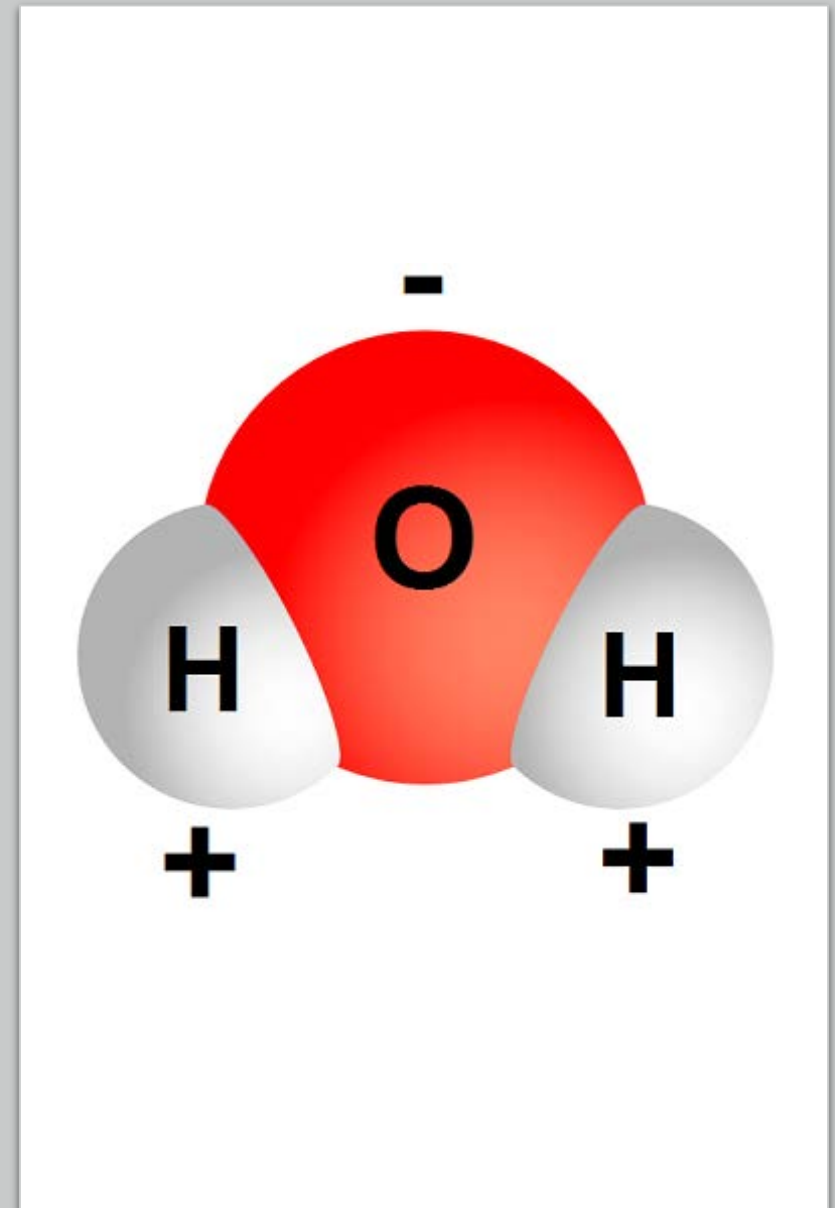


# Água



# Natureza da água

- $H_2O$
- Dois átomos de hidrogênio ligados covalentemente a um de oxigênio
- É dipolar
  - Negativa no lado do O
  - Positiva nos lados do  $H^+$
- Forma ligações de hidrogênio



# Água nos Alimentos

- Solvente
- Transferência de calor
- Congelamento
- Promotora de mudanças químicas
- Ex.
  - Ionização de sais
- Reações de Hidrólise

## Água também confere ao alimento:

- Textura
  - Disponibilidade de macro e micro nutrientes
  - Palatabilidade
  - Estabilidade
  - Maior peso.
- 
- Por outro lado, pode ser o principal fator intrínseco na decomposição do produto.



**Qual alimento tem o maior conteúdo de água?**



**7%**

**X**



**16%**

**Qual alimento tem o maior conteúdo de água?**



**87%**

**X**



**85%**



**X**



## *Formas da água em alimentos*

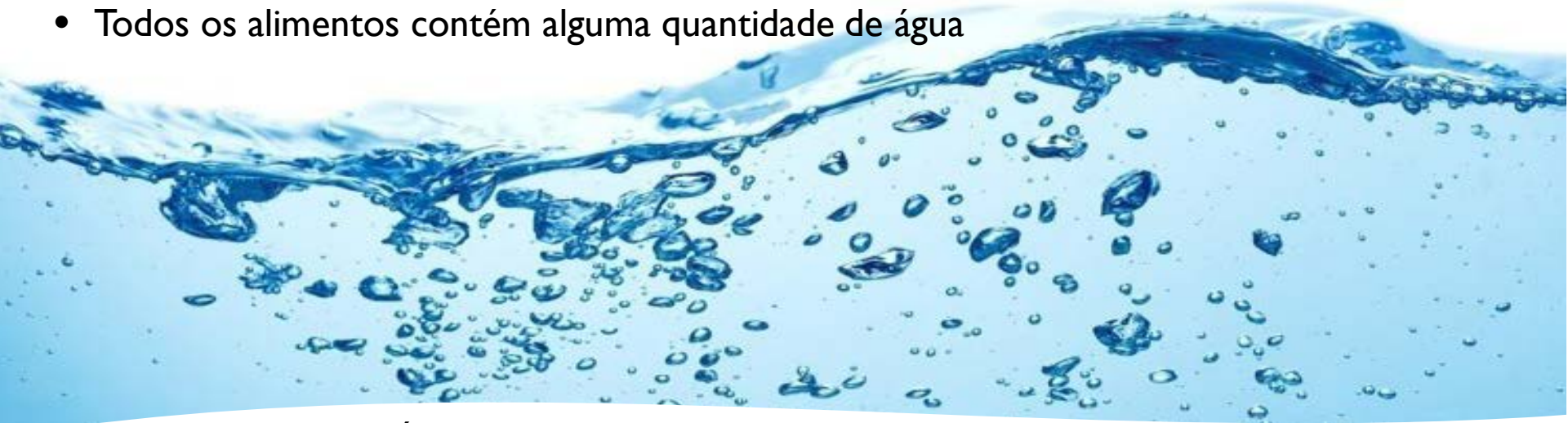
- Quimicamente cada forma de água é a mesma (**H<sub>2</sub>O**), mas há diferenças nas condições físico-químicas
- A forma na qual a água ocorre no alimento determina propriedades no alimento.
  - ✓ Por ex. Leite líquido e maçãs contém aprox. a mesma quantidade de água mas possuem diferentes estruturas físicas.

# CONTEÚDO MÉDIO DE ÁGUA EM ALGUNS ALIMENTOS

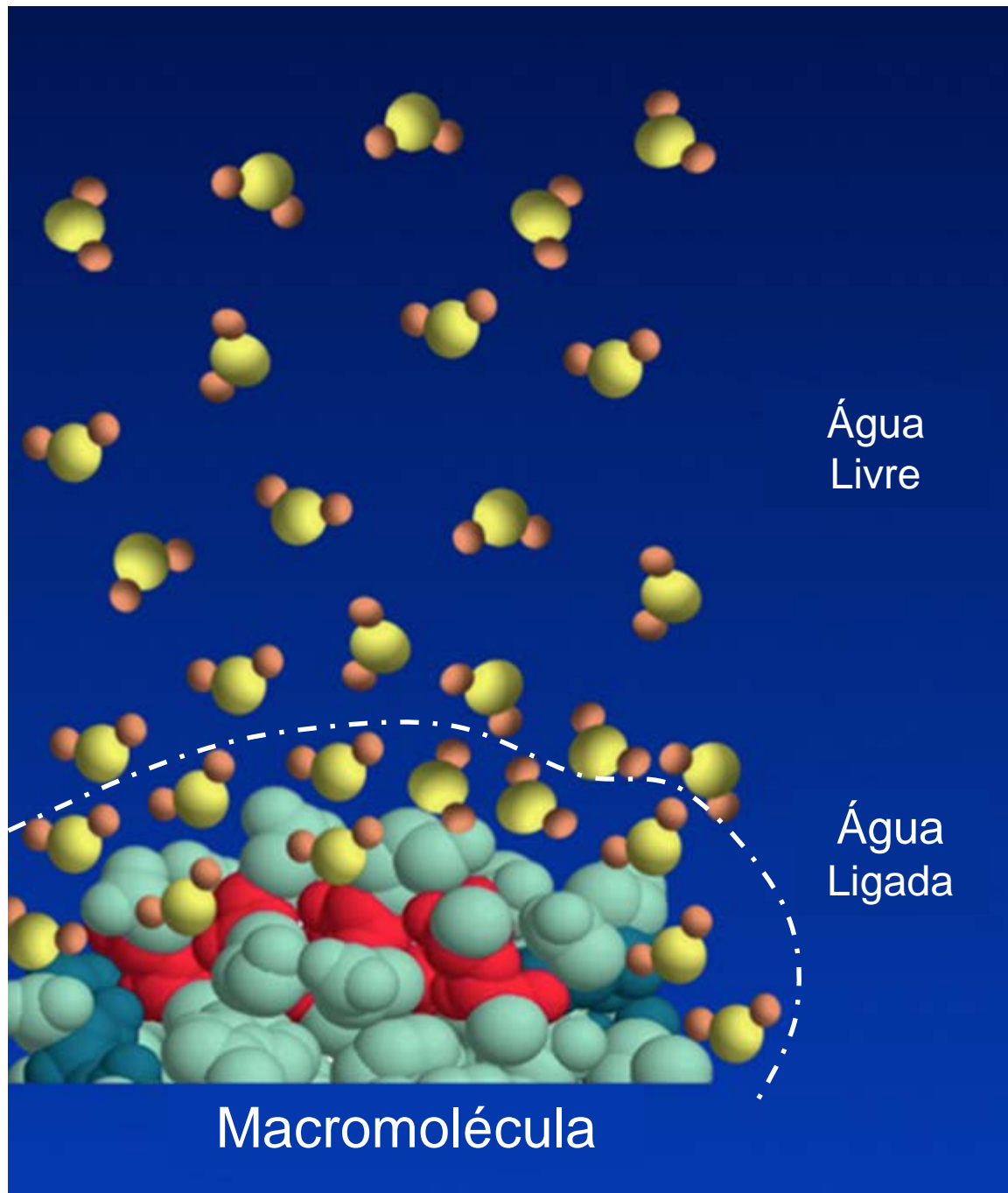
PRODUTO	ÁGUA %	PRODUTO	ÁGUA %
Tomate	95 %	Queijo (Gouda, Edam)	40-46%
Alface	95 %	Pão	35%
Repolho	92 %	Geléia	28%
Laranja	87 %	Mel	20%
Maçã	82-85 %	Manteiga	16%
Leite	87%	Farinha de Trigo	12%
Batata	78 %	Arroz cru	12%
Banana	70-75%	Grão de café torrado	5%
Frango	70%	Leite em pó	4%
Carne bovina	65%	Gordura vegetal	0%



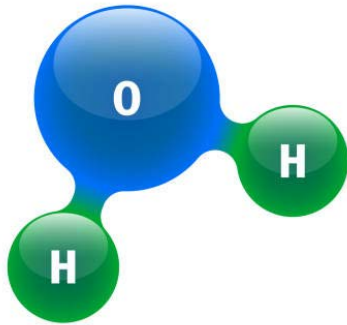
- Todos os alimentos contém alguma quantidade de água



- *Água livre*
  - Maior parte da água nos alimentos
  - Retida dentro das células
  - Fracamente ligada a outras moléculas
  - Pode ser removida por pressão
  - Facilmente removida por secagem
- *Água Ligada*
  - É parte da estrutura molecular
  - Mobilidade reduzida
  - Não tem as mesmas propriedades da água livre
  - Fortemente ligada a polissacarídeos e proteínas

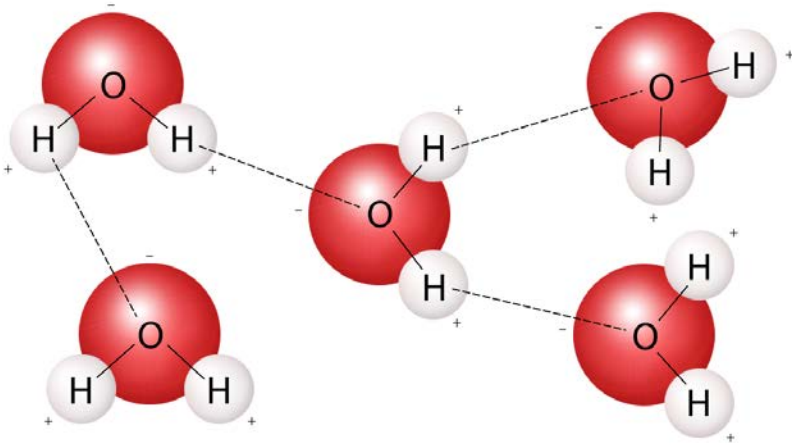


## Água ligada



- ✓ **Não congela a temperaturas próximas a 0°C, usualmente a -20°C**
- ✓ Indisponível como solvente
- ✓ A quantidade de água não congelável varia de um alimento para outro
- Por ex., entre **8-10 %** do total de água em tecido **animal** está **indisponível** para formação de gelo.
- Maioria das frutas e vegetais contém menos de 6% de água não congelável.

# Atividade de Água ( $a_w$ )



- Medida da concentração de água refere-se à medição de sua atividade ( $a_w$ ), ou seja, medição do teor de água livre no alimento.
- Em outras palavras, a Atividade de Água provê a medida da disponibilidade de água para **reações químicas e enzimáticas**, sejam estas no próprio alimento ou catalisadas por microrganismos presentes nele.

# Atividade de água ( $a_w$ )

- *Atividade de água*
  - Razão entre a pressão de vapor da água em um alimento, a uma temperatura específica e a pressão de vapor da água pura na mesma temperatura

$$a_w = \rho/\rho_o$$

- Está associada a quantidade de *água livre* no alimento.
- Assim, a relação entre o conteúdo de *água ligada* é inversamente proporcional a  $a_w$
- Quanto maior a quantidade de *água ligada*, menor *atividade de água*

# **A determinação da atividade de água permite estimar**

- **inibição da reprodução microbiana,**
- **reações enzimáticas, oxidativas e hidrolíticas**
- **Importante no desenvolvimento de embalagens e estabelecimento de condições de armazenamento adequados.**
- **O produto com atividade de água estabelecida pode apresentar maior qualidade e rendimento, melhor preservação e tempo de vida determinado com maior rigor.**

- Alimentos com maior atividade de água são mais perecíveis



- Assim, para reduzir aw podemos
  - Secar
  - Congelar
  - Adicionar açúcar ou sal



# Atividade de Água X Umidade

- **Umidade** – Quantidade de água Total em uma amostra
- **Atividade de Água** – Está associada ao conteúdo de água livre no alimento. Portanto é uma parte do conteúdo total de água no alimento.

## **Atividade de Água fornece informação sobre:**

- Crescimento microbiano;
- Migração da Água
- Estabilidade Química e Bioquímica

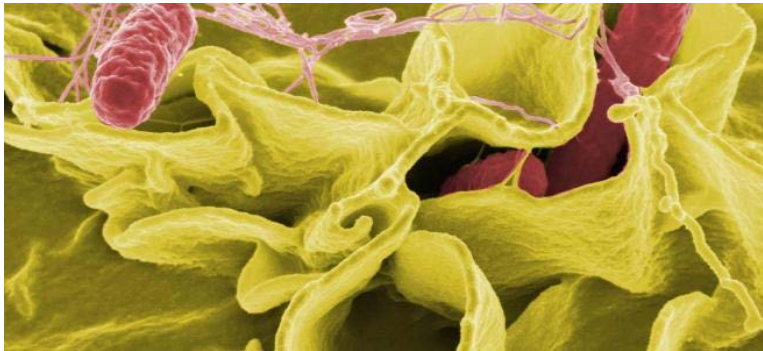


# Atividade de água de alguns produtos

Alimento	$a_w$
Água pura	1
Carne fresca	0.985
Leite	0.970
Pão	0.960
Batata chips	0.800
Farinha	0.720
Uva passa	0.600
Macarrão	0.450

- Alguns alimentos são estáveis a **baixa umidade** enquanto outros são mais estáveis a umidade relativa **alta**
- **Ex: Pães (baixa)**  
**Verduras (alta)**

O comportamento microbiano frente a  **$a_w$**  é variável, sendo que as bactérias são mais exigentes quanto à disponibilidade de água livre, em comparação aos fungos e leveduras.



Os substratos com **a<sub>w</sub>** inferior a 0,600 estão assegurados quanto à contaminação microbiana.

- Leveduras osmoresistentes ~ 0.60
- Levedura ~ 0.88
- Bolores ~ 0.70
- Bactérias ~ 0.91

Microorganismo	a <sub>w</sub> Mínima
<i>Clostridium botulinum E</i>	0.97
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0.97
<i>Escherichia coli</i>	0.95
<i>Clostridium perfringens</i>	0.95
<i>Clostridium botulinum A, B</i>	0.94
<i>Salmonella spp.</i>	0.95
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0.94
<i>Bacillus cereus</i>	0.93
<i>Listeria monocytogenes</i>	0.92
<i>Bacillus subtilis</i>	0.91
<i>Staphylococcus aureus (anaerobic)</i>	0.90
<i>Staphylococcus aureus (aerobic)</i>	0.86

\* Condições ótimas de pH, temperatura, etc.

# Estabilidade química e bioquímica

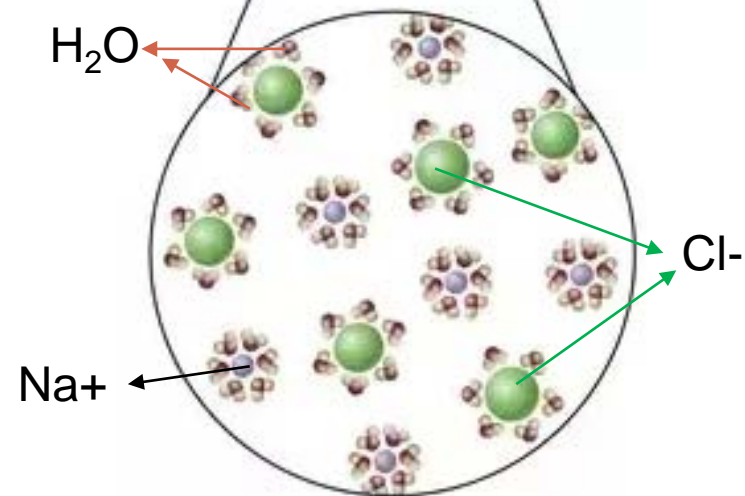
- Escurecimento não enzimático
- Oxidação lipídica
- Degradação de nutrientes
- Reações enzimáticas

**$a_w$**  influencia velocidades de reações:

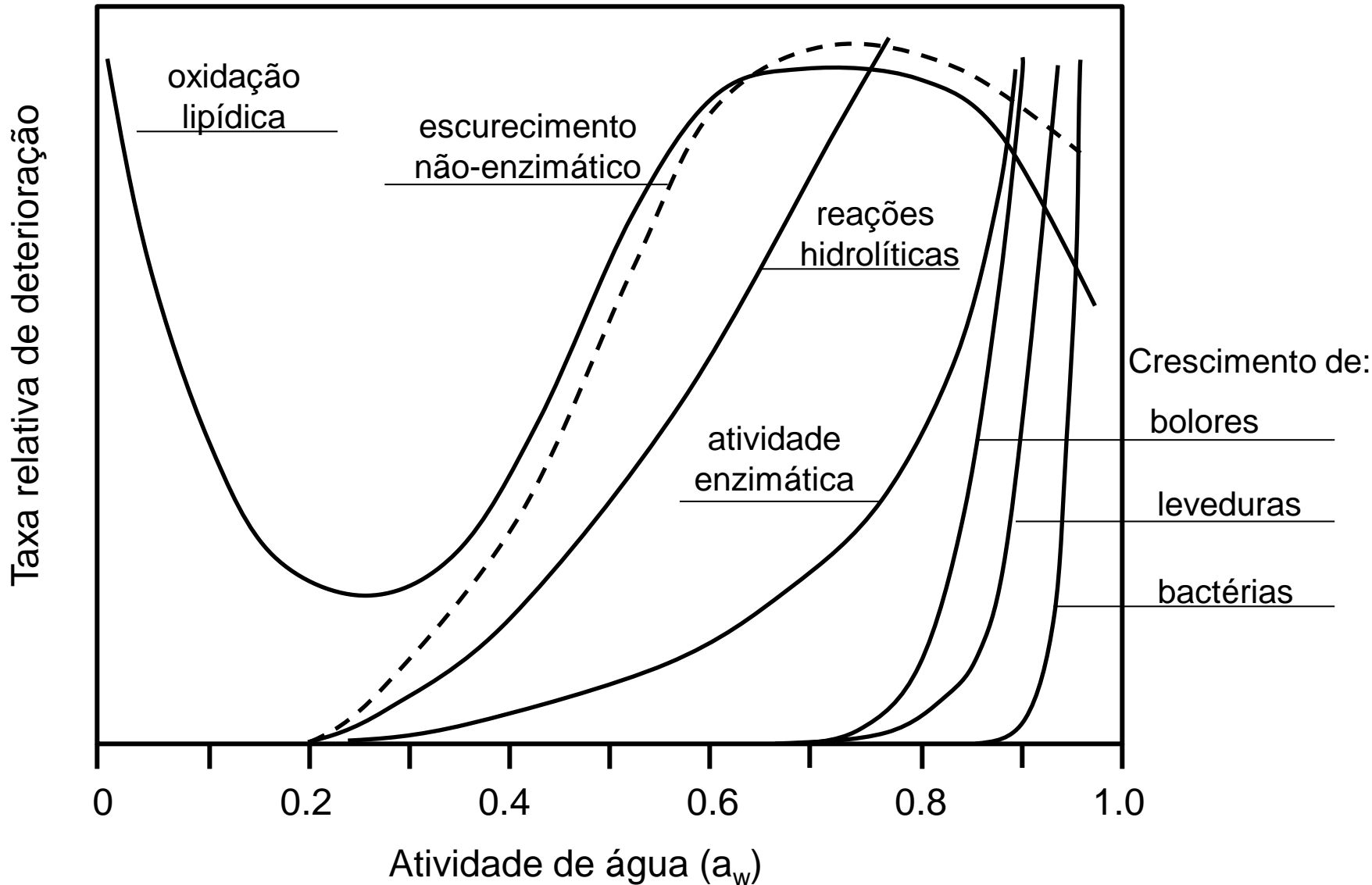
Água atua como:

- solvente;
- reagente
- modifica a mobilidade dos reagentes (viscosidade)

A velocidade das reações químicas, desejáveis ou não, depende da mobilidade e concentração dos compostos e enzimas envolvidos, que são conferidas pela quantidade de água livre.



# $a_w$ e as Reações de deterioração dos Alimentos



# Escurecimento não enzimático

- Reações de Maillard: complexa série de reações
- Ocorre entre açúcares e aminoácidos básicos (principalmente)
- Forma compostos nitrogenados com cor escura
- Perda máxima de nitrogênio Arg e Lys ocorre a **aw** 0.65-0.70
- Perda reduzida a alta e baixa **aw**



- Alimentos com alto teor de lipídeos, que apresentam atividade de água na faixa de 0,300 a 0,400, são mais estáveis à oxidação química e microbiana.
- Baixo conteúdo de água livre diminui mobilidade de moléculas oxidantes
  - Oxigênio
  - Metais



# Germinação

Excesso de umidade nos grãos representa perda do produto devido à ativação de sistemas enzimáticos que levam à degradação de reserva do grão (germinação)



No caso de sementes a umidade leva ao aumento da atividade de alfa-amilase e degradação do amido.





# Congelamento

---



# CONGELAMENTO

- $< 0^{\circ}\text{C}$  para a água
  - Mudança do estado líquido para sólido
1. Baixa temperatura reduzirá degradação.
  2. Água se torna indisponível para microrganismos e reações química ou enzimáticas.
  3. Aumento da vida de prateleira



## **Congelamento**

- Congelamento é a operação na qual a temperatura é reduzida a ponto de uma proporção significativa da água alimento passar para a forma de cristais de gelo.
- A imobilização da água como gelo e a resultante concentração de solutos dissolvidos na parte não congelada, reduz a atividade de água ( $a_w$ ) do alimento.

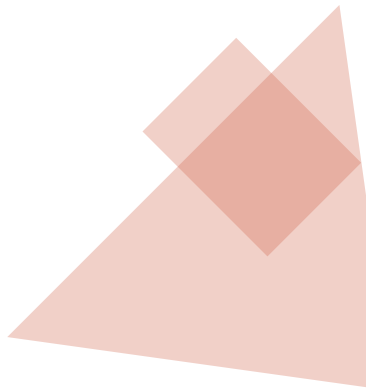
# Congelamento

- Preservação é alcançada pela combinação:
  - Baixa temperatura + baixa  $a_w$ 
    - e, em alguns casos, combinada com branqueamento prévio
- Preservação. Tempo médio – 3 meses
- Temperatura deve ser mantida entre  $-18^{\circ}\text{C}$  e  $-25^{\circ}\text{C}$ .





# Como congelamento afeta o alimento?

- **Mudanças químicas e enzimáticas**
    - Enzimas em vegetais
    - Enzimas em frutas
    - Rancidez
  - **Mudanças de textura**
    - Expansão da água no alimento
    - Formação de cristais de gelo
- 

# Efeitos do congelamento no alimento

- Baixas temperaturas não afetam significativamente o valor nutricional do alimento
- Contudo, o pré-branqueamento pode reduzir Vit. C e tiamina (B1).



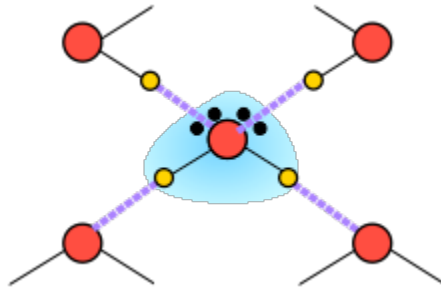
No caso de peixes, o congelamento lento pode levar a ruptura de células e extravasamento de líquido contendo nutrientes, quando o produto é descongelado.

## Efeito do congelamento nos tecidos

- Alimentos não tem um ponto de congelamento bem definido, mas congelam em um intervalo de temperatura que depende do conteúdo de água e da composição celular
- O congelamento rápido e o armazenamento sem flutuações de temperatura leva a formação de pequenos cristais de gelo com consequente manutenção dos tecidos e mínimo dano a membranas celulares



# Porque o volume do gelo é maior do que o ocupado pela água líquida?

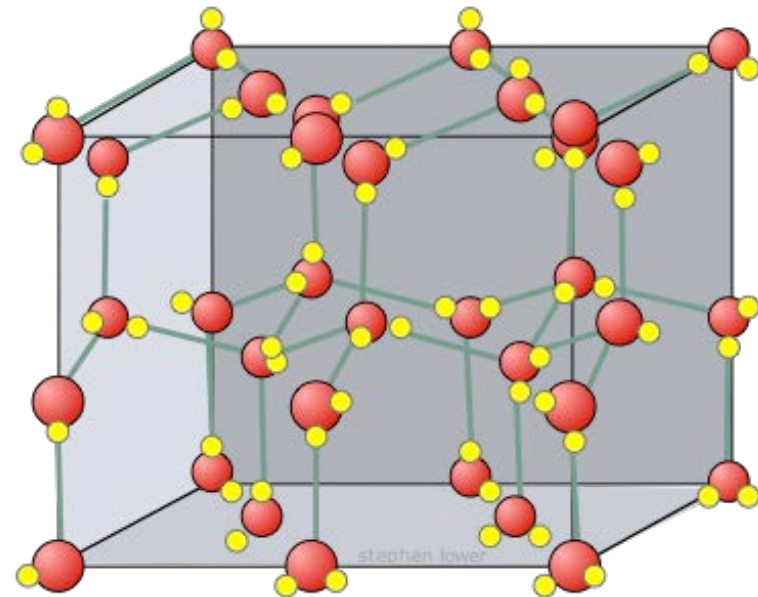


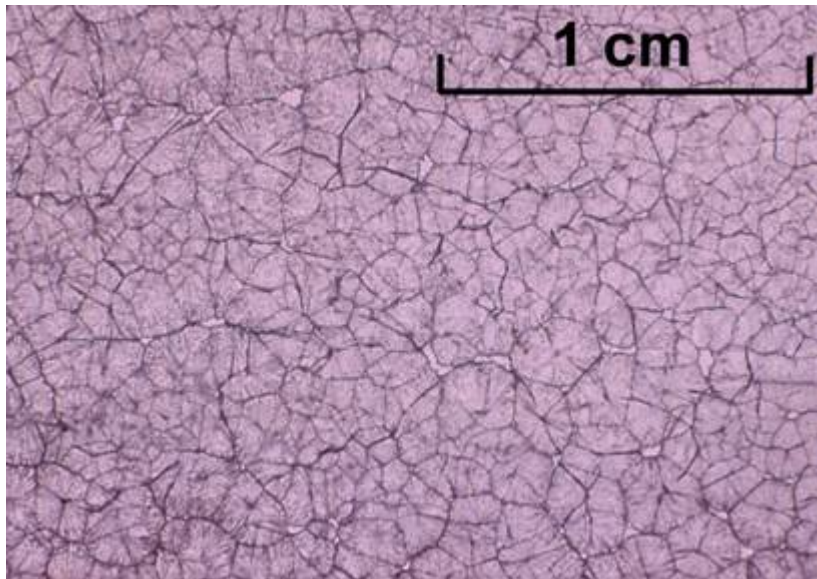
Cada molécula de água pode fazer 4 ligações de hidrogênio: 2 pelo O e 1 para cada H

Modelo do arranjo da molécula de água na formação do gelo

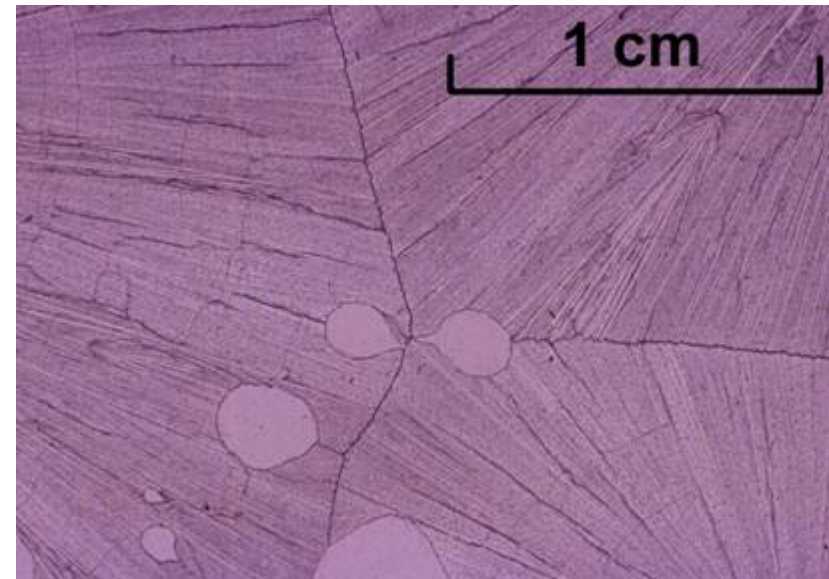
As moléculas se arranjam conforme as ligações de hidrogênio que formam.

Um dos resultados é o grande volume de espaço vazio nos cristais

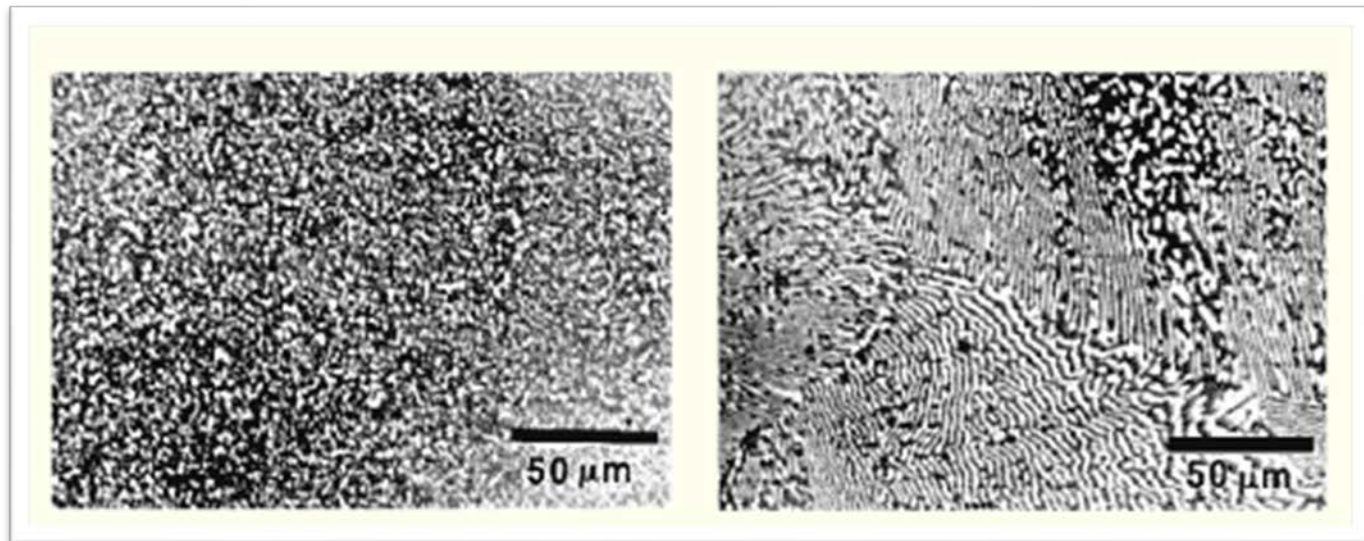




Congelamento rápido

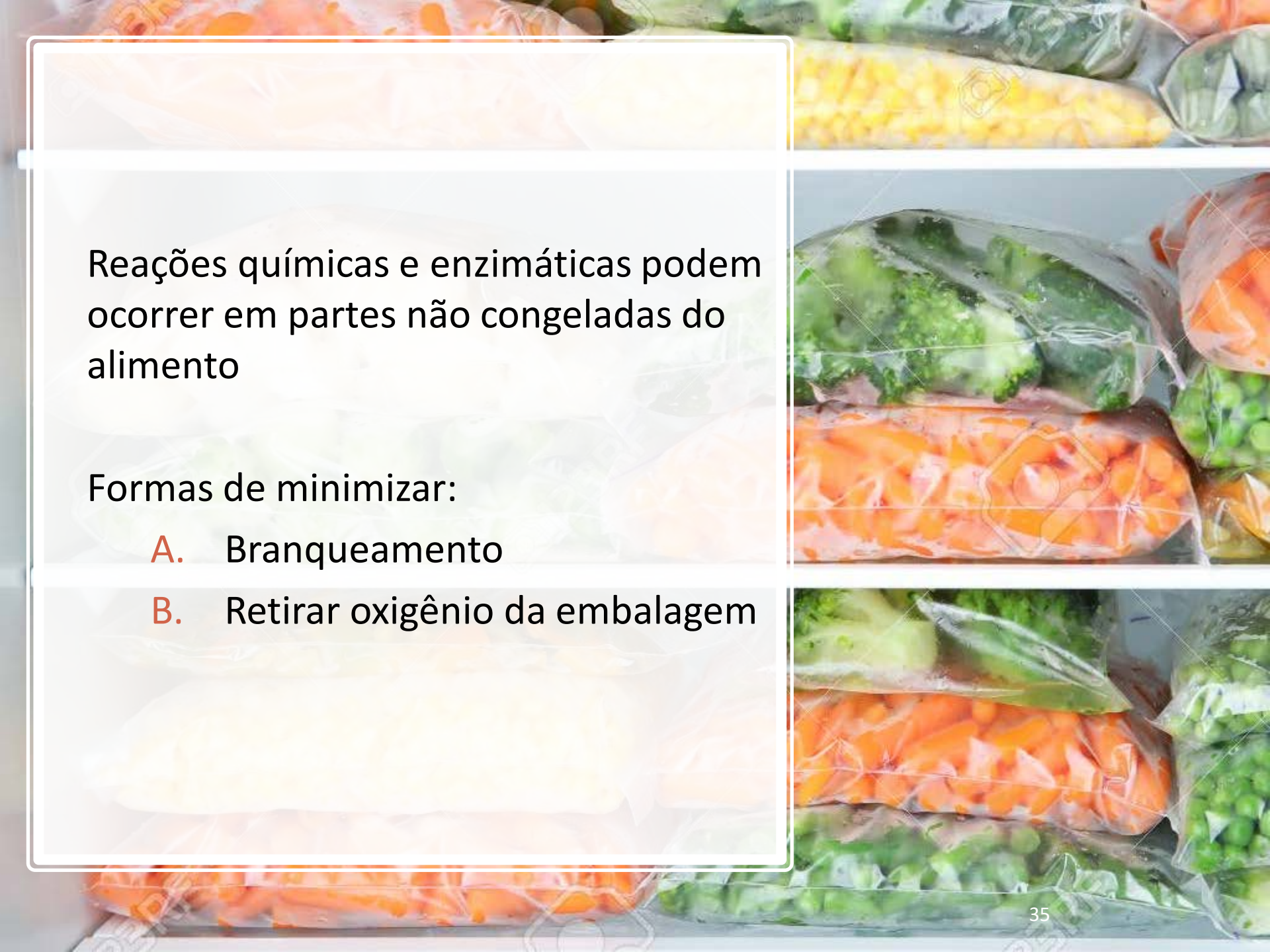


Congelamento lento



Congelamento rápido

Congelamento lento



Reações químicas e enzimáticas podem ocorrer em partes não congeladas do alimento

Formas de minimizar:

- A. Branqueamento
- B. Retirar oxigênio da embalagem

# Cuidados com alimentos congelados

## Mudanças físicas indesejadas

- A. Frutas e vegetais perdem crocância
- B. Perda de sumo em carnes
- C. Quebra de emulsões

## Formas de minimizar:

- Congelamento rápido
- Evitar flutuações de temperatura no armazenamento
- Uso de amido modificado e emulsificantes



## Mudança físicas indesejadas

### C. Queimadura de frio

#### Formas de minimizar:

- Embalagem apropriada
- Evitar flutuações de temperatura no armazenamento

### D. Oxidação

- Formação de *off flavors*
- Perda de vitaminas
- Escurecimento

### E. Recristalização





## Mudança físicas indesejadas

### E. Recristalização

Ex. Sorvete. Flutuações de temperatura podem levar ao degelo parcial e novo congelamento. Formação de cristais grandes de gelo.

Textura arenosa

# O maiores grupos de alimentos congelados

- • Frutas (frutos vermelhos, polpas de frutas)
  - • Vegetais (ervilhas, milho, brocolis, cenoura, batatas)
  - • Peixes e frutos do mar
  - • Carnes (bovina, aves, suína, ovina, caprina, etc)
  - • Pães, tortas
  - • Comidas preparadas (pizzas, massas, sopas, etc).
- 
- Um grande desafio é adequar a técnica de congelamento ao produto.



# Métodos de congelamento

Técnicas de congelamento incluem:

1. O uso de rajadas de ar frio ou gases em baixas temperatura que entram em contato com o alimento. (congelador tipo tunel, leite fluidizado, espiral)
2. Congelamento por contato indireto, ex: congeladores de placas, onde alimentos embalados ou líquidos são colocados em contato com superfícies metálicas ultraresfriadas devido a circulação de líquido refrigerante.
3. Imersão direta do alimento em líquido refrigerante ou aspensão de líquido refrigerante sobre o alimento (ex: N<sub>2</sub> líquido, freon, soluções de açúcar ou sal).



## Tipos de Congelamento

Ar Congelante – Tanto do tipo estático como ar forçado.

- Mais barato
- Estático, lento, maiores mudanças no produto
- Ar forçado, rápido, o mais usado



## Tipos de Congelamento

Contato Indireto.

Alimento é colocado em contato com superfície metálica resfriada

- relativamente rápido
- mais caro





## Tipos de Congelamento

Contato direto – Alimento colocado em contato direto com refrigerante (Nitrogênio líquido, freon,  $\text{CO}_2$ )

- rápido
- caro
- melhor método para gerar cristais pequenos

Obrigado !

