

1. Refrigeração e Cadeia do Frio

Aula Introdutória

Prof. Dr. Alessandra Lopes de Oliveira

1.1. Aplicações da refrigeração

“Poucas pessoas, exceto aquelas ligadas com a indústria, conhecem a parte importante que a refrigeração representou no desenvolvimento da sociedade... Nem fazem idéia de até que ponto a sociedade depende da refrigeração para sua perfeita existência. Não seria possível, por exemplo, preservar gêneros alimentícios em quantidades suficientes para sustentar a população crescente, sem a refrigeração mecânica. Do mesmo modo, muitas das grandes construções nas quais estão instaladas na maioria, a indústria e o comércio da nação, poderiam tornar-se insustentáveis nos meses de verão, se não houvesse condicionamento de ar com equipamentos da refrigeração mecânica.”

Roy J. Dossat

1.1. Aplicações da Refrigeração

1. Refrigeração doméstica;
2. Refrigeração Comercial: inclui projeto, instalação, e manutenção de instalações refrigeradas em supermercados, hotéis, câmaras de varejo e distribuição de alimentos perecíveis;
3. Refrigeração Industrial: as aplicações industriais são maiores que a comercial e requerem um operador de serviço;
4. Refrigeração marítima e de transporte;
5. Condicionamento de ar;

1.2. Efeito de baixas T em alimentos

- Alimentos não perecíveis;
- Alimentos perecíveis:
 - vivos;
 - mortos.

1.2. Efeito de baixas T em alimentos

Razões da deterioração de Alimentos perecíveis.

- A. **Processos físicos:** ação do calor, ação mecânica, evaporação da água.
- B. **Processos químicos e biológicos:** ação enzimática.
- C. **Processos microbiológicos:** a_w , temperatura, meio nutritivo.

1.2. Efeito de baixas T em alimentos



1.2. Efeito de baixas T em alimentos

Processos de conservação:

A. Alteração da composição do meio:

- Secagem;
- Salga;
- Soluções de açúcares.

B. Temperatura:

- Esterilização
- Pasteurização
- Resfriamento e Congelamento → **Cadeia do Frio**

1.2. Efeito de baixas T em alimentos

Objetivo da refrigeração:

- Manter a qualidade dos alimentos e prolongar a vida de prateleira mantendo a temperatura em um ponto onde a deterioração microbiológica e metabólica (química/enzimática) sejam mínimas.

1.3. A composição do alimento e a refrigeração

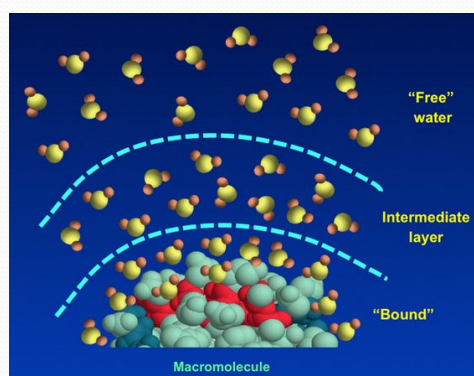
- **Água:**
 - principal componente dos alimentos (97-98% em vegetais)
 - sua interação com os outros constituintes tem papel importante na estabilidade dos alimentos refrigerados (resfriados ou congelados).

1.3. A composição do alimento e a refrigeração

- **Água nos materiais biológicos:**
 - **Água livre:** solidifica como gelo puro;
 - **Água de constituição:** presente em sistema macromoleculares mas pode ser separada como gelo;
 - **Água de adsorção:** ligada à compostos sólidos e não congela;
 - **Água de cristalização:** tem ligações extremamente fortes, fazem parte do sistema cristalino (hidratos);

1.3. A composição do alimento e a refrigeração

- Água nos materiais biológicos:



Sodium Thiosulphate

1.3. A composição do alimento e a refrigeração

- A % de água congelada varia com a composição do alimento e com a Temperatura.

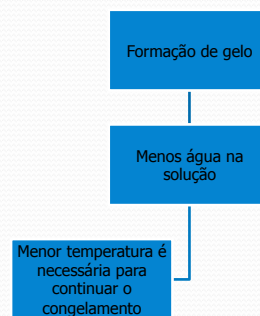
Tabela 1 – Porcentagem de água congelada a diferentes temperaturas para alguns alimentos (9).

Produto	Porcentagem total de água, %	Porcentagem de água congelada, %				
		Temperatura, °C				
		-5	-10	-15	-20	-30
Carne magra	74	74	82	85	87	88
Gema ovo	50	80	85	86	87	87
Suco frutas	88	72	85	90	93	96
Ervilha	76	64	80	86	89	92
Espinafre	90	88	93	95	96	97

Fonte: IIR (1986) – Recommendations for the Processing and Handling of Frozen Foods. International Institute of refrigeration, Paris, France

1.3. A composição do alimento e a refrigeração

- Formação do gelo durante o congelamento de uma solução:
 - Soluto altera as propriedades coligativas;



1.3. A composição do alimento e a refrigeração

- **Hidrocolóides:** componentes que tem afinidade com a água;
- Promovem elasticidade e rigidez, são responsáveis pela consistência nos alimentos:
 - Proteínas,
 - Polissacarídeos,
 - Géis, etc.

1.3. A composição do alimento e a refrigeração

- **Proteínas:**

- Componente de qualquer sistema vivo;
- Alta capacidade de se ligar à água;
- Gelatina e albumina: podem atuar como estabilizantes, espessantes e emulsificantes em processamento de sorvetes;
- Têm desnaturação retardada pelo resfriamento;
- Sofrem desnaturação no congelamento, isto depende da proteína, da temperatura e tempo de estocagem.

1.3. A composição do alimento e a refrigeração

- **Polissacarídeos:**

(amido = amilose + amilopectina):

- Sofrem retrogradação com o resfriamento (estado ordenado das moléculas de amilose), provocando opacidade e um precipitado insolúvel;
- Amilopectina: é mais resistente à formação de gel e retrogradação;

1.3. A composição do alimento e a refrigeração

- **Polissacarídeos:** (amido=amilose+amilopectina):
 - Alimentos com amido devem ser congelados e descongelados rapidamente já que as alterações máximas ocorrem no ponto de congelamento;
 - Temperaturas menores que -35°C evitam a retrogradação em pão congelado;
 - Em temperatura de -18°C não ocorre retrogradação em molhos e recheios (10-12 meses) mas ocorre em temperaturas de -12°C .

1.3. A composição do alimento e a refrigeração

- **Outros hidrocolóides:**
 - Pectinas (polissacarídeos);
 - Ágar (gel originário de algas);
 - Alginatos } Géis de origem vegetal
 - Carragenatos }
 - Metilcelulose } Derivados de celulose
 - Carboximetilcelulose }

1.3. A composição do alimento e a refrigeração

- **Emulsão:** sistema heterogêneo, líquido imiscível disperso em outro na forma gotas microscópicas:
 - **Emulsificantes:** diminuem a tensão superficial, formam um filme sobre a gotícula dispersa evitando sua coalescência;
 - **Emulsificação:** não ocorre espontaneamente assim agitação mecânica é necessária (misturadores, homogeneizadores, etc).

1.3. A composição do alimento e a refrigeração

- Quebra da emulsão com temperatura:
 - **Leite:** camada de gordura separada após ser congelado;
 - **Gema de ovo:** após o congelamento fica pastosa e dificulta mistura com outros ingredientes (sal ou açúcar+congelamento rápido evita o problema).

1.4. Tempo e velocidade de congelamento

- **Congelamento rápido:** formação de pequenos cristais de gelo;
- **Congelamento lento:** cristais maiores.

1.4. Tempo e velocidade de congelamento

- **Tempo de congelamento:**
 - **Estagio de pré-congelamento:** resfriamento do produto até início da cristalização da água;
 - **Estagio de congelamento:** a temperatura sofre alteração em função da mudança de estado da água;
 - **Equilíbrio:** a temperatura reduz, a maioria da água é convertida em gelo. T final em qualquer parte do produto é a mesma, incluindo o centro térmico.

1.4. Tempo e velocidade de congelamento

- **Definição de Tempo de congelamento:**

- É o tempo desde o pré-congelamento até atingir a temperatura de equilíbrio

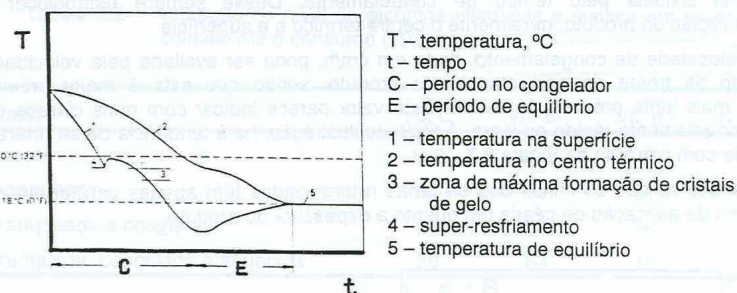


Figura 2.5 – Curvas de temperatura para um produto durante o congelamento

1.4. Tempo e velocidade de congelamento

- **Taxa de congelamento (°C /h):**

$$\text{Taxa de congelamento} = \frac{T_f - T_i}{t_c}$$

onde: T_f = Temperatura final

T_i = Temperatura inicial

t_c = tempo de congelamento

1.4. Tempo e velocidade de congelamento

- **Velocidade de congelamento (cm/h):**
 - é a velocidade de deslocamento do gelo através do produto (↑ próximo à superfície e ↓ próximo ao centro térmico) indica congelamento rápido ou lento.

1.4. Tempo e velocidade de congelamento

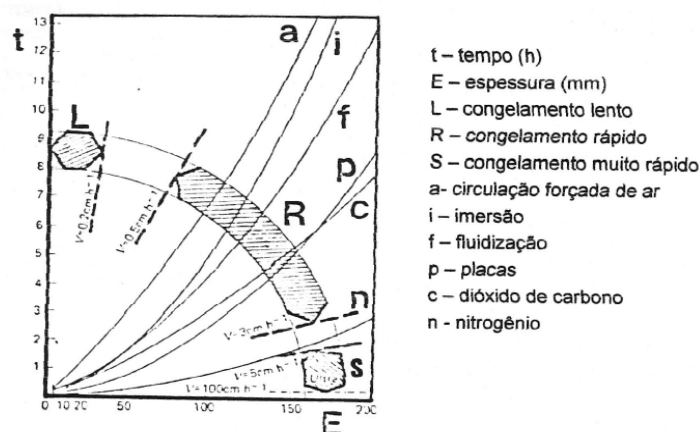
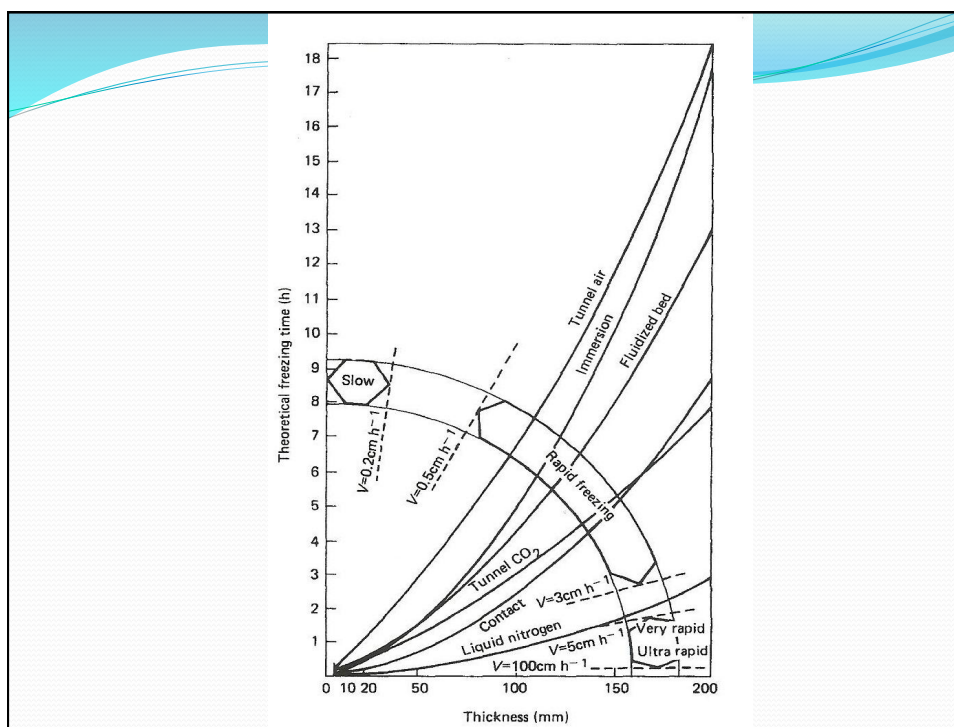


Figura 7 – Variação de tempo de congelamento em relação à espessura do produto assim como das faixas de velocidade de congelamento (20)



1.5. Temperatura de Estocagem

- Congelamento bem feito não causa grandes variações dos nutrientes em alimentos;

Tabela 2 – Alteração no nível de algumas vitaminas e niacina em ervilhas desde a colheita até o consumo (19).

Etapa	Vit. C	Vit. B ₁	Vit. B ₂	Niacina
fresca	100	100	100	100
branqueada	67	95	81	90
branqueada e congelada	55	94	78	76
branqueada, congelada e aquecida	38	63	72	69

1.5. Temperatura de Estocagem

- Congelamento bem feito não causa grandes variações dos nutrientes em alimentos;

Tabela 3 – Alterações em vagem após 6 meses de estocagem. A avaliação sensorial tem valor 5 para praticamente perfeita e 1 para inaceitável (10).

Processo	Temperatura Estocagem, °C	Avaliação Sensorial			Sólidos Totais, %	Vitaminas (mg/100g)	
		Aparência	Sabor	Textura		B ₁	C
Congelada	-10	3,38	3,00	2,88	10,05	0,046	2,28
	-20	3,38	3,13	2,88	9,34	0,051	2,80
	-30	3,50	3,13	2,88	10,02	0,058	3,32
Pouch, 15 min.	0	2,88	2,75	2,75	6,91	0,018	0,86
	5	2,88	2,63	2,75	6,49	0,018	0,86
	21	2,63	2,63	2,25	7,16	0,017	0,76
Enlatada, 35 min.	0	3,00	2,38	2,13	6,76	0,014	0,76
	5	2,63	2,75	2,88	7,17	0,014	1,24
	21	3,13	2,38	2,50	7,46	0,012	0,74

1.5. Temperatura de Estocagem

- Temperaturas tem importante papel na manutenção da qualidade de um produto congelado ($T < -18^{\circ}\text{C}$):
 - $\downarrow T \Rightarrow \uparrow$ tempo de estocagem

1.5. Temperatura de Estocagem

- **TAQ** (tempo de alta qualidade): tempo de estocagem até onde alterações sensoriais são perceptíveis;
- **TPE** (tempo prático de estocagem): tempo de estocagem em que o produto mantém suas características adequada ao consumo.

1.5. Temperatura de Estocagem

Tabela 4 - Tempo prático de estocagem (TPE) em meses a baixas temperaturas de estocagem (9).

Produto	-12°C (10°F)	-18°C (0°F)	-24°C (-12°F)
Frutas			
Framboesas/Morangos frescos	5	24	>24
Framboesas/Morangos em açúcar	3	24	>24
Pêssegos/ Apricós/Cerejas frescos	4	18	>24
Pêssegos/ Apricós/Cerejas em açúcar	3	18	>24
Suco de fruta Concentrado	-	24	>24
Vegetais			
Aspargos	3	12	>24
Feijões, verde	4	15	>24
Brócolis	-	15	24
Couve de Bruxelas	6	15	>24
Cenouras	10	18	>24
Couve-flor	4	12	24
Milho-verde	-	12	18

1.5. Temperatura de Estocagem

Milho	4	15	>24
Cogumelos (Cultivados)	2	8	>24
Ervilhas verdes	6	24	>24
Pimenta, vermelha e verde	-	6	12
Batatas	9	24	>24
Espinafre	4	18	>24
Cebolas	-	10	15
Alho-poró	-	18	-

1.5. Temperatura de Estocagem

Produto	-12°C (10°F)	-18°C (0°F)	-24°C (-12°F)
Carnes e aves			
Carcaça (não embalada)	8	15	24
Cortes/Bifes	8	18	24
Carne moída	6	10	15
Carcaça de carne de vitela (não embalado)	6	12	15
Bife/Corte de carne de Vitela	6	12	15
Carcaça de Ovinos	18	24	>24
Bifes de Ovinos	12	18	24
Carcaça de Suínos	6	10	15
Bifes/cortes de Suínos	6	10	15
Bacon Fatiado (embalado à vácuo)	12	12	12
Frangos inteiros	9	18	>24
Frangos (Pedacos/Cortes)	9	18	>24
Perus Inteiros	8	15	>24
Patos, Gansos Inteiros	6	12	18
Fígado	4	12	18

1.5. Temperatura de Estocagem

Produtos marinhos			
Carne de Peixe Gorda	3	5	>9
Carne de Peixe Magra	4	9	>12
Lagosta, Caranguejo, Camarão com Casca	4	6	>12
Moluscos e Ostras	4	6	>9
Camarões (cozidos/sem casca)	2	5	>9
Ovos			
Ovo inteiro	-	12	>24

1.5. Temperatura de Estocagem

Produto	-12°C (10°F)	-18°C (0°F)	-24°C (-12°F)
Leites e Derivados			
Manteiga, Lática, sem sal pH 4,7	15	18	20
Manteiga, Lática, com sal pH 4,7	8	12	14
Manteiga,	-	>24	>24
Manteiga,	20	>24	>24
Creme	-	12	15
Sorvete	1	6	24
Padaria e Produtos Confeitados			
Bolos (queijo, esponja, chocolate, frutas, etc	-	15	24
Pães	-	3	-
Massa crua	-	12	18

Fonte: IIR (1986) – Recommendations for the Processing and Handling of Frozen Foods. International Institute of refrigeration, Paris, France

1.5. Temperatura de Estocagem

Tabela 5 – Influência da atmosfera inerte no de sabor em frango frito (7).

Temperatura °C	Tempo (meses) para alteração			
	Sabor		Rancidez	
	N ₂	Ar	N ₂	Ar
-7	12	0,5	12	2
-12	12	2	12	6
-18	12	2	12	9

Fonte: HANSSON, H.L.; FLETCHER, L.R. & LINEWEAVER, H. (1959) – “Time-temperature tolerance of frozen foods. XVII. Frozen fried chicken”. Food Technology, 13(4) 221-224

1.6. Aspectos Microbiológicos

- Condições favoráveis ao crescimento microbiais:
 - Oxigênio e nutrientes;
 - Acidez (entre 5 e 8);
 - Umidade;
 - Temperatura.
- ↓ T ⇒ ↓ desenvolvimento de MOs.

1.6. Aspectos Microbiológicos

- **Temperatura mínima de crescimento:** T em que o desenvolvimento de MOs. é interrompido.
 - **Mesófilos:** (Temperatura ótima 30 a 45° C) não se desenvolvem abaixo de 5° C;
 - **Psicrotrófilos:** (Temperatura ótima 25 a 30°) se adaptam em Temperatura de refrigeração;
 - **Psicrófilos:** (Temperatura ótima 12 a 15° C) necessitam de baixa T para seu crescimento.

1.6. Aspectos Microbiológicos

- O tempo de geração de MOs é função da Temperatura:

Tabela 8 – Tempo médio de geração em função da temperatura para Pseudomonas isoladas em carcaças de peru (5).

Temperatura, °C	-2	0	2	5	10	15	20	25
tempo, h	36,5	13,8	12,3	7,5	4,8	2,3	1,5	0,7

1.6. Aspectos Microbiológicos

- O tempo de geração de MOs é função da Temperatura:

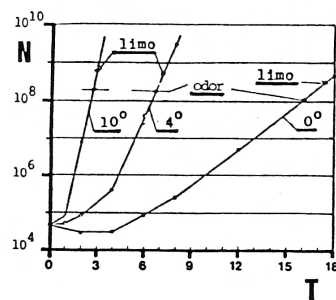


Figura 16 – Curvas de crescimento indicando a contagem total às temperaturas de 10°C, 4°C e 0°C em carcaças de frango, onde N – número de microorganismos por cm² e T – tempo em dias (1)

1.6. Aspectos Microbiológicos

- **O FRIO NÃO ESTERILIZA**
 - ↑ Temperatura congelamento ⇒ Os MOs. existentes se proliferam novamente