

# CONGELAMENTO E REFRIGERAÇÃO



A conservação pelo frio é uma das mais utilizadas no dia-a-dia da população. Os congelados vêm se tornando cada vez mais frequentes na mesa do brasileiro e a refrigeração é a principal arma contra a deterioração dos alimentos e consequente desperdício.

Enquanto na conservação pelo calor trabalhamos com a morte de microorganismos e inativação de enzimas, na conservação pelo frio o fator que controlamos é a proliferação microbiana e as reações enzimáticas.

Sabemos que existem microorganismos que podem estar presentes nos alimentos em contagens toleráveis. Isso significa que, dependendo do tipo de alimento e do tipo de microorganismo, podemos consumi-lo com certa carga microbiológica sem prejuízos para a qualidade do alimento e sem consequência para a nossa saúde.

Todos os microorganismos têm temperaturas ótimas para o seu crescimento e reprodução, sendo assim, o princípio básico da conservação pelo frio é manter a temperatura abaixo da ideal para o crescimento e proliferação microbiana. Da mesma forma as reações enzimáticas ocorrem em temperaturas ideais, sendo assim o princípio para minimizá-las é o mesmo, manter a temperatura abaixo da ideal.

Existem dois tipos de conservação pelo frio, a refrigeração e o congelamento. Cada um se adequando ao tipo de alimento e ao tempo de conservação que se deseja atingir.

## REFRIGERAÇÃO

Podemos definir refrigeração como o abaixamento da temperatura de um produto visando manter a qualidade pela diminuição das velocidades das reações de deterioração que possam ocorrer no mesmo. Neste processo, apesar de não ocorrer eliminação dos microorganismos, inibe-se o ciclo de reprodução e, consequentemente, retarda a deterioração dos alimentos quando atacados.

Para manter os alimentos refrigerados utilizam-se temperaturas acima do ponto de congelamento entre 0°C e 7°C, não ocorre mudança de fase da água do alimento. Usa-se essa técnica como meio básico temporário até que se aplique outro método, ou, seja realizado o consumo do alimento.

Os impactos sobre as propriedades nutricionais e sensoriais dos alimentos são mais fracos na refrigeração, porém conseguimos atingir tempos de conservação menores que no processo de congelamento.

## **Fatores a ser considerados no armazenamento refrigerados:**

**Temperatura:** a temperatura de refrigeração a ser escolhida depende do tipo de produto, do tempo e condições de armazenamento. Pode acontecer de produtos do mesmo tipo, mas com variedades diferentes, variarem muito a temperatura de armazenamento.

**Umidade relativa:** a umidade do ar dentro da câmara varia conforme o alimento a ser conservado e está diretamente relacionada com a qualidade do produto. Uma umidade muito baixa leva a perda de umidade do alimento, podendo ocorrer desidratação, e uma umidade muito alta, pode facilitar o crescimento microbiano. Cada alimento tem uma umidade relativa ótima já conhecida. Para armazenamentos longos, recomenda-se o uso de embalagens apropriadas. Recomenda-se que a umidade relativa não oscile mais que 3 a 5%, e em geral, deve ser mantida entre 80 e 90%.

**Circulação do ar:** a distribuição de calor dentro da câmara se dá através da circulação do ar que permite manter a composição e a temperatura uniformes. O ar da câmara deve ser renovado diariamente.

**Luz:** preferencialmente o local deve ser mantido às escuras e se for necessário pode-se empregar lâmpadas ultravioletas a fim de reduzir o crescimento de fungos e bactérias.

**Composição da atmosfera de armazenamento:** o efeito conservador da refrigeração pode ser potencializado se for combinado com o controle da composição de gases da atmosfera de armazenamento. Isto porque, os alimentos após a colheita continuam respirando, havendo um aumento na taxa de gás carbônico e isto afeta alguns processos fisiológicos, acelerando sua deterioração. A composição atmosférica ideal é de 3% de oxigênio, 5% de gás carbônico e 92% de nitrogênio.

**Características dos alimentos refrigerados:** a refrigeração não altera drasticamente o valor nutritivo dos alimentos, já que as reações químicas são reduzidas. Porém foram detectadas em algumas hortaliças redução de certas vitaminas mesmo em curto período de refrigeração.

## **Na aplicação do frio deve-se considerar os seguintes aspectos:**

o alimento deve ser sadio pois o frio não restitui uma qualidade perdida.

a aplicação do frio deve ser feita a mais cedo possível, após a colheita, abate ou preparo do alimento.

durante todo o tempo, desde o preparo até o consumo, o emprego do frio não deve ser interrompido.

os alimentos com princípios de deterioração, conservados pelo frio, ao serem trazidos à temperatura ambiente, estragam-se rapidamente, além disto as toxinas são conservadas pelo frio.

## **MÉTODOS DE REFRIGERAÇÃO**

### **Resfriamento por ar:**

O ar frio que sai do evaporador entra pela parte superior do ambiente, sob o teto. E move-se horizontalmente sobre o produto, embalado ou não, retornando ao evaporador através do produto, por um caminho que lhe cause a menor resistência possível. Esse é o método mais simples, mas podem existir modificações no sistema para melhorar a circulação do ar entre as embalagens de produto. As vantagens desse método é a simplicidade da operação, inexistência de picos na carga térmica e pode ser usado com produtos que são comercializados logo após a colheita, com produtos que são armazenados sem embalagem e com aqueles que requerem temperaturas amenas de resfriamento.

### **Resfriamento por água:**

Um resfriamento eficiente depende da quantidade de água usada sobre o produto, sendo a água distribuída de maneira uniforme em todo o produto. O tempo de resfriamento com água gelada depende do tamanho do produto.

A água usada no resfriamento é mantida a 0°C e 0,5°C, mediante a refrigeração mecânica. Os produtos que são sensíveis à injúria pelo frio podem ser resfriados em água a 0°C, desde que o tempo de resfriamento seja limitado. As unidades de resfriamento por água gelada requerem um grande potencial de refrigeração em um curto período de tempo. Por isso o gelo é quase sempre utilizado para auxiliar no sistema de refrigeração e é normalmente adicionado a um tanque de água para resfriá-la, ou então é usada em uma espécie de sistema de refrigeração com acumulador de gelo.

### **Resfriamento por gelo:**

O uso de gelo como meio de resfriamento é uma alternativa para aumentar as vantagens do resfriamento com água. A capacidade frigorífica aumenta significativamente, porque o gelo pode fornecer frio de forma prolongada. O resfriamento dá-se em função da colocação do gelo acima dos produtos, no interior das embalagens, ou mesmo na parte superior dos pallets, que depois de armazenados e transportados, mantém a temperatura do produto próxima daquela recomendada até a comercialização. O contato com a superfície do produto faz com que o gelo absorva o calor dos produtos durante as operações posteriores à embalagem, havendo a diminuição da temperatura, na medida em que o gelo derrete. O gelo pode ser fabricado em forma de neve (gelo tipo frappé), escamas ou gelo amassado, e dependendo como o gelo for distribuído, poderá haver falta de homogeneidade no resfriamento dos produtos

### **Resfriamento a vácuo:**

Esse método consiste em eliminar o ar de uma câmara que contenha o produto até que a pressão interna seja tão baixa a ponto de evaporar a água da superfície do produto. A evaporação da água da superfície do produto que causa o abaixamento de temperatura. O calor de evaporação da água (calor latente) é fornecido pelo produto, pelo calor sensível do produto, o que provoca a redução de temperatura.

O vapor de água evaporada não é eliminado, mas condensado, usando a refrigeração auxiliar. A taxa de evaporação e resfriamento depende da relação entre temperatura do produto e a pressão em volta dele. Assim, será mais rápido o resfriamento, quanto mais quente estiver a superfície do produto, independentemente de onde estiver. Esse fenômeno produz um resfriamento uniforme da parte externa até o centro do produto.

## CONGELAMENTO

Ocorre a formação de gelo necessitando-se de temperaturas mais baixas e conserva por períodos longos.

Para o congelamento ser eficiente, necessitamos de temperaturas de  $-18^{\circ}\text{C}$  ou inferiores. Existem microorganismos que ainda crescem a temperaturas de  $-10^{\circ}\text{C}$  o que acarreta um perigo para o congelamento mal monitorado. Sabemos porém que a temperatura de  $-18^{\circ}\text{C}$  ou menos ocorre a inibição total de microorganismos (figura 1).

Quando o produto é congelado, além da temperatura muito baixa prejudicar os microorganismos, a formação do gelo diminui a quantidade de água do produto que poderia ser utilizada para o crescimento dos microorganismos, fazendo com que possa ser conservado por longos períodos de tempo, meses e até anos.

### Congelamento lento

Nesse processo, que dura de 3 a 12 horas, a temperatura vai gradativamente abaixando até chegar à temperatura desejada. Os primeiros cristais são formados no interior da célula, forçando a água migrar do interior da célula, o que causa ruptura de algumas paredes celulares (figura 2).

Quando ocorre o descongelamento, grandes quantidades de fluidos celulares são liberadas, provocando alterações na qualidade nutricional e organolépticas (como perda de nutrientes, modificações de textura e aparência). Esse suco liberado é rico em vitaminas hidrossolúveis, sais minerais e proteínas.

### Congelamento rápido

Congelamento no qual a queda de temperatura é muito brusca, congelando a água dos espaços intercelulares imediatamente, formando pequenos cristais de gelo sem danificar as membranas celulares. O processo é ideal, pois ao descongelar, o alimento reassume suas condições iniciais sem que haja perda significativa de nutrientes e de propriedades sensoriais. A temperatura mais utilizada é de  $-25^{\circ}\text{C}$  com circulação de ar ou de  $-40^{\circ}\text{C}$  com ou sem circulação de ar. Após o congelamento, a armazenagem é feita a  $18^{\circ}\text{C}$ .

## **MÉTODOS DE CONGELAMENTO**

### **Congelamento por ar:**

O ar utilizado no congelamento pode ser insuflado ou sem movimento. No método sem movimento o alimento é mantido na câmara até o congelamento, variando o tempo necessário de acordo com a temperatura da câmara, a qualidade do alimento, temperatura inicial, tipo, tamanho e forma do alimento.

No método com ar insuflado, o ar frio se movimenta em alta velocidade, ocasionando um congelamento rápido que pode ocorrer em uma câmara em túnel adaptado. O movimento do ar pode ser paralelo ou oposto à entrada do alimento, porém, esses tipos de congeladores podem causar desidratação.

### **Congelamento por contato:**

Método no qual o alimento é colocado em contato com uma placa resfriada por líquido refrigerante ou dentro de um recipiente que é submerso no refrigerante ou ainda dentro de caixas que são colocadas em contato com placas de metal resfriada. As placas podem ser fixas ou móveis e o líquido refrigerante com ou sem movimentação turbulenta.

### **Congelamento por imersão:**

A imersão pode ser direta no meio refrigerante ou pela pulverização do líquido sobre o alimento, o que provoca um congelamento quase instantâneo. O líquido deve ser puro, sem odores e sabores, não pode ser tóxico, entre outros requisitos. Líquidos com baixos pontos de congelamento são utilizados para alimentos não embalados, como salmouras para peixes e soluções de açúcar ou glicerol para frutas, porém, não pode ser usado para alimentos onde o sabor doce ou salgado seja inaceitável.

### **Congelamento por aspersão com líquidos resfriados:**

Congelamento por pulverização do meio congelante sobre o produto, é utilizado soluções de baixo ponto de congelação (cloreto de sódio, glicerol, propilenoglicol) e álcool resfriado.

## Descongelamento

O descongelamento deve ser lento e sob refrigeração. O congelamento e descongelamento sucessivos não são recomendados, pois podem ocasionar problemas com microrganismos ou ativar algumas enzimas. Deve-se evitar o aquecimento excessivo, o tempo deve ser reduzido e quando utilizado ar, deve-se evitar a desidratação.

## Instalações mecânicas

Os métodos de conversação pelo uso do frio preveem instalações mecânicas. Esses mecanismos de produção de frio têm evoluído bastante nos últimos tempos, mas o método mais difundido é um sistema baseado na compressão, liquefação e expansão de um gás. A substância refrigerante sofre mudanças de estado ao percorrer o interior das três partes distintas do sistema: o compressor, o condensador e o evaporador.

Compressor – possui a finalidade de fornecer calor a substância refrigerante, que foi perdido no evaporador. O gás, ao sair do evaporador, recebe uma forte compressão, o que aumenta sua temperatura, sendo então levado ao condensador.

Condensador – o gás que veio do compressor liquefaz-se ao entrar em contato com a temperatura fria do condensador, sendo em seguida orientado para um depósito onde aguardará oportunidade para ir ao evaporador. O condensador é resfriado graças a uma corrente de ar ou água que se distribui em forma de chuva de cima para baixo ou pela sua parte externa. Ou então, imerso na água que, segundo muitos, é preferível por permitir o resfriamento de forma mais uniforme, exigindo, porém uma quantidade maior de água. Nas pequenas instalações, o resfriamento é normalmente feito pelo próprio ar atmosférico.

Evaporador – a substância refrigerante, sob forma líquida, necessita de calor (calor latente de vaporização) para passar ao estado gasoso. Assim, a evaporação da substância refrigerante dentro do evaporador irá roubar calor do ambiente e, conseqüentemente, o produto se resfriará. Sob a forma gasosa, o refrigerante volta ao compressor, fechando assim o ciclo.

### **As substâncias refrigerantes devem apresentar as seguintes características:**

Possuir baixo ponto de ebulição.

Não ser inflamável.

Deve ter alto calor latente de vaporização (vapor superaquecido-isento de umidade e calor saturado).

- Não deve ser corrosivo (atacar metais), nem alterar os óleos lubrificantes.



Não deve ser tóxico ao homem.

Não deve exigir pressões elevadas para condensar.

Deve ser de baixo custo.

## **EQUIPAMENTOS E NOVAS TECNOLOGIAS**

### **Refrigeradores:**



**Figura 4: câmara frigorífica.**



**Figura 5: câmara frigorífica.**

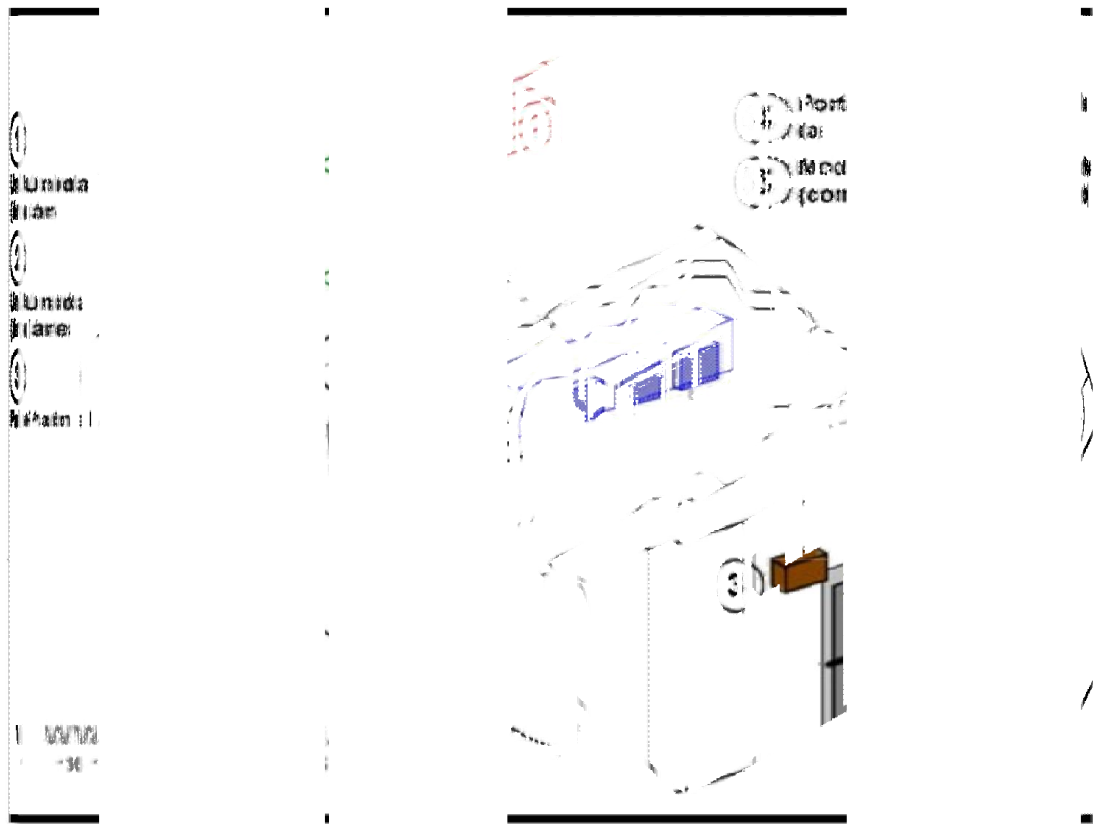


Figura 6: constituição de uma câmara frigorífica.

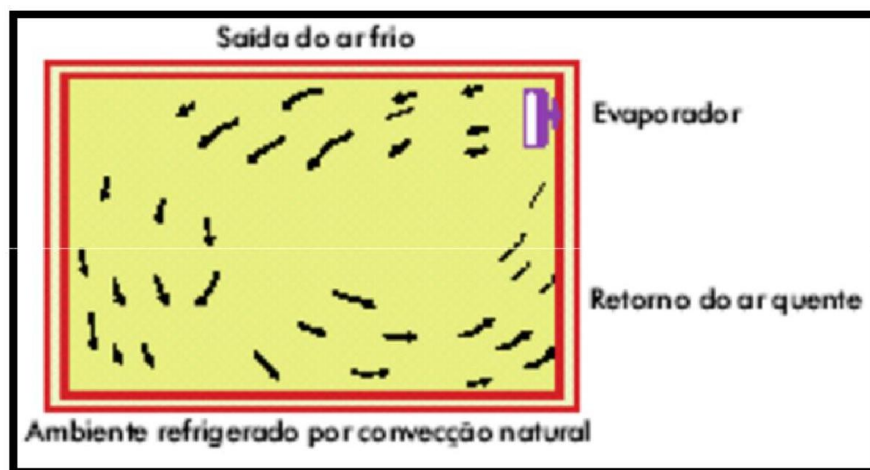
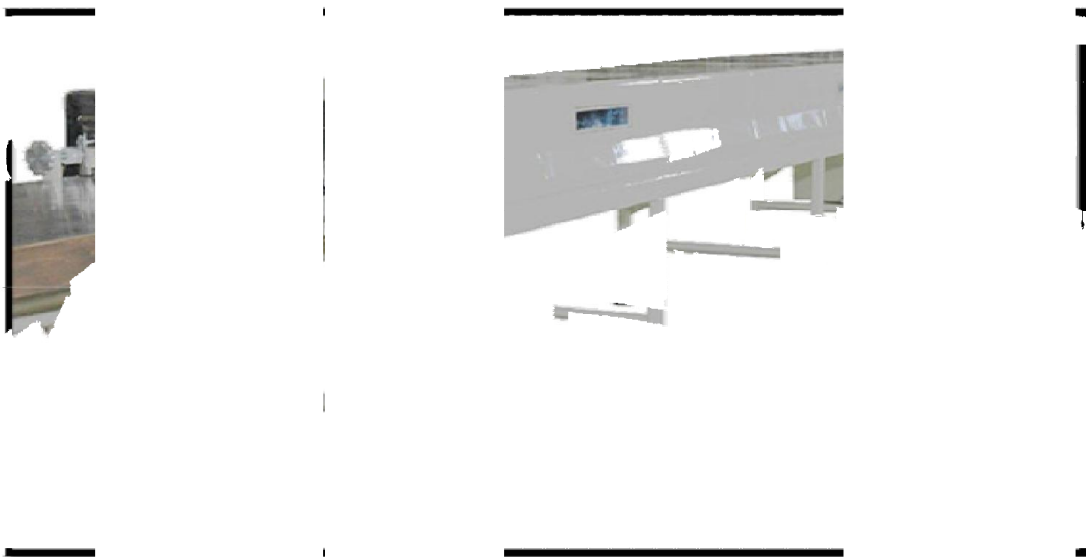
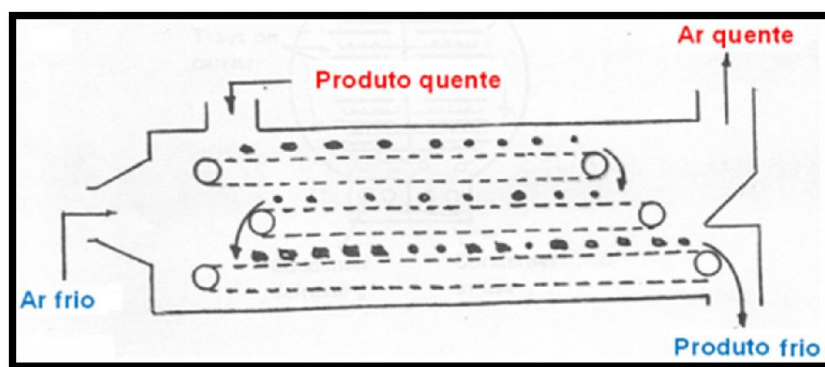


Figura 7: sistema de ambiente refrigerado por convecção natural.

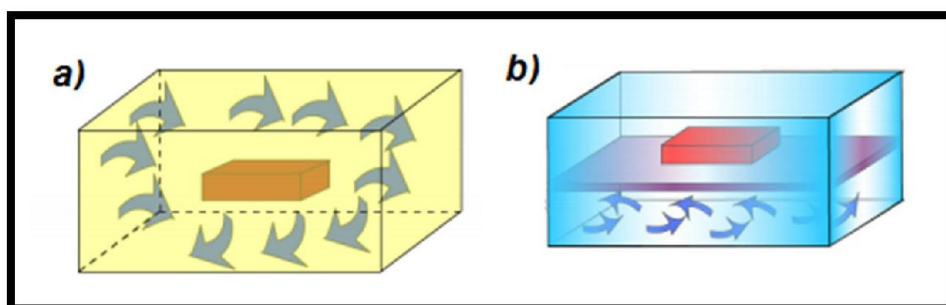


**Figura 8: túnel de resfriamento linear de uma esteira.**

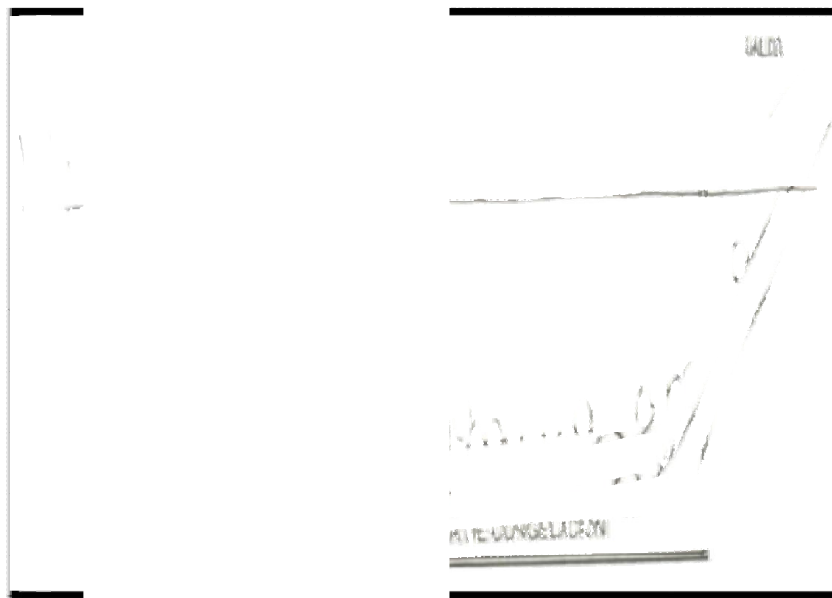


**Figura 9: esquema de um túnel de resfriamento linear com várias esteiras.**

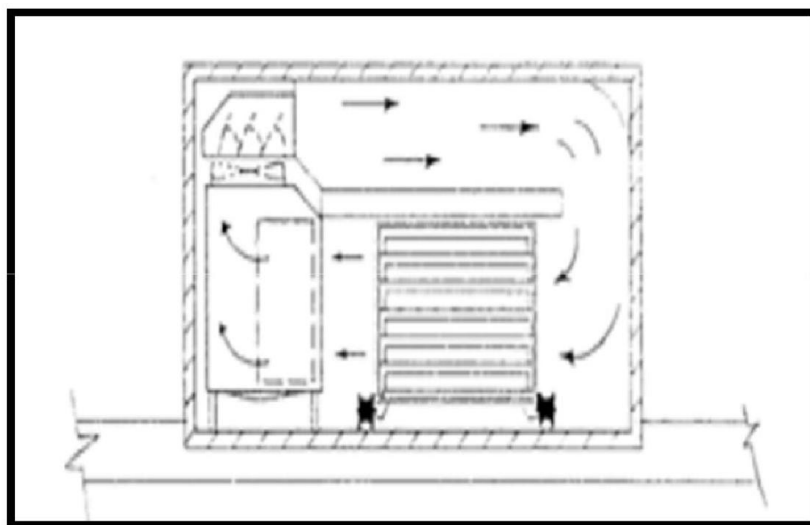
**Congeladores:**



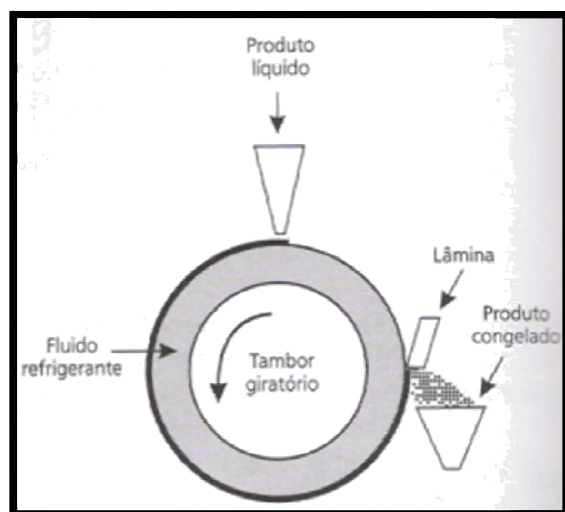
**Figura 10: esquema de congelamento por contato direto: a) contato direto com o meio congelador; b) contato direto com meio congelador (placa).**



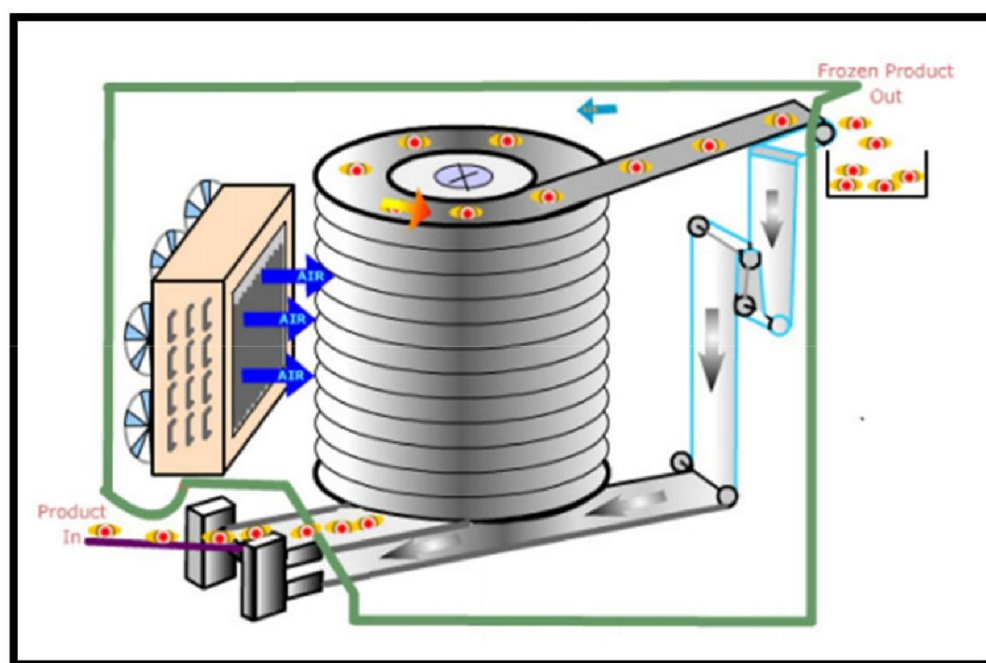
**Figura 11: esquema de congelamento por imersão.**



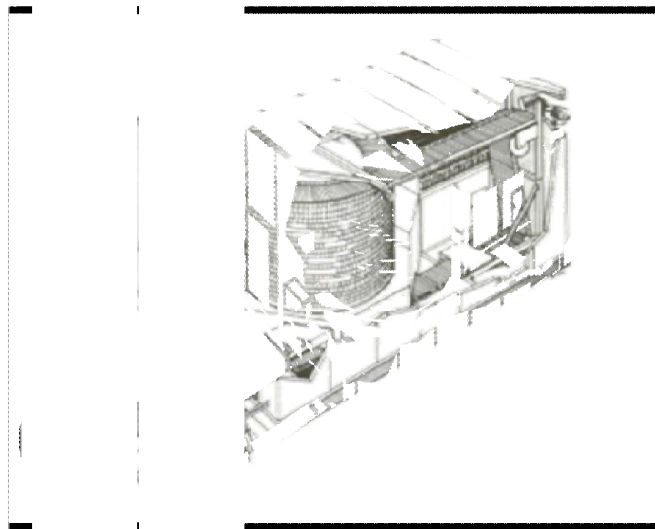
**Figura 12: esquema congelamento por ar.**



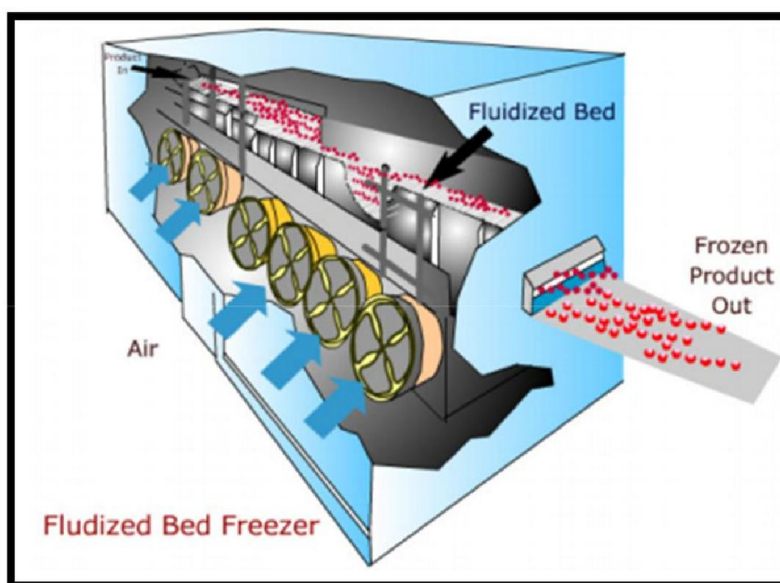
**Figura 13: congelador de superfície raspada.**



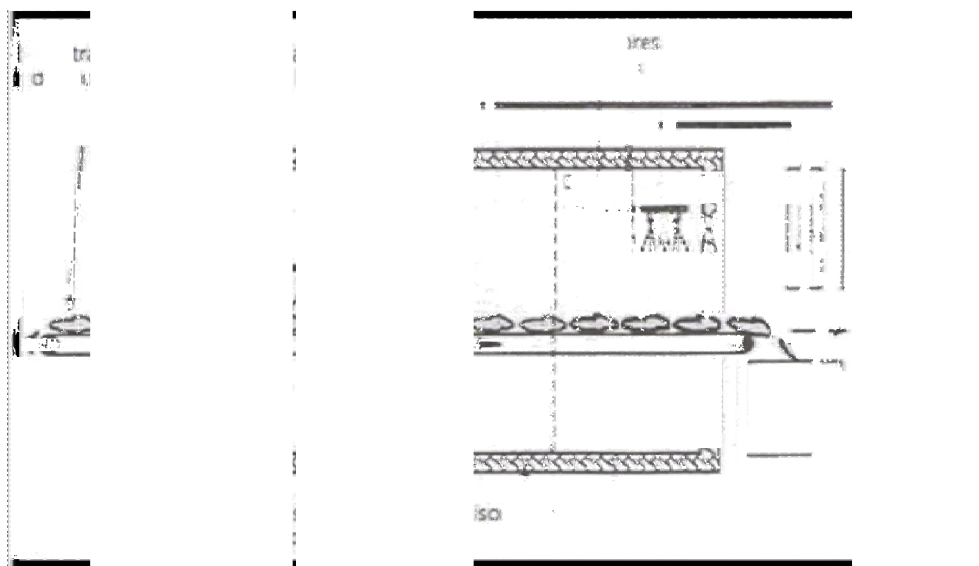
**Figura 14: freezer de congelamento por ar em espiral.**



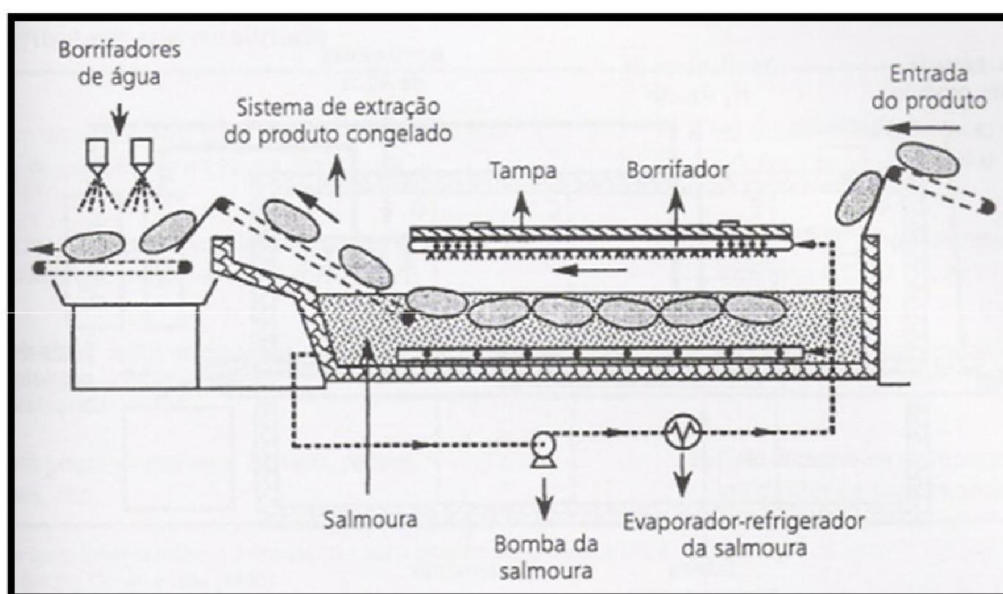
**Figura 15: freezer de congelamento contínuo em espiral.**



**Figura 16: congelador de leito fluidizado.**

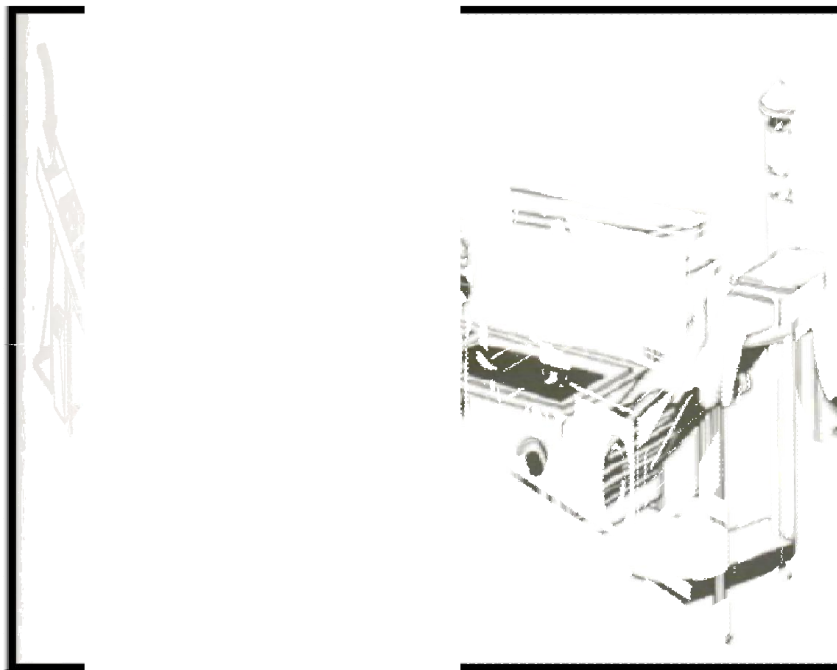


**Figura 17: congelador criogênico de  $N_2$  líquido. A: zona de pré resfriamento; b: zona de congelamento; c: zona de equilíbrio; e d: zona de vitrificação (cobertura de gelo).**

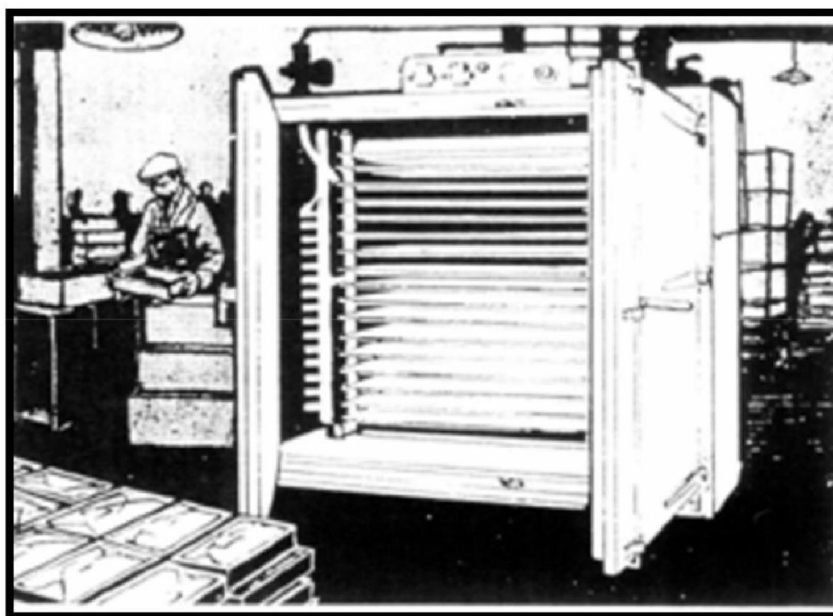


**Figura 18: esquema de congelador por imersão.**





**Figura 19: congelamento por imersão.**



**Figura 20: congelador de placas horizontais.**



## APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA

Mantêm a qualidade original de matérias-primas, até sua transformação industrial ou encaminhamento para outros processos.

Evita o crescimento de microrganismos termófilos e muitos mesófilos, mas alguns psicrófilos são capazes de alterar os alimentos mantidos sob refrigeração, porém não há microrganismos psicrófilos que sejam patogênicos.

Retarda as transformações enzimáticas e microbiológicas e reduz o processo de respiração dos alimentos frescos.

## EFEITOS NOS ALIMENTOS

Congelamento causa a degradação dos pigmentos em verduras (inclusive as escaldadas) a clorofila degrada-se lentamente em feofitina, de cor marrom; e em frutas, a variação de PH devido a precipitação de sais na soluções concentradas provoca alterações de cor nas antocianinas (vermelhos e roxos).

Certos produtos, como banana e o tomate, não podem ser armazenados em temperatura inferiores a 13°C porque podem prejudicar o processo de maturação através da influência de certas enzimas, além de sofrer queima pelo frio.

Temperaturas inferiores à do congelamento produzem perdas em algumas vitaminas hidrossolúveis. As perdas em vitamina c são muito dependentes da temperatura. Um aumento de 10°C na temperatura aumenta por um fator de 6-20 a degradação da vitamina c nas verduras e por um fator de 30-70 nas frutas. As perdas nas outras vitaminas deve-se principalmente ao líquido liberado durante a descongelamento (carnes e pescado).

Quando o branqueamento não foi suficiente observa-se: o escurecimento de frutas e hortaliças pela ação da polifenoloxidase; desenvolvimento de sabores e odores estranhos devido a ação das lipoxigenases; enzimas proteolíticas e lipolíticas podem alterar o sabor e a textura de carnes armazenadas por longo período; perdas dos componentes solúveis.

A -18°C ocorre a oxidação dos lipídios com uma menor velocidade, mas provocam desenvolvimento de sabores e odores estranhos. A auto-oxidação dos lipídios é uma das reações químicas de maior importância nos produtos congelados, os produtos que possuem elevado teor de gorduras insaturadas, como peixes gordos e carne de suíno, quando armazenados sobre congelamento têm sua vida útil reduzida, quando comparados com produtos com menor grau de gordura insaturada.

A textura pode ser afetada, por exemplo, no caso de sorvetes devido à cristalização da lactose; no leite, o elevado conteúdo de cálcio provoca gelificação da caseína e o produto quando descongelado é pouco estável.

No caso de emulsões, o congelamento leva a uma ruptura das membranas das gorduras, que quando descongelado ocorre quebra da emulsão.

As variações físicas que ocorrem nos cristais de gelo, denominadas de recristalização, são responsáveis pela grande parte de perdas de qualidade dos alimentos congelados e é em grande parte causada por flutuações da temperatura de estocagem.