

MANUAL DO ALUNO

# DISCIPLINA TRANSFORMAÇÃO

Módulo 3

República Democrática de Timor-Leste  
Ministério da Educação



## FICHA TÉCNICA

### TÍTULO

MANUAL DO ALUNO - DISCIPLINA DE TRANSFORMAÇÃO  
Módulo 3

### AUTOR

RITA COSTA

COLABORAÇÃO DAS EQUIPAS TÉCNICAS TIMORENSES DA DISCIPLINA

COLABORAÇÃO TÉCNICA NA REVISÃO

### DESIGN E PAGINAÇÃO

UNDESIGN - JOAO PAULO VILHENA  
EVOLUA.PT

### IMPRESSÃO E ACABAMENTO

Centro de Impressão do Ministério da Educação, Juventude e Desporto

### ISBN

978 - 979 - 753 - 038 - 8

### TIRAGEM

50 EXEMPLARES

### COORDENAÇÃO GERAL DO PROJETO

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO DE TIMOR-LESTE  
2013



## Índice

<b>Métodos de Conservação e Controlo .....</b>	<b>7</b>
Apresentação.....	9
Objetivos da aprendizagem .....	9
Âmbito dos conteúdos.....	9
<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>1. Receção e acondicionamento das matérias-primas .....</b>	<b>13</b>
<b>Atividades – Exercícios.....</b>	<b>33</b>
<b>2. Conservação .....</b>	<b>35</b>
2.1. Calor .....	37
2.1.1. Pasteurização.....	37
2.1.2. Esterilização .....	40
2.1.3. Evaporação .....	41
2.1.4. Extrusão.....	44
2.1.5. Escaldão/Branqueamento .....	50
2.1.6. Desidratação ou secagem.....	51
2.1.6.1. Secagem natural - Secagem Solar .....	53
2.1.6.2. Secagem Artificial .....	54
2.1.6.3. Liofilização .....	57



2.2. Frio.....	58
2.2.1. Refrigeração.....	60
2.2.2. Congelação .....	64
2.2.3. Criogenia.....	68
2.2.4. Liofilização .....	81
2.3. Adição de produtos químicos .....	85
2.3.1. Salga .....	86
2.3.2. Fumagem.....	87
2.3.3. Aditivos (de acordo com a legislação em vigor).....	89
2.3.4. Acidificação.....	94
2.3.5. Adição de açúcar .....	94
2.4. Radiação e ionização .....	95
2.5. Atmosfera/controlada/modificada .....	99
<b>Atividades – Exercícios.....</b>	<b>110</b>
<b>3. Vantagens e Desvantagens.....</b>	<b>112</b>
<b>Atividades - Práticas .....</b>	<b>113</b>
Atividade 1.....	113
<b>Atividades - Exercícios .....</b>	<b>114</b>
Atividade 1.....	114
Atividade 2.....	115



Atividade 3.....	116
Atividade 4.....	117
<b>Bibliografia.....</b>	<b>120</b>







# Métodos de Conservação e Controlo

Módulo 3



## Apresentação

Este é um módulo de grande importância, que permite ao aluno aprender a aplicar os vários métodos de conservação, não só da matéria-prima, mas também dos produtos transformados, sem os quais não há qualidade nos produtos finais.

## Objetivos da aprendizagem

- Identificar as condições que um armazém deve possuir para um bom acondicionamento de produtos;
- Avaliar e definir adequadamente a utilização dos diferentes métodos de conservação;
- Reconhecer a importância dos métodos de conservação existentes de modo a aumentar o tempo de vida dos alimentos;
- Utilizar métodos de conservação.

## Âmbito dos conteúdos

1. Receção e acondicionamento das matérias-primas;

2. Conservação

2.1. Calor

2.1.1. Pasteurização

2.1.2. Esterilização

2.1.3. Evaporação

2.1.4. Extrusão

2.1.5. Escaldão/Branqueamento

2.1.6. Desidratação

2.1.6.1. Secagem natural

2.1.6.2. Secagem artificial

2.1.6.3. Liofilização

2.2. Frio

2.2.1. Refrigeração



2.2.2. Congelação

2.2.3. Criogenia

2.2.4. Liofilização

2.3. Adição de produtos químicos

2.3.1. Salga

2.3.2. Fumagem

2.3.3. Aditivos (de acordo com a legislação em vigor)

2.3.4. Acidificação

2.3.5. Adição de açúcar

2.4. Radiação e ionização

2.5. Atmosfera normal/controlada/modificada

3. Vantagens e desvantagens de cada método de conservação e a sua aplicação aos diferentes produtos agroalimentares.



# INTRODUÇÃO

Ao longo de muitos séculos, conservar e preparar os alimentos são atividades que requerem saberes construídos empiricamente, que hoje em dia envolvem investigação e tecnologias mais avançadas. No entanto é necessário entender como se processam os fenômenos físicos, químicos e biológicos, que estão na base dos processos de conservação, para que se possam otimizar e inovar técnicas nas indústrias agroalimentares. E deste modo fazer chegar à mesa de todos produtos mais saudáveis, apetitosos e com maior durabilidade.

## Definição de Alimento

Antes de fazermos referência aos métodos de conservação de alimentos é importante definir e caracterizar o que são alimentos:

- Todas as substâncias ou produtos de qualquer natureza, sólidos ou líquidos, naturais ou transformados que, pelas suas características, aplicações, composição, preparação e estado de conservação são suscetíveis de ser utilizados na alimentação.
- Todos os produtos alimentares utilizados para manter e construir os tecidos corporais, regular processos vitais e fornecer energia.
- Qualquer substância não tóxica capaz de satisfazer as necessidades nutritivas do organismo.
- Substâncias naturais de composição química complexa, quando associadas a outras são capazes de assegurar o ciclo regular da vida.

**Alimento** pode-se definir como toda substância ou mistura de substâncias, no estado sólido, líquido, pastoso ou qualquer outro adequado, que objetiva fornecer ao organismo humano os elementos normais ao seu processo nutricional. As matérias-primas alimentícias, por sua vez, são materiais de origem vegetal, animal ou outra, comestíveis em estado natural ou transformados, cuja composição química satisfaz as necessidades nutricionais do homem.



## Alimentos Processados

Alimento processado é todo o material alimentício, devidamente acondicionado, que possui uma vida útil acima da alcançada em estado natural, sendo utilizado para isso métodos físicos, químicos e/ou físico-químicos. Classifica-se em provisória ou permanente, segundo a duração da vida útil. A vida útil de um alimento, deve ser de dias ou semanas para as conservas provisórias, e de meses ou anos para as conservas permanentes. Por conseguinte, alimentos processados são alimentos conservados, e como tal é indispensável à preservação dos seus nutrientes, dentro do possível, através de uma tecnologia adequada.

Os alimentos podem ser classificados quanto à sua origem:

- **Naturais Simples** - consumidos diretamente sem outras manipulações (fig. 1), que não o cultivo e apanha (vegetais), criação e matança (animais).



Figura 1 - Frutos e legumes

- **Naturais Complexos** - de origem vegetal ou animal mas tecnologicamente transformados (fig. 2).



Figura 2 - Alimentos processados



# 1. Receção e acondicionamento das matérias-primas

## Características dos alimentos

Todos os alimentos são feitos das combinações de elementos químicos diferentes. O arranjo das moléculas determina os nutrientes, as cores, os sabores, os aromas, a quantidade de água no alimento e também a maneira como o alimento reage ao calor, ao frio ou aos ácidos.

As características dos alimentos são afetadas por vários fatores:

- Tempo - certos alimentos permanecem estáveis por muitos anos, enquanto outros se tornam impróprios para consumo em apenas algumas horas se não forem conservados. As mudanças no alimento, como o amadurecer e o ficar com ranço, são causadas por enzimas que agem como catalisadores para reações químicas. Os microrganismos fazem gradualmente o alimento degradar-se e tornar-se impróprio para consumo.
- Temperatura - cozinhar causa muitas mudanças nos alimentos, por exemplo, a carne muda de cor e torna-se macia; a massa do pão levedada, ganha forma e forma uma crosta dourada: os ovos tornam-se sólidos e clara passa de translúcida a opaca.
- Refrigeração - causa alterações, tais como, gelificação; a carne cozida fica mais sólida; gordura líquida pode solidificar.
- Congelar - permite que muitos alimentos sejam conservados por muito tempo, mas pode também causar mudanças indesejáveis nos alimentos, por exemplo, morangos e pepinos ficam empapados quando são descongelados.
- Outros fatores

As características dos alimentos também pode ser alteradas por:

- Combinação de diferentes alimentos
- Uso de aditivos, tais como, aromas e corantes
- Processamento, tais como, corte, moagem, hidrogenação
- Métodos de conservação, como, conserva em salmoura, desidratação e salga.



## Matéria-prima industrial

Matéria-prima é toda substância de origem animal, vegetal ou mineral, em estado bruto, que para ser utilizada como alimento, precisa sofrer um tratamento e/ou transformação de natureza química, física ou biológica. Não haverá produto bom, se ele for fabricado com matéria-prima inadequada. As matérias-primas podem ser classificadas de acordo com sua estabilidade em: perecíveis, semi-perecíveis e não perecíveis.

**Perecíveis ou alteráveis** (fig. 3) - são matérias-primas que se alteram rapidamente, a menos que sejam submetidas a processos de conservação. Geralmente requerem baixas temperaturas de armazenamento para melhor estabilidade. Estas matérias-primas apresentam vida útil de apenas alguns dias quando refrigeradas e de alguns meses quando congeladas. Incluem a maioria dos alimentos mais importantes de uso corrente, como: Carnes, peixe, aves de aviário, ovos, leite e a maioria das frutas e legumes.



Figura 3 - Alimentos Perecíveis como carne, peixe e marisco frescos



**Semi-perecíveis ou semi-alteráveis** (fig. 4) - são matérias-primas que têm a sua estabilidade aumentada em decorrência de técnicas aplicadas no seu processamento. A estabilidade pode ser estendida por 30 a 90 dias, quando mantidas em refrigeração. Este tipo de alimentos pode permanecer inalterável durante longo tempo, se devidamente manipulados e conservados. Incluem-se as batatas, algumas variedades de maçãs e os frutos secos sem casca.



*Figura 4 - Alguns legumes e frutos são semi-perecíveis, tais como batata, cebolas, alhos, abobora, maçãs, citrinos, etc.*

**Não perecíveis ou estáveis ou inalteráveis** (fig. 5) - estas matérias-primas podem ser armazenadas a temperatura ambiente por um período de tempo prolongado, sem que haja crescimento microbiano suficiente para se caracterizar a deterioração. Só sofrem alterações se forem manipulados sem os devidos cuidados. Exemplos: cereais, grãos, açúcar, produtos desidratados e produtos enlatados.



*Figura 5 - Feijão, grão, arroz são exemplos de alimentos não perecíveis*



## Fatores de alterações nos alimentos

A alteração dos alimentos pode ficar a dever-se a uma ou mais das seguintes causas:

- Multiplicação e atividade microbiana (por vezes de organismos superiores);
- Contaminação por insetos;
- Atividade enzimática, de origem vegetal ou animal, existente no alimento;
- Reações estritamente químicas e não catalisadas enzimaticamente;
- Modificações físicas, como no caso das modificações devidas à congelação, à combustão, à secagem, à pressão, etc.

Os alimentos, quando processados, podem sofrer alterações indesejáveis na sua composição, e torná-los impróprios para o consumo. Estas alterações estão relacionadas:

### A) ALTERAÇÕES MICROBIOLÓGICAS

Centenas de géneros e espécies de microrganismos, provenientes do solo, da água, do ar, de utensílios, do trato intestinal do homem e animais, podem contaminar os alimentos. O crescimento microbiano em alimentos pode resultar em alterações que por sua vez podem acarretar alterações sensoriais, caracterizando um processo de deterioração. Vários fatores afetam a capacidade de sobrevivência dos microrganismos presentes em alimentos que podem ser:

### *Atividade de Água ( $A_w$ )*

Os microrganismos necessitam de água para se desenvolverem. Todo o alimento possui água combinada e água livre em sua composição. A água combinada é aquela que está retida juntamente com as moléculas e células do próprio alimento e a água livre, é aquela em que não é utilizada pelo alimento, mas que faz parte também de sua composição. A água livre é a responsável na maior parte dos casos de deterioração dos alimentos. Os valores de  $A_w$  variam de 0 a 1. O quadro a seguir mostra a atividade de água mínima para o desenvolvimento de microrganismos.



Quadro 1 - Atividade de Água e Crescimento Microbiano

Tipo de microrganismo	Atividade da água mínima
Bactérias	0,90 a 0,91
Leveduras	0,85 a 0,87
Bolores	0,80

Em geral, todos os microrganismos crescem mais facilmente quando o teor de  $A_w$  do alimento é elevado (fig. 6). Contrariamente, uma  $A_w$  igual ou inferior a 0,70 torna praticamente impossível a alteração de alimentos por contaminação microbiana.



Figura 6 - O peixe fresco é um bom exemplo de um alimento com  $a_w$  elevado

### Valor do pH

O pH dos alimentos é um fator preponderante na capacidade de crescimento dos microrganismos contaminantes, já que estes não possuem mecanismos próprios para controlar o seu pH interno. Entre os vários tipos de microrganismos, são as bactérias, os menos tolerantes a substratos fortemente ácidos. Sendo assim os alimentos de pH mais baixo os menos sensíveis a alterações produzidas por bactérias.

O valor do pH mede o grau de acidez de um alimento ou bebida. O pH é a concentração hidrogeniônica ou seja, concentração de iões  $[H^+]$ . Matematicamente, o pH pode ser calculado pela relação: **pH = -log  $[H^+]$** .



O pH de um alimento vai interferir no desenvolvimento de microrganismo. Cada microrganismo tem um valor de pH de crescimento mínimo e máximo. A maior parte dos microrganismos, associados aos alimentos, desenvolvem-se na faixa de pH entre 5 a 7.

A classificação dos alimentos quanto ao seu pH é:

- **Muito ácido** (pH < 4,0): pickles, molho ketchup, sumo de abacaxi, limão (fig. 7).
- **Ácidos** (4,0 < pH < 4,5): extratos e molhos de tomate, sumos de laranja.
- **Pouco ácido** (pH > 4,0): carne, leite, queijo, manteiga.



Figura 7 - O limão é um exemplo de um fruto muito ácido

O quadro 2 relaciona o intervalo de pH ótimo para o crescimento microbiano de bactérias, fungos, bolores e leveduras.

Quadro 2: Valor de pH dos Microrganismos

Grupo de microrganismo	Intervalo de pH ótimo para o crescimento microbiano
Bactérias	4,6 a 7,5
Fungos	2,0 a 9,0
Bolores	1,0 a 11,0
Leveduras	1,0 a 8,0



### **Disponibilidade de Oxigênio**

Tanto a pressão de oxigênio ao redor de um alimento como o potencial de oxidação-redução (redox) ou seja, o poder oxidante ou redutor, do próprio alimento influenciam o tipo de microrganismos que poderão crescer e alterar esse alimento.

Um substrato com um potencial redox positivo, diz-se que está oxidado, enquanto um com um valor negativo está reduzido. Um potencial redox elevado (oxidante) favorece o crescimento dos microrganismos aeróbios (por exemplo, *bacilos*, *micrococos*, *pseudomonas* e *acinetobactérias*), permitindo também o crescimento dos facultativos, enquanto um potencial baixo (redutor) favorece tanto o crescimento de microrganismos anaeróbios (por exemplo *clostrídios*) como dos facultativos. A maioria dos alimentos frescos, tanto os de origem vegetal como os de origem animal tem um potencial redox baixo, o que se deve, no caso dos vegetais, ao conteúdo em substâncias redutoras, como o ácido ascórbico e alguns açúcares redutores e, nos de origem animal, à existência de radicais sulfidrilo e outros grupos redutores.

### **Temperatura**

A temperatura é o fator de maior importância sobre a multiplicação dos microrganismos. As alterações dos alimentos têm lugar a qualquer temperatura dentro da gama de -5°C a 70°C, desde contenha uma certa quantidade de água disponível e não esteja congelado. Como os microrganismos contaminantes têm diferentes capacidades de crescimento a diferentes temperaturas, qualquer, mesmo pequena, modificação na temperatura do alimento poderá favorecer uma espécie em detrimento de todas as outras e provocar um tipo de alteração diferente.

Os microrganismos quanto ao grau de resistência a temperatura são classificados conforme mostra o quadro 3.

*Quadro 3 - Temperatura ótima no desenvolvimento de microrganismos*

Grupo de microrganismo	Temperatura de desenvolvimento
Psicrófilos	10° a 15°C
Mesófilos	30° a 40°C
Termófilos	45° a 85°C



### **Nutrientes**

Os açúcares (fig. 8) são os nutrientes mais vulgarmente utilizados, pelos microrganismos, como fonte de energia, embora outros compostos, como os ésteres, os álcoois, os peptídeos, os aminoácidos e os ácidos e sais orgânicos, possam também ser usados. As diferentes espécies microbianas têm diversas necessidades e capacidades de utilização dos nutrientes. Por esse motivo, o crescimento de determinadas espécies num alimento dependerá da disponibilidade dos nutrientes mais adequados à sua multiplicação. No entanto, a capacidade de utilização dos nutrientes existentes num alimento está sempre ligada e dependente da humidade disponível pois diferentes nutrientes são diferentemente solvatados pela água que os rodeia, pelo que requerem diferentes taxas de  $A_w$ .



*Figura 8 - Nas compotas a água dos frutos fica aprisionada pelo açúcar o que faz reduzir a água disponível e deste modo o valor de  $a_w$  baixa bastante*

As substâncias inibidoras naturalmente existentes nos alimentos, ou a eles adicionadas, ou neles produzidas através do crescimento de microrganismos ou dos processos de transformação tecnológica, podem impedir o crescimento de todo os microrganismos ou, mais frequentemente, impedir apenas o crescimento de determinadas espécies.

Os microrganismos presentes num alimento podem provocar também alterações químicas de dois tipos: **modificações de compostos azotados** e **modificações de compostos não azotados**.



A maior parte do azoto contido nos alimentos apresenta-se integrado nas proteínas, as quais, para poderem ser utilizadas como nutriente azotado pelos microrganismos, devem ser hidrolisadas, por enzimas microbianas, ou do próprio alimento, a compostos mais simples, como polipetídeos, peptídeos, ou aminoácidos. Enquanto os peptídeos, geralmente, transmitem sabores desagradáveis aos alimentos, já os aminoácidos podem proporcionar sabores agradáveis ou desagradáveis, dependendo da sua estrutura química. A maior parte das hidrólises proteicas não dão origem a compostos verdadeiramente prejudiciais. No entanto, a degradação anaeróbica destes compostos azotados pode dar origem a cheiros desagradáveis (putrefação). Estes cheiros são devidos à formação de compostos sulfurados, como os sulfitos de hidrogénio, metilo, ou etilo e ainda a mercaptanos, amoníaco, aminas e indol.

Os principais nutrientes não azotados (hidratos de carbono, ácidos orgânicos, aldeídos, cetonas, álcoois, glucósidos e lípidos) são utilizados, pelos microrganismos, para obter, principalmente, energia, mas também como fontes de carbono.

Os hidratos de carbono são os nutrientes energéticos preferidos pelos microrganismos, os quais podem ser degradados através da ação de microrganismos.

Os ácidos orgânicos encontrados nos alimentos, estão presentes sob a forma de sais e, a maioria destes, é oxidada pelos microrganismos a carbonatos, os quais vão aumentar o pH do meio. Quando em meio aeróbio, a oxidação é total e leva à produção de dióxido de carbono e água.

Os álcoois, utilizados como nutrientes, são oxidados ao correspondente ácido orgânico (por exemplo, o etanol é oxidado a ácido acético). Também os aldeídos sofrem oxidações semelhantes (ex. acetaldeído oxidado a ácido acético).

No caso dos lípidos, as enzimas microbianas hidrolisam as gorduras mais complexas a glicerol e ácidos gordos, sendo estes posteriormente degradados a compostos ainda mais simples, no caso do ácido acético.

## **Tipos de Alterações**

### *Conservação por fermentação:*

Uma mudança química na matéria-prima animal ou vegetal provocada por leveduras microscópicas, bactérias ou bolores é chamada de fermentação (fig. 9). Sob o ponto de



vista bioquímico, dá-se o nome de fermentação às trocas ou decomposições químicas produzidas nos substratos orgânicos mediante a atividade de microrganismos.



*Figura 9 - A cerveja é uma produzida a partir da fermentação da cevada por ação de leveduras*

Alguns exemplos de fermentações são o leite azedar, o crescimento da massa de pão, e a conversão de açúcares e amido em álcool. O resultado da fermentação leva uma substância a ser quebrada em compostos mais simples.

Em alguns casos a fermentação é usada para modificar uma matéria-prima cuja modificação seria difícil ou muito cara se fossem utilizados métodos químicos convencionais. A fermentação é sempre iniciada por enzimas formadas nas células dos organismos vivos. Uma enzima é um catalisador natural que provoca uma mudança química sem esta ser afetada.

Os dissacáridos, trissacáridos e polissacáridos complexos são previamente hidrolisados a açúcares simples antes de serem utilizados. Os monossacáridos, como é o caso da glucose podem sofrer transformações diversas, consoante sejam utilizados em ambiente aeróbio ou anaeróbio. No primeiro caso, seria oxidada a dióxido de carbono e água, enquanto em ambiente anaeróbio sofreria uma decomposição que seria produzida através de um de seis tipos de fermentação:

- 1 - **Fermentação alcoólica** - feita por leveduras, com produção de etanol e dióxido de carbono;
- 2 - **Fermentação láctica simples** - levada a cabo por bactérias lácticas homofermentativas, com produção de ácido láctico;
- 3 - **Fermentação láctica mista** - realizada por bactérias lácticas heterofermentativas, com produção de ácido láctico e acético, etanol, glicerol e dióxido de carbono;



4 - **Fermentação coliforme** - por ação de bactérias coliformes, com produção de ácidos láctico, fórmico e acético, etanol, dióxido de carbono e hidrogénio;

5 - **Fermentação propiônica** - realizada por bactérias propiônicas, em que são produzidos os ácidos propiônico, succínico e acético e ainda dióxido de carbono;

6 - **Fermentações butírico-butil-isopropílicas** - efetuadas por bactérias anaeróbicas, com produção de ácidos butírico e acético, dióxido de carbono e hidrogénio.

### *Alterações Químicas*

As alterações químicas indesejáveis nos alimentos e bebidas englobam degradação de sabor, cor e textura; deterioração de propriedades funcionais de compostos, perda de valor nutricional e desenvolvimento de compostos tóxicos. Os principais fatores de alterações químicas são:

#### ***Escurecimento Enzimático***

Quando a maioria das frutas e vegetais são cortados ou triturados, rapidamente tornam-se escuros (fig. 10). Esta coloração é devida a reações catalisadas por uma enzima conhecida como polifenol oxidase. Esta reação é a oxidação de compostos fenólicos pelos polifenóis oxidase, formando pigmentos escuros insolúveis denominados de melanina.



*Figura 10 - O escurecimento rápido da maçã após o corte deve-se a reações enzimáticas*

#### ***Escurecimento não Enzimático***

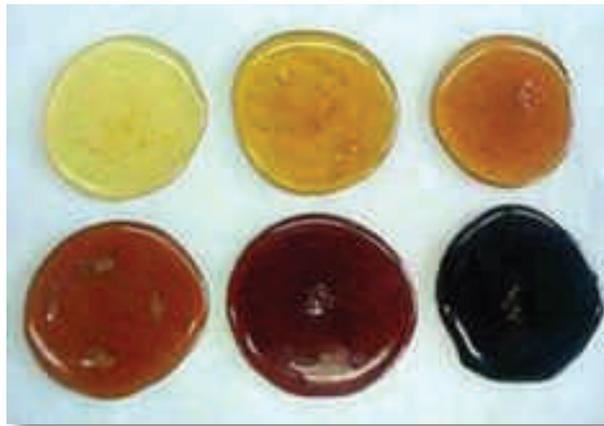
Este tipo de alteração nos alimentos processados está relacionado com o tipo e a quantidade de hidratos de carbono (principalmente açúcares) presentes no alimento.



O resultado é formação de pigmentos escuros denominados melanoidina. A reação de Maillard é a principal causa deste escurecimento não enzimático no processamento térmico dos alimentos.

### **Reação de Caramelização**

Normalmente ocorre a temperaturas elevadas (acima de 120°C) ou a temperaturas médias por um período de tempo prolongado. A reação dá-se pela desidratação dos açúcares com formação de aldeídos de pigmentação escura denominada de caramelo (fig.11).



*Figura 11 - Diferentes tonalidades do açúcar caramelizado a diferentes temperaturas*

### **Rancidez Hidrolítica**

Nos alimentos, a fração lipídica (ácidos gordos) presente é lentamente hidrolisada pela água sob temperatura elevada. No processamento, os ácidos gordos, rompem-se resultando o odor desagradável dos produtos rançosos (fig. 12). No caso de rompimentos nos tecidos animal ou vegetal, a lípase é libertada e vai agir sobre os lípidos e conseqüentemente a liberação dos ácidos gordos.

*Figura 12 - Todas as gorduras líquidas ou sólidas a temperatura ambiente, quando a temperatura aumenta podem sofrer rancidez hidrolítica*



## Alterações Físicas

As alterações físicas estão intimamente relacionadas a alterações sensoriais, especialmente alterações de textura, que frequentemente comprometem a aceitação de alimentos. As alterações físicas mais importantes são:

### **Perda de Humidade**

A água é o principal agente plastificante dos alimentos. Um alimento desidratado absorve humidade, passa do estado vítreo para o gomoso, sofrendo alterações como perda de textura, cristalização e aglomeração. A cristalização de componentes como o açúcar resulta em textura arenosa e aglomeração, como no caso de cristalização da lactose em gelados e leite em pó comprometendo a textura dos produtos.

### **Desestabilização de Emulsões**

Emulsão é um sistema que consiste na mistura de dois líquidos emissores, onde um dos quais é disperso na forma de gotículas no outro líquido. Gotículas de óleo, dispersas na fase aquosa a emulsão é do tipo ÓLEO/ÁGUA (maionese, leite, cremes, salsichas) (fig. 13). Gotículas de água, dispersas na fase oleosa a emulsão é do tipo ÁGUA/ÓLEO (margarina, manteiga, requeijão). Durante a formação de uma emulsão, a área entre as duas fases torna-se muito grande, e o sistema resultante é muito instável, assim após algum tempo a emulsão sofre um colapso vindo a se desestabilizar. A estabilidade da emulsão é conseguida por agentes emulsionantes, que reduzem a tensão entre as fases aquosa e oleosa. As proteínas são excelentes estabilizantes da emulsão do tipo óleo/água (proteína da gema de ovo, lecitina de soja).



*Figura 13 - A maionese é um exemplo de uma emulsão*



## **Degradação do Amido**

O amido é composto basicamente de moléculas de amilose e amilopectina, é constituinte de muitos alimentos como: cereais, massas, produtos de panificação e alguns molhos e sopas. Na formação do gel, as moléculas de amilose poderão unir-se novamente, formando zonas cristalizadas que são denominadas de retrogradação. Com isso há a expulsão da água das moléculas de amilose provocando o aparecimento de água no produto processado, esta alteração é chamada de Sinerese. A retrogradação é irreversível pois, torna o amido insolúvel em água. Cada amido tem o seu ponto de formação de gel que vai depender da percentagem de amilose na sua composição, conforme é mostrado no quadro 4:

*Quadro 4: Teor de Amido e Temperatura de Formação do Gel*

Amido	% Amilose	Temperatura de formação do gel
Mandioca	19	51° a 63°C
Milho	27	62° a 71°C
Arroz	18	61° a 77°C
Batata	28	56° a 82°C
Trigo	24	58° a 64°C

## **Fatores de conservação e estabilidade dos alimentos**

A tecnologia de alimentos, em tudo, está relacionada com o aumento da vida útil (fig. 14) do produto alimentício. Pode-se, em resumo determinar como fatores responsáveis pela alteração ou deterioração dos alimentos, o oxigénio (ar), a luz, as reações químicas e os microrganismos. A conservação do alimento pode ser conseguida através do uso de métodos drásticos (calor, concentração, desidratação). Entretanto, estes procedimentos acarretam uma série grande de interações e reações entre as substâncias químicas, constituintes da composição do alimento, que no final pode resultar num produto com sabor e aroma alterados, diferentes daqueles originais do produto fresco.





*Figura 14 - A vida útil do produto alimentar depende do método de conservação e corresponde à validade do mesmo ou seja o tempo útil de prateleira*

Para se escolher qual o método de conservação mais adequado a aplicar a um determinado alimento, assim como os níveis de aplicação de cada um (temperatura, tempo, refrigeração, congelamento, etc.), vários aspetos devem ser considerados no processo como:

- Atividade de água ( $a_w$ ) e pH do alimento, já que produtos alimentícios de baixa acidez e/ou alta atividade de água ( $a_w$ ) são mais suscetíveis a processos de deterioração.
- Identificação de parâmetros críticos para manter a qualidade e a segurança do alimento (teor de lípidos insaturados, vitaminas, hidratos de carbono, etc.).
- Condições de armazenamento e distribuição a que o produto alimentício será exposto.

E considerar os diferentes fatores de conservação, para melhor escolher os que se adequam ao produto a conservar.

### *Fatores de Conservação*

- **Assepsia** - previne o acesso dos microrganismos aos alimentos.



- **Remoção de microrganismos** - retira microrganismos existentes.
- **Calor** - mata os microrganismos pela desnaturação das proteínas e das enzimas necessárias ao metabolismo.
- **Frio** - retarda as reações químicas e a ação das enzimas do alimento e inibe ou reduz o crescimento e a atividade dos microrganismos, contudo não os destrói.
- **Redução de água** - inibe o crescimento dos microrganismos e a atividade enzimática no alimento.
- **Efeitos osmóticos** - em meio hipertônico, por adição de sal ou açúcar, ocorre a plasmólise dos microrganismos.
- **Modificação da atmosfera** - cria condições anaeróbias que impedem o crescimento de microrganismos e a oxidação.
- **Irradiação** - radiações, como os raios ultravioleta (UV) e as radiações ionizantes, têm ação germicida e retardam a germinação de sementes e a maturação de frutos.
- **Acidez** - inibe ou reduz o crescimento e atividade de microrganismos, por desnaturação das enzimas.
- **Aditivos** - inibem o crescimento e atividade de microrganismos, a autólise do alimento e retardam a oxidação.

Quando se utilizam métodos mais suaves de conservação, estes por si só não bastam, isto é, necessitam de uma combinação de duas ou mais operações ou processos, para se chegar ao final com um produto de maior tempo de vida.

No entanto é necessário ter em atenção que a combinação de dois ou mais fatores de conservação permitem reduzir a intensidade de cada um, diminuindo os efeitos negativos associados a cada fator em particular.

Em resumo, conservar alimentos é mantê-lo protegido dentro do micro ambiente da embalagem, dos efeitos degradantes do oxigénio do ar, das radiações luminosas, das reações químicas e, principalmente a salvo do ataque ou do desenvolvimento de microrganismos deterioradores.



## Princípios Gerais da Conservação de Alimentos

As vantagens do aperfeiçoamento das técnicas de conservação são muitas, entre elas, os alimentos mais sensíveis a alterações (alimentos muito perecíveis) tornam-se utilizáveis durante todo o ano e não apenas durante a estação em que são produzidos tornando a preparação dos alimentos mais fácil. A combinação de novos processos com o aumento da facilidade de transporte permitiu também uma maior distribuição de produtos alimentares, em perfeitas condições de consumo, entre regiões distantes.

Os procedimentos utilizados na conservação de alimentos são vários e estão diretamente associados aos fatores de conservação. Os mais importantes a destacar são:

- Assepsia, ou manutenção dos alimentos livres de microrganismos;
- Eliminação de microrganismos;
- Manutenção das condições de anaerobiose;
- Utilização de temperaturas elevadas;
- Utilização de temperaturas baixas;
- Desidratação através de redução da água presente no alimento;
- Utilização de conservantes químicos (aditivos alimentares), quer produzidos por microrganismos quer adicionados pelo homem;
- Utilização de atmosferas modificadas ou atmosferas controladas, normalmente conjugadas com conservação a baixas temperaturas ou com a utilização de embalagens adequadas;
- Irradiação;
- Destruição mecânica de microrganismos, através da trituração do alimento ou da utilização de pressões elevadas, entre outros processos.

Em muitos casos, pode-se utilizar combinações de dois ou mais destes processos, de modo a aumentar a eficácia e/ou baixar o custo do tratamento de conservação do alimento. Ao combinar vários métodos de conservação, a intensidade correspondente a cada um deles é menor que aquela que seria necessária em caso de utilização separada. Aos processos de conservação anteriormente referidos estão subjacentes os fundamentos, tais como:

- A prevenção ou retardamento da decomposição provocada pelos microrganismos, o que se consegue mediante cuidados de assepsia, de



processos de eliminação microbiana (por exemplo, filtração), da limitação do seu crescimento e atividade (utilizando técnicas de refrigeração, secagem, ou outras), ou ainda através da sua destruição (altas temperaturas ou uso de radiações).

- A prevenção ou retardamento da autodecomposição dos alimentos, através da destruição ou inativação das enzimas dos alimentos (por escaldão, ou outro processo semelhante) e pela limitação das reações estritamente químicas (por exemplo, por utilização de antioxidantes).
- A prevenção de danos provocados por insetos, animais, maquinaria, etc.
- Na prevenção da contaminação microbiana dos alimentos, é de enorme importância prolongar o mais possível as fases de latência (crescimento lento dos microrganismos) e de aceleração do crescimento, correspondentes aos primeiros momentos do gráfico de crescimento dos microrganismos. De forma a atingir este objetivo, pode-se atuar dos seguintes modos:
  - ✓ Minimizar a contaminação, pois quanto menor a quantidade de microrganismos presentes, mais longa será a fase de latência;
  - ✓ Evitar a adição de microrganismos em fase de aceleração de crescimento, através de equipamentos ou recipientes contaminados que contactem os alimentos, ou não respeitando outras regras de higiene e segurança alimentar;
  - ✓ Controlar as condições adversas, pois quanto mais adversos são os fatores ambientais (nutrientes, humidade, temperatura, pH, potencial redox e existência de inibidores), mais lenta será a multiplicação microbiana;
  - ✓ Destruir os microrganismos através de tratamento térmico (calor) ou de irradiação.

### **Receção e acondicionamento de Matérias-primas**

As indústrias de processamento de alimentos têm muito cuidado ao escolher, preparar e industrializar os alimentos que pretendem conservar. Devem trabalhar em condições de higiene e limpeza, e usar apenas produtos frescos de primeira qualidade. Todas as matérias-primas danificadas ou impróprias devem ser rejeitadas, assim como remover as partes que não vão ser consumidas, como as cascas dos legumes e frutas e os caroços.



O armazenamento em câmaras frigoríficas é aconselhado sempre que as matérias-primas não são logo utilizadas, uma vez que o frio conserva os alimentos frescos durante mais tempo. Estas temperaturas, geralmente de  $-1^{\circ}\text{C}$  a  $10^{\circ}\text{C}$  não impedem que os alimentos se estraguem. No entanto, retardam o desenvolvimento dos microrganismos e a ação das enzimas. A duração dos alimentos assim conservados depende do tipo de alimento, da temperatura de armazenamento e da quantidade de humidade existente no ar da câmara frigorífica.



*Figura 15 - O armazenamento das matérias-primas deve permitir uma circulação de ar correta e a rotação de stocks deve ser cumprida*

Os alimentos não devem ficar desidratados ou muito húmidos. É muito comum formar-se bolores nos alimentos húmidos. A circulação do ar na câmara contribui para que a temperatura se mantenha constante. Também retira as substâncias gasosas que alguns alimentos produzem. Alguns destes gases encurtam principalmente a duração das frutas armazenadas, porque aceleram o seu amadurecimento.

Em condições de armazenamento tradicional ou em despensa a temperatura é normalmente, apenas ligeiramente inferior à existente na atmosfera exterior, sendo raramente inferior a  $15^{\circ}\text{C}$ . Nestes termos, só alguns alimentos mais resistentes (cenouras, nabos, batatas, couves, aipo, maçãs e outros) podem ser mantidos em condições de não alteração e, mesmo esses, durante períodos relativamente curtos. Através deste processo de conservação não se impedem as reações químicas nem a atividade enzimática, mas consegue-se uma redução das mesmas, relativamente às condições do exterior. Se o ambiente da despensa não for muito húmido, a conservação será potenciada.



### *Transporte a temperatura controlada*

O transporte de produtos a temperaturas controladas evita que se possa quebrar a “cadeia de frio”, conseguindo-se desta forma que os produtos cheguem ao seu destino em condições ótimas para a sua utilização ou consumo.

Os carros de transporte devem possuir caixas isotérmicas (fig.16) para transporte dos produtos alimentares. Podem ser refrigerados ou não conforme as características dos produtos a serem transportados.



*Figura 16 - O transporte de alimentos em veículos com controlo de temperatura é fundamental para manter as suas características de frescura*



# Atividades – Exercícios

1. As características dos alimentos podem ser afetados por vários fatores.  
Quais os fatores que podem afetar os alimentos?
2. As características dos alimentos podem ser modificadas por processos tecnológicos.  
Indique os processos tecnológicos que podem alterar os alimentos.
3. Os alimentos conforme as suas características podem ter diferentes tipos de durabilidade.  
Indique os três grandes grupos de durabilidade dos alimentos.
4. A durabilidade dos alimentos pode ser condicionada por diversos fatores.  
Quais os fatores de alteração dos alimentos?
5. O pH de um alimento vai interferir no desenvolvimento de microrganismo. Cada microrganismo tem um valor de pH de crescimento mínimo e máximo. A maior parte dos microrganismos, associados aos alimentos, desenvolvem-se na faixa de pH entre 5 a 7.  
Qual a classificação dos alimentos quanto ao seu pH?
6. Alguns exemplos de fermentações são o leite azedar, o crescimento da massa de pão, e a conversão de açúcares e amido em álcool. O resultado da fermentação leva uma substância a ser quebrada em compostos mais simples.  
Qual a importância da fermentação?
7. As fermentações podem ser de diferentes tipos.  
Quais os seis tipos de fermentação indicados?
8. As alterações químicas indesejáveis nos alimentos e bebidas englobam degradação de sabor, cor e textura; deterioração de propriedades funcionais de compostos,



perda de valor nutricional e desenvolvimento de compostos tóxicos. Quais os principais fatores de alterações químicas nos alimentos?

9. As alterações físicas estão intimamente relacionadas a alterações sensoriais, especialmente alterações de textura, que frequentemente comprometem a aceitação de alimentos.

Quais as alterações físicas mais importantes?

10. O tempo de vida dos alimentos depende da sua conservação.

Quais os fatores de conservação dos alimentos?

11. As vantagens do aperfeiçoamento das técnicas de conservação são muitas, entre elas, os alimentos mais sensíveis a alterações (alimentos muito perecíveis) tornam-se utilizáveis durante todo o ano e não apenas durante a estação em que são produzidos tornando a preparação dos alimentos mais fácil. A combinação de novos processos com o aumento da facilidade de transporte permitiu também uma maior distribuição de produtos alimentares, em perfeitas condições de consumo, entre regiões distantes. Os procedimentos utilizados na conservação de alimentos são vários e estão diretamente associados aos fatores de conservação.

Quais os procedimentos mais importantes na conservação de alimentos?

12. O transporte de produtos a temperaturas controladas evita que se possa quebrar a “cadeia de frio”, conseguindo-se desta forma que os produtos cheguem ao seu destino em condições ótimas para a sua utilização ou consumo.

Quais as condições dos carros de transporte de alimentos?



## 2. Conservação

A conservação dos alimentos sempre foi uma preocupação do ser humano, há registros anteriores a 2000 anos antes de Cristo sobre a utilização dos efeitos exercidos pelas baixas temperaturas na conservação de produtos alimentares, proporcionados pelo gelo e pela neve, como também o uso de outras técnicas como sejam o fogo, o fumo e a secagem.

Estas técnicas permaneceram praticamente inalteradas até à era industrial, quando Nicolas Appert desenvolveu o processo de engarrafamento em vácuo (fig. 17). Já no século XX, com a mudança dos hábitos alimentares e com a crescente exigência dos consumidores, foram desenvolvidas outras técnicas tais como secagem ao frio, conservantes, etc.

*Figura 17 - Garrafa de vidro utilizada por Appert na conservação de alimentos*



A conservação de alimentos tem por objetivo oferecer ao consumidor, alimentos e produtos alimentícios, não só com qualidades nutritivas, organolépticas e de qualidade normal, mas principalmente produtos isentos de microrganismos e suas toxinas, nocivos à saúde.

Os métodos de conservação de alimentos permitem guardar os alimentos para uso futuro sem que se estraguem e visam a obtenção de alimentos saudáveis e saborosos.

Desde a Antiguidade que se produzem e conservam alimentos por processos fermentativos, salga, secagem ao sol, fumagem e refrigeração em cavernas frescas.

Atualmente ainda se usa a secagem (desidratação) e a refrigeração para preservar os alimentos. No entanto, a ciência desenvolveu outros métodos de preservação dos alimentos e na atualidade, a Tecnologia Alimentar tem desenvolvido diversas tecnologias que têm permitido:

- Produzir novos alimentos e produzir alimentos para fins especiais;



- Reduzir a perda de alimentos por contaminações (aproximadamente 40% dos alimentos produzidos atualmente são deteriorados por microrganismos). O aumento da produção cria a necessidade de armazenar os alimentos por longos períodos de tempo, enquanto aguardam o seu consumo, evitando a sazonalidade do seu fornecimento;
- Reduzir a presença de compostos tóxicos causadores de intoxicações e que se podem encontrar presentes nos alimentos contaminados por agentes patogénicos;
- Selecionar e produzir espécies com maiores rendimentos produtivos;
- Aumentar a vida útil dos alimentos, garantindo segurança e disponibilidade dos produtos sazonais;
- Otimizar o aproveitamento dos produtos agropecuários;
- Conservar ao máximo ou aumentar as propriedades nutricionais e organolépticas dos alimentos;
- Desenvolver propriedades desejáveis nos alimentos;
- Separar e concentrar as partes aproveitáveis;
- Diversificar produtos tornando o sector mais competitivo, beneficiando o consumidor.

Assim a Tecnologia Alimentar consiste na aplicação de métodos e técnicas para a preparação, armazenamento, processamento, embalagem, controlo de qualidade, distribuição e utilização dos alimentos, de modo a ir ao encontro das exigências do consumidor:

- Preferência por alimentos similares aos frescos (minimamente processados)
- De bom sabor (saborosos)
- Que mantenham a cor próxima do natural
- De fácil preparação
- Sem ou mínimo de conservantes
- Alimentos seguros



## 2.1. Calor

O tratamento pelo calor constitui um dos métodos de conservação de alimentos mais utilizados. O uso do tratamento térmico para conservar alimentos, tem por objetivo a redução da carga microbiana e a desnaturação de enzimas. Vários tipos de tratamento térmico podem ser aplicados dependendo da termosensibilidade do alimento, e da sua suscetibilidade à deterioração, bem como a estabilidade requerida para o produto final. A intensidade do tratamento térmico depende principalmente do valor pH, da composição e das características físicas do alimento e será o resultado do parâmetro tempo-temperatura. O processo pode ser feito no alimento já embalado (produtos enlatados) ou, antes do seu acondicionamento.

As temperaturas elevadas permitem destruir os microrganismos, mas alteram o sabor e o valor nutricional dos alimentos.

As principais formas de tratamento térmico para alimentos são:

### 2.1.1. Pasteurização

Muitos dos alimentos que ingerimos são tratados com calor, sofrendo **pasteurização**, destacando-se o leite. Na pasteurização, os alimentos, geralmente líquidos, são aquecidos a temperaturas suficientemente elevadas (60 a 80°C durante alguns minutos) para destruir a maioria dos microrganismos, inativando certas enzimas, sem modificar significativamente o paladar e as características nutritivas.

A pasteurização tem como objetivo principal a destruição de microrganismos patogênicos associados ao alimento, no entanto não destrói esporos nem microrganismos mais resistentes; porque utiliza temperaturas inferiores a 100°C. Um objetivo secundário da pasteurização é aumentar o tempo de prateleira do produto alimentar, reduzindo as taxas de alterações microbiológicas e enzimáticas.

O alimento é aquecido por um tempo relativamente curto, sem alterar as suas propriedades; foi inventada pelo químico francês Louis Pasteur.

A pasteurização é um método adequado quando tratamentos térmicos mais violentos afetam a qualidade do produto, para eliminar agentes patogênicos pouco resistentes ao calor e conjuntamente com outros métodos de conservação.



## Tipos de Pasteurização

Existem três tipos de pasteurização:

- Pasteurização lenta, em que se aplicam temperaturas mais baixas durante mais tempo. A temperatura utilizada é entre 58°C e 70°C por alguns minutos - temperatura baixa, tempo longo (**LTLT** - “low temperature, long time”).
- Pasteurização rápida, quando se aplicam temperaturas mais altas, da ordem dos 75°C, durante alguns segundos. Este tipo de pasteurização é, por vezes, denominado **HTST** (*High Temperature and Short Time*), sigla em língua inglesa para “alta temperatura e curto tempo”.

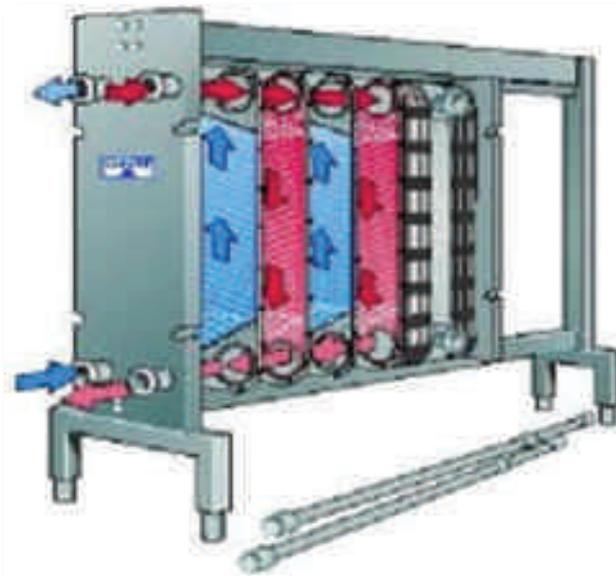
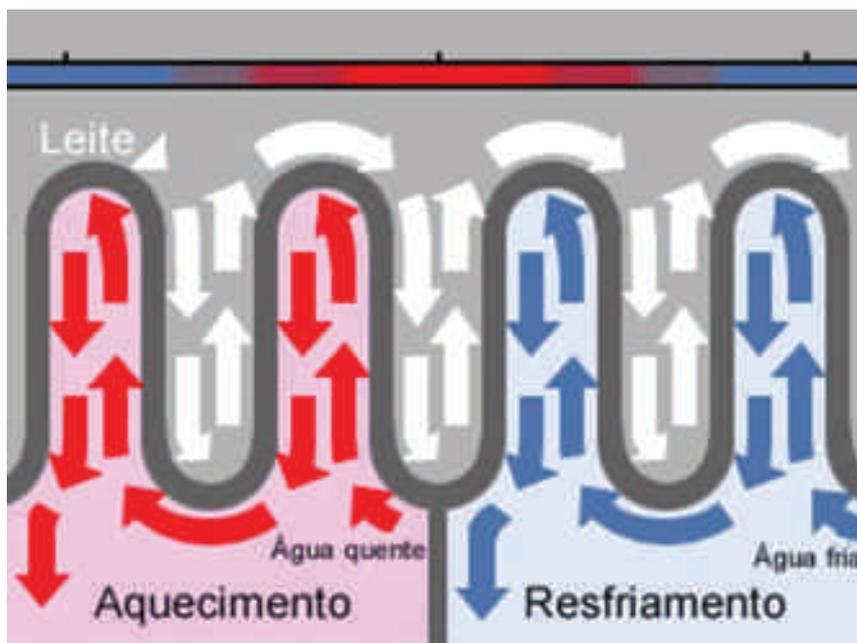


Figura 18 - Permutador de placas

- Pasteurização muito rápida, ou **ultrapasteurização** - **UHT** (*Ultra High Temperature*) ou “temperatura ultraelevada”; permite uma esterilização mais eficiente, pois a temperatura é elevada entre 130°C a 150°C, durante um a cinco segundos, sendo rapidamente arrefecido para 4°C. Permite destruir os microrganismos e os esporos (são mais resistentes ao calor), mantendo as propriedades do alimento. Se for embalado imediatamente em condições de assepsia, pode ser guardado à temperatura ambiente, com prazos de validade longos.

O funcionamento de um pasteurizador de placas (fig. 18), utilizado para alimentos líquidos, consiste na circulação de um fluido alimentar em contra corrente com um fluido térmico (fig. 19).





*Figura 19 - Esquema de circulação de leite dentro de um permutador de placas. As zonas a encarnado são quentes e as zonas a azul são frias*

A temperatura utilizada pode ser obtida por água quente, calor seco, corrente elétrica, micro ondas e por radiação ionizante. A temperatura e o tempo de duração, estão condicionados à carga de contaminação e às condições de transferência de calor através do alimento.

Utiliza-se a pasteurização quando os tratamentos térmicos mais elevados trazem perdas de qualidade significativas, quando os agentes microbianos responsáveis pelas alterações no alimento não são muito termorresistentes ou quando pretende-se destruir agentes competitivos (por exemplo: antes de uma fermentação).

A pasteurização também pode ser realizada em pasteurizadores de tubos.



*Figura 20 - Pasteurizador tubular*



A pasteurização é fundamental no processamento de:

- Leite, iogurtes, natas, manteiga, gelados e sorvetes
- Queijos frescos
- Alimentos infantis
- Sumos de frutas
- Ketchup
- Ovos líquidos
- Cogumelos em conserva
- Vinhos, cerveja
- Vinagres

## 2.1.2. Esterilização

A esterilização consiste num aquecimento mais forte e mais prolongado, sob pressão superior à atmosférica, de modo a eliminar todos os microrganismos e enzimas do alimento, como no caso do fabrico de alimentos enlatados. Esta técnica foi inventada pelo francês Nicolas Appert.

A esterilização é aplicada a alimentos pouco ácidos (pH acima de 4,5). A temperatura pode ir de 100 a 121°C, por um tempo necessário para destruição de microrganismos e enzimas. O tempo e a temperatura dependerão, entre outros fatores, dos tipos de alimentos e embalagens utilizadas. A esterilização de alimentos e bebidas é feita em produtos embalados e também a granel.

As embalagens utilizadas neste tipo de tratamento podem ser latas (fig. 21) ou frascos de vidros para o acondicionamento dos alimentos; estes são lacrados e submetidos a altas temperaturas em autoclaves (retortas), as quais tem por princípio de funcionamento o mesmo das panelas de pressão domésticas. Com o uso desses equipamentos é possível submeter os produtos a altas temperaturas sem que a água de constituição destes entre em ebulição, o que poderia degradar a aparência dos alimentos. Esta situação deve-se às elevadas pressões aplicadas durante o aquecimento.





*Figura 21 - Produtos alimentares esterilizados em latas*

Tratamento muito aplicado a produtos enlatados de origem vegetal ou animal. Para os produtos esterilizados de origem vegetal tanto se podem utilizar latas como frascos de vidro (fig. 22).



*Figura 22 - Legumes esterilizados em frascos de vidro*

### *2.1.3. Evaporação*

Na indústria de alimentar, a evaporação refere-se à operação que consiste em remover a água existente nos alimentos *in natura* (todo alimento contém água natural na sua composição).

Para a evaporação, usa-se transferência de calor para ferver o alimento, e obter um produto aquoso de concentração mais elevada. Este processo é utilizado para retirar a água dos alimentos mais variados como:

- Produção de leite condensado.
- Sumos de frutas concentrados (laranja, abacaxi, uva, etc).



- Extrato e ketchup de tomate.
- Polpas de frutas (banana, morango, manga, etc).
- Doces de frutas (goiabada, marmelada, batata doce, etc).

O evaporador tem a função principal de fornecer calor para evaporar a água do alimento (troca térmica), através da ebulição. Para que o alimento não perca a sua cor, aromas e ingredientes nutritivos, esta operação de fervura é realizada sob vácuo no interior do evaporador isto é, o alimento entra em ebulição a baixa temperatura.

Os evaporadores podem ser de vários tipos e modelos (fig. 23).



*Figura 23 - Evaporador - existem de vários tipos e modelos*

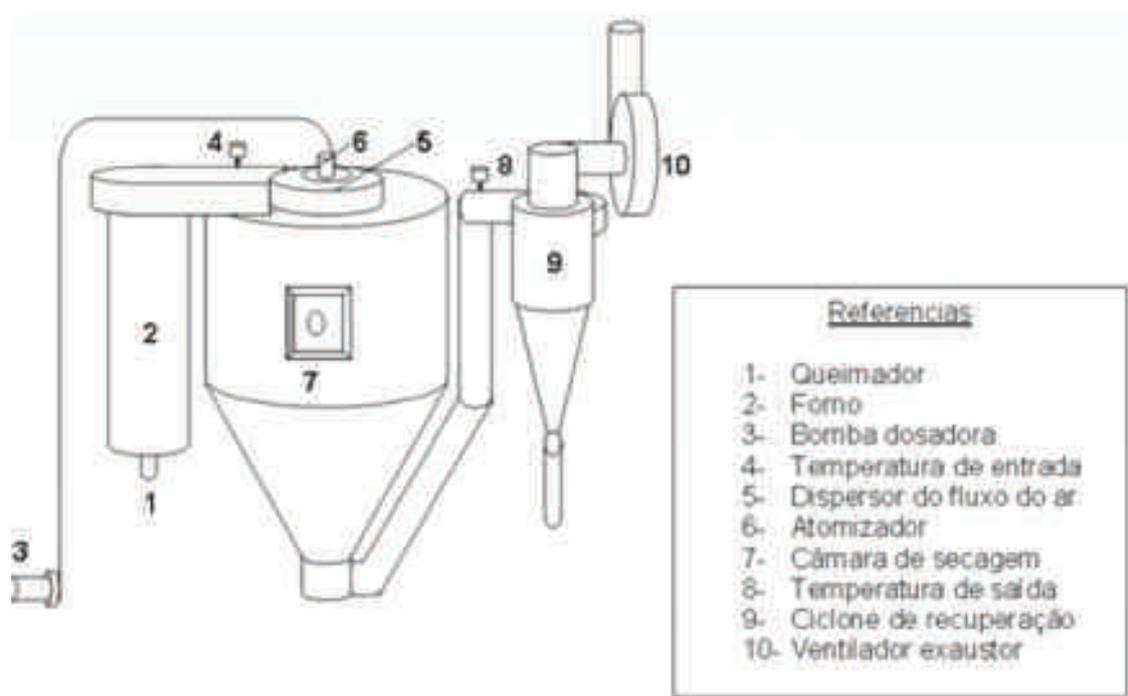
Na evaporação da água do alimento, alguns fatores são importantes, pelo que devem ser observados os seguintes parâmetros:

13. Viscosidade do Produto Alimentício - Quanto mais concentrado o produto mais viscoso fica, até um ponto em que a troca térmica não é mais possível.
14. Pressão no Evaporador - A temperatura do produto no interior do evaporador é função da pressão interna ou seja, a temperatura do vapor é igual à temperatura de saturação sob a mesma pressão.
15. Vácuo Interno - Aumentando o vácuo interno no evaporador, aumenta a troca térmica no alimento e evita a degradação do mesmo como: perda de sabor, aromas, cor e nutrientes.



Na etapa de concentração é possível obter um extrato concentrado em menos de 1 segundo a uma temperatura de 50 a 60°C sem que os compostos aromáticos tenham tempo de se degradar. Na etapa de concentração faz-se com que o extrato precedente da extração que contém cerca de 20% de substâncias sólidas alcance uma concentração de 50% de matérias sólidas.

No caso de posterior secagem por atomização (fig. 24) o concentrado obtido com 50% de matérias sólidas deve ser misturado com a quantidade adequada de extrato solúvel de 20% para que no final seja obtido um produto com 32% de substâncias sólidas, o qual é enviado ao atomizador para proceder a secagem.



*Figura 24 - Esquema de funcionamento de um evaporador*

Para evitar o aparecimento de problemas na atomização, na corrente de ar quente para o caso de secagem por congelamento, o extrato que sai da etapa de concentração com 50% de matérias sólidas deve ser misturado com um extrato de 20% de matérias secas, até se obter uma mistura com 40% de matérias sólidas do produto, o qual é enviado para o congelamento e secagem.

**Membranas** - a concentração por membranas inclui um conjunto de métodos utilizados para concentração, clarificação ou fracionamento de alimentos líquidos, sem o uso de



calor. As partículas são separadas com base no peso molecular e formato, por meio do uso de pressão de membranas semipermeáveis especialmente projetadas para cada alimento.

## 2.1.4. Extrusão

Um dos processos industriais mais eficiente na obtenção de produtos alimentícios é a extrusão. Em virtude da sua versatilidade operacional e suas múltiplas funções, esta tecnologia tem encontrado um vasto campo de aplicações, seja para a produção de alimentos para o consumo humano ou para o consumo animal.

Na alimentação humana, a extrusão é geralmente utilizada em cereais de pequeno-almoço, snacks (doces e salgados), alimentos para bebés, sopas instantâneas e substitutos da carne, assim como em massas e bebidas em pó. As principais vantagens deste processo incluem a conservação, uma vez que este tratamento permite um maior controlo sobre a quantidade de água, que está diretamente ligada ao potencial desenvolvimento de microrganismos.

Trata-se de um processo termomecânico e contínuo que combina as operações unitárias como misturar, amassar e modelar, com cozedura ou não, para ampliar as possibilidades de elaboração de alimentos básicos ou alternativos, em alimentos de distinta forma, textura, cor e aroma.

Um dos objetivos da extrusão é desenvolver produtos que necessitam de uma humidade muito específica e, assim, alargar o seu tempo de prateleira.

O princípio básico é a conversão de um material sólido em massa fluída pela combinação de humidade, calor, compressão e tensão de corte, e forçar a sua passagem através de uma matriz para formar um produto com características físicas e geométricas pré-determinadas, obtendo-se, assim, a gelatinização do amido e/ou a desnaturação da proteína presente no alimento.

A extrusão é definida como um processo no qual o amido e o material protéico são humedecidos e expandidos num tubo pela combinação de humidade, pressão, calor e corte. Isto resulta na gelatinização do amido, desnaturação exotérmica do material extrusado.



O processamento de extrusão requer alta pressão (34- 37 atmosferas) e temperatura acima de 120°C (100 - 200°C), num curto período de tempo (10 - 270 segundos) resultando na expansão da mistura de ingredientes e promovendo maior gelatinização do amido, além de aumento na exposição dos nutrientes contidos no interior das células vegetais à ação do processo digestivo dos animais. Este processo também elimina muitos agentes microbianos.

O processo de extrusão tem ganho espaço na produção de alimentos devido à sua versatilidade, alta eficiência termodinâmica, baixo custo de operação e baixo espaço por unidade métrica de produção, apesar de exigir equipamentos, muitas vezes importados e de alto custo, que são compensados pela melhor eficiência alimentar.

Novos produtos podem ser utilizados no processo de extrusão. Esses produtos devem ser projetados para fornecer um balanço nutricional e características organolépticas adequadas a um custo que pode ser mais baixo do que outro processo térmico.

Durante o processo de extrusão ocorre a gelatinização do amido.

A gelatinização (fig. 25) é definida como a destruição irreversível da condição cristalina do grão de amido, de modo que a superfície de toda a molécula fique acessível ao ataque de reagentes e solventes. O processo aumenta a velocidade enzimática das amilases, que são responsáveis pela quebra da cadeia de amido em hidratos de carbono mais simples e solúveis, e faz com que o amido absorva uma grande quantidade de água, o que leva a uma melhoria na digestibilidade e na conversão alimentar.

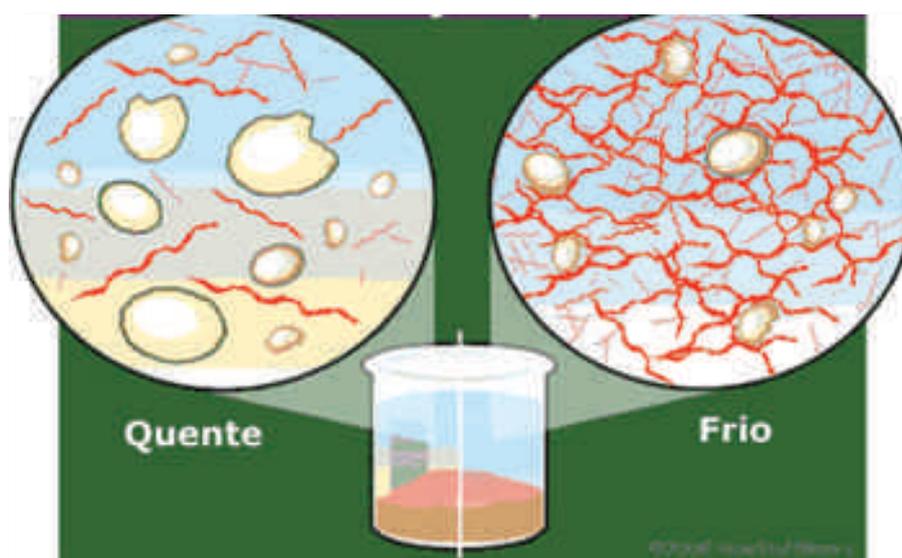


Figura 25 - Esquema do processo de gelatinização do amido



O sistema de extrusão inclui os seguintes mecanismos:

**a) Sistema de alimentação:** Esse sistema é essencial no processo de extrusão, deve ser constante e capaz de alimentar uniformemente ingredientes secos, líquidos ou mistos. Para armazenagem dos ingredientes secos podem ser utilizados funis ou caixas. A porção seca do alimento é adicionada através de um sistema de medida especializado capaz de fornecer um uniforme escoamento a qualquer velocidade de extrusão desejada.

**b) Pré-condicionadores:** As porções seca e líquida dos alimentos são introduzidas separadamente no sistema de pré-cozimento, onde são continuamente misturados, aquecidos e humidificados por uma intensa injeção de água (70°C) ou vapor. Nesta fase, há um aumento do tempo de retenção da água, o que leva a um nível ótimo de humidade e permite o início da cozedura.

**c) Cilindro extrusor:** Matérias-primas ou fórmulas pré-concebidas são descarregadas diretamente na extrusora, que possui segmentos de cilindros e rosca sem fim. É nesta fase que ocorrem as transformações que mais afetam as características finais do produto. Devido ao desenho do tambor e rosca, velocidade da rosca, condições do processo (temperatura, humidade, etc.), características das matérias- primas e escolha do corte.

### **O PROCESSO DE EXTRUSÃO**

Na zona de mistura do extrusor, a compressão na zona de alimentação contínua e o canal de escoamento tem um alto grau de preenchimento, aumentando o escoamento. O mecanismo de corte não começa a funcionar até que o canal de escoamento esteja cheio.

A câmara de extrusão recebe pressão para que o ar seja expelido e o material comprimido. A água é então injetada para melhorar a textura, viscosidade e aumentar a transferência de calor por condução. Uma pressão de vapor de 5 a 10 atmosferas é, às vezes, injetada na zona de mistura que carrega energia térmica e humidade, fazendo com que as partículas do material comecem a aglomerar-se e formar a massa integral. No fim da descarga da zona de mistura (fig. 26), o material extrusado chega ao máximo de compactação no cilindro. A pressão e temperatura exercida sobre o extrusado fazem com que esteja expelido para formar o produto final (matriz), textura, densidade, cor e propriedades funcionais desejadas.



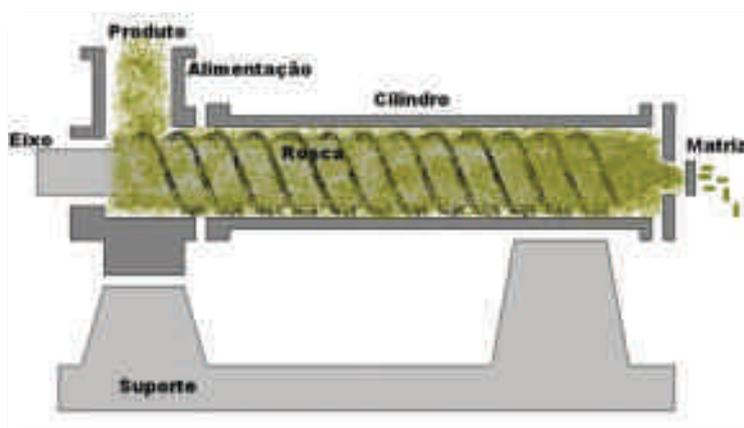


Figura 26 - Funcionamento do parafuso ou rosca de extrusão

O canhão extrusor deve ser segmentado, para permitir alongar ou encurtar de acordo com o processo requerido, permitindo assim, uma fácil manutenção. Diversos perfis de rosca podem ser utilizados de modo a permitir alterações na configuração, e aumentar a quantidade desejada.

O extrusor é constituído de um cilindro encamisado, que permite a circulação de vapor de aquecimento ou água de arrefecimento, e pode ser construída com parafuso simples ou duplo. O parafuso do extrusor, também denominado rosca extrusora, possui três zonas características (de alimentação, de compressão e de corte ou cocção) e serve basicamente para três funções: receber e transportar o alimento a partir da alimentadora; comprimir e trabalhar o alimento; e uniformizar e misturar.

Um extrusor de parafuso simples pode ser considerado uma bomba de fricção, já que o transporte da matéria-prima depende do grau de fricção com a superfície do cilindro. Já um extrusor de parafuso duplo possui parafusos encaixados que ficam bem próximos e que são considerados bomba de fricção positiva, na qual a fricção ao longo do cilindro previne a co-rotação do material com o parafuso, proporcionando melhor mistura e evitando a rotação do alimento no cilindro.

A extrusão provoca a reorganização das estruturas existentes na matéria-prima por meio do rompimento de várias interações entre as macromoléculas presentes e consequente reestruturação do material na direção do fluxo. Há também um rompimento de ligações covalentes e hidrólise do material. Obtém-se um produto de textura melhorada, podendo ser aproveitado diretamente como alimento.



A secagem do snack é realizada com o objetivo de reduzir a humidade do produto de aproximadamente 13% até aproximadamente 5%. Com esse processo, obtém-se uma diminuição da atividade da água, o que acarreta um aumento no tempo de prateleira do produto, devido a uma redução na velocidade das reações de degradação. Além disso, a atividade microbiana é praticamente nula devido à ausência de água livre. O equipamento utilizado é um secador rotatório que possui um cilindro levemente inclinado. Ar quente pode ser injetado neste cilindro de forma direta ou em contra corrente. O produto desloca-se da entrada do equipamento até a saída com a ajuda de rotação e da gravidade, devido à inclinação. Podem ser usados secadores de infravermelho, permitindo também a torração dos snacks (operação que realça o sabor de alguns ingredientes).

Uma vez secos, os produtos necessitam da adição de aromas, para serem comercializáveis. Os aromas são aplicados aos *snacks* (fig. 27) por cobertura, através de um tambor constituído de um cilindro rotatório provido de um bico de aspersão sob pressão, o qual proporciona uma distribuição uniforme da mistura de aromatizantes. Os ingredientes que conferem o aroma e o sabor desejados, normalmente à base de óleo, são previamente misturados.

Enquanto os *snacks* giram no tambor, as soluções de aroma são aspergidas sobre o mesmo, aderindo à sua superfície. A aspersão dos aromas é feita por pulverização com ar comprimido.



Figura 27 - Diferentes formatos de produtos extrusados snacks



A mistura de aroma e adesivo é feita num primeiro tanque. Depois de preparada, a mistura é colocada num segundo tanque que serve de pulmão e permite o abastecimento regular do aromatizante, enquanto outra mistura é preparada no primeiro tanque. Após a aplicação, a rotação do produto no tambor permite boa homogeneização dos extrusados.

Depois de aromatizado, o snack é conduzido até ao sistema final de embalagem. Uma das maneiras de se embalar snacks é usar uma máquina vertical de ensacar produtos com filmes flexíveis, que são equipamentos que trabalham a partir de uma bobina de material, formando inicialmente um tubo, enchendo-o com o produto, fechando e separando os sacos tubulares. Este saco tubular pode ser de várias formas: redondo, elíptico, quadrado, retangular etc. A dosagem do produto a ser embalado pode ser feita manualmente ou automaticamente pela embaladora, que separa quantidades por peso ou volume.

### Vantagens e Desvantagens

A extrusão possui diversas vantagens devido ao seu processo. As principais são:

- **Versatilidade** - grande variedade de produtos podem ser fabricados a partir de um mesmo sistema básico de extrusão, usando diversos ingredientes e condições de processo;
- **Alta produtividade** - um extrusor fornece uma enorme capacidade de produção quando comparado a outros sistemas de cozimento/moldagem;
- **Baixo custo** - as necessidades de espaço físico e mão-de-obra por unidade de produção são menores que as de outros sistemas de cozimento/moldagem;
- **Formato dos produtos** - os extrusores podem produzir formatos não facilmente obtidos quando se utilizam outros métodos de produção;
- **Alta qualidade dos produtos** - minimiza a degradação de nutrientes, aumenta a biodisponibilidade de alguns nutrientes pela destruição de fatores anti-nutricionais, e melhora a digestibilidade do produto pela desnaturação das proteínas e gelatinização do amido.
- **Diminui a contagem microbiana** do produto final, o que aumenta a segurança alimentar e o tempo de prateleira. Além disso, são inativados durante o processo, inibidores de crescimento enzimático e enzimas que causam deterioração do alimento durante o armazenamento;



- **Baixo consumo de energia** - o processo é feito com humidade relativamente baixa, o que reduz a quantidade de calor necessária para o cozimento e secagem do produto;
- Fabrico de **novos produtos** - os extrusores podem modificar as proteínas vegetais, amidos e outras matérias-primas a fim de se obter novos produtos;
- **Melhora a palatibilidade**;
- **Não gera resíduos** - não são produzidos efluentes ou materiais de risco durante ou após o processamento.

Apesar das várias vantagens existentes na utilização da extrusão, alguns efeitos adversos podem ocorrer, embora em menor escala, como:

- Perdas de vitamina C e tiamina;
- Formação do complexo lípido-amilose, que torna o lipídio e o amido indisponíveis;
- Reações de Maillard, com a diminuição da disponibilidade de lisina em presença de açúcares redutores;
- Os grupos amina dos aminoácidos reagem com hidratos de carbono reduzidos;
- Escurecimento;
- Destruição de enzimas e aminoácidos essenciais;
- Produção de aromas desagradáveis.

### *2.1.5. Escaldão/Branqueamento*

O **branqueamento** é um tratamento térmico por imersão em água a ferver destinado principalmente a inativar as enzimas e é usado antes de outro processo de conservação ou armazenamento, como a congelação. Utiliza-se principalmente para carne, hortaliças ou frutas que se pretendem congelar.

Segundo alguns especialistas, os alimentos devem ser mergulhados em água gelada logo após serem retirados da água a ferver. Os alimentos assim preparados podem ser congelados até seis meses e passar diretamente do congelador para a panela, a fritadeira ou o forno sendo, para isso, conveniente que sejam cortados em pequenos pedaços antes do branqueamento.



O branqueamento (fig. 28) ou escaldão é o processo térmico de curto tempo de aplicação, com características de pré-tratamento, pois antecede o início de outros processos, como o de congelamento e de hidratação de verduras. O branqueamento além da desnaturação enzimática evitando assim, alterações sensoriais associadas a processos de deterioração durante o seu embalamento, também ajuda na limpeza do alimento reduzindo a quantidade de microrganismo na sua superfície.

*Figura 28 - O branqueamento de vegetais é um tratamento térmico que pode ser feito por imersão em água a ferver ou por vapor de água*



A tinalização, processo semelhante ao branqueamento, no entanto faz o aquecimento de maneira descontínua, num recipiente fechado, onde é alojado o produto, sob temperaturas de 60° a 90 °C. Este processo, dura alguns minutos e se repete por 3 a 12 vezes, com o objetivo de se conseguir a destruição de todos os microrganismos vivos e seus esporos. Processo menos utilizado do que o branqueamento.

### 2.1.6. Desidratação ou secagem

Os alimentos também podem ser conservados por **desidratação**, com extração de água, tornando o alimento mais leve, fácil de empacotar e capaz de se preservar sem refrigeração. Os cereais constituem exemplos de alimentos naturalmente desidratados e que apresentam longos prazos de validade, pois a maior parte dos microrganismos não se desenvolve nos alimentos desidratados devido à baixa atividade da água.

A água é um dos fatores que geram condições para o desenvolvimento nos alimentos de várias espécies de microrganismos. Em sentido restrito, a desidratação, refere-se a remoção quase completa da água dos alimentos sob condições controlada.



É mais usado na conservação de carnes, peixes e sementes. Pode ser feito naturalmente, deixando o alimento ao sol ou num local seco, ou adicionando previamente sal de cozinha (cloreto de sódio) ou açúcar aos alimentos. O sal e o açúcar também desidratam os alimentos por osmose e cria um ambiente desfavorável à sobrevivência dos microrganismos. O bacalhau, carne-seca, as frutas cristalizadas são conservados por este processo.

Os microrganismos não podem desenvolver-se nos alimentos secos. A secagem também reduz o tamanho e o peso dos alimentos, tornando-os mais fáceis de serem transportados e armazenados. As indústrias escaldam os legumes e algumas frutas antes da secagem, para evitar as mudanças causadas pelas enzimas. Os alimentos podem ser secos ao sol, em fornos, em máquinas especiais chamadas *desidratadoras* e em câmaras pulverizadoras.

Os fatores a considerar para se otimizar a conservação por secagem são os seguintes:

- Temperatura - a temperatura utilizada depende do alimento e do método de secagem aplicado;
- Humidade relativa do ar - depende do método e do teor em água no alimento;
- Ventilação e velocidade do ar;
- Tempo de secagem.

Uma má regulação destes fatores poderá causar um endurecimento das superfícies do alimento, devida a uma mais rápida evaporação da água das suas camadas exteriores relativamente à difusão da mesma a partir do interior. Para além do aspeto desagradável, este endurecimento impedirá a continuação do processo de desidratação.

Antes de se submeterem a um dos processos de secagem, os alimentos devem ser objeto de uma série de tratamentos, genericamente designados por tratamentos de pré secagem:

- Seleção e classificação, tendo em conta o tamanho, integridade e estado de maturação;
- Lavagem, principalmente das frutas e legumes;
- Remoção da pele exterior das frutas e legumes;
- Corte em pedaços;



- Imersão num banho alcalino (carbonato de sódio ou lixívia, em concentrações entre 0,1% a 1,5%) de frutas que serão desidratadas pelo sol;
- Branqueamento, por imersão em água quente, dos legumes e de algumas frutas (pêssegos, alperces);
- Sulfuração, com dióxido de enxofre gasoso, de algumas frutas e legumes, de modo a manter a sua cor e o teor em vitaminas A e C e ainda para afastar insetos e destruir microrganismos.

Após a secagem, os alimentos serão submetidos a outros tratamentos, os quais variam com o tipo de alimento em causa:

- Sudação - armazenagem, em caixas, para atingirem um equilíbrio de humidade. É utilizada em frutos secados e frutos secos de noz (amêndoas, nozes, pinhões, etc.).
- Embalagem - imediatamente após a secagem, com o fim de proteger os alimentos da humidade, da contaminação microbiana e dos insetos.
- Pasteurização - aplicação quase limitada aos frutos secados, destrói os microrganismos. O aquecimento é feito com os alimentos embalados e dura 30 a 70 minutos, consoante o fruto, utilizando-se temperaturas entre os 65,6 e os 85°C e uma humidade relativa entre 70 e 100 %.

### 2.1.6.1. *Secagem natural - Secagem Solar*

A conservação de alimentos por secagem pratica-se desde há séculos. Nalguns alimentos, como sementes de cereais, os quais já são colhidos relativamente secos, uma pequena secagem ao sol (fig. 29) é suficiente para os conservar durante muito tempo. No entanto, a maioria dos alimentos contém um teor de água superior, de modo que para conservá-los por secagem é necessário eliminá-la ou fixá-la.



*Figura 29 - Secagem de peixe ao sol*



A secagem solar é ainda hoje em dia utilizada, porém limitada a zonas de clima muito quente e seco e a certas frutas como uvas, ameixas, figos, pêssegos e pêras. Estas frutas são, simplesmente dispostas sobre bandejas e expostas ao sol. Também alguns peixes e carne podem ser secos ao sol.

O processo de secagem ao sol tem algumas vantagens:

- Mais barata que a secagem industrial
- Aproveitamento de fonte energética renovável (energia solar)
- Pequeno investimento inicial

Desvantagens:

- Proteção contra chuva, insetos e predadores
- Processo lento, vários dias de exposição ao sol
- Condições higiénicas não garantidas
- A cor final do produto pode não ser uniforme
- Requer uma área enorme
- Sujeita às variações climáticas

### 2.1.6.2. Secagem Artificial

A dinâmica básica do processo de secagem ou desidratação consiste em colocar o produto num local onde passe um volume de ar seco e quente, com humidade controlada, que se faz incidir sobre o alimento. Assim o produto é aquecido, o que promove a transferência de humidade para o ar.

A desidratação mecânica é feita em equipamentos mecânicos normalmente em câmaras de secagem onde existe um controlo apertado dos vários parâmetros associados a este fenómeno como sejam temperatura, humidade e fluxo de ar.

**Desidratação em Forno de secagem** (fig. 30) - neste equipamento, as correntes de ar que se formam naturalmente pela subida do ar quente, provocam a secagem dos alimentos. Este método usa o calor de um forno ou estufa para evaporar a humidade dos alimentos. O forno ou estufa fica na parte inferior de uma construção. O alimento é colocado em



prateleiras feitas de ripas e o calor sob através das aberturas entre as ripas. O processo pode levar vários dias.

Durante esse período, os operários viram e mudam o alimento de lugar várias vezes para certificar-se de que está completamente seco.



*Figura 30 - Desidratador de bancada (forno de secagem), útil para ensaios de laboratório*

**Desidratadoras** - Estas máquinas levam menos tempo para secar determinada quantidade de alimentos do que os outros meios de secagem. Algumas desidratadoras usam um vácuo parcial para fazer a água evaporar a uma temperatura baixa. Devido à temperatura mais baixa, ocorrem menos transformações químicas causadas pelo calor.

**Câmaras Pulverizadoras** - Servem para desidratar ovos, leite e sumos de frutas e de hortaliças. Pelo método de secagem por pulverização, o alimento líquido é pulverizado através de pulverizadores para dentro de câmaras de secagem especialmente desenhadas. As partículas entram em contacto com uma corrente de ar quente que está em sentido contrário das partículas de alimento evaporando a humidade. As partículas de alimentos desidratadas depositam-se em forma de pó no fundo das câmaras. A secagem por *jetos de ar quente* é usada principalmente para as hortaliças. Os desidratadores projetam o ar quente para cima dos alimentos colocados em bandejas dentro de câmaras especiais. O ar aquecido, ao passar sobre os alimentos, absorve e leva consigo a humidade.

Este processo também designa-se de **Atomização** (fig. 31).

O esquema mostra o processo de secagem de um atomizador de líquidos alimentares.



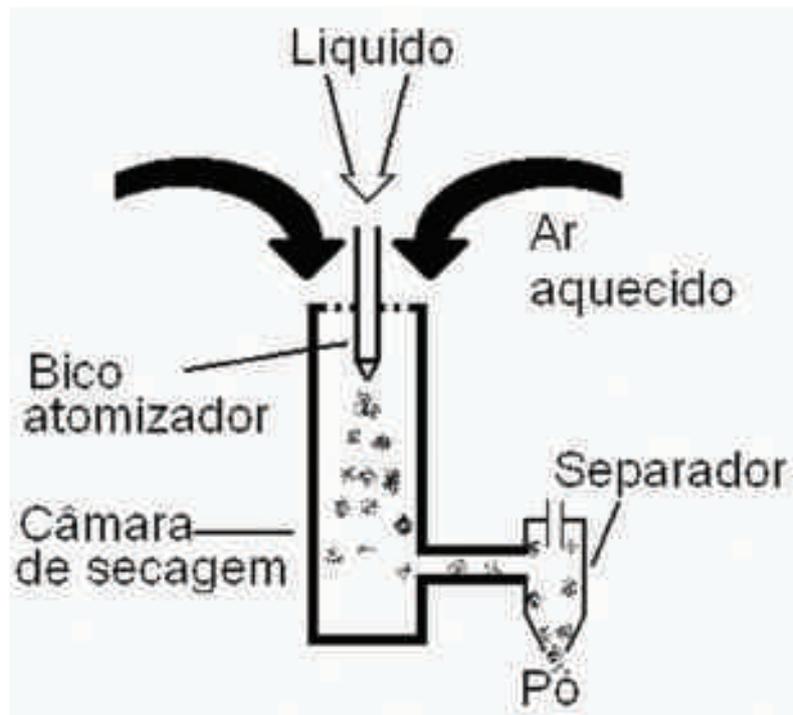


Figura 31 - Esquema de secagem por atomização

As vantagens da secagem artificial são:

- Maior proteção contra chuva, insetos e predadores
- Maior higiene que a secagem natural
- Menor exigência em mão de obra
- Os secadores podem ser usados para diferentes tipos de produtos
- Melhor qualidade do produto final do que com a secagem natural

**Desidratação por osmose** - Osmose é o nome dado ao processo durante o qual a água se movimenta entre meios com concentrações diferentes, passando sempre do meio menos concentrado para o mais concentrado de modo a atingir-se o equilíbrio de concentrações. Este processo ajuda a remover a água de produtos frescos através da sua imersão em soluções aquosas de sal ou açúcar a altas pressões para reduzir a atividade de crescimento de microrganismos na água.

Normalmente este processo não é usado para obter mais de 50% de redução do peso inicial devido à crescente diminuição da taxa de osmose. A perda de água ocorre normalmente em duas horas, sendo os primeiros 30 minutos responsáveis pela maior parte da sua remoção.



### 2.1.6.3. Liofilização

A liofilização (fig. 32) é a desidratação por sublimação (evaporação da água congelada sem que passe pelo estado líquido) nos alimentos congelados, ou seja, a água contida no alimento passa diretamente do estado sólido para o estado de vapor sem passar pelo estado líquido. Os alimentos são congelados a  $-40^{\circ}\text{C}$ . É um tipo de secagem extrema, utilizando tecnologia moderna, muito utilizada para flocos de batata, café e outros alimentos.

Em seguida, é colocado em bandejas numa câmara de vácuo e o calor é aplicado lentamente, que provoca a evaporação direta da água que é recolhida pelo ar seco que circula.



Figura 32 - Liofilizador de laboratório

Quase 98% da água é lentamente extraída, mantendo-se a forma, o aspeto e as propriedades do alimento. Este método é usado na conservação do café, do leite em pó ou dos alimentos cozinhados.

Através deste método a água congelada contida no alimento evapora sem passar pelo estado líquido. O alimento não é submetido a temperaturas elevadas até que a maior parte da humidade tenha sido removida.

A secagem leva de 4 a 12 horas, dependendo do tipo de alimento, do tamanho das partículas e do sistema de secagem utilizado. Os alimentos conservados por esse método são geralmente envoltos num gás inerte como azoto.



Os alimentos liofilizados devem ser acondicionados em recipientes à prova de humidade. A liofilização geralmente produz alimentos secos de melhor qualidade, mas é um método de secagem mais caro que os outros.

No ponto 2.2.4 volta-se a fazer referência a este método de conservação.

## 2.2. Frio

A aplicação de temperaturas baixas aos alimentos tem por objetivos a diminuição da reatividade química e da atividade enzimática, que podem ocorrer nos alimentos durante o seu envelhecimento, e ainda a inibição da multiplicação e da atividade dos microrganismos. Quanto mais baixa for a temperatura empregue, mais lentas serão as reações químicas, a atividade enzimática e o crescimento microbiano.

Na conservação por frio os processos utilizados são: pré-refrigeração, refrigeração, congelação, ultracongelação e liofilização. As baixas temperaturas exercem ação direta sobre os microrganismos que na sua temperatura sensível ficam inibidos ou destruídos. Estes processos permitem prolongar o tempo vida útil de prateleira dos alimentos. Contudo a redução da temperatura dos alimentos não consegue a estabilização química nem microbiológica dos alimentos.

Em geral, a congelação impede a multiplicação da maioria dos microrganismos contaminantes dos alimentos, enquanto as temperaturas de refrigeração apenas diminuem a sua velocidade de multiplicação.

Aplicação do frio na conservação de Alimentos permite:

- Prolongar a vida útil dos alimentos minimizando as reações de degradação e limitando o crescimento microbiológico;
- Reduzir a transpiração e respiração mínima (frutas e legumes) a temperaturas acima do ponto de congelação:
- ✓ Com atividade biológica - frutas e legumes - transpiração e respiração reduzidas ao mínimo.
- ✓ Sem atividade biológica - carne, leite, pratos cozinhados - prolongar a vida útil mantendo as características do produto original.



As temperaturas abaixo do ponto de congelação (-18 °C):

- Inibem a atividade microbiológica
- Reduzem a velocidade das reações
- Reduzem a  $a_w$
- Mantém a qualidade e valor nutritivo dos alimentos.

É imperativo a existência de uma cadeia de frio que mantenha a temperatura estabelecida desde a linha de produção ao momento anterior ao consumo do alimento.

## *Métodos de Refrigeração*

### **Agentes Artificiais**

Hoje em dia são usados dois métodos principais na obtenção de baixas temperaturas, sendo eles, os sistemas frigoríficos (sistemas tradicionais de compressão mecânica) e a criogenia. Em certos tipos de produtos é usada a salmoura, no entanto tem uma utilização bem mais restrita.

- Sistemas mecânicos - Máquina frigorífica de compressão de vapor
- Sistemas criogénicos - Líquidos que vaporizam ou sólidos que sublimem em processo aberto

No entanto apesar de todas estas formas conhecidas para aumentar o tempo de conservação dos alimentos, a refrigeração artificial foi a que se destacou. Ela baseia-se no fenómeno da evaporação de um líquido refrigerante, onde este ao passar ao estado de vapor, provoca um arrefecimento do meio envolvente. Este é, aliás, o princípio de funcionamento dos sistemas clássicos de produção de frio.

O sistema clássico de compressão utiliza, no seu modelo mais simples (fig. 33), quatro componentes para fazer funcionar um ciclo frigorífico:

- Evaporador
- Condensador
- Válvula de expansão
- Compressor



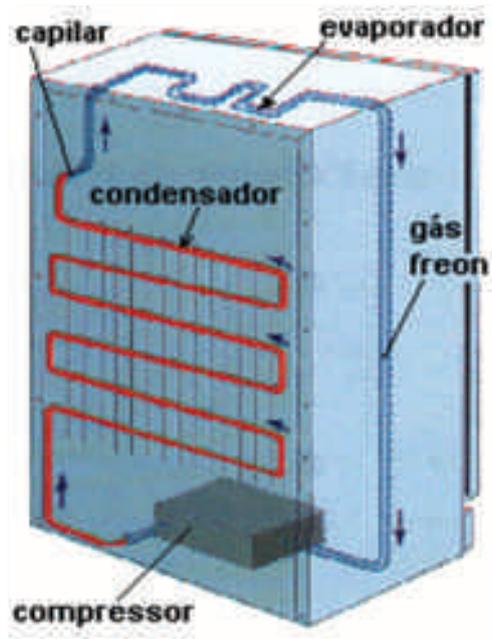


Figura 33 - Esquema do ciclo de refrigeração

Os agentes artificiais têm por finalidade produzir, transmitir e manter numa substância ou espaço confinado (frigorífico, câmara frigorífica, vitrine de exposição) uma temperatura menor do que a temperatura ambiente.

### Agentes Naturais

Locais de sombra, noites frias, ambientes protegidos de raios solares, água com baixa temperatura, gelo dos lagos, rios e mares, ou qualquer outro cuidado visando à conservação do produto.

### 2.2.1. Refrigeração

A conservação por refrigeração ocorre a temperaturas superiores às de congelamento e requer a utilização de gelo ou de meios mecânicos. A maioria dos alimentos mais perecíveis (ovos, laticínios, carnes, peixes, frutas e legumes) pode ser conservada, durante bastante tempo, a estas temperaturas. Nestas condições, também não são totalmente evitadas as alterações causadas pelos microrganismos ou pelas enzimas, mas obtêm-se um significativo retardamento da sua decomposição.



A refrigeração não destrói os microrganismos, mas simplesmente retarda o seu desenvolvimento.

Os parâmetros a ter em conta quando se utilizam temperaturas de refrigeração para conservação de alimentos são: a temperatura de refrigeração, a humidade relativa, a velocidade de circulação do ar, a composição da atmosfera circundante e a possibilidade de utilizar fontes de radiação como complemento da refrigeração.

Quanto mais baixa for a temperatura empregue, melhor será o efeito de conservação, mas também será mais caro, pelo que se seleciona a temperatura de refrigeração em função do tipo de alimento e do tempo de conservação pretendido. Tem ainda que se ter em conta a existência de alguns alimentos que podem ser perfeitamente conservados a temperaturas bastante superiores às de congelação, podendo mesmo ser danificados por temperaturas muito baixas, como são os casos de algumas maçãs, batatas e bananas.

Uma humidade relativa demasiado baixa, na câmara de refrigeração, provoca perdas de água nos alimentos de que resultam não só perdas de peso, mas também danos (enrugamentos, etc.) em alimentos como as frutas e os legumes. Por outro lado, uma humidade relativa excessivamente alta favorecerá a multiplicação de microrganismos capazes de provocar alterações. As variações de humidade, tal como as de temperatura, podem causar condensação de água na superfície dos alimentos, favorecendo o aparecimento de alterações causadas por microrganismos.

A regulação da ventilação ou seja da velocidade de circulação do ar na câmara de refrigeração ajuda a manter uma humidade relativa uniforme em toda a câmara, a eliminar os odores, entre os quais o cheiro a ranço. A velocidade de circulação do ar influi ainda na velocidade de secagem dos alimentos conservados nas câmaras de refrigeração.

O quadro seguinte mostra exemplos como variam a temperatura e a humidade relativa ótimas de conservação de alimento para alimento.



Quadro 5 - Temperatura versus humidade

Alimento	Temperatura (°C)	Humidade Relativa (%)
Alperces	-0,5 a 0	85-90
Pimentos	7,2	85-90
Couves	0	90-95
Limões	12,8 a 14,4	85-90
Melões	4,4 a 10	80-85
Nozes	0 a 2,2	65-70
Cebolas	0	70-75
Tomate maduro	4,4 a 10	85-90

A percentagem relativa dos gases componentes da atmosfera da câmara de refrigeração também tem influência no resultado final do processo de conservação. A composição da atmosfera de uma câmara de armazenamento pode variar ao longo do período de conservação, pois alimentos como os legumes e frutas continuam a “respirar” mesmo sob refrigeração, consumindo oxigénio e libertando dióxido de carbono.

No entanto, este parâmetro não é, habitualmente, controlado. Só mais recentemente se tem procedido a um controlo da composição da atmosfera dos locais de armazenamento, tendo mesmo sido introduzida a expressão “armazenamento sob atmosfera controlada”, a qual é estendida a outros processos de conservação que não a refrigeração.

O controlo da composição da atmosfera das câmaras é feito, sobretudo, por introdução ou eliminação de dióxido de carbono, introdução de ozono ou de azoto e, mais raramente, de outros gases inertes.

Existem estudos que demonstram que, sob uma determinada pressão de dióxido de carbono ou de ozono, certos alimentos permanecem inalterados durante mais tempo que em condições de refrigeração tradicionais. Foi ainda demonstrado que, nas mesmas condições de atmosfera controlada, se pode ter uma humidade relativa mais elevada sem que a qualidade da conservação seja alterada e que a temperatura de refrigeração pode ser mais elevada sem que haja uma diminuição do tempo de conservação do alimento.



Para a conservação em câmaras frigoríficas sob atmosfera controlada de dióxido de carbono são indicadas concentrações ótimas deste gás na ordem dos 2,5% para ovos frescos, de 10% para carne de vaca e de 100% para o bacon.

A utilização de fontes de radiação, como sejam os raios ultravioleta, potencia os efeitos conservantes da refrigeração. A sua utilização nas câmaras frigoríficas permite a utilização de temperatura e humidade mais elevadas que o normal. A utilização de radiações ultravioleta é já bastante utilizada nas câmaras frigoríficas de conservação de carne e de queijo.



*Figura 34 - A refrigeração prolonga o tempo de vida de frutas e legumes*

O armazenamento no frio permite aos agricultores colherem as frutas e hortaliças (fig. 34) antes de amadurecerem, mas depois de terem atingido seu pleno crescimento. Alguns alimentos amadurecem dentro das câmaras frigoríficas ou durante o transporte em vagões ou camiões-frigoríficos. As indústrias de processamento de carne usam o armazenamento em câmaras frigoríficas para amaciar a carne. Colocam a carne em câmaras frigoríficas durante sete a dez dias. O frio impede que os microrganismos estraguem a carne, mas permite que a ação lenta das enzimas amoleça os tecidos mais duros. Isso torna a carne mais macia.

O quadro 6 indica a temperatura de refrigeração adequada em função do período médio de armazenamento.



Quadro 6 - Refrigeração de Alguns Produtos Alimentícios

ALIMENTOS	Temperatura de Refrigeração (°C)	Período médio de Armazenamento (Dias)
Couve Flor	0	14 a 21
Alface	0	21 a 28
Manga	10	14 a 21
Abacaxi	4 a 7	14 a 21
Laranja	0 a 1,5	56 a 86
Morango	-0,5 a -1	49 a 70
Carne Bovina	0 a 1,5	7 a 12
Carne de Frango	0 a 1,5	5 a 15
Peixe	0	2 a 7

### 2.2.2. Congelação

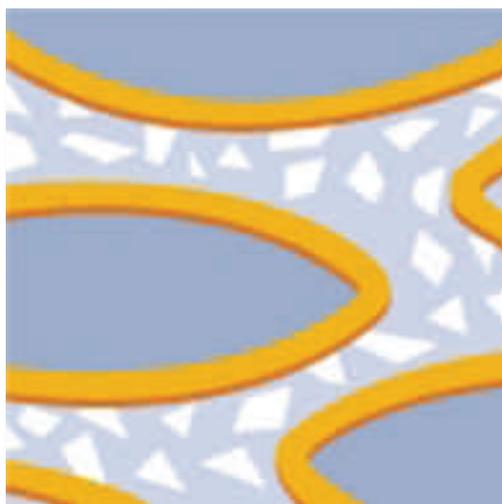
A congelação é o tratamento destinado aos alimentos que necessitam maior período de conservação. Um congelamento adequado, geralmente, utiliza temperaturas de -18°C ou menos.

Nos climas com temperaturas ambientes muito baixas, a congelação de alimentos ao ar livre é praticada desde há muitos séculos, com o objetivo de aumentar o seu prazo de conservação. Foi só com a descoberta da refrigeração mecânica e dos tratamentos de congelação rápida que começou a desenvolver-se uma indústria de conservação de alimentos por congelação e mesmo condições de conservação caseira por este método. Sob condições de congelamento, a atividade enzimática é reduzida a um mínimo e o crescimento microbiano é completamente inibido. Quanto mais baixa for a temperatura de armazenamento dos alimentos, menores serão as reatividades química ou enzimática, não se conseguindo no entanto (às temperaturas habitualmente utilizadas em congelação) anulá-las totalmente. Por esta razão, evita-se descer a temperaturas demasiado baixas, que têm custos muito elevados, utilizando-se alternativamente processos complementares de conservação, como no caso dos legumes que são escaldados (de modo a inativar totalmente as enzimas) antes de sua congelação.



A velocidade de congelação dos alimentos depende de uma série de fatores, tais como o procedimento de congelação utilizado, a temperatura de congelação, a velocidade de circulação do ar ou outro refrigerante, o tamanho e forma da embalagem que contém o alimento (são raros os casos de alimentos que podem ou devem ser congelados antes de embalados) e o tipo de alimento em questão. Consoante as várias combinações possíveis destes fatores, teremos diferentes processos de congelação: congelação penetrante ou lenta, congelação rápida, ou congelação com desidratação.

**Congelação penetrante** designa-se ao método de conservação realizado numa atmosfera na qual o ar circula apenas de forma natural ou, no máximo, é forçado por ventiladores. A temperatura pode variar entre  $-15^{\circ}\text{C}$  e  $-29^{\circ}\text{C}$ , sendo normalmente inferior a  $-23^{\circ}\text{C}$ , podendo a congelação durar de 3 a 72 horas. Este método é também conhecido por congelação lenta (fig. 35), por oposição ao processo de congelação rápida no qual o alimento é congelado num período de cerca de 30 minutos.



*Figura 35 - A água livre nos alimentos é a primeira a cristalizar nos métodos de congelação lenta*

A congelação rápida pode ser levada a cabo segundo um de três processos:

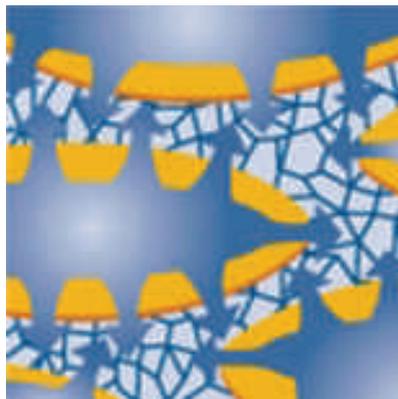
- (1) imersão ou aspersão direta do alimento (embalado ou não) num refrigerante, como por exemplo o azoto líquido (congelamento a uma temperatura muito baixa de  $196^{\circ}\text{C}$  negativos)
- (2) por contacto do alimento (ou embalagens) com uma tubagem pela qual circula um refrigerante (a uma temperatura entre  $-17,8^{\circ}\text{C}$  e  $-45,6^{\circ}\text{C}$ ), ou por injeção



de ar frio (entre  $-17,8^{\circ}\text{C}$  e  $-34,4^{\circ}\text{C}$ ) através dos alimentos. As vantagens da congelação rápida relativamente à congelação lenta são:

- formam-se cristais de gelo de menor tamanho, o que provoca uma menor destruição mecânica das células do alimento;
- o alimento solidifica mais rapidamente, sendo, por isso, menor o tempo de que dispõem os solutos para se difundirem e o gelo para se desagregar;
- o crescimento microbiano é inibido mais cedo;
- o retardamento da atividade enzimática é mais rápido.

É devido a estas vantagens que, ao serem descongelados, certos alimentos congelados pelo processo rápido (fig. 36) recuperam características mais semelhantes às originais do que os mesmos alimentos congelados pelo processo lento. Isto aplica-se, por exemplo, aos legumes, embora já no caso dos peixes não se conheçam vantagens apreciáveis de um processo sobre o outro.

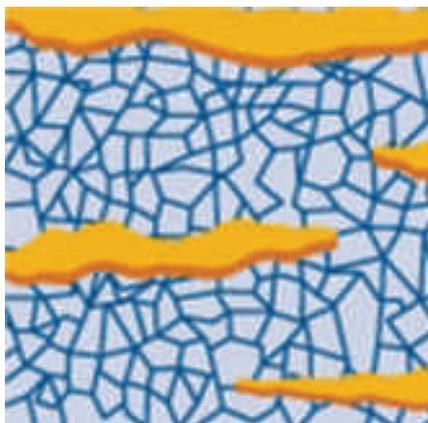


*Figura 36 - Assim que o equilíbrio da água é destruído, a água existente no interior das células do alimento começa a migrar para o exterior destruindo as paredes das mesmas. Quanto mais longo for o tempo de congelação, maior número de células destruídas*

Na congelação com desidratação procede-se a uma eliminação da água antes de submeter o alimento à congelação. Este é um processo aplicado às frutas e aos legumes. Os efeitos físicos da congelação têm grande influência no aspeto final do alimento. O alimento congelado aumenta de volume, formando-se também cristais de gelo, dependendo o seu tamanho do processo de congelação empregue. A água que forma



estes cristais é extraída das células, provocando um aumento da concentração de solutos no meio celular com uma conseqüente diminuição do seu ponto de congelação. Este aumento de concentração origina a desidratação e a desnaturação das proteínas e a formação de grandes cristais de gelo pode provocar a rotura das células dos tecidos constituintes do alimento (fig. 37).



*Figura 37 - Finalmente, os cristais de gelo tornam-se tão grandes que as células ficam completamente quebradas conduzindo a uma diminuição da qualidade do produto e a uma elevada perda de água quando o produto é descongelado ou reaquecido*

Durante o armazenamento sob congelação, de um alimento, pode ocorrer a sublimação dos cristais de gelo que se encontram na sua superfície, causando a chamada queimadura do congelador, que se traduz pela aparição de uma zona mais seca e granulosa na superfície do alimento.

Durante o processo de descongelação, quando se fundem os cristais de gelo, a água que os constitui pode ser reabsorvida pelas células ou ficar no exterior do alimento. Para se obter um alimento o mais parecido ao original é essencial que, se não toda, pelo menos a maior parte dessa água retorne às células, pelo que se deve proceder lentamente à sua descongelação, já que uma descongelação excessivamente rápida provocará uma maior perda de água. Por outro lado, a descongelação também não deverá ser muito lenta, já que a temperaturas mais altas as condições para o crescimento microbiano são favorecidas pelo exsudado do alimento. O ideal será que o alimento seja consumido imediatamente após a descongelação de modo a impedir um grande desenvolvimento de microrganismos. Alguns alimentos podem ser cozinhados sem serem descongelados antes.



Após a descongelação os alimentos não devem voltar a ser congelados porque ao voltar a congelar formar-se-iam grandes cristais de gelo os quais destruiriam os tecidos dos alimentos. No âmbito da conservação de produtos alimentares por congelação, deve ainda referir-se uma metodologia de crescente importância na indústria alimentar: os alimentos pré-cozinhados congelados. O tratamento de pré-cozedura destrói os microrganismos patogénicos do alimento cru e reduz extraordinariamente o número total de microrganismos existentes no mesmo.

Uma vez o alimento pré-cozinhado, é fundamental proteger o alimento de modo a que este não seja contaminado, já que os microrganismos contaminantes não teriam microrganismos competidores. E também porque o alimento pré-cozinhado constitui um melhor meio de crescimento do que o alimento cru, uma vez que as alterações proteicas e de outros nutrientes, proporcionadas pela cozedura, tornam o alimento de melhor digestão, não só para nós como também para os microrganismos. Nesse sentido, é fundamental a refrigeração ou congelação destes alimentos logo após a pré-cozedura. De modo semelhante, não se deve deixar estes alimentos sujeitos a temperaturas elevadas, durante muito tempo, a seguir à sua descongelação, o que os sujeitaria a uma fácil contaminação. Contrariamente ao suposto, a cozedura ou aquecimento final, antes do consumo, não elimina totalmente os novos contaminantes nestes alimentos pré-cozinhados.

O tempo de congelamento depende do tipo de alimento em questão, mas muitos alimentos podem ser mantidos por mais de um ano a temperaturas de - 20 °C.

A conservação nos frigoríficos a 4 °C (refrigeração) apenas mantém as propriedades dos alimentos por curtos períodos de tempo, pois existem organismos com capacidade de se reproduzirem entre os 0 e os 7 °C.

Na congelação e na refrigeração interrompe-se o ciclo de vida dos microrganismos, sendo as enzimas inibidas pelas baixas temperaturas.

### 2.2.3. Criogenia

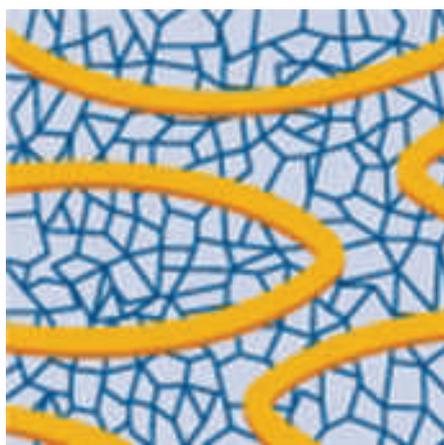
Os hábitos alimentares do mundo moderno incluem cada vez mais os produtos congelados. Têm sido desenvolvidos métodos de congelação cada vez mais naturais e rápidos, e que também garantem uma grande versatilidade e qualidade.



O processo de conservação por criogenia tem por finalidade a manutenção de produtos ou substâncias a temperaturas inferiores às ambientais de modo a evitar que se produção alterações sensíveis nos alimentos que possam modificar as características de cor, aroma, textura e valor nutricional, geralmente prejudicadas noutros processos de conservação. Por sua vez, a criogenia tem por base a simples transferência de calor entre o produto a congelar (temperatura superior) e o fluido criogénico (temperatura inferior) transversalmente à segunda lei da termodinâmica, segundo a qual o calor é sempre transferido do corpo mais quente para o corpo mais frio.

No sector agroalimentar, a criogenia (fig. 38) é assim uma aplicação muito importante nos processos de produção e fabrico de alimentos com uma qualidade organolética superior.

Atualmente entende-se por criogenia toda a técnica passível de ser usada na obtenção e na aplicação de temperaturas extremamente reduzidas, entre  $-150^{\circ}\text{C}$  e  $-196^{\circ}\text{C}$ , que não se encontram de forma natural nem no planeta Terra, nem no espaço envolvente.



*Figura 38 - A estrutura orgânica das células permanece inalterada quando a tecnologia de ultracongelamento é aplicada*

A nível industrial a conservação por criogenia é considerada de ultracongelamento por permitir uma congelação muito rápida dos alimentos através do contacto dos alimentos com fluidos criogénicos ou através de equipamentos mecânicos. No arrefecimento muito rápido proporcionado não há tempo para que os cristais inicialmente formados cresçam, formando-se muitos microcristais no interior das células dos alimentos.

A rápida passagem através do intervalo entre  $0^{\circ}\text{C}$  e  $-5^{\circ}\text{C}$  evita o rompimento das paredes celulares e conseqüentemente o intenso deslocamento de água e nutrientes de dentro



para fora das células na congelação e após a descongelação, evitando deste modo alteração nas características dos alimentos.

Os fluidos criogénicos são produtos obtidos e utilizados pela criogenia, sendo os seus principais compostos: o azoto, o dióxido de carbono, acetileno, árgon, oxigénio, hélio e hidrogénio.

A sua primeira utilização remonta a meados dos anos 90 do séc. XIX onde foi usado o dióxido de carbono para o transporte ferroviário de frutas sem o recurso à refrigeração. Mais tarde em 1930 foi usado no transporte comercial de carne. Em 1958 teve lugar a primeira comercialização e utilização da congelação criogénica. Na década de 60 do séc. XX foi utilizado em conjunto, o transporte refrigerado com a atmosfera modificada. Finalmente, em 1980 aprova-se a utilização do azoto e do dióxido de carbono para o armazenamento de todo o tipo de produtos frescos, processados e vegetais.

Utilizando a ultracongelação criogénica (fig. 39), a água no interior e exterior das células congela à mesma velocidade, assegurando a manutenção da estrutura das células intacta e portanto a manutenção da frescura, sabor e textura do alimento - como se nunca tivesse sido congelado.



*Figura 39 - Ervilhas congeladas por criogenia*

### *Utilização*

Relativamente à indústria alimentar, é muito frequente o uso de fluidos criogénicos, principalmente do dióxido de carbono e do azoto. O dióxido de carbono é aplicado sobretudo no arrefecimento de câmaras e contentores de transporte, através da neve carbónica ao mesmo tempo que cria um ambiente inerte. É também usado



no processamento de alimentos em túneis de congelação para assegurar baixas temperaturas e uma atmosfera inerte que, inibe o crescimento microbiológico, conservando a qualidade final do produto. Com a utilização do azoto na congelação de géneros alimentícios, consegue-se uma rápida congelação, conseguindo-se manter as características do produto ao mesmo tempo que se evita a perda de peso.

Requisitos que devem cumprir os fluidos criogénicos são:

- Poder ser libertados para a atmosfera sem risco para os utilizadores e para o meio ambiente;
- A sua ebulição ou sublimação deve ocorrer a temperatura suficientemente baixa que possibilite a sua utilização em processos de refrigeração ou congelação.

**Na escolha do agente criogénico deve-se considerar:**

- Compatibilidade com o alimento a processar;
- Facilidade de operação;
- Temperatura de mudança de estado (não é fator limitante);
- Custo da operação.

**Utilização de Azoto versus CO<sub>2</sub>:**

- Azoto (fig. 40) é um gás inerte (não ataca produtos nem equipamentos nem material de embalagem);
- O azoto pode causar danos irreversíveis em produtos vivos refrigerados (frutas e legumes) e condições anaerobiose (necessidade de soluções adequadas);
- O CO<sub>2</sub> pode combinar-se com a água e formar ácidos que podem deteriorar produtos, embalagens e equipamentos;
- Sensibilidade diferente para distintas espécies vegetais (não ultrapassar as concentrações máximas nos locais refrigeração).



*Figura 40 - Carne congelada com azoto*



A congelação criogénica utiliza fluidos no estado líquido que são excelentes condutores de calor quando comparados com gases, resultando num aumento da velocidade de congelação quando comparada com a congelação mecânica. A criogenia possibilita ainda transferências térmicas muito grandes com investimentos razoáveis.

Existe uma enorme quantidade de equipamentos (fig.41) com a finalidade de promover uma congelação eficaz através da utilização de fluidos criogénicos.

No esquema seguinte mostra-se detalhadamente a classificação destes equipamentos, sendo que podem ser divididos em duas partes: por contacto directo e indirecto.



Figura 41 - Classificação dos equipamentos criogénicos (Khadatkar et al., 2004)

## Equipamento Criogénico

O equipamento criogénico divide-se basicamente em dois grandes grupos:

- 1) Dinâmico - TÚNEL CRIOGÉNICO
- 2) Estático - ARMÁRIO CRIOGÉNICO

### Congeladores de contacto directo

Uma vez que os fluidos no estado líquido são excelentes condutores de calor quando comparados com os gases, o contacto directo e envolvente entre o fluido refrigerante e o produto disponibiliza uma congelação mais rápida. Pode no entanto ser obtido um ganho na transferência de calor através do uso de técnicas de fluxo turbulento.



### *Congelador de Imersão*

Este tipo de equipamento (fig. 42) tem uma enorme capacidade de permuta de calor, uma das mais elevadas, sendo por isso ideal para produtos que necessitam do mínimo tempo possível para a sua congelação, adaptando-se muito bem a produtos difíceis de congelar separadamente. Esta congelação pode ser feita por meio de cintas transportadoras ou por espiral.



*Figura 42 - Congelador por imersão*

### *Congelador de Imersão por cintas transportadoras*

Por sua vez os congeladores deste tipo são divididos pela sua disposição longitudinal, podendo ser verticais ou horizontais.

Este tipo de equipamento consiste fundamentalmente num sistema de transporte dos géneros alimentícios, bem como num sistema de controlo de velocidade da cinta e do fluxo de reposição do fluido criogénico. Em ambos os casos o tapete transportador com o produto a congelar passa pelo banho de azoto líquido.

O tempo em que o produto está em contacto com o fluido pode ser ajustado através da velocidade do tapete, enquanto o azoto gasoso é libertado como desperdício para a atmosfera. O desenho deste tipo de equipamento bem como o seu controlo são relativamente simples e não tem o problema de transporte manual do material ao longo do processo.

Facilmente se consegue uma enorme quantidade de produto congelado num espaço relativamente reduzido, o que beneficia pequenas industriais.

Este processo ajuda a preservar o sabor, humidade e evita perdas de peso, no entanto a qualidade da textura do produto é afetada devido ao choque térmico. Embora os

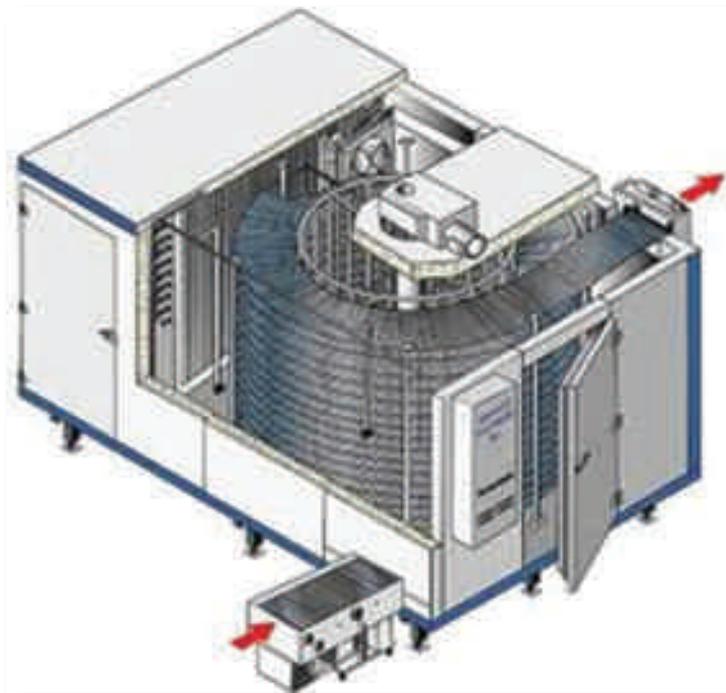


princípios de funcionamento dos dois equipamentos sejam semelhantes, o vertical tem a grande vantagem de ocupar uma menor área e de necessitar de uma menor potência quando comparada com o congelador horizontal de igual capacidade.

### *Congelador de Imersão em espiral*

Este equipamento (fig. 43) é constituído por um cinto de transporte em espiral em volta de um tambor central que por sua vez se encontra dentro de uma caixa, de forma cúbica ou cilíndrica, bem isolada. Esta caixa contém no seu interior fluido criogénico no estado líquido por onde passa o cinto de transporte do produto.

Normalmente o produto entra pelo topo da espiral e sai, já congelado, pelo fundo da caixa. O uso do congelador por imersão tem duas desvantagens, nem a taxa de congelamento do produto nem os danos provocados nas células podem ser controlados.



*Figura 43 - Congelador por espiral*

### *Congelador por Pulverização*

A imersão direta no fluido causa uma rápida queda na temperatura do produto muitas vezes excessiva o que pode levar ao aparecimento de defeitos tais como danos na textura do produto. Apesar disto, alguns congeladores modernos por imersão continuam a ser usados em determinadas aplicações.

A técnica de congelação criogénica por pulverização é muito menos severa para o produto, sendo por isso usada mais frequentemente, quer na versão em túnel quer na



versão em espiral. De facto, ambas são muito populares neste segmento de indústria. O custo de congelação neste tipo de congelador varia muito, dependendo da quantidade de fluido criogénico (fig. 44) a usar, uma vez que é função da taxa de evaporação de cada gota individual que sai do difusor da máquina, do grau de contacto entre as gotas de fluido, da superfície do produto e do diâmetro inicial de cada gota.



*Figura 44 - Pulverizador de fluido criogénico*

### *Congelador por Pulverização em túnel*

O túnel por pulverização (fig. 45) divide-se em três partes, uma secção de pré-arrefecimento, uma de congelação e outra de equilíbrio térmico.

Na primeira, o produto transportado pela cinta entra em contacto com o fluxo em contra corrente de azoto na fase gasosa a uma temperatura próxima de 223° Kelvin, ou seja, -50°C.



*Figura 45 - Congelador por pulverização em túnel*

À medida que o produto avança no túnel, o azoto gasoso congela-o parcialmente retirando-lhe até 50% do seu calor.





Figura 46 - Pizas a sair de um congelador por pulverização em túnel

O produto passa então para a secção de congelação onde é borrifado com gotículas de azoto líquido (fig. 46), perdendo o restante calor através da mudança de estado do fluido refrigerante. A última secção do túnel disponibiliza alguns segundos para que a temperatura do produto estabilize atingindo o equilíbrio (fig. 47).

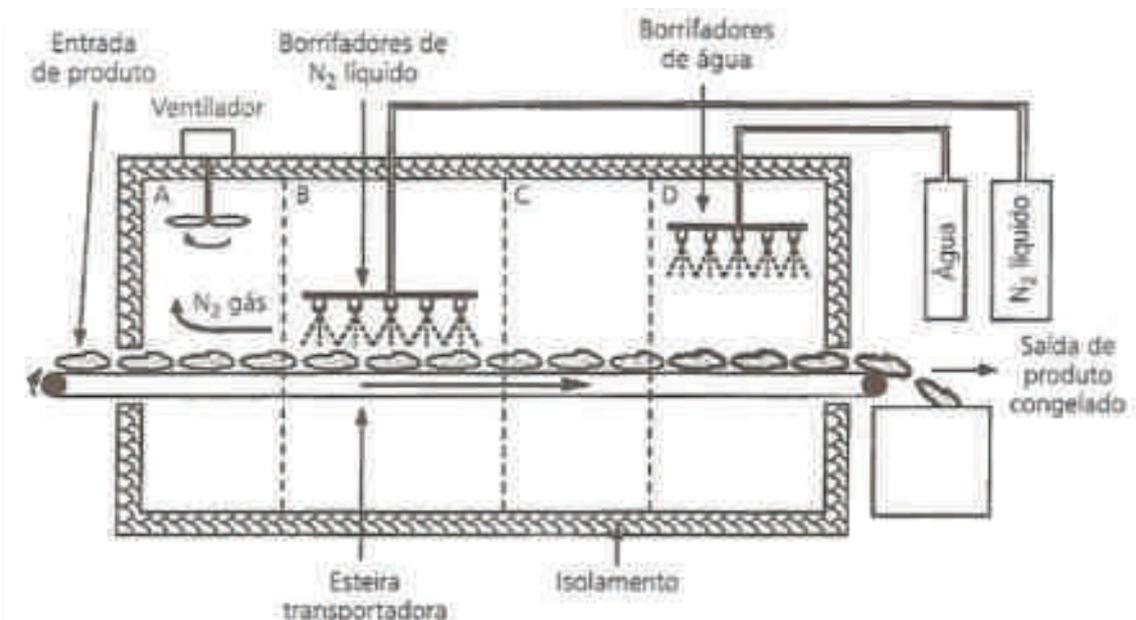


Figura 47 - Congelador por aspersão, esquema de funcionamento. A- Zona de pré arrefecimento, B - Zona de congelação; C - Zona de equilíbrio; D - Zona de vitrificação.

Pode haver duas configurações neste túnel, a horizontal e a vertical. Enquanto na horizontal necessita de ventiladores na secção de pré arrefecimento para promover um



escoamento turbulento, aumentando as trocas de calor, o vertical não necessita de tais componentes uma vez que o próprio gradiente vertical de temperatura se encarrega de tal função.

### *Congelador por Pulverização em espiral*

Este congelador (fig. 48) tem uma forma muito semelhante ao congelador de imersão em espiral. É constituído por um grande tambor circular ou quadrado que é envolvido pela cinta transportadora desde o topo até fundo. O produto é pulverizado diretamente com gotículas de fluido criogénico a fim de lhe retirar o seu calor, principalmente pela via do seu calor latente.



*Figura 48 - Congelador de pulverização em espiral*

Este congelador por pulverização em espiral é mais económico do que a pulverização em túnel da mesma capacidade, uma vez que tem um menor consumo de fluido criogénico e um menor custo de operação. No entanto a taxa de remoção de calor é inferior a outras soluções criogénicas. A sua cinta transportadora pode ter um comprimento superior a 100 metros, o que possibilita altas taxas de produção.

### **Congelação de contacto indireto**

Neste tipo de equipamento, o fluido criogénico não entra em contacto com o produto, uma vez que há uma separação física de metal entre eles, sendo que a transferência de



calor ocorre principalmente por condução. Estes congeladores têm inúmeras vantagens das quais se destacam:

- Há menor possibilidade de ocorrer queimaduras frias e desidratação no produto uma vez que não existe contacto direto entre este e o fluido refrigerante;
- A temperatura dentro do congelador pode ser controlada através da regulação da válvula solenóide, resultando numa melhoria significativa na poupança do fluido refrigerante e conseqüentemente do seu custo;
- As câmaras frigoríficas são compactas e por isso fáceis de instalar;
- Como o desenho do sistema é muito simples e robusto, quando aliados a uma cuidada seleção de componentes, assegura-se muitos anos de fácil operação sem grandes problemas de manutenção;
- Ocupa uma área de espaço reduzida.

No entanto tem uma grande desvantagem uma vez que a sua produção encontra-se limitada a algumas centenas de quilos de produto por hora. Dependendo do tipo de aplicação, pode ser usado azoto líquido como também dióxido de carbono líquido. Existem duas configurações possíveis, a vertical e a horizontal.

### *Congelação vertical*

Este tipo de sistema (fig. 49) tem um volume que normalmente não excede os 500 litros. Este equipamento requer mais espaço para a abertura de portas do que o congelador horizontal, no entanto oferece uma maior facilidade na introdução e remoção dos géneros alimentícios.



*Figura 49 - Congelador Vertical*



### Congelação horizontal

Este equipamento (fig. 50) tem geralmente um volume compreendido entre os 100 e os 700 litros armazenando cerca de 20% mais produto do que o congelador vertical. Tem como desvantagem o difícil acesso ao material que foi depositado em primeiro lugar, dificuldade semelhante às existentes nas arcas congeladoras domésticas.



Figura 50 - Congelador horizontal

### Congelação mista

A criogenia e a congelação clássica são técnicas distintas que possuem o seu próprio campo de atuação na congelação de géneros alimentícios onde cada uma delas possui as suas vantagens e os seus inconvenientes.

A congelação mista é uma técnica de congelação, que tem como objetivo o aproveitamento das vantagens oferecidas pela congelação clássica e pela criogénica. O seu princípio de funcionamento é a junção destes dois túneis, num só, de modo a que o produto passe pela parte clássica do túnel e em seguida pela parte criogénica, ou vice-versa. Assim consegue-se obter uma enorme qualidade no produto sem ter um grande custo de utilização associado ao consumo de fluido criogénico.

Caso se introduza a criogenia antes do frio mecânico obtém-se um endurecimento superficial ao mesmo tempo que se passa a zona da congelação de forma rápida, evitando assim a formação de grandes cristais de gelo, obtendo-se uma qualidade semelhante a um túnel criogénico. Por outro lado, evita-se a vaporização de água da camada exterior do produto, resultando numa diminuição de perdas bem como uma diminuição do congelamento nos evaporadores devido à redução da humidade.



Se a criogenia vier a seguir ao frio mecânico, consegue-se um expressivo aumento da capacidade de produção, que pode mesmo a duplicar, mantendo um baixo consumo de azoto. Este aumento de produção pode ser especialmente relevante para aumentos sazonais de produto a congelar.

### *Vantagens da tecnologia criogénica*

A tecnologia criogénica apresenta como principais vantagens competitivas:

- Fiscalização mais rigorosa nas indústrias e áreas alimentares. A entrada em vigor das regras muito restritivas do HACCP limita a utilização de determinados componentes de produtos químicos em áreas alimentares, o processo criogénico é o indicado para estes casos;
- Impossibilidade e/ou dificuldades de aplicação das técnicas tradicionais;
- Processo eficaz e seguro;
- Aumento de produção e da qualidade dos produtos produzidos;
- Processo higiénico e a seco. Devido às características não tóxicas e bacteriostáticas do CO<sub>2</sub>, evita-se a proliferação de microrganismos e bactérias, muito conveniente em áreas alimentares;
- Equipamento simples de investimento moderado, onde tem maior peso o custo do fluido criogénico;
- Velocidade de arrefecimento muito rápida (elevado coeficiente de filme);
- Congelação instantânea da superfície do alimento (evita a desidratação dos alimentos);
- É uma tecnologia amiga do ambiente. As atuais exigências ambientais são um forte aliado na aplicação desta técnica, uma vez que não são utilizados quaisquer produtos químicos, solventes ou outros materiais que de algum modo sejam agressivos para o ambiente. Inexistência de produção de resíduos do agente decapante, só restos do contaminante.

### *Principais aplicações Indústria Alimentar*

- Linhas de produção de pizzas, bolachas, doces, enchidos de carnes, peixe, etc.



- Equipamentos de produção (batedoras, moldes, fornos, picadoras, etc.)
- Cadeias de produção (correias, tambores, transportadores, etc.)
- Remoção dos resíduos carbonizados nos fornos, tapetes, misturadores e congeladores
- Resíduos de cola nas etiquetadoras
- Torrefação de café

#### 2.2.4. Liofilização

No ponto 2.1.6.3 já se fez uma breve referência a este processo de conservação uma vez que combina duas técnicas de conservação dos alimentos, a desidratação e a congelação.

**Desidratação por congelação ou liofilização** - Utiliza o princípio baseado num aumento da pressão (vácuo com pressões entre 27-133 Pascal). O produto congelado é introduzido na câmara de vácuo, onde a água, é removida através da sublimação, evitando danos devido ao calor. Consegue-se evitar, quase na totalidade, a perda de qualidades sensoriais, ou seja, as propriedades que são reconhecidas pelos sentidos. No entanto este processo requer uma grande quantidade de energia uma vez que necessita que a unidade compressora e o sistema de refrigeração operem durante um largo período de tempo, o que o torna demasiado caro para o uso comercial.

A liofilização (fig. 51) tem por função desidratar uma solução congelada, impedindo o seu descongelamento, enquanto se processa a evaporação; deste modo, a solução reduzida à massa gelada, “sublima” o próprio solvente e transforma-se diretamente em substância seca. Ou seja, a liofilização remove a água e outros solventes do produto congelado pelo processo de sublimação.

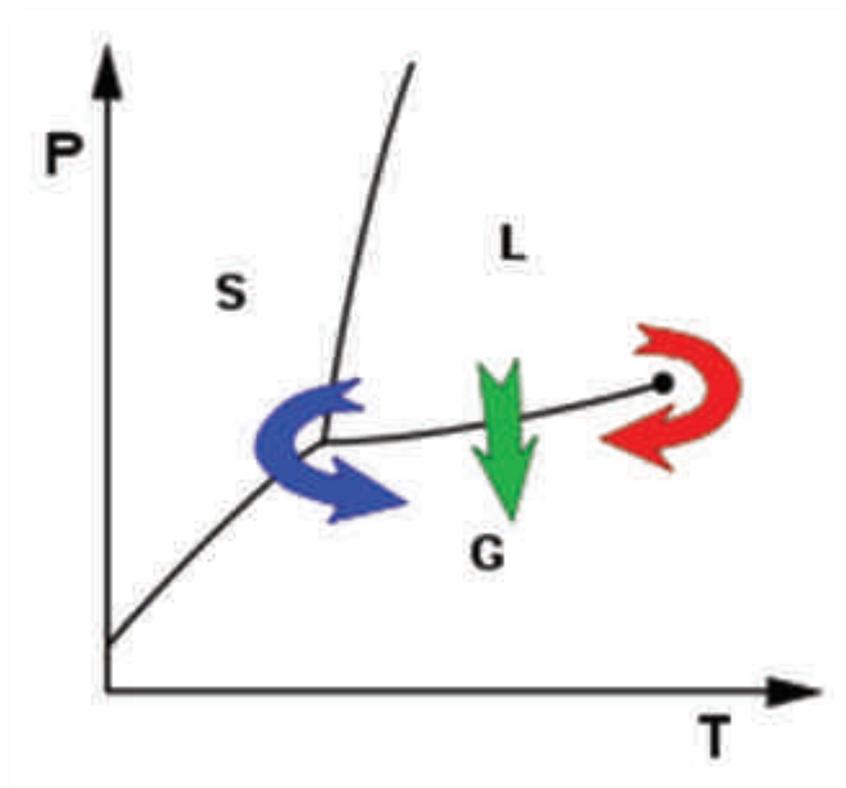


*Figura 51 - Frutos vermelhos congelados por criogenia*



A sublimação ocorre quando a água no estado sólido é convertida diretamente em vapor de água, sem passar pelo estado líquido.

A liofilização só pode ocorrer quando a temperatura e a pressão parcial do vapor da água forem inferiores às do ponto triplo da água (610 Pascal à temperatura de 0,01 °C, para a água pura) (fig. 52).



*Figura 52 - No diagrama de fase típico, o limite entre o gás e o líquido funcionam do ponto triplo ao ponto crítico. A Liofilização (seta azul) traz o sistema em torno do ponto triplo, evitando a transição do líquido-gás vista na secagem ordinária (seta verde).*

### **Etapas da Liofilização:**

- 1 - CONGELAÇÃO (< 0°C) - A água é separada dos constituintes hidratados do produto (cristais de gelo formados).
- 2 - SUBLIMAÇÃO - Secagem Primária (eliminada 90% da água - produto com 15% de humidade). A água sublimada da massa do produto (cristais) é sublimada.
- 3 - DESSECAÇÃO - Secagem Secundária (eliminada 10% da água - água ligada - produto desidratado até 2% de humidade). O gelo é sublimado e, dependendo do produto, há remoção de 95% da água; a humidade residual é extraída do produto já quase seco e é reduzida ao mínimo de 0,1%. A água é eliminada por evaporação a vácuo (20-60°C)



**Aplicações mais comuns da liofilização na indústria alimentar:**

Sopas desidratadas solúveis

- Frutas (fig. 53) e hortaliças
- Café solúvel



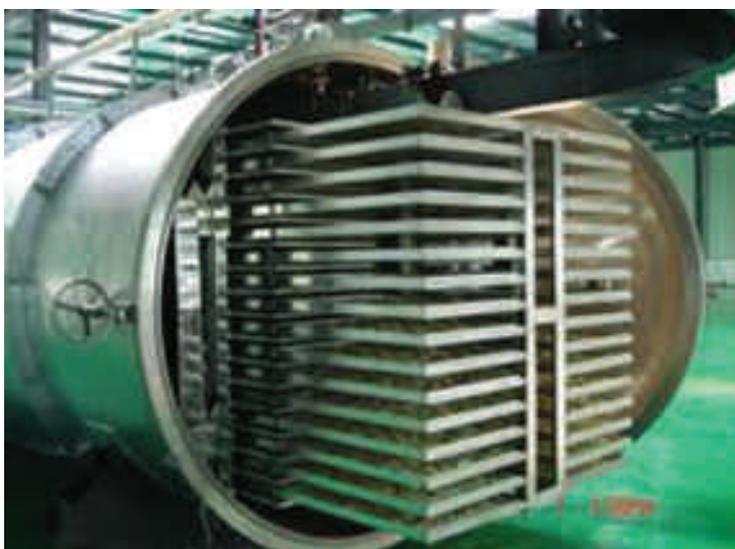
*Figura 53 - Frutas Liofilizadas*

**Equipamentos de Liofilização**

Componentes de um liofilizador:

- Sistema de arrefecimento do produto (pode não ter)
- Equipamento para produção de vácuo
- Sistema de aquecimento do produto (condução ou radiação)
- Condensador frigorífico para converter o vapor produzido em gelo

**Sistemas descontínuos** (fig. 54) (pequena-média escala)



*Figura 54 - Liofilizador  
descontínuo*



## Sistemas contínuos



Figura 54 - Liofilizador contínuo

## Liofilização versus Secagem em Fase Líquida

### Vantagens:

- Produtos com estrutura inalterada, fáceis de transformar em pó e de dissolver, fáceis de reidratar;
- Reduzidas alterações nos nutrientes, cor, aroma e gosto (alimentos) e mínima perda de atividade em materiais sensíveis ao calor (microrganismos);
- Produtos liofilizados tem melhor qualidade que os mesmos produtos desidratados por outros métodos;
- Processo não poluidor, água residual baixa (1 a 3%), fácil de armazenar e de transportar.

### Desvantagens:

- Equipamento muito caro (3 vezes mais que em outros métodos de secagem), difícil de atingir a temperatura de liofilização ( $-60^{\circ}\text{C}$ ), bombas de vácuo muito potentes;
- Custo energético muito caro (2-3 vezes mais que em outros métodos de secagem);



- Processo muito demorado (mais do 24 horas);
- Produtos (fig. 56) com facilidade de hidratar e frágeis pelo que devem ser cuidadosamente embalados e armazenados.



*Figura 56 - Alimentos liofilizados*

#### Quando utilizar a liofilização?

- Produtos instáveis;
- Sensível ao calor;
- Quando a rápida e completa reidratação é requerida;
- Produtos de elevado valor;
- Minimização do peso;
- Não é aconselhável o armazenamento em refrigeração ou congelação.

### 2.3. Adição de produtos químicos

A adição de produtos químicos aos alimentos tem o propósito de evitar o desenvolvimento de contaminações e alterações nos produtos alimentares.

A **Cura** retarda o crescimento dos microrganismos dentro dos alimentos e geralmente destrói muitos deles na superfície dos alimentos. A cura (fig. 57) consiste em salgar, defumar, cozinhar e secar, ou em alguma combinação desses tratamentos. Em alguns tipos de cura, determinados compostos químicos além do sal podem ser usados, mas as quantidades e tipos desses compostos são regulamentados. Há leis que proíbem o uso de produtos químicos que possam causar doenças na população. Entre os produtos mais usados estão o sal, o açúcar, o vinagre e o fumo de lenha. Outros produtos químicos permitidos em alguns alimentos são os nitritos de sódio e de potássio, o anidrido



sulfuroso e o ácido benzoico. A quantidade de nitrito de sódio usada na cura deve ser limitada. Em certas condições, o nitrito de sódio pode-se combinar com outros produtos químicos e formar compostos que podem causar cancro.



*Figura 57 - Presunto curado*

### 2.3.1. Salga

O sal (cloreto de sódio) é usado como conservante químico devido à sua capacidade de reduzir a atividade da água ( $a_w$ ) e assim exercerem uma ação prejudicial sobre o crescimento microbiano. O cloreto de sódio pode ser diretamente adicionado aos alimentos (fig. 58) ou então ser utilizado em salmouras ou soluções conservantes. A sua eficiência é diretamente proporcional à sua concentração e à temperatura.



*Figura 58 - Bacalhau salgado*



A conservação por salga impede a proliferação dos microrganismos, além de dificultar a ação dos mesmos. Com esse processo, a carne conserva-se por cerca de 2 a 3 meses, podendo ser usada em carne de vaca, porco e búfala e em peixes. Esse é o método mais fácil de conservação.

A salga é o método de conservação mais utilizado em carnes. Consiste em adicionar grande quantidade de sal de cozinha (cloreto de sódio) ao alimento. O sal desidrata o alimento e cria um ambiente desfavorável à sobrevivência dos microrganismos. O bacalhau (fig. 58) e a carne-seca são conservados por esse processo.

Como o sal tem gosto muito forte, só pode ser usado em grandes quantidades em alimentos nos quais ele acrescente sabor, como nas carnes de vaca, de porco e de peixe. Geralmente coloca-se esse tipo de alimento em soluções de água salgada para que absorva o sal ou esfrega-se sal seco até que penetre no alimento.

### ***Salmouras***

A salmoura é tradicionalmente a mistura de água com sal e é normalmente usada para congelar pescado como por exemplo sardinhas. Neste banho, ao mesmo tempo que se congela, salga-se o produto, uma vez que há contacto direto com o fluido rico em sal.

## **2.3.2. Fumagem**

A fumagem é um processo de secagem de alimentos amplamente utilizado.

Os enchidos de carnes (fig. 59) são uma forma de conservação na qual são utilizados temperos e o fumo. Neste processo, depositam-se na superfície dos alimentos substâncias provenientes da combustão da madeira, muitas das quais têm poder bactericida; para além disso, normalmente o fumo está misturado com ar quente, o que também promove uma desidratação parcial do produto, aumentando a sua capacidade de resistir aos fatores deterioradores.



*Figura 59 - Enchidos de carne fumados*



A fumagem dos alimentos favorece a sua conservação ao impregnar a superfície destes com os conservantes químicos contidos no fumo da madeira. Os fumos utilizados na conservação de alimentos são obtidos, geralmente, a partir da queima de madeiras duras, como a nogueira.

O fumo contém diversos compostos voláteis, com ação bacteriostática e bactericida. Supõe-se que, entre estes compostos, os mais eficazes são o formaldeído, os cresóis e os fenóis. Entre os restantes compostos existentes no fumo de madeira contam-se: ácidos alifáticos, álcoois primários e secundários, cetonas, aldeídos, ceras, resinas, etc.

Este processo de secagem tem, no entanto, a desvantagem de poder também transmitir, ao alimento, alguns compostos, provenientes da madeira, suspeitos de toxicidade.

**Fumo de lenha** - contém produtos químicos que retardam o desenvolvimento dos microrganismos. No entanto, a defumação modifica o cheiro e o gosto dos alimentos. Os fabricantes de produtos alimentícios só usam esse método para conservar carnes e peixes, porque o fumo não estraga o seu gosto e transmite alguns dos seus aromas ao alimento. O fumo conserva bem a carne e o peixe quando é combinado com a salga e a secagem. As carnes que vão ser defumadas, como presunto, toucinho e outros produtos curados com sal, são pendurados num *defumadouro*. O fumo vem de um fogo de combustão lenta.

Um dos métodos modernamente empregues para prevenir estes efeitos nocivos é a fumagem eletrostática (fig. 60), utilizada nomeadamente na secagem do salmão. Este método consiste na passagem de fumo frio (a temperaturas inferiores a 40°C, as moléculas carcinogénicas condensam e não vêm contaminar o alimento) por uma grelha de metal, eletricamente carregada, a qual transmite uma carga elétrica ao fumo. O fumo assim carregado vai ligar-se à superfície do peixe, devido à existência de uma diferença de potencial (o tapete rolante que transporta o salmão está também carregado).



Figura 60 - Cabine de Fumagem



Este método, além das vantagens ao nível da saúde, reduz ainda o tempo de tratamento de cerca de três horas para quinze minutos, daí resultando uma menor secagem do interior do alimento. O método pode ser aplicado a outros alimentos, no entanto a sua eficácia está condicionada pela espessura do alimento a fumar.

### *2.3.3. Aditivos (de acordo com a legislação em vigor)*

Os **aditivos alimentares** têm vindo a ser cada vez mais utilizados nos últimos anos, e podem ser definidos como compostos adicionados aos alimentos alterando as suas características, como o sabor, a cor, a preservação e o conteúdo nutritivo. A adição de aditivos visa:

- alterar a textura ou consistência dos alimentos, com adição de estabilizantes;
- melhorar o valor nutricional, pela adição de vitaminas ou sais minerais;
- intensificar o sabor e o aroma, pela adição de aromatizantes e acidulantes;
- intensificar ou alterar a cor, pela adição de corantes;
- diminuir o valor calórico, substituindo açúcares por edulcorantes;
- impedir ou retardar a oxidação das gorduras, pela adição de antioxidantes;
- impedir ou retardar a ação de microrganismos, pela adição de conservantes.

O consumo de aditivos deverá ser moderado, com quantidades diárias bem definidas, para que não se tornem perigosos para a saúde humana.

Os aditivos alimentares são vários de acordo com as suas funções a desempenhar nos alimentos, pelo que aqui somente vão ser referidos os aditivos que tem por função a conservação dos alimentos, os restantes sempre que seja oportuno serão mencionados nos módulos seguintes.

Os conservantes impedem o alimento de apodrecer e permitem que o consumidor compre uma variedade de produtos disponíveis fora da estação usual. Os alimentos estragam-se com facilidade: as bactérias fazem a estrutura apodrecer e putreficar; as enzimas causam mudanças inaceitáveis como escurecimento; algumas células das partes danificadas morrem, levando à descoloração e eventualmente ao apodrecimento; as gorduras tornam-se rançosas como resultado da oxidação.

Os conservantes tradicionais incluem o sal, o vinagre, o álcool e os temperos.



Os conservantes químicos têm por objetivo reduzir, ou mesmo eliminar, a atividade microbiana e enzimática e ainda impedir as reações químicas causadoras de alterações prejudiciais aos alimentos. Os fatores que influenciam a eficácia dos conservantes químicos são:

- A sua concentração;
- O tipo e quantidade de microrganismos contaminantes;
- A temperatura;
- O momento em que são adicionados;
- As propriedades físico-químicas (humidade, pH, tipo e concentração de solutos, tensão superficial, existência de colóides ou outras substâncias protetoras) do alimento.

Um conservante químico ideal deveria obedecer aos seguintes requisitos: atividade antimicrobiana de espectro largo, não tóxico para as pessoas e os animais, não ter influência no sabor nem no aroma do alimento original, não ser inativado pelo alimento ou substâncias nele existente, não estimular o aparecimento de microrganismos resistentes e destruir os microrganismos.

Os conservantes químicos que se adicionam aos alimentos podem ser divididos em três grupos:

- 1) Aditivos não definidos como tal pela lei - ácidos orgânicos naturais (lático, málico, acético, etc.) e seus sais, cloreto de sódio, açúcares, especiarias e seus óleos, fumo de madeira, dióxido de carbono e azoto.
- 2) Substâncias reconhecidas como inócuas - compreendem o ácido propiônico e os seus sais de sódio e potássio, o ácido caprílico, o ácido sórbico e os sorbatos de potássio, sódio e cálcio, o ácido benzóico e os seus sais, os derivados do ácido benzóico como sejam o metilparabeno e o propilparabeno, o diacetato de sódio, o dióxido de enxofre, os sulfitos e metabissulfitos de sódio e potássio e o nitrito de sódio.
- 3) Aditivos autorizados para uso como tal - neste grupo incluem-se todos os aditivos não citados nos dois outros grupos. Apenas podem ser utilizados após provada a sua inocuidade para o homem e para os animais.



O ácido cítrico é utilizado nos xaropes, nas bebidas, nas compotas e gelatinas simultaneamente como conservante e substituinte dos sabores a citrinos. Os ácidos láctico e acético, são adicionados, entre outros, a salmouras. Os propionatos de sódio e cálcio são utilizados para impedir o aparecimento de viscosidade nos produtos de padaria e como inibidores do crescimento de bolores nalguns queijos. A sua eficácia é baixa contra leveduras e bactérias e diminui com o aumento do pH.

O benzoato de sódio é muito utilizado nos alimentos como agente antimicrobiano, nomeadamente nas compotas, geleias, margarinas, bebidas gaseificadas, saladas e sumos de frutas, etc. Este composto tem baixa atividade a valores de pH próximos da neutralidade, sendo máxima entre 2,5 e 4,0. O metilparabeno e o propilparabeno são também frequentemente utilizados. Estes compostos, tal como os ésteres butílico e propílico do ácido benzóico (de uso menos frequente) têm como vantagem maior eficácia a valores de pH um pouco mais elevados que os restantes benzoatos.

O ácido sórbico, tal como os seus sais de cálcio, sódio e potássio, são diretamente empregues como aditivos antimicrobianos e também sob forma de “spray”, solução, ou ainda no revestimento dos materiais de embalagem. A sua utilização é comum nos queijos e seus derivados, produtos de padaria, bebidas, xaropes, compotas e geleias, sumos e saladas de frutas, margarinas, etc. São eficazes contra bolores e leveduras e a baixos valores de pH, embora sejam mais eficazes que o benzoato de sódio a valores superiores a 4,0.

Alguns derivados do ácido acético, como o ácido monocloroacético, o ácido dehidroacético e o diacetato de sódio, são vulgarmente utilizados como conservantes ainda que com reservas legais. O ácido dihidroacético é utilizado para impregnar os invólucros dos queijos, com o fim de inibir o crescimento de bolores. O ácido acético atua como conservante da maionese, molho de tomate, enchidos, pickles, etc. Este composto é mais eficaz contra as bactérias e leveduras que contra os bolores, sendo particularmente efetivo a valores baixos de pH.

Misturas e soluções de nitritos e nitratos de sódio ou de potássio têm sido empregues na conservação de alimentos à base de carne. Estes sais decompõem-se formando óxido nitroso, o qual, ao reagir com os hemopigmentos da carne origina um composto chamado nitrosomioglobina. Este último composto é o responsável pela conhecida cor vermelha encontrada nas carnes e seus derivados. Os nitratos apenas parecem servir de





Os óxidos de etileno e propileno são dois gases esterilizantes. O primeiro destrói todos os microrganismos, enquanto o óxido de propileno é um pouco menos eficaz. São utilizados, principalmente, para esterilizar os materiais empregues na embalagem de alimentos e na fumigação de armazéns. Também podem ser aplicados no tratamento das frutas secas, dos ovos desidratados, da gelatina, das especiarias e dos cereais.

O etanol provoca a coagulação e desnaturação das proteínas, sobretudo quando empregue a concentrações entre os 70% e os 95%. É graças a este composto que são conservados os extratos de baunilha e de limão e alguns potenciadores de sabor. Nas cervejas e nos vinhos leves, o baixo teor alcoólico não é suficiente para evitar alterações provocadas por microrganismos, embora limite as espécies que podem crescer nestes alimentos. Já os licores e as bebidas destiladas contêm álcool em quantidade suficiente para garantir a eliminação de microrganismos.

Não sendo conservantes alimentares, por si só, nas concentrações habitualmente empregues, as especiarias e condimentos cooperam com outros agentes para impedir a multiplicação microbiana. A eficácia das especiarias como co-conservantes depende da sua origem, grau de frescura e da forma sob a qual se apresentam, já que os óleos concentrados são mais efetivos que as especiarias em pó. A canela e o cravinho, que contam cinamaldeído e eugenol, respetivamente, são mais bactericidas que as restantes especiarias. Outros produtos que se utilizam como condimentos, casos do alho e da cebola, também possuem propriedades antimicrobianas, graças ao seu conteúdo em acroleína.

Alguns compostos à base de halogéneos (cloro, iodo, hipocloritos, etc.) são utilizados como desinfetantes ou como complemento de outros processos de conservação, como seja o caso da adição de hipocloritos ao gelo usado na refrigeração do peixe, durante o seu transporte.

Para além destes conservantes químicos adicionados pelo homem aos alimentos, outros há que são resultado das fermentações levadas a cabo pelos próprios alimentos. Estes conservantes químicos endógenos são, na sua maioria, ácidos (principalmente o ácido láctico) e álcool.



### 2.3.4. Acidificação

A acidificação dos alimentos retarda o crescimento de certos microrganismos indesejáveis que poderiam deteriorar o alimento. A acidificação de um alimento é controlada pelo seu pH, e pode ser feita durante o seu processamento por meio de adição de acidificantes (ácido cítrico, ácido láctico, etc.).

O grau de acidificação deve ser controlado para que o produto final não fique com sabor desagradável.

O vinagre é usado para fazer pickles (fig. 62) de tomates verdes, pepinos, cenouras, couve-flor, cebolas, beterrabas, arenques, sardinhas e outros alimentos que tem bom gosto quando ácidos. O ácido acético do vinagre retarda o desenvolvimento de microrganismos.



Figura 62 - Conserva em vinagre de vegetais - pickles

### 2.3.5. Adição de açúcar

Desde a antiguidade que alguns alimentos eram conservados em mel de modo a evitar a sua degradação. Atualmente, os açúcares como a glucose e a sacarose são utilizados, em elevadas concentrações como conservantes, principalmente de frutas em conserva, como em doces (fig. 63), bombons, compotas, marmeladas e fruta cristalizada. Também é adicionado a frutas enlatadas ou congeladas, para ajudar a conservá-las. O açúcar também melhora o gosto desses alimentos. O leite condensado contém açúcar como agente de conservação.





Figura 63 - Doce de Laranja e laranja cristalizada

## 2.4. Radiação e ionização

Na irradiação os alimentos são expostos a uma dose controlada de uma radiação ionizante, tal como partículas alfa, beta ou neutrões, ou ainda a uma radiação eletromagnética, como raios gama ou raios X. Este tratamento pode inibir a reprodução de microrganismos que causam a decomposição dos alimentos e também parar os processos biológicos que se passam nos tecidos animais ou vegetais de que é composto o produto alimentar.

A irradiação dos alimentos também permite aumentar o seu prazo de validade. Os alimentos são bombardeados por radiação, composta por ondas e partículas, em câmaras específicas. A radiação provoca mutações no DNA dos microrganismos contaminantes e a desnaturação das suas proteínas, sem modificar as propriedades dos alimentos (os alimentos não se tornam radioativos, por exemplo). As doses aplicadas dependem do tipo de organismo que se pretende destruir.

Pode ser usado como meio direto para a conservação ou como complemento para reforçar a ação de outros processos já utilizados.

**Radiação Ultravioleta** - Tem baixo poder de penetração nos alimentos, sendo mais utilizados para panificação, embalagens, açúcar e carnes.

**Radiação X** - radiação muito penetrante, porém a sua eficácia é baixa e, dado o seu elevado custo, é pouco utilizada.

**Radiação Beta ( $\beta$ )** - Também tem baixo poder de penetração nos alimentos.



**Radiação Gama ( $\gamma$ )** - Tem melhor poder de penetração, eliminando uma série de microrganismos deterioradores de alimentos. Eficaz a uma profundidade de 20 centímetros. A sua eficácia dependendo do alimento varia entre os 10 a 25%.

**Raios Catódicos** - são fluxos de partículas beta, mas neste caso procedentes do cátodo de um tubo de vácuo. É uma radiação pouco penetrante, tendo no entanto a vantagem de poder ser artificialmente acelerada, o que aumenta a sua capacidade de penetração. Como este tipo de radiação pode ser direcionada, a sua eficácia é maior que a dos raios gama, os quais são emitidos em todas as direções e não apenas na direção do alimento. O seu aproveitamento varia entre 40 a 80%, consoante o alimento a tratar. Os raios catódicos têm ainda, sobre os raios gama, a vantagem de uma maior segurança de utilização, devido à possibilidade de as suas fontes se poderem desligar e serem direcionáveis e pouco penetrantes, para além de não serem de origem radioativa.

**Radiação Ionizante** - No método da irradiação de alimentos, o objetivo é a utilização de radiações que tenham boa penetração, mas de uma forma que não afetará somente os microrganismos localizados na superfície dos mesmos, mas em todo o alimento. Também não se pode utilizar radiações com alta energia pois, poderiam tornar os alimentos radioativos.

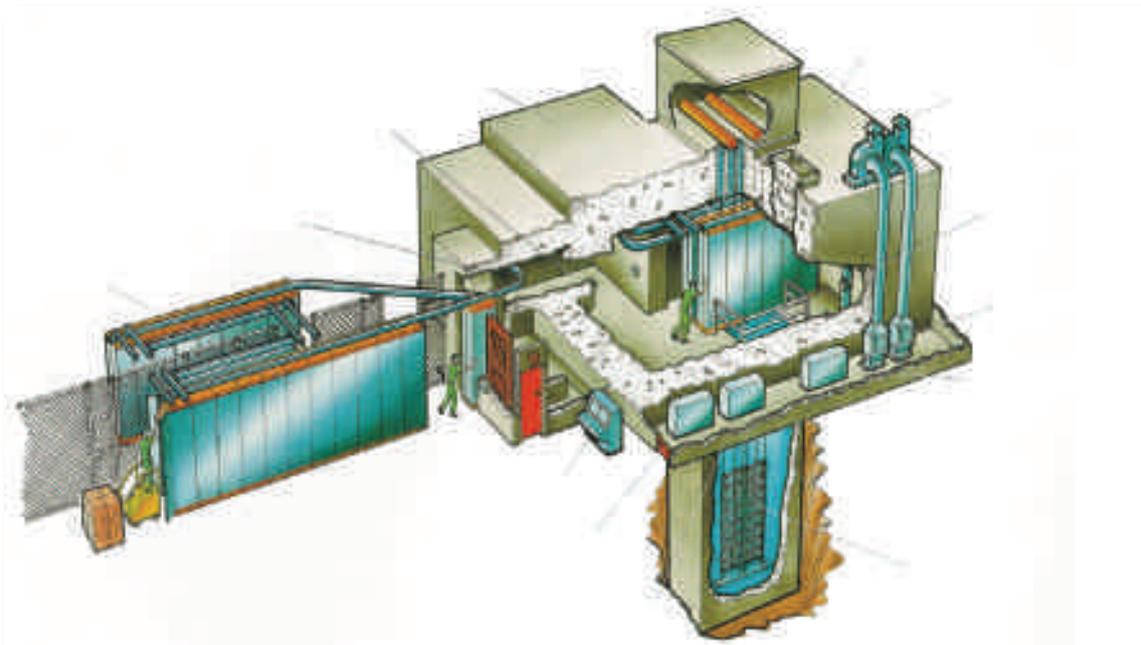


Figura 64 - Irradiador de alimentos

Das radiações ionizantes (fig. 64), somente os raios gama e as partículas beta é que são utilizadas com maior sucesso na conservação dos alimentos. Sabe-se que os alimentos



são bastante variados na sua composição química, estrutura física e grau de alteração que possam sofrer até serem consumidos. Desta forma, a sua sensibilidade às radiações ionizantes será variável.

De todos estes tipos de radiação, a mais utilizada em conservação de alimentos é a radiação ultravioleta, sobretudo aquela de comprimento de onda próximo dos 260 nm (nanómetros), a qual é absorvida pelas purinas e pirimidinas, componentes das células, provocando a destruição dos microrganismos. A radiação ultravioleta de mais elevada energia (cerca de 200 nm) é absorvida pelo oxigénio, originando a formação de ozono em vez de afetar os microrganismos.

Habitualmente, as fontes de radiação ultravioleta utilizadas na indústria alimentar são lâmpadas de quartzo com vapor de mercúrio ou lâmpadas de mercúrio a baixa pressão, emitindo radiação de 254 nm.

A eficácia da radiação ultravioleta na conservação de alimentos depende de três fatores principais:

- Tempo de exposição - quanto maior for o tempo de exposição do alimento, maior será a eficácia do tratamento.
- Intensidade - apenas a radiação direta é eficaz e a sua intensidade depende da potência da lâmpada, da distância entre esta e o alimento e do meio que atravessa antes de atingir este último. A existência de poeiras ao longo do trajeto ótico diminui a intensidade da radiação, do mesmo modo que a humidade ambiente excessiva (superior a 80%).
- Penetração - a existência de sais minerais dissolvidos, a turbidez e a gordura diminuem a capacidade de penetração da radiação ultravioleta, ao intersectá-los. Os objetos opacos são-lhe totalmente impermeáveis. Daí que este tipo de radiação apenas afete a superfície dos alimentos, não tendo capacidade de penetrar no seu interior.

Os microrganismos têm resistências diferentes às radiações ultravioleta, podendo, no entanto, generalizar-se que as bactérias são menos resistentes que as leveduras e estas menos que os bolores. Os exemplos de aplicações eficazes deste tipo de radiação na indústria alimentar incluem o tratamento da água usada na produção de bebidas, maturação de carnes, o tratamento dos produtos de padaria, de frutas (ex. maçãs,



papaias, morangos, mangas, bananas), de legumes (ex. cebolas), de peixe seco e de alguns mariscos (ex. camarões), de salsichas fermentadas e de coxas de rã, o tratamento de algumas embalagens, o tratamento de queijos e carnes frias durante o armazenamento, entre outros.

As radiações de maior frequência contêm grandes quantidades de energia, o que lhes confere a capacidade de ionizar as moléculas. Este facto está na origem da sua classificação como radiações ionizantes. Estas radiações incluem os raios X, os raios gama ( $\gamma$ ), os raios catódicos, os raios beta ( $\beta$ ), os prótons, os neutrões e as partículas alfa ( $\alpha$ ). Os três últimos tipos de radiação não são utilizados na conservação de alimentos (fig. 65) dado que os neutrões deixam radioatividade residual nos alimentos e os prótons e as partículas alfa são pouco penetrantes.



*Figura 65 - Alimentos que podem ser irradiados*

A eficácia antimicrobiana dos vários tipos de radiação depende dos seguintes fatores comuns:

- Tipo e espécie de microrganismos - as bactérias Gram + (não possuidoras de membrana externa) são mais resistentes que as Gram - (possuidoras de membrana externa), embora menos resistentes que os bolores e ainda menos que as leveduras.
- Número de microrganismos (ou de esporos) - quanto maior for o número de microrganismos existentes, menor será a eficácia da radiação.
- Composição do alimento - alguns constituintes dos alimentos, como a catalase, as proteínas e as substâncias redutoras (nitritos, sulfito, etc.) parecem exercer



uma ação protetora dos microrganismos contra as radiações. Pelo contrário, substâncias capazes de reagir com os grupos SH (enxofre-hidrogénio) das proteínas parecem comportar-se como sensibilizadoras.

- Presença de oxigénio - embora a sua influência varie de espécie para espécie, pode-se considerar que, em geral, a ausência de oxigénio torna os microrganismos mais resistentes às radiações.
- Estado físico do alimento - se a taxa de humidade for baixa, os microrganismos tornam-se mais resistentes aos efeitos da radiação. As baixas temperaturas também provocam um aumento da resistência microbiana, pois fazem baixar  $a_w$ ; pelo contrário, o calor torna os microrganismos menos resistentes às radiações.
- Fatores próprios aos microrganismos - a idade (células são mais resistentes durante a fase de latência), a temperatura de crescimento, a esporulação e o estado (células vegetativas são menos resistentes que os esporos) também influem na eficácia da ação antimicrobiana das radiações.

A aplicação de radiações em conservação de alimentos pode resultar em certos efeitos secundários indesejáveis, nomeadamente: um aumento do pH da carne, aumento de carbonilos, amidas, e outros produtos de reações secundárias, a destruição das substâncias antioxidantes nas gorduras e conseqüente formação de produtos de oxidação, aparecimento de sabor a ranço, parcial destruição das vitaminas B, C, D, E e K (reduzida se a irradiação for efetuada na ausência de oxigénio e a baixa temperatura) e ainda um amolecimento das frutas e dos vegetais.

No entanto, se a dose de radiação for inferior a 1 kGy (1Gray = 11Joule/Kg), a formação de produtos tóxicos e as perdas de valor nutricional serão inferiores às verificadas, com a cozedura ou a congelação dos alimentos. A Organização Mundial de Saúde considerou, em 1980, que doses até 7 kGy não representam qualquer perigo para o consumo humano.

## *2.5. Atmosfera/controlada/modificada*

A era industrial chegou aos alimentos através dos produtos frescos, ou produtos de 1ª gama, que são os alimentos naturais tais como os conhecemos (hortofrutícolas,



carne, peixe, etc.), sem qualquer tipo de processamento, com o objetivo de permitir colocar produtos frescos nas grandes cidades. A vida útil destes alimentos perecíveis conservados em atmosfera normal é limitada principalmente pelo efeito do oxigênio atmosférico e pelo crescimento de microrganismos aeróbios produtores de alterações. Cada um destes fatores, ou o conjunto deles resulta em alteração da cor, sabor, odor e textura dos alimentos.

Vieram depois os congelados, ou produtos de 2ª gama, que têm a vantagem de se poder conservar durante períodos longos mantendo as suas características originais.

Depois surgiram os produtos de 3ª gama, os produtos enlatados, que são produtos cozinhados e esterilizados na própria embalagem, prontos a consumir e conservados à temperatura ambiente por períodos de tempo muito longos (superiores a um ano).

Entretanto, os produtos de 1ª gama hortofrutícolas originaram os produtos de 4ª gama ao serem escolhidos, lavados/desinfetados, cortados e acondicionados em atmosfera modificada (MAP - Modified Atmosphere Packaging), para aumentar o tempo de prateleira dos produtos frescos (fig. 66) ou minimamente processados.



*Figura 66 - Produtos cárneos embalados a vácuo.*

A 5ª gama industrial diz respeito aos alimentos pré-cozinhados, submetidos a calor através da cozedura, pasteurização ou esterilização e que, a partir de diferentes ingredientes, constituem um prato pronto a ser servido.



A evolução da industrialização de alimentos tem, assim, seguido duas vias distintas: a que envolve o aumento do tempo de prateleira dos produtos frescos e a que se debruça sobre a conservação dos alimentos já cozinhados. Estas duas vias completam-se ao permitir fornecer ao consumidor final refeições fáceis de adquirir e transportar e que necessitam, quando muito, de um aquecimento para a temperatura usual de consumo.

### **Processo MAP - Embalagem em Atmosfera Modificada**

De uma forma geral, os alimentos alteram-se rapidamente em contacto com o ar. O ar tem uma grande percentagem de azoto (cerca de 78%) e de oxigénio (cerca de 21%). É claro que há no ar muitos outros gases, mas em quantidades tão pequenas que são, para efeitos da conservação de alimentos, completamente negligenciáveis.

Ao passo que o azoto ( $N_2$ , E941) é um gás inerte do ponto de vista alimentar, o mesmo não se pode dizer do oxigénio ( $O_2$ , E948).

Este último gás é responsável por grande parte dos fenómenos de degenerescência química dos alimentos. Por exemplo, o oxigénio ( $O_2$ ) promove uma série de reações de oxidação através das quais a deterioração de gorduras dos alimentos; alteração de micronutrientes, principalmente vitaminas, reduzindo o seu valor nutricional; alterações de cor mais ou menos acentuadas, incluindo reações de escurecimento, etc.

Para além destes aspetos químicos, o  $O_2$  permite o desenvolvimento dos microrganismos mais vulgares, como é o caso das bactérias aeróbicas e os bolores.

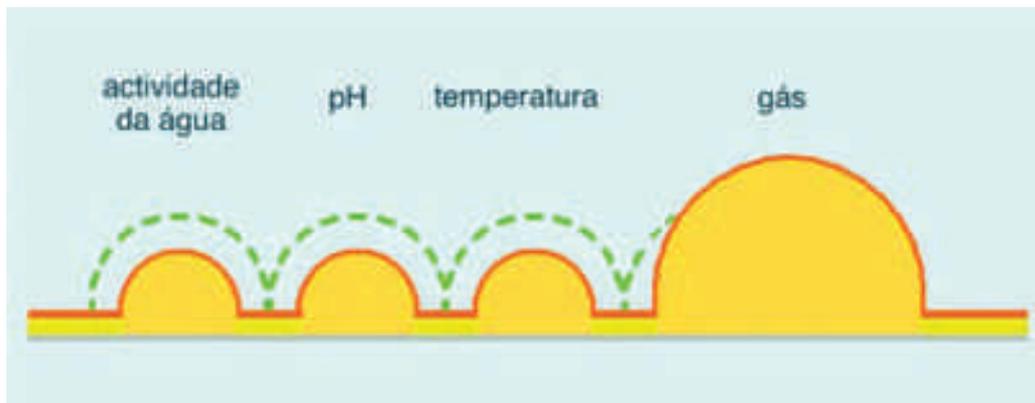
Além do  $O_2$ , o ar transporta vapor de água, que é também um dos grandes promotores da degeneração alimentar.

Muitos dos alimentos que se conservam por terem baixas atividades da água, ao absorverem água do meio ambiente, rapidamente permitem o desenvolvimento de reações químicas e de microrganismos de diversos tipos.

É neste contexto que surge o processo conhecido por MAP, que significa embalagem em atmosfera modificada, típico dos alimentos refrigerados, secos, curados-fumados, mas não só. Trata-se de um processo que consiste numa embalagem que envolve e protege completamente o alimento, cheia de um gás ou mistura de gases, que inibem ou retardam o crescimento microbiano e algumas reações químicas. Dito por outras palavras, o processo MAP tem por objetivo essencial proteger os alimentos dos efeitos dos componentes típicos do ar e da humidade sobre as reações químicas e microbiológicas.



Deve, assim, entender-se que este processo não melhora a qualidade dos alimentos, apenas retarda a sua degradação, pelo que a qualidade da matéria-prima é essencial.



*Figura 67 - Fatores importantes a conjugar com o gás utilizado*

Na verdade, as atmosferas modificadas não permitem conservar os alimentos por grandes períodos de tempo, nem sequer podem ser utilizadas para melhorar, ou mascarar, a qualidade da matéria-prima. Isto é, acondicionar os alimentos numa embalagem com uma atmosfera modificada, só por si, não é suficiente para garantir a segurança de um produto alimentar. Com efeito, o processo MAP deve ser visto como mais uma barreira ao desenvolvimento microbiano e à atividade enzimática e deverá ser conjugado com outros fatores (fig.67) importantes à conservação dos alimentos, tais como atividade da água ( $a_w$ ), pH e temperatura (T), naquilo a que se chama normalmente efeito de barreira.



*Figura 68 - Máquina de embalar com atmosfera modificada*



As máquinas de embalar (fig. 68) ao mesmo tempo que formam a embalagem injetam misturas de gases ou mesmo só um gás. No esquema da figura 69 pode-se observar o modo como a embalagem é selada, ao ser selada é injetado o gás que vai modificar a embalagem.

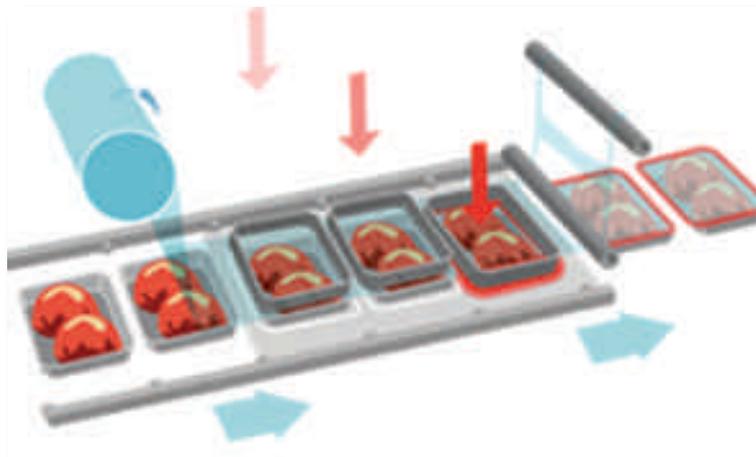


Figura 69 - Esquema de embalagem com atmosfera modificada

### Principais Gases utilizados em MAP

Os gases mais usados em MAP são o  $O_2$ , o  $CO_2$  (dióxido de carbono, E290) e o  $N_2$ , embora outros gases, como o monóxido de carbono, o dióxido de enxofre ou gases raros (essencialmente o argón), possam igualmente ser utilizados em situações ou produtos muito específicos.

A Comissão Europeia regulamentou no sentido dos produtos embalados em atmosfera modificada utilizarem a designação: “Acondicionado em Atmosfera Protetora”. Os gases utilizados no acondicionamento em atmosfera protetora, segundo a legislação portuguesa (e europeia), são declarados nas embalagens como aditivos.

### Dióxido de carbono

O  $CO_2$  tem a vantagem de inibir o crescimento das bactérias ditas aeróbias e de fungos (que necessitam de  $O_2$ ) e de retardar o crescimento das bactérias anaeróbias facultativas (que necessitam de  $O_2$ , mas que, se este não existir na forma gasosa, o conseguem obter através de reações químicas). Trata-se de um gás incolor e muito solúvel nos principais componentes alimentares, isto é, tanto se dissolve na água como na gordura dos alimentos, o que faz com que se possa dissolver em todo o alimento exercendo a sua atividade antimicrobiana com grande eficácia.



A solubilidade do  $\text{CO}_2$  é tanto maior quanto mais baixa for a temperatura, sendo a sua ação mais pronunciada em conjugação com temperaturas inferiores a  $100^\circ\text{C}$ . A sua grande solubilidade faz com que reaja com a água, produzindo-se ácido carbónico. Este facto pode ser positivo, porque a acidez (ou pH baixo) tem também uma ação antimicrobiana.

### **Oxigénio**

Tal como foi exposto acima, o  $\text{O}_2$  é muito reativo e pode ter efeitos muito nefastos nos alimentos ao promover tanto certas reações químicas como microbianas. Assim, uma das principais razões para a utilização de MAP consiste exatamente na possibilidade de envolver os alimentos numa atmosfera muito pobre em  $\text{O}_2$ . Deve ter-se em atenção, no entanto, que ao excluir o  $\text{O}_2$  das embalagens e assim diminuir ou inibir o desenvolvimento de certos microrganismos, também se promove o desenvolvimento de microrganismos patogénicos anaeróbios (que se desenvolvem na ausência de  $\text{O}_2$ ).

Para além destes problemas microbiológicos, as baixas concentrações de  $\text{O}_2$  podem também conduzir a reações químicas indesejáveis em certos produtos, como é o caso, por exemplo, da descoloração dos pigmentos vermelhos da carne e a degeneração de alguns tecidos vegetais. Uma última desvantagem do  $\text{O}_2$  prende-se com algumas precauções necessárias na sua utilização e manuseamento, devido ao facto de ser uma substância que facilmente pode acelerar combustões e pode tornar-se explosivo quando em concentrações elevadas, obrigando à utilização de equipamentos apropriados para esse efeito.

Apesar dos efeitos nefastos referidos, o  $\text{O}_2$  é utilizado em MAP para fixar a cor de produtos pigmentados, para a manutenção da respiração aeróbica dos produtos hortofrutícolas e, por vezes, para impedir o crescimento do *Clostridium botulinum*.

### **Azoto**

O azoto é um gás inerte, sem cheiro nem cor, muito pouco solúvel na água e na gordura dos alimentos. É também um gás sem ação direta sobre os microrganismos. Estas características fazem com que o azoto seja um componente essencial das misturas gasosas em MAP. Permite utilizar concentrações específicas de  $\text{O}_2$  e/ou  $\text{CO}_2$ , preenchendo o restante espaço da embalagem com o  $\text{N}_2$ . Nas embalagens onde se utilizam grandes



concentrações de  $\text{CO}_2$ , pelo facto deste gás ser muito solúvel, as embalagens podem colapsar, este efeito pode ser contrariado com utilização de  $\text{N}_2$ .

### **Outros gases**

Para além dos gases atrás referidos, podem ser utilizados gases raros (hélio, árgon, xénon e néon) e o monóxido de carbono (CO). Os gases raros, porque são inertes, podem sempre ser utilizados em substituição do  $\text{N}_2$ , desde que o preço assim o justifique. O CO é um gás que pode ser mais seletivo do que o  $\text{CO}_2$ , na medida em que apenas apresenta solubilidade apreciável nos solventes orgânicos e nas gorduras dos alimentos. Porém, porque é facilmente inflamável e apresenta toxicidade elevada, a sua utilização não está muito expandida.

### **Misturas de gases usadas na prática**

A maioria das aplicações industriais utiliza misturas binárias, isto é, misturas de apenas dois gases, sendo as mais comuns de  $\text{CO}_2$  e  $\text{N}_2$  ou de  $\text{CO}_2$  e  $\text{O}_2$ , e só nalguns casos se recorre a misturas ternárias (incluindo os três gases).

### **Ausência de gases - Embalagem a vácuo**

Uma das mais modernas tecnologias na comercialização de carne fresca é o uso das embalagens a vácuo onde são acondicionadas peças inteiras e também pequenas porções. O ar é removido do interior da embalagem aumentando assim a vida de prateleira do produto.

A embalagem a vácuo garante padrões excepcionais de conservação, pois mantém o produto sem contacto com o oxigénio, responsável pela oxidação do produto e necessário para o crescimento microbiano. No entanto, dentro da embalagem a vácuo, a carne fica com uma cor um pouco mais escura, o que é natural e deve-se à falta de contacto com o oxigénio. A sua coloração volta ao normal alguns minutos após a abertura da embalagem.

A embalagem a vácuo (fig.69) não altera o sabor dos produtos, aliás, o seu uso é justamente para conservar por mais tempo possível as suas características originais, ou seja, melhorar o seu tempo de vida útil em prateleira (shelf life). Os produtos cárneos

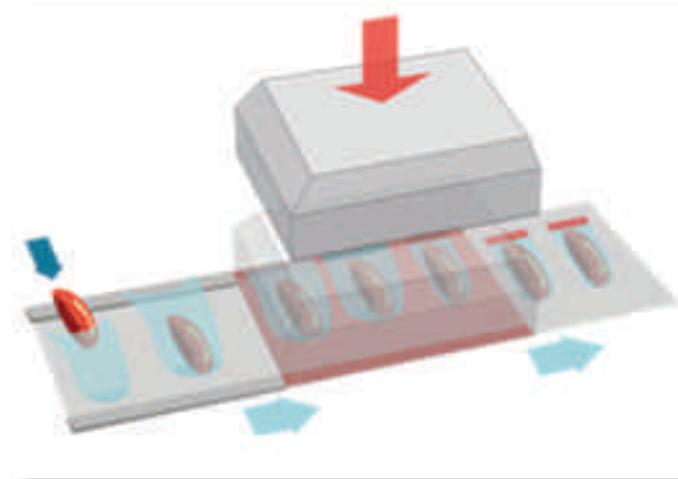


frescos embalados a vácuo têm um prazo de validade de 30 dias e os produtos congelados têm um prazo de validade de 18 meses.



*Figura 69 - Máquina de embalar sob vácuo - sistema descontinuo*

As máquinas de embalar a vácuo retiram todo o ar da embalagem, podem ser em sistema descontinuo no qual a embalagem é feita uma a uma, enquanto as máquinas de embalar a vácuo em sistema contínuo são mais rápidas porque embalam grandes quantidades de produto em pouco tempo (fig. 70).



*Figura 70 - Esquema de embalagem a vácuo em sistema contínuo*

### **Materiais de Embalagem utilizados em MAP**

Para além de se modificar o ambiente gasoso da embalagem, é necessário ter-se em conta que, depois de embalados, os produtos alimentares não são inertes e as reações químicas no alimento e as resultantes da atividade microbiana fazem com que a



atmosfera dentro da embalagem possa sempre evoluir. Essas evoluções da atmosfera dentro da embalagem, resultantes da interação com o produto alimentar e os seus contaminantes microbiológicos, podem ser mais ou menos desejáveis.

Por essa razão, as embalagens utilizam materiais com maiores ou menores permeabilidades a tipos de gases específicos (fig. 71), inibindo, reduzindo ou alterando a troca de gases entre, por um lado, o produto alimentar e a atmosfera dentro da embalagem e, por outro, o ar ambiente. São muitos os materiais de embalagem existentes para estes fins, estando os principais descritos no quadro 7.

**Quadro 7** - Principais materiais de embalagem usados em MAP e as suas características

Abreviatura	DESIGNAÇÃO	FUNÇÃO
PA	Poliamida	Resistência a elevadas temperaturas, flexibilidade, dureza, alguma barreira ao gás
OPA	Poliamida orientada	Barreira ao gás
LDPE	Polietileno de baixa densidade	Soldadura
EVOH	Copolímero de etileno e álcool vinílico	Barreira ao gás
PVdC	Cloreto de polivinilideno (Saran)	Barreira ao gás, barreira à humidade
PET	Poliéster	
OPET	Poliéster orientado	Rigidez, alguma barreira ao gás
EPS	Poliestireno expandido	Resistência a elevadas temperaturas, flexibilidade
PP	Polipropileno	Rigidez
OPP	Polipropileno orientado	Barreira à humidade, rigidez, compatível com o micro ondas
PVC	Policloreto de vinilo	Barreira à humidade, flexibilidade Rigidez, barreira ao gás





Figura 71 - Embalagens para atmosfera modificada PET+PE polímeros de barreira elevada para evitar as trocas gasosas com o ambiente exterior

Verificamos, assim, que em MAP é essencial escolher, para cada tipo de produto alimentar, um tipo de embalagem (fig. 71) e uma atmosfera que melhor se adequa. O quadro 8 apresenta, a título exemplificativo, algumas dessas combinações, comparando o tempo de vida em prateleira com e sem MAP e com tipos específicos de materiais de embalagem.

Quadro 8 - Vantagens das atmosferas modificadas, tipos de atmosferas e tipos de embalagem

Produtos	Tempo prateleira sem MAP	EMBALAGEM COM ATMOSFERAS MODIFICADAS (MAP)		
		Tipo embalagem	Tipo Atmosfera	Tempo prateleira
<b>Chouriço/salpicão</b>	10-20 dias	PA/LDPE	20%CO <sub>2</sub> +80%N <sub>2</sub>	90 dias
<b>Saladas</b>	3-5 dias	BOPP	2-5%O <sub>2</sub> +3-10% CO <sub>2</sub> +85-95%N <sub>2</sub>	7-12 dias
<b>Carnes vermelhas</b>	2-4 dias	EPS/EVOH/LDPE	20%CO <sub>2</sub> +80%O <sub>2</sub>	8-12 dias
<b>Pizza</b>	7-10 dias	OPA/LDPE	40%CO <sub>2</sub> +60%N <sub>2</sub>	30 dias
<b>Sandes</b>	2-3 dias	PA/PE	30%CO <sub>2</sub> +70%N <sub>2</sub>	7-10 dias



### Perspetivas Futuras

A embalagem de alimentos em atmosfera modificada, para além de prolongar a vida comercial do produto, mantém quer a frescura dos alimentos quer as suas características de sabor, textura e odor, reduz a utilização de conservantes químicos, reduz as perdas de peso, permite uma melhor gestão de stocks, reduz os custos de armazenamento, evita a mistura de odores e melhora a higiene do produto durante o armazenamento.

No que concerne às embalagens atualmente disponíveis no mercado e, apesar da aparente diversidade de materiais existentes, as atuais soluções de embalagem não respondem a todas as necessidades da indústria, surgindo por isso, recentemente, as embalagens ativas que exercem uma ação positiva sobre o alimento e/ou atmosfera (por exemplo absorvedores de  $O_2$ ,  $H_2O$ ,  $CO_2$ , etileno e emissores de  $CO_2$ , antioxidantes e conservantes e ainda nanotecnologias) e as embalagens inteligentes que monitorizam um ou vários parâmetros (ex. temperatura, etileno,  $CO_2/O_2$ ) e o objetivo é fornecer ao consumidor informação sobre o estado de conservação do alimento.



# Atividades – Exercícios

1. A pasteurização é uma técnica que permite prolongar o tempo de prateleira de alguns alimentos, principalmente líquidos ou semi-líquidos.

Quais os tipos de pasteurização estudados?

2. A esterilização consiste num aquecimento mais forte e mais prolongado, sob pressão superior à atmosférica, de modo a eliminar todos os microrganismos e enzimas do alimento, como no caso do fabrico de alimentos enlatados. Esta técnica foi inventada pelo francês Nicolas Appert.

Quais os produtos em que a esterilização é aconselhada e em que condições?

3. Na indústria de alimentar, a evaporação refere-se à operação que consiste em remover a água existente nos alimentos in natura (todo alimento contém água natural na sua composição).

Como deve processar-se a evaporação?

4. Na alimentação humana, a extrusão é geralmente utilizada em cereais de pequeno almoço, snacks (doces e salgados), alimentos para bebés, sopas instantâneas e substitutos da carne, assim como em massas e bebidas em pó. As principais vantagens deste processo incluem a conservação, uma vez que este tratamento permite um maior controlo sobre a quantidade de água, que está diretamente ligada ao potencial desenvolvimento de microrganismos.

Em que consiste a extrusão e quais os seus objetivos?

5. O branqueamento é um tratamento térmico por imersão em água a ferver destinado principalmente a inativar as enzimas e é usado antes de outro processo de conservação ou armazenamento, como a congelação. Utiliza-se principalmente para carne, hortaliças ou frutas que se pretendem congelar.

Explique em que consiste o branqueamento e a sua importância na conservação dos vegetais.



6. A secagem solar é ainda hoje em dia utilizada, porém limitada a zonas de clima muito quente e seco e a certas frutas como uvas, ameixas, figos, pêssegos e pêras. Estas frutas são, simplesmente dispostas sobre bandejas e expostas ao sol. Também alguns peixes e carne podem ser secos ao sol.

Quais as vantagens e desvantagens da secagem ao sol de frutas?

7. A secagem artificial contudo é muito utilizada.

Quais as vantagens deste tipo de secagem em relação à secagem ao sol?

8. A liofilização permite conservar alimentos por alguns anos.

Em que consiste o processo de liofilização?

9. O sal é um produto químico retirado da natureza que desde tempos remotos permite conservar alimentos.

Como é que o sal conserva os alimentos?

10. A fumagem dos alimentos favorece a sua conservação ao impregnar a superfície destes com os conservantes químicos contidos no fumo da madeira. Os fumos utilizados na conservação de alimentos são obtidos, geralmente, a partir da queima de madeiras duras, como a noqueira.

Qual é a composição do fumo?

11. Os aditivos alimentares têm vindo a ser cada vez mais utilizados nos últimos anos, e podem ser definidos como compostos adicionados aos alimentos alterando as suas características, como o sabor, a cor, a preservação e o conteúdo nutritivo.

Quais as vantagens da utilização de aditivos?



## 3. Vantagens e Desvantagens

### 3 - Vantagens e desvantagens de cada método de conservação e a sua aplicação aos diferentes produtos agroalimentares

Os processos de conservação de alimentos apresentados também encerram algumas desvantagens, tais como a perda de nutrientes e alterações de sabor e textura. Cada método de conservação apresenta vantagens e desvantagens, tendo em consideração sempre o produto a conservar e qual o tempo que se pretende que dure a sua conservação. Ao longo do módulo já foram feitas referências a algumas vantagens e desvantagens de alguns métodos, sempre que se mostraram relevantes, pelo que voltar a falar aqui seria repetitivo.

Os produtos alimentares têm especificidades muito particulares, cada um deles, dependendo do modo de conservação. Assim sendo sempre que forem referidos os métodos de conservação para alguns grupos alimentares serão então indicadas as vantagens e desvantagens.



# Atividades - Práticas

## Atividade 1

Escolher um fruto. Adquirir várias unidades do fruto escolhido e aplicar as seguintes técnicas de conservação:

- A) Colocar um fruto exposto às condições do ambiente do laboratório ou sala de aulas.
- B) Colocar um fruto sob condições de refrigeração.
- C) Congelar outro fruto.
- D) Cortar outro fruto em pedaços pequenos (2x2 cm) e secar ao sol coberto por rede de modo a evitar contaminações por insetos e aves.

Durante algumas semanas observe como é que os frutos vão estando, de acordo com os seguintes parâmetros:

- Cor
- Forma
- Cheiro
- Textura

E registe as observações no quadro seguinte, se for o caso pode acrescentar mais semanas de observação:

Amostras	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª
	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana	Semana
<b>A</b>						
<b>B</b>						
<b>C</b>						
<b>D</b>						

Todas as semanas vá retirando conclusões sobre as observações registadas.

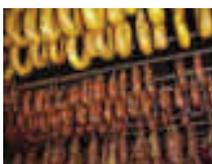
Nota: Possivelmente nem todos os frutos vão se conservar durante as semanas propostas, pelo que ao decomporem-se devem ser retirados do estudo.



# Atividades - Exercícios

## Atividade 1

1. Várias são as técnicas de conservação dos alimentos. Descreva, da forma mais científica que conseguir, o objetivo das técnicas de preservação dos alimentos.
2. Identifique as técnicas de conservação representadas pelas figuras e descreva-as.

Figura	Tipo de Conservação	Descrição
		
		
		
		
		
		
		

3. Indique outras técnicas de conservação dos alimentos que conheça.



## Atividade 2

1. A deterioração dos alimentos depende de vários fatores. Indique quatro fatores responsáveis pela deterioração.
2. Os alimentos podem ter diferente durabilidade. Indique dois exemplos de alimentos não perecíveis, pouco perecíveis e perecíveis.
3. O armazenamento é fundamental para a conservação dos alimentos. Explique como é que as “condições de armazenagem” influenciam a deterioração dos alimentos.
4. A conservação é um meio de prolongar a durabilidade do alimento. Indique duas vantagens da conservação, para além da referida anteriormente, e comente-as, dando a sua opinião.
5. O frio e o calor atuam de maneiras diferentes na conservação. Comente a afirmação.
6. A esterilização é uma técnica de conservação muito utilizada. Explique em que consiste a esterilização e porque é que se aplica em enlatados.
7. A pasteurização é um excelente método para a conservação do leite. Porquê?
8. Um alimento refrigerado não dura infinitamente no frigorífico. Explique quais as razões desta degradação.
9. A congelação deve-se processar na temperatura ideal e de modo rápido. Indique a temperatura ideal para congelação e porque é que esta deve ser feita rapidamente.
10. A irradiação é um método dispendioso. Porquê?
11. Muitas pessoas desconfiam da qualidade das sopas liofilizadas. Acha que têm motivos?
12. Os alimentos fumados exigem moderação no seu consumo. Quais as razões de moderar o consumo de produtos fumados?
13. Os aditivos podem ser utilizados como conservantes. Indique três aditivos que considere muito importantes na conservação de alimentos e explique a sua escolha.
14. O sal e o açúcar podem ser utilizados como conservantes. Explique como atuam no processo de conservação.



## Atividade 3

1. As baixas temperaturas diminuem o metabolismo microbiano. Explique como se processa esta diminuição do metabolismo.
2. A refrigeração é um modo de conservação. Explique em que consiste a refrigeração.
3. A refrigeração não é eficaz contra os microrganismos psicrófilos e mesófilos tolerantes. Justifique a afirmação.
4. A congelação pode ser rápida ou lenta. Explique quais as consequências de uma congelação rápida e quais as consequências de uma congelação lenta, para a qualidade do alimento congelado.
5. A congelação tem vantagens e desvantagens. Apresente uma de cada.
6. Comente a afirmação: “Os métodos de conservação por frio deverão ser usados em combinação com outras técnicas de conservação”.
7. A ultracongelação é diferente da congelação simples. Explique porquê?



## Atividade 4

### 1. Preste atenção às seguintes afirmações.

1.1. Classifique as seguintes afirmações como Verdadeiras (V) ou Falsas (F).

- A conservação pelo frio retarda a proliferação microbiológica. \_\_\_\_\_
- A conservação pelo frio controla as reações químicas e enzimáticas nos alimentos. \_\_\_\_\_
- A conservação pelo frio elimina os microrganismos, impedindo o alimento de se deteriorar, mesmo quando a temperatura se eleva. \_\_\_\_\_
- O valor nutricional dos alimentos mantém-se assegurado nos alimentos congelados. \_\_\_\_\_
- A refrigeração é um método que, por si só, prolonga a vida útil dos alimentos, dispensando completamente o uso de outras técnicas de conservação. \_\_\_\_\_

1.2. Justifique as afirmações consideradas falsas, sem recorrer à negação.

2. Os aparelhos de refrigeração podem ser mecânicos ou criogênicos.

2.1. Refira as diferenças entre eles.

2.2. O líquido de refrigeração deve obedecer a características muito particulares. Refira três dessas características.

2.3. O esquema da *Figura 1* representa um aparelho mecânico de produção de frio. Assinale e legende as seguintes estruturas: **condensador**; **evaporador**; **válvula de expansão**; **compressor**.



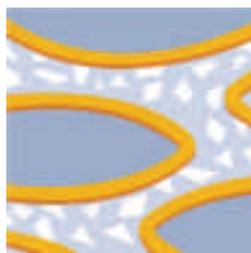
Figura 1



3. O inventor Americano Clarence Birdseye (1886 - 1956) é considerado o pai da indústria dos alimentos congelados, pois desenvolveu no início do século XX o processo de ultracongelação, como um processo de conservação dos alimentos.

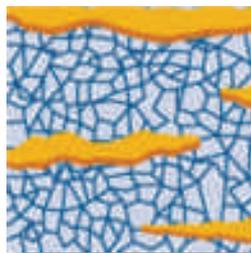
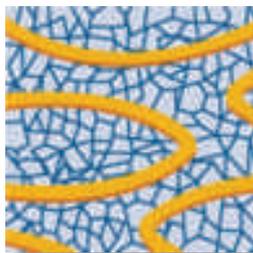
3.1. Explique em que consiste a ultracongelação e as temperaturas a que os alimentos são congelados, nesse processo.

3.2. A *Figura 2* ilustra as células de um produto fresco.



*Figura 2*

3.2.1. As *Figuras* que se seguem correspondem à estrutura celular de produtos congelados por congelação lenta (A) e por ultracongelação (B). **Atribua a letra correta (A ou B) a cada uma das figuras.**



\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3.2.2. Explique as diferenças que encontrou ao nível da figura que classificou como A e da que classificou como B.

4. Na refrigeração e congelação lenta, existem alguns microrganismos que têm capacidade de se multiplicarem. Refira quais são e caracterize-os.

5. Para que haja um maior controlo do crescimento dos microrganismos, há que controlar a cadeia de frio (ex: *Figura 3*).



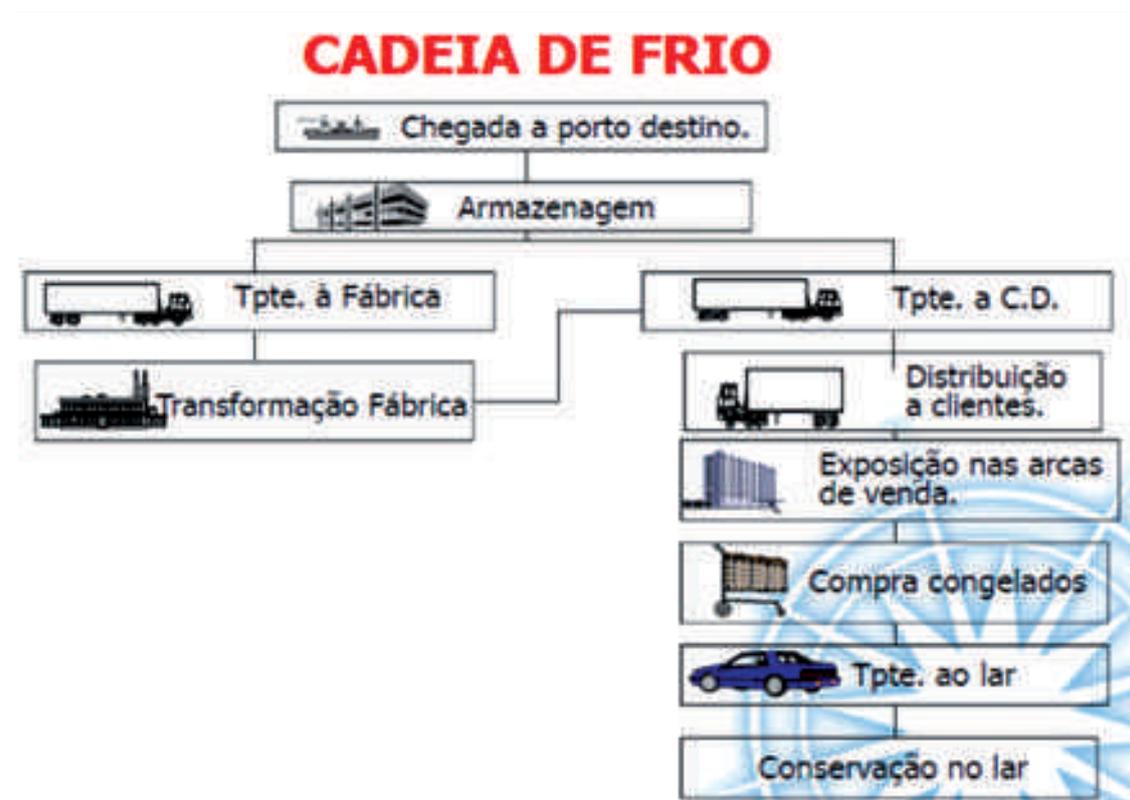


Figura 3

- 5.1.** Refira o objetivo da cadeia de frio.
- 5.2.** Redija um texto em que descreva o percurso de um alimento ao longo do caminho descrito no esquema da *Figura 3*. Seja o mais concreto possível.
- 6.** A utilização do frio alimentar (por refrigeração ou congelação) permite prolongar o tempo de vida dos alimentos.
- 6.1.** Indique dois cuidados a ter na manutenção das câmaras de refrigeração e ou congelação.
- 6.2.** Indique quais os objetivos do uso de embalagens apropriadas na congelação.
- 6.3.** Estabeleça uma relação entre o tempo de conservação dos alimentos e a temperatura de congelação.
- 6.4.** Deve-se ter vários cuidados com os legumes antes da sua congelação. Explique porquê.
- 6.5.** Explique por que motivo não se deve descongelar alimentos à temperatura ambiente.



# Bibliografia

ÂNGELO, Maria Gabriela , *Projecto de concepção de entreposto frigorífico para produtos alimentares congelados*. Lisboa: ISEL, 2009

AOAC (1995). *Official method analysis* (vol. 16). Washington: Association of the Official Analytical Chemists.

CREUS, J.A. , *Tratado Prático de Refrigeração Automática*. Lisboa : Dinalivro, 1978.

Guerra, Matos. *Unidade curricular de Refrigeração*. Lisboa: ISEL, (sem data).

Instituto Internacional del Frío, *Guía del Transporte Frigorífico*. Madrid: AMV / Mundi-Prensa, 2002.

Linde (2005). *Aplicações dos gases*. Disponível: <http://www.lindegas>.

LÜCK, E., *Conservación Química de los Alimentos: Características, usos, efectos*. 2.ª ed. Madrid: Acribia, 2000.

LUQUET, F. M., *O Leite*. Coleção Euroagro, n.º 26, 27 e 32. Mem Martins: Francisco Lyon de Castro, 1985.

LUQUET, F. M., *O Leite: Outros produtos leiteiros*. Coleção Euroagro, n.º 42. Mem Martins: Publicações Europa-América, 1991.

MADRID VICENTE, A.; CENZANO del CASTILLO, I., *Helados: Elaboración, análisis y control de calidad*. Madrid: AMV / Mundi-Prensa, 2003.

MADRID VICENTE, A.; MADRID CENZANO, J., *Nuevo Manual de Industrias Alimentarias*. Madrid: AMV / Mundi-Prensa, 2001.

MAP - revista segurança alimentar n° 4 Maio 2008

RODRIGUES, Ivo - *Temperaturas na conservação de alimentos*. Lisboa , 2007

SOUSA, Manuel Jorge, *Desenvolvimento de Aplicação de Gases - Linde Sogás*

## Sites consultados:

Air\_liquide (2010). *Produção de gases do ar*. Disponível: <http://www.airliquide.pt/pt/producao-de-gases-do-ar-asu.html>.

Air\_liquide (sem data). Air Liquide Portugal. Disponível: <http://www.airliquide.pt/pt/quem-somos/air-liquide-portugal.html>

