều loại cá có giá trị cao như cá giò (nhập từ Đài Loan), cá song, cá chim trắng, cá quả, cá basa v.v. Để đẩy mạnh ngành nuôi trồng thủy sản, việc chế

hiển cá của chúng ta cũng được đẩy mạnh. Ngoài các mặt hàng truyền thống về cá như các loại đồ hộp cá chúng ta còn tăng cường chế biến xuất khẩu mặt hàng cá đông lạnh. Mặt hàng chế biến cá đông lạnh rất đa dạng và phong phú. Phần này chỉ giới thiệu quy trình sản xuất ba loại chính là cá nguyên con bỏ ruột đông lạnh, cá phi lê đông lạnh và cá bỏ đầu bỏ ruột đông lạnh.



Hình 5.8

5.2.2.2. Những công đoạn chính trong quá trình chế biến cá đông lạnh

a) Nguyên liệu

Cá đưa vào chế biến phải tươi (chưa chuyển sang giai đoạn phân huỷ sâu sắc). Để đảm bảo cá tươi, sau khi đánh bắt cá phải được bảo quản lạnh ngay (với cá lớn trước khi bảo quản phải mổ bụng, bỏ ruột, mang cá). Phẩm chất của cá được xác định qua các tiêu chuẩn khối lượng, hình dạng, mùi, mắt, màu da, vây, mang. Thân cá chắc, còn nguyên vẹn, không bị xây sát, không bị tổn thương. Mặt ngoài của cá có màu sáng xanh tự nhiên, không có vết máu đọng và bầm dập. Mắt cá có nhân cầu lồi, trong suốt, giác mạc đàn hồi (cho phép mắt cá hơi mờ đục đối với cá đã qua ướp đá hoặc bảo quản trong các hầm lạnh). Mang cá dán chặt xuống hoa khế, có màu đỏ tươi, không có nhớt, không có mùi hôi. Vây tươi óng ánh, dính chặt vào thân, không có mùi. Thịt chắc, có tính đàn hồi, không có dấu hiệu của sự phân huỷ. Bụng và hậu môn bình thường không phình ra. Khi luộc thịt có vị ngọt ngon, nước luộc trong.

b) Phân loại

Yêu cầu cá đưa vào chế biến phải tươi thích hợp cho quá trình chế biến, loại bỏ cá ương và dập nát. Cá có thể bị xây sát nhẹ hoặc chóc vẩy nhưng vẫn tươi, vẫn có thể đưa vào sản xuất.

Về kích cỡ riêng cá nguyên con hoặc bỏ đầu lạnh đông có thể sản xuất từ cá nhỏ đến cá lớn. Riêng việc sản xuất cá phi lê đông lạnh phải có trọng lượng từ 0,5 kg/1 con trở lên. Việc phân loại cá thường tiến hành bằng tay trên các bàn bằng thép không gỉ.

c) Rửa cá

Cá sau khi phân loại được cho vào rổ đem rửa sơ bộ nhằm loại bỏ các chất bẩn dính vào mình cá trong quá trình đánh bắt và vận chuyển. Đối với cá đã qua ướp đá khi rửa còn có tác dụng loại phần nước đá còn lại trong cá.

d) Xử lý cơ học

Cá sau khi rửa được đưa sang khâu xử lý cơ học. Khâu xử lý cơ học có nhiệm vụ đánh vẩy, cắt vây đối với các loại cá có vẩy. Còn đối với các loại cá không có vẩy như cá tra, cá basa... thì phải tuốt nhớt, cắt vây. Cá sau khi đánh

vẩy, tuốt nhớt, phải được rửa sạch trong nước sát trùng clorin 10 ppm.

e) Cắt đầu, mổ bụng, lấy ruột và cắt phile

Công đoạn này có thể tiến hành bằng tay hoặc bằng máy. Dao sử dụng phải sắc có hình dáng phù hợp với công việc. Thớt dùng mổ cá, chặt vẩy thường làm bằng nhựa chuyên dùng. Khâu mổ bụng, lấy ruột phải tiến hành nhanh. Quá trình tiến hành như sau:

- Đối với cá nguyên con: dùng dao sắc cắt một đường dọc trên bụng cá bắt đầu từ hậu môn cắt ngược lên cho tới đầu cá. Mổ mang cá bằng mũi dao và cắt chúng khỏi thân và đầu của cá. Mổ bụng cá ra đặt ngón tay vào mang cá kéo ra ngoài. Khi kéo mang cá toàn bộ cơ quan nội tạng sẽ theo ra. Cạo hết vết máu và màng đen bám trên bụng cá.

- Đối với cá cắt đầu mổ bụng cũng làm như trên, sau đó cắt rời phần đầu khỏi thân cá.

- Đối với cá phile: bỏ mang và nội tạng thao tác như trên. Sau đó tiến hành cắt phile cá như sau: đặt cá nằm nghiêng, đầu hướng ra ngoài dùng dao rạch một đường sát sống lưng từ đầu đến đuôi cá, giữ chặt đưa sát dao tới xương cắt rời miếng thịt trên bề mặt (mũi dao đi sát vào xương sống). Sau đó lật cá sang mặt sau, lúc này lớp thịt còn lại hướng lên trên ta lại tiếp tục cắt như trên. Lấy hết xương sườn và cắt bỏ những phần thịt thừa bám vào miếng phile.

Cá sau khi cắt phile xong được lột da bằng dao sắc. Yêu cầu lột hết da, bề mặt thịt cá phải nhẵn phẳng. Phile cá sau khi lột da được rửa sạch bằng nước sát trùng clorin nồng độ 7 ppm.

f) Tạo hình (cố định phile)

Mục đích của quá trình định hình là tạo hình dáng có kích cỡ đồng đều tạo điều kiện cho xếp khuôn dễ dàng và hình thức sản phẩm đẹp.

g) Xếp khay (khuôn)

Tuỳ theo đơn đặt hàng mà chúng ta có thể xếp khuôn 0,5; 1,0 và 2,0 kg. Khuôn được làm từ thép không gỉ. Cá phi lê được xếp vào khuôn theo hàng lớp, xếp khít không được để khoảng trống sau đó thêm nước sạch vào xấp xỉ bề mặt cá rồi đưa đi làm lạnh đông nhanh.

h) Làm lạnh đông nhanh

Cá sau xếp khuôn được đưa vào tủ cấp đông có nhiệt độ $-35 \div -40^{\circ}\text{C}$. Quá trình làm lạnh đông kết thúc khi tâm sản phẩm cá đạt -12°C . Thời gian làm lạnh đông là 3 – 4 h.

i) Mạ băng

Mục đích của quá trình mạ băng là bọc kín cá bằng lớp áo băng để hạn chế quá trình bốc hơi nước và oxy hoá do tiếp xúc với không khí làm giảm khối lượng và chất lượng của cá. Cũng giống như trong sản xuất tôm lạnh đông, khuôn cá sau khi lấy ở tủ làm lạnh đông ra được người ta tiêm nước lên bề mặt. Lớp nước này nhanh chóng được tạo đá.

k) Ra khuôn, bao gói

Sau khi mạ băng xong khuôn cá được nhúng vào nước sạch có nhiệt độ 10°C để ra khuôn. Sau khi ra khuôn, khuôn cá được nhanh chóng đem đi bao gói trong túi nilông rồi hàn kín và đem đóng thùng cactông. Túi nilông phải được vô trùng và xếp trong phòng 3 – 4 h trước khi đóng thùng để làm lạnh. Phòng ra khuôn, bao gói và đóng thùng có nhiệt độ là $0 \div -10^{\circ}\text{C}$ (tốt nhất là ở -10°C).

Trên thùng phải ghi đầy đủ ký hiệu mặt hàng, nơi sản xuất, ngày tháng sản xuất, thời hạn sử dụng, khối lượng v.v. Thùng cactông đóng cá phải được tráng hay lót giấy paraffin chống ẩm và buộc chặt các dây đai.

l) Bảo quản lạnh đông

Cá sau khi đóng thùng phải nhanh chóng đưa vào phòng bảo quản lạnh đông ở nhiệt độ không quá -18°C . Trong thời gian bảo quản, nhiệt độ không được dao động quá $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Các thùng sản phẩm phải xếp theo dãy và lô. Không để các thùng trực tiếp lên sàn đất và sát tường. Thời gian bảo quản lạnh đông không quá 6 tháng.

5.2.3. Quy trình kỹ thuật chế biến mực đông lạnh

5.2.3.1. Khái niệm chung

Mực là một trong những hải sản được thị trường châu Âu, Nhật Bản và Hồng Kông rất ưa chuộng. Từ năm 1980 đến nay nước ta không ngừng phát triển sản lượng và chủng loại sản phẩm mực đông lạnh xuất sang các thị trường

này. Các sản phẩm mực đông lạnh chủ yếu của nước ta là: mực nang philê, mực nang, mực ống nguyên con, mực nguyên con lột da, đầu mực, diêm mực, rêu mực v.v.

Mực là loại động vật thân mềm sống chủ yếu bằng các loại cá con. Ngày nay trên thế giới có khoảng 80 loại mực. Kích thước của mực từ 0,15 m đến 1,2 m, thậm chí còn lớn hơn. Mực có 10 râu có công dụng như chân và tay. Mực ở biển nước ta phần lớn thuộc họ *Ommastrephidas*. Thân mực có hình như một cái túi gọi là mực nang (*cultiefish*) hoặc như cái ống (*squid*). Trên lưng mực có một thanh cứng cấu tạo bằng chất sừng. Bên trong thân mực có một chất nước màu đen ta thường gọi là mực.

Loài mực được đánh được từ biển nước ta trung bình dài từ 20 cm đến 60 cm. Khối lượng từ 90 - 175 g. Tỷ lệ các phần trong con mực và thành phần hoá học các phần mực như trong bảng 5.10.

Bảng 5.10. Tỷ lệ các phần (tính theo % khối lượng toàn thân)

Thành phần	Tỷ lệ%	Tỷ lệ trung bình %
Thân mực	52 - 55	Trung bình 54
Đầu, râu	18 - 20	Trung bình 19
Túi mực	6 - 11	Trung bình 7
Nang mực	0,2 - 0,3	Trung bình 0,2
Gan mực	2 - 6	Trung bình 5
Nội tạng	13,2 - 14	Trung bình 13,8

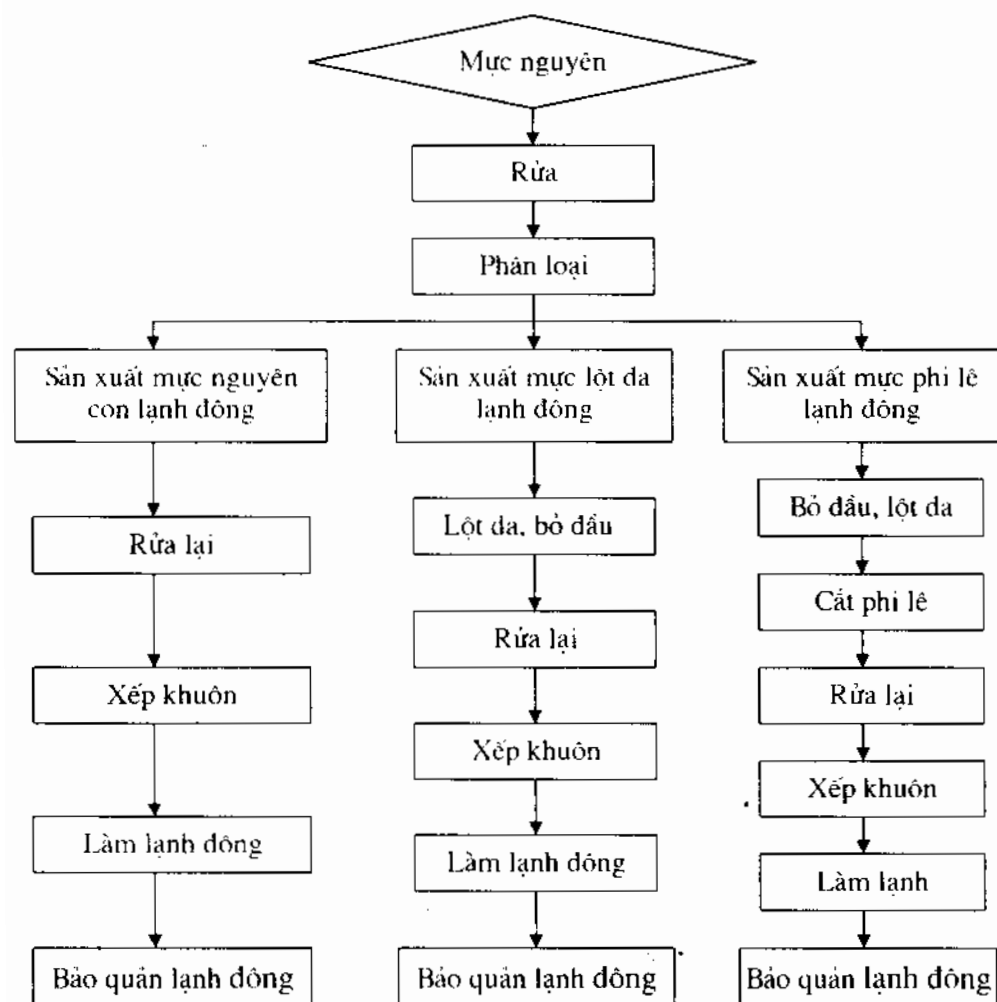
Bảng 5.11. Thành phần hoá học phần ăn được của mực

Phần ăn được	Hàm lượng, %				
	Nước	Mỡ	Protit	Tro	Glycogen
Thân	78,1 - 80,5	0,2 - 0,4	17,1 - 18,8	1,3 - 1,4	0,7 - 1,3
Đầu, râu	78,9 - 81,8	0,3 - 0,5	15,6 - 18,1	1,2 - 1,7	0,8 - 1,3

Mực là loại rất nhanh bị hỏng. Vì vậy sau khi đánh bắt phải được bảo quản lạnh ngay (giống như đối với tôm).

5.2.3.2. Quy trình chế biến mực lạnh đông

Mực lạnh đông có nhiều dạng sản phẩm (như đã nêu ở trên). Nhưng những công đoạn chính để chế biến mực lạnh đông như trong hình 5.9.



Hình 5.9

a) Nguyên liệu mực

Mực đưa vào chế biến phải là mực tươi. Khi thu nhận nguyên liệu trước khi đưa vào chế biến phải xem xét kỹ, loại bỏ những con mực ương (bắt đầu có mùi khó chịu) sờ bên ngoài có cảm giác nhớt, mất màu so với mực tươi.

b) Rửa

Nguyên liệu mực đủ tiêu chuẩn chế biến được rửa trong bể nước sát trùng clorin 50 ppm. Rửa nhằm mục đích loại bỏ nước đá (khí ướp), các tạp chất đất cát bám trên bề mặt con mực. Rửa trong nước sát trùng còn có tác dụng khử mùi hôi, tiêu diệt vi sinh vật, tạo điều kiện cho các quá trình chế biến tiếp theo được thuận lợi. Mực sau khi rửa xong được đựng trong các rổ hoặc khay đục lỗ bằng inox cho ráo nước và đưa sang bàn phân loại.

c) Phân loại

Mực được phân loại theo độ tươi và kích cỡ, trong đó mực tươi nhất được đem sản xuất mực nguyên con đông lạnh, còn loại kém phẩm chất hơn đem chế biến mực lột da và mực phillê đông lạnh. Trong quá trình phân loại đối với mực mai, cần lấy mai ra ngay. Người ta dùng tay ấn trên thân cho mai nhô ra rồi dùng tay rút bỏ ra ngoài. Đối với con mực khó lấy mai có thể dùng dao mổ dọc theo thân để lấy mai ra.

Quá trình phân loại được tiến hành trên bàn thép không gỉ. Phía trước người công nhân phân loại có khay đựng nước có nhiệt độ nhỏ hơn hoặc bằng 10°C (được làm lạnh bằng đá có sát trùng bằng clorin nồng độ 5 ppm). Trong khay có các rổ đựng mực đã phân loại mực theo độ lớn như sau:

Loại	1	2	3	4	5	6
Số con/ kg	1 – 2	3 – 4	5 – 8	9 – 12	13 – 20	21 – 40

Sở dĩ có sự phân loại này vì đối với mực lớn 1 – 4 con/kg (loại 1 và 2) thì đem làm lạnh đông dạng IQF. Còn lại người ta làm lạnh đông dạng khối. Trong quá trình phân loại, khi đủ khối lượng phải đưa đi công đoạn chế biến tiếp theo ngay.

d) Bỏ đầu, lột da

Nhiệm vụ của khâu này là bỏ đầu, ruột và da ra khỏi phần thân mềm (thịt) của mực. Đầu phải được bỏ riêng ra khỏi da và ruột để đưa chế biến tiếp theo.

Người công nhân làm việc này trên bàn bằng thép không gỉ và thao tác như sau:

Tay trái giữ lấy mực, tay phải tiến hành rút đầu và bóc bỏ nội tạng sau đó tay phải móc vào da và lột từ đuôi lên đầu. Cũng có thể dùng dao sắc xẻ dọc thân để loại bỏ đầu và cơ quan nội tạng (kể cả túi mực). Cách làm này chỉ áp dụng với sản xuất mực phile.

Sau khi bỏ đầu, ruột và lột da xong người công nhân phải xem xét lại để loại bỏ nốt những phần da và nốt đen còn dính trên thân. Tất cả các thao tác trên phải làm dưới vòi nước sạch chảy. Sau khi xử lý xong miếng mực phải có màu trắng không cho phép còn chấm đen hoặc chỗ da còn sót lại. Trên miếng mực không cho phép quá hai vết thương và vết thương không quá 1 cm².

e) Cắt phile

Mực sau khi lột da hoặc cắt phile xong được ướp đá để đưa đi xếp khuôn ngay hoặc cắt phile tùy theo yêu cầu của khách hàng. Yêu cầu cắt phile là nhất cắt phẳng, miếng cắt đều loại bỏ những chỗ thừa.

Mực sau khi lột da hoặc cắt phile xong được ướp đá để đưa đi xếp khuôn ngay.

f) Xếp khuôn

Chỉ xếp khuôn loại mực lớn hơn 5 con/1 kg (những loại mực nhỏ) còn mực 1 -- 4 con/1 kg được làm lạnh đông IQF.

Mực thường được xếp vào những khuôn to. Khuôn 5 pao xếp 2360 g, khuôn 10 pao xếp 4720 g mực. Khi xếp khuôn chú ý chỉ xếp mực cùng loại, với mực to râu dài phải cuốn gọn lại rồi xếp vào khuôn, chú ý xếp phần đuôi quay vào giữa hộp còn phần đầu quay ra thành hộp. Đối với những loại mực cỡ nhỏ cho phép xếp một hàng ngang rồi lại một hàng dọc tiếp theo. Sau khi xếp khuôn nếu chưa kịp làm đông thì các khuôn mực phải được bảo quản ở nhiệt độ 0 ± 5°C. Trong khuôn trước khi xếp mực phải xếp úp giấy nhẵn không thấm nước. Trên nhãn ghi rõ khối lượng, kích cỡ, loại mực. Sau khi xếp khuôn xong phải tiêm nước sạch có hàm lượng clorin 5 ppm, lượng nước vừa xâm xấp mặt trên của mực.

g) Làm lạnh đông nhanh

Các khuôn mực sau khi xếp xong được đưa vào tủ làm lạnh đông nhanh.

nhệt độ của tủ $-35 \div -40^{\circ}\text{C}$. Quá trình làm lạnh đông nhanh kết thúc khi tâm khuôn đạt nhiệt độ -12°C . Thời gian làm lạnh đông nhanh thường là $4 \div 5$ h.

h) Mạ băng, ra khuôn, bao gói, đóng kiện

Sau khi làm lạnh đông xong, mực khuôn và mực IQF được mạ băng sau đó ra khuôn và đóng túi nilông rồi hàn kín. Các túi mực được đóng vào thùng cactông theo yêu cầu của khách hàng nhưng trọng lượng một thùng không quá 15kg để tiện cho bốc xếp. Trên thùng phải ghi đầy đủ kí hiệu, mẫu mã hàng, nhà máy sản xuất, loại sản phẩm, trọng lượng tịnh, ngày, tháng sản xuất v.v. Túi nilông và thùng cactông phải vô trùng và để vào phòng đóng gói có nhiệt độ $0 \div -10^{\circ}\text{C}$ trước khi đóng gói $3 \div 4$ h để làm lạnh.

i) Bảo quản lạnh đông

Mực sau khi đóng gói phải nhanh chóng đưa vào phòng bảo quản lạnh đông ở nhiệt độ $-20 \pm 1^{\circ}\text{C}$. Thời gian bảo quản không quá 6 tháng.

5.3. QUY TRÌNH CHẾ BIẾN LẠNH ĐÔNG THỊT, SỮA VÀ CÁC SẢN PHẨM TỪ SỮA

5.3.1. Quy trình kỹ thuật chế biến lạnh đông thịt và các sản phẩm từ thịt

Thịt làm lạnh đông và bảo quản lạnh đông rất đa dạng và được tiến hành làm lạnh đông ở các loại thiết bị khác nhau như hầm lạnh, tủ lạnh đông nhanh v.v. Đối với các loại gia súc lớn thường được làm lạnh đông trong buồng lạnh hay hầm lạnh dạng tunen dưới dạng một nửa hay cả con. Thịt được treo trên móc đẩy hay các đường ray chuyển động. Vì vậy mà việc bốc xếp và vận chuyển được nhẹ nhàng và dễ tự động hoá. Để tăng cường quá trình làm lạnh đông ta có thể sử dụng không khí đối lưu cưỡng bức với vận tốc không khí từ $3 \div 5$ m/s. Thịt được coi là làm lạnh đông xong khi 86% nước trong thịt đóng băng và nhiệt độ của tâm bắp đùi thịt (phần dày nhất) đạt -12°C . Tồn hao khối lượng thịt trong quá trình làm lạnh đông cho phép từ $0,6 \div 2,6\%$ tùy theo chất lượng loại thịt, điều kiện kỹ thuật và phương pháp làm lạnh đông.

Trong công nghiệp có hai phương pháp làm lạnh đông: 1 pha và 2 pha:

- Làm lạnh đông thịt 2 pha là thịt sau khi giết mổ xong được nhanh chóng làm hạ nhiệt độ đến $+4^{\circ}\text{C}$ sau đó mới đưa vào thiết bị làm lạnh đông. Cách tiến hành này có thể làm giảm tải của thiết bị làm lạnh đông mà vẫn giữ được chất lượng của thịt.

- Làm lạnh đông 1 pha là thịt sau khi giết mổ được đưa ngay vào thiết bị làm lạnh đông nhanh và kết thúc khi tâm thịt đạt nhiệt độ -12°C . Phương pháp này được áp dụng từ năm 1970 ở một số nước tiên tiến như Liên Xô cũ, Áo, Mỹ và ngày càng phát triển ở nhiều nước. Phương pháp làm lạnh đông thịt 1 pha có nhiều ưu điểm như: giảm thời gian làm lạnh đông, giảm chi phí bốc xếp, giảm diện tích phòng, giảm hao hụt khối lượng từ $30 \div 35\%$ so với làm lạnh đông 2 pha.

Thịt ở dạng miếng, dạng tảng (khối) và nội tạng. Các sản phẩm của thịt như dăm bông, patê, xúc xích, chả, thịt quay v.v được làm lạnh đông bằng cách xếp vào khay inox hoặc nhôm theo từng loại riêng, sau đó xếp lên xe đẩy hoặc băng tải đưa vào làm lạnh ở hầm lạnh hoặc xếp khay vào tủ cấp đông. Thời gian làm lạnh đông tùy thuộc vào dạng thiết bị và sản phẩm, thường là $3 \div 6$ h, nhiệt độ không khí phòng lạnh đông là -40°C . Quá trình làm lạnh đông kết thúc khi nhiệt độ tâm sản phẩm đạt -12°C .

Sau đây là một số quy trình cụ thể trong sản xuất thịt lạnh đông xuất khẩu của nước ta.

5.3.1.1. Sản xuất thịt bò 1/4 con đông lạnh

Thịt bò 1/4 con đông lạnh được sản xuất từ những con bò béo khỏe từ 3 tuổi trở lên và được kiểm tra thú y xem có đủ điều kiện sản xuất thịt lạnh đông xuất khẩu hay không

Mỗi con bò sau khi giết mổ được chia làm bốn phần bằng cách xẻ đôi giữa cột sống sau đó cắt ngang giữa đốt xương sườn số $9 \div 10$ hoặc $10 \div 11$. Khối lượng mỗi phần phải đạt $30 \div 50$ kg.

Các đốt xương sống, xương chậu, xương bả vai không được nhô ra. Lớp mỡ dưới da bao phủ từ cổ tới mông, chiều dày lớp mỡ không quá 1 cm. Không để

sốt các cục máu đọng, các miếng thịt thừa. Mặt cắt miếng thịt phải phẳng, không vết xước, không vết bẩn sau đó được đưa làm lạnh đông và bảo quản lạnh đông như đã nêu trên. Thời gian từ khi giết mổ đến khi giao hàng (kể cả thời gian bảo quản không quá 90 ngày).

Nhiệt độ sản phẩm khi giao nhỏ hơn hoặc bằng -10°C . Mỗi phần thịt và trên bao bì phải có dấu kiểm tra thú y.

5.3.1.2. Sản xuất thịt lợn 1/2 con đông lạnh

Thịt lợn 1/2 con đông lạnh được sản xuất từ những con lợn trưởng thành thuộc giống lợn lai, nội khỏe mạnh được thú y kiểm tra và cho phép sản xuất thịt lạnh đông xuất khẩu. Mỗi con lợn được chia làm hai phần bằng cách xẻ dọc giữa cột sống từ đầu đến đuôi, bỏ đầu và chặt chân đến gối. Mỗi phần (nửa con) phải nặng từ 20 kg trở lên. Phần thịt (nửa con), da phải mềm mại tự nhiên có màu trắng hay đục sữa. Da nguyên vẹn, không xây sát, không có vết dao, không có nốt ban đỏ, phải sạch lông. Phần thịt nửa con phải sạch tuỷ sống và không bị dập, gãy xương.

Thịt phải khô ráo, vết cắt phẳng không xơ, xước, sạch sẽ, không đọng tiết. Thịt tuyệt đối không được nhiễm vi sinh vật gây bệnh.

Thịt sau khi tách đôi phải lau khô ráo, sạch, đóng dấu kiểm tra thú y vào vai sau đó đưa đi làm lạnh đông nhanh ở nhiệt độ $-30 \div -35^{\circ}\text{C}$ và kết thúc khi nhiệt độ tâm đùi đạt -12°C rồi đưa đi bảo quản lạnh đông ở nhiệt độ -18°C

5.3.1.3. Sản xuất lợn sữa đông lạnh

Lợn sữa phải béo, khỏe được thú y kiểm tra và cho phép sản xuất hàng xuất khẩu. Mỗi con sau khi mổ xong phải đạt 3,5 kg đến 6 kg. Chọc tiết phải đảm bảo hết tiết, không có máu đọng. Lợn thành phẩm phải sạch lông, lưỡi, móng và lấy hết chất bẩn ở tai. Da trắng hoặc đục sữa, tự nhiên, mềm mại. Không sản chín, xây sát, bầm dập, không có nốt đỏ nốt đen, không tụ huyết trong và ngoài da, không bị gãy dập xương.

Lợn mổ từ hậu môn đến hết phần thịt của màng đuôi, bỏ hết nội tạng. Lợn mổ xong phải treo ráo nước, lau chùi sạch, khô rồi dùng dây không phai màu buộc định hình con lợn dạng nằm nghỉ. Sau đó đóng dấu kiểm tra thú y vào da ở

vai trái gắn gáy rồi đưa đi làm lạnh đông nhanh và bảo quản lạnh đông như đã nêu trên.

5.3.1.4. Sản xuất gà lạnh đông

Gà đông lạnh xuất khẩu phải được chế biến từ gà béo khỏe mạnh được thú y kiểm định cho phép và chỉ sản xuất từ gà mái.

Gà giết mổ xong phải bỏ đầu, nội tạng, cổ và chân. Tùy theo yêu cầu từng nước có thể bỏ cổ và chân vào cùng theo từng con. Khối lượng gà thành phẩm phải đạt 0,5 kg trở lên và chia làm hai loại:

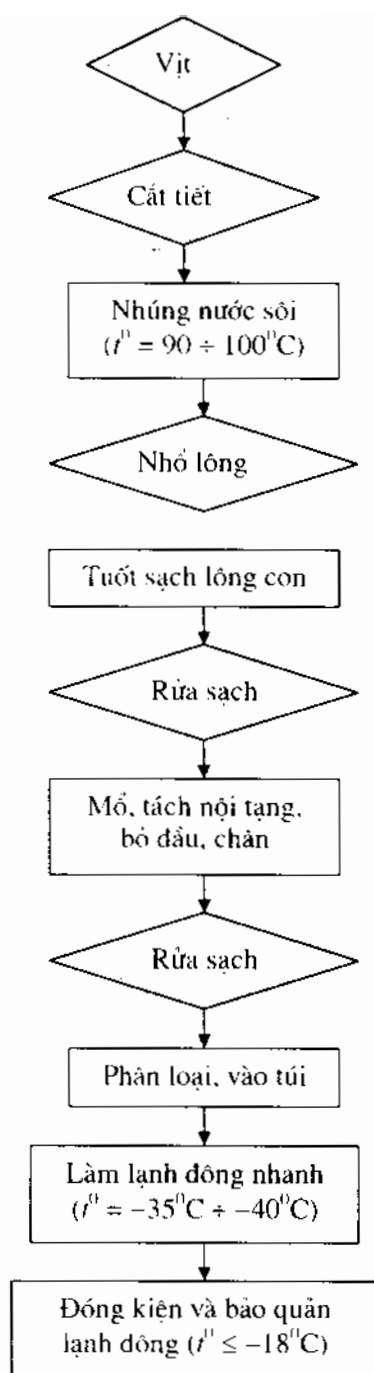
- Gà mái loại 1: thân gà phải có lớp mỡ ở dưới da ở phần dưới bụng, hai bên ngực và ở lưng. Lông ngực phải giữ nguyên dạng (gà phải mổ moi), không gãy xương, phải rửa sạch tiết trong và ngoài da. Da phải sạch lông các loại, mềm mại, nguyên vẹn và có màu tự nhiên của gà (màu vàng hoặc trắng vàng). Toàn thân có hình dạng đẹp, trên da không có vết nhân lớn, có vết mổ nhưng không được ở trên ngực.

- Gà mái loại 2: gà mái loại 2 có phẩm chất giống gà mái loại 1 nhưng lớp mỡ có thể mỏng hơn. Gà loại 2 có thể gãy 1 cánh hoặc 1 đùi, cho phép có vết xước trên lưng hoặc trên ngực hoặc có vết rách nhỏ trên da không quá 2 cm.

Gà giết mổ xong đem rửa sạch, phân loại và được cho vào túi polyetylen, để dán miệng túi hoặc buộc chặt miệng túi bằng dây chun. Sau đó xếp khay và đưa đi làm lạnh đông nhanh ở phòng, hầm hay tủ cấp đông ở nhiệt độ $-35 \div -40^{\circ}\text{C}$. Quá trình làm lạnh đông kết thúc khi nhiệt độ ở trung tâm đùi gà (phần dày nhất) đạt nhiệt độ -12°C . Thời gian làm lạnh đông là $4 \div 6$ h tùy kích cỡ gà và thiết bị làm lạnh đông. Gà sau khi làm lạnh đông được đóng gói vào thùng cactông với số lượng 20 con/thùng và được đưa đi bảo quản lạnh đông ngay. Nhiệt độ của phòng bảo quản phải nhỏ hơn hoặc bằng -18°C .

5.3.1.5. Sản xuất vịt lạnh đông

Vịt lạnh đông xuất khẩu được sản xuất từ những con vịt béo, khỏe mạnh được thú y kiểm tra cho phép sản xuất. Quy trình công nghệ sản xuất vịt đông lạnh như hình 5.10.



Hình 5.10

Yêu cầu về quy cách phẩm chất của vịt đông lạnh: vịt sau khi giết mổ tách hết nội tạng, bỏ đầu, cổ, chân, phải có khối lượng 0,6 kg trở lên và được phân làm hai loại:

- Vịt loại 1: có khối lượng từ 1 kg/con trở lên. Da phải trắng, vàng sáng hoặc trắng hồng, ngực và xung quanh phải dày. Cho phép không quá hai vết rách trên da với chiều dài một vết không quá 1 cm.

- Vịt loại 2: có khối lượng từ $0,6 \pm 1$ kg/con. Ngực phải dày, quanh bụng có thể mỏng hơn vịt loại 1 một chút, cho phép không quá ba vết rách trên da mỗi vết không quá 1 cm.

Vịt thành phẩm phải sạch tiết trong và ngoài da không tụ huyết, sạch lông các loại, không bị biến dạng. Sau đó vịt được đóng túi, làm lạnh đông nhanh.

Đóng túi và bảo quản giống như đối với gà đông lạnh (phần trên).

5.3.2. Quy trình kỹ thuật lạnh đông sữa và các sản phẩm từ sữa

Trong quá trình chế biến sữa, nguyên liệu nếu cần dự trữ lâu dài có thể làm lạnh đông rồi bảo quản ở nhiệt độ -20°C thì sau 3 tháng phẩm chất cũng ít bị biến đổi. Trong thực tế phương pháp này rất ít áp dụng.

Nhưng trong công nghiệp chế biến sữa, kỹ thuật lạnh đông không thể thiếu được. Trong quá trình sản xuất kem sữa. Các loại kem sữa và các loại kem sữa pha trái cây được sản xuất từ sữa và các loại trái cây được pha chế theo công thức thích hợp. Hỗn hợp pha chế được khuấy đều và làm lạnh đông. Tùy loại kem mà có sự khác biệt về độ xốp hay không. Nhờ hỗn hợp có nhiệt độ quá lạnh thấp và nhờ thiết bị lạnh đông nhanh nên các tinh thể kết tinh làm cho sản phẩm xốp mịn, đồng nhất và giữ được mùi vị đặc trưng. Sau khi lạnh đông xong kem sữa có nhiệt độ $-6 \pm -8^{\circ}\text{C}$, sau đó ra khuôn và chuyển sang bộ phận và làm cứng thêm. Trong các thiết bị hiện đại, bộ phận làm cứng thêm có nhiệt độ -30°C . Khi kem đạt nhiệt độ $-18 \pm -20^{\circ}\text{C}$ thì đưa đi đóng gói. Các sản phẩm khác của sữa lạnh đông và bảo quản lạnh đông là phomát tươi, phomát muối và bơ.

Phomát tươi là sản phẩm giàu protein của sữa, vì vậy phải được bảo quản ở nhiệt độ thấp mới giữ được chất lượng cao. Phomát tươi sau khi sản xuất xong được làm lạnh đông ngay và bảo quản lạnh đông ở nhiệt độ -20°C thì có thể giữ được trên 1 năm chất lượng vẫn tốt.

Phomát muối có thể làm lạnh đông và bảo quản lạnh đông trên 1 năm như pho mát tươi nhưng trong thực tế người ta thường làm lạnh và bảo quản ở $0 \div 1^{\circ}\text{C}$. Nhiệt độ $-6 \div -8^{\circ}\text{C}$ cũng có thể kéo dài đến 6 tháng, vừa tiện sử dụng vừa giảm chi phí lạnh.

Bơ được làm lạnh đông và bảo quản lạnh đông ở nhiệt độ $-18 \div -20^{\circ}\text{C}$ dưới dạng gói nhỏ hay từng thỏi lớn. Do có cấu trúc đặc biệt nên bơ có khả năng chịu được nhiệt độ quá lạnh thấp. Chất lượng của bơ phụ thuộc nhiều vào chất lượng bao gói, độ rắn đặc và phương pháp sản xuất bơ. Để có chất lượng tốt và giữ được lâu dài bơ sau khi sản xuất phải đưa đi làm lạnh đông nhanh và bảo quản lạnh đông ngay. Trong suốt quá trình bảo quản nhiệt độ phải ổn định nếu không sẽ làm giảm chất lượng của bơ. Sự chuyển thành màu vàng trên lớp bề mặt bơ hoặc xuất hiện các lớp lốm đốm (hồng, đen, vàng...) là do các vi sinh vật gây thối và các nấm mốc gây nên. Nếu bảo quản không tốt dưới tác dụng của ánh sáng axit oleic bị oxy hoá thành oxysteric có mùi khó chịu. Các phản ứng này xảy ra càng nhanh khi có sự xúc tác của các ion kim loại như Pb, Fe, Mn, Cu v.v. Nhôm và thiếc không gây ảnh hưởng xấu đối với các sản phẩm của sữa.

Trong bảo quản lạnh thường, bơ còn bị biến đổi sinh vị đáng. Đó là các quá trình oxy hoá các chất béo tự do tạo ra các chất mới có chứa gốc xeton, andehyt, etc, rượu v.v. Trong quá trình bảo quản bơ đôi khi còn sinh ra mùi tanh là do lexitin phân huỷ tạo ra trimetylamin sau đó thành oxit triaminoaxit kết hợp với axit béo không no tạo nên mùi lạ và có vị tanh của cá. Biện pháp tốt nhất nhằm ngăn ngừa những biến đổi trên là sau khi sản xuất phải đưa đi làm lạnh đông nhanh và bảo quản ở nhiệt độ -20°C .

5.4. KỸ THUẬT LÀM TAN GIÁ VÀ LÀM ẤM THỰC PHẨM ĐÃ LẠNH ĐÔNG

5.4.1. Kỹ thuật làm tan giá thực phẩm đã lạnh đông

Mục đích chính của làm tan giá là phục hồi những tính chất của thực phẩm có trước khi làm lạnh đông làm cho đá trong sản phẩm tan ra và trở lại trạng thái ban đầu. Tan giá làm cho thực phẩm mềm trở lại và khôi phục lại toàn bộ các tính chất ban đầu. Để khôi phục được tính chất ban đầu, quá trình làm tan

giá cần phải tăng nhiệt độ từ từ; lúc đầu hiệu số nhiệt độ môi trường và sản phẩm $\Delta t = 3 \div 5^{\circ}\text{C}$ sau đó có thể tăng $\Delta t = 5 \div 7^{\circ}\text{C}$. Nếu tăng nhiệt độ quá nhanh thì nước có từ gian bào tan ra không kịp hấp thụ trở lại làm cho thực phẩm mất nước và chất lượng giảm đi. Chính vì vậy mà thực phẩm làm lạnh đông chậm chỉ có thể dùng tan giá chậm còn thực phẩm làm lạnh đông nhanh có thể tan giá nhanh hoặc tan giá chậm đều được.

Để đảm bảo tăng nhiệt độ từ từ trong quá trình làm tan giá người ta sử dụng hệ thống điều hoà nhiệt độ. Ngày nay ngoài tan giá bằng không khí người ta còn làm tan giá bằng nước và dùng dòng điện cao tần (chỉ dùng cho tan giá nhanh). Phương pháp tan giá bằng nước sẽ nhanh nhưng sản phẩm bị tổn thất chất hoà tan và bị ẩm. Phương pháp tan giá bằng dòng điện cao tần vừa nhanh, vừa đều, vừa tránh ẩm nhưng chỉ áp dụng cho các sản phẩm lạnh đông siêu nhanh hay các sản phẩm dạng thức ăn chín qua làm lạnh đông nhanh. Thời gian tan giá bằng dòng điện cao tần chỉ $3 \div 5$ phút do vậy rất phù hợp với ăn uống trong gia đình.

5.4.2. Kỹ thuật làm ấm thực phẩm đã lạnh đông

Mục đích của làm ấm thực phẩm là nâng nhiệt độ của thực phẩm đã làm tan giá (hoặc thực phẩm bảo quản lạnh) lên nhiệt độ bình thường. Nhiệt độ bình thường này phải lớn hơn nhiệt độ điểm sương của không khí để tránh ngưng tụ ẩm trên bề mặt thực phẩm.

Cũng giống như quá trình tan giá, quá trình làm lạnh cũng phải tăng nhiệt độ từ từ, lúc đầu hiệu số nhiệt độ môi trường và sản phẩm $\Delta t = 4 \div 6^{\circ}\text{C}$, về sau có thể tăng $\Delta t = 6 \div 10^{\circ}\text{C}$.

Thực phẩm sau khi làm ấm cần phải đưa vào chế biến ngay, không được tiếp tục bảo quản và không được làm lạnh đông trở lại lần thứ hai.

5.5. CÔ ĐẶC NƯỚC QUÁ BẰNG PHƯƠNG PHÁP KẾT TINH DUNG MÔI

5.5.1. Khái niệm chung

Cô đặc nói chung và cô đặc các thực phẩm nói riêng là một phương pháp

tách nước làm tăng hàm lượng chất tan trong dung dịch. Sản phẩm sau khi cô đặc có hàm lượng chất tan cao có thể bảo quản lâu dài, giảm chi phí vận chuyển. Yêu cầu đặt ra với quá trình cô đặc là sau khi phục hồi lượng nước trở lại dung dịch phải có tính chất gần như tính chất của dung dịch ban đầu.

Hiện nay trong công nghiệp thực phẩm, sự cô đặc có thể thực hiện bằng phương pháp bốc hơi có (hoặc không có) thu hồi chất thơm hay phương pháp kết tinh dung môi và thẩm thấu nghịch:

- Phương pháp bốc hơi được coi là phương pháp kinh tế và dùng phổ biến trong các ngành công nghiệp hiện nay. Cô đặc bằng bốc hơi có thể thu hồi chất thơm sau đó cho hấp thụ trở lại như vậy các tính chất ban đầu gần như được giữ nguyên. Nhưng với một số dung dịch có các chất hoạt tính sinh học như enzym, các vitamin... thì cô đặc bằng nhiệt độ cao khiến cho hầu hết các chất có hoạt tính sinh học bị biến đổi và không còn giữ được hoạt tính sinh học ban đầu.

- Cô đặc bằng phương pháp thẩm thấu nghịch có thể giữ được các chất có hoạt tính sinh học nhưng thành phần chất thơm lại bị mất đi đáng kể. Hơn nữa phương pháp này chi phí cho thiết bị rất cao nên giá thành đắt vì vậy nên hiện nay ít được sử dụng.

- Cô đặc bằng phương pháp kết tinh dung môi (trong thực phẩm dung môi chủ yếu là nước nên còn gọi là cô đặc lạnh) có nhiều ưu điểm so với hai phương pháp trên là giữ được gần như nguyên vẹn các chất thơm và các chất có hoạt tính sinh học. Ở nhiệt độ thấp các quá trình phân huỷ hoá học, sinh hoá xảy ra chậm không đáng kể nên các cấu tử thơm dễ bay hơi được bảo toàn, phẩm chất của sản phẩm không thay đổi. Do vậy nó đảm bảo chất lượng cao cho sản phẩm cô đặc.

Do vậy cô đặc bằng phương pháp kết tinh dung môi được dùng để sản xuất các dịch thực phẩm, các chất màu tự nhiên, các dung dịch thực phẩm có hoạt tính sinh học cao. Trong quá trình nghiên cứu của mình Grecco đã đưa ra kết luận về khả năng giữ được hàm lượng chất thơm của hai phương pháp cô đặc bằng kết tinh dung môi và bằng bốc hơi như trong bảng 5.12.

Bảng 5.12. So sánh hàm lượng chất thơm còn lại sau khi cô đặc

Chất thơm	Nước ép ban đầu (13"Bx)	Tỷ lệ hàm lượng còn lại sau khi cô đặc	
		Bảng kết tinh dung môi (đạt 45 ÷ 50"Bx)	Bảng bốc hơi (đạt 63"Bx)
Tổng hàm lượng các chất bay hơi riêng	100	91,4	0,05
Etyl axetat	100	37,5	0,05
Etanol	100	30,0	0,05
Etyl butyrat	100	64,0	0,05
Limonen	100	94,0	0,05

Nhược điểm của cô đặc bằng phương pháp kết tinh dung môi là không dùng được với các dung dịch có chất hoà tan tạo solvat hoá và không cô đặc được đến nồng độ cao như phương pháp bốc hơi (thường chỉ đạt được 45 ÷ 50 Bx).

5.5.2. Cơ sở lý thuyết của sự cô đặc bằng phương pháp kết tinh nước

Trong quá trình kết tinh hệ hai cấu tử (dung môi là nước không tạo solvat) thì nước được kết tinh trước nên càng hạ nhiệt độ của hệ thì lượng nước kết tinh ra càng nhiều và nồng độ chất tan càng được tăng lên. Sự cô đặc bằng kết tinh dựa trên cơ sở sự thay đổi cân bằng pha khi làm lạnh các hệ đa cấu tử dị thể (không đồng nhất). Hệ này có chứa các phần tử không hoà tan đóng vai trò như chất khơi mào cho sự tăng trưởng tinh thể. Rất nhiều các dung dịch hoá chất và thực phẩm được coi là hệ dị thể. Cơ chế sinh mầm tinh thể trên các bề mặt rắn được coi là cơ chế sinh mầm dị thể.

Nếu trong quá trình kết tinh nước mà thành phần các cấu tử tan vẫn bảo toàn, còn các tính chất nhiệt động của dung dịch được xác định bởi tương tác ảnh hưởng giữa chúng thì nhóm các chất tan có thể được xem như là một cấu tử tương đương. Khi đó nồng độ các cấu tử tan trong dung dịch được xác định bằng công thức

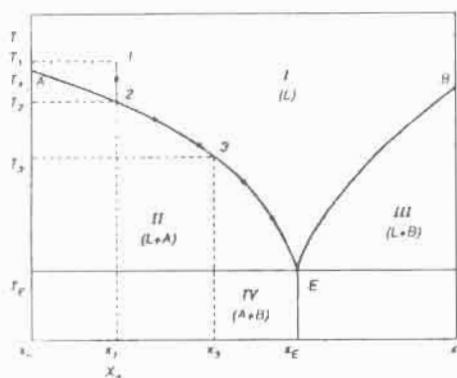
$$x = \frac{M}{M + M_{H_2O}} ; X = \frac{N}{N + N_{H_2O}} ; n = \frac{N'}{1kgH_2O}$$

trong đó X, x, m - là nồng độ khối lượng, nồng độ phân mol, nồng độ mol của các cấu tử tan trong dung dịch;

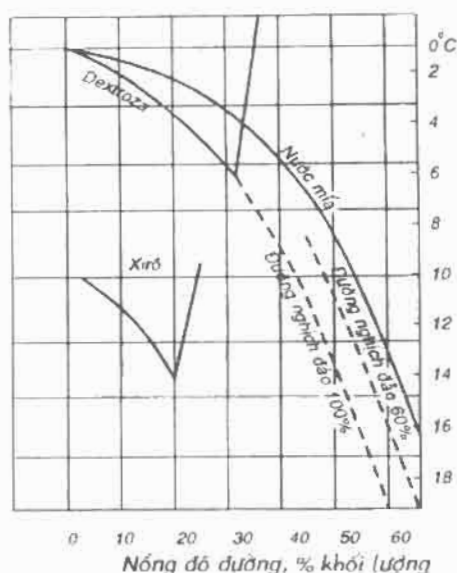
$M; M_{H_2O}; N; N_{H_2O}$ - khối lượng và số mol của các cấu tử tan của dung dịch và của nước;

N^- - số mol của cấu tử tan (tính cho 1 kg nước).

Hình 5.11 và hình 5.12 cho ta thấy giản đồ cân bằng pha của hệ hai cấu tử (nồng độ chất tan tính theo phần khối lượng).



Hình 5.11. Giản đồ cân bằng pha hệ hai cấu tử không tạo dung dịch rắn (cân bằng lý tưởng)



Hình 5.12. Giản đồ cân bằng pha của dung dịch nước đường (saccharoza và dextroza)

Tại điểm 1: trạng thái của hệ được xác định bởi nhiệt độ t_1 và nồng độ x_1 . Khi làm lạnh đến nhiệt độ bắt đầu kết tinh t_2 (trên đường pha lỏng) thì dung dịch chưa biến đổi pha mà chỉ trở nên bão hoà ở t_2 .

Nếu tiếp tục giảm nhiệt độ dung dịch thì xảy ra quá trình kết tinh nước làm cho nồng độ cân bằng dung dịch tăng lên. Khi nhiệt độ dung dịch $t_1 < t_2$ thì nồng độ cân bằng của chất tan là x_3 , còn hàm lượng nước đá và dung dịch còn lại

(dịch cái) trong 1 kg hỗn hợp được xác định theo phương trình cân bằng vật chất sau:

$$1 \cdot x_1 = M_n \cdot x_0 + M_d \cdot x_3$$

trong đó M_n , M_d - khối lượng nước đá và dịch cái trong 1 kg dung dịch ứng với nhiệt độ t_3 ;

x_0 , x_1 , x_3 - nồng độ chất tan trong nước đá, nồng độ trong dung dịch đầu và nồng độ trong dung dịch cái còn lại.

Bước đầu của quá trình kết tinh ta coi như tinh thể nước đá không có chất tan ($x_0 = 0$) (cân bằng lý tưởng). Vậy:

$$M_d = \frac{x_1}{x_3}$$

$$M_n = \frac{x_3 - x_1}{x_3}$$

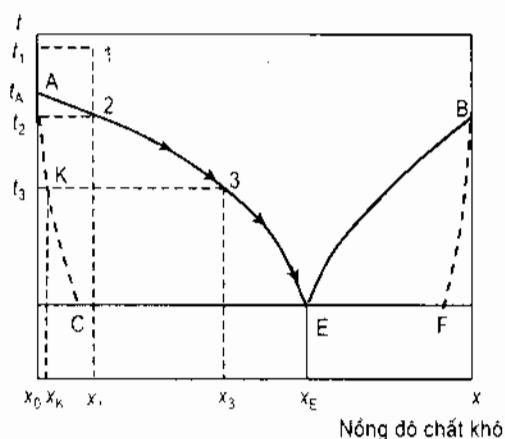
**Bảng 5.13. Điểm otecti của một số dung dịch
(trong nước, cân bằng với nước đá)**

TT	Chất tan	Nhiệt độ otecti, °C	Nồng độ otecti, %
1	Na ₂ SO ₄ ·10H ₂ O	-1,10	19,25
2	Na ₂ CO ₃ ·10 H ₂ O	-2,05	
3	KNO ₃	-2,85	
4	KCl	-11,10	
5	KBr	-12,50	
6	NaNO ₂ ·1/2 H ₂ O	-19,50	
7	NaCl·2 H ₂ O	-21,10	
8	NaBr·2 H ₂ O	-28,0	
9	CaCl ₂ ·6 H ₂ O	-55,0	
10	Đextroza	-5,5	31,70
11	Levuloza	-14,5	69,0
12	Saccaroza	-14,5	62,58
13	Dịch bào rau quả	-10 ÷ -15	
14	Dịch bào thịt cá	-20,0	

Khi giảm nhiệt độ hỗn hợp xuống t_E thì thành phần dịch cái biến đổi dần theo đường pha lỏng AE. Tại nhiệt độ t_E dung dịch bão hoà chất tan với nồng độ x_E ứng với điểm otecti. Dung dịch otecti sẽ đóng rắn đẳng nhiệt ở nhiệt độ t_E dưới dạng một hỗn hợp cơ học của các tinh thể của cả hai cấu tử. Đường đẳng nhiệt t_E là đường pha rắn kết thúc quá trình kết tinh. Trong các dung dịch nước điểm otecti còn gọi là điểm cryohydrat.

Công nghệ cô đặc nhiều dung dịch thực phẩm và làm ngọt nước mặn được dựa trên cơ sở vật lý đã nêu ở trên. Đặc điểm của nó là chỉ tạo ra một pha rắn (nước đá) nếu làm lạnh đến nhiệt độ 0°C và nồng độ tối đa của sản phẩm (dịch cái) là x_p .

Quá trình cân bằng lý tưởng (lý thuyết) của sự phân riêng ở đây được xem như giai đoạn kết tinh đạt được sự cân bằng pha còn khi phân riêng hệ huyền phù thu được thì dịch cặn hoàn toàn tách khỏi tinh thể nước đá.



Hình 5.13. Giảm độ cân bằng pha của hệ hai cấu tử không tạo dung dịch rắn (cân bằng thực)

Trong các quá trình thực, nồng độ chất tan trong pha kết tinh (nước đá) x_K luôn cao hơn nồng độ cân bằng trong lý thuyết x_0 , do một phần dịch cái bị giữ lại trong khe hở giữa các lớp tinh thể (tạp chất ngoại) và bên trong bản thân từng tinh thể (tạp chất nội). Đường AC và BF là đường nồng độ thực của các chất tan trong pha kết tinh.

Đề đặc trưng cho quá trình kết tinh thực người ta dùng hệ số hiệu quả phân
riêng.

$$\eta = \frac{x_3 - x_K}{x_3 - x_0}$$

Phương trình cân bằng vật chất của quá trình thực là:

$$Lx = M_0^* x_K + M_d x_3 = M_0 x_0 + M_d^* x_3 + M_0 x_3$$

trong đó M_d , M_d^* - khối lượng dịch cái còn lại (tự do) và phần dịch cái bị hấp phụ trong các tinh thể:

M_0 ; M_0^* - khối lượng nước đá tinh khiết và nước đá thô kết tinh ra.

Vậy quá trình nước đá thô kết tinh ra trong quá trình thực là:

$$M_0^* x_K = \frac{x_3 - x_1}{\eta(x_3 - x_0)} = \frac{x_3 - x_1}{(x_3 - x_K)}$$

Hệ số hấp phụ dịch cái của tinh thể nước đá là :

$$m' = \frac{M_d^*}{M_0^*} = \frac{x_K}{x_3} \quad \text{hay} \quad m' = 1 - \eta$$

Mức độ cô đặc của dung dịch là:

$$n' = \frac{x_3}{x_1}$$

Hiệu suất thu hồi (tách) các cấu tử tan từ hỗn hợp đầu là:

$$\eta_d = M_d \frac{x_3}{Lx_1} = \frac{x_3(x_1 - x_K)}{x_1(x_3 - x_K)}$$

Phần tổn thất cấu tử chất tan trong quá trình cô đặc là:

$$\eta_t = 1 - \eta_d = \frac{x_K(x_3 - x_1)}{x_1(x_3 - x_K)}$$

Trong quá trình tiến hành và tính toán cô đặc bằng phương pháp kết tinh dung môi cần chú ý mấy vấn đề sau:

1- Thực tế sinh mầm tinh thể nước đá và quá trình tăng trưởng tinh thể về kích thước và khối lượng mỗi tinh thể rất khác nhau nên việc tính toán là phức tạp. Trong quá trình tách tinh thể nước đá kết tinh không triệt để vì những tinh thể nhỏ vẫn lưu lại trong huyền phù và có thể làm nhân kết tinh cho quá trình cô đặc tiếp theo.

2- Độ quá lạnh của dung dịch phụ thuộc nhiều vào nồng độ chất hoà tan

(nóng độ tăng thì độ quá lạnh tăng) và bản chất hoà tan. Vì vậy để tạo độ quá lạnh cần thiết thích hợp để không chế vận tốc sinh mầm tinh thể ở mức hợp lý thì độ quá lạnh cần xác định bằng thực nghiệm sẽ tốt hơn tính toán lý thuyết.

5.5.3. Các giai đoạn của cô đặc bằng phương pháp kết tinh nước

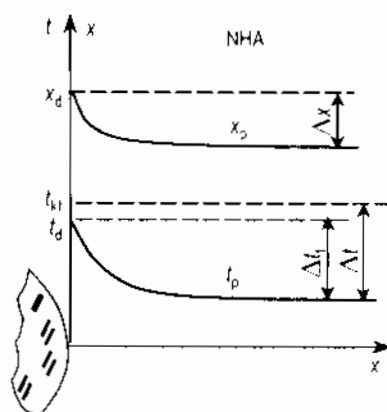
Quá trình cô đặc bằng phương pháp kết tinh dung môi (nước) gồm hai giai đoạn chủ yếu: kết tinh và phân riêng.

5.5.3.1 Giai đoạn kết tinh

Mục đích của giai đoạn này là tạo huyền phù có tinh thể nước đá có kích thước từ 200 đến 400 μm . Tùy theo đặc tính pha kết tinh tạo được người ta chia thành: kiểu kết tinh khối và kiểu kết tinh bề mặt (hay còn gọi là kết tinh đông tuyến):

- Đặc trưng của sự kết tinh khối là sự tạo thành các tinh thể trong khắp thể tích của dung dịch. Khi đặt độ quá lạnh hay quá bão hoà đồng đều. Hình dạng và kích thước các tinh thể phụ thuộc vào mức độ quá lạnh hỗn hợp, điều kiện thoát nhiệt khi kết tinh và tính chất và nồng độ chất tan. Khi làm lạnh chậm, độ quá lạnh nhỏ thì tạo được những tinh thể rất lớn, thô có bề mặt riêng bé và có rất ít dung dịch bị bám ở bề mặt tinh thể (đang một lớp mỏng). Khi tăng tốc độ thoát nhiệt tạo được độ quá lạnh lớn, trong dung dịch thì tạo được vô số mầm tinh thể nước đá vì vậy bề mặt lớn và có nhiều chất tan bị hấp phụ lên bề mặt.

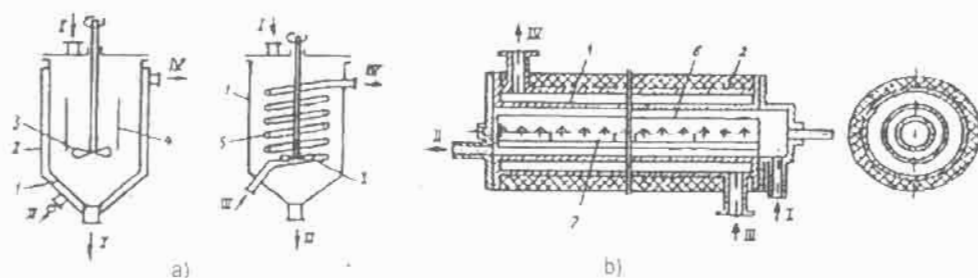
Hàm lượng chất tan trong tinh thể còn tăng lên khi vận tốc tăng trưởng kích thước của tinh thể vượt quá vận tốc khuếch tán của chất tan trong pha lỏng do sự tăng nồng độ chất tan ở vùng gần bề mặt của tinh thể và làm giảm nhiệt độ kết tinh cục bộ. Đặc trưng cho sự biến đổi nhiệt độ và nồng độ của dung dịch ở bề mặt tinh thể được biểu diễn qua hình 5.14. Trong dung dịch quá lạnh có nhiệt độ là t_p nồng độ chất tan là x_p , độ quá lạnh là $\Delta t = t_{kl} - t_p$ (t_{kl} là nhiệt độ kết tinh



Hình 5.14. Sự phân bố nhiệt độ và nồng độ của pha lỏng khi kết tinh dung dịch quá lạnh - quá bão hoà

tương ứng với nồng độ cân bằng x_p . Trước khi bề mặt kết tinh đang di động thì nồng độ dung dịch khá cao ($x_d > x_p$) ứng với nhiệt độ cân bằng là t_d . Tức độ quá lạnh thực tế là $\Delta t_l = t_d - t_p$ là độ quá bão hoà của dung dịch tại bề mặt tinh thể là $\Delta x = x_d - x_p$, x_d là nồng độ chất tan trong dung dịch.

Sự kết tinh khối có thể thực hiện trong các thiết bị có bề mặt truyền nhiệt hoặc bằng sự tiếp xúc trực tiếp giữa dung dịch với tác nhân lạnh theo chế độ làm việc gián đoạn hoặc liên tục. Các thiết bị dùng để kết tinh khối thường dùng loại áo vỏ hay kiểu ống xoắn nhưng ngập để làm lạnh như hình 5.15.



Hình 5.15. Sơ đồ nguyên lý cấu tạo các thiết bị kết tinh:

a) thiết bị kết tinh thể tích có bề mặt làm lạnh loại vỏ áo và loại ống xoắn;

b) thiết bị kết tinh kiểu rôto;

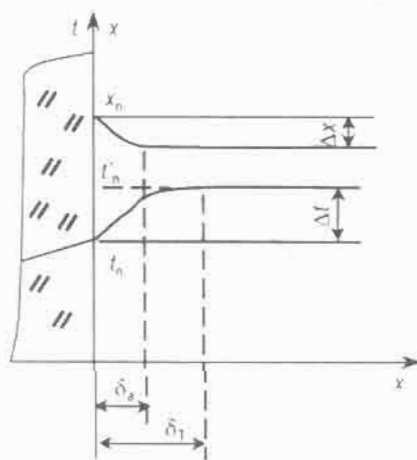
I- hỗn hợp đầu; II- huyền phù magma; III- môi chất lạnh (tác nhân lạnh);

1- vỏ thùng; 2- vỏ áo làm lạnh; 3- cánh khuấy; 4- ống hướng dòng; 5- ống xoắn;

6- rôto; 7- dao cạo

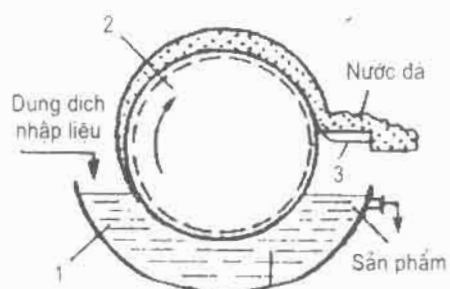
Quá trình kết tinh xảy ra khi hỗn hợp kết tinh được khuấy mạnh, gradient nhiệt độ giữa dung dịch và bề mặt truyền nhiệt rất bé làm cho các tinh thể sinh mầm và lớn lên trong lòng hỗn hợp. Nhưng cũng có khi mầm tinh thể tạo thành ở bề mặt truyền nhiệt.

Phần nước đá tạo thành ở bề mặt truyền nhiệt phải được các cơ cấu dao cạo ra và trộn lẫn pha lỏng tạo nên hỗn hợp huyền phù ngày càng nhiều tinh thể nước đá.



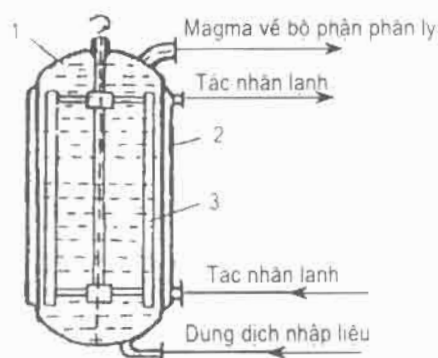
Hình 5.16. Sự phân bố nhiệt độ và nồng độ pha lỏng tại bề mặt kết tinh

Quá trình kết tinh bề mặt (hay kết tinh đông tuyến) được thực hiện bằng cách thoát nhiệt qua lớp tinh thể nước đá bám ở bề mặt truyền nhiệt để vào môi trường làm lạnh (hình 5.16). Quá trình có thể thực hiện ở các chế độ gián đoạn không có tách pha rắn ở bề mặt truyền nhiệt hay ở chế độ tách liên tục nước đá từ bề mặt kết tinh. Khi đó nhiệt độ dung dịch hơi cao hơn nhiệt độ cân bằng một chút. Các thiết bị có đặc liên tục kiểu thùng quay trên hình 5.17: thời gian tiếp xúc của dung dịch với bề mặt truyền nhiệt của thùng quay có kích thước rất bé (khoảng nhỏ hơn 50 μm trở lại). Còn thiết bị kết tinh vỏ áo (hình 5.18) thì sau khi kết tinh tại bề mặt truyền nhiệt rồi được tách ra hoà trộn vào hỗn hợp để quá trình tăng trưởng tinh thể được thực hiện trong toàn khối chất lỏng.



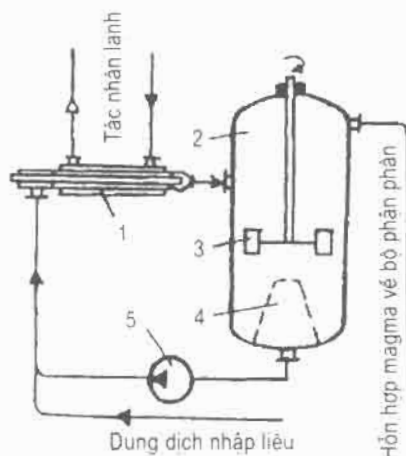
Hình 5.17. Sơ đồ nguyên lý cấu tạo thiết bị kết tinh kiểu thùng quay làm lạnh từ bên trong:

1- thùng chứa dịch cô đặc; 2- thùng quay làm lạnh; 3- dao cạo đá



Hình 5.18. Sơ đồ thiết bị kết tinh kiểu thùng hai vỏ:

1- thùng chứa; 2- vỏ áo làm lạnh; 3- dao cạo đá



Hình 5.19. Sơ đồ hệ thống thiết bị kết tinh hai giai đoạn:

1- thiết bị làm lạnh và mầm tinh thể; 2- thùng tăng trưởng tinh thể; 3- cánh khuấy; 4- bộ lọc; 5- máy bơm tuần hoàn

Để thu được những tinh thể cỡ $200 \div 300 \mu\text{m}$ thì phải giữ thời gian tăng trưởng tinh thể khoảng $3 \div 4 \text{ h}$, do đó người ta dùng hệ thống gồm một thiết bị trao đổi nhiệt để làm lạnh dung dịch và một thùng kết tinh đẳng nhiệt (hình 5.18 và hình 5.19). Các mầm tinh thể được tạo thành trong thiết bị làm lạnh sẽ được bơm liên tục vào thùng kết tinh để trộn với số tinh thể có kích thước lớn hơn đang tăng trưởng. Tại mỗi điểm của vùng kết tinh có sự điều chỉnh giữa nhiệt độ nóng chảy của các tinh thể nhỏ và các tinh thể lớn, hơi cao hơn nhiệt độ nóng chảy của các mầm tinh thể nên làm tan chảy một số mầm tinh thể bé còn các tinh thể lớn ngày càng tăng kích thước lên. Đồng thời khi các tinh thể nhỏ tan ra sẽ hấp thụ nhiệt kết tinh tỏa ra từ các tinh thể lớn. Bằng cách đó trong các thùng kết tinh có khuấy đảo tốt và làm lạnh trực tiếp các tinh thể nhỏ người ta có thể tạo được những tinh thể nước đá lớn, tinh khiết có đường kính tới 3 mm . Có thể bổ sung hỗn hợp quá lạnh vào thùng kết tinh.

5.5.3.2. Giai đoạn phân riêng

Đây là giai đoạn quyết định hiệu quả của quá trình cô đặc bằng kết tinh, giảm tổn thất chất khô và không làm loãng dung dịch đã cô đặc do nước đá tan ra. Hiệu quả sự phân riêng phụ thuộc nhiều vào kích thước tinh thể nước đá và độ nhớt của dung dịch. Tỷ lệ thể tích nước đá trong hỗn hợp huyền phù đem phân riêng là:

$$\varphi_d = \frac{(M_0 / \rho_0)}{(M_0 / \rho_0 + M_d / \rho_d)}$$

trong đó ρ_0 , ρ_d - khối lượng riêng của nước đá và của dịch cái còn lại.

Tổng khối lượng chất tan bị tổn thất theo tinh thể đá (tan khi rửa tinh thể đá) có thể xác định theo công thức:

$$\Delta M = \Delta M_0^* x_K + \Delta M_0^* \frac{x_K}{x_3} = \Delta M_0^* x_K \left(1 + \frac{1}{x}\right)$$

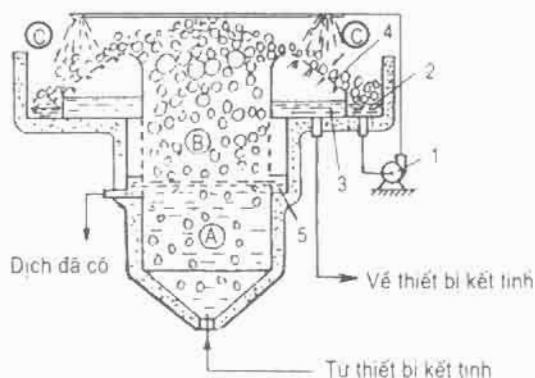
trong đó $\Delta M_0^* x_K$ - phần chất tan bị hấp phụ trong tinh thể nước đá thô;

$\Delta M_0^* \frac{x_K}{x_3}$ - phần chất tan trong dung dịch bị hấp phụ trong các kẽ hở

giữa các lớp tinh thể;

Δ - tỷ lệ nước đá bị tan chảy trong quá trình rửa tinh thể.

Quá trình tách các tinh thể nước đá từ hỗn hợp huyền phù có thể bằng phương pháp lọc qua lớp tinh thể nước đá hay ly tâm (ly tâm lọc). Quá trình này có kèm theo quá trình truyền nhiệt và truyền khối đồng thời trong chất lỏng và trên bề mặt tinh thể. Một trong những thiết bị phân riêng có hiệu quả là tháp rửa ngược chiều (hình 5.20).



Hình 5.20. Sơ đồ tháp rửa ngược chiều tinh thể nước đá:

A- vùng piston magma nổi lên; B- vùng nén ép các tinh thể nước đá và lọc tách dịch đá cô đặc; C- vùng rửa tinh thể nước đá;

1- máy bơm nước đá tan để rửa; 2- khoang chứa nước đá tan; 3- khoang chứa nước đá thu hồi; 4- lưới tách tinh thể nước đá; 5- khoang tách dịch đá cô đặc

Quá trình phân riêng xảy ra hai giai đoạn: tách tinh thể nước đá khỏi dịch cô và sau đó rửa tinh thể nước đá (bằng nước từ phần đá tan chảy). Huyền phù nhập vào thiết bị từ dưới đáy tháp tạo nên một pittông gồm một lớp tinh thể nước đá (vùng A) chuyển động dần lên (do chênh lệch khối lượng riêng). Khi hỗn hợp đi ngang qua vùng B thì dịch lỏng được tách ra nhờ khoang có lưới gan ở vách tháp còn khối xốp của các tinh thể vẫn tiếp tục nổi lên phần đỉnh tháp và rơi vào vùng C - vùng rửa tinh thể. Nước rửa được lấy từ một phần nước đá tan chảy, còn dịch bám lại trên bề mặt tinh thể được tách ra theo nước rửa thì hồi lưu về thiết bị kết tinh để thu hồi chất tan.

Để mô tả quá trình rửa tinh thể nước đá bằng nước sạch chảy từ trên xuống người ta dùng mô hình khuếch tán một chiều vận tốc chảy không đổi (bỏ qua gradient nồng độ theo phương ngang dòng chảy):

$$D \frac{d^2 C}{dx^2} + \omega \frac{dC}{dx} = 0$$

trong đó D - hệ số khuếch tán;

C - nồng độ thể tích của dung dịch;

x - tọa độ chảy ở vùng rửa;

ω - vận tốc trung bình của dòng chảy bằng hiệu số giữa vận tốc chuyển động tương đối giữa huyền phù và nước rửa.

$$\text{Điều kiện của bài toán là: } \begin{cases} C(x=0) = C_s \\ C(x=L) = 0 \end{cases}$$

C_s - nồng độ ban đầu của vùng rửa (khi $x=0$);

L - chiều dài vùng rửa.

Lời giải bài toán trên sẽ có dạng sau

$$\theta_s = \frac{C_s - C}{C_s} \frac{\left[1 - \frac{x}{L} \exp\left(\frac{-\omega L}{D}\right) \right]}{\left[1 - \exp\left(\frac{-\omega L}{D}\right) \right]}$$

trong đó θ_s - biến đổi tương đối của nồng độ;

$$\frac{\omega L}{D} - \text{vận tốc rửa không thứ nguyên (hay còn gọi là số Peclet} = \frac{\omega L}{D} \text{)}$$

Khi $Pe = 0$ thì nồng độ chất lỏng trong vùng rửa biến đổi tuyến tính (theo tọa độ) từ C_s đến 0. Khi $Pe < 0$ thì không xảy ra quá trình rửa tinh thể đá vì khi đó vận tốc lên của dòng dung dịch lớn hơn vận tốc xuống của nước rửa và xảy ra hiện tượng lôi kéo dung dịch theo lớp tinh thể nước đá.

Hiệu quả của việc rửa tinh thể nước đá khi nước rửa được phân bố đều và đẩy hết dung dịch khỏi khối tinh thể nước đá. Vận tốc chuyển động của nước đá trong lớp tinh thể và độ xuyên thấm của nó xem như không đổi. Quan hệ giữa vận tốc (ω) và độ xuyên thấm (K) của khối tinh thể được biểu diễn bằng phương trình chảy dẻo của chất lỏng:

$$\omega = \frac{\Delta P}{L} \cdot \frac{K}{\eta}$$

trong đó ΔP - tổng trở lực dòng chảy trong lớp xốp dày L ;

η - độ nhớt của chất lỏng;

K - độ xuyên thấm của chất lỏng qua lớp xốp; ở chế độ chảy màng, độ xuyên thấm của lớp xốp các tinh thể đá được tính như sau:

$$K = \frac{\phi \beta^2 d^2}{180(1 - \beta^2)}$$

ở đây D - đường kính trung bình của tinh thể đá;

ϕ - yếu tố thời gian;

β - độ xốp của lớp tinh thể, là tỷ số thể tích lỗ rỗng trong lớp tinh thể xốp.

Để tránh hiện tượng lõi cuốn dung dịch qua lớp xốp thì quá trình rửa phải đảm bảo điều kiện:

$$\frac{K_0}{K_S} = \frac{\eta_0}{\eta_S}$$

trong đó K_0 , K_S - độ xuyên thấm của lớp tinh thể đá được rửa và không được rửa;

η_0 , η_S - độ nhớt của nước rửa và của dung dịch.

Thực tế hiệu quả của sự rửa tinh thể đạt được khi giá trị K_0 nhỏ hơn 30 ÷ 60 lần K_S .

Tỷ số cần thiết $\frac{K_0}{K_S}$ đạt được bằng cách giảm độ xốp lớp tinh thể nhờ biện pháp ép. Tinh thể nước đá càng lớn thì càng có thể tăng áp suất ép và quá trình rửa càng ổn định.

Trong các thiết bị phân riêng kiểu pittông (hình 5.21). Khi nén ép khối tinh thể xốp thì dung dịch đẩy qua lớp xốp và ra ngoài qua lớp lưới lọc. Khối tinh thể nước đá tiếp tục được đẩy ra ngoài qua một miệng côn.

Với thiết bị ép kiểu này có thể đạt tới áp suất 100 at và khi đó tổn thất chất tan là tối thiểu.

Khi độ nhớt dịch lọc (huyền phù) tăng thì tăng thời gian lọc và tăng tổn thất chất tan đi theo nước đá. Thiết bị pittông này khá đơn giản, thích hợp dùng để cô đặc các dung dịch có nồng độ không cao, chứa các tinh thể nước đá cỡ dưới 100 μm .

Quá trình phân riêng trong các máy ly tâm lọc kiểu chu kỳ xảy ra qua các giai đoạn sau:

- Nhập liệu dạng huyền phù và tạo lớp xốp các tinh thể nước đá trên bề mặt vải lọc.
- Lọc chất lỏng qua lớp xốp ngậm đầy dung dịch.
- Sấy sơ bộ lớp xốp, tách hết dung dịch khỏi lớp xốp.
- Rửa lớp xốp.
- Sấy lại lớp xốp khỏi nước rửa.

Sau giai đoạn 1 thì dung dịch chỉ chứa trong các khe hở của khối tinh thể. Độ ngậm dung dịch của khối tinh thể được đặc trưng bằng hệ số:

$$K_p = \frac{\Delta M}{K}$$

trong đó ΔM , K - lượng dịch bị giữ lại và lượng đá trong một đơn vị thể tích lớp xốp.

Hệ số K_p cũng có thể tính qua nồng độ dung dịch x_p và nồng độ x_0 của dịch tan chảy từ lớp đá

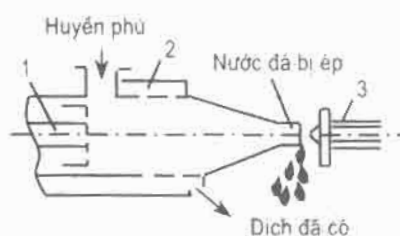
$$K_p = \frac{x_0}{x_p - x_0}$$

Độ chứa đầy dung dịch trong các lỗ rỗng của lớp xốp là hệ số ξ_p được tính như sau:

$$\xi_p = \frac{K_p \cdot \delta_0 (1 - \beta)}{\beta \delta_d} \quad \text{hay} \quad \frac{\xi_p}{K_p} = \frac{\delta_0}{\delta_d} \cdot \frac{(1 - \beta)}{\beta}$$

Trong giai đoạn 2, ban đầu dung dịch được lọc qua lớp xốp kèm theo sự biến đổi mức chất lỏng trong bể dày lớp xốp. Sau đó bắt đầu tách phần chất lỏng dạng màng và mao dẫn của lớp xốp.

Khi ly tâm, càng tăng yếu tố phân riêng (chuẩn số ly tâm Froud Fr) thì càng làm giảm độ dày của dung dịch trong lớp xốp. Với yếu tố phân ly $Fr > 750 \div 1000$ thì làm giảm độ dày còn sót lại trên bề mặt lớp đá (độ dày sót lại



Hình 5.21. Sơ đồ máy lọc tách tinh thể nước đá kiểu pittông:

- 1- pittông; 2- lưới lọc;
3,4- bộ điều chỉnh áp suất
thoát tinh thể nước đá

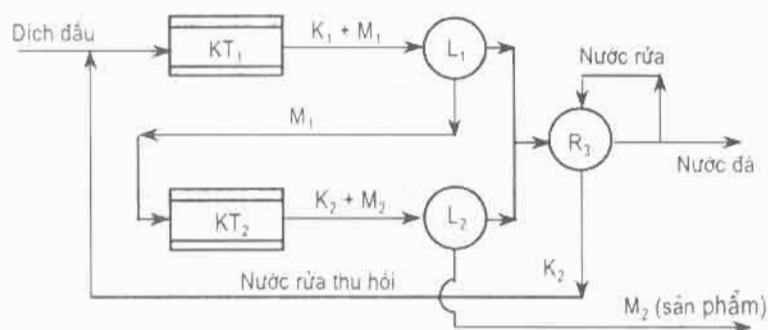
của dung dịch trên bề mặt lớp đá xốp khi ly tâm nhỏ hơn lực trọng trường $6 \div 7$ lần).

Với phương pháp lọc trọng trường (tự nhiên) thì nước đá có thể chứa đến 4,5% khối lượng là dịch gây tổn thất chất tan nhiều và không kinh tế.

5.5.4. Một số sơ đồ tiêu biểu cô đặc bằng phương pháp kết tinh nước trong công nghiệp

5.5.4.1. Sơ đồ Union Carbide

Hệ thống này hay dùng cho cô đặc nước quả và rượu nho. Hệ thống gồm hai thiết bị trao đổi nhiệt để kết tinh hai bậc và máy ly tâm để tách tinh thể nước đá (hình 5.22).



Hình 5.22. Sơ đồ hệ thống cô đặc kiểu Union Carbide:

KT_1, KT_2 - thiết bị kết tinh cấp 1 và cấp 2;

L_1, L_2 - bộ lọc, giai đoạn 1 và 2;

K_1, K_2 - tinh thể nước đá sau thiết bị kết tinh cấp 1 và cấp 2;

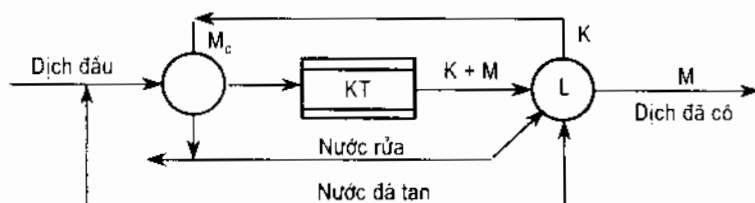
M_1, M_2 - dịch cặn sau thiết bị kết tinh cấp 1 và cấp 2;

(M_1 - thành phẩm, R_3 - bộ rửa)

Sau thiết bị kết tinh 1 (KT_1) huyền phù chứa tinh thể nước đá K_1 và dịch cặn M_1 được ly tâm lọc L_1 tách riêng ra. Dịch cặn được đưa đến thiết bị kết tinh bậc 2 (KT_2). Sau đó huyền phù vào máy ly tâm lọc L_2 . Các tinh thể đá K_1, K_2 được rửa ở máy ly tâm rửa R_3 trước khi đưa ra khỏi hệ thống. Sản phẩm của dây chuyền này đạt nồng độ cao gấp 4 lần nồng độ ban đầu. Nước rửa ở R_3 được phối chế với dung dịch đầu để tận thu chất tan.

5.5.4.2. Sơ đồ Votator

Sơ đồ Votator được Mỹ dùng cho cô đặc dung dịch dầu và nước chấm (hình 5.23).



Hình 5.23. Sơ đồ hệ thống cô đặc kiểu Votator:

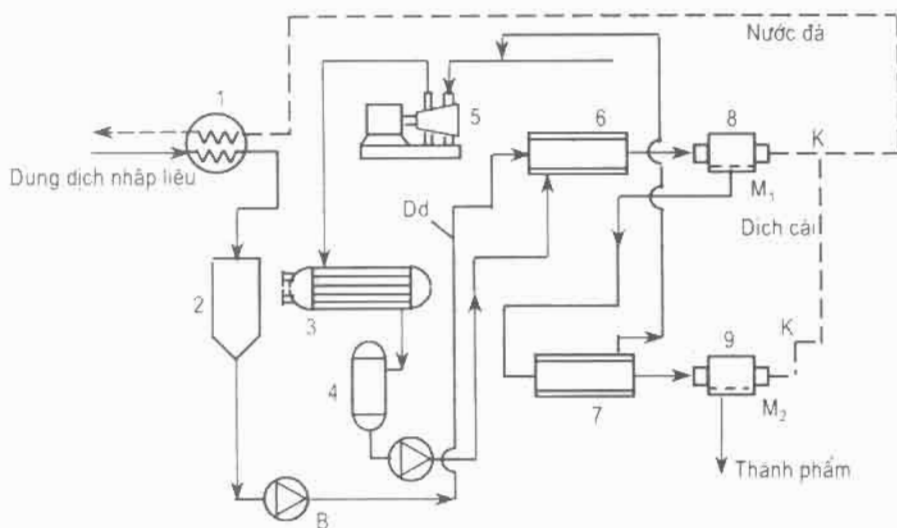
KT - thiết bị kết tinh; L - bộ lọc tinh thể nước đá; M - dung dịch đã cô đặc; M_c - bộ trao đổi nhiệt làm lạnh sơ bộ dịch nhập

Trong dây chuyền này nước ép nguyên liệu trước khi vào thiết bị kết tinh được làm lạnh sơ bộ bằng trao đổi nhiệt với nước đá trong thiết bị tan chảy M_c , còn sản phẩm được đẩy ra. Nước rửa được hồi lưu về dung dịch ban đầu.

5.5.4.3. Sơ đồ Stuthers

Sơ đồ Stuthers (hình 5.24) thường được dùng để cô đặc dung dịch chiết từ cà phê. Quá trình cô đặc được tiến hành theo 2 bậc trong các thiết bị kết tinh ống chùm nằm ngang 6 và 7. Huyền phù sau mỗi bậc kết tinh được đưa qua máy ly tâm cao tốc 8 và 9 để tách tinh thể đá và dịch cái. Ở đây cũng dùng biện pháp làm lạnh sơ bộ nước đá ban đầu theo phương pháp Votator.

Trong hệ thống để phục vụ cho các thiết bị kết tinh người ta trang bị hệ thống máy lạnh một cấp có máy nén 5; bộ ngưng tụ 3; bình chứa cao áp 4 và cho tác nhân lạnh bốc hơi phía vỏ của thiết bị kết tinh vỏ ống 6.



Hình 5.24. Sơ đồ hệ thống cô đặc kiểu Stuthers:

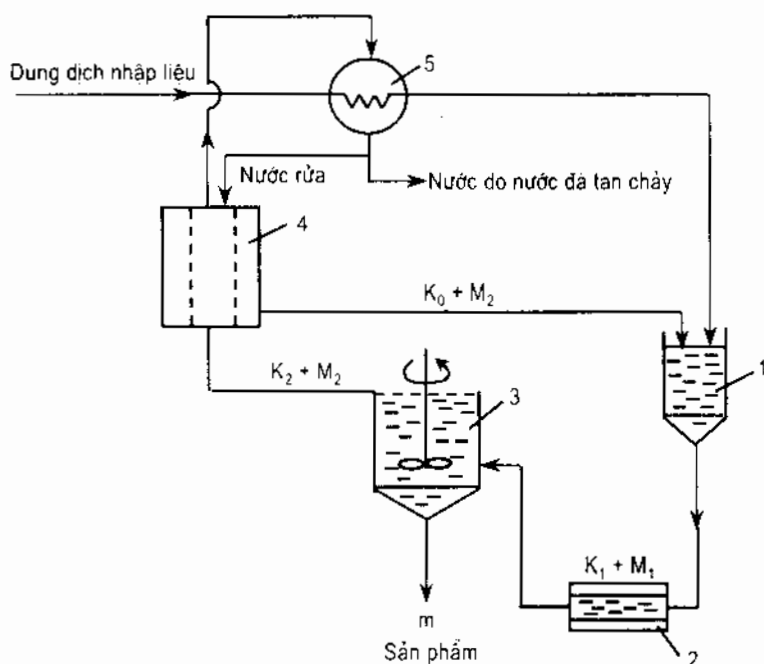
1- bộ trao đổi nhiệt (làm lạnh sơ bộ dung dịch đầu); 2- thùng chứa dịch sau làm lạnh sơ bộ; 3- thiết bị ngưng tụ tác nhân lạnh; 4- bình chứa cao áp; 5- máy nén lạnh; 6,7- thiết bị kết tinh cấp 1 và 2; 8,9- máy ly tâm cấp 1 và 2; K - tinh thể nước đá; Dd - dung dịch; M_1 - dung dịch cái đã tách tinh thể nước đá có kích thước lớn; M_2 - dịch cái không chứa tinh thể nước đá (dung dịch đã cô đặc)

5.5.4.4. Sơ đồ Grenco (Hà Lan)

Hãng Grenco đã dùng sơ đồ Grenco (hình 5.25) để cô đặc các dung dịch nước quả.

Sơ đồ Grenco có một cấp kết tinh sơ-bộ kết hợp một cấp dưỡng tinh trong một thiết bị kết tinh kiểu thùng có khuấy trộn. Quá trình xảy ra trong điều kiện dung dịch được vận chuyển và khuấy trộn liên tục. Huyền phù ($K_1 + M_1$) sau khi qua thiết bị kết tinh sơ bộ 2 được đưa vào cột tách - lọc - rửa tinh thể 4. Tại đây dung dịch còn lẫn tinh thể bé (K_{II}) được tách ra và đưa về hoà trộn với nguyên liệu tại thùng 1 rồi về thiết bị kết tinh sơ bộ 2, còn tinh thể nước đá có kích thước lớn được giữ lại rửa bằng nước lạnh (do nước đá tan chảy) sau đó tinh thể đá được đưa qua thiết bị tan chảy nước đá và trao đổi nhiệt 5. Trước đó có thể cho qua thiết bị ly tâm để tách hết dung dịch còn bám trên bề mặt tinh thể nước đá. Như vậy có thể giảm hàm lượng chất tan trong tinh thể từ 4%

xuống còn 1%. Để so sánh hiệu quả của các phương pháp cô đặc Thijssen H đã tiến hành khảo sát, tính toán các phương pháp khác nhau để cô đặc nước táo từ 12% đến 45% khối lượng chất khô. Kết quả cho thấy ở bảng 5.14.



Hình 5.25. Sơ đồ hệ thống cô đặc kiểu Grenco:

- 1- thùng chứa và phối trộn dung dịch nhập liệu; 2- thiết bị kết tinh cấp 1;
- 3- thiết bị kết tinh kiểu thùng (thiết bị dương tinh); 4- tháp lọc, tách rửa tinh thể nước đá; 5- bộ trao đổi nhiệt và làm lạnh sơ bộ dung dịch đầu

Qua bảng so sánh 5.14 ta thấy: sự phát triển cô đặc bằng kết tinh nước, sự hoàn thiện phương pháp kết tinh và phân riêng hệ lỏng - rắn đã làm cho chất lượng sản phẩm nâng cao, giữ được gần như nguyên vẹn các chất thơm và các chất có hoạt tính sinh học mà các phương pháp khác không có được với giá thành sản xuất chấp nhận được. Chính vì vậy cô đặc bằng kết tinh nước đang ngày càng được nhiều nước áp dụng trong công nghiệp thực phẩm và công nghiệp dược.

Bảng 5.14. So sánh giá thành cô đặc

Kiểu thiết bị	Các yếu tố giá thành	Giá trị tách 1000 kg nước. USD	
		Hoạt động 60 ngày/năm	Hoạt động 220 ngày/năm
Thiết bị cô đặc bốc hơi hai bậc có tháp chưng cất	- Xây dựng cơ bản + vận hành - Năng lượng - Tổng giá thành cô đặc	4,91 4,96 9,87	1,50 4,96 6,46
Thiết bị bốc hơi kiểu màng có tháp chưng cất	- Xây dựng cơ bản + vận hành - Năng lượng - Tổng giá thành cô đặc	7,03 5,61 12,64	2,16 5,61 7,77
Thiết bị cô đặc bằng thẩm thấu nghịch 160 l/m ² ngày đêm	- Xây dựng cơ bản + vận hành - Năng lượng - Tổng giá thành cô đặc	8,50 0,11 8,61	2,32 0,11 2,43
Thiết bị cô đặc bằng thẩm thấu nghịch 80 l/m ² ngày đêm	- Xây dựng cơ bản + vận hành - Năng lượng - Tổng giá thành cô đặc	17,00 0,11 17,11	4,62 0,11 4,73
Thiết bị cô đặc bằng kết tinh nước	- Xây dựng cơ bản + vận hành - Năng lượng - Tổng giá thành cô đặc	8,07 2,73 10,8	2,49 2,73 5,22

Chương 6

ỨNG DỤNG KỸ THUẬT LẠNH TRONG CÁC NGÀNH CÔNG NGHIỆP KHÁC VÀ TRONG ĐỜI SỐNG

6.1. ỨNG DỤNG KỸ THUẬT LẠNH TRONG NÔNG NGHIỆP

6.1.1. Ứng dụng kỹ thuật lạnh trong bảo quản giống chăn nuôi và trồng trọt

Muốn bảo quản giống lâu ngày cần giữ ở nhiệt độ $10 \div 15^{\circ}\text{C}$ và độ ẩm thích hợp tùy thuộc từng loại giống: các loại giống lúa, đậu... thường phải giữ với khối lượng nhiều, lâu năm để đủ thay cho từng đợt sau mỗi chu kỳ $2 \div 3$ năm. Vì thường sau $2 \div 3$ năm canh tác các giống bị thoái hoá nhiều. Mặt khác sau một thời gian bảo quản lạnh thường phẩm chất của hạt giống được tăng hơn so với ban đầu. Đó chính là tính đặc hiệu của thực vật. Vì vậy người ta coi bảo quản lạnh là một biện pháp xử lý để nâng cao hiệu suất trong gieo trồng.

Ví dụ, hạt đậu giống qua khâu xử lý lạnh thì mọc khoẻ mọc đều với tỷ lệ 95% còn không qua xử lý lạnh thì tỷ lệ mọc cao nhất chỉ là 80%.

Trong kỹ thuật chăn nuôi ở quy mô lớn lạnh thường và lạnh thâm độ luôn luôn được sử dụng trong lai tạo giống. Nhất là bảo quản các tính đông khô. Tại trung tâm lai tạo giống bò Ba Vì, ta đã sản xuất và bảo quản hàng triệu viên tinh đông của các giống bò đực quý trên thế giới. Có những lô viên tinh đông đã được giữ trên 20 năm nhưng khi sử dụng trong thụ tinh nhân tạo cho bò cái vẫn đạt kết quả trên 98%. Ở các nước châu Âu mùa đông rất lạnh có khi tới -50°C , vì vậy các cây quý hiếm phải trồng trong các nhà kính có điều hoà nhiệt độ hay sưởi nóng. Tại Ba Vì để đảm bảo chất lượng tinh đông khô các con bò đực giống nhập ngoài thường được nuôi trong phòng có điều hoà nhiệt độ với diện tích $36\text{ m}^2/\text{con}$. Trong trồng trọt người ta còn sử dụng lạnh để khống chế hoa nở theo ý muốn hoặc bảo quản vận chuyển hoa sau khi cắt. Ví dụ bảo quản hoa huệ, hồng, lan ở nhiệt độ 1 đến 5°C và độ ẩm tương đối $\phi = 80 \div 85\%$ có thể giữ được 10 ÷ 14 ngày. Nhiều nước trên thế giới đã dùng lạnh làm mưa nhân tạo để

chống hạn hán và chữa cháy rừng. Ở nước ta đã có dự án nghiên cứu chống cháy rừng bằng mưa nhân tạo.

Trong ngành nông nghiệp tuy khoa học kỹ thuật đã giải quyết được vấn đề rải vụ nhưng với quy mô sản xuất lớn để giữ được các nguyên liệu tươi như trứng, sữa bò, sữa ong chúa, các loại rau quả... thì nhất thiết phải sử dụng lạnh trong vận chuyển và bảo quản.

6.1.2. Ứng dụng kỹ thuật lạnh trong chế biến các sản phẩm rau quả

Kỹ thuật lạnh và lạnh đông được dùng trong bảo quản nguyên liệu thực phẩm nhằm kéo dài thời vụ sản xuất, kéo dài thời gian vận chuyển đi xa và phân phối hàng hoá mà chất lượng vẫn giữ được gần như nguyên liệu tươi sống mà các phương pháp khác như muối, sấy, chế biến đồ hộp... không thể có được.

Ngoài ra làm lạnh đông còn được xem là một khâu kỹ thuật quan trọng trong sấy thăng hoa, trong cô đặc nước quả bằng phương pháp kết tinh dung môi, tách nước trong sản xuất aga, làm tăng hiệu suất ép trong ép nước hoa quả v.v. Năm 1973 – 1975, nước ta đã nghiên cứu làm lạnh đông chậm dứa, bảo quản rồi ép lấy nước kết quả rút ngắn được thời gian ép và hiệu suất ép đạt 130% so với dứa không qua lạnh đông (hiệu suất ép tính theo lượng nước ép trên đơn vị khối lượng dứa). Sở dĩ như vậy vì quá trình làm lạnh đông chậm tinh thể đá lớn nó phá huỷ cấu trúc của hệ thống tế bào do vậy nước ép thoát ra dễ và mạnh. Ngoài ra quá trình làm lạnh đông còn làm biến đổi tính chất một số hệ keo (nhất là keo protein) nên hiệu quả quá trình làm trong, lắng, sấy, ngâm tẩm cũng tăng lên.

Còn ở các sản phẩm lạnh đông nhanh do tác dụng của nhiệt độ thấp và các tinh thể đá tạo thành bé không ảnh hưởng đến cấu trúc tế bào nên sau thời gian dài bảo quản vẫn giữ được $95 \div 97\%$ tính chất ban đầu của sản phẩm.

Ngày nay kỹ thuật lạnh tiên tiến đã cho phép làm lạnh đông cực nhanh (còn gọi là siêu đông) các sản phẩm trong nitơ lỏng, CO₂ lỏng... Thời gian làm lạnh đông cực nhanh sản phẩm có khi chỉ bằng 1/60 thời gian làm lạnh đông nhanh do vậy có thể giảm hao hụt khối lượng đến 3 - 4 lần. Sản phẩm lạnh đông cực nhanh đảm bảo hầu như nguyên vẹn phẩm chất tươi sống của nguyên liệu ban đầu.

Ở một số nước sản phẩm lạnh đông cực nhanh bằng nitơ lỏng (nhiệt độ bay hơi của nitơ lỏng ở áp suất thường là -196°C) chiếm đến 50% tổng sản phẩm lạnh đông. Sở dĩ vậy là vì nitơ lỏng là sản phẩm phụ của công nghiệp sản xuất oxy lỏng bằng phương pháp hoá lỏng không khí nên giá thành rẻ và nhiều, vì lượng nitơ chiếm gần 4/5 khối lượng trong không khí. Dùng nitơ lỏng ngoài các ưu việt trên (nhiệt độ thấp, rẻ tiền, nhiều) còn có ưu việt khác, vì nitơ lỏng gần như khí trơ nên hạn chế được quá trình oxy hoá sản phẩm.

6.1.3. Ứng dụng kỹ thuật lạnh trong chế biến nông sản thực phẩm

Ngày nay muốn giữ được chất lượng của của nông sản thực phẩm sau thu hoạch để dự trữ cho sản xuất hay lưu thông phân phối đều cần đến lạnh. Qua thực tế sản xuất và tiêu dùng đã chứng minh điều này.

- Sữa (bò, trâu, dê) vắt xong phải làm lạnh ngay để hạn chế sự phát triển của vi sinh vật. Nếu vắt sữa để ở nhiệt độ bình thường (từ $31 \div 39^{\circ}\text{C}$) thì chỉ sau $3 \div 4$ h sữa loại 1 sẽ biến thành loại 2. Nếu sau khi vắt sữa làm lạnh đến 20°C thì giữ được phẩm chất loại 1 đến 8 h. Nếu xuống 10°C thì giữ được phẩm chất loại 1 được 40 h, còn nếu làm lạnh đến 7°C thì giữ được phẩm chất loại 1 đến 3 ngày đêm. Ngoài ra các sản phẩm của sữa như bơ, phomat, sữa chua... cũng phải bảo quản ở $7 \div 10^{\circ}\text{C}$ mới đảm bảo được chất lượng tốt.

- Trong sản xuất rượu vang, lạnh được sử dụng để lắng cặn, điều chỉnh nhiệt độ lên men, để ổn định độ rượu, hình thành và giữ được các hương thơm đặc biệt của vang đã tạo thành trong quá trình lên men.

- Trong sản xuất rượu sâm banh, lạnh có tác dụng rất lớn. Ngoài tác dụng như trong sản xuất rượu vang lạnh đóng vai trò làm trong, bảo hoà và ổn định lượng CO_2 , các chất thơm trong sản phẩm.

- Trong công nghệ sản xuất bia, lạnh là yếu tố không thể thiếu được, nó đóng vai trò rất quan trọng đối với chất lượng của bia thành phẩm, trong dây chuyền công nghệ lạnh tham gia suốt từ làm lạnh dịch đường đến bảo hoà CO_2 sản phẩm.

- Trong công nghệ sản xuất chè đen, khâu rất quan trọng là lên men chè đen ở chế độ nhiệt độ và độ ẩm thích hợp. Đây là khâu quyết định tính chất của

chè đen. Muốn không chế được chế độ lên men phải điều hoà không khí và chủ yếu của hệ thống đó là lạnh.

- Trong ngành dâu tằm, xử lý kén tằm trong lạnh đông hay siêu đông (bằng nitơ lỏng) đã được nhiều nước trên thế giới như các nước SNG, Anh, Mỹ, Nhật Bản, Ấn Độ... áp dụng từ những năm bảy mươi của thế kỷ XX với kết quả rất tốt: bảo quản kén được lâu, giảm kén phế liệu, tăng năng suất ươm tơ và tăng phẩm chất của sợi tơ. Trong công nghiệp ươm tơ gặp nhiều khó khăn là tằm sản xuất theo lứa và theo thời vụ, nhưng kén tằm mà để lâu quá 7 ngày ở điều kiện bình thường thì nhộng sẽ biến thành ngài cần tổ chui ra làm cho sợi tơ đứt thành từng đoạn dài 2 : 3 cm (thường sợi tơ dài $1200 \div 1400$ m/tổ kén). Viện Hàn lâm Nông học Azecbaizan đã tìm ra phương pháp xử lý kén trong lạnh đông (ở -40°C) hoặc siêu đông (ở -190°C) nên năng suất lao động tăng 9% và sản lượng tơ tăng 1,5%. Sở dĩ như vậy vì lạnh đông làm phá vỡ cấu trúc keo dính kết giữa các sợi tơ (keo xerixin, keo fibroin).

- Đông khô là phương pháp chế biến thực phẩm hiện đại nhất hiện nay (đông khô còn gọi là sấy thăng hoa). Lắc đều sản phẩm được làm lạnh đông nhanh ở -40°C để biến 86% nước trong sản phẩm thành đá, sau đó làm lạnh đông khô bằng thăng hoa nước đá ở áp suất chân không. Phương pháp này cho phép giữ được gần như nguyên vẹn phẩm chất, màu sắc, hương vị của ban đầu.

Ngay từ những năm 1940 - 1942 đông khô huyết tương đã được áp dụng (trong chiến tranh Mỹ - Nhật Bản). Ngày nay đông khô đã trở thành ngành công nghiệp lớn trên thế giới. Ở Nhật Bản đã có tới 26 công ty chế biến đông khô thực phẩm với giá trị trên 170 tỷ yên/năm. Các sản phẩm sinh học đông khô của Nhật Bản đang dẫn đầu thế giới, sản lượng năm 1987 đã đạt trên 12 tỷ yên. Ở Việt Nam ngay sau Mỹ xoá bỏ cấm vận, hãng Wine Food của Nhật Bản đã sản xuất ngay thực phẩm đông khô với năng suất 500 kg/ngày tại khu chế xuất Tân Thuận.

- Kỹ thuật đông khô có ưu việt đặc biệt như vậy nên trong ngành y tế, thú y đã áp dụng để sản xuất các loại vắc-xin đông khô cho người và gia súc, gia cầm với quy mô lớn. Nước ta đã có ba cơ sở sản xuất vắc-xin đông khô để phòng chống dịch cho nhân dân như: Viện Vệ sinh Dịch tễ Hà Nội, Viện Pasteur Thành phố Hồ Chí Minh và Viện Nghiên cứu Sản xuất Sinh vật phẩm Đà Lạt, Nha

Trang. Các cơ sở của ta đã sản xuất được nhiều loại vắc-xin thay thế cho vắc-xin ngoại nhập như vắc-xin bại liệt, tả, thương hàn, dại, bạch hầu, uốn ván, ho gà... Riêng Trung tâm Khoa học Sản xuất vắc-xin Sabin Hà Nội (POLIOVAC) năm 1994 đã sản xuất 16 triệu liều vắc-xin bại liệt, năm 1995 sản xuất 20 triệu liều.

6.2. ỨNG DỤNG KỸ THUẬT LẠNH TRONG Y TẾ

6.2.1. Ứng dụng kỹ thuật lạnh trong bảo quản thuốc và các vật phẩm y tế

Lạnh được sử dụng trong ngành y tế ngày càng nhiều và đem lại hiệu quả ngày càng lớn. Phần lớn các loại thuốc quý, các thuốc kháng sinh thường được bảo quản ở nhiệt độ $15 \div 20^{\circ}\text{C}$. Một số loại thuốc vắc-xin đòi hỏi bảo quản ở nhiệt độ $0 \div 5^{\circ}\text{C}$ hoặc thấp hơn. Các loại thuốc quý như cao gan, các loại thuốc giàu tính kháng sinh, các loại thuốc sinh học, hồng huyết cầu khô... đều dùng lạnh ngay trong các khâu sản xuất gồm làm lạnh, làm lạnh đông và sấy thăng hoa. Ngoài ra lạnh còn dùng để bảo quản các loại da, gân, các nội tạng v.v... để thay thế cho bệnh nhân trong giải phẫu.

Từ những năm thập kỷ bốn mươi của thế kỷ XX, ở Tây Âu người ta đã áp dụng lạnh vào điều trị vô sinh. Dùng lạnh trong bảo quản tinh trùng, lập ngân hàng tinh trùng (NHTT) và bảo quản trứng, lập ngân hàng trứng (NHT) để điều trị vô sinh cho những cặp vợ chồng không có khả năng tự sinh con. Việc lập các ngân hàng này không chỉ có khả năng chữa bệnh vô sinh mà còn có ý nghĩa trong khoa học công nghệ di truyền và phát triển của nhân loại trên thế giới.

Ngân hàng Tinh trùng đầu tiên của Pháp được thành lập ở Kremlin-Bicêtre năm 1973, đó cũng là thời điểm ở Pháp việc thụ tinh nhân tạo được đưa ra công khai trong xã hội. Hiện nay riêng ở Pháp đã có 22 NHTT hoạt động phi lợi nhuận ở các bệnh viện.

Ở Việt Nam ta, việc điều trị vô sinh được nghiên cứu áp dụng từ năm 1960. Từ đầu năm 1995 với sự cố gắng vượt bậc của Bệnh viện Phụ sản Từ Dũ thành phố Hồ Chí Minh, NHTT được xây dựng và đã điều trị thành công cho hàng trăm cặp vợ chồng vô sinh do chồng.

Nhìn lại lịch sử y học ta thấy ngay từ thời trung cổ, nền y học Tây Tạng và phương đông đã dùng địa sống để chữa bệnh. Dùng địa để chích máu, hút máu

của ung nhọt, hút máu tụ để lưu thông máu được trở lại bình thường. Ngày nay cùng với sự phát triển của y học việc sử dụng đĩa trong chữa bệnh cũng được quan tâm. Bác sĩ phẫu thuật Peter Mahafey (người Anh) đã nhận xét: "Đĩa như một hỗ trợ cho y học hiện đại. Với các loại đĩa, tôi đã cứu được khá nhiều trường hợp phức tạp sau phẫu thuật. Chỉ có 60 frăng (10 USD) một con. Dùng đĩa là một phương pháp điều trị đặc biệt ít tốn kém". Từ nhu cầu của ngành y tế mà trên thế giới cần nhiều đĩa đông lạnh. Đĩa đông lạnh qua thời gian bảo quản 4 ÷ 5 năm khi làm tan giá vẫn sống lại. Ngoài dùng đĩa sống để điều trị bệnh, để chăm sóc hậu phẫu người ta còn dùng để chiết chất hirudin, enzym hementine (hai chất này có ở nước bọt của miệng con đĩa có tác dụng gây tê và chống đông tụ máu). Từ hai chất này có thể điều chế được 20 loại thuốc quý. Ở Anh Công ty Biophaim được thành lập và điều khiển bởi bác sĩ Roy - Sawyer tại làng Hendy xứ Galles, hàng tháng cung cấp trên 5000 con đĩa cho các bệnh viện trên toàn thế giới. Từ đĩa người ta đã sản xuất ra hàng loạt chất hementine, các loại thuốc tiêm, thuốc uống và thuốc xoa chữa các bệnh trĩ, tụ máu nội tạng, tụ máu ở các vết chấn thương, đông tắc mạch máu, viêm màng bao tim, chữa bệnh tim mạch v.v.

6.2.2. Ứng dụng kỹ thuật lạnh trong điều trị lâm sàng

Trong y tế lạnh không chỉ có tác dụng bảo quản mà còn dùng để hạ nhiệt độ gây tê, giảm đau, giảm nhiễm trùng cho bệnh nhân trong phẫu thuật. Dùng lạnh trong phẫu thuật đã áp dụng trong chuyên khoa phẫu thuật mạch máu, khoa chấn thương tạo hình...

Dùng lạnh để hạ thân nhiệt người bệnh trong phẫu thuật đã đem lại hiệu quả cao trong mổ tim, phổi, thận v.v. Vì lạnh đưa cơ thể vào trạng thái nằm yên, kìm hãm được những phản ứng bảo vệ của tuần hoàn máu và của trao đổi chất ở cơ thể. Người ta chế tạo những "chăn lạnh" hay những "bộ quần áo lạnh" cho bệnh nhân, đảm bảo đưa nhiệt độ cơ thể xuống 26°C trong khi phẫu thuật. Khi phẫu thuật ở nhiệt độ này có thể nói hầu như máu không chảy vì vậy còn gọi là "phẫu thuật khô" như "mổ tim khô" "mổ phổi khô". Ở Việt Nam ta từ cuối 1975, Khoa Tiết niệu Viện Quân y 108 đã áp dụng phương pháp hạ nhiệt độ thận tại chỗ xuống 16°C bằng nước đá đang tan, nhờ đó có thể kẹp cuống thận lâu từ 30 đến 105 phút (trung bình là 58 phút). Nếu ở nhiệt độ bình thường thì

cứ sau $10 \div 12$ phút kẹp cuống thận lại phải nối kẹp để cho máu vào nuôi thận như vậy sẽ kéo dài ca phẫu thuật, mất nhiều máu, vùng mổ lại không khô sạch, dễ nhiễm trùng. Trong tổng số 32 người mổ thận dùng lạnh, không có trường hợp nào chảy máu thứ phát phải mổ lại, chức năng thận được phục hồi tốt, không có tử vong. Hiện nay ở các nước Anh, Pháp, Mỹ và các nước SNG... đã có nhiều dao mổ chuyên dùng bằng máy lạnh bán dẫn đảm bảo tiện lợi và đạt hiệu quả cao trong phẫu thuật.

Trong phẫu thuật còn dùng lạnh để gây tê cục bộ giảm đau cho bệnh nhân.

Trong khoa mắt đã dùng phổ biến lạnh đông để lấy thủy tinh thể bị đục ra khỏi mắt làm cho mắt mù sáng lại. Nếu trước kia trong phẫu thuật chỉ cứu chữa được không quá 50% bệnh nhân mù, thì ngày nay nhờ áp dụng kỹ thuật đông lạnh bằng CO_2 lỏng, freon lỏng... ngành mắt đã bảo đảm cứu khỏi đến 97% bệnh nhân mù.

Lạnh thâm độ cũng đã sử dụng để chữa bệnh ung thư. Bác sĩ phẫu thuật Vanxơ ở Viên (Áo) đã dùng nitơ lỏng có nhiệt độ gần -196°C bơm vào khối u ung thư để diệt những mô ung thư và hoàn toàn loại trừ khả năng lan truyền của tế bào ung thư trong cơ thể. Bác sĩ Vanxơ đã dùng phương pháp này chữa cho 44 người khỏi bệnh. Hiện nay nhiều nước trên thế giới đã nghiên cứu hoàn thiện các thiết bị chuyên dùng có lạnh thâm độ để chữa bệnh ung thư. Ở Việt Nam thành tựu mới này cũng đã được trường Đại học Y Hà Nội và Viện mắt Trung ương phối hợp nghiên cứu và ứng dụng: dùng nitơ lỏng ở -196°C để chữa các loại u ở mắt, u mạch, u sắc tố, u gai... Bệnh trị xong không tái phát.

Ở châu Âu ngày nay đã phổ biến dùng lạnh để gây ngủ nhân tạo, đưa bệnh nhân vào trạng thái nằm yên để phục vụ cho các ca đại phẫu thuật và vì phẫu thuật đặc biệt mà ở điều kiện thông thường không thể nào cứu chữa nổi.

Trong y học và ngành công an, lạnh còn dùng để ướp xác chết phục vụ cho khám nghiệm tử thi.

Trong y học hiện đại còn dùng lạnh thâm độ để bảo quản các cơ quan nội tạng phục vụ cho phẫu thuật cấy ghép và thay thế.

Nhìn chung cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, kỹ thuật lạnh ngày càng được ứng dụng nhiều trong y học và mang lại hiệu quả cao cho chữa bệnh và phục vụ đời sống con người.

6.3. ỨNG DỤNG KỸ THUẬT LẠNH TRONG ĐIỀU HOÀ KHÔNG KHÍ CHO SẢN XUẤT VÀ ĐỜI SỐNG

6.3.1. Vai trò của điều hoà không khí

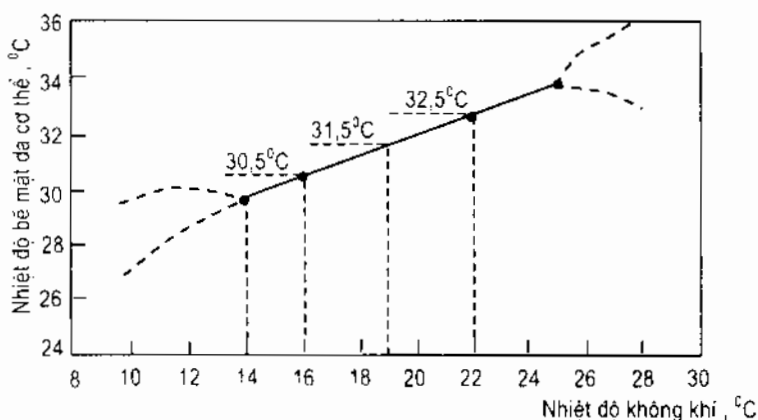
Ngày nay điều hoà không khí đã trở thành một lĩnh vực và một ngành riêng nó phát triển rất mạnh cả về chiều rộng và chiều sâu. Cùng với sự phát triển của khoa học kỹ thuật, điều hoà không khí đã trở thành lĩnh vực không thể thiếu được của các ngành sản xuất đòi hỏi kỹ thuật cao như: cơ khí chính xác, kỹ thuật điện tử, vi điện tử, kỹ thuật vi phẫu thuật, kỹ thuật vũ trụ và các lĩnh vực tự động hoá... Trong công nghiệp thực phẩm, điều hoà không khí giúp cho đảm bảo chất lượng của sản phẩm và nâng cao năng suất lao động.

Trong chăn nuôi bò sữa, bò đực giống, điều hoà không khí đã tạo ra môi trường thích hợp cho gia súc (nhất là với các giống gia súc nhập ngoại không thích hợp với khí hậu nước ta). Qua nhiều thí nghiệm đã cho chúng ta thấy rằng nếu tạo được nhiệt độ và độ ẩm không khí thích hợp cho từng loại vật nuôi thì năng suất chăn nuôi sẽ tăng 10 ÷ 15%.

Đối với con người việc tạo nhiệt độ và độ ẩm không khí thích hợp sẽ làm cho con người khoẻ mạnh và nâng cao năng suất lao động. Nếu điều kiện khí hậu khắc nghiệt sẽ làm cho con người mau mệt mỏi và giảm tuổi thọ. Viện Kỹ thuật lạnh và Điều hoà không khí của Mỹ qua nhiều thí nghiệm đã kết luận rằng: nếu tạo được điều kiện khí hậu thích hợp thì con người sẽ kéo dài được tuổi thọ thêm 10% so với bình thường. Trong y học người ta đã dùng điều hoà không khí trong các phòng điều dưỡng nhằm phục hồi sức khoẻ cho bệnh nhân sau những ca phẫu thuật hoặc sau khi đã vượt qua những căn bệnh hiểm nghèo.

Khi nghiên cứu sự ảnh hưởng của không khí đối với cơ thể sống nói chung và đối với con người nói riêng ta thấy không khí có vai trò rất lớn đối với sự thoát nhiệt và thoát ẩm của cơ thể sống. Con người trong quá trình hoạt động sống của mình luôn luôn cần một năng lượng nhất định, năng lượng đó được cung cấp từ các phản ứng oxy hoá các chất dinh dưỡng. Năng lượng tạo ra từ các phản ứng oxy hoá, một phần được sử dụng cho sự hoạt động của con người, phần dư thừa cần được thoát ra môi trường không khí ngoài. Lượng nhiệt cơ thể con người thoát ra bên ngoài qua hai con đường chính là thoát nhiệt bằng truyền nhiệt và thoát nhiệt thông qua con đường khác như thoát mồ hôi, hô hấp, bài tiết...

Qua các phương thức thoát nhiệt trên để giữ cho thân nhiệt con người luôn ở nhiệt độ 37°C không đổi, như vậy không khí ở môi trường xung quanh đóng vai trò vô cùng quan trọng. Để đảm bảo sức khoẻ cho con người và nâng cao năng suất lao động cần phải xác định khoảng nhiệt độ thích hợp cho hoạt động sinh lý của con người. Để xác định nhiệt độ thích hợp cho hoạt động sinh lý của cơ thể con người các ông Reichenbach, Heyman, Koff-Pertersen đã tiến hành các thí nghiệm trong phòng kín, không khí tĩnh, người ở trạng thái nghỉ ngơi. Qua các kết quả thí nghiệm các ông đã xây dựng được đồ thị về mối quan hệ nhiệt độ bề mặt da cơ thể và nhiệt độ không khí bên ngoài như trong hình 6.1.



Hình 6.1. Sự ảnh hưởng của nhiệt độ không khí đến nhiệt độ bề mặt da cơ thể

Qua đồ thị trên ta thấy rằng từ khoảng 14 đến 25°C của nhiệt độ không khí thì độ nghiêng của đồ thị không thay đổi, có nghĩa là các quá trình biến đổi sinh lý trong cơ thể con người diễn ra bình thường không bị xáo động. Còn dưới 14°C nhiệt sinh ra do các quá trình sinh lý bình thường không đủ cân bằng cơ thể cần phải có nhiệt bổ sung nhờ sự rung động của các bắp cơ, khi đó: $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} + Q$ nhiệt lượng Q này toả ra rất lớn và kịp thời bổ sung để giữ cho nhiệt độ cơ thể không đổi. Khi nhiệt độ không khí lớn hơn 25°C thì nhiệt thoát ra theo con đường truyền nhiệt giảm đi do vậy để giữ thân nhiệt không đổi các tuyến nội tiết của con người phải tăng cường hoạt động làm tăng lượng nhiệt thoát ra theo con đường khác như thoát mồ hôi, bài tiết, ... Nhìn vào đồ thị ta thấy nhiệt độ thích hợp nhất cho mặt da cơ thể con người là $16 \div 22^{\circ}\text{C}$ ứng với nhiệt độ bề mặt da cơ thể là $30,5^{\circ}\text{C}$ và $32,5^{\circ}\text{C}$.

Vậy để giữ được nhiệt độ thích hợp của không khí với con người thì điều hoà không khí là không thể thiếu được.

6.3.2. Các nguyên tắc của điều hoà không khí

6.3.2.1. Mục đích của điều hoà không khí

Điều hoà không khí là một ngành khoa học nghiên cứu các phương pháp, công nghệ, thiết bị để tạo ra và duy trì một môi trường không khí phù hợp với một công nghệ sản xuất, bảo quản vật liệu, trang thiết bị hoặc mang lại sự thoải mái cho con người. Để đạt được các mục đích trên điều hoà không khí phải điều chỉnh và duy trì các thông số sau của không khí:

- Nhiệt độ của không khí.
- Độ ẩm của không khí.
- Sự lưu thông và tuần hoàn của không khí.
- Hệ thống xử lý bụi và các thành phần lạ của không khí.

Tuỳ theo mục đích sử dụng người ta có thể chia ra hai dạng cơ bản sau:

- Điều hoà không khí phục vụ cho gia công, chế biến và chăn nuôi.
- Điều hoà không khí phục vụ cho sinh hoạt của con người.

Độ ẩm và nhiệt độ không khí là hai thông số quan trọng nhất trong các quá trình sản xuất. Bảng 6.1 cho ta thấy rõ yêu cầu nhiệt độ và độ ẩm trong các phân xưởng của nhà máy dệt.

Bảng 6.1. Nhiệt độ và độ ẩm thích hợp trong các phân xưởng của nhà máy dệt

Loại vật liệu	Xưởng chế biến	Nhiệt độ, °C	Độ ẩm tương đối, %
Sợi bông	Chải sợi	22 ÷ 25	55 ÷ 65
	Xe sợi	22 ÷ 25	60 ÷ 70
	Dệt	22 ÷ 25	70 ÷ 80
	Điều tiết sợi	22 ÷ 25	90 ÷ 95
Len	Chuẩn bị	22 ÷ 29	60
	Kéo sợi	22 ÷ 29	50 ÷ 60
	Dệt	22 ÷ 29	60 ÷ 70

Còn đối với con người nhiệt độ, độ ẩm tương đối và vận tốc không khí là những thông số quan trọng, chúng thay đổi và phụ thuộc lẫn nhau. Bảng 6.2 cho chúng ta thấy các thông số thích hợp cho con người.

Bảng 6.2. Các thông số của không khí thích hợp cho cơ thể con người

Nhiệt độ không khí trong phòng, °C	Độ ẩm tương đối của không khí, %	Vận tốc tối thiểu, m/s	Vận tốc tối đa, m/s
20	35 ÷ 65	0,04	0,12
21		0,04	0,14
22		0,05	0,17
23		0,07	0,21
24		0,09	0,26
25		0,12	0,32
26		1,16	0,40
28			

6.3.2.2. Các nguyên tắc của điều hoà không khí

Không khí xung quanh ta luôn chứa một lượng hơi nước nhất định vì vậy người ta gọi là không khí ẩm. Ngoài ra trong không khí còn chứa bụi, các vi sinh vật... chúng được coi là thành phần lạ của không khí cần loại bỏ càng nhiều càng tốt. Trong không khí, bụi là các hạt rắn có kích thước từ $1 \div 150 \mu\text{m}$. Khí có kích thước từ $0,2 \div 1 \mu$. Thành phần của không khí thông thường bao quanh Trái đất như trong bảng 6.3.

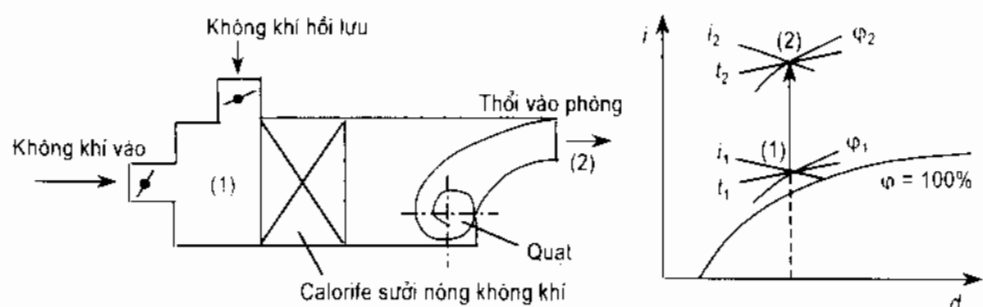
Bảng 6.3. Thành phần không khí

Tên gọi	Công thức hoá học	Thành phần khối lượng, %	hành phần thể tích, %
Nitơ	N_2	75,74	78,03
Oxy	O_2	23,19	20,90
Hydro	H_2	0,001	0,01
Cacbonic	CO_2	0,04	0,03
Khí hiếm		1,3	0,94
Bụi			

Để có thể điều chỉnh được các thông số của không khí về bụi và các khí độc người ta thường dùng các bộ phận lọc bụi và lọc khí, còn điều chỉnh nhiệt độ và độ ẩm người ta dựa vào các nguyên tắc cơ bản sau.

a) Quá trình đốt nóng không khí đẳng ẩm

Trong quá trình này không khí ẩm nhận được nhiệt lượng nhiệt độ của không khí tăng lên còn hàm ẩm tuyệt đối (d) không đổi nhưng độ ẩm tương đối giảm đi quá trình này được biểu diễn bằng đoạn 1–2 song song với trục tung theo sơ đồ hình 6.2.



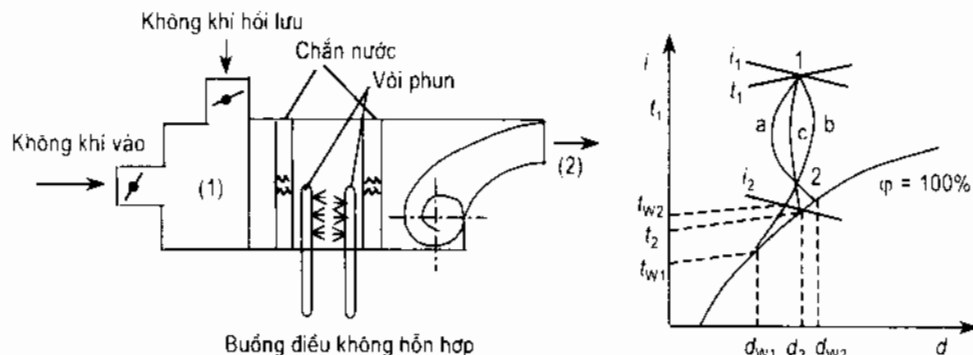
Hình 6.2. Biểu diễn quá trình đốt nóng không khí đẳng ẩm

Nhiệt lượng cần đốt nóng 1 kg không khí được xác định theo công thức:

$$q_{1-2} = i_2 - i_1, \text{ kJ/kg}$$

b) Quá trình làm lạnh và khử ẩm

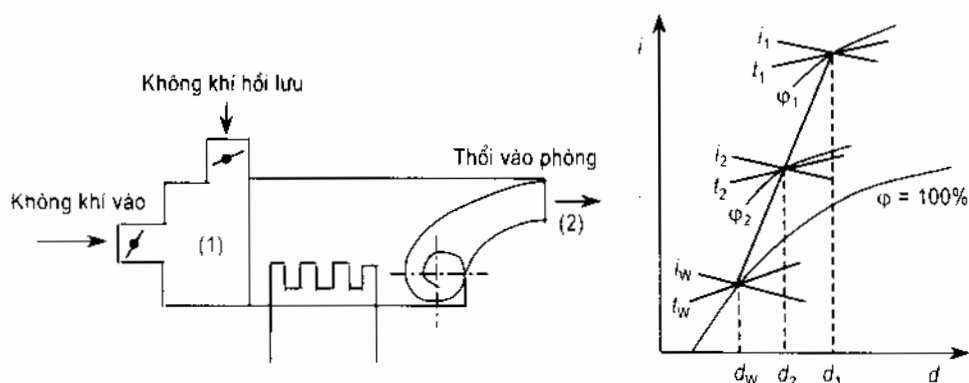
Làm lạnh và khử ẩm bằng vôi phun. Quá trình làm việc được thực hiện theo sơ đồ hình 6.3.



Hình 6.3. Quá trình làm lạnh và khử ẩm bằng vôi phun

Không khí ở trạng thái 1 được qua giàn phun nước lạnh phun theo kiểu hỗn hợp. Một giàn phun cùng chiều với không khí (theo đường a) làm nhiệt độ không khí giảm xuống đến t_{w2} . Một giàn phun ngược không khí (theo đường b) làm nhiệt độ không khí giảm xuống đến t_{w1} . Tổng hợp hai đường a và b ta được đường tiến hành làm lạnh khử ẩm không khí qua buồng phun hỗn hợp (đường c).

Làm lạnh và khử ẩm bằng ống xoắn lạnh. Quá trình làm việc được thực hiện theo sơ đồ hình 6.4.



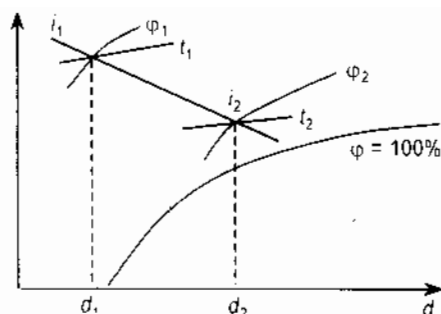
Hình 6.4. Quá trình làm lạnh và khử ẩm bằng ống xoắn

Không khí ở trạng thái 1 được thổi qua đường ống xoắn lạnh, bên trong ống xoắn có tác nhân lạnh sôi hay dung dịch nước muối lạnh. Quá trình biến đổi trạng thái không khí ẩm đi theo đường 1-2, t_w là nhiệt độ không khí tại bề mặt ống xoắn. Nhiệt lượng được tách ra từ 1 kg không khí khô ($1 = d$ kg ẩm trong 1 kg không khí khô) là:

$$q_{1-2} = i_1 - i_2, \text{ kJ/kg.}$$

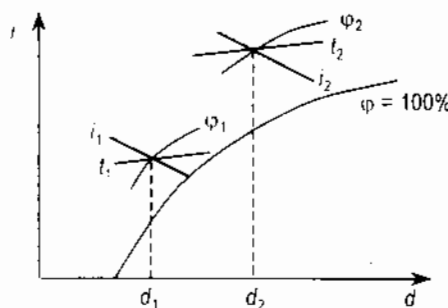
c) Quá trình làm ẩm không khí

Làm ẩm bằng phun nước: quá trình được thực hiện theo sơ đồ hình 6.5. Không khí ở trạng thái 1 được phun nước vào, nước sẽ bay hơi và làm tăng hàm ẩm của không khí. Nhiệt lượng cung cấp cho bay hơi nước được lấy từ không khí nên quá trình diễn ra theo đường đẳng i và được giảm nhiệt độ đến trạng thái 2.



Hình 6.5. Quá trình làm ẩm bằng phun nước trên đồ thị $i - d$

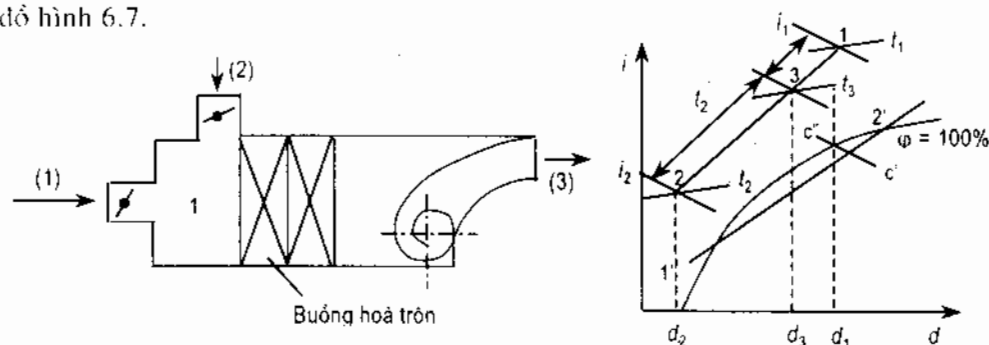
Làm ẩm bằng phun hơi nước quá trình được tiến hành theo sơ đồ hình 6.6. Không khí ở trạng thái 1 được hoà trộn với hơi nước ở nhiệt độ cao vì vậy nó được đốt nóng và làm ẩm đến trạng thái 2.



Hình 6.6. Quá trình làm ẩm bằng phun hơi nước trên đồ thị $i - d$

d) Quá trình hoà trộn hai luồng không khí ẩm

Dòng không khí 1 ngoài trời có lưu lượng G_1 (kg/h) được hoà trộn với không khí phòng tuần hoàn 2 có lưu lượng G_2 (kg/h) khối lượng của dòng không khí hỗn hợp là G_3 (kg/h) xác định tại điểm 3. Quá trình được thực hiện theo sơ đồ hình 6.7.



Hình 6.7. Quá trình hoà trộn hai luồng không khí

Ta có $G_3 = G_1 + G_2$

Điểm hỗn hợp của hai luồng không khí (điểm 3) được xác định như sau:

- Điểm 3 phải nằm trên đoạn nối 1-2.
- Điểm 3 phải thỏa mãn một trong hai điều kiện sau:

* Theo định luật bảo toàn vật chất: $G_1 d_1 + G_2 d_2 = G_3 d_3$

Do đó:
$$d_3 = \frac{G_1 d_1 + G_2 d_2}{G_1 + G_2}$$

Do đó điểm 3 là giao điểm của d_3 và đoạn 1-2.

* Theo định luật bảo toàn năng lượng:

$$G_1 i_1 + G_2 i_2 = G_3 i_3 \rightarrow i_3 = \frac{G_1 i_1 + G_2 i_2}{G_1 + G_2}$$

$$G_1 i_1 + G_2 i_2 = G_3 i_3 \rightarrow i_3 = \frac{G_1 i_1 + G_2 i_2}{G_1 + G_2}$$

Do đó điểm 3 là giao điểm của i_3 và đoạn 1-2.

6.3.3. Các hệ thống điều hoà không khí thường gặp

Hệ thống điều hoà không khí là tổ hợp các thiết bị để điều hoà nhiệt độ, độ ẩm, lưu thông tuần hoàn không khí, khử bụi và khử độc. Các bộ phận chủ yếu của hệ thống điều hoà không khí gồm:

- Máy lạnh để làm lạnh không khí và khử ẩm.
- Hệ thống đốt nóng không khí (calorife).
- Hệ thống làm ẩm.
- Hệ thống tách bụi, tiết trùng cho không khí.
- Hệ thống quạt gió, tiêu âm và mạng ống dẫn.

6.3.3.1. Hệ thống điều hoà trung tâm

Đây là hệ thống điều hoà hoàn thiện có thể đáp ứng được các yêu cầu của điều hoà cho sản xuất và sinh hoạt. Hệ thống điều hoà trung tâm thường được dùng khi yêu cầu điều hoà lớn như khu vực sản xuất, nhà hát, hội trường, khách sạn v.v. Tùy theo mục đích quá trình điều hoà mà hệ thống điều hoà trung tâm có các hệ thống trang thiết bị khác nhau. Ở miền Bắc nước ta có hai mùa rõ rệt

là mùa hè và mùa đông. Vì vậy phần hệ thống điều hoà trung tâm sẽ gồm các trang thiết bị phục vụ cho hoạt động cả hai mùa.

a) Nguyên lý làm việc của hệ thống điều hoà trung tâm qua mùa hè trên đồ thị $i - d$

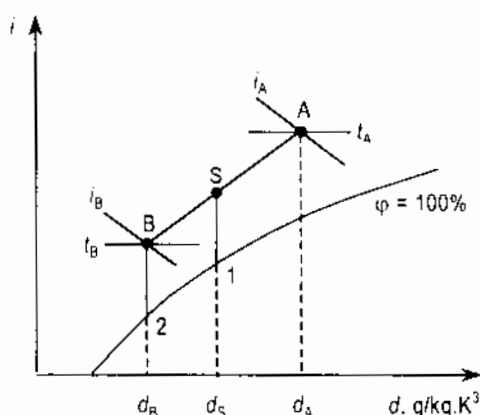
Ở nước ta không khí về mùa hè thường có nhiệt độ và độ ẩm cao. Vì vậy trước khi đưa vào phòng điều hoà không khí cần được làm lạnh và tách ẩm. Quá trình làm việc tính cho 1 kg không khí diễn ra theo sơ đồ hình 6.8.

Không khí ngoài trời xác định tại điểm A với t_A ; i_A ; d_A và φ_A .

Không khí trong phòng xác định tại điểm B với t_B ; i_B ; d_B và φ_B .

Gọi S là hỗn hợp của hai luồng không khí. Căn cứ vào nguyên tắc của hỗn hợp hai luồng không khí (xét ở trên) ta có điểm S là giao điểm của đoạn AB và i_S (hay d_S).

Mục đích của quá trình điều hoà là đưa hỗn hợp không khí từ điểm S về điểm B (có các thông số cần thiết của phòng điều hoà). Để thuận tiện cho điều chỉnh các thông số (nhiệt độ và độ ẩm) quá trình điều hoà được diễn ra theo các quá trình sau:



Hình 6.8. Quá trình điều hoà không khí qua mùa hè trên đồ thị $i - d$

- Quá trình làm lạnh đẳng ẩm từ S đến 1. Điểm 1 là giao điểm của $d_S = \text{const}$ và $\varphi = 100\%$.

- Quá trình làm lạnh tách ẩm từ điểm 1 đến điểm 2 (2 là giao điểm của $d_B = \text{const}$ và $\varphi = 100\%$).

- Quá trình đốt nóng đẳng ẩm ($d = \text{const}$) từ 2 đến B và đưa vào phòng điều hoà.

Trong thực tế thường quá trình S đến 1 và đến 2 đều xảy ra do tác dụng làm lạnh nên khi tính toán nhiệt cho quá trình người ta bỏ qua điểm 1. Vậy nhiệt

lượng của máy lạnh cần cho làm lạnh tách ẩm từ S đến 2 tính cho 1 kg không khí là:

$$q_{S-2} = i_S - i_2$$

Vậy nếu có G kg không khí sau hỗn hợp thì ta có:

$$Q_{S-2} = G(i_S - i_2)$$

Nhiệt lượng cần đốt nóng không khí từ 2 đến B để đưa vào phòng do calorife cung cấp là:

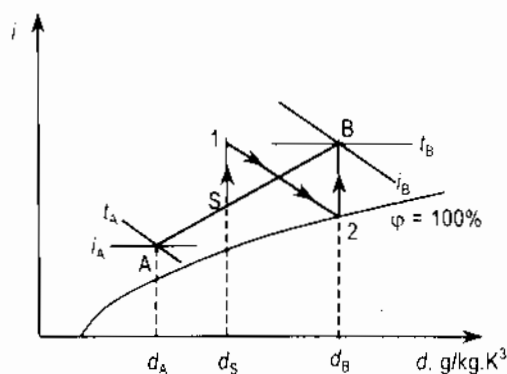
$$q_{2-B} = i_B - i_2 \quad \text{và} \quad Q_{2-B} = G(i_B - i_2)$$

Lượng ẩm tách ra trong quá trình làm lạnh tách ẩm từ S đến 2 là:

$$W = d_S - d_2$$

b) Nguyên lý làm việc của hệ thống điều hoà trung tâm qua mùa đông trên đồ thị $i - d$

Mùa đông ở miền Bắc nước ta thường nhiệt độ và độ ẩm không khí, ngoài trời luôn nhỏ hơn trong phòng, vì vậy trước khi đưa vào phòng không khí cần được đốt nóng và làm ẩm. Để có thể khống chế nhiệt độ và độ ẩm dễ dàng quá trình điều hoà qua mùa đông diễn ra trên đồ thị $i - d$ theo sơ đồ hình 6.9.



Hình 6.9. Quá trình điều hoà không khí qua mùa đông trên đồ thị $i - d$

- Không khí ngoài trời được xác định tại điểm A với t_A ; i_A ; d_A và φ_A . Lượng không khí cần đưa vào là G_1 (kg/h).

- Không khí phòng cần điều hoà xác định tại điểm B với t_B ; i_B ; d_B ; φ_B và lượng không khí phòng cần tuần hoàn là G_2 (kg/h).

Vậy lượng không khí hỗn hợp của hai luồng không khí này là $G_S = G_1 + G_2$.

Theo nguyên tắc của hỗn hợp hai luồng không khí ta xác định được điểm S từ đó ta có i_S ; d_S .

Để tiện cho khống chế các thông số nhiệt độ và độ ẩm quá trình diễn ra như sau:

- Quá trình đốt nóng đẳng ẩm từ S đến 1.
- Quá trình làm ẩm đoạn nhiệt (theo $i = \text{const}$) từ 1 đến 2.
- Quá trình đốt nóng đẳng ẩm từ 2 đến B và đưa vào phòng cần điều hoà.

Các điểm được xác định như sau:

- Điểm 2 là giao điểm của $d_B = \text{const}$ và $\phi = 100\%$, từ đó ta xác định được i_2 .
- Điểm 1 là giao điểm của $d_S = \text{const}$ và $i_2 = \text{const}$ (vì $i_1 \equiv i_2$).

Nhiệt lượng cần đốt nóng từ S đến 1 (đốt nóng sơ bộ) tính cho 1 kg không khí là:

$$q_{S-1} = i_1 - i_S$$

và tính cho G_S (kg/h) là:

$$Q_{S-1} = G_S (i_1 - i_S)$$

Lượng nhiệt cần đốt nóng từ 2 đến B (đốt nóng bổ sung) tính cho 1 kg không khí là:

$$q_{2-B} = i_B - i_2 = i_B - i_1$$

Lượng nhiệt tính cho G_S kg không khí trong 1 h là:

$$Q_{2-B} = G_S (i_B - i_2) = G_S (i_B - i_1)$$

Lượng ẩm bay hơi vào không khí tính cho 1 kg không khí là:

$$\omega = d_2 - d_1 = d_2 - d_S = d_B - d_S$$

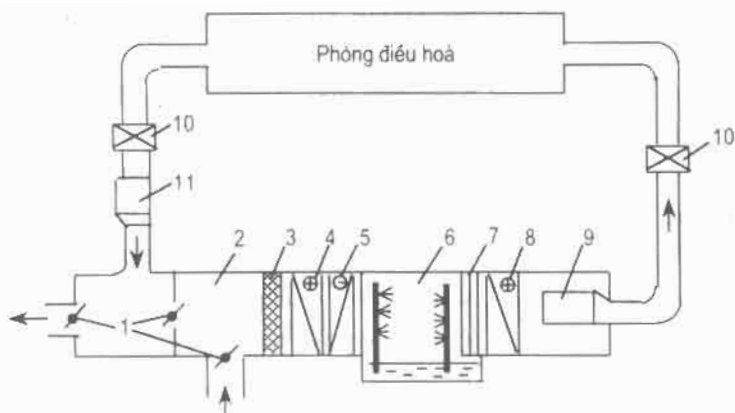
Lượng ẩm tính cho G_S kg không khí trong 1 h là:

$$W = G_S (d_2 - d_1) = G_S (d_2 - d_S) = G_S (d_B - d_S)$$

Căn cứ vào lượng ẩm bay hơi chúng ta xác định lượng nước cần phun qua phòng làm ẩm để đảm bảo đủ lượng ẩm bay hơi nhưng vẫn được coi là đoạn nhiệt.

c) Nguyên lý làm việc của hệ thống điều hoà trung tâm

Kết cấu hệ thống điều hoà trung tâm trên có thể làm việc cả chế độ mùa hè lẫn chế độ mùa đông. Quá trình làm việc của hệ thống như sau:



Hình 6.10. Sơ đồ nguyên lý làm việc của hệ thống điều hoà trung tâm:

1- hệ thống van liên động; 2- phòng phối trộn; 3- hệ thống lọc bụi; 4-calorife sơ bộ; 5- hệ thống làm lạnh; 6- hệ thống làm ấm; 7- hệ thống tách giọt; 8- calorife bổ sung; 9- quạt đẩy; 10- hệ thống chống ồn, chống rung; 11- quạt hút

Quạt 11 hút không khí thải từ phòng điều hoà ra rồi đẩy vào phòng phối trộn, ở đây không khí thải được chia làm hai: một phần được đưa vào phòng phối trộn 2, qua hệ thống van liên động 1 để dùng trở lại. Phần còn lại (không khí thải) được đẩy ra ngoài cũng qua hệ thống van liên động 1. Lượng không khí tuần hoàn (dùng trở lại) và lượng không khí thải lớn hay nhỏ phụ thuộc vào độ mở của hệ thống van liên động. Độ mở của van thải không khí đúng bằng độ mở của van lấy không khí sạch ngoài vào phòng phối trộn. Trong phòng phối trộn không khí tuần hoàn và không khí sạch được trộn lẫn với nhau. Hỗn hợp không khí ở phòng trộn 2 được đẩy qua hệ thống lọc bụi 3, ở đây các hạt bụi được giữ lại và không khí sạch được đẩy qua calorife sơ bộ 4 (hoặc hệ thống làm lạnh 5). Ở đây không khí được đốt nóng (hoặc làm lạnh) rồi được đẩy qua phòng làm ấm 6 và thiết bị tách giọt 7 (không khí làm lạnh không đẩy qua hệ thống này) qua đây không khí được bảo hoà ẩm. Không khí bảo hoà ẩm sau khi qua thiết bị tách giọt 7 được đẩy qua calorife bổ sung 8. Tại đây không khí được đốt nóng đến nhiệt độ yêu cầu và nhờ quạt 9 đẩy vào mạng ống dẫn không khí rồi đi vào phòng điều hoà và quá trình lại được lặp lại từ đầu. Để cách ly tiếng ồn và rung của hệ thống máy và khu vực điều hoà giữa chúng người ta đặt hệ thống chống ồn, chống rung 10.

Trong hệ thống thiết bị này không khí được làm ẩm bằng nước qua vòi phun. Trong một số trường hợp thuận lợi người ta có thể dùng hơi nước bão hoà từ nồi hơi của cơ sở sản xuất hoặc nhà máy nhiệt điện... để làm ẩm. Phần đối nóng không khí (kể cả đốt nóng sơ bộ và đốt nóng bổ sung) người ta thường dùng hơi nước bão hoà, cũng có thể dùng điện hoặc không khí nóng. Đối với điều hoà không khí vào mùa hè với điều kiện ở nước ta không khí sạch ngoài trời có nhiệt độ và độ ẩm cao thì không khí sau khi tách bụi được đẩy qua hệ thống làm lạnh và tách ẩm 5 sau đó đưa qua phòng đốt nóng bổ sung 8 chứ không qua phòng đốt nóng sơ bộ 4, phòng phun ẩm 6 và thiết bị tách giọt 7.

Ngược lại với điều kiện mùa đông ở nước ta không khí ngoài trời có nhiệt độ và độ ẩm thấp do vậy sau khi qua thiết bị lọc bụi nó được đẩy qua calorife sơ bộ 4 rồi qua hệ thống làm ẩm 6, tách giọt 7 và calorife bổ sung 8 chứ không qua hệ thống làm lạnh 5.

6.3.3.2. Hệ thống điều hoà không khí độc lập

Hệ thống điều hoà không khí độc lập là những tổ máy lạnh nén hơi có thiết bị ngưng tụ làm mát bằng nước hoặc không khí và giàn bay hơi làm lạnh không khí trực tiếp. Nước giải nhiệt ngưng tụ có thể tuần hoàn qua tháp giải nhiệt. Để tăng cường quá trình trao đổi nhiệt và giảm ồn quạt gió giàn ngưng (nếu ngưng tụ bằng không khí) thường dùng quạt hướng trục còn quạt gió ở giàn làm lạnh không khí thường dùng quạt ly tâm. Không khí từ phòng điều hoà được hút qua giàn lạnh rồi đẩy qua các tấm điều chỉnh hướng gió rồi đẩy vào trong phòng. Khí qua giàn lạnh không khí thải nhiệt và thải ẩm cho giàn lạnh.

Trong hệ thống điều hoà không khí độc lập tất cả các thiết bị trên được bố trí gọn trong một vỏ máy (với máy điều hoà một cụm) hoặc chia thành hai cụm riêng khác với hệ thống điều hoà trung tâm hệ thống điều hoà không khí độc lập rất hạn chế trong việc điều chỉnh độ ẩm.

a) Nguyên lý làm việc hệ thống điều hoà không khí độc lập kiểu một cụm

Đây là loại máy thường được gắn vào tường phía dưới cửa sổ nên còn thường gọi là máy điều hoà nhiệt độ kiểu cửa sổ. Loại máy này có những đặc điểm sau:

- Kết cấu gọn, nhẹ, phần ngưng tụ và phần bay hơi ở chung một cụm.
- Giàn ngưng tụ chỉ làm mát bằng không khí đối lưu cưỡng bức nhờ quạt hướng trục.

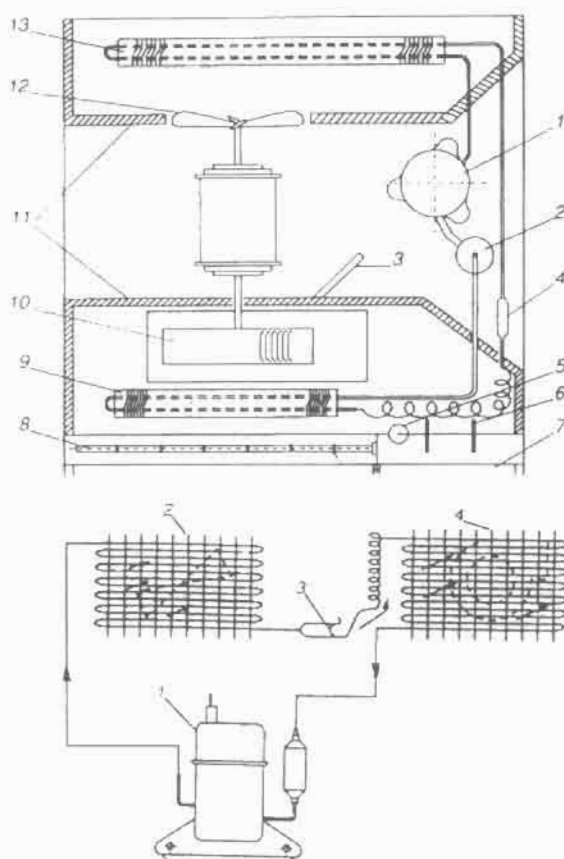
- Giàn bay hơi làm lạnh không khí bằng quạt ly tâm. Thiết bị tiết lưu là cấp tiết lưu.

- Máy nén loại kín chạy R₂₂.

- Tự động hoàn toàn.

- Nhược điểm của loại này là có tiếng ồn và vị trí lắp đặt phụ thuộc vào kết cấu của nhà.

Cấu tạo và nguyên lý làm việc như hình 6.11.



Hình 6.11. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của hệ thống điều hoà không khí kiểu một cụm:

1- máy nén, 2- bầu giãn nở; 3- cửa lấy gió; 4- phin lọc ẩm; 5- mô tơ cửa gió; 6- cửa gió; 7- bảng điều khiển; 8- phin lọc bụi; 9- giàn bay hơi; 10- quạt ly tâm; 11- vách cách nhiệt; 12- quạt hướng trục; 13- giàn ngưng

Môi chất lạnh R_{22} được hút từ giàn bay hơi 9 về máy nén 1, ở đây tác nhân lạnh được nén từ áp suất bay hơi lên áp suất ngưng tụ và đẩy vào giàn ngưng tụ 13. Ở giàn ngưng 13 nhờ trao đổi nhiệt với không khí nhiệt độ hơi tác nhân lạnh được giảm đến nhiệt độ ngưng tụ và ngưng tụ ở dạng lỏng. Tác nhân lỏng sau khi ngưng tụ được qua phin lọc ẩm và cấp tiết lưu 4 qua đây áp suất tác nhân lạnh lỏng giảm từ áp suất ngưng tụ P_k xuống áp suất bay hơi P_0 , rồi vào giàn bay hơi. Ở giàn bay hơi 9 tác nhân lạnh bay hơi thu nhiệt và làm lạnh không khí sau đó hơi tác nhân lại được hút về máy nén và quá trình được lặp lại từ đầu.

b) Nguyên lý làm việc hệ thống điều hoà không khí độc lập kiểu ghép (hai cụm)

Máy điều hoà không khí kiểu ghép có cấu tạo gồm hai phần riêng biệt: phần ngưng tụ (cụm nóng) và phần bay hơi (cụm lạnh):

- Phần ngưng tụ gồm: máy nén, giàn ngưng, quạt hướng trục.
- Phần bay hơi gồm: cấp tiết lưu, giàn bay hơi, quạt ly tâm phin lọc và bảng điều khiển.

So với máy điều hoà một cục, máy điều hoà ghép có những ưu điểm sau:

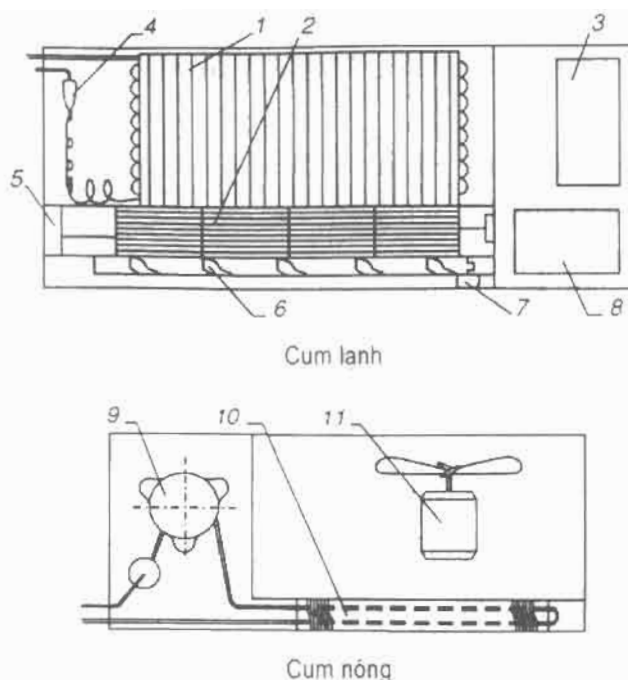
- Làm việc không gây ồn.
- Lắp đặt dễ dàng không phụ thuộc vào kết cấu nhà.
- Ít tốn diện tích lắp đặt trong nhà.

Tuy nhiên nó cũng có một số nhược điểm sau:

- Đường ống dẫn tác nhân dài hơn.
- Độ cao và độ xa hạn chế.
- Giá thành cao hơn so với máy điều hoà một cụm có cùng công suất.

Máy điều hoà không khí độc lập kiểu ghép có nguyên lý cấu tạo như hình 6.12.

Do có hai cụm riêng biệt nên không cần có vách cách nhiệt, không có cửa lấy gió trời, không khí trong phòng được đối lưu nhờ tác dụng của quạt ly tâm, không khí phòng qua các khe gió và tấm lọc bụi được quạt ly tâm đẩy qua giàn bay hơi rồi theo các cửa gió trở lại phòng điều hoà. Các cửa gió có thể điều chỉnh được để ta có thể bố trí hướng gió lạnh ra phòng tùy theo yêu cầu sử dụng.



Hình 6.12. Cấu tạo và nguyên lý làm việc của hệ thống điều hoà độc lập kiểu ghép (dạng hai cụm):

- 1- giàn bay hơi; 2- quạt giàn bay hơi; 3- ngăn để điều khiển; 4- phin lọc;
 5- mô tơ quạt giàn bay hơi; 6- cửa gió mát ra phòng; 7- mô tơ cửa gió;
 8- bộ thu nhận và xử lý; 9- máy nén; 10- giàn ngưng; 11- quạt giàn ngưng

Máy điều hoà cửa sổ và kiểu ghép tuy có khác nhau về kết cấu, cách lắp đặt nhưng nguyên lý hoạt động và các bộ phận cấu thành máy đều có cấu tạo và chức năng giống nhau.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. TSKH. Trần Đức Ba, TS. Phạm văn Bôn. Kỹ thuật lạnh thực phẩm. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1984.
2. TS. Nguyễn Đức Lợi. Hướng dẫn thiết kế hệ thống lạnh. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1992.
3. TSKH. Trần Đức Ba, TS. Phạm văn Bôn. Kỹ thuật công nghiệp lạnh đông. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1983.
4. KS. Nguyễn văn May. Tính toán, vận hành và sửa chữa máy lạnh. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1985.
5. TSKH. Trần Đức Ba, TS. Cochetov. V. P. Lạnh và chế biến nông sản thực phẩm. NXB Nông nghiệp, 1993.
6. TSKH. Trần Đức Ba, KS. Đỗ thanh Thủy... Lạnh đông rau quả xuất khẩu. NXB Nông nghiệp Tp. Hồ Chí Minh, 2000.
7. TSKH. Trần Đức Ba, TS. Phạm văn Bôn... Công nghệ lạnh nhiệt đới. NXB Nông nghiệp Tp. Hồ Chí Minh 1996.
8. TS. Nguyễn Đức Lợi, TS. Phạm văn Tuý. Kỹ thuật nhiệt cơ sở. NXB Giáo dục, Hà Nội, 1994.
9. TS. Hà Đăng Trung, ThS. Nguyễn Quân. Cơ sở kỹ thuật điều tiết không khí. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1997.
10. Tiêu chuẩn Việt Nam TCVN 4206 - 86. Hệ thống lạnh, kỹ thuật an toàn. NXB Hà Nội, 1987.
11. TS. Nguyễn văn Thoa, KS. Quách Đình... Kỹ thuật bảo quản và chế biến rau quả. NXB Khoa học và Kỹ thuật, Hà Nội, 1982.
12. GS. Vũ Công Hậu. Cây ăn trái miền Nam. NXB Nông nghiệp, 1987.
13. Крылов Ю. С., Васютович В. В., Картов А. В. Проектирование холодильников. Изд. "Пищевая промышленность". Москва, 1972.
14. Иванов В., Крапчев Б. Отопление вентиляция и климатична техника. Изд. "Техника", София, 1978.

TS. NGUYỄN XUÂN PHƯƠNG

KỸ THUẬT LẠNH THỰC PHẨM

Chịu trách nhiệm xuất bản:

PGS. TS TÔ ĐĂNG HẢI

Biên tập:

NGUYỄN KIM ANH

Chế bản:

DƯƠNG VĂN QUYẾN

Vẽ bìa:

HƯƠNG LAN

NHÀ XUẤT BẢN KHOA HỌC VÀ KỸ THUẬT

70 Trần Hưng Đạo – Hà Nội

In 600 cuốn, khổ 16 x24cm, tại Nhà in KH&CN
Quyết định xuất bản số 136-2006/CXB/104-06/KHKT ngày 12/4/2006
In xong và nộp lưu chiểu quý II năm 2006.

206129



Giá: 36000 đ