

CONSERVAÇÃO PELO FRIO

Prof. Dra. Cristina Bogsan
Tecnologia de Alimentos 2016

- **Metas:**

- Apresentar o conceito de conservação pelo frio;
- Transmissão de calor;
- Abordar sobre refrigeração de alimentos;
- Identificar os equipamentos utilizados;
- Abordar sobre congelamento de alimentos.

- **Objetivos:** os alunos devem estar aptos a:

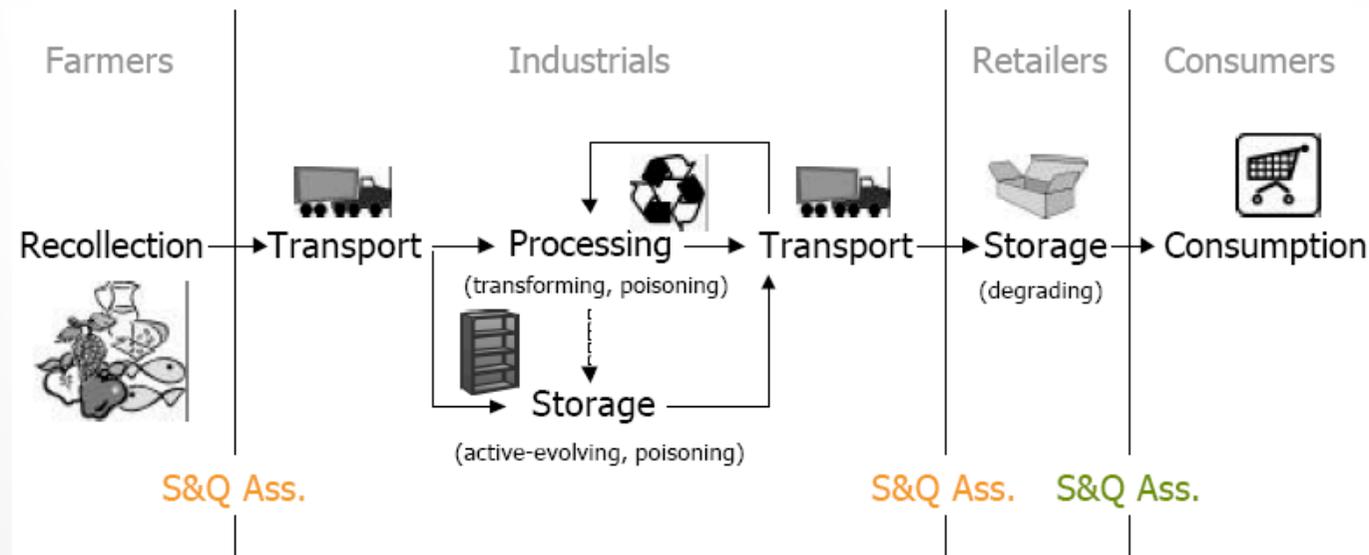
- Avaliar curvas de resfriamento;
- Diferenciar congelamento lento de congelamento rápido;
- Ser capaz de avaliar metodologias de conservação de alimentos;
- Ser capaz de avaliar os equipamento de conservação de alimentos.



Introdução

Um dos primeiros **problemas básicos** do homem foi encontrar **meios de preservar** seu alimento e estender as fronteiras agrícolas.

- Cadeia de Segurança Alimentar



Histórico

- **Período Neolítico** – local mais escuro e fresco da caverna;
- **Após o séc. XVI** – processo de industrialização devido aos grandes centros urbanos:
 - Gelo do inverno era guardado em câmaras subterrâneas;
- **Início sec XIX** – “expansão de gases subtrai calor do ambiente” onde a criação de um método de compressão de gás, seguido pela sua liberação, seria capaz de promover a refrigeração, dando independência às câmaras frias, que passariam a criar ambiente frios e não simplesmente conservá-los

Histórico

- 1850 – EUA – **casas de gelo** – camaras com paredes de até 1 m de espessura usavam gelo e sal na conservação de alimentos;
- 1834 – Jacob Perkins - primeira máquina cíclica de refrigeração usando fluido volátil;
- 1931 – início da fabricação industrial – Eletrolux (Suécia) e Servel e GE (EUA);
- Posteriormente – congeladores domésticos, para a manutenção de alimentos congelados por maior tempo;
- Últimos 40 anos – crescimento acelerado;

Refrigeração e Congelamento

A ação do frio na conservação dos alimentos é tanto **mais eficiente** quanto **mais baixa** for a temperatura e quanto **mais rápido** for resfriado o alimento.

A aplicação do frio na conservação dos alimentos denomina-se **Frigorificação** e está dividida em duas categorias: **refrigeração** e **congelamento**.



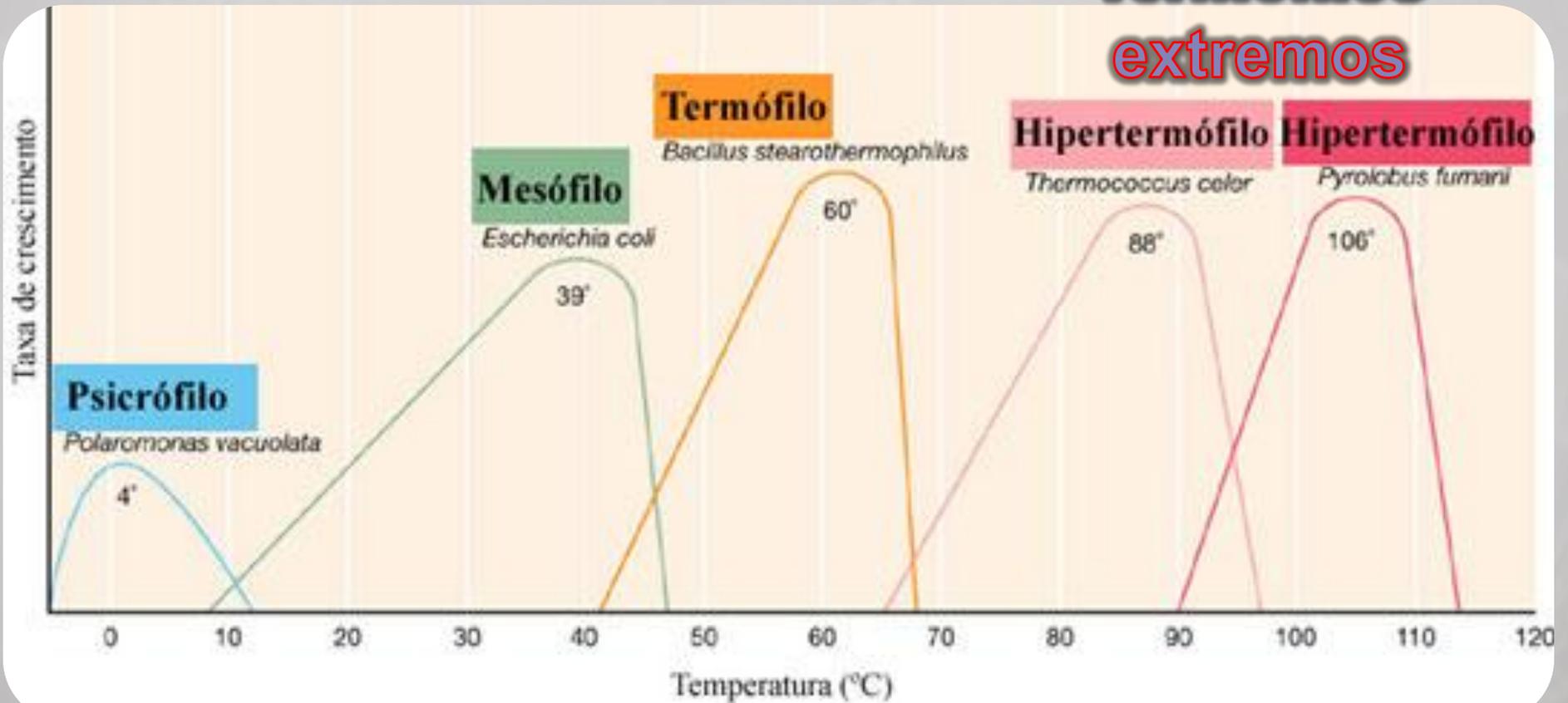
Princípios da conservação de alimentos por frio

A redução da temperatura dos alimentos:

- Retarda as **reações químicas deteriorantes**;
- Retarda a **atividade enzimática**;
- Retarda ou inibe o **crescimento e atividade dos microrganismos**;
- Aumenta a **vida de prateleira**.

Microorganismos mesófilos, psicrófilos e psicrotróficos

**Termófilos
extremos**



Temperatura (°C)



Bactéria: *Bacillus cereus*
Respiração: aeróbico facultativo
Incubação: 1-6 horas (casos de vomito) 6-24 (casos de diarreia)
Principais Alimentos Associados: arroz cozido
Observações: produz esporos e toxinas

Bactéria: *Clostridium botulinum*
Respiração: anaeróbico
Incubação: 12-36 horas
Principais Alimentos Associados: alimentos em conservas e embutidos de carne
Observações: produz esporos e toxinas termolábeis

Bactéria: *Clostridium perfringens*
Respiração: anaeróbico
Incubação: 10-12 horas
Principais Alimentos Associados: carnes aquecidas e reaquecidas em temperaturas inadequadas

Observações: produz esporos e toxinas comum em alimentos servidos em escolas, hospitais e presídios

Bactéria: *Listeria monocytogenes*
Respiração: aeróbica
Incubação: 3 semanas
Principais Alimentos Associados: derivados lácteos, frutos do mar e ostras
Observações: não forma esporos mas é resistente ao congelamento, secagem e calor

Bactéria: *Staphylococcus aureus*
Respiração: aeróbico
Incubação: 2 - 4 horas
Principais Alimentos Associados: alimentos com alto grau de manipulação que permaneçam por muito tempo em temperatura ambiente
Observações: produz toxina termoestável

Bactéria: *Streptococcus spp* (grupo A e D)
Respiração: aeróbico
Incubação: grupo A 1-3 dias horas, grupo D 2-36 horas
Principais Alimentos Associados: leite não pasteurizados e alimentos preparados por pessoas infectadas
Observações: Grupo A causa faringite estreptocócica, Grupo D causa a síndrome semelhante a *Staphylococcus*

Temperaturas críticas

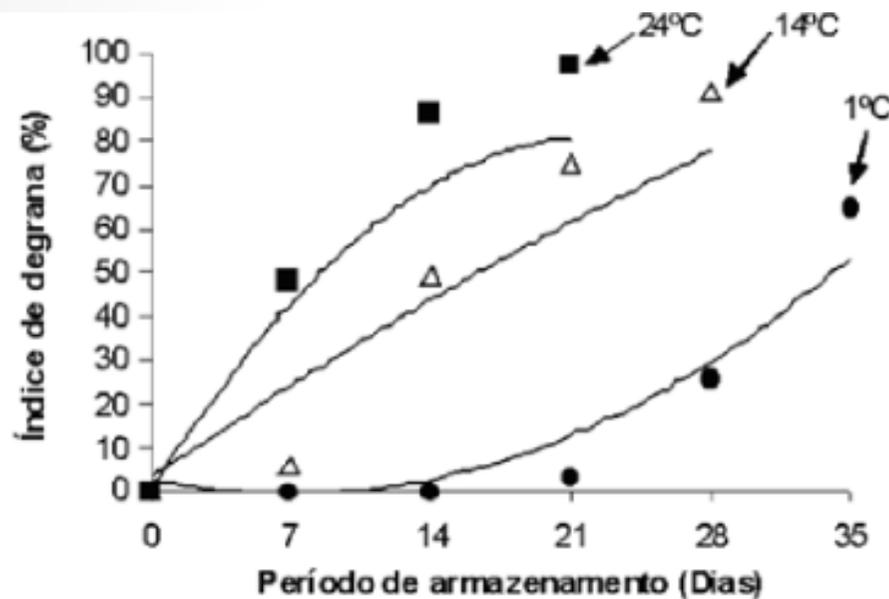
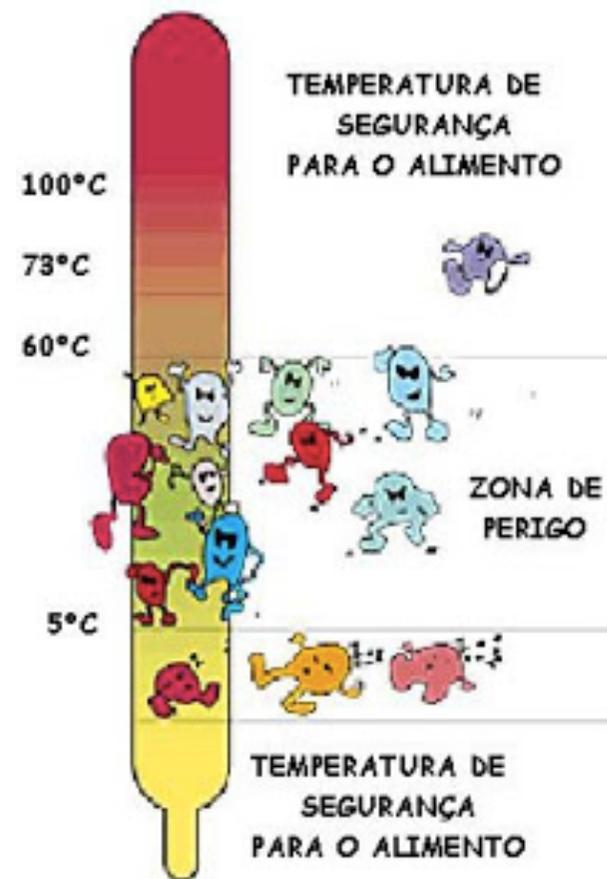


FIGURA 1 - Índice de degrana (%) de uvas "Niágara Rosada", cultivadas no sistema orgânico e armazenadas a 1°C ($y = 0,0687x^2 - 0,9615x + 2,6917$, $R^2 = 0,9962^*$), 14°C ($y = -0,0418017x^2 + 4,0580x - 4,09772$, $R^2 = 0,96^*$) e 24°C ($y = -0,1612x^2 + 7,2184x + 0,261$, $R^2 = 1^*$). * $P < 0,05$



Teoria dos Obstáculos de Leistner



Ação conjunta de técnicas visando a **estabilidade** do produto diante dos **micro-organismos**.

Transmissão de calor

Durante a refrigeração e/ ou o congelamento o **alimento perde calor**, diminuindo sua temperatura. Esta transmissão de calor pode ser por:

- **Condução:** quando o alimento entra em contato com uma superfície fria, esfriando o alimento.
- **Convecção:** quando o ar frio circulante dentro de um equipamento frio retira calor dos alimentos ali colocados.



Conceitos de Frio e Refrigeração

- Frio é a **ausência** de calor;
- Refrigeração é o processo de resfriar (**remoção do calor**);
- Calor é uma forma de **energia** que **pode ser transferida** de um corpo para outro à **diferença de temperatura** entre eles;
- Refrigeração:
 - Doméstica: 2 a 7 °C (-8 a -20 °C = congelador);
 - Comercial: 5 a 15 °C (-15 a -30 °C = congelador);
 - Industrial;
 - Marítima e de transporte.

Resfrigeração



Refrigeração de alimentos é a operação unitária na qual a temperatura do alimento é reduzida e mantida **entre -1°C e 8°C** , **inibindo a atividade microbiana e enzimática**, mas não tendo efeito esterilizante sobre o alimento.

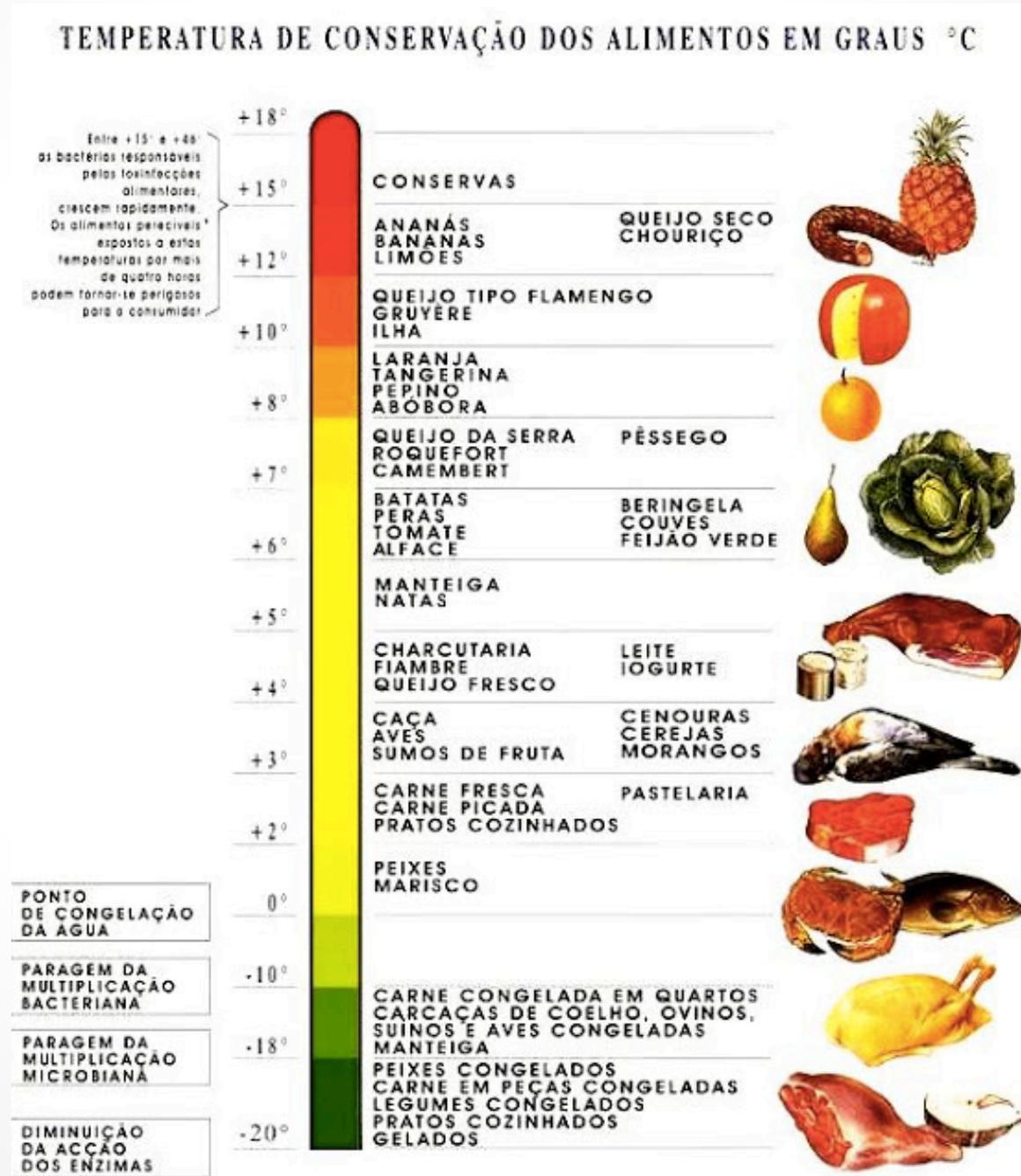
O Resfriamento é igual para todos os alimentos?

Produtos	Resfriamento
Origem animal	Características semelhantes entre os produtos – após abate cessa respiração aeróbica
Origem vegetal	Características diferentes entre os produtos – após poda continua a respiração aeróbica e produção de calor

É necessário eliminar tanto o calor sensível como o calor gerado pela atividade respiratória, além do calor que penetra pelo isolamento da câmara.



Temperaturas de armazenamento



Modificações produtos congelados

- Perda de Peso;
- Perda de qualidade sensorial;
- Atividade residual de enzimas:
 - Perda de vitamina C;
 - Degradação de pigmentos;
 - Escurecimento enzimático (polifenoloxidase – frutas);
 - Modificações dos lipídeos insaturados (lipooxigenases – odores e sabores estranhos);
 - Carnes e peixes – proteases e lipases (alteram textura, sabor e aroma após períodos prolongados de congelamento).

Período de armazenamento

Produto	-18°C	-12°C	-7°C
Carne bovina (crua)	13-14 meses	5 meses	<2 meses
Carne suína (crua)	10	<4	<1,5
Frango cru	27	15,5	<8
Frango frito	<3	<1	<0,6
Peixe magro (cru)	3	<2,25	<1,5
Peixe gordo (cru)	2	1,5	0,8

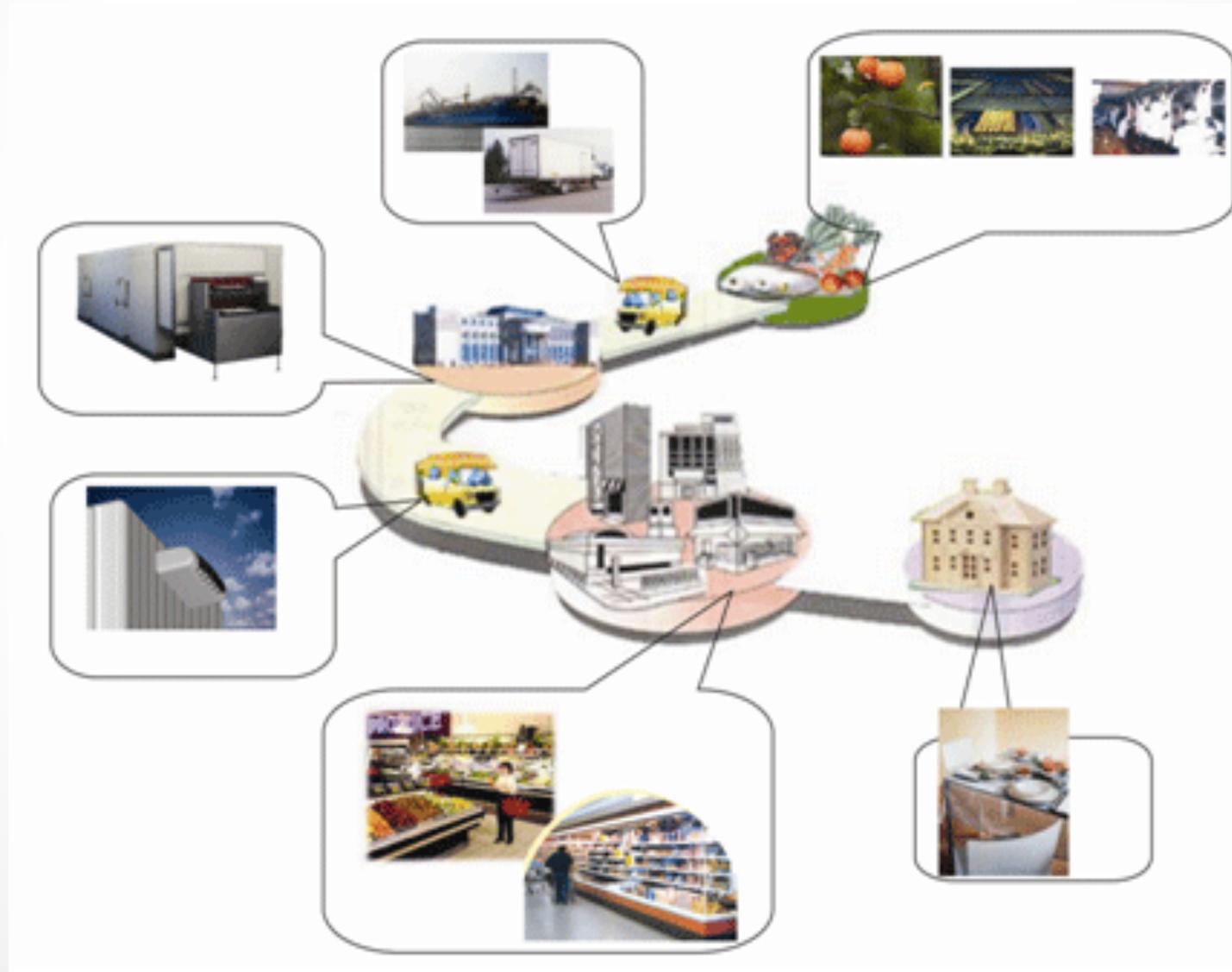
Produto	-18°C	-12°C	-7°C
Suco de laranja	27 meses	10 meses	4 meses
Pêssegos	12	<2	<0,2
Morangos	12	2,4	0,3
Couve-flor	12	2,4	0,3
Feijões verdes	11-12	3	1
Ervilhas verdes	11-12	3	1
Espinafre	6-7	<3	0,75

Cadeia do frio

A **cadeia de frio** compreende todo o processo desde a concepção, refrigeração ou congelamento, armazenamento e transporte do produto, garantindo sua conservação. Compreende:

- Equipe especializada;
- Equipamento;
- Armazém;
- Transporte;
- Controle de temperatura e umidade.

Cadeia do frio



Mecanismo de Refrigeração

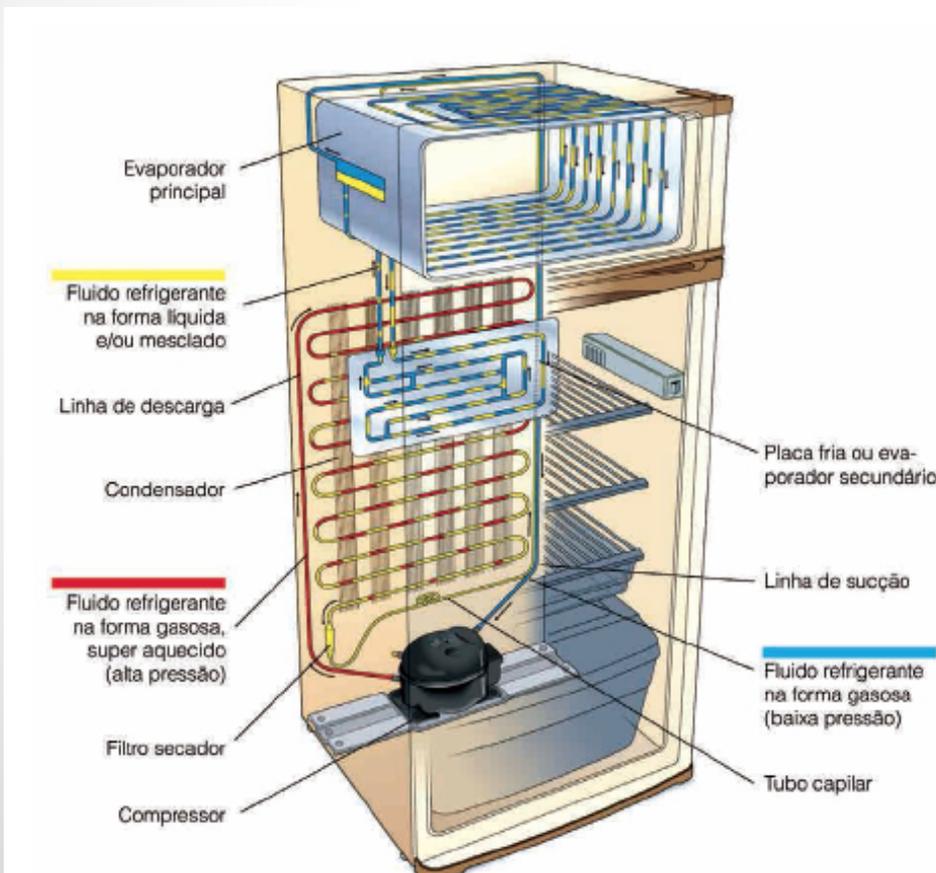


- Sistema de compressão mecânica de vapor

- **Compressor:** fornece calor a solução refrigerante. O gás ao sair do evaporador recebe forte compressão e é levado ao condensador.

- **Condensador:** série de tubos de diâmetros diversos resfriado por corrente de água. Liquefaz a solução refrigerante.

- **Evaporador:** série de tubos que se encontram dentro da câmara que recebe o alimento. A evaporação da solução refrigerante irá roubar o calor do alimento para passar para o estado gasoso e conseqüentemente o **produto se resfriará**.



Mecanismo de Refrigeração



- **Solução refrigerante:**

- * Baixo peso molecular;
- * Não inflamável;
- * Não explosiva;
- * Alto calor latente de vaporização;
- * Não corrosiva;
- * Não tóxica.

- Exemplos: amônia, cloreto de metila, HFC, Freon.

Resfriamento

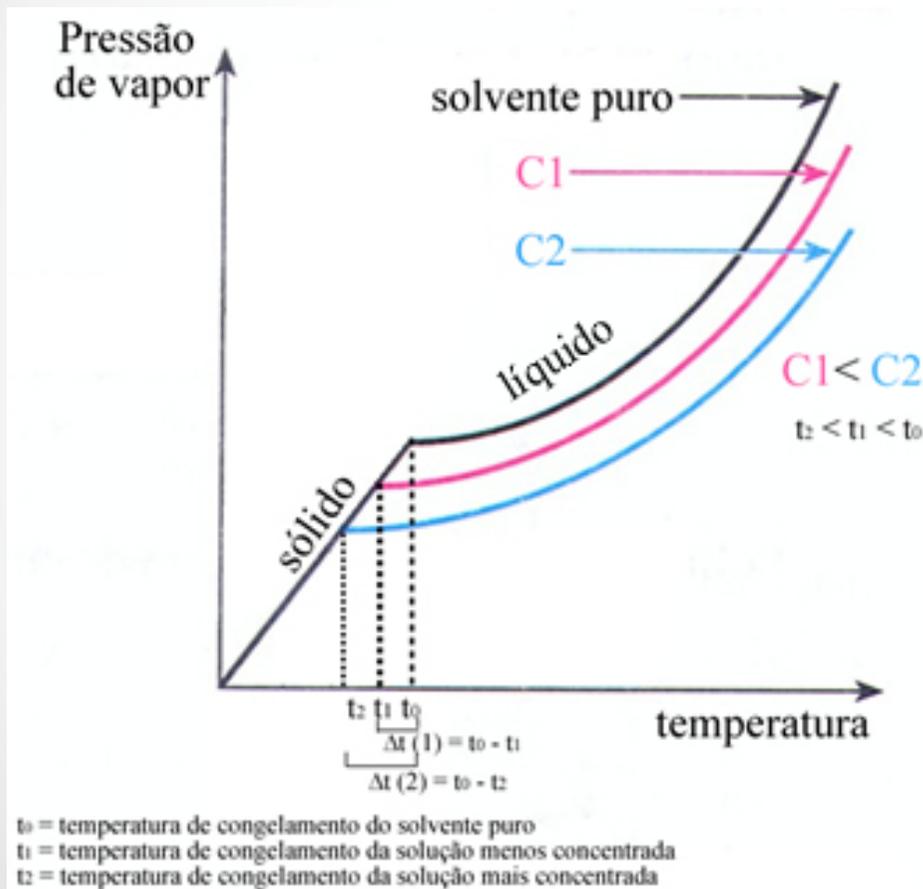
Vantagens	Desvantagens
Pouca alteração organoléptica	Cadeia do frio encarece o processo
Alimentos minimamente processados	Queima pelo frio (bananas, carnes)
Similar <i>in natura</i>	Alteração de pigmentos
	Perda de vitaminas

Curvas de Resfriamento

Curva de resfriamento da água:

- retirada de **calor sensível** da água;
- cristalização da água: dissipação do calor latente de fusão ou de congelamento.
- abaixamento da temperatura.

Curvas de Resfriamento



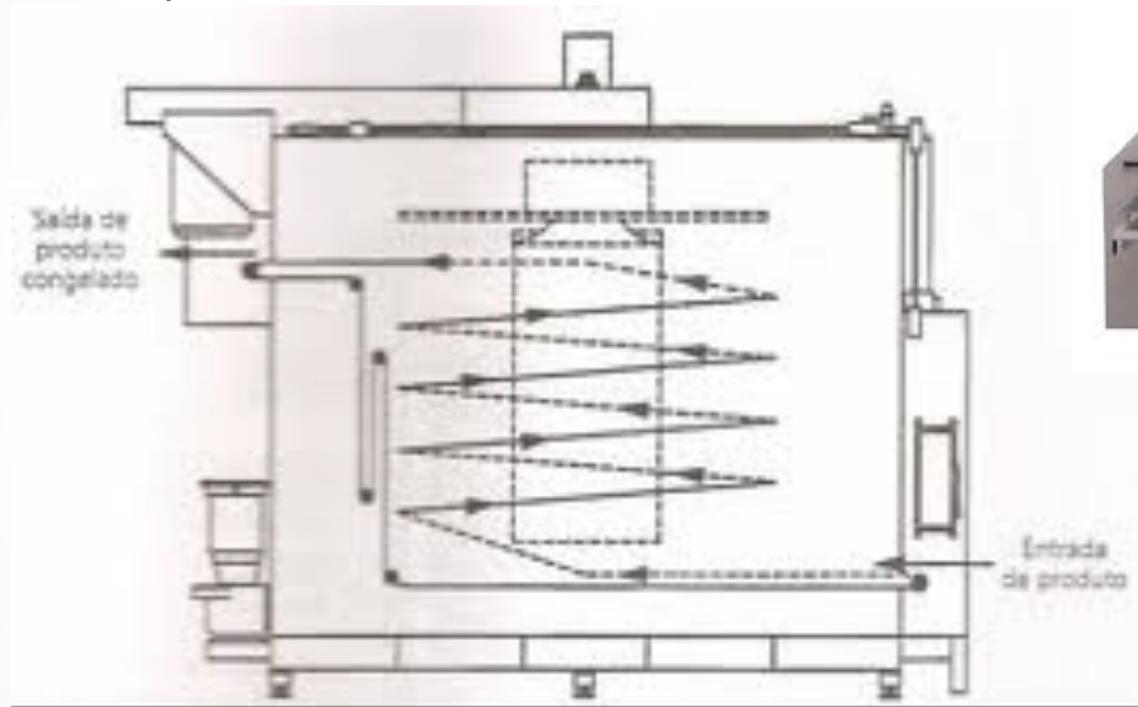
Curva de resfriamento de soluções salinas

- **NaCl a 1%** (abaixamento crioscópico) – com a adição de sal há a diminuição do ponto de congelamento da água.

- **NaCl a 10%** (maior abaixamento crioscópico): o abaixamento crioscópico será maior quanto maior for a concentração do soluto independente da natureza da substância dissolvida.

Equipamentos de resfriamento

Resfriador por tunel:



Esquema de congelador em espiral em que se mostra o movimento da esteira transportadora. Fonte: Ordóñez e Cols (2005).

Utiliza-se exaustores para criar uma diferença de pressão entre o interior e o exterior sendo possível controlar melhor aspectos como a velocidade do ar .

Equipamentos de resfriamento



Camara de resfriamento

Equipamentos de resfriamento



Refrigerador



Expositor refrigerado



Resfriador por água



Congelamento

O **congelamento** é a operação unitária na qual a temperatura do alimento é reduzida abaixo do ponto de congelamento, sendo que uma proporção da umidade do alimento forma cristais de gelo.



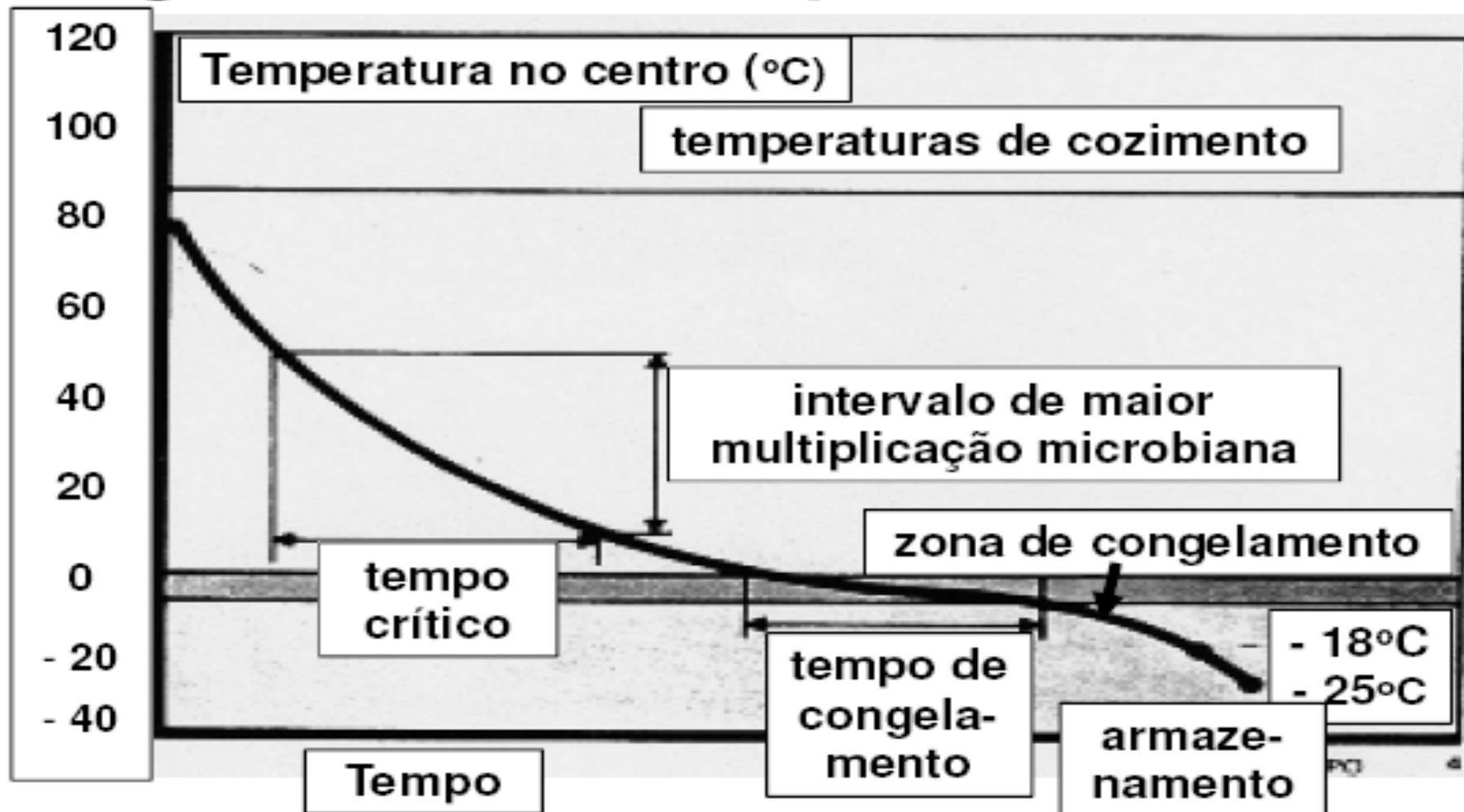
Congelamento

A **imobilização da água** na forma de **gelo** e o aumento da concentração dos solutos na água não congelada **reduzem a atividade de água** do alimento. Dessa forma, a conservação dos alimentos por congelamento é obtida por um efeito combinado de **baixas temperaturas e baixa atividade de água**.



Curva de Congelamento

Curva típica de resfriamento e congelamento de um produto alimentício



Curvas de Congelamento

S = **superfusão** – onde o abaixamento de temperatura ocorre **abaixo** da temperatura de congelamento e a água se **mantém líquida**, qualquer perturbação inicia o congelamento e a temperatura volta a zero grau.

D-E = **Temperatura eutética**: temperatura mais baixa que se pode obter durante o congelamento de uma solução.

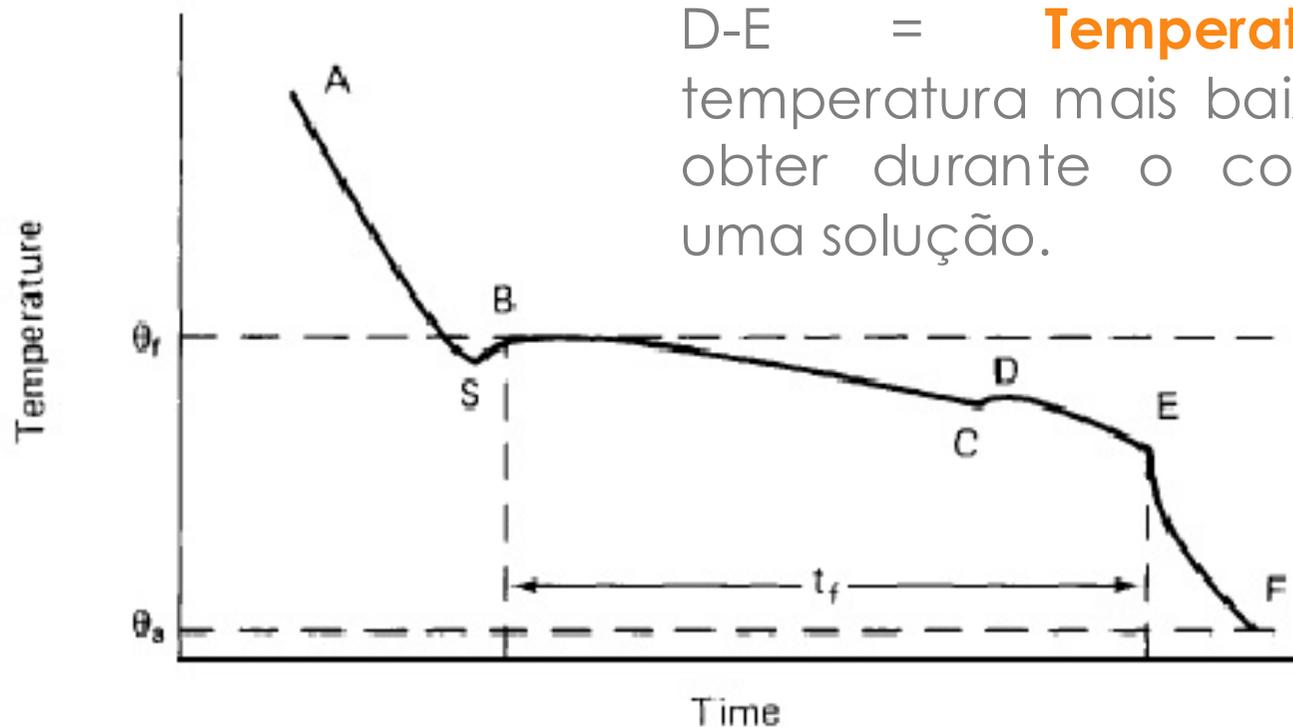


Fig. 21.1 Time–temperature data during freezing.

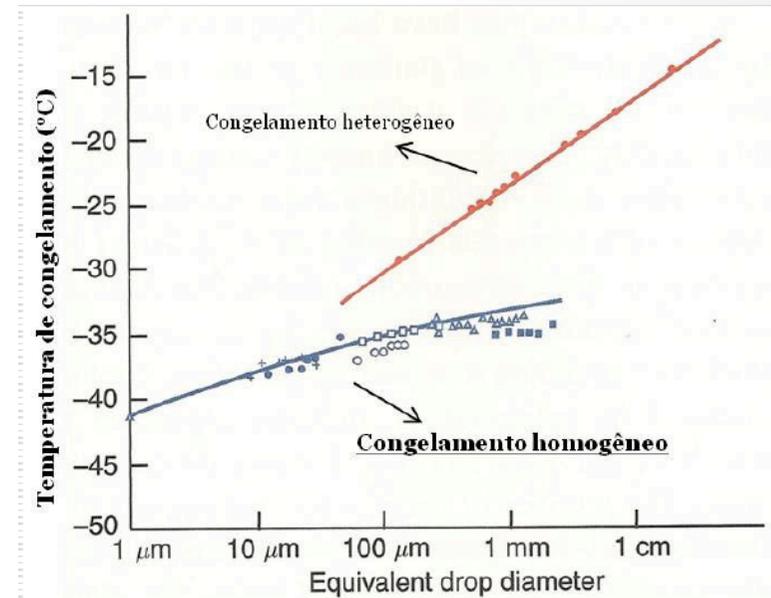
Ponto de congelamento

O **ponto de congelamento** de um alimento é a **temperatura** em que coexistem, em equilíbrio, **água e cristais de gelo**.

Tipos de nucleação:

Nucleação homogênea: orientação aleatória de moléculas de água;

Nucleação heterogênea: formação de núcleos sobre partículas em suspensão ou sobre a parede celular, que é o tipo mais corrente em alimentos.



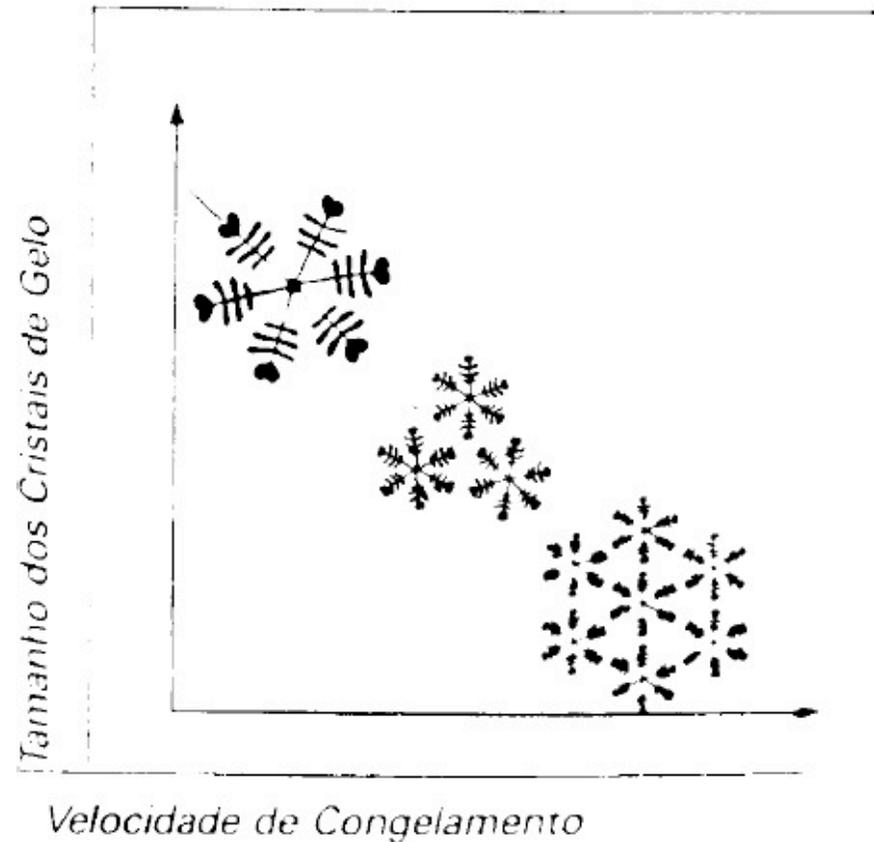
velocidade de congelamento

tempo de congelamento - tempo decorrido desde o início do estágio de congelamento até que a temperatura final seja atingida.

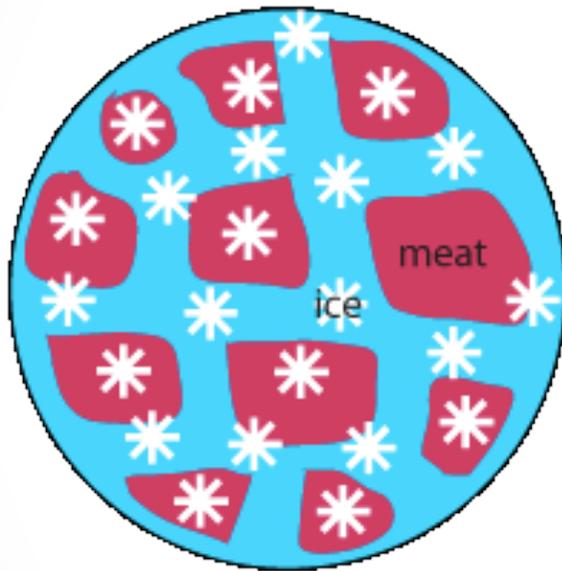
taxa de congelamento ($^{\circ}\text{C}/\text{h}$) - diferença entre a temperatura inicial e final dividida pelo tempo de congelamento. Deve ser estabelecida numa região do produto, geralmente entre o centro térmico e a superfície.

velocidade de congelamento (cm/h) - velocidade de deslocamento da frente de gelo através do produto. É maior próximo à superfície e mais lento próximo do centro. É o valor que parece indicar com mais clareza o que vem a ser congelamento rápido ou lento.

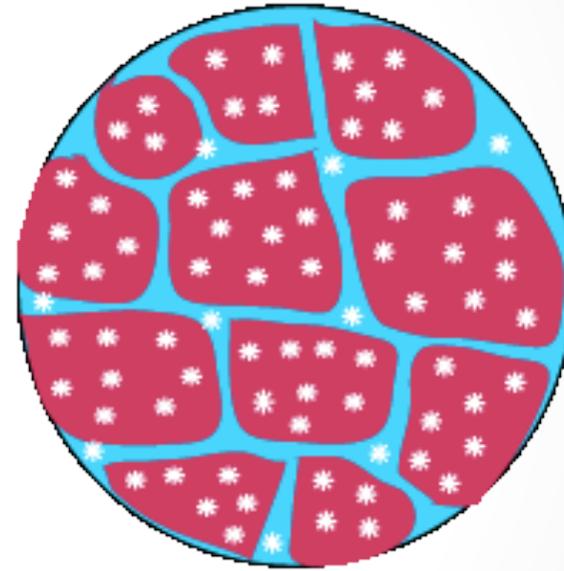
Tamanho dos Cristais x Tempo de Congelamento



Formação de cristais de gelo

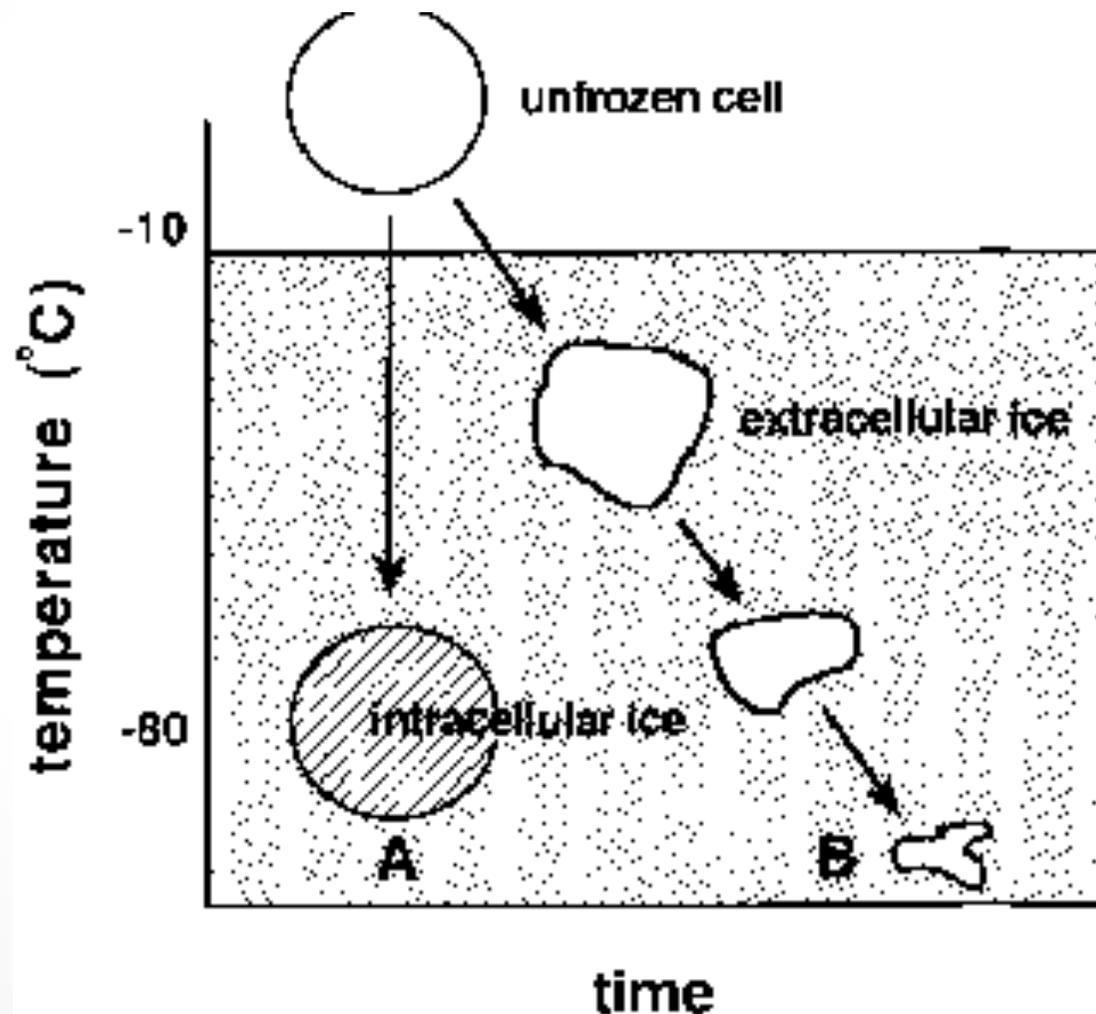


Congelamento
lento



Congelamento
rápido

Formação de cristais de gelo



Cristalização

- A **formação de cristais** de gelo no alimento é controlada pela **velocidade de transferência de calor**.
- O **Tempo** no qual um alimento atravessar a **zona crítica** de formação de cristais (de 0 a -4° C) determina o **número e o tamanho** dos cristais.
- Após ter sido congelado, o alimento deverá ficar **estocado em temperatura bem reduzida** (cerca de -30° C), onde as modificações metabólicas serão menos significativas do que na estocagem a -18° C.



Recristalização

Flutuação de temperatura durante a estocagem:

- **Recristalização isomássica** – transformação da forma ou estrutura interna dos cristais de gelo, reduzindo sua relação superfície/volume;
- **Recristalização acresciva** – quando dois cristais que se acham em contato se unem, formando cristal maior. O número de cristais no alimento se reduz;
- **Recristalização migratória** – ocorre o aumento do tamanho dos cristais à custa dos cristais menores, sendo este tipo de recristalização a que mais prejudica os alimento, pois propicia a desidratação da superfície dos mesmos.

Métodos de Congelamento

- Congelamento pelo resfriamento com ar estático ou em circulação;
- Congelamento por contato indireto com placas super resfriadas;
- Congelamento por imersão em líquidos refrigerantes.
- Congelamento criogênico – mudança de estado.
- Congelamento IQF – (congelamento rápido individual)



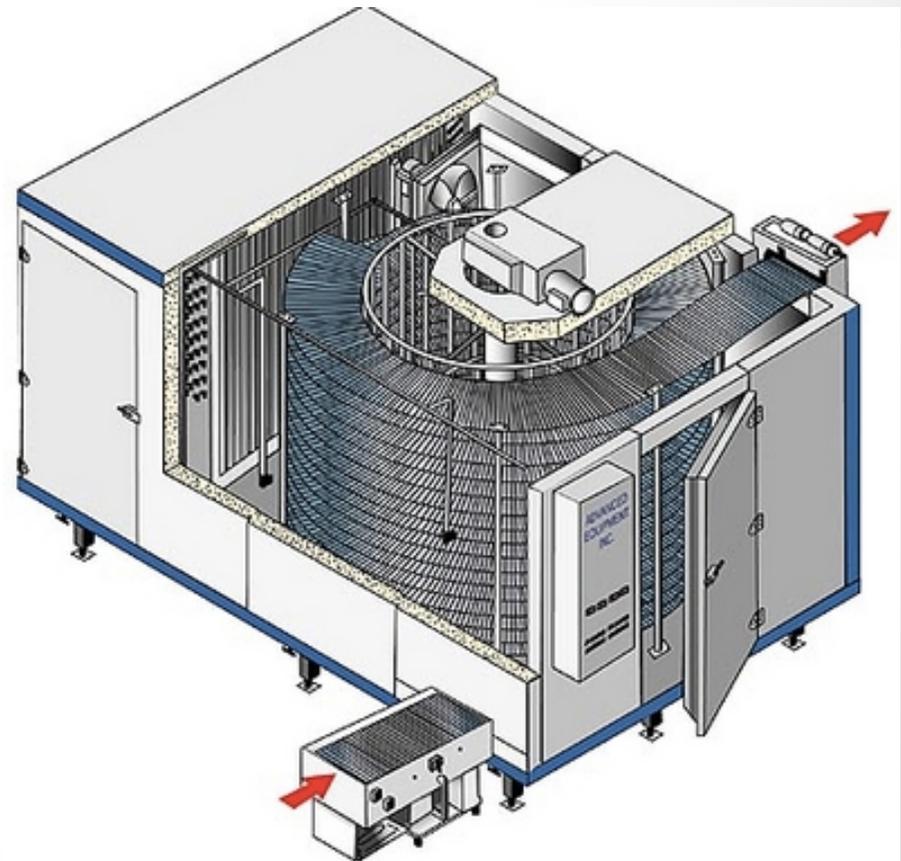
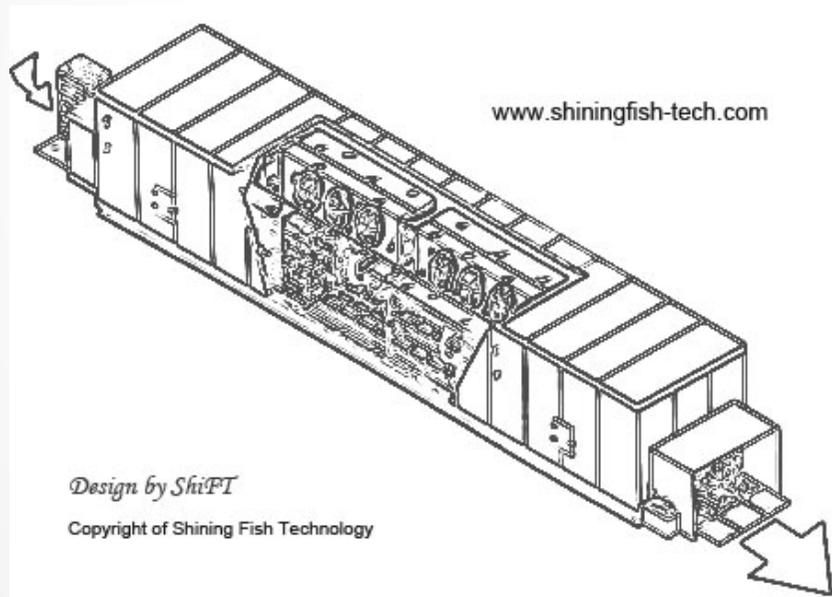
Equipamentos de congelamento

Câmaras frigoríficas



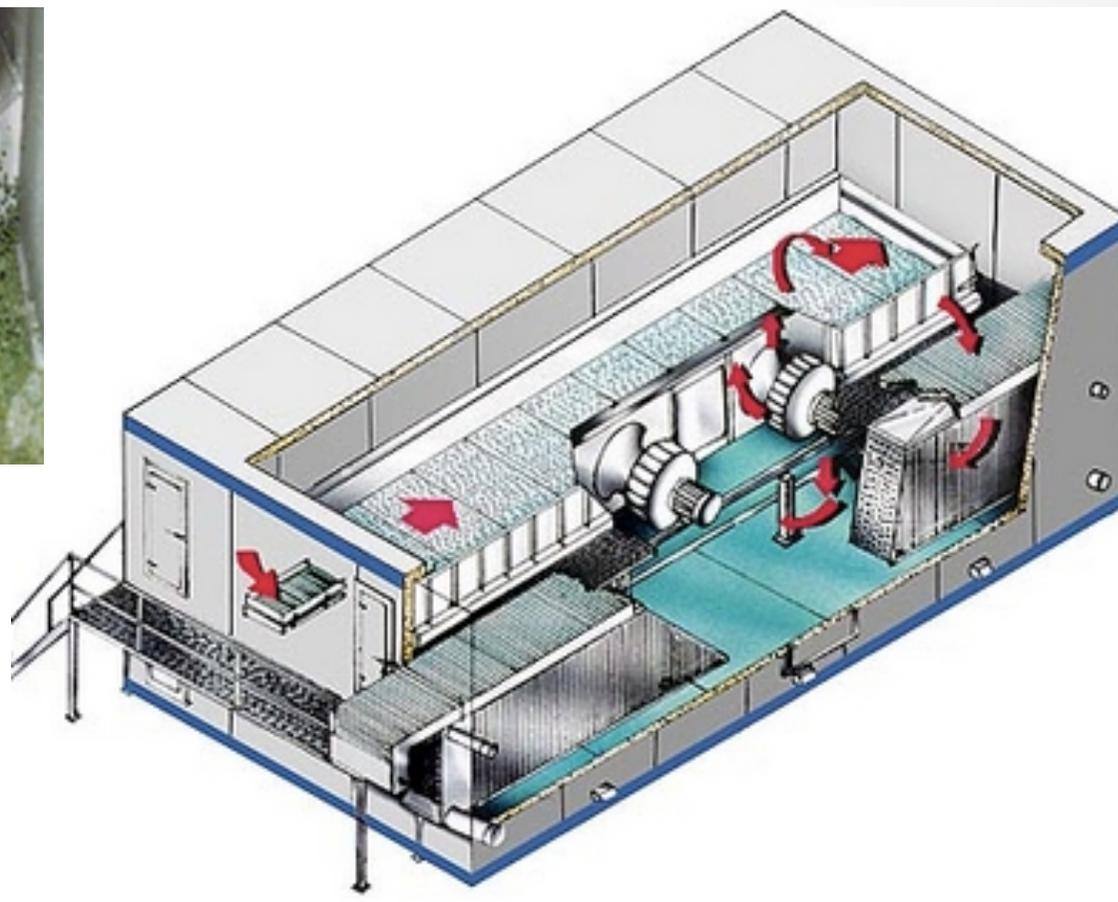
Congeladores com ventilação forçada

A taxa de congelamento irá depender da quantidade e velocidade do ar soprado.



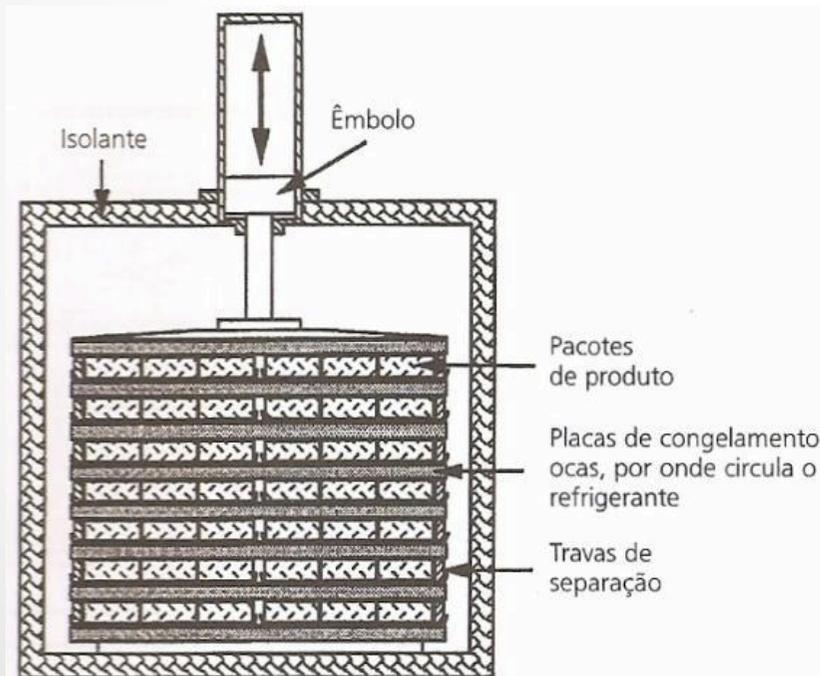
Congelador de leito em espiral

Congeladores com ventilação forçada

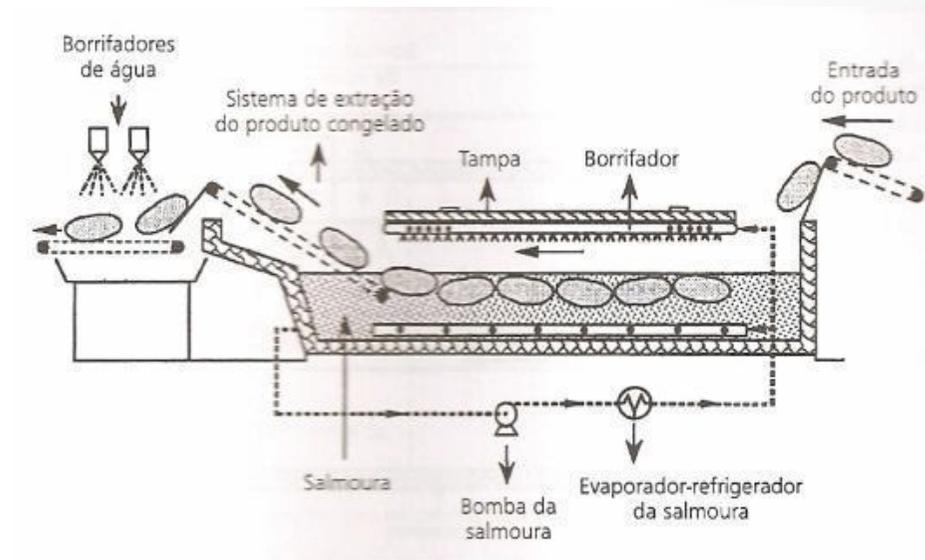


Tunel de Leito Fluidizado

Congeladores de contato e imersão



Esquema de congelador de placas horizontais de funcionamento descontinuo. Fonte: Brennam, Butters, Cowell e Lilley (1990).

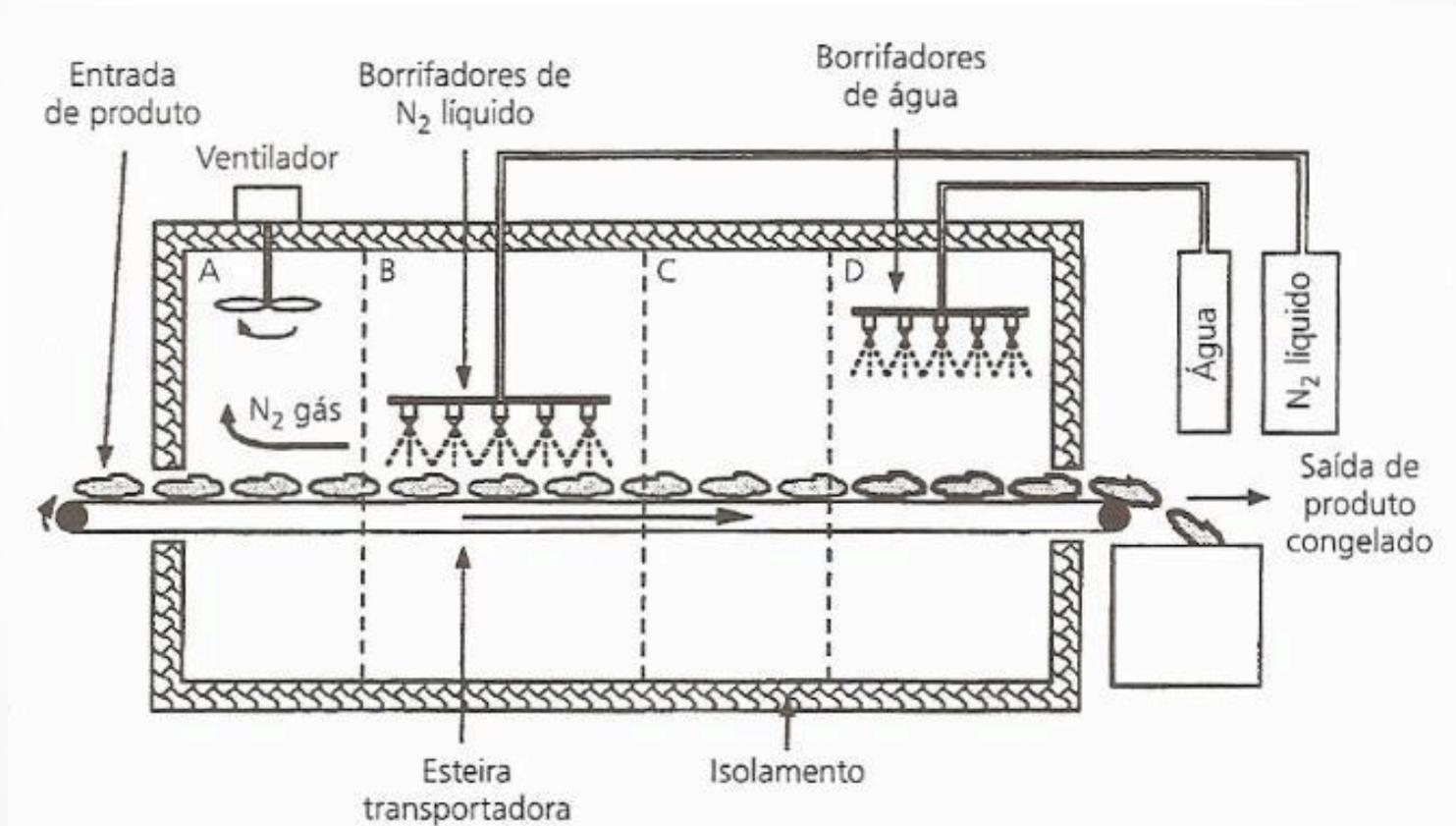


Esquema de congelador por imersão. Fonte: Ordóñez e Cols (2005).

Congelador por imersão

- Congelador de placas

Congeladores criogênicos

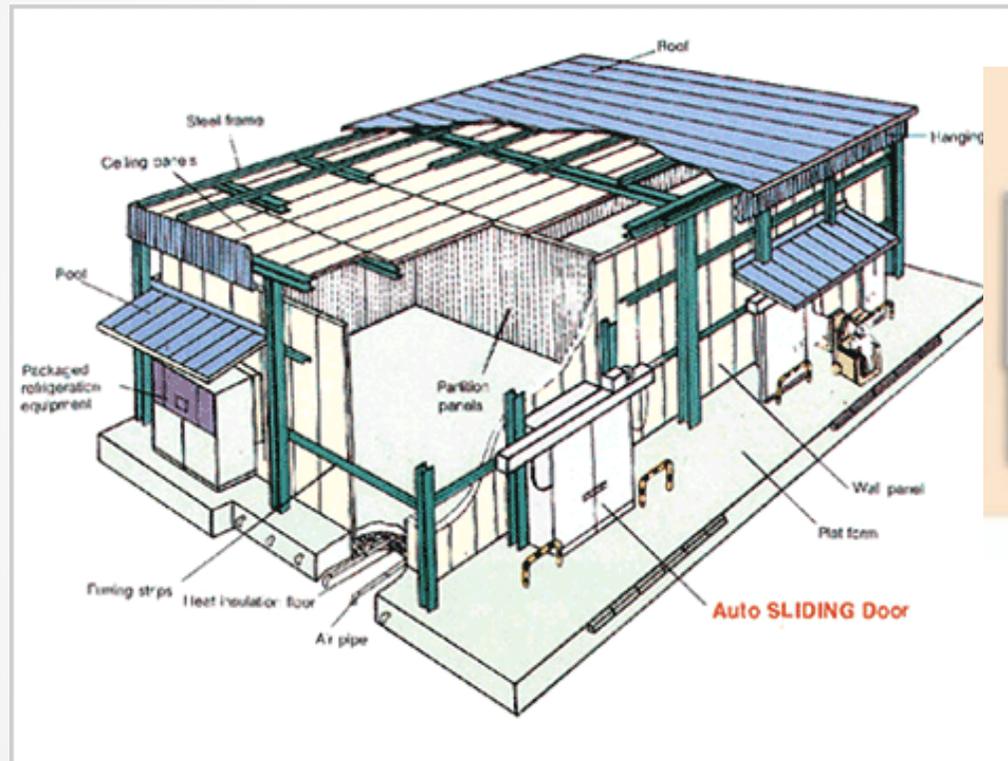


Congelador criogênico de nitrogênio líquido. A: zona de pré resfriamento; B: zona de congelamento. C: zona de equilíbrio. D: zona de vitrificação. Fonte: Ordóñez e Cols (2005).

Escolha do método de congelamento

- **Velocidade de congelamento** adequada para manter a qualidade do produto, de acordo com sua composição, tamanho, forma e acondicionamento;
- **Propriedades do produto;**
- Eficácia da **transmissão de calor** do produto para o meio de resfriamento.

Equipamentos frigoríficos



Descongelamento

- Grandes pedaços de carne e todos os tipos de aves congeladas inteiras, devem ser completamente descongelados antes do cozimento.
- Descongelar um refrigerador.
- Após descongelada deve ser cozida imediatamente ou mantida em refrigerador para cozimento dentro de 24hs.
- Não deverão ser recongeladas peças que já foram congeladas e descongeladas.
- O tempo de descongelamento deve ser o menor possível.
- A contaminação no descongelamento sempre inicia pela superfície que fica exposta por mais tempo.



Método de Descongelamento

- Depende:
 - Velocidade de congelamento adequada para manter a qualidade do produto, de acordo com a sua composição, tamanho, forma e acondicionamento;
 - Propriedades do produto;
 - Eficácia da transmissão de calor do produto para o meio de resfriamento (coeficiente global de transmissão de calor).