

Períodos de congelação mais rápidos, que podem ser conseguidos utilizando processos criogénicos, criam melhores características organoléticas, com capacidade de retenção de água intrinsecamente ligada a outras definições qualitativas da carne, tais como a macieza e a quantidade de sumo.

A Tabela 3 quantifica as perdas ao congelar e descongelar, de acordo com a técnica de congelação utilizada. Aqui é possível ver elevadas perdas significativas quando é utilizado um túnel de congelação mecânico (+625% a -20 °C e +300% a -40 °C) quando comparado com o teste realizado a uma congelação criogénica.

• **Desidratação**

Durante o processo de congelação, os produtos poderão sofrer elevados níveis de desidratação, devido à sublimação da superfície da água. Em certos casos, esta desidratação pode levar a uma perda significativa de peso até 10%, assim como pode afetar o sabor do produto. A utilização dos processos de congelação criogénica permite uma redução considerável desta desidratação (até 10 vezes menos) (Löndahl et al., 1195), comparativamente à congelação mecânica.

O nível de desidratação está diretamente ligado à velocidade tangencial do gás (ar, N2 ou CO2) em contacto com o produto. A congelação mecânica exige uma elevada velocidade tangencial para que possa limitar o tempo exigido para o processo de congelação, o que pode levar a uma desidratação substancial em certos alimentos.

**Tabela 3: Perda de peso (em %) no fiambre com os diferentes processos de congelação/descongelação**

Congelação x Descongelação	Perda na congelação	Perda na descongelação (micro-ondas)
Túnel a -20 °C x micro-ondas	0,50	0,80
Túnel a -40 °C x micro-ondas	0,24	0,70
Azoto líquido x micro-ondas	0,08	0,58

(1) De Jacquet et al. (1976)

A eficiência da transferência termal está também dependente da diferença de temperatura entre a superfície do produto e o gás congelador. Uma vez que os congeladores criogénicos funcionam a baixas temperaturas, a elevada velocidade tangencial não é o único meio para se conseguir uma congelação rápida.

Além disso, a pressão de vapor saturado (pressão na qual a fase gasosa e a fase sólida se encontram em equilíbrio) é reduzida até aproximadamente metade por cada descida de temperatura de 10 °C. Uma vez que os congeladores funcionam a uma baixa temperatura, a pressão de vapor saturado é mais baixa e, conseqüentemente, ocorre menos desidratação.

## 4. Conclusão

Vários estudos realizados sobre as alterações do estado dos produtos alimentares mostraram o impacto da qualidade dos métodos de congelação e armazenamento nas propriedades organoléticas desses mesmos produtos, após a sua descongelação. A taxa de congelação é o parâmetro principal para garantir uma excelente congelação. A congelação criogénica é um método especialmente adequado para prevenir a deterioração organolética (perda de textura e desidratação) em alimentos mais sensíveis, tais como marisco, fruta e carne.

## 5. tell me more

### Acerca do autor

Licenciado pela ENSIA (Ecole Nationale Supérieure des Industries Alimentaires), Adrien Agoulon é diretor da Agro-Hall desde 2010, após ter liderado, durante oito anos, a Investigação e Desenvolvimento no centro de tecnologia.

Com sede em Evreux (França), a Agro-Hall foi fundada em 1986 para dar assistência personalizada às empresas nos seus projetos de R&D e inovação.

### Para mais informações sobre a Gasin II, grupo Air Products ou tecnologias de congelação

Para identificar a melhor tecnologia de congelação para a sua unidade industrial, ou para uma análise sem compromisso do seu atual processo de congelação, contacte um dos especialistas da Gasin II, grupo Air Products:

#### Gasin II – Grupo Air Products

Rua do Progresso, 53 – Perafita  
Apartado 3051  
4451-801 Leça da Palmeira  
Portugal  
00 800 6231 4576  
proposta@gasin.com

# Impacto dos parâmetros de congelação nas características dos alimentos

Adrien Agoulon  
Diretor, Agro-Hall

### Resumo:

Vários estudos realizados sobre as alterações do estado dos produtos alimentares mostraram o impacto da qualidade dos métodos de congelação e armazenamento nas propriedades organoléticas desses mesmos produtos, após a sua descongelação. A taxa de congelação é o parâmetro principal para garantir uma excelente congelação. A congelação criogénica é um método especialmente adequado para prevenir a deterioração organolética (perda de textura e desidratação) em alimentos mais sensíveis, tais como marisco, fruta e carne.

## 1. Introdução

A venda de alimentos congelados está a aumentar a nível global. A congelação protege a qualidade dos alimentos a um preço competitivo. A própria técnica de congelação, assim como o mercado de alimentos congelados, está a desenvolver-se de forma a tornar-se mais rápido, mais eficiente e mais rentável. Para que possamos continuar a servir os interesses dos consumidores, que exigem cada vez mais produtos de elevada qualidade, tanto em termos de sabor como em termos de nutrição, sem precisar de passar muito tempo na cozinha a preparar as refeições, devemos compreender melhor os fundamentos deste processo e os seus efeitos nos alimentos. Este artigo pretende apresentar os dados científicos existentes sobre o impacto das tecnologias de congelação nas características organoléticas (como, por exemplo, sabor, textura, cheiro e aparência) de alimentos mais sensíveis, tais como carne, fruta, vegetais e até marisco.

## 2.O processo de congelação

Contrariamente ao que se pensava, os alimentos congelados não são totalmente estáveis. Embora sejam microbiologicamente estáveis, os produtos continuam a ser suscetíveis a reações físicas e bioquímicas, que podem comprometer as suas qualidades organoléticas. Esta questão torna-se compreensível se tivermos em conta a proporção de água gelada que encontramos em vários alimentos congelados. Tal como indicado na Tabela 1, vamos considerar os produtos de origem animal como exemplo.

Tabela 1:

**Influência da temperatura na percentagem de água gelada na carne**

Água gelada (%)			
Temperatura (°C)	Aves (comestível) <sup>1</sup>	Carne magra <sup>1,2</sup>	Peixe (bacalhau) <sup>1,2</sup>
-5	74	74	77
-10	83	82	84
-15		85	87
-20	88	87	89
-25			
-30	89	88	91

(1) De Reidel (1957), citado por Desrosier e Tressler Fundamentals of Food Freezing, ix, 629p., AVI Pub. Co. (1977).  
(2) IIF (1986)  
(3) Leistner e Rodel (1976), citado por Daudin, Technologie de la viande et des produits carnés, Chapitre 1 (1988)

Num produto como a carne, a uma temperatura estabilizada de -20°C, a percentagem de água não gelada continua a ser superior a 10% do total do conteúdo de água do produto. Esta porção de líquido tem características específicas. Vai-se enriquecendo progressivamente com várias substâncias dissolvidas, uma vez que se vão formando cada vez mais cristais de gelo dessa água não gelada. Esta fase é denominada fase de crioconcentração, na qual ocorrem várias alterações, à medida que o produto vai envelhecendo. Essencialmente, esta fase permite o reagrupamento das enzimas e dos respetivos substratos num volume restrito de líquido que, apesar do efeito retardador das temperaturas baixas, podem acelerar determinadas reações.

A cinética da diminuição de temperatura durante o processo de congelação (e, consequentemente, da técnica de congelação utilizada) vai influenciar as características (número e tamanho), assim como a formação de cristais:

- Taxa de nucleação. Esta taxa representa o número de núcleos formados por unidade de tempo. Este parâmetro aumenta com as rápidas taxas de congelação. Por exemplo, cada grau de subarrefecimento multiplica a taxa de nucleação por 10.
- Taxa de formação de cristais. A formação de cristais está ligada à capacidade para remover o calor no local onde os cristais se estão a formar (relacionada com as características do produto e temperatura do meio).
- Tamanho dos cristais. Este parâmetro depende dos dois fatores anteriores. A formação de uma grande quantidade de núcleos, assim como a rápida taxa de crescimento, encoraja a formação de pequenos cristais.

Em muitos casos, a deterioração causada pelo gelo pode ser explicada pela rigidez e pelo tamanho dos cristais, numa estrutura celular do alimento. O resultado é o exercício de pressão mecânica, que pode danificar a estrutura celular dos produtos como carne, fruta e vegetais. A Figura 1 mostra o tamanho e distribuição de cristais, dependendo da cinética de congelação.



Figura 1: Ilustração da formação de cristais, de acordo com a cinética de congelação

## 3. Impacto da congelação na estrutura dos alimentos

### 3.1.Características das diferentes tecnologias de congelação

Antes de examinar com mais atenção o impacto das tecnologias de congelação na estrutura dos alimentos, é necessário relembrar as principais características das tecnologias utilizadas a nível industrial.

- Arrefecimento mecânico: este é o termo utilizado para descrever congeladores de ciclos de compressão de vapor tradicionais que, normalmente, funcionam a temperaturas entre os -20°C e os -50°C.
- A congelação criogénica é atingida com a utilização de líquidos criogénicos, tais como o azoto e o dióxido de carbono e, normalmente, funciona abaixo dos -70°C.

Estas diferenças significativas entre as temperaturas originam cinéticas de congelação divergentes entre as duas tecnologias. A Figura 2 mostra o tempo de congelação típico (o tempo necessário para que a temperatura no centro do produto desça dos -1°C para os -7°C) de um bife de vaca (de 200 g e 2 cm de espessura), de acordo com a técnica de congelação utilizada.

A grande diferença de temperatura entre o produto e o modo de congelação da técnica criogénica torna o tempo de congelação significativamente mais curto que a técnica de congelação mecânica. Estas cinéticas de arrefecimento são, em grande medida, responsáveis pelas diferenças nos níveis de deterioração observados no produto final, quando se compara o impacto da tecnologia de congelação com a qualidade do alimento.

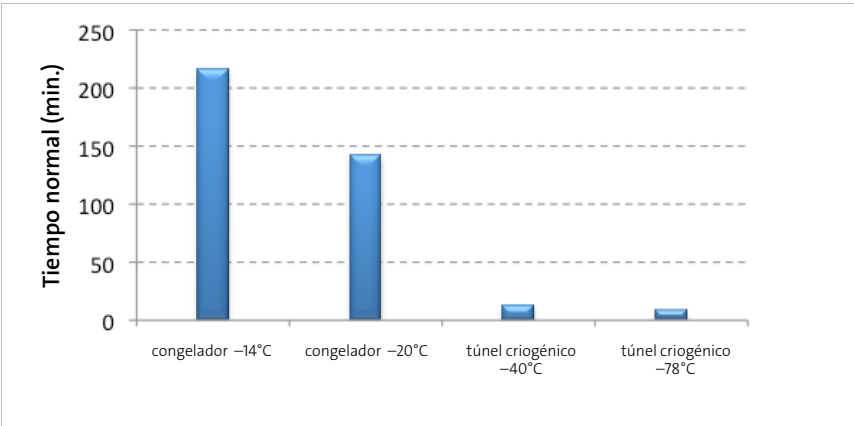


Figura 2: Tempo de congelação normal de um bife de vaca, de acordo com a técnica de congelação utilizada

### 3.2.Impacto da congelação na qualidade dos alimentos

#### • Crioconcentração

A congelação lenta (na qual a frente de congelação avança a uma velocidade inferior a 0,2cm/h) leva à formação de cristais de gelo no espaço extracelular com menos concentração. A progressiva concentração de espaço extracelular (crioconcentração) resulta numa desidratação das células por meio da osmose. O escoamento de líquido intracelular provoca um enfraquecimento dos tecidos e uma perda de turgescência no tecido das plantas. A Tabela 2 mostra as diferenças qualitativas observadas entre a congelação criogénica com azoto líquido, a congelação mecânica com ventilação e a congelação mecânica sem ventilação.

No caso do feijão verde, a deterioração, que ocorria menos vezes com a técnica de congelação criogénica, era mais significativa, quando o tempo necessário para o centro atingir os -20°C excedia 30 minutos.

Tabela 2: O efeito da taxa de congelação nas propriedades sensoriais do feijão verde

Tempo necessário para o centro atingir os -20 °C	Características sensoriais do produto cozinhado	Tipo de congelação
< 30 minutos	Não há perda de firmeza, a cor e o sabor normal mantêm-se	Congelação criogénica (azoto líquido)
De 30 minutos a 2 horas	Perda de textura, a cor e o sabor normal mantêm-se	Congelação mecânica com ventilação
> 12 horas	Perda de textura, cor e sabor deteriorados	Congelação mecânica sem ventilação

CJ Kennedy, GP Archer, 1999. Maximising Quality and Stability of Frozen Foods, Report 2, 14.

A perda de textura resultante da perda de turgescência das células ocorre primeiro. Devido ao rápido arrefecimento da congelação criogénica, a crioconcentração é limitada e, por isso, formam-se cristais de gelo tanto nos espaços intracelulares como nos extracelulares. Isto acontece porque a quantidade de frio transferida não pode ser apenas absorvida pela formação de cristais nos espaços extracelulares. Assim, formam-se de um modo homogéneo por toda a matriz. (cf. Figura 1). A homogeneidade dos locais de nucleação limita os efeitos da pressão osmótica, que causariam a perda de textura.

A deterioração da cor e do sabor varia bastante, conforme as condições de armazenamento e a natureza do produto congelado. Contudo, a presença das enzimas e dos respetivos substratos num volume de líquido confinado para criar condições de reação rápida e reações nocivas, independentemente das baixas temperaturas, é evidente. A rápida congelação (por exemplo, a congelação criogénica) estabiliza o ambiente a partir da limitação do fluxo de matéria pelo tecido. Por conseguinte, as fases líquidas retêm concentrações mais pequenas de substâncias dissolvidas, produzindo uma deterioração enzimática mais lenta (por exemplo, oxidação, hidrólise e descarboxilação).

A aceleração destas reações enzimáticas na congelação lenta leva a um segundo mecanismo de alteração, derivado das pressões mecânicas provocadas pelos cristais de gelo.

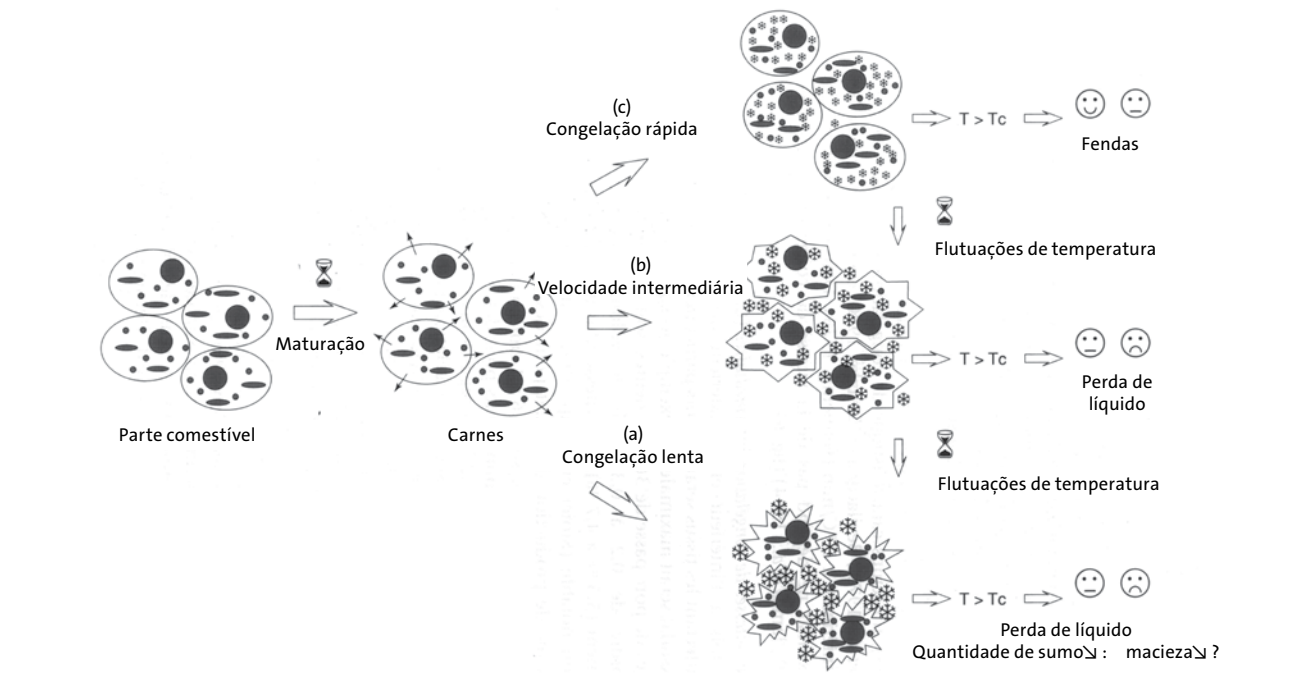


Figura 3: Ilustração do impacto da taxa de congelação na qualidade da carne

Ilustração retirada da obra Congélation et Qualité de la Viande, Claude Genot, INRA Edition, 2000.

#### • Alteração mecânica

As técnicas de congelação lenta, nas quais a frente de congelação avança a uma velocidade inferior a 0,2 cm/h, tem impacto no tamanho e número de cristais. A Figura 3 demonstra o impacto da taxa de congelação nas células e, consequentemente, nas propriedades organoléticas.

Os cristais grandes que se formam sob condições de congelação lenta produzem pressão mecânica e arestas afiadas que provocam danos em todos os componentes celulares (por exemplo, no organito, nas membranas celulares, etc.). Estes danos levam à junção de enzimas e substratos que se encontravam previamente separados e, consequentemente, conduzem a reações enzimáticas diferentes. As qualidades organoléticas da carne, que são afetadas pelo método de congelação, são essencialmente a macieza, a quantidade de sumo e a capacidade de retenção de líquidos.