

CONGELAÇÃO

Prof. Roberto de Oliveira Roça

Departamento de Gestão e Tecnologia Agroindustrial

Fazenda Experimental Lageado, Caixa Postal, 237.

F.C.A. - UNESP - Campus de Botucatu

CEP 18.603-970 - BOTUCATU - SP

robertoroça@fca.unesp.br

Na carne congelada, a atividade microbiana é paralisada, a enzimática, bem como a velocidade de reações químicas é substancialmente reduzida. A congelação é um excelente método de conservação da carne porque ocorrem alterações menores do qualquer outro método de conservação de alimentos.

1- Velocidade da congelação

A velocidade de congelação afetam as propriedades físicas e químicas da carne. Geralmente são descritas como congelação lenta e congelação rápida (Figura 1).

- **Congelação lenta**

Durante a congelação lenta, a temperatura do produto permanece próximo ao ponto de congelação inicial durante bastante tempo (Figura 1). A água extracelular se congela mais rapidamente que a intracelular, porque tem uma menor concentração de solutos. Durante a congelação lenta é maior o período de cristalização (P.C.) ocorrendo numerosos cristais de gelo extracelulares que se perdem facilmente como “gotejamento” durante a descongelação. A velocidade de congelação está em torno de 0,05° C/minuto

- **Congelação rápida**

Durante a congelação rápida, a temperatura do produto cárneo a ser congelado cai rapidamente abaixo do ponto de congelação inicial. A congelação rápida da carne causa menos efeitos prejudiciais do que a congelação lenta. A velocidade de congelação está em torno de 0,5° C/minuto.

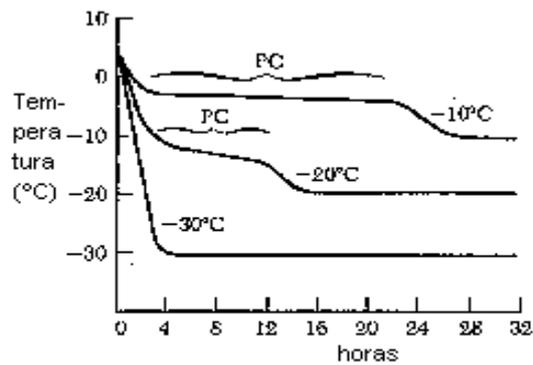


Figura 1- Curvas de congelamento, mostrando as velocidades relativas de congelamento a diferentes temperaturas (FORREST et al., 1979)

2- Métodos de congelamento

Os produtos de carne podem ser congelados por diversos métodos industriais: ar imóvel, congelamento em placas, congelamento com circulação forçada de ar, imersão ou aspensão de líquidos e congelamento criogênica.

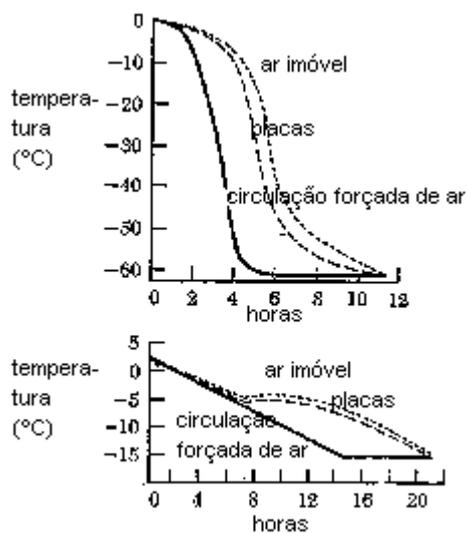


Figura 2 - Curvas de congelamento de cubos de carne de 15,24cm a -62 °C e a -17°C (PRICE, J.F., SCHWEIGERT, B.S, 1994).

- Congelamento em ar imóvel

O processo em que o ar apresenta-se imóvel é o método menos eficiente, pois a congelação é lenta. Os congeladores domésticos, e mesmo os congeladores de alguns frigoríficos trabalham baseados na congelação por ar imóvel. As temperaturas destes congeladores oscilam entre -10 a -30°C. Devido a lenta velocidade de congelação dos congeladores domésticos não é aconselhável congelar grandes quantidades de carne simultaneamente.

- **Congelação em placas**

O meio que transfere calor neste método é o metal. As bandejas que contem os produtos ou as superfícies planas dos produtos cárneos são colocadas diretamente em contato com as placas ou estantes do congelador. A temperatura do congelador de placas também varia de -10 à -30°C. Neste método, só podemos congelar peças delgadas de carne. A velocidade de congelação por esse método é ligeiramente maior do que ar imóvel (Figura 2). É utilizada para a congelação de blocos de 30Kg de recortes de carne para utilização nas indústria de embutidos.

- **Congelação em corrente de ar**

É o método mais empregado na indústria de carnes. São utilizados túneis ou salas equipadas com ventiladores. O ar constitui o meio de transferência de calor, mas como se movimento é rápido, a velocidade que se transfere calor é muito mais rápida do que os congeladores com ar imóvel. Este método também é conhecido como congelação rápida, congelação brusca, congelação em túneis e congelação em corrente. A velocidade do ar é de 5 a 6 m/s e a temperatura de -30°C é mais prática e econômica para a indústria.

- **Imersão e aspersão de líquidos**

É um método pouco utilizado para congelação de aves. Os produtos a serem congelados devem ser acondicionados em filmes plásticos. Os líquidos empregados para esse tipo de congelação não devem ser tóxicos, apresentar viscosidade baixa, ser relativamente barato, de ponto de

congelamento baixo e de grande condutividade térmica. Podem ser utilizados salmouras (cloreto de sódio), glicerina e glicóis (propilenoglicol).

- **Congelamento criogênico**

Para o congelamento criogênico podem ser utilizados a imersão direta, aspersão de líquido ou circulação de vapor criogênico. São utilizados o nitrogênio em forma líquida ou gasosa, o dióxido de carbono e ocasionalmente o óxido nítrico líquido.

3- Modificação e danos

- **Cristais de gelo**

Há formação de cristais de gelo em todas as temperaturas abaixo de congelamento. Através da formação de cristais, há possibilidade de ruptura celular. A velocidade lenta de resfriamento (até -2°C) causa formação de cristais de gelo exterior à célula (intercelular). Esta formação de gelo produz cristais grandes que incham e causam uma separação física das fibras. Estes empurram as células formando sulcos alternados (ranhuras) nas fibras e cristais de gelo. Pelo descongelamento, muitos fluidos intercelulares são perdidos na forma de gotejamento. Na congelamento rápida os cristais formados são intracelulares e pequenos, e no descongelamento são facilmente reabsorvidos pelos componentes celulares.

Os alimentos congelam-se dentro de uma grande variação de temperaturas dependendo da concentração de sais e água em suspensão coloidal na célula. A velocidade de congelamento dependerá da quantidade de água livre presente dentro da célula, e a água livre na célula congelará de acordo com a quantidade de sais dissolvidos naquela água. Na carne, à -1°C , tem-se cerca de 20% de água transformada em gelo, à -10°C , aproximadamente 90% e à -18°C quase 100% (Figura 3).

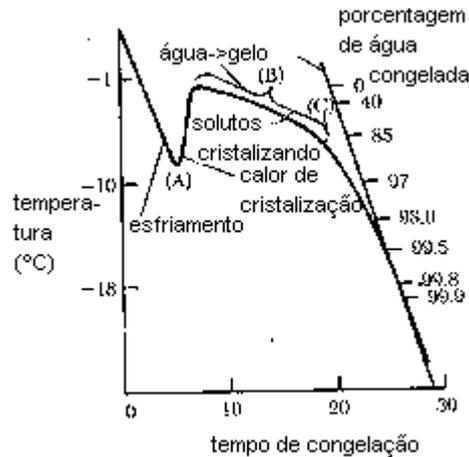


Figura 3- Curva de congelamento de uma carne com período de cristalização e porcentagem de água congelada.

- **Desnaturação e pressão osmótica**

A desnaturação resultante de cristais intercelulares é provavelmente maior que aqueles cristais intracelulares. Há alguns indícios que a osmose pode acompanhar os passos iniciais do congelamento das células causando uma desnaturação dos componentes celulares, antes que o equilíbrio osmótico seja alcançado no ponto de congelamento. Quando a água sai da célula, uma certa quantidade de proteínas solúveis em água, peptídeos, aminoácidos, ácido láctico, purinas, vitaminas e sais estarão presentes no suco exsudato durante o descongelamento.

- **Contaminação microbiana**

Grande parte dos microrganismos não crescem abaixo de 0°C, enquanto que leveduras poderão crescer até à -10°C.

O efeito da congelamento é uma pequena redução no número, seguido de um efeito prolongado e menos drástico de morte, porém há certas bactérias em que o efeito da temperatura baixa é o de simples inibição do crescimento e multiplicação, até que surjam condições favoráveis para o desenvolvimento bacteriano.

A congelamento, portanto, não tem grande valor como medida destinada a tornar própria para o consumo humano uma carcaça infectada por

bactérias patogênicas. O *Bacillus anthracis* pode resistir a temperatura de -130°C, enquanto que os microrganismos do grupo das salmonelas podem resistir à -185,5°C por 3 dias e já foram encontrados bacilos da tuberculose viáveis em carcaças congeladas à -9,4°C por mais de 2 anos. O vírus da aftosa pode permanecer em condições de sobrevivência por 76 dias se as carcaças de animais abatidos durante o período de incubação da doença forem resfriados ou congeladas imediatamente após a matança. Em condições semelhantes, o vírus da peste suína pode permanecer infectante na medula óssea por 73 dias, já constatada a presença desse vírus na carne suína congelada por 1.500 dias.

- **Infestações parasitárias**

O congelamento constitui um excelente método para o tratamento da carne afetada por parasitas.

A carne suína afetada com *Cysticercus cellulosae* pode tornar-se inócua submetendo-a por 4 dias a uma temperatura de -10°C à -7,7°C, enquanto que carcaças bovinas com *Cysticercus bovis* podem tornar-se inócuas se mantidas por 3 semanas a uma temperatura não superior à -10°C. Os cistos de *Trichinella* em suínos são destruídos em 20 dias à temperatura de -15°C ou congelação rápida por 24 horas à -17,7°C.

- **Queimaduras pelo frio ou por congelação**

Um dos principais problemas em carnes frescas congeladas (rins, fígado, carne de frango) é a queimadura pelo frio. Consiste na desidratação da superfície exposta com perda de cor. É um processo de sublimação (em que o gelo muda para vapor) da água da superfície do produto durante o congelamento e armazenamento. A cor da superfície tende a ficar descorada e, em condições de queimadura extrema ocorre superfícies amareladas e defeitos de textura (mole, esponjosa, apresentando partes emurchecidas). Associado com esta condição há uma mudança de sabor e odor, bem como perda de nutriente e de peso, podendo alcançar de 3 a 7%. Para evitar a queimadura

pelo frio deve-se utilizar embalagem à prova de umidade durante o armazenamento.

- **Escurecimento ósseo**

O escurecimento ósseo é um estado induzido pela congelação e descongelação de frangos. Patos, gansos e galinhas raramente apresentam. Após a congelação e descongelação, as áreas musculares adjacentes aos ossos apresentam um aspecto escuro antes do cozimento. Durante o cozimento, a cor vermelha muda para marrom ou cinza, e em casos graves à negra. A cor vermelha se deve à hemoglobina presente na medula do osso, que é relativamente poroso nas aves jovens. Durante o processo culinário a hemoglobina se oxida dando a coloração escura. O escurecimento ósseo não afeta o sabor, odor e textura, porém constitui um sério problema de aspecto. Realizando um pré-cozimento antes da congelação, reduz este problema.

- **Rigor da descongelação**

O músculo congelado na fase de pré-rigidez origina um tipo de *rigor-mortis* mais acentuado que se desenvolve na fase de descongelação. Após o descongelamento deste músculo, há encurtamento de até 40% do comprimento original em poucos minutos, e a perda de peso por exsudação pode atingir 25% em seis horas, determinando uma dureza extrema à carne. Este encurtamento é denominado "contração por descongelação", ou "rigor da descongelação". Ocorre da mesma forma que o encurtamento pelo frio e tem sua causa na liberação de íons cálcio com presença de concentrações ainda elevadas de ATP. O armazenamento durante 100 dias a -20°C da carne congelada em *pré-rigor* ainda produz o "rigor da descongelação".

- **Rancidez oxidativa**

É o maior obstáculo para o armazenamento de carne por longos períodos (Tabela 3). Carnes com elevadas quantidades de ácidos graxos insaturados são mais suscetíveis ao aparecimento de rancidez oxidativa, produzindo odores desagradáveis. O sal atua como próoxidante das gorduras.

4- Durabilidade da carne congelada

A duração do armazenamento da carne congelada varia com a espécie e com o tipo de produto e é influenciada pela temperatura do congelador, pelas flutuações da temperatura e pela qualidade dos envoltórios utilizados.

De maneira geral, pode-se prolongar a vida de armazenamento de carne congelada, diminuindo a temperatura de armazenamento. A maioria das alterações químicas como a rancidez oxidativa poderiam ser eliminadas abaixando a temperatura à -80°C , porém tais temperaturas não são economicamente viáveis. É recomendado a utilização de temperaturas inferiores à -18°C . A maioria dos frigoríficos operam com temperaturas na faixa de -18 à -30°C .

Flutuações de temperaturas devem ser evitadas para reduzir a formação de grandes cristais de gelo e perdas por gotejamento.

A duração de tempo em que a carne congelada pode ser armazenada mantendo qualidades aceitáveis depende também do grau de saturação de graxa. Tendo em vista que a graxa de suínos e aves são mais insaturadas do que a de bovinos e ovinos, são também mais suscetíveis às alterações oxidativas (ranço). Portanto, o tempo de armazenamento para carne de suínos e aves é menor do que para bovinos e ovinos (Tabela 3). A diminuição gradual do sabor e odor durante o armazenamento em congelação se deve em primeiro lugar a oxidação dos lipídeos.

A durabilidade da carne depende também de processos ou tratamentos utilizados antes da congelação: cura, defumação, pré-cozimento, cortado em fatias ou cubos e presença de aditivos (Tabela 3). O sal fomenta o desenvolvimento da rancidez e os produtos processados que contém sal

possuem uma durabilidade limitada sob congelação. Não é recomendado congelar produtos curados e defumados, mas se já foram congelados, deverão permanecer nestas condições por um período relativamente curto. Os produtos fatiados que contém sal (bacon) não devem ser congelados, porque o ar incorporado durante a fatiação e o efeito do sal, leva ao aparecimento de ranço em poucas semanas.

As novas exigências da alimentação familiar tem determinado um aumento da produção de alimentos pré cozidos que se armazenam e distribuem em estado congelado. Os produtos pré-cozidos durante o armazenamento sob congelação desenvolvem o aroma de “superaquecimento” e às vezes guardam relação direta com a temperatura e o tempo de aquecimento. Pode-se prolongar a vida sob congelação destes produtos cárneos pré-cozidos utilizando invólucros e gases inertes como o nitrogênio. A eliminação do oxigênio na embalagem é responsável pelo maior período de armazenamento.

Tabela 3- Tempo máximo de armazenamento de carnes.

PRODUTO	-12° C	-18° C	-24° C	-30° C
vaca	4	6	12	12
ovelha	3	6	12	12
suíno (fresco)	2	4	6	8
suíno (curado)*	0,5	1,5	2	2
fígado, coração, língua**	2	3	4	4
aves	2	4	8	10
embutidos***	0,5	2	3	4

FORREST et al., 1979

* Não é recomendado congelar bacon em fatias;

**Não é recomendado congelar cérebro (miolo);

*** Não é recomendado congelar certos embutidos e produtos de salsicharia.

5- Descongelação

A descongelação da carne pode ser efetuada com ar frio (em câmaras frigoríficas ou refrigerador doméstico), com ar levemente aquecido, com água circulante ou microondas. A carne também pode ser submetida a preparação culinária sem ser descongelada.

A quantidade de gotejamento depende do método de congelação e descongelação bem como da temperatura da carne durante o armazenamento sob refrigeração e de suas flutuações.

Em um experimento realizado por HONIKEL & HAMM (1985), congelando com embalagem à vácuo, amostras de carne por 4 dias a -25°C (Figura 4), foi observado que após 6 horas do descongelamento (temperatura a -1°C), as amostras congeladas e descongeladas rapidamente apresentavam menor perda de suco exsudado, seguida pelas amostras de carnes submetidas ao congelamento rápido / descongelamento lento; congelamento lento / descongelamento lento e congelamento lento / descongelamento rápido. Três dias após o descongelamento, a perda de suco foi menor nas amostras submetidas ao congelamento rápido / descongelamento rápido; seguida por congelamento lento / descongelamento rápido; congelamento rápido / descongelamento lento e congelamento lento / descongelamento lento.

Os resultados demonstram, de forma sintética, que a carne é um material biológico complexo, na qual qualquer variação experimental no resfriamento, congelamento e descongelamento pode apresentar resultados diferentes.

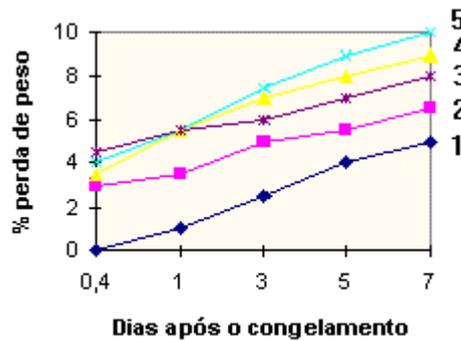


Figura 4 - Perda de peso após o congelamento e descongelamento de amostras de carne bovina (HONIKEL, K.O. & HAMM, R., 1985).

1 - amostra sem congelar

2- congelamento rápido (5°C/min.) e descongelamento rápido (1°C/min.)

3- congelamento lento (0,05°C/min.) e descongelamento rápido (1°C/min.)

4- congelamento rápido (5°C/min.) e descongelamento lento (0,03°C/min.)

5- congelamento lento (0,05°C/min.) e descongelamento lento (0,03°C/min.)

6- Recongelação

A recongelação constitui outro fator problemático, porque causa maiores alterações nos tecidos e maior perda por gotejamento durante a descongelação. Ao arrastar nutrientes solúveis em água, reduz tanto o valor nutritivo como a qualidade sensorial.

A recongelação não é recomendada mesmo como uma medida para salvar o produto, principalmente se é desconhecido o tempo e a temperatura que este produto foi mantido descongelado.

Bibliografia

COLLIN, D. *La carne y el frío*. Madrid: Paraninfo, 1977. 199p.

FORREST, J.C., ABERLE, E.D., HEDRICK, H.B., JUDGE, M.D., MERKEL, R.A. *Fundamentos de ciencia de la carne*. Zaragoza: Acribia, 1979. 363p.

GIRARD, J.P. *Tecnología de la carne y de los productos cárnicos*. Zaragoza: Acribia, 1991. 316p.

JASPER, W., PLACZEK, R. *Conservación de la carne por el frío*. Zaragoza: Acribia, 1980. 131p.

HONIKEL, K.O., HAMM, R. Enfriado, congelado y descongelado: aspectos coloidoquímicos de la calidad de la carne. *Fleischwirtsch.*, espanõl, v.1, p.46-53, 1985.

LAWRIE, R. *Ciência de la carne*. Zaragoza: Acribia, 1984, 310p.

- LAWRIE, R. *Developments in meat science - II*. London: Elsevier, 1985. 295p.
- NOSKOWA, G.L. *Microbiología de las carnes conservadas por el frío*. Zaragoza: Acribia, 1978. 111p.
- ORTNER, H. The effect of chilling on met quality. *Fleischwirtsch*, Frankfurter, v.69, n.4, p.593-597, 1989.
- PRICE, J.F., SCHWEIGERT, B.S. *Ciência de la carne y de los productos cárnicos*. Zaragoza: Acribia, 1994. 581p.
- ROÇA, R.O. *Tecnologia da carne e produtos derivados*. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, 2000. 202p.
- ROÇA, R.O., BONASSI, I.A. *Temas de tecnologia da carne e produtos derivados*. Botucatu: Faculdade de Ciências Agrônômicas. 1981. 129p. (mimeogr.)
- ROÇA, R.O., BONASSI, I.A. Alguns aspectos sobre alterações "post-mortem", armazenamento e embalagens de carnes. In: CEREDA, M.P., SANCHEZ, L. coord. *Manual de armazenamento e embalagens : produtos agropecuários*. Piracicaba: Ceres, 1983. cap. 7, p. 129-152.