

**NGHIÊN CỨU ẢNH HƯỞNG CỦA PHƯƠNG PHÁP CẤP DỊCH DÀN
LẠNH ĐẾN THỜI GIAN CẤP ĐÔNG THỰC PHẨM**
A STUDY ON THE INFLUENCE OF EVAPORATOR LIQUID SUPPLY METHODS
ON FOOD FREEZING TIME

Võ Chí Chính - Nguyễn Thành Văn
Trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng

TÓM TẮT

Việc lựa chọn phương pháp cấp dịch cho các dàn lạnh là một vấn đề rất quan trọng trong thiết kế và lắp đặt các hệ thống lạnh công nghiệp, nó liên quan đến thời gian làm lạnh thực phẩm.

Trong bài báo này, chúng tôi đã tiến hành phân tích và giới thiệu các đặc điểm của các phương pháp cấp dịch cho dàn lạnh của các hệ thống lạnh công nghiệp, kết quả xác định hệ số toả nhiệt của môi chất sôi bên trong các dàn lạnh và tính toán thời gian làm lạnh của các hệ thống cấp đông với các phương pháp cấp dịch khác nhau.

Kết quả nghiên cứu cho biết thời gian cấp đông các loại sản phẩm với các qui cách kỹ thuật khác nhau và chỉ ra ảnh hưởng của phương pháp cấp dịch đến thời gian cấp đông thực phẩm. Đó là cơ sở để lựa chọn hợp lý phương pháp cấp dịch thực tế.

ABSTRACT

The choice of methods for evaporator liquid supply is very important in the design and installation of industrial refrigeration systems because it is related to the time for cooling food.

In this article we analyzed and presented features of methods for evaporator liquid supply in industrial refrigeration systems, results of determination of the thermal diffusivity of the boiling agent in the evaporator and freezing time of refrigeration systems with different agent supply methods.

The studying results show time for freezing product with different specifications and the influence of liquid supply method on food freezing time. This is the practical basis for reasonable choice of agent supply methods.

1. Đặt vấn đề

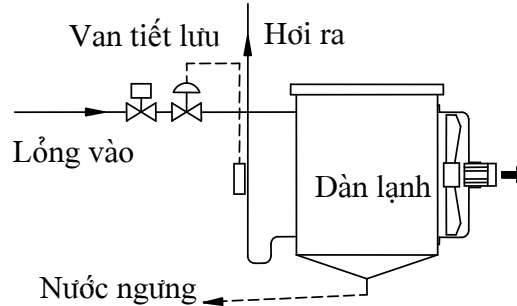
Trong tài liệu [1] chúng tôi đã giới thiệu một số phương pháp cấp dịch dàn lạnh và đã tiến hành phân tích ưu nhược điểm của mỗi phương pháp. Trong bài báo này chúng tôi sẽ tiến hành xác định ảnh hưởng của phương pháp cấp dịch dàn lạnh đến thời gian cấp đông của các tủ đông tiếp xúc.

Đối với các hệ thống lạnh công nghiệp, có thể lựa chọn 3 phương pháp cấp dịch cho các dàn lạnh cụ thể như sau:

- Phương pháp tiết lưu trực tiếp vào các dàn lạnh.
- Phương pháp cấp dịch kiểu ngập dịch.
- Phương pháp cấp dịch bằng bơm.

1.1. Phương pháp tiết lưu trực tiếp

Với phương pháp tiết lưu trực tiếp, môi chất lạnh sau tiết lưu đi trực tiếp vào dàn lạnh không qua bất cứ khâu trung gian nào (hình 1). Đây là phương pháp được sử dụng chủ yếu trong các hệ thống công suất nhỏ và trung bình.



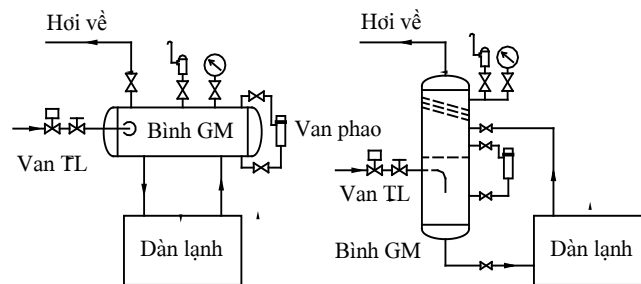
Hình 1. Tiết lưu trực tiếp

Ưu điểm của phương pháp này là đơn giản, không đòi hỏi phải có thêm thiết bị đi kèm, thiết bị tiết lưu sử dụng có thể là van tiết lưu tay, ống mao hoặc van tiết lưu tự động. Tuy nhiên van tiết lưu tay chỉ nên sử dụng cho các hệ thống có phụ tải tương đối ổn định để tránh ngập dịch dàn lạnh.

Với việc cấp dịch trực tiếp, môi chất lạnh bên trong dàn lạnh là hơi bão hoà ẩm nên hiệu quả trao đổi nhiệt so với dịch lỏng bão hoà kém hơn nhiều, kết quả thời gian làm lạnh sẽ lâu hơn. Do đó phương pháp này ít được sử dụng trong các hệ cấp đông.

1.2. Phương pháp cấp dịch kiểu ngập lỏng

Phương pháp cấp dịch kiểu ngập lỏng thực hiện gián tiếp qua bình giữ mức. Ban đầu môi chất được tiết lưu vào bình giữ mức, ở đó dịch lỏng bão hoà và hơi bão hoà khô được tách riêng biệt. Dịch lỏng bão hoà chảy tự nhiên về dàn lạnh và hơi bão hoà khô được hút về máy nén, hơi môi chất đầu ra dàn lạnh cũng được đưa về lại bình giữ mức trước khi được hút về máy nén (hình 2). Mức dịch trong bình giữ mức được duy trì nhờ van phao nhằm tránh hút lỏng về máy nén.



Hình 2. Tiết lưu kiểu ngập dịch

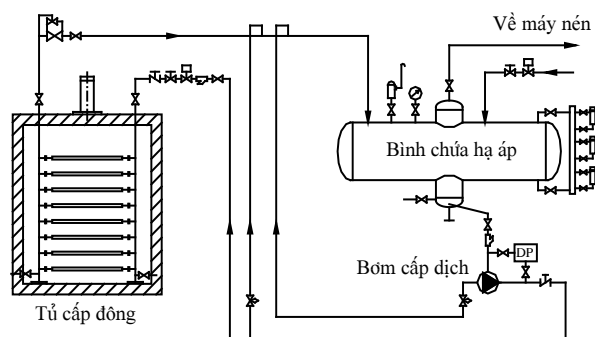
Hệ thống lạnh trong trường hợp này có hiệu quả trao đổi nhiệt lớn hơn phương pháp tiết lưu trực tiếp vì bên trong dàn lạnh là dịch lỏng có khả năng trao đổi nhiệt tốt. Tuy nhiên, nó đòi hỏi phải có bình giữ mức và thiết bị phụ đi kèm. Mặt khác do dịch

lỏng bên trong dàn lạnh chuyển động đối lưu tự nhiên với tốc độ chậm nên muốn nâng cao hơn nữa hiệu quả trao đổi nhiệt cần tăng tốc độ chuyển động bằng bơm dịch.

1.3. Phương pháp cấp dịch bằng bơm

Nhằm giảm thời gian làm lạnh ở các hệ thống cấp đông hiện đại có công suất lớn người ta sử dụng phương pháp cấp dịch bằng bơm. Môi chất lạnh trước hết được tiết lưu vào bình chứa hạ áp, sau đó được bơm đưa đến dàn lạnh, nhờ chuyển động đối lưu cưỡng bức với tốc độ rất lớn bên trong dàn lạnh nên hiệu quả trao đổi nhiệt cao và thời gian làm lạnh nhanh hơn (hình 3).

Đối với hệ thống cấp dịch bằng bơm đòi hỏi phải có bình chứa hạ áp, nó đóng vai trò trữ dịch cho bơm hoạt động và tách lỏng môi chất sau dàn lạnh. Ngoài ra đi kèm theo bình chứa hạ áp có khá nhiều thiết bị phụ khác nên chi phí khá cao.



Hình 3. Cấp dịch bằng bơm

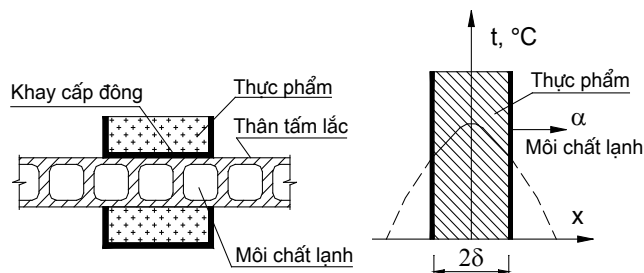
Do đặc điểm trạng thái và tốc độ chuyển động của môi chất bên trong dàn lạnh rất khác nhau ứng với các phương pháp cấp dịch, nên hiệu quả trao đổi nhiệt sai khác nhau rất lớn. Vì vậy thời gian cấp đông chịu ảnh hưởng nhiều bởi phương pháp cấp dịch. Phần dưới đây sẽ tiến hành nghiên cứu về vấn đề đó.

2. Xác định thời gian cấp đông

2.1. Mô hình bài toán truyền nhiệt tủ đông tiếp xúc

Trong tủ đông tiếp xúc, thực phẩm có dạng khối hộp (block) đựng trong các khay và được xếp lên các tấm lắc. Khi cấp đông các khối thực phẩm sẽ tiếp xúc 2 mặt với các tấm lắc và được làm lạnh từ hai phía.

Mô hình bài toán truyền nhiệt tủ đông tiếp xúc được trình bày trên hình 4. Bên ngoài các tấm lắc là các khay thực phẩm đặt tiếp xúc trực tiếp, bên trong là môi chất lạnh vừa chuyển động vừa bay hơi. Do vật liệu tấm lắc là hợp kim nhôm và khay cấp đông là nhôm đều có hệ số dẫn nhiệt lớn nên, nhiệt trở của chúng rất nhỏ. Bên trong các tấm lắc có kết cấu rỗng và chia ra làm nhiều ngăn để tăng độ bền của tấm lắc, vì vậy có thể coi sự toả nhiệt bên trong của môi chất lạnh tương đương bên trong đường ống có đường kính tương đương d nào đó.



Hình 4. Mô hình bài toán

2.2. Thời gian cấp đông

Kết quả giải bài toán cân bằng nhiệt và truyền nhiệt mô hình tủ đông tiếp xúc cho ta công thức tìm thời gian cấp đông như sau [2]:

$$\tau = \frac{q \cdot \rho \cdot \delta}{\Delta t} \left[\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda_m} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right] \quad (1)$$

Trong đó:

- q - Nhiệt lượng do 1 kg thực phẩm tỏa ra khi cấp đông: $q = i_1 - i_2$, J/kg;
- ρ - Khối lượng riêng thực phẩm, kg/m^3 ;
- δ - Chiều dày từ bề mặt đến tâm khối thực phẩm, m;
- Δt - Độ chênh nhiệt độ trung bình giữa tâm khối thực phẩm và môi chất lạnh, K;
- λ_m - Hệ số dẫn nhiệt trung bình của thực phẩm trong quá trình cấp đông, W/m.K;
- α - Hệ số tỏa nhiệt từ vách ra môi chất lạnh, $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$;
- δ_i, λ_i - Chiều dày và hệ số dẫn nhiệt của tấm lức, khay cấp đông ...

Hệ số dẫn nhiệt của thực phẩm trong quá trình đông lạnh được xác định theo công thức [2]:

$$\lambda_m = \lambda_o + \frac{A_\lambda}{1 + \frac{B_\lambda}{\lg|t + (1 - t_{kt})|}} \quad (2)$$

trong đó:

- λ_o - Hệ số dẫn nhiệt của thực phẩm khi chưa kết tinh, W/m.K
- A_λ, B_λ - Các hằng số thực nghiệm của các loại thực phẩm, lấy theo tài liệu [2].
- t, t_{kt} - Nhiệt độ thực phẩm kết đông và nhiệt độ kết tinh của nó, hầu hết các thực phẩm có điểm kết tinh khoảng -1°C .

2.3. Kết quả tính toán

2.3.1. Hệ số toả nhiệt về phía môi chất lạnh

Để xác định thời gian cấp đông cần phải xác định hệ số toả nhiệt của môi chất lạnh chuyển động bên trong đường ống.

Việc xác định hệ số toả nhiệt của môi chất bên trong các tấm lăc vừa phải tính đến yếu tố sôi vừa phải tính đến yếu tố chuyển động của dòng môi chất

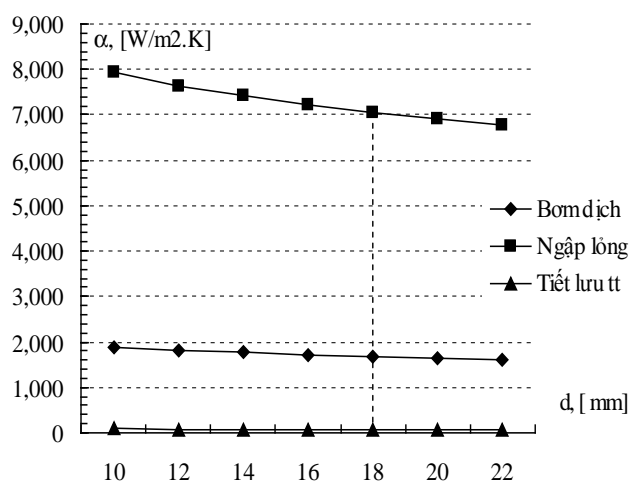
Khi môi chất chuyển động và sôi trong ống hệ số toả nhiệt không chỉ phụ thuộc vào phụ tải nhiệt q mà còn phụ thuộc vào tốc độ chuyển động của nó. Trong trường hợp này hệ số toả nhiệt được xác định theo công thức [3]:

$$\frac{\alpha}{\alpha_{dl}} = \sqrt{1 + \frac{\alpha_s}{\alpha_{dl}}} \quad (3)$$

trong đó:

- Hệ số toả nhiệt khi vừa sôi vừa chuyển động, $W/m^2.K$
- α_{dl} - Hệ số toả nhiệt khi môi chất chuyển động ống nhưng không sôi, $W/m^2.K$.
- α_s - Hệ số toả nhiệt khi môi chất sôi trong ống nhưng không chuyển động, $W/m^2.K$

Các kết quả tính toán cho các trường hợp cấp dịch khác nhau cho dàn lạnh được thể hiện trên hình 5. Trong đó d (mm) là đường kính tương đương của khe hẹp môi chất chuyển động bên trong các tấm lăc. Thông thường bề dày phủ bì của các tấm lăc là 22mm, do đó đường kính tương đương tính toán được là 18mm.



Hình 5. Hệ số toả nhiệt bên trong dàn lạnh

Từ kết quả xác định hệ số toả nhiệt α bên trong dàn lạnh, biểu diễn trên hình 5 cho thấy: Khi cấp dịch bằng bơm hệ số toả nhiệt α có giá trị lớn nhất và lớn hơn rất nhiều so với hệ số toả nhiệt khi cấp dịch kiểu ngập lũng hoặc tiết lưu trực tiếp.

2.3.2. Thời gian cấp đông

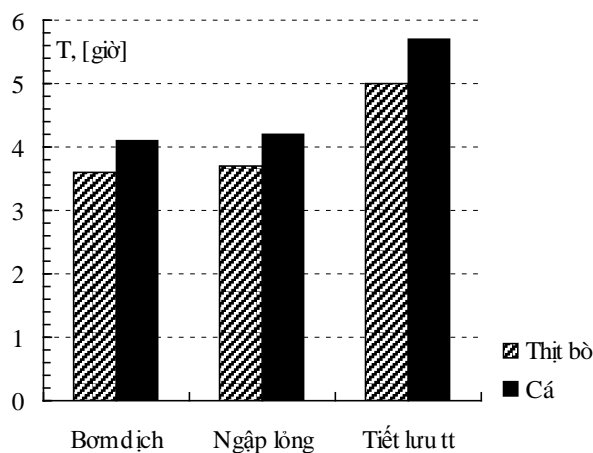
Việc tính toán thời gian cấp đông cho các loại thực phẩm với các thông số như sau:

- Nhiệt độ đầu vào: 12°C
- Nhiệt độ trung bình đầu ra: - 18°C
- Chiều dày của khối thịt cấp đông: $2\delta = 90\text{mm}$.
- Nhiệt độ bay hơi của môi chất: -35°C

Kết quả tính toán xác định thời gian cấp đông cho các loại thực phẩm được trình bày trên

Bảng 1. Thời gian cấp đông thực phẩm dạng khối, giờ

d(mm)	10	12	14	16	18	20	22
Thịt bò							
Ngập lỏng	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
Bơm	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Tiết lưu TT	4.8	4.9	4.9	4.9	5.0	5.0	5.0
Cá							
Ngập lỏng	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
Bơm	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
Tiết lưu TT	5.5	5.6	5.6	5.6	5.7	5.7	5.7



Hình 6. Thời gian cấp đông sản phẩm dạng khối dày 90mm từ đông tiếp xúc

3. Kết luận

Từ các kết quả nghiên cứu có thể rút ra các kết luận như sau:

1. Hệ số toả nhiệt của môi chất bên trong đường ống phụ thuộc rất nhiều vào phương pháp cấp dịch. Sự chênh lệch là rất lớn, đối với phương pháp tiết lưu trực tiếp

hệ số toả nhiệt khoảng $85 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ thì phương pháp bằng bơm đạt $1800 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ do sự sai khác cả về trạng thái môi chất và tốc độ chuyển động.

2. Thời gian cấp đông tính toán cho sản phẩm dạng khối khi lựa chọn phương án cấp dịch bằng bơm và ngập dịch xấp xỉ nhau do hệ số toả nhiệt của cả 2 trường hợp rất lớn nên nhiệt trở toả nhiệt có thể bỏ qua và chỉ còn phụ thuộc nhiệt trở dẫn nhiệt. Tuy nhiên khi bề dày sản phẩm nhỏ thì thời gian cấp đông của hai trường hợp này chênh lệch nhau đáng kể. Thời gian cấp đông tính toán khá phù hợp với thực tế sản xuất. Ví dụ sản phẩm dạng block dày 90mm thời gian cấp đông khoảng 4-5 giờ.

3. Kết quả tính toán cũng cho thấy kích thước khe hở môi chất chuyển động bên trong các tấm lặc không ảnh hưởng nhiều đến thời gian cấp đông thực phẩm.

4. Phương pháp cấp dịch dàn lạnh có ảnh hưởng nhiều đến thời gian cấp đông thực phẩm nên cần lựa chọn phương pháp hợp lý cho từng hệ thống và thực phẩm cụ thể để đảm bảo chất lượng sản phẩm và giảm chi phí đầu tư hệ thống thiết bị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] PGS.TS. Đinh Văn Thuận, PGS.TS. Võ Chí Chính: *Hệ thống máy và thiết bị lạnh*, Nhà xuất bản Khoa học Kỹ thuật - Hà Nội 2005.
- [2] GS.TS Trần Đức Ba: *Công nghệ lạnh thực phẩm nhiệt đới*, Trường ĐHBK TP. Hồ Chí Minh.
- [3] Đặng Quốc Phú, Trần Thế Sơn, Trần Văn Phú: *Truyền nhiệt*, Nhà xuất bản Giáo dục – Hà Nội 1999.