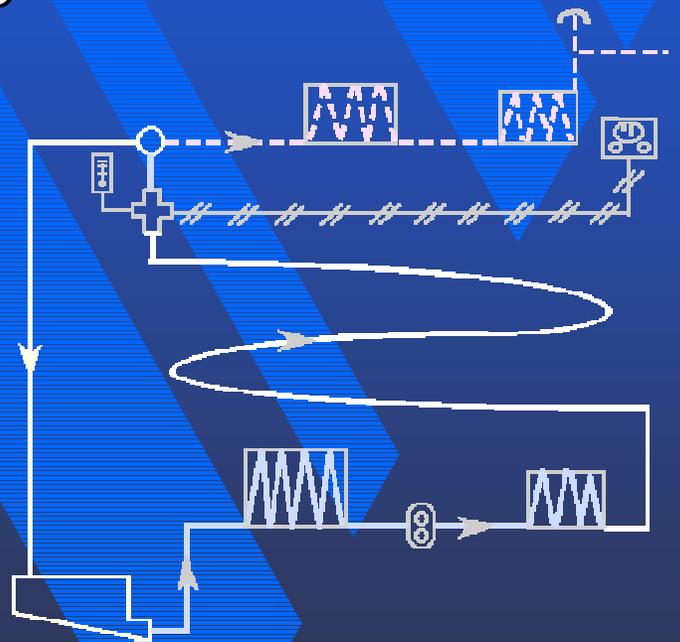


Conser vação de Al iment os

Ana Costa Freitas

Paulo Figueiredo



Lisboa 2000

ANA COSTA FREITAS é actualmente Professora Auxiliar de nomeação definitiva do Departamento de Química da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e membro do Centro de Química-Física e Bioquímica da mesma Faculdade onde exerce a sua actividade de investigação.

É licenciada em Eng^a Agronómica pelo Instituto Superior de Agronomia e doutorada em Ciências Agrárias, ramo de Biotecnologia Alimentar pela Universidade de Évora.

Foi responsável, juntamente com o co-autor deste trabalho pela elaboração do programa da disciplina de Conservação de Alimentos dos cursos de Eng^a Biotecnológica e Biotecnologia da Universidade Lusófona.

Elaborou igualmente os programas das disciplinas de Enologia, Indústrias Agro-Alimentares e Panificação da mesma Universidade.

PAULO FIGUEIREDO é Professor Associado da Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologia, onde exerce a docência das disciplinas de Conservação de Alimentos e de Indústrias Agro-Alimentares.

É licenciado em Química Aplicada, ramo de Biotecnologia pela Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa e doutorado em Química-Física pela mesma Universidade.

Ao longo dos últimos treze anos efectuou diversas publicações sobre a química-física de antocianinas.

Conservação de Alimentos

Ana Costa Freitas

Paulo Figueiredo

Livro de apoio à cadeira de
Conservação de Alimentos

Lisboa 2000

Índice

<i>1ª Parte: DEFINIÇÃO, CLASSIFICAÇÃO, COMPOSIÇÃO E VALOR NUTRITIVO</i>	
DOS ALIMENTOS	5
Cap. 1 - Composição e valor nutritivo dos alimentos	7
<i>2ª Parte: ADITIVOS ALIMENTARES</i>	29
Cap. 2 - Aditivos para melhoria das características organolépticas	33
Cap. 3 - Aditivos para melhoria das características físicas	43
Cap. 4 - Inibidores de alterações químicas e biológicas	47
Cap. 5 - Aditivos para corrigir ou melhorar certas propriedades dos alimentos	53
Anexo - Lista de aditivos alimentares autorizados na UE	55
<i>3ª Parte: MICROBIOLOGIA DOS ALIMENTOS</i>	71
Cap. 6 - Bolores	73
Cap. 7 - Leveduras	77
Cap. 8 - Bactérias	81
Cap. 9 - Biotecnologia alimentar	91
<i>4ª Parte: CONTAMINAÇÃO E CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS</i>	99
Cap. 10 - Contaminação e alteração dos alimentos	101
Cap. 11 - Princípios gerais da conservação de alimentos	109

Cap. 12 - Assepsia, eliminação de microrganismos e anaerobiose	113
Cap. 13 - Conservação por utilização de temperaturas elevadas	117
Cap. 14 - Conservação por utilização de baixas temperaturas	129
Cap. 15 - Conservação por secagem	137
Cap. 16 - Conservação por adição de conservantes químicos	143
Cap. 17 - Conservação por irradiação	149
Cap. 18 - Conservação dos principais tipos de alimentos	155

*5ª Parte: **EMBALAGEM DE ALIMENTOS*** **169**

Cap. 19 - Conceitos gerais da embalagem de alimentos	171
Cap. 20 - Materiais e tipos de embalagens de alimentos	175

PARA SABER MAIS **187**

1ª Parte

Definição, Classificação, Composição e Valor Nutritivo dos Alimentos

Ao consumi-los, no dia-a-dia, não nos preocupamos em definir o que são os alimentos; mas quando pretendemos tratá-los com carácter científico é conveniente limitarmos de algum modo o nosso campo de intervenção. Assim, começamos este curso por dar algumas possíveis definições daquilo que podem considerar-se alimentos, e que serão o objecto da nossa atenção ao longo deste livro.

ALIMENTOS:

- ⇒ Todas as substâncias ou produtos de qualquer natureza, sólidos ou líquidos, naturais ou transformados que, por suas características, aplicações, composição, preparação e estado de conservação são susceptíveis de ser utilizados na alimentação.
- ⇒ Todos os produtos 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 que associadas a outras são capazes de assegurar o ciclo regular da vida.

Podemos ainda classificar os alimentos, quanto à sua origem, em:

- Naturais Simples - consumidos directamente sem outras manipulações que não o cultivo (vegetais) e matança (animais).
- Naturais Complexos - de origem vegetal ou animal mas tecnologicamente transformados.

Exs: Pão, açúcar, azeite, enlatados, compotas, ...

Capítulo 1

Composição e Valor Nutritivo dos Alimentos

Todos os alimentos são constituídos por um certo número de componentes essenciais para a vida humana, sendo que a sua proporção varia de alimento para alimento.

COMPOSIÇÃO DOS ALIMENTOS

- ☐ PROTEÍNAS
- ☐ LÍPIDOS (GORDURAS)
- ☐ HIDRATOS DE CARBONO (AÇÚCARES)
- ☐ SAIS MINERAIS
- ☐ VITAMINAS
- ☐ ÁGUA

Dependendo da sua composição nestes nutrientes essenciais, os alimentos podem classificar-se em:

Ricos em proteínas > carne, peixe, ovos, ...

Ricos em lípidos > manteiga, azeite, margarinas, ...

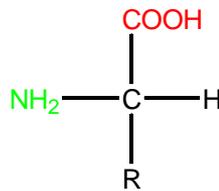
Ricos em hidratos de carbono > pão, açúcar, mel, batatas, ...

Ricos em vitaminas e sais minerais > verduras, cenouras, ...

As **proteínas**, que tiram o seu nome de *proto* (primeiro, mais importante), devido à grande importância como componentes dos seres vivos, são o mais importante dos constituintes, logo a seguir à água. Perfazem mais de 50% do peso seco das células e entre as suas variadas propriedades biológicas podemos realçar a expressão da informação genética. A sua abundância nas células depende da especificidade destas e do grau de complexidade do ser vivo de que fazem parte,

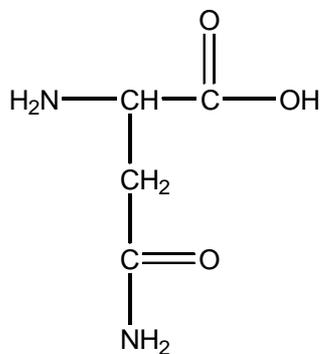
podendo variar de uma pequena quantidade até várias centenas de proteínas diferentes.

Apesar de ser enorme o número de proteínas existentes na natureza, todas elas são constituídas a partir de diversas combinações de apenas vinte diferentes moléculas, conhecidas por amino-ácidos. Estes são os chamados amino-ácidos primários, existindo outros que, no entanto, não têm capacidade para formar proteínas. O nome amino-ácido deriva do facto de que quimicamente todos os vinte são constituídos por um grupo **carboxilo** e um grupo **amina** ligados ao mesmo átomo de carbono



R designa um grupo substituinte que varia de amino-ácido para amino-ácido, conferindo-lhes as suas características particulares

Ex: Asparagina (Asn)

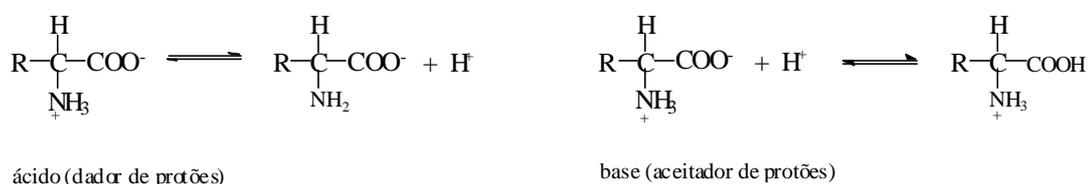


Os nomes dos amino-ácidos são geralmente derivados das fontes alimentares, a partir das quais foram primeiramente isolados. Por exemplo, a asparagina tem o seu nome derivado dos espargos e a glutamina do glúten de trigo. Na literatura, é frequente encontrar estes compostos químicos referidos por conjuntos de três letras que os caracterizam (Tabela 1.1).

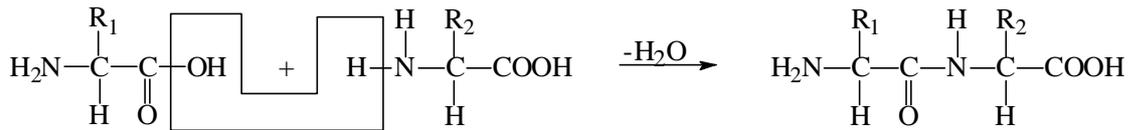
Alanina	Ala
Arginina	Arg
Asparagina	Asn
Ácido aspártico	Asp
Cisteína	Cys
Glutamina	Gln
Ácido glutâmico	Glu
Glicina	Gly
Histidina	His
Isoleucina	Ile
Leucina	Leu
Lisina	Lys
Metionina	Met
Fenilalanina	Phe
Prolina	Pro
Serina	Ser
Treonina	Thr
Triptofano	Trp
Tirosina	Tyr
Valina	Val

Tabela 1.1 - Os vinte amino-ácidos primários e as suas abreviaturas.

Quando presentes no meio fisiológico, ou seja em solução aquosa, os amino-ácidos encontram-se sob forma ionizada, podendo comportar-se como ácidos ou como bases, como abaixo se ilustra, no caso da alanina.



Na formação das proteínas, os amino-ácidos, que podem variar de cerca de uma centena a 1800, ligam-se covalentemente entre si (as chamadas ligações peptídicas), com a libertação de uma molécula de água por cada ligação formada, de acordo com o esquema seguinte:



As proteínas, assim formadas, podem ainda diferir entre si (para além da constituição em amino-ácidos) na sua estrutura tri-dimensional, apresentando três possíveis conformações:

- ☼ Estrutura primária - dada apenas pelas ligações peptídicas
- ☼ Estrutura secundária - quando existe também um enrolamento helicoidal através de ligações de hidrogénio (responsável pelas chamadas *proteínas fibrosas*)
- ☼ Estrutura terciária - existente nas chamadas *proteínas globulares* (ver Figura 1.1) e proporcionada por uma combinação de interacções não-covalentes (ligações de hidrogénio, atracção electrostática, interacções hidrofóbicas e ligações por pontes de bissulfito, as quais permitem a adopção de uma conformação “em bola”, impedindo a penetração da água.

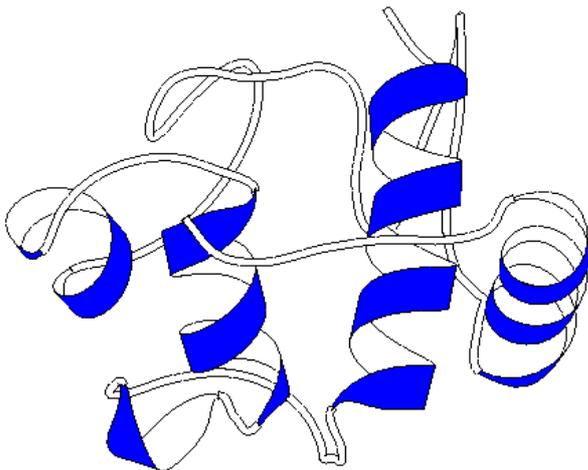


Figura 1.1 - Diagrama de uma proteína globular, o citocroma C.

As proteínas fibrosas são insolúveis em água e desempenham, sobretudo, funções estruturais, enquanto que as proteínas globulares, que são solúveis em água,

são responsáveis por funções de nutrição e transporte e também constituem o muito particular grupo das enzimas.

Temos assim que, dependendo da sua composição em amino-ácidos e da sua conformação espacial, as proteínas podem desempenhar diferentes papéis biológicos nos organismos vivos. Podemos desse modo dividi-las em:

- X Enzimas (actividade catalítica)
- X Proteínas de transporte (hemoglobina, lipoproteínas, ...)
- X Proteínas de armazenamento e nutrição (sementes de plantas, ovalbumina, ...)
- X Proteínas de contracção e movimento (músculos)
- X Proteínas estruturais (pele, queratina, ...)
- X Proteínas de defesa (anticorpos, veneno das plantas, ...)
- X Proteínas de regulação (hormonas)
- X Outras (podendo apresentar como exemplos a monelina, extraída de uma planta africana, usada como adoçante; e proteínas anticongelamento de peixes polares; ...)

Além dos amino-ácidos, as proteínas podem conter outros componentes tais como lípidos (lipoproteínas), açúcares (glicoproteínas), metais (metaloproteínas) ou grupos fosfato (fosfoproteínas). A estas proteínas dá-se o nome genérico de *proteínas conjugadas*, por oposição àquelas apenas compostas por amino-ácidos a que se chama *proteínas simples*.

Uma das mais importantes modificações que as proteínas globulares podem sofrer é a **desnaturação**, isto é o “desenrolamento” da sua estrutura terciária, com alteração irreversível das suas propriedades. A desnaturação deve-se normalmente à acção do calor, como no conhecido exemplo da clara de ovo, que contém albumina (uma proteína), a qual quando aquecida coagula, ou seja desnatura-se. No entanto, outros agentes físicos ou químicos tais como valores extremos de pH, solventes orgânicos miscíveis (etanol, acetona, ...), solutos (ureia, ...), detergentes ou agitação aeróbica vigorosa, podem também causar a desnaturação das proteínas.

As proteínas *per se* não são necessárias à dieta humana. É o seu conteúdo em nove amino-ácidos essenciais (His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Thr, Trp e Val) que lhes confere o seu valor nutritivo.

A qualidade nutritiva de uma proteína pode ser medida pelo seu *valor biológico*. Este factor mede a quantidade de amino-ácidos essenciais, na forma livre e nas proporções adequadas, capazes de ser absorvidos pelo organismo.

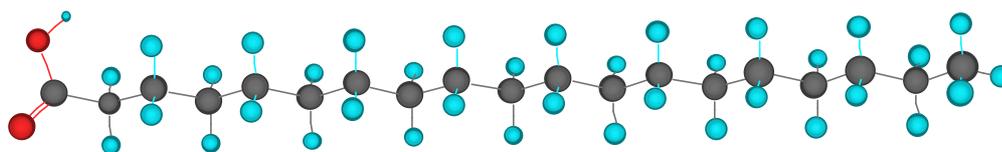
Alimento	Valor biológico
Leite humano	95
Leite de vaca	81
Bife de vaca	93
Ovo	87
Milho	36
Arroz	63
Pão integral	30

Tabela 1.2 – Valor biológico de alguns alimentos.

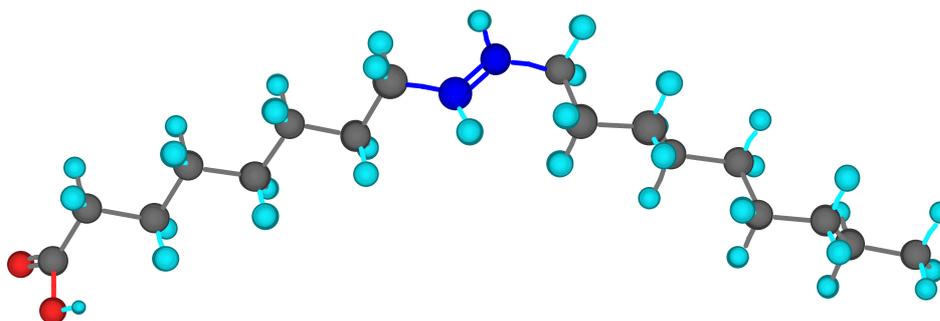
Os **lípidos**, ou gorduras são substâncias oleosas ou gordurosas, insolúveis na água. Podem existir sob várias formas (*triglicéridos, ceras, fosfoglicéridos, esfingolípidos, esteróis e ésteres de ácidos gordos*) das quais os mais abundantes são os triglicéridos ou gorduras comuns, os quais servem de principal combustível para a maioria dos organismos. De facto, estas moléculas são as mais importantes fontes de armazenamento de energia química. Outra das funções desempenhadas pelos lípidos é o transporte de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K).

A maioria dos lípidos contém, como componentes principais, os chamados **ácidos gordos**, que são ácidos orgânicos de cadeias longas, podendo apresentar de 4 a 20 átomos de carbono; contém um único grupo carboxilo e uma “cauda” não polar, responsável pela insolubilidade na água e pelo carácter oleoso. Os ácidos gordos diferem entre si pelo comprimento da cadeia e pela presença, número e posição de ligações duplas. Quase todos possuem um número par de átomos de carbono (16 ou

18). Quando a cauda só tem ligações simples diz-se que são saturados, e quando existem ligações duplas chamam-se insaturados, sendo os insaturados os mais abundantes, quer em animais quer nos vegetais. Os ácidos gordos saturados com 12 a 24 átomos de carbono são sempre sólidos (ceras), enquanto que os insaturados aparecem sob a forma de óleos. Como exemplo destes dois tipos de ácidos gordos apresentam-se (Figura 1.2) as estruturas do ácido oleíco (saturado) e do ácido esteárico (insaturado), que difere do primeiro apenas na presença de uma ligação dupla entre os carbonos 9 e 10 (a azul escuro na figura). Esta é a posição típica, nas cadeias da maioria dos ácidos gordos insaturados, da ligação dupla, quando esta é única. Se existem mais que uma, elas aparecem sempre entre o carbono 10 e o fim da cauda, sendo que a ponta em que se encontra o grupo carboxilo é considerada a cabeça da molécula. Quando existem várias ligações duplas na mesma cadeia, estas nunca são conjugadas, mas sim separadas por um grupo metileno.



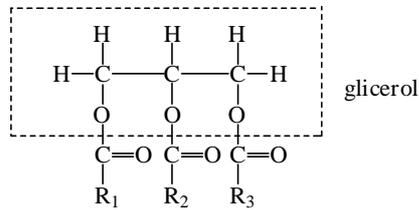
Ácido oleíco (saturado)



Ácido esteárico (insaturado)

Figura 1.2 - Estruturas químicas de dois ácidos gordos.

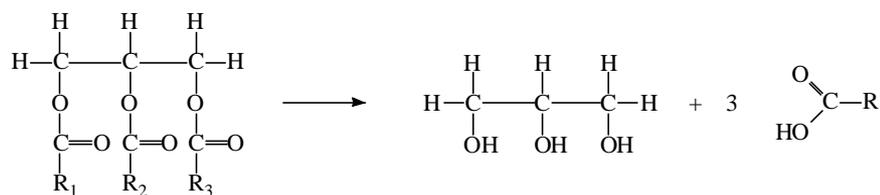
Os triglicéridos, principais componentes dos depósitos de gordura, tanto nos animais como nos vegetais, são, como já foi dito, os lípidos mais abundantes na natureza. Quimicamente, são ésteres de glicerol com 3 moléculas de ácidos gordos.



Quando $R_1 = R_2 = R_3$, estamos na presença de triglicéridos simples; no caso em que duas ou mais das cadeias de ácidos gordos são diferentes, chamam-se triglicéridos mistos. Na maioria das gorduras naturais, utilizadas na nossa alimentação, como o azeite, a manteiga e outras, coexistem as duas espécies de triglicéridos. No caso particular em que os três ácidos gordos são saturados, os triglicéridos de que fazem parte têm um aspecto de sólido gorduroso, à temperatura ambiente, de que o sebo é um exemplo. Quando o inverso se dá, isto é todas as cadeias de ácidos gordos são insaturadas o triglicérido é líquido, quando conservado à temperatura ambiente. O exemplo típico desta ocorrência é a trioleína, principal componente do azeite.

Estes compostos podem ser degradados ou alterados por acções físicas e químicas. De entre as possíveis reacções de que são objecto, destacamos:

★**Hidrólise** por acção do calor, de ácidos ou bases e da lipase (enzima secretada pelo pâncreas)



A *saponificação* é uma hidrólise específica por acção de NaOH ou KOH que origina sais de K^+ ou Na^+ (sabões) em vez de ácidos gordos. É este o processo conducente ao fabrico dos sabonetes caseiros.

★**Decomposição** por acção de temperaturas muito elevadas ($> 200\text{ }^\circ\text{C}$) com formação de acroleína, a qual origina um odor penetrante.

Alimento	% Gorduras
Leite	3.5
Nata	12-32
Manteiga	20-35
Queijo	80
Pão	1.2
Ovos	11.5
Batatas	0.1
Tomates	0.3

Tabela 1.3 - Teor em lípidos de alguns alimentos.

Os **hidratos de carbono**, ou açúcares, constituem a terceira família de componentes dos alimentos a serem aqui tratadas. Eles representam a principal fonte calórica para a maioria dos animais (incluindo o homem) e ainda para muitos microrganismos.

Os açúcares são, do ponto de vista químico, aldeídos ou cetonas polihidroxilados ou ainda, substâncias que, após hidrólise, originam tais compostos. Têm em comum a fórmula geral $C_nH_{2n}O_n$ (por exemplo, a glucose tem a fórmula $C_6H_{12}O_6$) havendo, no entanto, algumas exceções e mesmo hidratos de carbono que contêm átomos de azoto, fósforo ou enxofre.

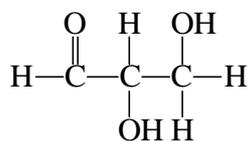
Consoante o número de unidades que os compõem dividem-se em:

✗ Monossacáridos, constituídos por uma única unidade aldeído ou cetona, de que o exemplo mais característico é a glucose.

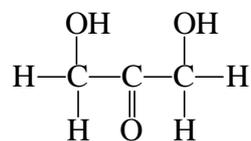
✗ Oligossacáridos, compostos por curtas cadeias de monossacáridos covalentemente ligados. Destes, os mais abundantes são os dissacáridos, com duas unidades. Um exemplo típico é a sacarose, em que uma D-glucose está covalentemente ligada a uma D-frutose.

✗ Polissacáridos são cadeias longas com centenas ou milhares de unidades podendo ser lineares, como a celulose, ou ramificadas como o glicogénio.

Os monossacáridos apresentam-se como sólidos cristalinos, solúveis em água e são geralmente doces. Quando se apresentam sob a forma de aldeído recebem o nome de aldoses e quando sob forma cetónica denominam-se cetoses. O gliceraldeído e a dihidroxiacetona são dois dos exemplos mais simples de aldoses e cetoses existentes.

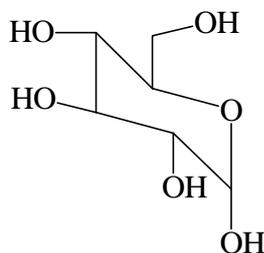


gliceraldeído

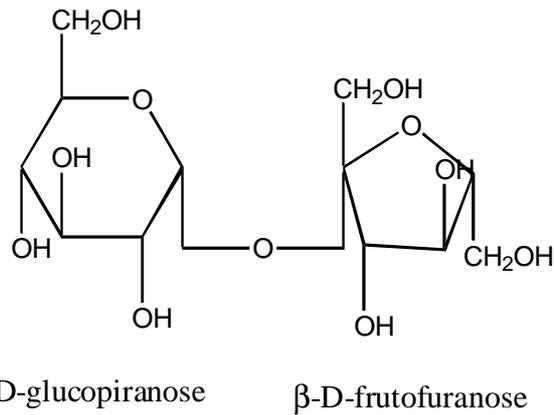


dihidroxiacetona

Os monossacáridos podem ter 4, 5, 6 ou 7 átomos de carbono, recebendo os nomes de, respectivamente, tetroses, pentoses, hexoses e heptoses. As hexoses, de que a glucose e a frutose são exemplos, formam o grupo de monossacáridos mais abundante na natureza. Os monossacáridos com 5 ou mais átomos de carbono, encontram-se normalmente, em solução, sob forma cíclica, aqui exemplificada por uma molécula de glucopirranose.



Os dissacáridos são formados por reacção de um grupo OH de uma das unidades com o carbono anomérico da segunda, formando a chamada ligação glicosídica. A estrutura seguinte mostra um dos dissacáridos mais conhecidos, a sacarose, evidenciando esse tipo de ligação entre os dois açúcares. Estas ligações glico-



sídicas podem ser facilmente hidrolisadas por acção de ácidos, mas resistem bem em soluções básicas.

Os polissacáridos podem ser constituídos por um único tipo de monómero, recebendo a designação de homopolissacáridos, de que o amido - apenas composto por unidades de glucose - é um exemplo, ou terem na sua constituição dois ou mais tipos diferentes de monómeros, sendo então chamados heteropolissacáridos. Dos polissacáridos mais comuns, distinguiremos, pela sua importância na alimentação, o já mencionado amido (encontrado nas batatas e muitas sementes) e o glicogénio (existente nos fígados dos animais).

Do mesmo modo que o descrito para os nutrientes anteriormente estudados, também se encontram alimentos com teores em hidratos de carbono muito díspares, documentando a Tabela 1.4 as percentagens encontradas em alguns dos alimentos mais correntes.

Alimento	% Hidratos de carbono
Leite	4.5-5.0
Carne	0.1-0.5
Manteiga	0.7
Queijo	2-8
Pão	55-57
Cenoura	8.5
Bananas	21.0

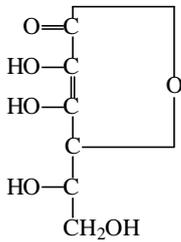
Tabela 1.4 - Teor em açúcares de alguns alimentos comuns.

Os seres humanos requerem, na sua dieta, elementos inorgânicos para o crescimento e o desenvolvimento das suas funções biológicas. Estes sais minerais podem ser divididos em duas categorias, consoante as quantidades necessárias. Temos assim, entre aqueles cuja dose diária se mede em alguns gramas, os sais de cálcio, magnésio, sódio, potássio, fósforo, enxofre e cloro. Aqueles requeridos em quantidades da ordem dos microgramas ou miligramas por dia incluem compostos de ferro, iodo, cobre, manganés, zinco, cobalto, molibdénio, selénio, vanádio, níquel, crómio, flúor, silício, arsénio e estanho. Dos elementos mais ricos em sais minerais podemos destacar o leite (com cerca de 1% do seu conteúdo) e a carne (com 1 a 2%, dependendo da origem).

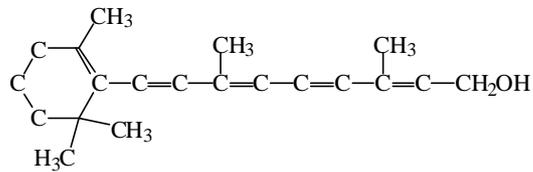
As vitaminas pertencem aos chamados micronutrientes, pois são necessárias em muito pequenas quantidades. No entanto, são essenciais ao bom desenvolvimento das nossas funções biológicas, nomeadamente agindo como catalizadores nos processos de transformação química dos macronutrientes, a que conjuntamente se dá o nome de *metabolismo*. Conhecem-se, actualmente, 13 vitaminas indispensáveis na nossa dieta diária (e na de muitos outros animais).

As vitaminas podem ser agrupadas em duas classes: as *hidrossolúveis* e as *lipossolúveis*, consoante são solubilizáveis em solução aquosa ou em gorduras. Na primeira, incluem-se as vitaminas B₁ (tiamina), B₂ (riboflavina), ácido nicotínico, ácido

pantoténico, B₆ (piridoxina), biotina, ácido fólico, B₁₂ e C (ácido ascórbico). Na segunda encontramos as vitaminas A, D, E e K.



ác. ascórbico (vit. C)



retinol (vit. A₁) - extraída do fígado de peixes marinhos

A água é a substância mais abundante nos organismos vivos, constituindo 70% ou mais da sua massa total. Dado que existe em todas as partes das células, a água é o meio no qual se dão o transporte de nutrientes, o metabolismo e a transferência de energia química.

Apesar de ser um líquido quimicamente estável, a água possui propriedades diferentes das dos outros líquidos, como sejam elevados pontos de fusão e de ebulição. Estas propriedades indicam a existência de grandes forças de atracção entre as moléculas de água adjacentes, proporcionando-lhes grande coesão interna. A intensidade destas forças de atracção intermoleculares deve-se à estrutura peculiar da molécula de água. Cada um dos átomos de hidrogénio partilha um par de electrões com o átomo de oxigénio. A geometria dos pares de electrões partilhados força a molécula a adoptar uma estrutura em V (Figura 1.3). Os dois pares de electrões livres do oxigénio conferem-lhe uma carga negativa parcial, situada na ponta do V, enquanto que a forte capacidade atractiva do oxigénio origina a formação de cargas



Figura 1.3 - Estrutura espacial de uma molécula de água.

positivas parciais nos átomos de hidrogénio. Estes factos fazem com que a molécula de água, apesar de globalmente neutra, possua cargas positiva e negativa separadas, comportando-se como um dipolo eléctrico. Devido a tal separação de cargas, duas moléculas de água podem ser atraídas entre si, pela força electrostática existente entre a carga negativa parcial do átomo de oxigénio de uma e a carga positiva parcial de um dos átomos de hidrogénio da outra. A este tipo de interacção electrostática é dado o nome de ligação de hidrogénio (Figura 1.4).



Figura 1.4 - Representação esquemática da ligação de hidrogénio entre duas moléculas de água.

Devido à organização quase tetraédrica dos electrões ao redor do átomo de oxigénio, cada molécula de água pode, teoricamente, formar ligações de hidrogénio com 4 moléculas vizinhas, tal como se mostra nas Figuras 1.5 e 1.6. De facto, isto só se verifica quando a água se encontra no estado sólido (gelo), pois no estado líquido, devido ao movimento contínuo das moléculas, as ligações de hidrogénio são continuamente formadas e desfeitas, fazendo com que existam ligações de hidrogénio com uma média de 3.4 moléculas.

A água é o componente fundamental para a existência de vida e para o desenrolar de todas as actividades biológicas. De entre os organismos vivos que necessitam de água, contam-se os microrganismos que contaminam os alimentos. Estes microrganismos utilizam uma parte da água existente nos alimentos, que lhes

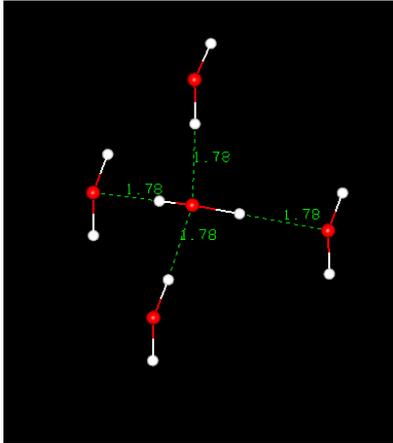


Figura 1.5 - Molécula de água ligada a quatro outras por pontes de hidrogênio.

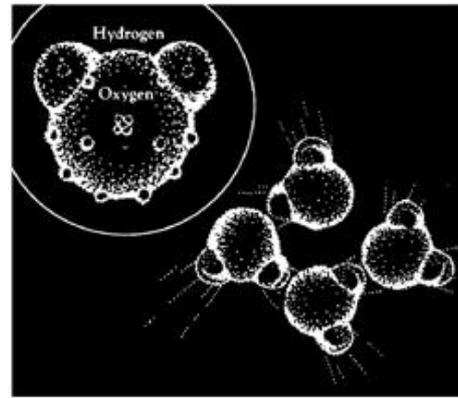


Figura 1.6 - Representação espacial de moléculas de água ligadas entre si por pontes de hidrogênio.

está mais acessível e conhecida como água disponível, representada pela sigla a_w (do inglês *available water*). A água disponível define-se como a razão entre a pressão de vapor da solução (as substâncias dissolvidas na água existente nos alimentos) e a pressão de vapor do solvente (*i. e.*, a água). A taxa de água disponível depende do soluto que se encontra dissolvido na água, ou seja da composição do alimento (em proteínas, açúcares, gorduras, etc.) e é proporcional à fracção molar desse mesmo soluto, de acordo com as relações seguintes.

$$a_w = P/P_0 = x_0$$

$$(P_0 - P)/P = x_1/(x_1 + x_2)$$

$$x_1 \equiv n^0 \text{ de moles do soluto}$$

Uma humidade atmosférica relativa correspondente a uma a_w inferior à do alimento, secará a superfície deste último, dando-se o fenómeno contrário se a humidade relativa fosse superior à a_w do alimento.

Logicamente, a_w varia de alimento para alimento, segundo a sua composição. Na Tabela 1.5 estão registados alguns valores de a_w para alimentos mais comuns.

A diminuição da água disponível num dado alimento pode ser devida a diferentes factores, como sejam:

♦ existência de substâncias dissolvidas (açúcares, sais) em grandes concentrações, que fixam a água, impossibilitando a sua utilização por parte dos microrganismos;

- ◆ presença de géis ou gelatinas a cobrir os alimentos, o que conduz a que quase toda a água disponível seja utilizada na hidratação destes compostos altamente hidrófilos;
- ◆ abaixamento da temperatura leva a água disponível, ou pelo menos parte dela (dependendo da temperatura) a solidificar, tornando-se não disponível para o crescimento microbiano.

a_w	Alimentos
≥ 0.98	Carne e peixe frescos Frutas e legumes frescos Leite e bebidas Leite evaporado
0.93 - 0.98	Pasta de tomate Carne enlatada
0.85 - 0.93	Fiambre fresco Leite condensado açucarado
0.60 - 0.85	Frutas secas Cereais Compotas Chocolate
≤ 0.60	Bolos Leite em pó

Tabela 1.5 - Teor em água disponível de alguns alimentos comuns.

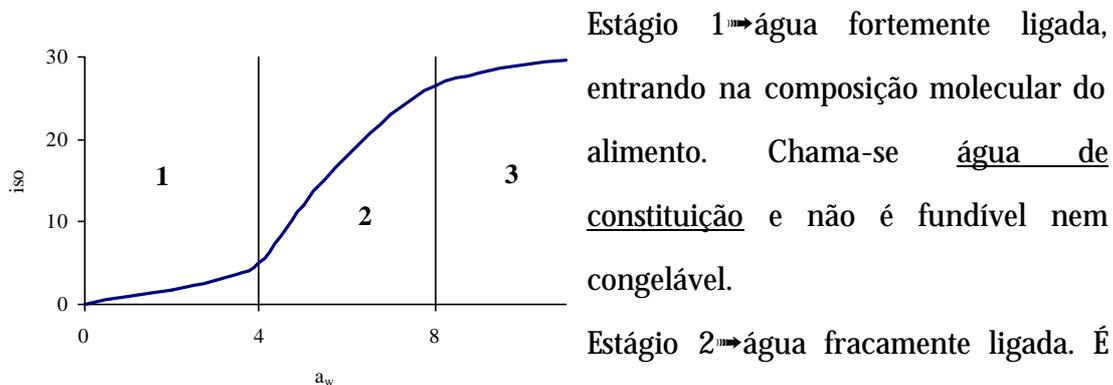
Os métodos tradicionalmente utilizados para diminuir a_w são os seguintes:

- ⊙ estabilização por adição de substâncias reguladoras;
- ⊙ adição de solutos;
- ⊙ determinação das isotermas de sorção da água dos alimentos.

As isotermas de sorção relacionam a humidade ambiente com a_w de um alimento a uma dada temperatura. Idealmente, estas duas taxas de humidade deveriam ser idênticas. Nesses casos, diz-se que os alimentos estão em equilíbrio. No entanto, devido às suas propriedades físico-químicas, raramente a a_w dos alimentos está em equilíbrio com a humidade atmosférica. Existem fenómenos de modificação de estrutura, interacção com solutos, e outros que influenciam a capacidade de adsorção

de água por parte dos alimentos. Nos casos em que a a_w do alimento é superior à humidade atmosférica, estamos em presença de um fenómeno de desorção; o caso inverso é apelidado de adsorção.

Os gráficos das isotermas de sorção têm uma forma típica, em que se podem distinguir três fases distintas.



O estudo das isotermas de sorção de um dado alimento possibilita:

Estágio 3 → água livre adsorvida à superfície. Só pode ser retirada por acção térmica ou mecânica. Mais fácil de retirar que a anterior.

O estudo das isotermas de sorção de um dado alimento possibilita:

- ❶ Previsão e controle da actividade microbiana;
- ❷ Previsão da velocidade dos fenómenos bioquímicos;
- ❸ Previsão da variação de peso durante o armazenamento;
- ❹ Controle do processo de secagem e do processo de armazenamento;
- ❺ Estimativa da duração prática do armazenamento;
- ❻ Estabelecimento do tipo de embalagem;

Como já foi dito, a água disponível, existente nos alimentos, possibilita o desenvolvimento da flora microbiana, mas nem todos os tipos de microrganismos têm as mesmas necessidades de água para o seu desenvolvimento. Genericamente as bactérias são os microrganismos que requerem uma maior a_w para se multiplicarem, sendo os fungos os microrganismos que melhor se adaptam a ambientes de mais baixa humidade (isto se não tivermos em conta as bactérias osmófilas, especialmente

adaptadas a ambientes menos húmidos). A Tabela 1.6 indica os valores mínimos de a_w que possibilitam a multiplicação dos vários tipos de microrganismos, nos alimentos.

Tipo de microrganismo	Teor mínimo de a_w
Bactérias	0.98
Leveduras	0.88
Bolores	0.75
Bactérias osmófilas	0.60

Tabela 1.6 - Valores mínimos de a_w que possibilitam o crescimento e multiplicação dos diversos tipos de microrganismos.

Nas Tabelas 1.7 e 1.8 são resumidos os teores (% peso/peso) nos vários nutrientes de alguns dos alimentos mais comuns, bem assim como o valor energético desses alimentos.

Alimento	Proteínas	Lípidos	Hidratos de carbono	Água	Vitamina A	Vitamina B ₁	Vitamina C
Pão	7	0.8	58	34	—	6×10^{-5}	—
Carne	20	20	0.4	60	2×10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}
Leite	30	25	3	40	5×10^{-4}	—	—
Ovos	13	11	0.5	73	3×10^{-4}	10^{-4}	—
Maçãs	0.4	0.5	13.5	83	3×10^{-5}	4×10^{-5}	9×10^{-3}

Tabela 1.7 - Teor de alguns alimentos nos seus nutrientes (% p/p).

Alimento	Valor energético
Pão	260
Carne de vaca	150-250
Leite	60-70
Ovos	160
Nata	300
Cenouras	40
Manteiga	740

Tabela 1.8 - Valor energético de alguns alimentos (cal/100 g).

A composição de um alimento, isto é, a maior ou menor riqueza nos seus constituintes, define a sua qualidade alimentar. É o controlo desta qualidade que permite avaliar a aceitabilidade de um produto para consumo.

A apreciação da qualidade de um alimento faz-se de acordo com critérios físico-químicos, microbiológicos, organolépticos e higiénicos. Não sendo um valor absoluto, a qualidade tem que ser claramente quantificada e definida para os diferentes casos possíveis. Da necessidade de manter os alimentos dentro de todas estas normas de qualidade, durante períodos de tempo cada vez mais longos, nasceram a indústria e a tecnologia da conservação de alimentos, as quais se têm vindo a desenvolver, ao longo dos tempos, devido a factores como sejam a exigência dos consumidores por produtos de maior qualidade, o desenvolvimento de novos processos tecnológicos e a globalização dos mercados.

A indústria de conservação alimentar engloba, para além dos processos de conservação propriamente ditos, também os processos de transformação, embalagem e distribuição, todos eles de fundamental importância no aspecto final com que o produto chega ao consumidor. O sistema HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point) é um sistema de inspecção utilizado pela indústria alimentar para permitir o

controlo das diversas etapas de transformação de um alimento, com vista à obtenção de um certificado de qualidade. Este sistema envolve as seguintes fases essenciais:

- 1) Análise de risco - identificação e cálculo dos riscos resultantes dos ingredientes, processos, distribuição e venda e ainda de factores humanos como o provável uso do alimento.
- 2) Determinação dos pontos críticos de controlo (CCPs) - estes são os pontos do processo de produção em que é possível controlar os riscos identificados.
- 3) Estabelecimento de sistemas apropriados para monitorizar estes pontos críticos de controlo.

2ª Parte

Aditivos Alimentares

Os aditivos alimentares são substâncias que se adicionam aos alimentos com o fim de modificar o seu valor nutritivo, as suas características organolépticas, as técnicas de transformação e a eficácia da sua conservação. A sua utilização desempenha um papel vital na alimentação dos nossos tempos e advém essencialmente de cinco ordens de razão:

✱ **Manutenção da consistência do produto.** Os emulsionantes conferem uma textura consistente e impedem a desagregação de um produto. Os estabilizantes e os espessantes conferem uniformidade e suavidade à textura dos alimentos. Os agentes anti-aglutinantes impedem substâncias como o sal de circular livremente.

✱ **Manutenção ou melhoria do valor nutricional.** As vitaminas e os sais minerais são adicionados a muitos alimentos comuns como o leite, a farinha e a margarina para complementar as carências da dieta alimentar ou para substituir os elementos que se perdem durante a transformação industrial do alimento.

✱ **Manutenção das características químicas e biológicas.** Os agentes conservantes retardam as alterações causadas pelos microrganismos. Os anti-oxidantes evitam o desenvolvimento de ranço ou outras oxidações indesejáveis em produtos ricos em gordura e também o aparecimento de manchas castanhas em frutos frescos recém-cortados.

✱ **Regulação do pH.** São adicionados compostos que libertam ácidos quando aquecidos, ao pão ou bolos, para auxiliar a fermentação. Outros agentes acidificantes ou alcalinizantes são utilizados para modificar o pH de um alimento e beneficiar os seus aroma, sabor e cor.

✱Controlo do aroma e da cor. Algumas especiarias e aromatizantes naturais ou sintéticos são utilizados para intensificar o sabor dos alimentos. Os corantes podem melhorar a aparência de certos alimentos, para os tornar mais atraentes para o consumidor.

Podemos dividir os aditivos alimentares nas quatro classes abaixo, as quais estudaremos ao longo dos capítulos seguintes:

○ Modificadores das características organolépticas:

Corantes

Aromatizantes e potenciadores de sabor

Adocicantes

○ Melhoradores das características físicas:

Estabilizantes

Emulsionantes

Espessantes

Gelificantes

Anti-aglutinantes

Anti-espumantes

Humidificantes

○ Evitam alterações químicas e biológicas:

Anti-oxidantes

Conservantes

Sinérgicos de anti-oxidantes

○ Melhoradores ou correctores das propriedades:

Reguladores de pH

Gaseificantes

Se uma substância é adicionada a um alimento com um objectivo específico, é considerada um aditivo directo. Um exemplo é o aspartame, um adocicante de baixo teor calórico usado, em substituição do açúcar, em bebidas, iogurtes e outros doces. Estes compostos devem ser identificados nos rótulos das embalagens alimentares.

Aditivos indirectos são aqueles que resultam do contacto com a embalagem, ou devido ao transporte e armazenamento. A sua presença nunca ultrapassa concentrações residuais.

Todos os aditivos alimentares são alvos de estrita legislação nacional e internacional, que assegura a boa qualidade e adequada etiquetagem dos alimentos. Quando um aditivo é aprovado para utilização na indústria alimentar, são publicadas regulamentações que indicam em que tipos de alimentos ele pode ser utilizado, a máxima concentração permitida, e como deverá ser mencionado nos rótulos.

Aditivos para Melhoria das Características Organolépticas

Por modificadores das características organolépticas, de um determinado alimento, entendemos aqueles aditivos que actuam ao nível da nossa percepção final, *i. e.* aroma, sabor, aspecto, etc., desse alimento. Ao longo deste capítulo serão estudados os três tipos de aditivos com estas características: corantes, aromatizantes e potenciadores de sabor, e adocicantes.

Consideram-se corantes alimentares aquelas substâncias que alteram ou reforçam a cor de um produto alimentar. Os corantes utilizados na indústria alimentar podem ser de origem natural (orgânicos ou inorgânicos) ou sintéticos. Os corantes orgânicos de origem natural são normalmente extraídos das plantas, distinguindo-se, entre eles, a clorofila, que produz tonalidades verdes, os carotinóides, com as suas cores alaranjadas e as antocianinas, que podem produzir diversas cores, desde o laranja ao verde, passando pelos vermelhos e azuis, consoante as propriedades do meio físico-químico em que estão inseridas. A clorofila (Figura 2.1) encontra-se

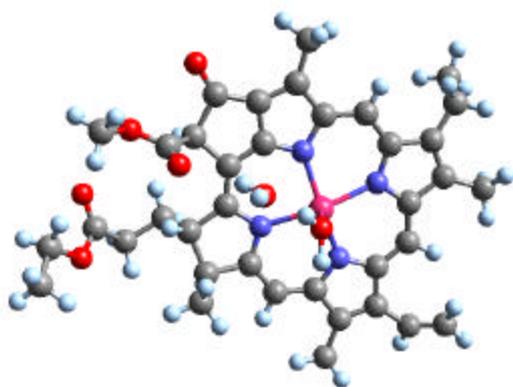


Figura 2.1 - Estrutura espacial da clorofila a.

nos cloroplastos de algumas células das plantas superiores, nas algas, e nalgumas bactérias. Em geral, as plantas são incapazes de produzir clorofila, excepto quando expostas à luz. A molécula de clorofila é responsável pela transformação da energia luminosa em energia química.

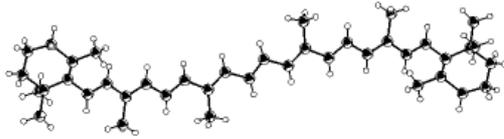


Figura 2.2 - Estrutura espacial da molécula de caroteno.

O caroteno (Figura 2.2) existe em muitas plantas. A longa cadeia de átomos de carbono com ligações duplas alternadas proporciona rigidez à molécula. Outra consequência desta particular estrutura é a cor laranja conferida por esta molécula aos produtos de que é componente. Contrariamente a certa *vox populi* e apesar da existência de caroteno nas cenouras, não é esta molécula que lhes confere a cor, mas sim uma forma oxidada do caroteno, a xantofila. A cor das folhas no Outono também é devida à expressão da cor de carotinóides, após a desapareção da clorofila.

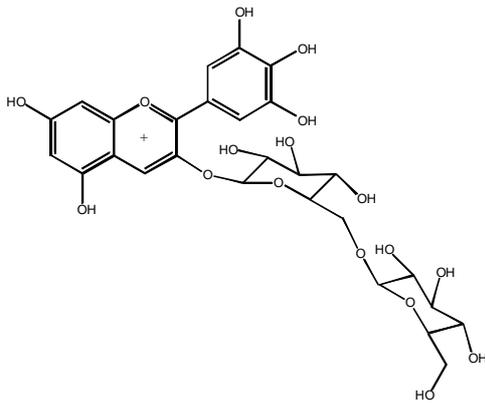


Figura 2.3 - Estrutura química de uma antocianina (delfinidina 3-gentiobiósido).

As antocianinas (Figuras 2.3 e 2.5) são também encontradas em muitas plantas superiores. As suas estruturas químicas podem variar entre as mais simples, com um pequeno número de substituintes, ligados aos anéis que compõem o “esqueleto” central deste tipo de compostos, como no caso da molécula

da Figura 2.3, extraída das pétalas de *Eichhornia crassipes* até às mais complexas com muitos e/ou maiores substituintes, caso da molécula da Figura 2.5, extraída das flores

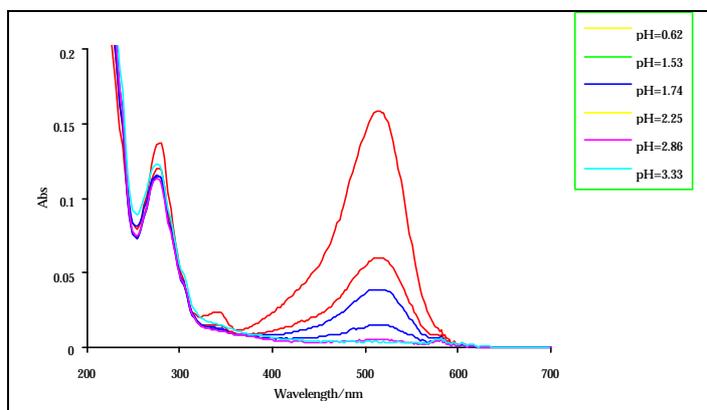


Figura 2.4 - Variação do espectro de absorção electrónica da antocianina delfinidina 3-gentiobiósido com o pH.

de *Evolvulus pilosus*. É esta diferença dos padrões de substituição, aliada a outros factores físico-químicos, como sejam o pH do meio e interações com outras moléculas nele existentes que produzem a grande diversidade de cores característica das antocianinas. Nos dois espectros de absorção electrónica UV-vísivel apresentados (Figuras 2.4 e 2.6), relativos a cada uma das duas antocianinas, é possível constatar

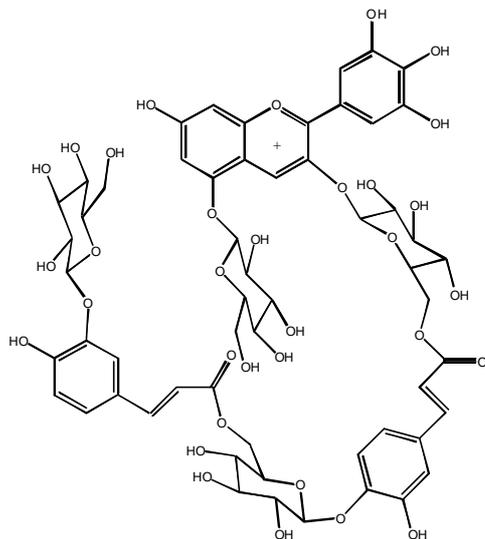


Figura 2.5 - Estrutura química de uma antocianina (delfinidina 3-glucosilcafeilglucosilcafeilglucósido-5-glucósido).

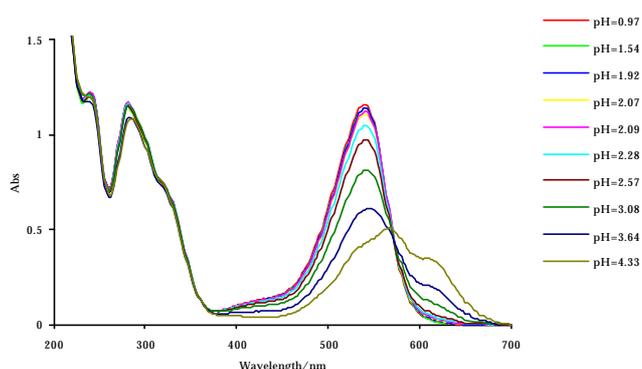


Figura 2.6 - Variação do espectro de absorção electrónica da antocianina delfinidina 3-glucosilcafeilglucosilcafeilglucósido-5-glucósido com o pH.

vulgarização é restringida por uma certa dificuldade de extracção destes compostos em grandes quantidades e elevada pureza, a partir da matéria-prima vegetal.

essa diversidade de cores, provocada, por um lado, pelas diferenças estruturais (a primeira tem um máximo de absorção a cerca de 500 nm - vermelho- enquanto a segunda tem o mesmo máximo a cerca de 540 nm -púrpura) mas também pela influência do pH do meio (na primeira, ao variar o pH de 1 a 4 verifica-se apenas uma diminuição da intensidade da cor, enquanto que a mesma variação de pH, no segundo caso, provoca sobretudo uma mudança da cor de púrpura para azul). Apesar da potencial vantagem, conferida pela diversidade de cores possíveis, na utilização das antocianinas pela indústria alimentar, a sua

Para tentar contornar as dificuldades inerentes à extracção e purificação de corantes naturais, nas elevadas quantidades requeridas pela indústria alimentar, recorre-se frequentemente à produção de moléculas sintéticas que os possam substituir. São conhecidos actualmente cerca de três mil corantes artificiais, sendo que apenas 10% são utilizados na alimentação. As vantagens da utilização de corantes sintéticos são a persistência das cores, a sua diversidade, a facilidade de regular a intensidade das cores, a sua elevada pureza, e o baixo custo de produção em elevadas quantidades. No entanto, com as actuais preocupações nutricionais e o progresso da ciência médica, têm vindo a levantar-se obstáculos à utilização de alguns destes pigmentos, o que deverá levar a uma retoma do interesse na investigação dos corantes de origem natural que, em geral, não são considerados prejudiciais à saúde humana.

Apesar de a maioria dos corantes utilizados na alimentação serem hidrossolúveis, alguns deles são apenas solúveis em lípidos, enquanto outros (raros) são totalmente insolúveis. No caso dos corantes solúveis em meio aquoso, estes devem ser dissolvidos em água fervente, antes da sua utilização, de modo a assegurar uma completa esterilização; no caso de estas soluções de corantes hidrossolúveis serem guardadas para utilização mais tardia, deve juntar-se-lhes um conservante, de modo a evitar a sua degradação.

Os corantes utilizados na indústria alimentar podem ser adicionados quer à superfície dos alimentos, quer às massas. Exemplos típicos dos primeiros são o carbonato de cálcio (E-170), o alumínio (E-173) e o hidróxido de ferro (E-172); entre os segundos contam-se o caramelo (E-150), as antocianinas (E-163), a eritrosina (E-127) e a clorofila (E-140).

De modo semelhante ao que se passa com os corantes, muitos alimentos necessitam que lhes sejam adicionadas substâncias que lhes proporcionem ou intensifiquem o aroma e/ou o sabor. A essas substâncias dá-se os nomes genéricos de aromatizantes e potenciadores de sabor.

Por aromas ou sabores entendem-se as sensações de doce, amargo, ácido, salgado, picante, adstringente, ou metálico que nos são transmitidas por um dado

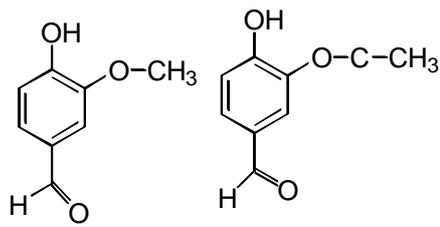
alimento. A sensação de um determinado aroma é devida a substâncias dispersas nos gases, enquanto que os sabores se devem ao contacto de soluções aquosas de uma determinada substância com os sensores da superfície da língua e regiões adjacentes da boca. Isto significa que apenas as substâncias hidrossolúveis nos podem transmitir um sabor. As diferenças de intensidade dos vários sabores devem-se à interacção das moléculas da água com as do soluto (alimento) e à compatibilidade espacial entre as estruturas químicas da água com as do alimento. As sensações mais fortes, despertadas pelos sabores salgado e ácido em relação aos sabores doces e amargos, são provocadas por uma maior compatibilidade dos compostos que as originam com as moléculas de água, o que lhes permite alcançar regiões mais profundas do epitélio (ver Figura 2.7). Estas diferenças de compatibilidade molecular traduzem-se na necessidade de ingestão de maiores ou menores quantidades de diferentes alimentos para se terem sensações de sabor de intensidades semelhantes.

Também os aromatizantes utilizados na indústria alimentar se podem dividir em naturais e sintéticos, sendo as razões de recurso aos aromas artificiais análogas às



Figura 2.7 - A intensidade dos vários tipos de sabor depende da compatibilidade com as moléculas de água existentes na boca.

apontadas para a utilização de corantes sintéticos, isto é, maior eficácia, menor custo e maior duração do efeito. Podemos ainda considerar, entre os aromatizantes sintéticos, aqueles que são exactamente iguais aos produtos naturais e os que só existem em laboratório. Um bom exemplo dos primeiros é a vanilina (essência de baunilha) que



Vanilina

Etilvanilina

Figura 2.8 - Estruturas químicas de dois aromatizantes alimentares.

pode ser obtida quer por extracção, a partir da vagem de baunilha, quer por síntese laboratorial; a etilvanilina é, pelo contrário, estritamente artificial, e muitas vezes usada em substituição da vanilina, pois tem um aroma mais intenso. Outros compostos naturais

frequentemente utilizados como aromatizantes alimentares são o limoneno, a essência de pinheiro e o mentol. De entre os aromatizantes sintéticos destacamos o acetaldeído e a 2-acetil-3-etilpirezina. A Tabela 2.1 dá uma ideia dos tipos de compostos químicos responsáveis pelos diversos aromas, bem assim como dos produtos naturais a partir dos quais são extraídos.

Quando é necessário conservar substâncias aromatizantes, em solução, para posterior utilização, recomenda-se a adição de agentes conservantes, que evitem a sua degradação, nomeadamente por oxidação. Os conservantes tipicamente adicionados às soluções de aromatizantes são o ácido ascórbico, o ácido benzóico, o anidrido sulfuroso e o metabissulfito de sódio.

Tipo químico	Produto natural	Composto principal	Aroma
Álcool	pepino	2-trans-6-cis-nonadieno-1-ol	violeta, fresco, verde,
	cogumelo	1-octeno-3-ol	pepino cogumelo, terra, floresta
	menta	mentol	menta
Éster	banana	acetato de amilo	banana
Alcool terpénico	gerânio	geraniol	citrino
	rosa	citronelol	rosa, floral, citrino
Fenol	cravinho	eugenol	especiarias, cravinho
	rosa	álcool fenil-etilénico	floral, fresco
Aldeído/Cetona	laranja	decanal	citrino
	frango	2,4,7-tridecatienal	
	verbena	citral	citrino, verbena
Éter	anis	anisol	anis
	estragão	metilcavicol	fresco, verde, especiarias
Heterociclos	tomate	2-isobutiltiazol	tomate
	café	trimetilpirazina	assado, café, chocolate
Outros	flor de jasmim	indol	floral

Tabela 2.1 - Compostos químicos responsáveis por alguns dos aromas comuns e os produtos naturais a partir dos quais são obtidos.

Os potenciadores de sabor mais vulgarmente utilizados pela indústria alimentar são, além do vulgar cloreto de sódio, o ácido glutâmico (H-5.081) e o glutamato de sódio (H-5.805) cujas funções são um aumento da intensidade do sabor, ou uma adequação a um determinado tipo de gosto de um alimento que originalmente o não possuía.

Tanto os aromatizantes como os potenciadores de sabor estão regulamentados por legislação que impede a sua utilização em concentrações superiores a 10 ppm,

sendo normalmente adicionados aos alimentos em concentrações que variam entre 0.1 ppm e 10 ppm.

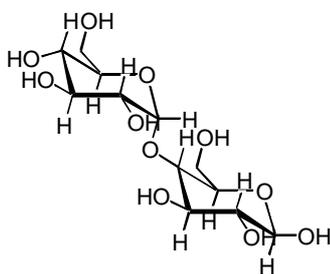
A última família de aditivos alimentares, usados para melhorar ou modificar as características organolépticas, aqui estudada, é a dos adocicantes. Estes são substâncias que, após adição aos alimentos, lhes conferem um sabor doce (ou o intensificam), mas também lhe dão corpo e aumentam o seu valor energético.

Até há relativamente pouco tempo, utilizavam-se sobretudo os dissacáridos, de origem natural, maltose, sacarose e lactose como agentes adocicantes, sendo a sacarose aquele com maior poder adocicante (ver Tabela 2.2), mesmo maior que a glucose. No

Açúcar	Poder adocicante relativo
Lactose	16
Maltose	30
Glucose	70
Sacarose	100
Frutose	170
Sacarina	40 000

Tabela 2.2 - Capacidade adocicante de alguns açúcares, referidos à sacarose.

entanto, devido ao elevado custo da cana de açúcar, na maioria dos países



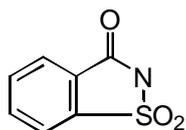
Maltose[O- α -D-Glucopiranosil-(1 \rightarrow 4)- β -D-glucopiranosose]

Figura 2.8 - Estrutura química da maltose.

do amido de milho. Esta mistura tem maior poder adocicante que a sacarose e, tendo equivalentes qualidades nutricionais e sendo mais barata que esta, está a ser

industrializados, e da facilidade de obtenção, sobretudo nos Estados Unidos, de D-glucose proveniente do amido de milho, tem vindo a utilizar-se menos a sacarose em desfavor de uma mistura de D-glucose e D-frutose (1:1) obtida por via enzimática a partir

crescentemente utilizada na indústria alimentar, sobretudo em bebidas e gelados. Adocicantes artificiais, como a sacarina (Figura 2.9), têm também sido desenvolvidos, sobretudo para utilização por doentes diabéticos ou obesos, para quem o consumo de açúcar em excesso é prejudicial. No entanto, estes compostos (ao contrário dos naturais) não têm qualquer valor nutricional, pois não são aproveitados pelo nosso organismo. A sua acção limita-se a estimular os mesmos sensores da língua que são



Sacarina

estimulados pelos açúcares, dando uma sensação muito mais intensa de doçura que aquela proporcionada pelos adocicantes naturais.

Figura 2.9 - Estrutura química da sacarina.

Capítulo 3

Aditivos para Melhoria das Características Físicas

Quando, na indústria alimentar, é necessário actuar sobre propriedades como a miscibilidade de duas fases de um alimento, a sua viscosidade ou outras características físicas, recorre-se à adição de substâncias que permitam o controle dessas mesmas propriedades, melhorando, por essa via, as características do alimento.

Os aditivos utilizados para melhoria das características físicas dos alimentos distribuem-se por estabilizantes, emulsionantes, espessantes, gelificantes, anti-aglutinantes, anti-espumantes e humidificantes.

Os agentes estabilizantes são substâncias que impedem as alterações químicas dos alimentos, por inibição de reacções químicas, visando a manutenção do equilíbrio químico dos alimentos. Entre as suas funções contam-se a substituição das gorduras, a retenção da humidade e manutenção ou melhoria da textura.

Os éteres de celulose, uma família de polímeros hidrossolúveis, são um exemplo das substâncias utilizadas como estabilizantes pela indústria alimentar.

Certos alimentos, como os gelados e outras sobremesas congeladas, são compostos por duas fases, não miscíveis, sendo uma das fases uma solução aquosa de várias substâncias (açúcar, etc.) e a outra uma gordura (geralmente nata). Estas duas fases estão dispersas uma na outra, formando uma emulsão. Na preparação deste tipo de alimentos, se a congelação não for controlada, a solução aquosa começará a congelar, espontaneamente e de modo fortuito, a partir de alguns pontos de congelação, formando cristais. Se não existir um controlo, o número de pontos de congelação será baixo e, conseqüentemente, os cristais crescerão demasiado, dando origem a uma mistura de aspecto irregular. Para se poder obter uma congelação

ordenada e feita a partir de múltiplos pontos, utilizam-se agentes emulsionantes, os quais podem ser de natureza química ou física.

Os emulsionantes químicos são substâncias tensioactivas que ajudam a manter os cristais de gelo pequenos, através da absorção de parte da água livre, formando um gel. Este gel, devido à sua dureza e estrutura interna, impede o crescimento dos cristais de gelo. Deste modo, a dispersão entre as duas fases não miscíveis torna-se mais uniforme, proporcionando uma textura mais agradável ao produto. A goma arábica (E-414), o alginato de cálcio (E-404), o agar-agar (E-406), a pectina (E-440) e a celulose (E-460) são alguns exemplos de emulsionantes químicos correntemente usados. Em alternativa a estes agentes químicos pode utilizar-se a agitação mecânica que, através da formação de bolhas de ar, tem um efeito semelhante de homogeneização da mistura.

Os agentes espessantes e gelificantes são muitas vezes tratados em conjunto, pois a maioria das substâncias utilizadas para aumentar a viscosidade dos alimentos (espessantes) podem também provocar a formação de géis (gelificantes). Este tipo de substâncias são utilizadas, na indústria alimentar, desde há muito tempo. O amido e a gelatina são dois conhecidos exemplos. O amido é um bom espessante, em condições normais, tendo o contra de provocar perda de líquido quando um alimento é descongelado. Esse facto conduz à opção por outros produtos, com melhores propriedades, embora com características nutricionais semelhantes. Como exemplo destes derivados podemos citar a polidextrose (E-1200), o fosfato de diamido (E-1412) e amido acetilado (E-1420). A gelatina, obtida a partir de subprodutos animais, tem a desvantagem de apenas gelificar a baixas temperaturas, tendo que recorrer-se a alternativas se se pretende obter um gel à temperatura ambiente, ou mesmo a temperaturas mais elevadas.

Outros compostos, obtidos a partir de vegetais ou microrganismos, são também utilizados como espessantes ou gelificantes. São normalmente utilizados em alimentos de baixo teor calórico, pois o seu valor nutricional é nulo. A sua função é a de aumento do volume do conteúdo intestinal e a sua velocidade de trânsito. Exemplos destes

compostos são os alginatos (utilizados em conservas, compotas, doçaria e também fiambres e pâtés), o agar (o mais caro de todos os gelificantes, utilizado em conservas vegetais, gelados, sopas, molhos), os carragenanos (utilizados na fabricação de sobremesas lácteas, na Irlanda, desde há mais de 600 anos), as pectinas (os mais baratos espessantes, após o amido, são usadas principalmente na elaboração de compotas; têm vantagens do ponto de vista da saúde ao diminuir a velocidade de incorporação da glucose na corrente sanguínea e ao provocarem uma redução do colesterol - sobretudo LDL e VLDL).

As gomas vegetais pertencem ao grupo de substâncias que não formam géis quando adicionadas aos alimentos, mas sim soluções mais ou menos viscosas, servindo apenas como espessantes por retenção da água. São utilizadas para estabilizar suspensões de polpa de fruta, ou para estabilizar a espuma das cervejas. Não têm qualidades nutritivas, mas reduzem o nível de colesterol no organismo.

Fazendo ainda parte dos aditivos modificadores das características físicas dos alimentos temos a família dos anti-coagulantes, substâncias que impedem a aglutinação, floculação ou coagulação dos alimentos, agindo como agentes dispersantes, conferindo volume ao produto. São exemplo de anti-coagulantes, compostos como o carbonato de cálcio (E-170) e o silicato de cálcio (H-7172).

Os anti-espumantes, como o silicone e o dióxido de carbono, são compostos que controlam a formação de espumas durante processos tecnológicos de transformação de alimentos. A acção do silicone caracteriza-se por impedir a formação de espumas, enquanto que o dióxido de carbono serve para estabilizar a espuma formada.

Por fim, ainda englobados nos modificadores de propriedades físicas, temos o grupo dos agentes humidificantes, ou seja aquelas substâncias que possuem afinidade para as moléculas de água. Agem controlando a humidade de um alimento de forma a manter a sua qualidade. São exemplos compostos como o sorbitol (E-420), a celulose e alguns dos seus derivados (E-460 a E-466) e os ortofosfatos, de sódio e de potássio, que reagem com as proteínas da carne, diminuindo a perda de água e aumentando a

sucolência do produto. O ortofosfato de sódio (E-339) é mais barato que o de potássio (E-340), mas tem a desvantagem de provocar um sabor mais adstringente, vulgarmente encontrado nos fiambres mais baratos. São ainda utilizados, como humidificantes, os polifosfatos, que se supõe também interagirem com as proteínas musculares dos produtos cárnicos. Tanto os ortofosfatos como os polifosfatos têm limitações na dosagem, não por serem tóxicos, mas sim para evitar fraudes devidas a uma exagerada incorporação de água nos alimentos, o que se reflectiria no seu peso final.

Inibidores de Alterações Químicas e Biológicas

Alguns produtos alimentares, sobretudo os mais ricos em matéria gorda (margarinas, manteigas, gelados), sofrem oxidações, que levam à sua deterioração, sendo esta a segunda forma mais importante de corrupção de produtos alimentares, logo após as alterações produzidas por contaminação microbiana. As reacções de oxidação, causadas por acção da exposição à luz, ao ar, ou pela presença de metais, dão-se em cadeia, *i. e.*, uma vez iniciada, num dado ponto, uma oxidação propaga-se até atingir todas as substâncias sensíveis. Os efeitos mais visíveis das oxidações nos alimentos são o cheiro e sabor a ranço e alterações na cor e textura. Ao mesmo tempo, regista-se uma perda de vitaminas e ácidos gordos poli-insaturados, resultando numa diminuição do valor nutritivo do alimento. Em certos casos, podem mesmo formar-se produtos nocivos à saúde (aldeídos e peróxidos).

Na indústria alimentar, sobretudo nos tempos mais recentes, em que a tendência é para preferir gorduras insaturadas (mais sensíveis a fenómenos de oxidação que as saturadas), são utilizados produtos chamados anti-oxidantes (para além de outras técnicas a que nos referiremos mais tarde), para impedir as reacções de oxidação. Estas substâncias podem actuar através de três mecanismos diferentes:

- ① Detendo a reacção em cadeia, já desencadeada;
- ② Eliminando o oxigénio adsorvido ou dissolvido no alimento, ou ainda aquele presente no espaço vazio das embalagens, o chamado espaço de cabeça;
- ③ Eliminando os metais, como o ferro e o cobre, que facilitam a oxidação.

Os que actuam segundo os dois primeiros mecanismos são os anti-oxidantes propriamente ditos, enquanto aos outros se dá o nome de sinérgicos de anti-oxidantes. Os agentes anti-oxidantes, ao travar as reacções de oxidação, são destruídos, não

sendo, portanto, totalmente eficazes para contrariar definitivamente a oxidação de um produto. Os compostos mais vulgarmente utilizados como anti-oxidantes pela indústria alimentar são os ascorbatos, os tocoferóis e os galatos.

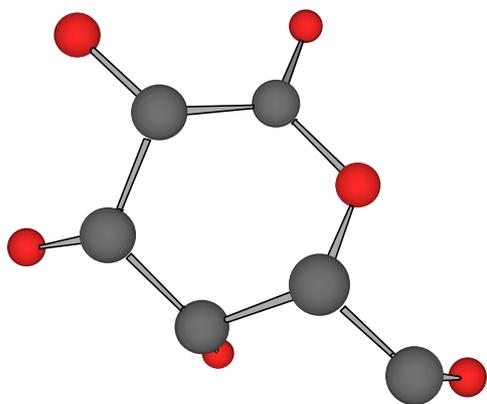


Figura 4.1 - Estrutura espacial do ácido L-ascórbico.

Quando o ácido ascórbico é adicionado a um produto alimentar, com o propósito de impedir oxidações, é interdita a sua publicitação como enriquecimento, desse produto, em vitamina C.



Figura 4.2 - Estrutura espacial do α -tocoferol.

Na sua forma natural, de mistura de isómeros (E-306), são abundantes nas gorduras vegetais não refinadas; podem também ser obtidos a partir de síntese química. Dos três isómeros, é o δ -tocoferol (E-309) aquele que possui maior actividade anti-oxidante, seguido do γ e do α (ordem inversa da eficácia como vitamina). Como a sua solubilidade está limitada aos lípidos, a sua utilização é restrita aos alimentos gordos, como azeite e outros óleos alimentares. Nas gorduras utilizadas em frituras, estes anti-oxidantes são rapidamente consumidos, daí ser comum a sua utilização conjunta com

O ácido ascórbico (vitamina C) e os seus sais - solúveis em água, à excepção do palmitato de ascorbilo (lipossolúvel) - são utilizados em derivados de carne, vegetais em conserva, bebidas e produtos de pastelaria. O ácido ascórbico (E-300) também é utilizado na vinicultura, de forma a reduzir a quantidade de

Ao conjunto dos tocoferóis (alfa, gama e delta) dá-se o nome de vitamina E. No entanto, também neste caso, a sua utilização como anti-oxidante não autoriza a menção, num alimento, de enriquecido em vitamina

anti-espumantes, os quais diminuem o contacto da gordura com o ar. São, ainda, compostos muito eficazes na protecção da vitamina A contra oxidações.

Os galatos, de propilo (E-310), de octilo (E-311), e de dodecilo (E-312), são utilizados, como anti-oxidantes, apenas desde a década de quarenta. São pouco resistentes a altas temperaturas, pelo que necessitam da adição de outros anti-oxidantes, como o butil-hidroxianisol (BHA; E-320) ou o butil-hidroxitolueno (BHT; E-321), para poderem ser eficazes na protecção de gorduras e óleos alimentares. Este tipo de misturas também é eficaz em produtos de pastelaria, conservas de peixe e queijo fundido. O BHA e o BHT são ambos compostos sintéticos, lipossolúveis. BHA é muito eficaz em gorduras para fritura, já que, ao contrário dos galatos e mesmo do BHT, suporta bem temperaturas elevadas, sem se decompor nem evaporar.

As substâncias chamadas sinérgicos de anti-oxidantes, são também conhecidas por *quelantes de metais* já que o seu papel é o de se ligar a catiões metálicos presentes nos alimentos, impedindo-os de despoletar reacções de oxidação. São sempre utilizados em conjunto com agentes anti-oxidantes, cuja acção potenciam. Os mais comuns são o ácido láctico (E-270) e os ortofosfatos de sódio, potássio, cálcio e magnésio.

A capacidade de protecção de um anti-oxidante é medida pelo chamado factor de protecção (FP), o qual é definido como a razão entre a inibição de peróxidos numa gordura não tratada e a inibição de peróxidos numa gordura tratada com um agente anti-oxidante. Quando a razão FP é superior a 1, considera-se que a substância age como anti-oxidante (sendo tanto mais eficaz quanto maior for FP), enquanto que uma substância com $FP < 1$, é considerada uma potenciadora de oxidações.

As alterações químicas ou biológicas dos alimentos, como formação de bolores, putrefacção, e fermentações indesejáveis, que os decompõem ou lhes conferem propriedades desagradáveis podem ser evitadas pela adição de compostos genericamente chamados de conservantes.

De entre os compostos químicos, utilizados como conservantes, podem destacar-se o ácido sórbico e seus derivados (usados, por exemplo, em refrigerantes e conservas vegetais), o ácido benzóico e seus sais (compotas, carnes frias), os ácidos

lático e acético (salmouras), o anidrido sulfuroso e sulfitos (desinfectantes em enologia) e, finalmente os mais controversos nitritos e nitratos. Estes últimos, ao contrário dos restantes têm contra-indicações para a sua utilização como aditivos alimentares.

Os nitratos, particularmente o de potássio (E-252), são utilizados na cura de produtos cárnicos desde a época romana, sendo a cor, produzida neste processo, originada por uma reacção química entre o pigmento da carne, a mioglobina, e o ião nitrito, resultante da transformação do ião nitrato, através da acção de certos microrganismos. É, portanto, indiferente para o resultado final que se utilizem nitratos ou nitritos como aditivos. A utilização destes compostos apresenta dois tipos de riscos para o consumidor.

O primeiro prende-se com a toxicidade do nitrito (2 g podem causar a morte de uma pessoa) que, ao ligar-se à hemoglobina do sangue, de uma forma semelhante à que faz com a mioglobina da carne, forma metahemoglobina, a qual é incapaz de transportar oxigénio. Para evitar este tipo de intoxicações, devidas ao consumo de elevadas quantidades de enchidos, utiliza-se uma mistura de nitrito com sal no processo de transformação tecnológica do alimento. Este procedimento é obrigatório por normas da UE.

O segundo risco é a formação de nitrosaminas (também transportadas pelo fumo do tabaco), que são agentes cancerígenos. Estes compostos podem formar-se por influência das condições ambientais do estômago, ou a partir de produtos que sofram um aquecimento muito forte (bacon) ou ricos em aminas nitrosáveis (peixe e produtos fermentados).

Apesar destes riscos de utilização, os nitritos e nitratos continuam a ser utilizados como conservantes, dado que o nitrito é o mais eficaz inibidor do crescimento da bactéria *Clostridium botulinum*, a qual produz uma toxina, a proteína botulínica, extremamente tóxica (1 milionésimo de grama pode matar uma pessoa). A utilização destes aditivos é, deste modo, um dos exemplos mais claros de uma decisão tomada, na qual são pesados os riscos e benefícios da sua acção, sendo permitidos por

quase todas as regulamentações, embora com medidas complementares, como restrições na dosagem e uso conjunto de inibidores da formação de nitrosaminas.

Capítulo 5

Aditivos para Corrigir ou Melhorar certas Propriedades dos Alimentos

Em determinados alimentos, particularmente as bebidas, é necessário controlar o pH final do produto, de modo a não entrar em conflito com o aparelho digestivo humano. Esse controlo faz-se através da adição de produtos químicos (ácidos, bases ou os seus sais), genericamente apelidados de reguladores de pH. Entre os compostos mais utilizados, pela indústria alimentar, para este fim, contam-se o ácido fosfórico (vulgarmente encontrado em bebidas carbogaseificadas, particularmente as colas), fosfatos de sódio, potássio ou cálcio, os ácidos láctico, cítrico, málico e succínico, os hidróxidos de sódio ou de cálcio, o carbonato de cálcio, o acetato de sódio, etc. A preferência por um ou outro destes compostos prende-se com a necessidade de aumentar ou baixar o pH do alimento em questão e, ainda, se para o fazer é necessário um acidificante ou alcalinizante mais ou menos forte.

Quando se pretende formar gás num determinado produto alimentar, não podendo para tal efeito recorrer à acção das leveduras microbianas, é necessário utilizar as chamadas substâncias gaseificantes. Estas são compostos químicos (fosfatos, carbonatos, ou sulfatos) que produzem dióxido de carbono gasoso (de onde o seu nome genérico), de modo semelhante ao das leveduras que substituem. A escolha entre os diversos compostos possíveis depende essencialmente da velocidade de libertação de gás que se deseja. O mais utilizado, e de efeitos mais rápidos, é o fosfato de cálcio monobásico hidratado, vulgar constituinte dos fermentos caseiros. Também de utilização frequente, como fermentos químicos, é a mistura de difosfatos com carbonatos de sódio.

Podemos ainda incluir neste grupo de aditivos, aquelas substâncias que são adicionadas aos alimentos com finalidades muito específicas, como sejam:

◆ Os desenformadores (azeites, cera de abelhas, parafinas, etc.). Trata-se de gorduras que se utilizam no revestimento exterior do alimento e, tal como o seu nome indica, tiram partido das suas propriedades de tensão superficial para facilitar a separação do produto da sua embalagem.

◆ Os agentes plastificantes, como as gomas e os triacetatos de glicerina, usados para conferir flexibilidade e resistência a certos produtos alimentares (bolos, rebuçados, frutos secos), mas também na formulação de molhos, pois favorecem a dispersão das gorduras, melhorando o aspecto do molho, ao mesmo tempo que intensificam o sabor da manteiga usada na sua confecção.

Anexo

Lista de aditivos alimentares autorizados na UE

Nos países da UE, os aditivos alimentares autorizados são designados por um número de código, formado pela letra E seguida de três ou quatro números. Aqueles que não têm a letra E adiante do número (por vezes encontramos compostos em que a letra E é substituída por um H) não estão incluídos na nova norma, que entrou em vigor em 1997.

Podemos dividir estes aditivos em oito grandes grupos, de acordo com as suas propriedades físico-químicas e condições de utilização, embora estes grupos não sejam totalmente estanques e se encontrem aditivos que podem ser utilizados para a mesma finalidade em dois grupos diferentes, isto porque alguns deles podem servir para mais que um fim. Temos assim, por ordem crescente de número de código:

E-100 a E-180 - Corantes

E-200 a E-297 - Conservantes

E-300 a E-385 - Anti-oxidantes

E-400 a E-495 - Gelificantes, estabilizantes e espessantes

E-500 a E-585

E-620 a E-640 - Potenciadores de sabor

E-900 a E-999

Acima de E-1000

Corantes

E-100 Curcumina

E-101 Riboflavina

E-101a Riboflavina-5-fosfato

- E-102 Tartracina
- E-104 Amarelo de quinoleína
- E-110 Amarelo alaranjado S, amarelo ocaso FCF
- E-120 Cochinilha, ácido carmínico
- E-122 Azorrubina
- E-123 Amaranto
- E-124 Vermelho cochinilha A, Ponceau 4R
- E-127 Eritrosina
- E-128 Vermelho 2G
- E-129 Vermelho Allura AC
- E-131 Azul patenteado V
- E-132 Indigotina, carmim de indigo
- E-133 Azul brilhante FCF
- E-140 Clorofilas
- E-141 Complexos cúpricos de clorofilas e clorofilinas
- E-142 Verde ácido brilhante BS, verde lisamina
- E-150a Caramelo natural
- E-150b Caramelo de sulfito cáustico
- E-150c Caramelo amónico
- E-150d Caramelo de sulfito amónico
- E-151 Negro brilhante BN
- E-153 Carvão medicinal vegetal
- E-154 Castanho FK
- E-155 Castanho HT
- E-160a Alfa, beta e gama carotenos
- E-160b Bixina, norbixina, rocou, annatto
- E-160c Capsantina, capsorubina
- E-160d Licopeno
- E-160e Beta-apo-8'-carotenal

E-160f Éster etílico do ácido beta-apo-8'-carotenoico

E-161 Xantofilas

E-161b Luteína

E-161g Cantaxantina

E-162 Betanina

E-163 Antocianinas

E-170 Carbonato de cálcio

E-171 Dióxido de titânio

E-172 Óxidos e hidróxidos de ferro

E-173 Alumínio

E-174 Prata

E-175 Ouro

E-180 Litol-rubina BK

Conservantes

E-200 Ácido sórbico

E-201 Sorbato de sódio

E-202 Sorbato de potássio

E-203 Sorbato de cálcio

E-210 Ácido benzóico

E-211 Benzoato de sódio

E-212 Benzoato de potássio

E-213 Benzoato de cálcio

E-214 Etil parahidroxibenzoato

E-215 Etil parahidroxibenzoato de sódio

E-216 Propil parahidroxibenzoato

E-217 Propil parahidroxibenzoato de sódio

E-218 Metil parahidroxibenzoato

E-219 Metil parahidroxibenzoato de sódio

Sulfitos

E-220 Anidrido sulfuroso

E-221 Sulfito de sódio

E-222 Sulfito ácido de sódio

E-223 Metabissulfito de sódio

E-224 Metabissulfito de potássio

E-226 Sulfito de cálcio

E-227 Sulfito ácido de cálcio

E-228 Sulfito ácido de potássio

E-230 Bifenilo

E-231 Ortofenilfenol

E-232 Ortofenilfenato de sódio

E-233 Tiabenzol

E-234 Nisina

E-235 Natamicina

E-239 Hexametileno-tetramina

E-240 Formaldeído

E-242 Dimetil dicarbonato

Nitratos e nitritos

E-249 Nitrito de potássio

E-250 Nitrito de sódio

E-251 Nitrato de sódio

E-252 Nitrato de potássio

- E-260 Ácido acético
- E-261 Acetato de potássio
- E-262i Acetato de sódio
- E-262ii Diacetato de sódio
- E-263 Acetato de cálcio
- E-270 Ácido láctico
- E-280 Ácido propiónico
- E-281 Propionato de sódio
- E-282 Propionato de cálcio
- E-283 Propionato de potássio
- E-284 Ácido bórico
- E-285 Tetraborato de sódio
- E-290 Anidrido carbónico
- E-296 Ácido málico
- E-297 Ácido fumárico

Anti-oxidantes

- E-300 Ácido ascórbico
- E-301 Ascorbato de sódio
- E-302 Ascorbato de cálcio
- E-304i Palmitato de ascorbilo
- E-304ii Estearato de ascorbilo
- E-306 Extractos de origem natural ricos em tocoferóis
- E-307 α -tocoferol
- E-308 γ -tocoferol
- E-309 δ -tocoferol
- E-310 Galato de propilo

- E-311 Galato de octilo
- E-312 Galato de dodecilo
- E-315 Ácido eritórbico
- E-316 Eritorbato de sódio
- E-320 Butilhidroxianisol (BHA)
- E-321 Butilhidroxitolueno (BHT)
- E-322 Lecitinas
- E-325 Lactato de sódio
- E-326 Lactato de potássio
- E-327 Lactato de cálcio
- E-330 Ácido cítrico
- E-331 Citratos de sódio
- E-332 Citratos de potássio
- E-333 Citratos de cálcio
- E-334 Ácido tartárico
- E-335 Tartaratos de sódio
- E-336 Tartaratos de potássio
- E-337 Bitartarato de sódio e potássio
- E-338 Ácido ortofosfórico
- E-339 Ortofosfatos de sódio
- E-340 Ortofosfatos de potássio
- E-341 Ortofosfatos de cálcio
- E-350i Malato de sódio
- E-350ii Malato ácido de sódio
- E-351 Malatos de potássio
- E-352 Malatos de cálcio
- E-352i Malato de cálcio
- E-352ii Malato ácido de cálcio
- E-353 Ácido metatartárico

- E-354 Tartarato de cálcio
- E-355 Ácido adípico
- E-356 Adipato de sódio
- E-357 Adipato de potássio
- E-363 Ácido succínico
- E-372c Éster cítrico dos mono e diglicéridos dos ácidos gordos alimentares
- E-375 Ácido nicotínico
- E-380 Citrato triamónico
- E-385 Etilenodiamino tetracetato de cálcio dissódico (EDTA CaNa₂)

Gelificantes, estabilizantes e espessantes

- E-400 Ácido algínico
- E-401 Alginato de sódio
- E-402 Alginato de potássio
- E-403 Alginato de amónio
- E-404 Alginato de cálcio
- E-405 Alginato de propilenoglicol
- E-406 Agar-agar
- E-407 Carragenanos
- E-410 Goma garrofin
- E-412 Goma guar
- E-413 Goma tragacanto
- E-414 Goma arábica
- E-415 Goma de xantano
- E-416 Goma karaya
- E-417 Goma Tara
- E-418 Goma gellan
- E-420i Sorbitol

E-420ii Xarope de sorbitol

E-421 Manitol

E-422 Glicerol

E 432 Polisorbato 20

E-433 Polisorbato 80

E-434 Polisorbato 40

E-435 Polisorbato 60

E-436 Polisorbato 65

E-440i Pectina

E-440ii Pectina amidada

E-442 Fosfatidos de amónio

E-444 Acetato-isobutirato de sacarose

E-445 Ésteres glicéridos de colofonia de madeira

Fosfatos

E-450i Difosfato dissódico

E-450ii Difosfato trissódico

E-450iii Difosfato tetrassódico

E-450iv Difosfato dipotássico

E-450v Difosfato tetrapotássico

E-450vi Difosfato dicálcico

E-450vii Difosfato ácido de cálcio

E-451i Trifosfato pentassódico

E-451ii Trifosfato pentapotássico

E-452i Polifosfato de sódio

E-452ii Polifosfato de potássio

E-452iii Polifosfato de sódio e cálcio

E-452iv Polifosfato de cálcio

E-460i Celulose microcristalina

E-460ii Celulose em pó

E-461 Metilcelulose

E-463 Hidroxipropilcelulose

E-464 Hidroxipropilmetilcelulose

E-465 Metilcelulose

E-466 Carboximetilcelulose

E-470a Sais de sódio, potássio e cálcio dos ácidos gordos

E-470b Sais de magnésio dos ácidos gordos

E-471 Mono e diglicéridos dos ácidos gordos

E-472a Ésteres acéticos dos mono e diglicéridos dos ácidos gordos

E-472b Ésteres lácticos dos mono e diglicéridos dos ácidos gordos

E-472c Ésteres cítricos dos mono e diglicéridos dos ácidos gordos

E-472d Ésteres tartáricos dos mono e diglicéridos dos ácidos gordos

E-472e Ésteres monoacetiltartárico e diacetiltartárico dos mono e diglicéridos dos ácidos gordos

E-472f Ésteres mistos acéticos e tartáricos de mono e diglicéridos dos ácidos gordos

E-473 Sucroésteres

E-474 Sucroglicéridos

E-475 Ésteres poliglicéridos dos ácidos gordos

E-476 Polirricinoleato de poliglicerol

E-477 Ésteres de propilenoglicol dos ácidos gordos

E-479b Óleo de soja oxidado por calor e combinado com mono e diglicéridos dos ácidos gordos alimentares

E-481 Estearoil-2-lactilato de sódio

E-482 Estearoil-2-lactilato de cálcio

E-483 Tartarato de estearoilo

E-491 Monoestearato de sorbitano

E-492 Triestearato de sorbitano

E-493 Monolaurato de sorbitano

E-494 Monooleato de sorbitano

E-495 Monopalmitato de sorbitano

E-500 Carbonatos de sódio

E-500i Carbonato de sódio

E-500ii Carbonato ácido de sódio, bicarbonato de sódio

E-500iii Sesquicarbonato de sódio

E-501 Carbonatos de potássio

E-501i Carbonato de potássio

E-501ii Carbonato ácido de potássio, bicarbonato de potássio

E-503 Carbonatos de amónio

E-503i Carbonato de amónio

E-503ii Carbonato ácido de amónio, bicarbonato de amónio

E-504 Carbonato de magnésio

E-507 Ácido clorídrico

E-508 Cloreto de potássio

E-509 Cloreto de cálcio

E-511 Cloreto de magnésio

E-512 Cloreto de estanho

E-513 Ácido sulfúrico

E-514 Sulfato de sódio

E-515i Sulfato de potássio

E-515ii Sulfato ácido de potássio

E-516 Sulfato de cálcio

E-517 Sulfato de amónio

- E-520 Sulfato de alumínio
- E-521 Sulfato de alumínio e sódio
- E-522 Bisulfato de alumínio e potássio
- E-523 Sulfato de alumínio e amônio
- E-524 Hidróxido de sódio
- E-525 Hidróxido de potássio
- E-526 Hidróxido de cálcio
- E-527 Hidróxido de amônio
- E-528 Hidróxido de magnésio
- E-529 Óxido de cálcio
- E-530 Óxido de magnésio
- E-535 Ferrocianeto de sódio
- E-536 Ferrocianeto de potássio
- E-538 Ferrocianeto de cálcio
- E-541i Fosfato ácido de alumínio e sódio
- E-551 Óxido de silício
- E-552 Silicato de cálcio
- E-553ai Silicato de magnésio sintético
- E-553aii Trisilicato de magnésio
- E-553b Talco
- E-554 Silicato de sódio e alumínio
- E-555 Silicato de potássio e alumínio
- E-556 Silicato de cálcio e alumínio
- E-558 Bentonite
- E-559 Caulino
- E-570 Ácidos gordos
- E-574 Ácido glucónico
- E-575 Glucono-d-lactona
- E-576 Gluconato de sódio

E-577 Gluconato de potássio

E-578 Gluconato de cálcio

E-579 Gluconato ferroso

E-585 Lactato ferroso

Potenciadores de sabor

E-620 Ácido L-glutâmico

E-621 Glutamato monossódico

E-622 Glutamato monopotássico

E-623 Glutamato de cálcio

E-624 Glutamato de amônio

E-625 Glutamato de magnésio

E-626 Ácido guanílico

E-627 Guanilato de sódio

E-628 Guanilato de potássio

E-629 Guanilato de cálcio

E-630 Ácido inosínico

E-631 Inosinato de sódio

E-632 Inosinato de potássio

E-633 Inosinato de cálcio

E-635 5'-Ribonucleótidos de cálcio

E-635 5'-Ribonucleótidos de sódio

E-636 Maltol

E-637 Etilmaltol

E-640 Glicina e seu sal de sódio

E-900 Dimetilpolisiloxano

- E-901 Cera de abelhas
- E-902 Cera de candelilha
- E-903 Cera de carnauba
- E-904 Goma laca
- E-905 Óleos minerais, parafinas
- E-906 Goma benjui
- E-907 Cera microcristalina refinada
- E-908 Cera de gérmen de arroz
- E-912 Ésteres de ácido montânico
- E-913 Lanolina
- E-914 Cera de polietileno oxidada

Produtos para tratamento de farinhas

- E-920L-Cisteína e seus cloridratos e sais de sódio e potássio
- E-921L-Cistina e seus cloridratos, sais de sódio e potássio
- E-922 Persulfato de potássio
- E-923 Persulfato de amônio
- E-924 Brometo de potássio
- E-925 Cloro
- E-926 Dióxido de cloro
- E-927 Azofórmamida

- E-927b Carbamida

Gases

- E-938 Árgon

E-939 Hélio

E-941 Azoto

E-942 Óxido nitroso

E-948 Oxigénio

Adocicantes

E-950 Acesulfamo K

E-951 Aspartame

E-952 Ciclamato

E-953 Isomaltose

E-954 Sacarina

E-957 Taumatina

E-959 Neoesperidina dihidrochalcona

E-965i Maltitol

E-965ii Xarope de maltitol

E-966 Lactitol

E-967 Xilitol

E-999 Extracto de quilaia

E-1105 Lisosima

E-1200 Polidextrose

E-1201 Polivinilpirrolidona

E-1202 Polivinilpolipirrolidona

Derivados do amido

E-1404 Amido oxidado

- E-1410 Fosfato de monoamido
- E-1412 Fosfato de diamido
- E-1413 Fosfato de diamido fosfatado
- E-1414 Fosfato de diamido acetilado
- E-1420 Amido acetilado
- E-1422 Adipato de diamido acetilado
- E-1440 Hidroxipropil amido
- E-1442 Fosfato de diamido hidroxipropilado
- E-1450 Octenil succinato sódico de amido

- E-1505 Citrato de trietil
- E-1518 Triacetato de gliceril

3ª Parte

Microbiologia dos Alimentos

As interações dos microrganismos com as plantas e os animais são uma constante da natureza. Como os alimentos consumidos pelo homem provêm, na sua quase totalidade, das plantas ou dos animais, estes contêm necessariamente microrganismos que com eles interactuam. Na maioria dos casos, os microrganismos utilizam os nossos alimentos como fontes de nutrientes para o seu próprio crescimento, o que leva à alteração dos ditos alimentos, podendo esta ser positiva (melhoramento do alimento) ou negativa (deterioração).

Como exemplo de interações benéficas, para o alimento, temos as fermentações, que conduzem à melhoria de propriedades organolépticas; pelo lado das acções negativas temos o caso dos microrganismos patogénicos, que utilizam os alimentos como substrato para se desenvolverem e multiplicarem, tornando-os perigosos para a saúde pública. Em ambos os casos, o que determina a capacidade ou incapacidade de um determinado microrganismo se desenvolver é o substrato em que vive, o qual no caso que nos ocupa é o alimento. Conhecendo as características do alimento, é possível determinar qual a flora microbiana capaz de nele crescer. O conhecimento dos factores que favorecem ou inibem a multiplicação dos microrganismos é essencial para compreender os princípios básicos que regem quer a alteração quer a conservação dos alimentos. Estes factores são: o pH, a humidade, o potencial redox, os nutrientes e a presença de inibidores (bioquímicos ou físicos).

Cada um destes factores, de *per se*, é importante na definição da flora microbiana que se vai desenvolver no alimento, mas também as suas interações devem ser tidas em conta quando se pensa num alimento em termos globais. Por exemplo, um microrganismo que cresce a um pH próximo do seu valor óptimo

tolerará melhor variações de humidade que um outro que cresça a valores de pH afastados do ideal. Com o fim de impedir ou retardar o desenvolvimento de microrganismos, podem manipular-se vários destes factores simultaneamente, o que será mais eficaz do que influir num deles de cada vez.

Em microbiologia alimentar encontramos exemplos importantes de interacções, com os alimentos, de membros dos tipos clássicos de microrganismos: bolores, leveduras, bactérias, archaea e vírus. Com a excepção dos dois últimos, dos quais apenas se conhecem acções prejudiciais, em todas as outras famílias se podem encontrar exemplos de actividade positiva ou negativa, por parte dos microrganismos que as compõem.

Bolores

Quase toda a gente já teve oportunidade de observar bolores em crescimento na superfície de alimentos, com o seu aspecto algodoento, por vezes pigmentados, considerando-se tais alimentos não próprios para consumo. No entanto, embora grande parte dos bolores intervenha na contaminação de muitos alimentos, algumas espécies são úteis na transformação benéfica de alguns alimentos ou de seus componentes. Por exemplo, os queijos Roquefort, Camembert e Brie são produzidos com o auxílio de bolores, utilizando-se também alguns destes microrganismos na elaboração do molho de soja, do *miso* e do *sonti* (alimentos orientais).



Figura 6.1 - Microfotografia do bolor *Aspergillus flavus* (©University of Texas Medical Branch).

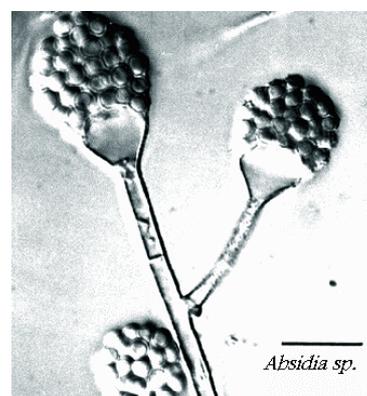


Figura 6.2 - Microfotografia do bolor *Absidia sp.* (©University of Texas Medical Branch).

Em comparação com os outros microrganismos, leveduras e bactérias, os bolores necessitam de menor humidade disponível (a_w) para o seu crescimento. Outras características fisiológicas dos bolores incluem:

- ❖ capacidade de crescer a temperaturas próximas da ambiente (25 - 30°C), sendo por isso considerados mesófilos. No entanto, alguns são capazes de desenvolver-se a temperaturas um pouco mais elevadas, ou mesmo bastante mais elevadas

(termófilos) enquanto outros podem viver a temperaturas de refrigeração ou mesmo a menos de 0° C (psicrótrofos);

- ❖ necessidade de oxigénio para o seu crescimento (aeróbios);
- ❖ capacidade de viver a valores muito variados de pH (2 - 8.5), embora a maioria cresça melhor a pH ácido;
- ❖ capacidade de utilizar uma vasta gama de alimentos, dos mais simples aos mais complexos, já que a maioria possui enzimas hidrolíticos, capazes de degradar os alimentos mais complexos nos seus nutrientes;
- ❖ produção de substâncias inibidoras de outros microrganismos, como por exemplo a penicilina de *Penicillium chrysogenum*.

O início do crescimento dos bolores é mais lento que o das leveduras e o das bactérias, sendo portanto os últimos a crescer quando as condições de meio são propícias ao desenvolvimento de todos os tipos de microrganismos. Apesar disso, uma vez iniciado o seu crescimento, este pode ser muito rápido.

Como inibidores do crescimento dos bolores utilizam-se micostáticos, como o ácido sórbico, os propionatos ou os acetatos. Os compostos fungicidas conseguem mesmo destruí-los.

Seguidamente, apresentamos alguns dos bolores mais relevantes na indústria alimentar, seja por contaminarem alimentos (a maioria) seja por poderem ser utilizados na transformação industrial de alguns outros alimentos.

Absidia → Parecidos com a espécie *Rhizopus* (ver abaixo), da qual se diferenciam por terem esporângios mais pequenos e em forma de pêra (*cf.* Figura 6.2).



Figura 6.3 - Microfotografia do bolor *Alternaria alternata* (©University of Texas Medical Branch).

Alternaria → Provocam frequentemente alterações nos alimentos.

Aspergillus → São dos bolores mais abundantes, sendo algumas espécies responsáveis por alterações dos alimen-

tos e outras utilizadas na sua transformação. Crescem bem em alimentos ricos em açúcar ou sal, *i. e.* com baixo teor de humidade. Algumas variedades de *A. niger*, um dos bolores mais vulgarmente encontrados em alimentos, são usadas na produção industrial de ácido cítrico e de ácido glucónico e ainda na produção de preparados de enzimas. O grupo de *A. flavus-oryzae* tem a particularidade de possuir alguns representantes que degradam certos alimentos, ao mesmo tempo que também podem ser utilizados na fabricação de alguns alimentos orientais.

Botrytis → Apenas uma espécie deste género, *B. cinerea*, é relevante na área dos alimentos, pois ataca as uvas.

Cladosporium → São os microrganismos responsáveis pelo bolor das paredes. A espécie principal é *C. herbarum*.

Endomyces → Algumas espécies provocam a podridão das frutas.



Figura 6.4 - Microfotografia do bolor *Fusarium solani* (©University of Texas Medical Branch).

Fusarium → São frequentes na superfície dos alimentos.

Geotrichum → A espécie *G. candidum* é conhecida por fungo das leitarias, por ser vulgar no leite, sobretudo durante o seu tratamento industrial.

Mucor → Algumas espécies, como *M. rouxii*, que é utilizada no processo industrial de sacarificação do amido, são benéficas enquanto outras provocam a alteração de alimentos.

Monascus → *M. purpureus* encontra-se na superfície dos lacticínios e do arroz vermelho (*ang-khak*).

Neurospora → À espécie mais importante das que, deste género, crescem nos alimentos (*N. sitophila*) chama-se vulgarmente “bolor vermelho do pão”, pois é na superfície do pão que cresce. É também encontrada na superfície do bagaço de cana de açúcar.



Figura 6.5 - Microfotografia do bolor *Penicillium marneffeii* (©University of Texas Medical Branch).

Penicillium → Outro gênero frequente nos alimentos. *P. expansum* provoca danos nos frutos. Outras espécies importantes são: *P. digitatum* e *P. italicum* que provocam podridão em citrinos; *P. camemberti*, utilizada na maturação do queijo Camembert; e *P. roqueforti*, que é usada na maturação

de queijos azuis, de que o Roquefort é um exemplo.

Rhizopus → A espécie *R. stolonifer*, o chamado “bolor do pão”, é muito frequente e intervém na alteração de alguns outros alimentos: frutos, vegetais, etc.

Sclerotinia → Algumas espécies provocam o apodrecimento de vegetais e frutos.



Figura 6.6 - Microfotografia do bolor *Trichothecium roseum* (©University of Texas Medical Branch).

Trichothecium → A espécie mais comum, *T. roseum*, cresce na madeira, no papel, em frutos como as maçãs e os pêsegos, e em vegetais como os pepinos.

Neste conjunto de bolores

omitiram-se aqueles que apenas crescem nos alimentos de uma forma acidental.

Capítulo 7

Leveduras

As leveduras encontradas nos alimentos podem, tal como os bolores, ser benéficas ou prejudiciais. As fermentações produzidas por leveduras na elaboração do pão, da cerveja, dos vinhos, do vinagre e de alguns queijos são exemplos da utilização benéfica destes microrganismos. Por outro lado, são conhecidas espécies que provocam alterações no sauerkraut, nos sumos de frutas, nos xaropes, no mel, nas carnes, no vinho e na cerveja, entre outros alimentos.

A maioria das leveduras com importância para a ciência alimentar cresce melhor em ambientes com elevado teor de humidade disponível, mais alto que o requerido pelos bolores, embora mais baixo que aquele necessário às bactérias. Em geral o valor de a_w situa-se entre os 0.88 e 0.94, embora se conheçam algumas que crescem em meios, como os xaropes, em que a_w tem valores entre 0.62 e 0.65. Estes valores de a_w alteram-se em função das outras propriedades do meio, como sejam o pH, a temperatura, a quantidade de oxigénio disponível e a presença ou ausência de inibidores, de modo semelhante ao que se referiu no capítulo anterior, para os bolores.

O intervalo de temperaturas de crescimento da maioria das leveduras é semelhante ao dos bolores (*cf.* capítulo 6), estando a temperatura óptima na zona de 25 - 30 °C e a temperatura máxima podendo ir até 47 °C. Como no caso dos bolores, há exceções a tais condições, sendo conhecidas leveduras capazes de crescer a temperaturas inferiores a 0 °C. O seu pH ideal de crescimento é ligeiramente ácido (4.0 - 4.5) e em geral são aeróbias, embora as de tipo fermentativo possam crescer, ainda que lentamente, na ausência de oxigénio.

Como fonte energética, a maioria das leveduras utiliza os açúcares, embora as oxidativas possam utilizar os ácidos orgânicos e o álcool. Como nutrientes, podem

utilizar desde compostos simples, casos do amoníaco e da ureia, até polipeptídeos e aminoácidos. Algumas leveduras podem adaptar-se a novas condições de crescimento, através de mutações. Como exemplo, podemos citar o grande número de variedades que existem dentro da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, adaptadas a diversas utilizações (elaboração do pão, da cerveja, do vinho, produção de álcool, etc.).

A maior parte das leveduras utilizadas pela indústria alimentar pertencem ao género *Saccharomyces* mas, como se pode constatar pela relação seguinte, outros géneros há cuja importância, quer pela positiva quer pela negativa, é digna de relevo.

Brettanomyces → A espécie mais vulgar é *B. bruxellensis*. Produz grandes quantidades de ácido, sendo utilizada na fermentação da cerveja belga de tipo “lambic” e das cervejas inglesas. Também se encontram em vinhos franceses.

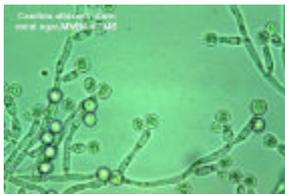


Figura 7.1 - Microfotografia da levedura *Candida albicans* (©University of Texas Medical Branch).

Candida → Os membros desta espécie são conhecidos pela sua capacidade de alterar os alimentos com elevadas acidez e concentração de sal. Há, no entanto, outras espécies, como a *C. krusei* (utilizada na indústria de lacticínios para manter a actividade e aumentar a longevidade das bactérias lácticas) que têm acções benéficas.

Kloeckera → *K. apiculata* é um contaminante vulgar das frutas e flores e também do solo.

Pichia → Leveduras que crescem na superfície dos líquidos, formando películas. *P. membranifaciens*, por exemplo, cresce na superfície de cervejas e de vinhos.

Rhodotorula → Distinguem-se pela cor avermelhada. São causadoras de manchas na superfície dos alimentos, de que um exemplo típico é o aparecimento de zonas rosadas no sauerkraut. Também contaminam as carnes.



Figura 7.2 - Microfotografia da levedura *Saccharomyces cerevisiae*.

inglesa, na fermentação dos vinhos e na produção de álcool, glicerol e invertase. As leveduras de superfície são fermentadoras muito activas, crescendo rapidamente à temperatura de 20 °C. A formação de agregados celulares e a rápida produção de dióxido de carbono provocam o deslocamento das células de leveduras na superfície da massa líquida, sendo esta a razão pela qual são conhecidas como leveduras de superfície. As leveduras do fundo dos tanques de fermentação não formam agregados celulares, crescem mais lentamente e têm maior actividade fermentativa a temperaturas mais baixas (10 - 15 °C). Estes factos permitem a sua sedimentação no fundo, sendo por isso denominadas leveduras de fundo.

A espécie *S. ellipsoideus* produz elevadas concentrações de álcool, sendo utilizada não só para a produção industrial de álcool mas, também na elaboração de vinhos e licores de destilação. *S. uvarum* é uma levedura de fundo utilizada no fabrico de cerveja.

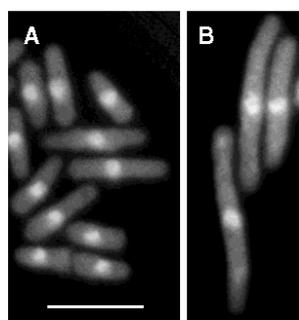


Figura 7.3 - Microfotografia da levedura *Schizosaccharomyces pombe*.

Saccharomyces → A espécie mais conhecida, *S. cerevisiae*, é empregue em diversas indústrias alimentares, utilizando-se variedades específicas na fermentação do pão, e leveduras de superfície na fermentação da cerveja

Schizosaccharomyces → Leveduras contaminantes de frutas tropicais, melão, mel e do solo. Uma espécie corrente é *S. pombe* (da qual a Figura 7.3 apresenta algumas células em reprodução).

Torulopsis → Estas leveduras, fermentativas, provocam problemas

nas fábricas de cerveja e produzem alterações em diversos alimentos. Outras espécies são capazes de alterar o leite condensado açucarado, os concentrados de sumos de frutos e os alimentos ácidos.

Trichosporon → Crescem preferencialmente a baixas temperaturas, sendo encontradas nas fábricas de cerveja e na superfície de carne de bovino refrigerada.

Zygosaccharomyces → Estas leveduras são importantes devido à sua capacidade de crescimento em meios com elevadas concentrações de açúcar (leveduras osmófilas), provocando alterações no mel, xaropes, melaço e intervindo também na fermentação do molho de soja e de alguns vinhos.

As leveduras formadoras de película dos géneros *Pichia*, *Candida* e *Trichosporon*, crescem na superfície dos alimentos ácidos, oxidando os ácidos orgânicos e permitindo que outros microrganismos menos tolerantes da acidez actuem, continuando a alteração dos alimentos. As leveduras do género *Pichia* toleram elevadas concentrações de álcool, sendo capazes de oxidá-lo nas bebidas alcoólicas. Nos vinhos de Jerez, são crescidas espécies do género *Pichia*, no intuito de lhes comunicar sabores característicos.

As leveduras dos géneros *Saccharomyces*, *Hanseniaspora*, *Nadsonia* e *Kloeckera* são prejudiciais na fermentação do vinho, dado que lhe comunicam sabores desagradáveis, produzem uma baixa quantidade de álcool e demasiados ácidos voláteis.

As leveduras halotolerantes crescem nas salmouras utilizadas na conservação de alimentos e ainda nos molhos de soja, *miso* e *tamari*.

Capítulo 8

Bactérias

O crescimento de bactérias, tanto no interior dos alimentos como na superfície dos mesmos, provoca-lhes um aspecto desagradável, podendo mesmo, nalguns casos, torná-los prejudiciais. Como exemplos de danos provocados por bactérias, podemos referir a modificação da cor da superfície de alguns alimentos por bactérias produtoras de pigmentos, a formação de película na superfície dos líquidos, o aumento da viscosidade superficial de certos alimentos, ou o aparecimento de turbidez ou de sedimentos indesejáveis em alimentos líquidos.

Estes microrganismos unicelulares são caracterizados por um ciclo de vida dividido em quatro fases bem distintas, esquematizadas na Figura 8.1:

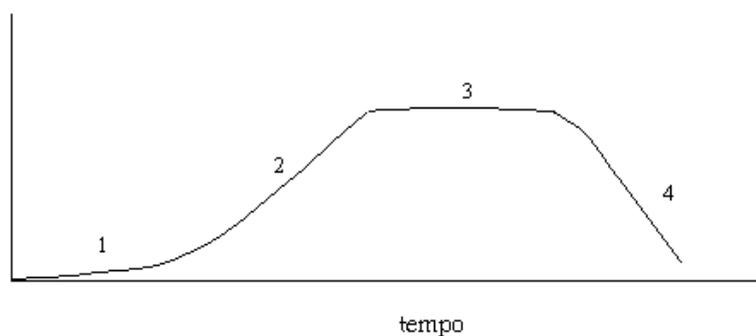


Figura 8.1 - Gráfico representando o crescimento bacteriano em função do seu tempo de vida.

- 1♦ fase de latência: fase em que o crescimento é mínimo. É o período de contacto e adaptação da bactéria ao novo meio de crescimento.
- 2♦ fase de crescimento rápido: fase em que se dá a multiplicação exponencial das bactérias, após adaptação ao meio.

3♦ fase estacionária: período em que começa a dar-se a exaustão dos nutrientes, parando as bactérias de se multiplicar, *i. e.* o número de indivíduos mantém-se constante, de modo a tirar o maior rendimento possível da escassez de alimentos.

4♦ fase de declínio: também conhecida por fase de morte, pois é o período em que as bactérias deixam de ter condições de subsistir, começando a morrer, até ao total desaparecimento.

Pode ainda distinguir-se uma fase intermédia entre as fases 1 e 2, a chamada fase de aceleração de crescimento, que corresponde ao período imediatamente precedente à mais intensa multiplicação celular (crescimento exponencial).

Em microbiologia alimentar, são da maior importância as espécies produtoras de esporos dos géneros *Bacillus* e *Clostridium*, pois estes esporos podem permanecer em latência durante vários anos, dando rapidamente origem a novas colónias de bactérias assim que encontrem um meio adequado, resultando, geralmente, em contaminações alimentares.

Seguidamente apresenta-se uma descrição, necessariamente sucinta, dos vários géneros de bactérias cuja importância na conservação de alimentos é digna de registo.

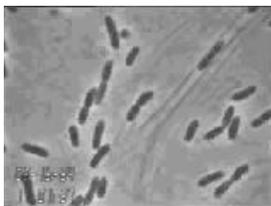


Figura 8.2 - Microfotografia de bactérias do género *Acetobacter*.

Acetobacter → Bactérias, em forma de bacilo (Figura 8.2), capazes de oxidar o etanol a ácido acético (donde o seu nome). São encontradas nas frutas, legumes e bebidas alcoólicas, provocando a sua alteração.

Alcaligenes → Como indica o seu nome, estas bactérias provocam uma alcalinização do meio em que crescem. Estes microrganismos provêm do estrume, do solo, da água e do pó.

Alteromonas → Microrganismos marinhos importantes nos alimentos de origem marinha (peixe, mariscos, etc.).

Arthrobacter → São bactérias muito abundantes no solo, mas sem actividade na maioria dos alimentos. A sua principal particularidade é a capacidade de crescimento de algumas espécies a cerca de 5 °C.

Bacillus → Os microrganismos pertencentes a este género podem ser de estritamente aeróbios a facultativos; parte são mesófilos, outros termófilos; alguns são proteolíticos potentes (ex: *B. cereus*) enquanto outros têm fraca capacidade de degradação de proteínas (ou ser mesmo carentes de tal capacidade); parte é produtora de gás (*B. polymyxa* e *B. macerans* são as duas espécies mais importantes); finalmente, algumas das espécies são lipolíticas.

As bactérias termófilas acidificantes, que alteram as conservas vegetais enlatadas, são capazes de produzir grandes quantidades de ácido láctico a partir do açúcar, sendo esta a razão pela qual se utilizam culturas de *B. coagulans* na fabricação de ácido láctico.

A fonte mais importante da maioria das espécies pertencentes a este género é o solo.

Brevibacterium → A espécie *B. linens* provoca manchas na superfície de certos queijos (ex: manchas vermelho-alaranjadas no queijo Limburger).



Figura 8.3 - Microfotografia da bactéria *Campylobacter jejuni*.

Campylobacter → Crescem preferencialmente em meios com baixa tensão de oxigénio. A espécie *C. jejuni* (Figura 8.3) provoca a gastroenterite.



Figura 8.4 - Microfotografia de bactérias do género *Clostridium*.

Existem espécies mesófilas e termófilas, algumas têm capacidade proteolítica e são quase todas anaeróbias. *C. thermosaccharolyticum* é uma espécie sacarolítica, que provoca alterações, com produção de gás, nas conservas vegetais enlatadas. A putrefacção de variados alimentos é muito frequentemente devida a espécies mesófilas proteolíticas pertencentes a este género, como são *C. lentoputrescens*. *C. butyricum*, uma espécie capaz de fermentar lactatos, é responsável pela produção tardia de gás nos queijos curados. A maioria destes microrganismos são originários do solo, embora também possam provir do estrume.

Corynebacterium → A espécie causadora da difteria (*C. diphtheriae*) pode ser veiculada pelos alimentos. *C. bovis* cresce nos úberes das vacas, podendo contaminar o leite, se a ordenha não for feita em condições de máxima assepsia.

Desulfotomaculum → Encontram-se normalmente no solo, na água doce e no sistema digestivo dos ruminantes. *D. nigrificans* é a espécie responsável pelo desagradável cheiro, devido à produção de sulfeto de hidrogénio (H_2S), encontrado em certas conservas enlatadas.



Figura 8.5 - Microfotografia de uma bactéria do género *Erwinia*.

a podridão negra dos tubérculos de batata.

Clostridium → Algumas das espécies deste género são potentes fermentadoras dos hidratos de carbono, produzindo ácidos (o ácido butírico é um dos mais importantes) e gases (geralmente dióxido de carbono e

Erwinia → Microrganismos patogénicos para as plantas, danificando as frutas e vegetais que as mesmas produzem. *E. carotovora* é responsável por um tipo vulgar de podridão das hortaliças. *E. carotovora* ssp. *atroseptica* provoca

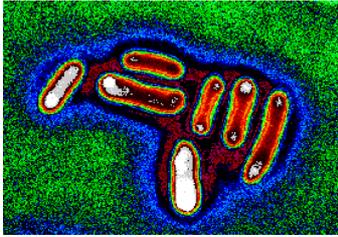


Figura 8.6 - Microfotografia da bactéria *Escherichia coli*.

Escherichia → Bactéria encontrada nas fezes, cresce no intestino dos animais de sangue quente e é um dos microrganismos mais difundidos na natureza. Algumas das espécies, nomeadamente *E. coli* (Figura 8.6) são

patogénicas para o homem.

Flavobacterium → As espécies deste género caracterizam-se por produzir pigmentos, cujas cores vão do amarelo ao laranja. Podem provocar colorações anormais na superfície das carnes e pensa-se que intervenham na alteração dos mariscos, ovos e manteiga. Algumas espécies são psicrotrofas, tendo sido encontradas, em crescimento, na superfície de legumes conservados por congelação, uma vez descongelados.

Gluconobacter → Bactérias com capacidade de oxidar o etanol a ácido acético. *G. oxydans* provoca o aparecimento de viscosidade na cerveja.

Halobacterium → De facto não são bactérias mas sim *Archaea*, pois tanto bioquímica como geneticamente são completamente diferentes daquelas. No entanto, a estes organismos só muito recentemente foi reconhecida uma identidade correspondente à sua especificidade. São organismos halófilos obrigatórios, ou seja, que crescem apenas em ambientes com elevadas concentrações salinas. Estes microrganismos têm a particularidade de possuir um pigmento que lhes dá a característica cor vermelha e que não é mais que um sistema fotossintético simples que lhes fornece energia química. Este pigmento é conhecido pelo nome de bacteriorodopsina, sendo quimicamente muito semelhante à rodopsina, encontrada na retina dos animais vertebrados. Quando crescem na superfície de alimentos com elevadas concentrações de sal, como o peixe salgado, provocam o aparecimento de colorações anormais.

Klebsiella → São frequentemente encontradas nas vias respiratórias e tracto intestinal humanos. *K. pneumoniae* é um exemplo de uma espécie patogénica para o homem.

Lactobacillus → A maioria é microaerófila, conhecendo-se alguns anaeróbios estritos. Fermentam os açúcares, produzindo maioritariamente ácido láctico. Aqueles que são homofermentativos (*L. bulgaricus*, *L. helveticus*, *L. lactis*, *L. acidophilus*, *L. termophilus* e *L. delbrueckii*, entre outros) fermentam o açúcar dando, principalmente, ácido láctico e quantidades mínimas de ácido acético, dióxido de carbono e outros produtos em quantidades residuais. Os microrganismos heterofermentativos pertencentes a este género (*L. brevis*, *L. buchneri* e *L. hilgardii*), além do ácido láctico, produzem quantidades significativas de compostos voláteis, entre os quais o etanol. Quase todas as espécies fermentam lactose para produzir ácido láctico, sendo por isso importantes nas indústrias de laticínios. As principais fontes destes microrganismos são a superfície das plantas, o estrume e os laticínios.

Leuconostoc → Este género inclui os estreptococos lácticos heterofermentativos que fermentam o açúcar, produzindo ácido láctico e grandes quantidades de ácido acético, etanol e dióxido de carbono. *L. mesenteroides* ssp. *dextranicum* e *L. mesenteroides* ssp. *cremoris* são utilizados na produção de nata, manteiga e queijo devido à sua capacidade de fermentar o ácido cítrico, presente no leite, produzindo uma substância de sabor agradável (o diacetilo). Outras importantes propriedades destas espécies são: a) tolerância a elevadas concentrações de sal, permitindo a *L. mesenteroides*, por exemplo, iniciar a primeira fase da fermentação láctica em alimentos ricos em sal; b) maior eficácia na fermentação de produtos vegetais que a generalidade das outras bactérias; e c) capacidade de crescer em alimentos com elevada concentração de açúcar.

Microbacterium → São conhecidas pela capacidade de resistência a condições adversas, incluindo os processos de pasteurização do leite. Estes microrganismos homofermentativos produzem ácido láctico e são também utilizados na produção de vitaminas.

Micrococcus → As suas propriedades variam muito de espécie para espécie. Algumas são capazes de utilizar sais de amónio e outros compostos azotados simples como única fonte de azoto. Outras têm capacidade para desdobrar proteínas para

produção de ácidos. A maioria das espécies é capaz de fermentar açúcares, produzindo ácidos. Uma parte tolera elevadas concentrações de sal. Certas espécies, como *M. varians*, resistem ao tratamento de pasteurização do leite. Outras ainda, produzem pigmentos e causam colorações anormais na superfície dos alimentos que contaminam. Finalmente, alguns membros deste género são capazes de crescer a temperaturas inferiores a 10 °C. Estes microrganismos encontram-se com frequência no pó e na água e também são encontrados nos utensílios de manipulação de alimentos, quando insuficientemente lavados e desinfectados.

Mycobacterium → O bacilo que produz a tuberculose, *M. tuberculosis*, é disseminado por alguns alimentos, sobretudo pelo leite de vacas infectadas.

Pediococcus → São microrganismos homofermentativos, fermentando os açúcares para produzir, principalmente, ácido láctico. Crescem bem em salmouras com concentrações moderadas de sal e também a baixas temperaturas. A espécie *P. damnosus* pode alterar a cerveja, na qual produz diacetilo (prejudicial para as cervejas).

Photobacterium → Algumas das espécies são luminescentes. São pouco abundantes, mas conhecem-se casos em que *P. phosphoreum* provoca fosforescência em carnes, peixes e mariscos.

Propionibacterium → Fermentam o ácido láctico, hidratos de carbono e polialcoois produzindo ácido propiónico, ácido acético e dióxido de carbono. No queijo Emmental, certas espécies (como *P. freudenreichii*) fermentam os lactatos para produzir o gás que favorece a formação dos buracos, contribuindo também para o sabor do queijo. As bactérias deste género que produzem pigmentos podem provocar colorações anormais no queijo.

Proteus → Provocam alterações na carne, no peixe, nos mariscos e nos ovos e podem provocar intoxicações alimentares.



Figura 8.7 - Microfotografia da bactéria *Pseudomonas fluorescens*.

Pseudomonas → Algumas espécies podem alterar os alimentos. São incapazes de utilizar hidratos de carbono como nutrientes mas têm capacidade para utilizar outros compostos carbonados. Produzem diversas substâncias que provocam sabores desagradáveis nos alimentos. Como fontes de azoto utilizam compostos azotados simples. São capazes de sintetizar as suas próprias vitaminas. Possuem a capacidade de crescer a baixas temperaturas. Uma das espécies, *P. fluorescens*, produz um pigmento, a pioverdina, que faz com que os alimentos adquiram uma fluorescência verde. Este género caracteriza-se ainda pela sua resistência a alguns desinfetantes e detergentes que se empregam na indústria alimentar.

Salmonella → As espécies destes patogénicos entéricos podem crescer nos alimentos e provocar infecções alimentares.

Serratia → Algumas das espécies produzem pigmentos que podem provocar alterações na cor dos alimentos que contaminam. A espécie mais comum é *S. marcescens*.

Shigella → Bactérias que, transportadas pelos alimentos, provocam desintérias no homem.

Staphylococcus → Crescem muitas vezes em forma de cacho (Figura 8.8). A espécie mais importante, *S. aureus*, é patogénica, provocando intoxicações alimentares.



Figura 8.8 - Microfotografia da bactéria *Staphylococcus aureus*.

Streptococcus → Bactérias homofermentativas, parte das quais tem importância nos alimentos. As espécies mais importantes são: *S. agalactiae*, que provoca a mastite nas vacas; *S. pyogenes*, causadora da escarlatina e outras doenças; *S. thermophilus*, utilizada na fabricação de queijos e iogurtes; *S. bovis*, que pode contaminar o leite pasteurizado; *S. lactis*, utilizada no fabrico de queijos, nata fermentada e manteiga; *S. faecalis* e *S. faecium* contaminam diversos alimentos, sobretudo lácteos, pois têm capacidade de viver em ambientes extremos.



Figura 8.9 - Microfotografia de bactérias do género *Streptomyces*.

Streptomyces → Contaminam os alimentos, comunicando-lhes sabores e aspecto desagradáveis. São os responsáveis por certos sabores a bolor e a terra.

Vibrio → Microrganismos abundantes na água, quer doce quer salgada, no solo, e no tubo digestivo do homem e outros animais. Certas espécies são patogénicas.

Yersinia → Bactérias encontradas no solo. *Y. pestis* é a causadora da peste no homem. Algumas variedades de *Y. enterocolitica* são causadoras de doenças transmitidas pelos alimentos.

Biotecnologia Alimentar

Nos capítulos anteriores vimos, brevemente, que diversos microrganismos podem servir de alimento; podem ser utilizados na preparação de nutrientes especiais (ácidos orgânicos, potenciadores de sabor e vitaminas); podem utilizar-se para a obtenção de determinados alimentos através de fermentações; podem ainda servir para a obtenção de enzimas utilizadas na elaboração de alimentos. A biotecnologia alimentar pretende otimizar quer as condições de crescimento e multiplicação das culturas microbianas quer a sua produtividade fermentativa e capacidade de produção de compostos úteis. Para tal recorre-se à utilização integrada de técnicas bioquímicas, microbiológicas, de genética molecular e de engenharia de processos.

Dois dos aspectos mais importantes na produção biotecnológica de alimentos são a pureza e estabilidade das culturas de microrganismos utilizadas, sendo necessário controlar adequadamente as condições (nutrientes, pH, temperatura, suporte, etc.) do meio em que são preparadas. Após obtenção de um cultivo apropriado é essencial proporcionar-lhe condições para uma optimização da sua actividade, nomeadamente através do controlo da velocidade de crescimento.

A utilização de microrganismos como alimentos, pelo homem, está praticamente restrita a algumas leveduras, existindo mesmo algumas fábricas especializadas na sua produção. As chamadas proteínas unicelulares, vulgarmente conhecidas pela sigla em inglês SCP (Single Cell Protein), são culturas microbianas cuja única finalidade é a utilização na alimentação humana e animal. Têm como principais vantagens: (1) a possibilidade de utilizar, como substratos, alimentos não consumidos pelo homem, (2) uma elevada relação proteína/peso seco (cerca de 60 a 70%) e (3) a

rapidez de obtenção de proteínas, devido ao curto tempo de multiplicação dos microrganismos.

O eficaz potenciador de sabor, glutamato de sódio, é produzido por técnicas biotecnológicas, a partir de espécies dos géneros *Corynebacterium*, *Arthrobacter* e *Brevibacterium*. Outros aminoácidos vão também sendo produzidos, ainda que em menor escala, por métodos semelhantes.

São ainda utilizados microrganismos para produzir dextrano, xantano, ácido láctico, ácido cítrico e outros compostos utilizados como aditivos alimentares.

É também através das novas técnicas biotecnológicas que tem sido possível isolar, purificar e imobilizar enzimas, de origem microbiana, com especificidade para uma determinada aplicação.

A maioria das fermentações, promovidas por microrganismos, originam a obtenção de novos produtos alimentares e, nalguns casos (couves, pepinos, etc.), têm também um papel de conservação. As fermentações podem ser produzidas por leveduras, bactérias, bolores, ou por misturas destes microrganismos. Seguidamente serão enunciados alguns alimentos cuja transformação tecnológica depende de fermentações e também indicados quais os microrganismos por elas responsáveis.

No fabrico do **pão**, os microrganismos podem ter duas aplicações: por um lado, produzindo gás para levedar a massa, por outro, produzindo substâncias aromatizantes. A fermentação da massa é feita por leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, que transformam os açúcares nela existentes em dióxido de carbono e etanol. Estas leveduras podem também proporcionar parte dos sabores característicos das diversas variedades de pão, através da produção de compostos como alcoóis, ésteres, ácidos e aldeídos. No entanto, estes compostos são produzidos em pequenas quantidades pelas leveduras, sendo as bactérias que crescem na massa que produzem a maioria das substâncias (alcoóis, diacetilo, aldeídos, acetoína, ácido láctico, ácido acético, ácido succínico e ésteres destes ácidos) que proporcionam os sabores.



Figura 9.1 - As diversas variedades de pão são fabricadas com a ajuda de combinações de variedades da levedura *S. cerevisiae* e várias bactérias.

A fermentação da **cerveja** é feita através do inóculo do mosto com uma variedade, que cresce no fundo, da levedura *Saccharomyces carlsbergensis*. Durante a fermentação, a levedura converte o açúcar do mosto, maioritariamente, em etanol e dióxido de carbono e, em pequenas quantidades, glicerina e ácido acético. As proteínas e derivados das gorduras produzem, também em baixo teor, alcoóis superiores e ácidos, enquanto que os ácidos orgânicos e os alcoóis reagem entre si para dar ésteres aromáticos.



Figura 9.2 - As leveduras também são fundamentais na obtenção das diversas variedades de cerveja.

A cerveja tipo “ale” (comum em Inglaterra) é, contrariamente às cervejas mais vulgares entre nós, fermentada com uma levedura de superfície, *i. e.*, uma variedade

de *Saccharomyces cerevisiae*, e a uma temperatura mais elevada, sendo o processo mais rápido.

O **sake** japonês é uma bebida que se obtém por fermentação de uma massa de arroz inoculada com *Aspergillus oryzae*. Esta massa, que contém grandes quantidades de amilases, é misturada com mais massa de arroz, cujo amido é convertido em açúcar, sendo fermentado por leveduras do género *Saccharomyces*, as quais produzem álcool a partir dos açúcares formados.

O **vinho** é uma bebida produzida através da fermentação alcoólica das uvas ou do seu sumo, por leveduras existentes no próprio fruto ou, em certos casos, por um inóculo de uma levedura vínica especial, a *Saccharomyces ellipsoideus*. O sherry francês constitui uma particularidade pois é produzido a partir de uvas secas pelo bolor *Botrytis cinerea*, o que lhes confere uma elevada quantidade de açúcar.



Figura 9.3 - É também uma variedade de *Saccharomyces* a principal responsável pela fermentação do vinho.

Os **licores destilados** são elaborados a partir de um produto que já sofreu uma fermentação alcoólica. Por exemplo, as aguardentes víquicas são obtidas por destilação de vinhos de uva; o rum é o resultado da destilação do xarope da cana de açúcar, após fermentação deste; os whiskys são produtos de destilação que se obtêm a partir de grãos de cereais (em geral centeio, mas também se utilizam o milho e o trigo) fermentados. As leveduras utilizadas nestas fermentações são estirpes de



Figura 9.4 - Bebidas destiladas obtidas por destilação de produtos fermentados por *S. ellipsoideus*.

Saccharomyces ellipsoideus, que produzem grandes quantidades de álcool.

Quando, após a fermentação alcoólica de um qualquer fruto, para produção de uma bebida alcoólica, persistem no meio bactérias acéticas (pertencentes, principalmente, ao género *Gluconobacter*), estas oxidam

o álcool a ácido acético, de acordo com a reacção $C_2H_5OH + O_2 \rightarrow CH_3COOH + H_2O$. No caso de este último composto ser produzido em elevada quantidade (mais de 4 g por 100 mL), o líquido obtido é designado por **vinagre**.

A fermentação láctica de **legumes** teve, certamente, a sua origem no efeito conservante do ácido láctico sobre os alimentos. Durante a fermentação dos legumes, a multiplicação das bactérias lácticas origina a diminuição da multiplicação de outros microrganismos, que exercem acções prejudiciais e ainda a produção de diversos sabores, resultantes da acumulação de ácidos orgânicos ou produtos secundários. De entre os legumes fermentados utilizados na alimentação podemos destacar o aipo, a azeitona verde, o pepino (pickles) e o repolho (sauerkraut), como os mais importantes. Os microrganismos utilizados nestas fermentações variam de produto para produto e também consoante a tecnologia empregada.

Variadíssimos são os produtos lácteos obtidos a partir de fermentações microbianas. Entre outros, podemos citar o soro de manteiga, os iogurtes, o kefir, a nata ácida e os queijos. As bactérias lácticas são as responsáveis pelas fermentações e produção de ácido láctico nestes produtos. Os microrganismos utilizados diferem de produto para produto, usando-se nalguns casos cultivos puros e noutros cultivos mistos. Por exemplo, no fabrico de **soro de manteiga** é utilizada uma mistura de duas espécies de bactérias: uma produz o ácido láctico (normalmente *Streptococcus lactis*), enquanto a outra (*Leuconostoc mesenteroides* ssp. *cremoris*) produz os aroma e

sabor característicos do produto, devido à sua capacidade de sintetizar diacetilo. Já na produção de soro de manteiga pelo método búlgaro (tradicional na Europa oriental) se utiliza uma cultura pura de *Lactobacillus delbrueckii* ssp.



Figura 9.5 - Os diversos tipos de iogurte têm a sua origem em fermentações do leite por bactérias lácticas.

bulgaricus. O **iogurte** é outro exemplo de um laticínio obtido a partir de uma cultura mista de *Streptococcus termophilus* e de *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*. O **kefir** (alimento semelhante ao iogurte, popular no Médio Oriente) é fermentado a partir de uma mistura de microrganismos, que se

apresenta em forma de grãos, na qual se contam *Lactobacillus brevis* e algumas leveduras. Durante a fermentação do kefir é produzida uma pequena quantidade de álcool (de 0.5 a 1.0%) e algum dióxido de carbono.

Os **queijos** curados começam por sofrer uma fermentação láctica, feita por bactérias lácticas (por exemplo, *S. lactis* e *L. delbrueckii* ssp. *bulgaricus*), à qual se seguem várias reacções químicas, catalizadas pelas enzimas destas bactérias em conjunto com enzimas de outros microrganismos. Os principais responsáveis pelos sabores dos queijos são o sal, o ácido láctico, os ácidos gordos, os aminoácidos, os aldeídos e as cetonas.



Figura 9.6 - Os queijos são um outro produto obtido a partir do leite por fermentação láctica.

Muitos dos alimentos tradicionais do Oriente (**molho de soja**, **miso**, **tempeh**, **ang-khak**, **tofu**, etc.) são obtidos a partir de fermentações levadas a cabo por bolores. No fermento (uma mistura de microrganismos a que na China se chama *chou* e no Japão *koji*) os bolores actuam como fonte de enzimas, como sejam lipases, amilases e outras.

4ª Parte

Contaminação e Conservação de Alimentos

As frutas e legumes, o leite, os ovos, o peixe, a carne e restantes alimentos são portadores de microrganismos procedentes das fontes naturais de contaminação (águas, ar, poeiras, etc.). Na maioria dos casos, uma contaminação adicional é transmitida pelo homem durante a sua manipulação industrial. Para impedir ou reduzir as consequências de todas estas fontes de contaminação, a indústria alimentar procura melhorar os processos de limpeza e assepsia dos alimentos ao longo do seu trajecto desde a sua origem até aos processos de transformação e/ou conservação.

Como consequência do aperfeiçoamento dos processos de conservação de alimentos é possível dispormos de uma dieta mais equilibrada, e uma possibilidade de, tirando proveito dos progressos feitos nos sistemas de transporte, proporcionar um abastecimento de produtos alimentares de qualidade a todo o planeta.

Capítulo 10

Contaminação e Alteração dos Alimentos

Os diversos alimentos podem sofrer contaminação microbiana a partir do contacto com o meio ambiente que os rodeia. Podemos assim considerar a existência de oito fontes de contaminação alimentar, as quais seguidamente se detalham:

Contaminação pelas frutas e legumes⇒ A flora microbiana existente na superfície das plantas varia com as espécies vegetais embora seja comum encontrarem-se microrganismos dos géneros *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium* e *Micrococcus*, bem como espécies de coliformes e bactérias lácticas. A superfície exposta das plantas sofre ainda contaminação de microrganismos existentes no solo, na água, no ar e nos animais, os quais se juntam à sua própria flora.

Contaminação pelos animais⇒ Os microrganismos de origem animal provêm da sua pele, das vias respiratórias e do sistema digestivo, sendo os provenientes destas duas últimas fontes os mais importantes na contaminação de carnes para consumo humano. Os animais são contaminados a partir do solo, dos dejectos, da água, das plantas e das forragens, encontrando-se entre os seus contaminantes microrganismos dos géneros *Brucella*, *Mycobacterium*, *Salmonella* e *Escherichia*. Por outro lado, os animais também transmitem ao ambiente que os rodeia (solo, água, plantas) a sua própria flora microbiana, contribuindo para uma disseminação desses contaminantes.

Contaminação pelas águas residuais⇒ Quando se utilizam, na rega, águas residuais domésticas, não tratadas, existe o risco de contaminação das frutas e legumes por microrganismos patogénicos. Entre estes, encontramos bactérias coliformes, enterococos e outras bactérias intestinais. Estas águas residuais podem

ainda entrar em contacto com aquíferos naturais, os quais servem de veículo destes contaminantes para peixes, mariscos e outros alimentos aquáticos.

Contaminação pelo solo ⇒ De entre todas as fontes de contaminação microbiana, o solo é aquela que contém a maior variedade de microrganismos. Estes microrganismos contaminam a superfície das plantas, que nele crescem, e os animais terrestres mas também se podem deslocar mais longe, transportados pelas correntes de ar e, em certos casos, pela água. Entre a grande diversidade de microrganismos que crescem no solo, são de particular importância as bactérias pertencentes aos géneros *Bacillus*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Escherichia*, *Micrococcus*, *Alcaligenes*, *Flavobacterium*, *Chromobacterium*, *Pseudomonas*, *Proteus*, *Streptococcus*, *Leuconostoc* e *Acetobacter*.

Contaminação pela água ⇒ As correntes de água naturais contêm, para além da sua própria flora microbiana, microrganismos provenientes do solo, dos animais e das águas residuais. As espécies bacterianas presentes nas águas naturais pertencem maioritariamente aos géneros *Pseudomonas*, *Chromobacterium*, *Proteus*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Streptococcus*, *Enterobacter* e *Escherichia*. Quando estas bactérias entram em contacto com os peixes e outros habitantes dos cursos de água colonizam tanto o seu exterior como o sistema digestivo. A contaminação pela água pode dar-se também durante os diversos tratamentos sofridos pelos alimentos durante a sua transformação tecnológica, ou seja, durante os processos de lavagem e durante a refrigeração ou o fabrico de gelo.

Contaminação pelo ar ⇒ O ar não possui flora microbiana própria, mas sim microrganismos transportados na superfície de partículas sólidas ou no interior de gotas de água. Estes microrganismos, enquanto permanecem no ar não têm capacidade de se multiplicar, sendo aqueles que melhor resistem à baixa humidade os que melhor e mais tempo subsistem.

Contaminação durante o trajecto campo-fábrica ⇒ Os alimentos primários podem ser alterados por microrganismos ou insectos presentes no material de colheita ou de matança ou ainda nos meios de transporte utilizados para os

conduzir aos locais de armazenagem ou de transformação industrial. Este tipo de contaminação também é vulgarmente designado por **contaminação natural**.

Contaminação durante a manipulação e tratamento dos alimentos⇒ A contaminação microbiana dos alimentos pode ocorrer através do contacto destes com o equipamento industrial, com os materiais de embalagem e com o pessoal que os manipula.

Embora possam existir divergências de opinião sobre a aptidão ou não de um alimento para consumo (por exemplo, enquanto na Europa se considera que as peças de caça devem envelhecer alguns dias antes de serem consumidas, de forma a adquirirem um certo sabor, nos Estados Unidos essas mesmas peças seriam consideradas impróprias para consumo), existem certos critérios que são geralmente aceites quanto à aptidão dos alimentos para consumo:

- Conveniente estado de desenvolvimento ou maturação - As frutas devem ter um certo grau de maturação (que difere segundo o fruto em questão), os cereais devem ser tenros, as aves de capoeira devem ser abatidas enquanto jovens, etc.
- Ausência de contaminação em qualquer das fases de produção ou manipulação - Os legumes não devem ser consumidos crus, se tiverem sido regados com águas residuais (o que ainda é muitas vezes o caso), os mariscos procedentes de águas contaminadas não devem ser consumidos, etc.
- Ausência de modificações prejudiciais devidas à invasão de microrganismos ou à actividade das enzimas do alimento - É necessário ter em atenção que nem todas as modificações verificadas num dado alimento são forçosamente prejudiciais. Nalguns casos essas modificações dizem apenas respeito ao aspecto e propriedades físicas, como é o caso do amolecimento das cenouras, que não resulta de contaminação microbiana, podendo o alimento ser consumido, embora com perda de parte das suas qualidades nutritivas. Noutros casos a actividade microbiana causadora de modificações num dado alimento pode até ser benéfica, como é o caso de alguns queijos (por exemplo, o Limburger), que durante a sua cura, sofrem uma putrefacção benéfica.

Considera-se que um alimento está alterado, quando sofre uma putrefacção ou decomposição prejudiciais, enquanto que um alimento impróprio para consumo por razões higiénicas se qualifica de não apto.

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

- ❑ Multiplicação e actividade microbiana (por vezes também de organismos superiores);
- ❑ Contaminação por insectos;
- ❑ Actividade enzimática, de origem vegetal ou animal, existente no alimento;
- ❑ Reacções estritamente químicas, *i. e.*, não catalizadas enzimaticamente;
- ❑ Modificações físicas, caso das modificações devidas à congelação, à combustão, à secagem, à pressão, etc.

Os alimentos podem ser divididos em três grupos, segundo a sua capacidade de resistência a alterações:

- ❑ **Alimentos estáveis ou inalteráveis**, são aqueles que só sofrerão alterações se forem manipulados sem os devidos cuidados. Fazem parte deste grupo alimentos como o açúcar e a farinha.
- ❑ No grupo dos **alimentos semi-alteráveis** incluem-se as batatas, algumas variedades de maçãs e os frutos secos sem casca. Este tipo de alimentos pode permanecer inalterável durante longo tempo, se devidamente manipulados e conservados.
- ❑ Os **alimentos alteráveis** incluem a maioria dos alimentos mais importantes de uso corrente (carnes, peixe, aves de aviário, ovos, leite e a maioria das frutas e legumes), os quais são facilmente alterados se não forem empregues processos específicos de conservação.

Os microrganismos que provocam alterações num dado alimento são raramente pertencentes a uma única espécie, tratando-se normalmente de um conjunto de várias espécies. A competição entre diversas espécies de microrganismos, num alimento, fará com que uma das espécies cresça e se multiplique mais eficazmente

que as restantes, em função das condições do substrato (alimento), acabando por provocar a destruição destas outras. A estes microrganismos que se antagonizam dá-se o nome de antibióticos. No entanto, nem todos os microrganismos contaminantes se comportam deste modo, podendo por vezes ser simbióticos, ou seja, que se auxiliem simultaneamente ou que pelo menos não interfiram no crescimento mútuo. Podem ainda existir espécies sinérgicas, que têm a capacidade de produzir certas fermentações quando crescem juntas, mas que não são capazes de as levar a cabo individualmente. Existem ainda casos em que dois microrganismos podem ser metabióticos, *i. e.*, um deles cria condições favoráveis para o crescimento do outro.

Como se disse acima, as condições do substrato são fundamentais para o desenvolvimento preferencial de uma (ou duas, nos casos especificados anteriormente) espécie(s) contaminante(s) de um determinado alimento. Os factores principais que determinam essas condições são a água disponível, o pH, o potencial redox, a temperatura, os nutrientes disponíveis e a existência ou ausência de inibidores.

O conteúdo em água de um alimento e as suas localização e disponibilidade constituem os factores mais importantes que influenciam o crescimento microbiano. Em geral, todos os microrganismos crescem mais facilmente quando o teor de a_w do alimento é elevado. Contrariamente, uma a_w igual ou inferior a 0.70 torna praticamente impossível a alteração de alimentos por contaminação microbiana. O conceito de água disponível é mais detalhadamente desenvolvido no *Capítulo 1*.

Também o pH dos alimentos é um factor 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.

Tanto a pressão parcial de oxigénio ao redor de um alimento como o potencial de oxidação-redução (redox) do próprio alimento influenciam o tipo de microrganismos que poderão crescer e alterar esse alimento. Diz-se de um substrato com um potencial redox positivo, que está oxidado, enquanto que um com um valor

negativo está reduzido. Um potencial redox elevado (oxidante) favorece o crescimento dos microrganismos aeróbios (por ex., bacilos, micrococos, pseudomonas e acinetobactérias), permitindo também o crescimento dos facultativos, enquanto que um potencial baixo (redutor) favorece tanto o crescimento de microrganismos anaeróbios (por ex., 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.

Qualquer alimento não estéril, mais tarde ou mais cedo sofrerá alterações, desde que contenha uma certa quantidade de água disponível e não esteja congelado. Essa alteração terá lugar a qualquer temperatura dentro da gama de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $70\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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 açúcares 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 determinada(s) espécie(s) 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, *i. e.* requerem diferentes taxas de a_w .

As substâncias inibidoras naturalmente existentes nos alimentos, a eles adicionadas, ou neles produzidas através do crescimento de microrganismos ou dos processos de transformação tecnológica, podem impedir o crescimento de todos os

microrganismos ou, mais frequentemente, impedir apenas o crescimento de determinadas espécies.

Cada um dos factores próprios da composição dos alimentos, acima mencionados, pode influir de forma importante no tipo de flora microbiana que irá contaminar os alimentos. Mas, também as interacções entre dois ou mais destes factores poderão ter importância fundamental no crescimento microbiano. Por exemplo, um microrganismo que cresça a um pH próximo do seu valor óptimo tolerará melhor as variações de a_w que outro que cresça a valores de pH mais baixos ou mais elevados. A manipulação simultânea de vários destes factores poderá conduzir a um retardamento ou mesmo inibição do crescimento microbiano.

Por facilidade de exposição, podemos dividir as modificações químicas dos alimentos, provocadas por microrganismos, em 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 hidrolizadas, por enzimas microbianas, ou do próprio alimento, a compostos mais simples, como polipeptídeos, 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 maioria das hidrólises de proteínas não dão origem a compostos verdadeiramente prejudiciais. No entanto, a degradação anaeróbica destes compostos azotados pode dar origem a cheiros desagradáveis (putrefacção). 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 dissacáridos, trissacáridos e polissacáridos complexos são

previamente hidrolizados 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 que 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 dos ácido láctico e acético, etanol, glicerol e dióxido de carbono, (4) fermentação coliforme, por acção de bactérias coliformes, com produção dos ácidos láctico, fórmico e acético, etanol, dióxido de carbono e hidrogénio, (5) fermentação propiónica, realizada por bactérias propiónicas, em que são produzidos os ácidos propiónico, succínico e acético e ainda dióxido de carbono, ou (6) fermentações butírico-butil-isopropílicas, efectuadas por bactérias anaeróbicas, com produção dos ácidos butírico e acético, dióxido de carbono e hidrogénio.

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 hidrolizam as gorduras mais complexas a glicerol e ácidos gordos, sendo estes posteriormente degradados a compostos ainda mais simples, caso do ácido acético.

Capítulo 11

Princípios Gerais da Conservação de Alimentos

Entre outras vantagens do aperfeiçoamento dos sistemas de conservação, os alimentos mais sensíveis a alterações tornaram-se utilizáveis durante todo o ano e não apenas durante a estação em que são produzidos e a preparação da comida tornou-se mais simples. A combinação destes progressos com o aumento da facilidade de transporte permitiu também uma mais fácil troca de produtos alimentares, em perfeitas condições de consumo, entre regiões distantes.

Vários são os procedimentos utilizados na conservação de alimentos. No entanto, podemos destacar, como mais importantes, os seguintes:

- x Assepsia, ou manutenção dos alimentos livres de microrganismos.
- x Eliminação dos microrganismos.
- x Manutenção da anaerobiose.
- x Utilização de temperaturas elevadas.
- x Utilização de baixas temperaturas.
- x Secagem, onde se inclui a solvatação da água existente no alimento.
- x Utilização de conservantes químicos, quer produzidos por microrganismos quer adicionados pelo homem.
- x Utilização de atmosfera modificadas ou atmosfera controladas, normalmente em conjunto com a conservação a baixas temperaturas ou a utilização de embalagens.
- x Irradiação.
- x Destruição mecânica de microrganismos, através da trituração do alimento ou da utilização de pressões elevadas, entre outros processos.

Em muitos casos, podem ainda utilizar-se combinações de dois ou mais destes processos, sendo mesmo vulgar tal procedimento para aumentar a eficácia e/ou baixar

o custo do tratamento. Quando se combinam vários métodos de conservação, a intensidade correspondente a cada um deles é menor que aquela que seria necessária em caso de utilização separada.

A qualquer dos referidos processos de conservação estão subjacentes os mesmos fundamentos, nomeadamente:

○ A prevenção ou retardamento da decomposição provocada pelos microrganismos, o que se consegue mediante cuidados de assepsia, de processos de eliminação microbiana (filtração, por exemplo), da limitação do seu crescimento e actividade (utilizando técnicas de refrigeração, secagem, ou outras), ou ainda através da sua destruição (altas temperaturas ou uso de radiações).

○ A prevenção ou retardamento da auto-decomposição dos alimentos, através da destruição ou inactivação das enzimas dos alimentos (por escaldão, ou outro processo semelhante) e pela limitação das reacções estritamente químicas (por exemplo, por utilização de anti-oxidantes).

○ A prevenção de danos provocados por insectos, animais, maquinaria, etc.

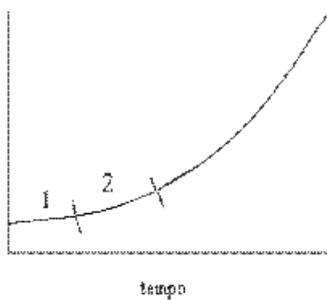


Figura 11.1 - Detalhe dos primeiros momentos da curva de crescimento microbiano.

Na prevenção da contaminação microbiana dos alimentos, é de enorme importância prolongar o mais possível as fases de latência (zona 1 da Figura 11.1) e de aceleração do crescimento (2), correspondentes aos primeiros momentos do gráfico de crescimento dos microrganismos (*cf. Parte 3*). Para atingir tal objectivo, pode actuar-se

dos seguintes modos:

- ❖ Minimizando a contaminação, pois quanto menos microrganismos estiverem presentes, mais se prolongará a fase de latência;
- ❖ Evitando a adição de microrganismos em fase de aceleração de crescimento, os quais poderão provir dos recipientes ou equipamento que contacta com os alimentos;

- ❖ Controlando as condições adversas, pois quanto mais adversos forem os factores ambientais (nutrientes, humidade, temperatura, pH, potencial redox e existência de inibidores), mais lenta será a multiplicação microbiana;
- ❖ Destruindo os microrganismos através de tratamentos como sejam o calor ou a irradiação.

Capítulo 12

Assepsia, Eliminação de Microrganismos e Anaerobiose

Devido às técnicas de conservação de alimentos, existem inúmeros casos em que os alimentos se mantêm livres de microrganismos, ou em assepsia. Os tecidos internos dos vegetais e os dos animais estão, normalmente, livres de contaminação microbiana, ou, em alguns casos, com um pequeno número de microrganismos, incapazes de provocar alterações no alimento. Também os alimentos providos de uma protecção externa natural (caso das nozes, amêndoas, ovos, etc.) se encontram ao abrigo de alterações provocadas por contaminação microbiana.

Nas indústrias de transformação de produtos alimentares cada vez se presta maior atenção à prevenção da contaminação dos alimentos, desde a entrada da matéria-prima até à obtenção do produto final. O conhecimento da quantidade e tipo de microrganismos existentes à superfície dos alimentos, no seu estado bruto, é importante, sabendo-se que certas espécies podem provocar alterações indesejáveis enquanto outras serão úteis às fermentações benéficas que o alimento vai sofrer e, ainda que, quanto maior for a população microbiana prejudicial, maior será a probabilidade de se darem alterações no alimento e mais difícil a sua conservação.

Posteriormente, são de importância fundamental para manutenção da assepsia dos alimentos, durante as operações de preparação, tratamento e embalagem dos produtos, as práticas de higiene e limpeza, quer do equipamento quer dos trabalhadores. Especificamente, deve controlar-se: a qualidade e o armazenamento dos produtos frescos; o abastecimento e a qualidade da água; a possível contaminação dos produtos pelo material ou pelas pessoas que os manipulam; e os processos de embalagem e armazenamento dos alimentos transformados.

Se não for convenientemente limpo e desinfectado, o equipamento que entra em contacto com os alimentos pode constituir uma importante fonte de contaminação. A eficiência de um processo de limpeza depende da complexidade do equipamento, da sua concepção, da dimensão e do material de que é feito. O principal agente de limpeza é a água, cuja temperatura será a adequada ao detrito a remover. A acção da água é, frequentemente, potenciada por detergentes. Estes produtos químicos têm capacidade de emulsificar as gorduras, de solubilizar os sais minerais, de dissociar os precipitados, de dispersar as partículas em suspensão e de aumentar a solubilidade dos vários detritos aderentes às superfícies do equipamento. O detergente a utilizar deve ser escolhido de forma a não ser agressivo para o material a lavar e a permitir uma fácil remoção, por lavagem com água. A temperatura desta água de lavagem deverá ser o mais próximo possível daquela a que se procederá a fase seguinte de limpeza, a desinfecção, de modo a não serem necessários grandes gastos energéticos para aquecer o material.

É aconselhável, em muitos casos, a seguir à lavagem simples do material, proceder à sua desinfecção. O agente desinfectante, a sua concentração, temperatura e método de aplicação, dependem das condições do meio, do tipo de equipamento e dos microrganismos a destruir. Entre os agentes desinfectantes normalmente empregues, encontram-se a água quente, o vapor fluente, o vapor sob pressão e os produtos químicos, como os hipocloritos de sódio e de cálcio.

O emprego de vapor sob pressão constitui a forma mais eficiente de desinfecção, pois destrói todas as formas vivas, chegando mesmo a inactivar os vírus. No entanto, a sua utilização está restrita a equipamento fechado e capaz de suportar pressões elevadas, não servindo para desinfectar peças pequenas. Para este efeito é preferível utilizar o vapor fluente, tendo, no entanto, a sua utilização os inconvenientes de exigir um gerador de vapor e de sobrecarregar o ambiente de humidade, propícia ao desenvolvimento microbiano. Esta última desvantagem é partilhada pela utilização da água quente (entre os 80 °C e os 100 °C, pois a temperaturas inferiores a 80 °C continua a existir termoresistência dos microrganismos

esporulados), tendo, no entanto, esta a vantagem de ter uma utilização mais barata. Os desinfetantes químicos são germicidas eficazes, quando empregues em concentrações adequadas e se lhes permite o tempo necessário de actuação. Como desvantagem, estes produtos químicos apresentam a facilidade de aderir às paredes do equipamento, o que, se por um lado tem a acção benéfica de impedir o crescimento bacteriano, por outro serão transmitidos aos alimentos que vierem a ser processados nesse equipamento.

Para além dos mencionados, existem ainda outros tipos de agentes higienizantes, que poderão ser utilizados como complemento do processo de lavagem:

- ◆ Anti-sépticos - têm capacidade de inactivação, mas não de destruição dos microrganismos;
- ◆ Germicidas - estes agentes destroem as bactérias, mas não os seus esporos;
- ◆ Esterilizantes - muito eficazes, pois destroem todas as formas vivas e inactivam os vírus;
- ◆ Esporocidas - como o seu nome indica, têm capacidade de destruir esporos;
- ◆ Fungicidas - agentes específicos para eliminação de fungos;
- ◆ Inibidores - agentes específicos, que inactivam apenas um determinado grupo de microrganismos.

Outro método, frequentemente utilizado, de aplicação da assepsia à conservação de alimentos, é a embalagem dos ditos. A cobertura protectora pode variar desde um simples embrulho de papel, que evita a contaminação durante a manipulação do alimento, até ao vasilhame hermeticamente fechado, o qual protege o conteúdo de contaminações microbianas durante longos períodos de tempo.

Muitas das vezes, a eliminação de microrganismos dos alimentos não é totalmente eficaz, mas pode ser um processo útil para uma posterior conservação. Os métodos empregues para a eliminação dos microrganismos dos alimentos passam pela filtração, centrifugação, lavagem, ou, simplesmente, eliminação das partes contaminadas dos alimentos, no caso da contaminação ser apenas parcial.

A filtração é o único processo eficaz para a eliminação total dos microrganismos, estando a sua utilização restrita a líquidos pouco densos, como sejam os sumos de frutas, a cerveja, os refrigerantes, o vinho e a água. A filtração é normalmente feita sob pressão ou em vácuo e utilizando filtros previamente esterilizados. A centrifugação é um processo menos eficaz que a filtração, pois apenas tem capacidade de eliminação parcial de microrganismos. A eliminação de microrganismos por centrifugação é, no entanto, utilizada no tratamento da água potável e do leite. A lavagem dos alimentos frescos, sendo parcialmente eficaz na remoção da flora microbiana quando efectuada com água bacteriologicamente pura, pode ser prejudicial se esta estiver contaminada por outras espécies de microrganismos, os quais vai transmitir ao alimento. As operações de lavagem poderão ter ainda o inconveniente de aumentar o grau de humidade dos alimentos, estimulando o crescimento microbiano. Finalmente, a separação das porções alteradas de um alimento, pode contribuir para um ligeiro aumento do prazo de conservação desse alimento, mas nunca é muito eficaz pois, embora se elimine deste modo uma grande parte dos microrganismos contaminantes, a eliminação nunca é total e, normalmente, já existem, espalhados pelo resto do alimento, microrganismos em quantidade suficiente para iniciar nova alteração.

A manutenção da anaerobiose em torno dos alimentos embalados é uma das formas fundamentais para o prolongamento do seu tempo de conservação. Para garantir um ambiente livre de oxigénio, deve: fechar-se hermeticamente as embalagens; garantir que o alimento enche toda a embalagem, não deixando espaços livres para onde possa penetrar o ar; no caso de existir um espaço vago na embalagem (espaço de cabeça) este deve estar sob vácuo ou cheio com um gás inerte, como o dióxido de carbono ou o azoto. Os alimentos que, após embalados, continuam a sofrer fermentações, com produção e acumulação de dióxido de carbono na embalagem, dispõem de um método adicional para garantir um ambiente anaeróbio protector.

Capítulo 13

Conservação por Utilização de Temperaturas Elevadas

É sabido que o calor destrói os microrganismos através da desnaturação das suas proteínas e, sobretudo, por inactivação das enzimas que lhes possibilitam a actividade metabólica. A intensidade do tratamento térmico depende dos microrganismos a eliminar, do seu estado fisiológico e das condições do meio.

As várias espécies de microrganismos, assim como os seus esporos, têm resistências muito diferentes às temperaturas elevadas. Algumas destas diferenças devem-se a factores passíveis de controlo humano, mas as restantes são específicas dos microrganismos e ainda pouco compreendidas. O gráfico de distribuição de

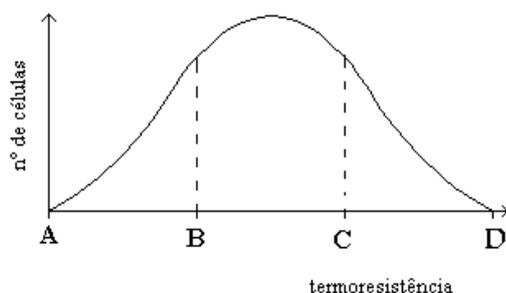


Figura 13.1 - Exemplo de uma curva de termoresistência para uma determinada população microbiana.

frequências (ou curva de termoresistência), representado na Figura 13.1, indica que, numa mesma população microbiana, se encontram diversos graus de termoresistência. Um reduzido número de células possui uma baixa resistência (zona entre A e B), a maioria das células tem uma resistência média (entre B e C) e um também reduzido número de indivíduos são muito resistentes (entre C e D). Consoante a composição do meio, uma das três subpopulações pode ser favorecida. São conhecidos alguns factores que influenciam a termoresistência dos microrganismos e que devem ser tidos em conta para a escolha do método de conservação por temperaturas elevadas a empregar num dado alimento. Esses factores são:

frequências (ou curva de termoresistência), representado na Figura 13.1, indica que, numa mesma população microbiana, se encontram diversos graus de termoresistência. Um reduzido número de células possui uma baixa resistência (zona entre A e B), a maioria das células tem uma

- Relação tempo - temperatura → Num determinado conjunto de condições, o tempo necessário para destruir as células vegetativas ou os esporos diminui com o aumento da temperatura.
- Concentração inicial de células vegetativas ou de esporos → Quanto maior for o número de microrganismos existentes, mais intenso será o tratamento necessário para a sua total eliminação.
- Condições de crescimento dos microrganismos → Tanto as condições do meio, como o tratamento posterior das células e esporos influem na termoresistência dos microrganismos. Pode dizer-se, genericamente, que quanto mais rico em nutrientes for o meio de crescimento, mais termoresistentes serão os microrganismos, embora existam alguns casos de constituintes específicos do meio em que o inverso se dá. De modo semelhante, também temos um aumento da termoresistência com o aumento da temperatura à qual crescem as células ou se formam os esporos. Esse aumento é tanto maior quanto mais a temperatura se aproxima da temperatura óptima de crescimento do microrganismo. A termoresistência das células vegetativas depende ainda da fase de crescimento em que se encontram, tal como a dos esporos depende da sua idade. A termoresistência das células é máxima no final da fase de latência, sendo também elevada durante a fase estacionária e diminuindo de seguida, sendo também baixa durante a fase de crescimento logarítmico. Quanto aos esporos, os mais jovens são menos resistentes do que os esporos maduros. Na maioria das espécies verifica-se ainda um aumento da termoresistência dos esporos com o abaixamento do teor de humidade.
- Composição do substrato → A composição do substrato (humidade, pH e outros) no qual se encontram os microrganismos que vão ser submetidos a tratamento térmico é de capital importância para a definição de qual o tipo e intensidade desse tratamento. O calor húmido é mais eficaz na destruição de microrganismos que o calor seco. É este o motivo pelo qual é necessário um tratamento mais intenso para esterilizar os substratos secos em comparação com os mais ricos em humidade. Um pH neutro ou próximo da neutralidade provoca um aumento da termoresistência tanto das células vegetativas como dos esporos, enquanto que valores mais extremos, quer ácidos quer

básicos, aceleram a destruição térmica dos microrganismos, sendo, no entanto, os meios fortemente ácidos aqueles em que a termoresistência é menor. Como alimentos ácidos são considerados aqueles cujo pH é inferior a 4.5 (frutas e algumas conservas de legumes) e alimentos de baixa acidez aqueles cujo pH vai de 4.5 até cerca de 7 (carne, alimentos de origem marinha, leite e a maioria dos legumes). A influência do pH do substrato torna-se mais complicada pelo facto de os tratamentos a temperaturas elevadas provocarem uma diminuição do pH nos alimentos. De entre os restantes componentes típicos dos substratos, destacamos: o cloreto de sódio, o qual, quando em baixas concentrações, aumenta a termoresistência de alguns esporos; o açúcar, que exerce acção protectora em algumas espécies microbianas, estando, ao que parece, essa acção ligada à diminuição de a_w causada pela solvatação das moléculas de açúcar; e as proteínas e gorduras, que também aumentam a termoresistência da generalidade dos microrganismos.

A termoresistência dos microrganismos pode expressar-se como tempo de morte térmica (**TDT**, do inglês Thermal Death Time), que se define como o tempo necessário para destruir, a uma dada temperatura, um dado número de microrganismos, sob condições específicas. Embora esta taxa seja dependente da espécie em presença e das condições do meio, podemos fazer algumas generalizações respeitantes aos três grandes grupos em que se dividem os microrganismos (bolores, leveduras e bactérias):

- Bolores e seus esporos → a maioria dos bolores e dos seus esporos são destruídos por aplicações, entre 5 a 10 minutos, de calor húmido a 60 °C, havendo algumas espécies mais resistentes. Os esporos assexuados necessitam de temperaturas 5 a 10 °C mais elevadas que os micélios, para a sua destruição total. O calor seco é menos eficaz na destruição destes microrganismos, sendo, por exemplo, necessária uma temperatura de 120 °C para eliminar alguns esporos.
- Leveduras e seus esporos → as células vegetativas são destruídas por temperaturas de 50 a 58 °C, aplicadas durante 10 a 15 minutos. Já os ascósporos apenas são destruídos

por temperaturas 5 a 10 °C superiores às utilizadas para destruir as células vegetativas que os originaram.

□ Bactérias e seus esporos → a termoresistência das células vegetativas varia muito de espécie para espécie. Temos, como casos extremos, as pouco patogénicas que são geralmente pouco resistentes e as termófilas, que necessitam de temperaturas da ordem de 80 a 90 °C, aplicadas durante períodos relativamente longos, para total eliminação. Podemos, no entanto, fazer algumas generalizações: (1) as bactérias com forma de cocos, com algumas excepções, são mais resistentes que os bacilos, (2) quanto mais elevadas forem as temperaturas óptima e máxima de crescimento, maior será a termoresistência da bactéria, (3) as células que formem agregados são mais termoresistentes que as que permanecem isoladas e (4) as bactérias com elevado teor de lípidos são mais resistentes ao calor. A termoresistência dos esporos bacterianos também varia fortemente, talvez mesmo mais que a das células, com o meio em que se formaram. Como regra geral, os esporos das bactérias cujas temperaturas óptima e máxima de crescimento são elevadas, são mais resistentes que aqueles formados por bactérias que crescem a temperaturas mais baixas.

Um dos objectivos dos tratamentos térmicos consiste em inactivar as enzimas capazes de alterar os alimentos, enquanto armazenados. A maioria das enzimas, tanto as próprias dos alimentos como as dos microrganismos, são destruídas a 80 °C, embora algumas possam suportar temperaturas mais elevadas, mas nunca durante longos períodos. Deste modo, os tratamentos térmicos utilizados para destruir os microrganismos também inactivarão a maior parte das enzimas. Como excepções, podemos apontar as hidrolases (proteínases e lipases), que suportam temperaturas elevadas, continuando a desenvolver, parcialmente, a sua actividade.

Existem diversos métodos para determinar o tempo de morte térmica dos microrganismos, desde os relativamente simples, usados desde há algumas décadas até aos mais complexos e sofisticados, utilizados nas modernas indústrias alimentares. Optámos por descrever sucintamente um dos métodos clássicos (de 1922), que dá bem ideia dos processos envolvidos. Neste método (por vezes chamado método dos tubos),

utiliza-se uma suspensão, em solução tampão, do alimento a analisar, a qual se transfere para pequenos tubos de vidro, os quais são de seguida hermeticamente fechados. Estes tubos são então aquecidos num banho-maria (se a temperatura desejada for inferior a 100 °C) ou num banho de óleo (se a temperatura pretendida for igual ou superior a 100 °C), cuja temperatura possa ser controlada, através de um termostato. A intervalos regulares, vão-se retirando e arrefecendo os tubos (geralmente em banhos de água ou de gelo). Após arrefecidos, o seu conteúdo é cultivado num meio de crescimento apropriado e incubado de modo a verificar se houve sobreviventes, os quais, caso existam, serão então contados para determinar a taxa de morte térmica. O esquema da Figura 13.2 exemplifica resumidamente os vários passos deste método analítico.

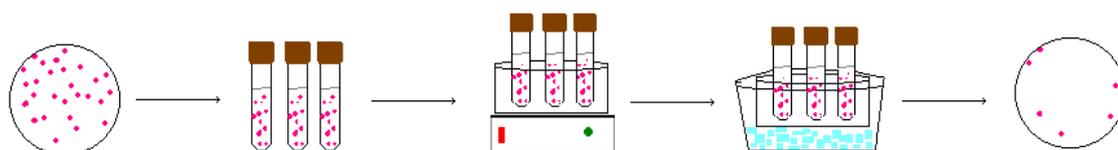


Figura 13.2 - Representação esquemática de um dos métodos utilizados para a determinação do tempo de morte térmica microbiana, o chamado método dos tubos.

A partir dos dados obtidos por este (ou outros) método(s) podem traçar-se os chamados gráficos de TDT, em forma semi-logarítmica, nos quais se representam os tempos de aquecimento, em minutos, em função dos valores das várias temperaturas a que foi feito o tratamento. A representação do tempo em escala semi-logarítmica permite a obtenção de uma recta, como exemplificado na Figura 13.3. Os pontos acima da recta representam os valores correspondentes à existência de sobreviventes enquanto aqueles abaixo representam os tubos em que houve destruição total de microrganismos. A recta representa assim os valores fronteira de tempo, a partir dos quais o tratamento a uma dada temperatura é eficaz na total destruição dos microrganismos presentes.

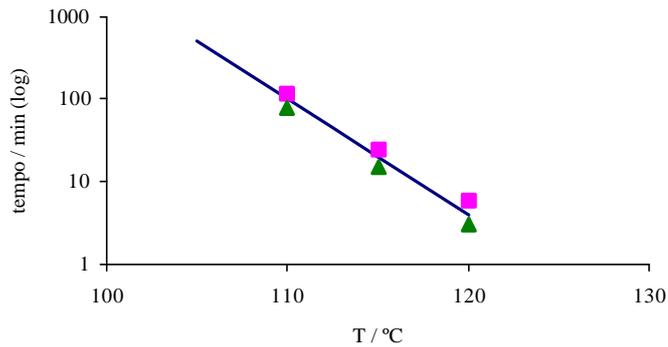


Figura 13.3 - Exemplo de um gráfico para o cálculo do tempo de morte térmica microbiana.

Para se poder decidir sobre a aplicação de um determinado tratamento térmico de conservação, é necessário conhecer qual a velocidade de penetração do calor no alimento em causa. Dado que todas as porções do alimento devem sofrer um tratamento suficiente para impedir a sua alteração e que o calor se propaga do exterior para o seu centro, é em relação a esta zona (a última a ser atingida) que se devem fazer os cálculos de duração e intensidade do tratamento térmico a aplicar. Os factores que determinam o tempo necessário para que o centro do alimento alcance a temperatura de esterilização são os seguintes:

- Material de que é feito o recipiente - nos casos em que o alimento a tratar está contido numa embalagem, há que ter em conta que nem todos os materiais conduzem o calor da mesma forma. Por exemplo, um recipiente de metal aquece mais rapidamente que um idêntico em vidro.
- Tamanho e forma do recipiente - quanto maior for o recipiente, mais lenta será a penetração do calor até ao centro do alimento nele contido. A forma do recipiente também joga um papel importante, pois, por exemplo, num recipiente cilíndrico largo será mais lenta a disseminação do calor do que num outro recipiente cilíndrico da mesma altura, mas mais estreito.
- Temperatura inicial do alimento - o tempo de tratamento térmico é praticamente independente da temperatura inicial do alimento. No entanto, em certos casos de alimentos, cujo aquecimento se deve fazer lentamente, é preferível que a sua

temperatura inicial seja elevada, pois assim manter-se-ão durante mais tempo num intervalo de temperaturas em que a acção microbiana é impedida.

□ Temperatura da fonte de calor - quanto mais elevada for a temperatura da fonte de calor, mais rápido será o aquecimento e mais rapidamente o alimento alcançará a temperatura de esterilização.

□ Consistência, tamanho e forma do alimento - em alimentos embalados, o tratamento escolhido e a sua intensidade serão função das características do alimento. Nomeadamente, se se trata de alimentos de pequeno volume, como alguns legumes ou pedaços de carne, o aquecimento é mais rápido do que para alimentos mais volumosos; o aquecimento também deverá ser lento em alimentos que se desagreguem facilmente; deverá ainda ser tido em conta o tipo de armazenamento do alimento na embalagem pois, por exemplo, alimentos como os espargos que se dispõem verticalmente sofrem uma distribuição calórica diferente da das folhas de espinafre que se dispõem horizontalmente. A consistência do conteúdo das embalagens é influenciada pela adição de molhos, os quais, em geral, retardam a penetração do calor. Efeito semelhante tem a adição de açúcar.

□ Rotação e agitação - no caso de alimentos embalados, tanto a rotação como a agitação do recipiente, durante o aquecimento, acelerarão a penetração do calor. Este efeito é mais importante em alimentos maiores ou dispostos em camadas (polpa de tomate, folhas de espinafre, etc.), sendo reduzido em alimentos de pequeno calibre (ervilhas, milho, etc.).

Após um tratamento pelo calor (qualquer que ele seja) recomenda-se um arrefecimento do alimento, o qual deverá ser rápido, já que um arrefecimento muito lento poderá causar uma sobrecoção do alimento e ainda o crescimento de microrganismos termófilos.

Para projectar o tratamento térmico a que é necessário submeter um alimento devem então conhecer-se: (1) o gráfico de TDT correspondente ao microrganismo mais termorresistente que se saiba existir no alimento e (2) os gráficos de penetração de calor e de arrefecimento (cujas leis físicas são semelhantes às existentes para a

penetração do calor). Na posse destes dados, o responsável poderá então utilizar um de entre vários métodos matemáticos para calcular o tipo de tratamento térmico. Sendo os fundamentos destes vários métodos muito semelhantes, optámos por explicar um de entre eles, o denominado método gráfico.

Para determinar o tempo **t** (em minutos) necessário para destruir um determinado número de células microbianas (ou esporos) num dado recipiente, por aquecimento à temperatura **T** (em graus Fahrenheit), sendo conhecidos os valores de **z** (temperatura, em graus Fahrenheit, necessária para reduzir dez vezes TDT) e de **F** (tempo, em minutos, necessário para destruir um microrganismo, num dado meio a 250 °F ≡ 121.1 °C), utiliza-se a equação

$$\log \frac{t}{F} = \frac{250 - T}{z}$$

A razão $\frac{t}{F}$ representa o tempo necessário para destruir um determinado microrganismo à temperatura **T**, quando **F** = 1. Para ilustrar o procedimento de cálculo pelo método gráfico, tomamos o exemplo do tratamento térmico de uma lata de milho contaminado por esporos microbianos. Num gráfico, análogo ao da Figura 13.4, representam-se as taxas de mortalidade a duas temperaturas diferentes, tomadas no centro do recipiente, tanto durante a fase de aquecimento como durante a de arrefecimento. O comprimento de um dos lados dos quadrados equivale a uma taxa de mortalidade de 0.01 e a um tempo de 10 minutos. Uma área sob a curva de mortalidade equivalente a dez quadrados equivale à unidade, ou seja à destruição total de todos os esporos. Se esta área for inferior a dez quadrados,

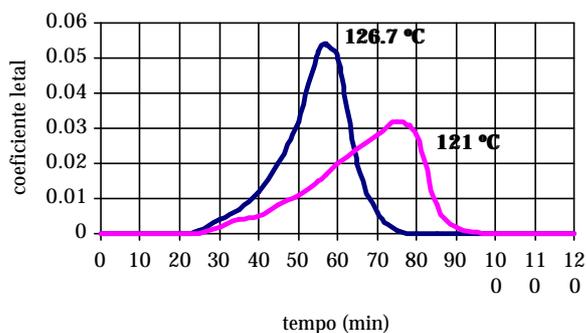


Figura 13.4 - Curvas de morte térmica de contaminantes microbianos a duas temperaturas diferentes.

o tratamento térmico foi insuficiente; se, pelo contrário, for superior, indica que o tratamento foi mais forte que o necessário. A partir da Figura 13.4 pode concluir-se que tanto uma temperatura de 121 °C aplicada durante 75 minutos como uma temperatura de 126.7 °C aplicada durante 57 minutos são suficientes para destruir todos os esporos presentes.

Tanto a temperatura que se deve utilizar como a duração do tratamento aplicado a um dado alimento, dependem do efeito que o calor exerce sobre o alimento em questão e da utilização ou não de processos complementares de conservação. Certos alimentos, como o leite e as ervilhas, são muito sensíveis ao calor pelo que os tratamentos térmicos a que são submetidos devem ser limitados. Na posição oposta temos alimentos como o milho, que podem facilmente suportar tratamentos intensos sem perderem as suas características organolépticas. Se, devido a estas limitações, o tratamento térmico não for suficiente para esterilizar totalmente o alimento, ele deverá ser posteriormente manipulado de modo a evitar possíveis alterações. Por exemplo, a pasteurização do leite não o esteriliza, deixando alguns microrganismos sobreviventes, os quais poderão vir a provocar alterações a menos que sejam inibidos através da conservação a baixas temperaturas.

Poderemos dividir os tratamentos térmicos que se aplicam aos alimentos em três tipos diferentes: pasteurização, aquecimento a cerca de 100 °C e aquecimento a mais de 100 °C.

A pasteurização é um tratamento térmico que destrói apenas parte dos microorganismos existentes nos alimentos, pela utilização de temperaturas inferiores a 100 °C. O aquecimento pode ser feito através do emprego de vapor, água quente, calor seco ou corrente eléctrica. Após pasteurizados, os alimentos devem ser imediatamente arrefecidos. A pasteurização é mais frequentemente utilizada quando: os tratamentos térmicos mais intensos provocam alterações nas qualidades organolépticas do alimento; apenas se pretende destruir os microrganismos patogénicos; os microrganismos capazes de provocar alterações possuem baixa termoresistência; se utilizam, em complemento, outros processos de conservação

(refrigeração, embalagem, adição de açúcar ou de conservantes químicos); ou é necessário destruir microrganismos que competem com aqueles que vão produzir fermentações desejáveis.

A pasteurização dos alimentos pode ser feita empregando duas estratégias alternativas, denominadas pelas siglas HTST (High Temperature - Short Time ≡ temperatura alta - tempo curto) e LTH (Low Temperature Heating ≡ aquecimento a baixa temperatura). No primeiro processo empregam-se temperaturas mais elevadas durante curtos períodos, enquanto no segundo utilizam-se temperaturas mais baixas durante períodos mais longos de tempo. A lista seguinte exemplifica algumas das utilizações destes dois tipos de pasteurização:

- Leite

 - 62.8 °C durante 30 min (LTH)

 - 71.7 °C durante 15 seg (HTST)

- Mistura para fabrico de gelados

 - 71.1 °C durante 30 min (LTH)

 - 82.2 °C durante 16 - 20 seg (HTST)

- Vinhos de uva

 - 82 - 85 °C durante 1 min

- “Vinhos” de frutas

 - 62.8 °C ou mais (são engarrafados quentes)

- Cerveja

 - 60 °C ou mais

- Sumo de maçã

 - 60 °C, se embalado

 - 85 - 87.8 °C durante 30 - 60 seg, não embalado

- Refrigerantes

 - 65.6 °C durante 30 min

O aquecimento a cerca de 100 °C é utilizado desde há muito tempo para a elaboração de conservas caseiras. Este tratamento é suficientemente eficaz para

destruir todos os microrganismos contaminantes dos alimentos, com excepção dos esporos bacterianos, sendo particularmente eficiente na conservação dos alimentos mais ácidos. Os métodos normalmente empregues para atingir estas temperaturas são a imersão do recipiente, que contém o alimento, em água fervente ou a sua exposição a vapor fluente. Como exemplos de aplicação deste tipo de tratamento podemos referir os seguintes:

- Branqueamento dos legumes frescos, antes da sua congelação ou secagem;
- Durante a cocção do pão e bolos, a temperatura no seu interior nunca alcança os 100 °C, muito abaixo daquela a que é exposto o exterior;
- Um processo semelhante de conservação dá-se durante a assadura ou a fritura de carnes, em que a temperatura do interior do alimento é sempre inferior a 100 °C.

O aquecimento a mais de 100 °C é feito com autoclaves ou com caldeiras de vapor sob pressão. Nestas últimas, a temperatura dos alimentos aumenta com o aumento da pressão do vapor. É deste modo (empregando altas pressões, a fim de obter rapidamente elevadas temperaturas) que se consegue a esterilização dos alimentos líquidos, antes de serem embalados. O leite, por exemplo, pode ser aquecido a mais de 150 °C, através da injeção de de vapor, a que se segue uma “evaporação instantânea” do vapor de água e um rápido arrefecimento, num aparelho idêntico ao da Figura 13.5. A este tipo de tratamentos dá-se o nome genérico de tratamentos a temperatura ultra-elevada, ou UHT (Ultra High Temperature).



Figura 13.5 - Modelo piloto para tratamento UHT do leite.

Capítulo 14

Conservação por Utilização de Baixas Temperaturas

A aplicação de temperaturas baixas aos alimentos tem por objectivos a diminuição da reactividade química e da actividade enzimática e ainda a inibição da multiplicação e da actividade dos microrganismos. Quanto mais baixa for a temperatura empregue, mais lentas serão as reacções químicas, a actividade enzimática e o crescimento microbiano.

Em geral, a congelação impede a multiplicação da maioria dos microrganismos contaminantes dos alimentos, enquanto que as temperaturas de refrigeração apenas diminuem a sua velocidade de multiplicação. Além destes dois tipos de conservação por utilização de temperaturas baixas, podemos ainda considerar um terceiro, o tradicional armazenamento em despensa.

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 °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 reacções químicas nem a actividade 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.

A conservação por refrigeração é levada a cabo a temperaturas um pouco superiores às de congelação e requer a utilização de gelo ou de meios mecânicos. A maioria dos alimentos mais degradáveis (ovos, lacticínios, 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, porém consegue-se um significativo retardamento.

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. Nos parágrafos seguintes, descreveremos mais pormenorizadamente cada um destes factores.

Quanto mais baixa for a temperatura empregue, melhor será o efeito de conservação, mas também será mais caro, pelo que se selecciona 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 percas de água nos alimentos de que resultam não só percas 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 Tabela 14.1 mostra alguns exemplos de como tanto a temperatura como a humidade relativa óptimas de conservação variam de alimento para alimento.

Alimento	T (°C)	Humidade relativa (%)
Alperces	-0.5 - 0	85 - 90
Pimentos	7.2	85 - 90
Couves	0	90 - 95
Limões	12.8 - 14.4	85 - 90
Melões	4.4 - 10	80 - 85
Nozes	0 - 2.2	65 - 70
Cebolas	0	70 - 75
Tomates (maduros)	4.4 - 10	85 - 90

Tabela 14.1 - Combinações temperatura de refrigeração/humidade relativa a manter nas câmaras de conservação de alguns alimentos.

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.

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 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 processos de conservação outros 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. Há 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 óptimas deste gás da ordem de 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 ultra-violeta, potencia os efeitos conservantes da refrigeração. A sua utilização nas câmaras frigoríficas permite o emprego de temperatura e humidade mais elevadas que o normal. A utilização de radiações ultra-violeta é já bastante disseminada nas câmaras frigoríficas de conservação de carne e de queijo.

Nos climas com temperaturas ambientes muito baixas, a congelação de alimentos ao ar livre é praticada desde há muitos séculos, com o objectivo 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 actividade 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 reactividades química ou enzimática, não se conseguindo no entanto (às temperaturas habitualmente utilizadas em congelação) anulá-las totalmente. Por essa 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 inactivar totalmente as enzimas) antes da sua congelação.

A velocidade de congelação dos alimentos depende de uma série de factores, 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 factores, teremos diferentes processos de congelação: congelação penetrante ou lenta, congelação rápida, ou congelação com desidratação.

Chama-se congelação penetrante ao método de conservação levado a cabo numa atmosfera na qual o ar circula apenas de forma natural ou, no máximo, é forçado por ventiladores. A temperatura pode variar entre $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo normalmente inferior a $-23.3\text{ }^{\circ}\text{C}$, podendo a congelação durar de 3 a 72 horas. Este método é também conhecido por congelação lenta, por oposição ao processo de congelação rápida no qual o alimento é congelado num período de cerca de 30 minutos. A congelação rápida pode ser levada a cabo segundo um de três processos: (1) imersão directa do alimento (embalado ou não) num refrigerante, (2) por contacto do alimento (ou embalagem) com uma tubagem pela qual circula um refrigerante (a uma temperatura entre $-17.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-45.6\text{ }^{\circ}\text{C}$), ou por injeção de ar frio (entre $-17.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-34.4\text{ }^{\circ}\text{C}$) 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 actividade enzimática é mais rápido.

É devido a estas vantagens que, ao serem descongelados, certos alimentos congelados pelo processo rápido 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.

Na congelção com desidratação procede-se a uma eliminação da água antes de se submeter o alimento à congelação. Este é um processo aplicado às frutas e aos legumes.

Refira-se, finalmente, um processo de congelação alternativo, praticamente só utilizado quando se pretende transportar alimentos por via marítima, que utiliza o azoto líquido para congelar o alimento a muito baixa temperatura (-196 °C), o qual é seguidamente embalado em caixas de cartão, as quais são depois introduzidas em grandes contentores fabricados com uma liga especial de alumínio capaz de conservar as baixas temperaturas durante longos períodos de tempo.

Os efeitos físicos da congelação têm grande influência no aspecto 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.

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 se criam novamente condições para o crescimento microbiano. O ideal será que o alimento seja consumido imediatamente após a descongelação de modo a impedir um grande desenvolvimento de microrganismos.

Em caso de avaria da aparelhagem ou outro incidente pode dar-se uma descongelação dos alimentos. Nesse caso nem todos os alimentos podem voltar a ser congelados. Se no caso das frutas não há problemas, já no caso das carnes estas só poderão voltar a ser congeladas se ainda estiverem parcialmente congeladas, pois, caso contrário, ao recongelar formar-se-iam grandes cristais de gelo que destruiriam os tecidos. Nestes casos o melhor será utilizar imediatamente esses alimentos, no caso de a temperatura não ser superior a 3.3 °C. Se se quiser conservá-los por mais algum tempo deverá proceder-se à sua secagem.

No campo da conservação de produtos por congelação, deve ainda referir-se uma metodologia de crescente importância na indústria alimentar: os alimentos pré-cozinhados congelados. O tratamento de pré-cozinhado destrói todos os microrganismos patogénicos do alimento cru e reduz extraordinariamente o número total de microrganismos existentes no mesmo. Uma vez pré-cozinhado, é importante que o alimento não seja contaminado, já que esses contaminantes praticamente não teriam microrganismos competidores, para além de que o alimento pré-cozinhado constitui um melhor meio de crescimento que o alimento cru. Nesse sentido, é fundamental que a refrigeração ou a congelação desses alimentos se faça imediatamente após a cocção. De um 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 que muita gente supõe, a cocção ou aquecimento finais, antes de consumidos, de tais alimentos não eliminaria totalmente os novos contaminantes.

A tabela 14.2 indica os prazos máximos de armazenamento de alimentos sob congelação, a $-17.8\text{ }^{\circ}\text{C}$, segundo a National Frozen Food Association dos E. U. A.

Alimento	Tempo de armazenamento
Bifes	12 meses
Galinhas e perús, inteiros	12 meses
Camarões frescos	12 meses
Pedaços de galinha e perú	9 meses
Tartes não cozinhadas	8 meses
Espargos, feijões, ervilhas	8 meses
Pedaços de galinha cozinhada	6 meses
Carne de vaca em pedaços	4 meses
Galinha frita	4 meses
Camarão cozinhado	3 meses
Carnes cozinhadas	3 meses
Pão	3 meses
Filetes de peixe	2 meses
Salsichas de porco	2 meses
Bacon	1 mês
Gelados, sorvetes	1 mês

Tabela 14.2 - Tempos máximos de armazenamento de alimentos congelados a $-17.8\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Capítulo 15

Conservação por Secagem

A conservação de alimentos por secagem pratica-se desde há séculos. Nalguns alimentos, como os grãos de cereais, que já são colhidos relativamente secos, uma pequena secagem ao sol 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. Na Tabela 15.1 dão-se exemplos dos teores de humidade de alguns alimentos antes e depois da aplicação dos processos de secagem.

Alimento	Humidade antes da secagem (%)	Humidade após secagem (%)
Leite completo	87	5.0
Leite desnatado	90	5.0
Ovos completos	74	2.9
Clara de ovo	88	7.3
Gema de ovo	51	1.1
Carne magra de vaca, assada	60	1.5
Frango assado	61	1.6
Batatas fervidas	80	4.0
Sumo de maçã	86	6.2

Tabela 15.1 - Teores de humidade de alguns alimentos antes e depois de serem submetidos a processos de conservação por secagem.

Qualquer processo que diminua a quantidade de água num alimento pode ser considerado um processo de secagem. Estes podem ir da simples exposição ao sol e ao

vento até ao emprego das mais modernas tecnologias, passando pela adição de solutos (sal, açúcar, etc.).

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

Na maioria dos métodos de secagem tecnológica, emprega-se uma corrente de ar quente com humidade controlada, que se faz incidir sobre o alimento. O mais



Figura 15.1 - Modelo à escala piloto de um forno de secagem de alimentos.

simples destes aparelhos é o chamado forno de secagem, no qual as correntes de ar que se formam naturalmente pela subida do ar quente, provocam a secagem dos alimentos, dispostos em tabuleiros, como se vê na Figura 15.1.

Os alimentos líquidos

(leite, sumos, sopas, etc.) podem ser evaporados em aparelhos que empregam temperaturas relativamente baixas e vácuo, semelhantes ao apresentado na Figura 15.2.

A liofilização, ou secagem por congelação sob vácuo, é aplicada a carnes, peixes e mariscos, frutas e legumes. O processo utilizado consiste na sublimação da água de um alimento congelado, por aplicação de vácuo e calor ao tabuleiro de secagem, como se exemplifica na Figura 15.3.



Figura 15.2 - Modelo à escala piloto de aparelhagem utilizada na secagem de alimentos líquidos.

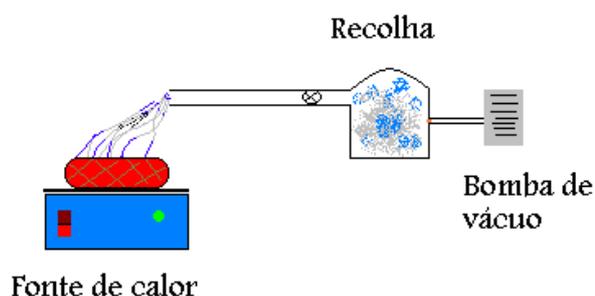


Figura 15.3 - Representação esquemática da liofilização de um alimento.

A fumagem é outro processo, de secagem de alimentos, amplamente utilizado. Neste processo é sobretudo a superfície do alimento que sofre perda de humidade, não havendo significativas alterações no seu interior. O tipo de madeira utilizada nos métodos clássicos tem influência no produto final já que transmite alguns dos seus aromas ao alimento. Este processo de secagem tem, no entanto, a desvantagem de poder também transmitir, ao alimento, alguns compostos, provenientes da madeira, suspeitos de toxicidade. Um dos métodos modernamente empregues para prevenir estes efeitos nocivos é a fumagem electrostática (Figura 15.4), 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

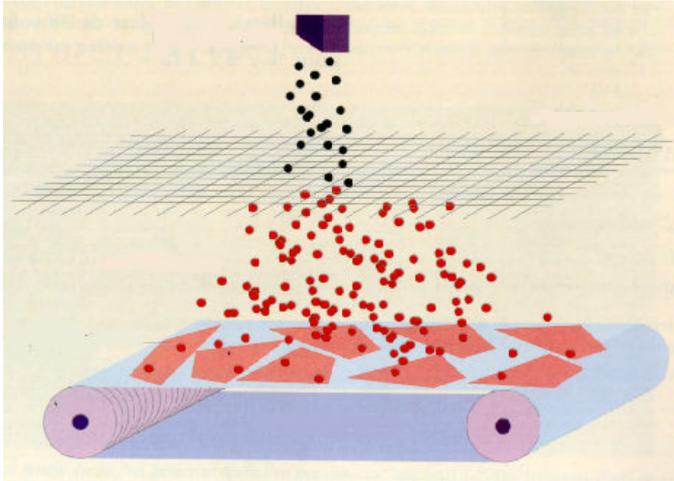


Figura 15.4 - Representação esquemática do método de secagem electrostática.

contaminar o alimento) por uma grelha de metal, electricamente carregada, a qual transmite uma carga eléctrica 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). Este método, para 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.

Os factores 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 também do alimento e do método e, para além disso, do teor em água do alimento;
- Ventilação e velocidade do ar;
- Tempo de secagem.

Uma má regulação destes factores poderá causar um endurecimento da superfície 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 aspecto desagradável, este endurecimento impedirá a continuação do processo de desidratação.

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

- ❖ selecção 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% e 1.5%) de frutas que serão secas ao 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 afugentar insectos 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 secos e frutos de noz (amêndoas, nozes, etc.).
- ❖ Embalagem - imediatamente após a secagem, com o fim de proteger os alimentos da humidade, da contaminação microbiana e dos insectos.
- ❖ Pasteurização - aplicação quase limitada aos frutos secos, destrói os microrganismos. O aquecimento é feito com os alimentos embalados e dura de 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%.

Capítulo 16

Conservação por Adição de Conservantes Químicos

Dá-se o nome de conservantes químicos àquelas substâncias que se adicionam com o propósito de evitar contaminações e alterações dos alimentos. Estes conservantes têm por objectivo reduzir, ou mesmo eliminar, a actividade microbiana e enzimática e ainda impedir as reacções químicas causadoras de alterações prejudiciais aos alimentos. Os factores 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 protectoras) do alimento.

Um conservante químico ideal deveria obedecer aos seguintes requisitos: actividade 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 inactivado pelo alimento ou substâncias nele existentes, não estimular o aparecimento de microrganismos resistentes e destruir os microrganismos. Este composto ideal ainda não foi descoberto, tendo todos os conservantes químicos presentemente utilizados alguma(s) característica(s) que lhes reduzem a eficácia.

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

- 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.
- Substâncias reconhecidas como inócuas - compreendem o ácido propiónico 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.
- 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 frutas. Os ácidos lático e acético são adicionados, entre outros, a salmouras e azeitonas verdes. 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 anti-microbiano, nomeadamente nas compotas, geleias, margarinas, bebidas carbogaseificadas, saladas e sumos de frutas, etc. Este composto tem baixa actividade 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 uma 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 directamente 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 envólucros dos queijos, com o fim de inibir o crescimento de bolores. O ácido acético actua como conservante da maionese, molho de tomate, enchidos, etc. Este composto é mais eficaz contra as bactérias e leveduras que contra os bolores, sendo particularmente efectivo 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 fonte de nitritos pelo que o seu uso vem diminuindo em favor destes últimos. Estes, por seu lado, têm como contra-indicação a sua capacidade de reagir com aminas secundárias e terciárias formando nitrosaminas (Figura 16.1),

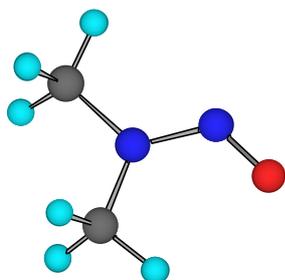


Figura 16.1 - Estrutura espacial de uma molécula de nitrosamina.

conhecidas pelas suas propriedades cancerígenas. O alimento no qual a sua actividade cancerígena parece ser maior é o bacon. Recentemente, foi evidenciada a capacidade inibidora destes compostos relativamente à bactéria *Clostridium*

botulinum no bacon e nos presuntos, pelo que a sua proibição ainda não foi decretada, aconselhando-se, no entanto, uma limitação da sua utilização.

O dióxido de enxofre é conhecido desde o antigo Egipto, em que era utilizado como desinfectante do equipamento em que se fazia e armazenava o vinho. Actualmente, em conjunto com vários sais de enxofre (sulfitos de sódio e de potássio, dissulfitos de sódio e de potássio, metabissulfitos de sódio e de potássio), é ainda

utilizado na indústria vinícola. Estes compostos produzem, em solução aquosa, ácido sulfuroso, o qual possui propriedades anti-microbianas. A eficácia deste ácido é maior a valores de pH baixos. O dióxido de enxofre é ainda utilizado na conservação de xaropes e sumos de frutas e, nalguns países, de peixe e de carnes. Os fumos da combustão do enxofre são utilizados no tratamento de frutas secas, para manutenção das suas cores.

Os óxidos de etileno e propileno são dois gases esterilizantes. O primeiro destrói todos os microrganismos, enquanto que 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.

Os açúcares e o sal são utilizados como conservantes químicos devido à sua capacidade de reduzir a_w e assim exercerem uma acção prejudicial sobre o crescimento microbiano. O cloreto de sódio pode ser directamente adicionado aos alimentos ou então ser utilizado em salmouras ou soluções conservantes. A sua eficiência é directamente proporcional à sua concentração e à temperatura. Açúcares como a glucose e a sacarose são utilizados, em elevadas concentrações, como conservantes no leite condensado açucarado, nas frutas em conserva e nos bombons, entre outros alimentos.

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 extractos 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 destilados contêm álcool em quantidade suficiente para garantir a eliminação de microrganismos.

A fumagem dos alimentos favorece a sua conservação ao impregnar a superfície destes com os conservantes químicos contidos no fumo da madeira, para

além dos efeitos mencionados no capítulo anterior. Os fumos utilizados na conservação de alimentos são obtidos, geralmente, a partir da queima de madeiras duras, como a noqueira. O fumo contém diversos compostos voláteis, com acção 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.

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 efectivos que as especiarias em pó. A canela e o cravinho, que contêm cinamaldeído e eugenol, respectivamente, são mais bactericidas que as restantes especiarias. Outros produtos que se utilizam como condimentos, casos do alho e da cebola, também possuem propriedades anti-microbianas, graças ao seu conteúdo em acroleína.

Alguns compostos à base de halogéneos (cloro, iodo, hipocloritos, etc.) são utilizados como desinfectantes 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. O peróxido de hidrogénio (*vulgo* água oxigenada) é empregue como conservante do leite para o fabrico de queijo, em complemento a uma pasteurização a baixa temperatura.

Nos alimentos crus, ricos em proteínas (carne e peixe), tem sido testada a utilização da maioria dos antibióticos conhecidos, com o fim de se conseguir prolongar a sua conservação a temperaturas de refrigeração. A aureomicina (clortetraciclina) foi aquele que demonstrou mais vantagens, sobretudo graças ao seu largo espectro de acção. Também a terramicina (oxitetraciclina) e a cloromicetina (cloranfenicol) têm evidenciado bons resultados. Todos estes antibióticos actuam por inibição da síntese de proteínas nas células dos microrganismos. No entanto, a utilização de antibióticos

como conservantes não é bem vista por muitos especialistas, dada a conhecida capacidade de adaptação de novas estirpes de microrganismos a estes compostos. Assim, uma utilização intensiva de antibióticos poderia levar ao desenvolvimento de espécies contaminantes de elevada resistência, para além de que a sua ingestão pelos consumidores poderá provocar sensibilização ao antibiótico e modificações na flora intestinal. É por isso que, quando empregues, as suas concentrações são muito baixas, em comparação com aquelas que são usadas na terapêutica humana. Por exemplo, nos E. U. A., a concentração máxima permitida dos antibióticos clortetraciclina e de oxitetraciclina, no tratamento de peixe fresco, é de apenas 5 ppm.

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.

Conservação por Irradiação

Um dos novos campos de investigação no que respeita à conservação de alimentos ocupa-se do emprego de radiações de diversas frequências, que vão desde a corrente eléctrica até aos raios gama, com especial realce para a radiação ultra-violeta, as radiações ionizantes e o aquecimento através de micro-ondas.

Podemos dividir o espectro de radiações em três zonas (Figura 17.1): a zona correspondente à luz visível, ao centro, à sua esquerda uma zona de mais alta frequência, que engloba o ultra-violeta, os raios X e os raios γ e, do lado direito, as radiações de menor frequência, onde se encontram as radiações infra-vermelhas, as microndas e as ondas de rádio. O efeito das radiações de baixa energia (ou elevado comprimento de onda) na conservação de alimentos está ligado à perturbação térmica que transmitem quer ao alimento quer aos microrganismos contaminantes. Por outro lado, as radiações de menor comprimento de onda, com a sua elevada energia quântica destroem compostos orgânicos e microrganismos sem aquecerem os alimentos, de onde o termo esterilização fria, aplicado a estas técnicas.

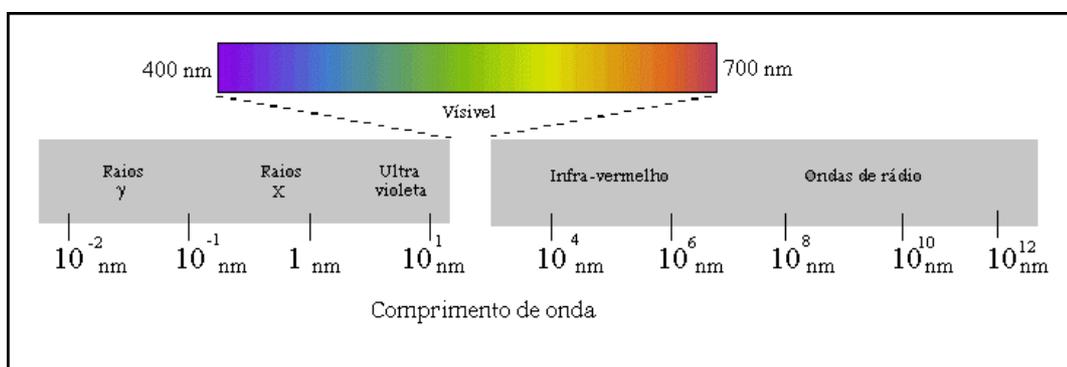


Figura 17.1 - Espectro electromagnético.

De todos estes tipos de radiação, a mais utilizada em conservação de alimentos é a radiação ultra-violeta, sobretudo aquela de comprimento de onda próximo dos

260 nm, a qual é absorvida pelas purinas e pirimidinas, componentes das células, provocando a destruição dos microrganismos. A radiação ultra-violeta de mais elevada energia (cerca de 200 nm) é absorvida pelo oxigénio, originando a formação de ozono ($O_2 \xrightarrow{h\nu} O_3$) em lugar de afectar os microrganismos. Habitualmente, as fontes de radiação ultra-violeta utilizadas na indústria alimentar são lâmpadas de quartzo com vapor de mercúrio ou lâmpadas de mercúrio a baixa pressão, emitindo radiação de 254 nm. Alguns dos modelos mais antigos tinham a desvantagem de emitir ozono, o qual pode ser tóxico para o homem, tendo este aspecto vindo a ser corrigido nos modelos mais recentes. A eficácia da radiação ultra-violeta na conservação de alimentos depende de três factores principais:

- Tempo de exposição - quanto maior for o tempo de exposição do alimento, maior será a eficácia do tratamento.
- Intensidade - apenas a radiação directa 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 trajecto óptico 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 ultra-violeta, ao interceptá-los. Os objectos opacos são-lhe totalmente impermeáveis. Daí que este tipo de radiação apenas afecte a superfície dos alimentos, não tendo capacidade de penetrar no seu interior.

Os microrganismos têm resistências diferentes às radiações ultra-violeta, 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 à indústria alimentar incluem o tratamento da água usada na produção de bebidas, a 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 dos queijos e carnes frias durante o seu armazenamento, entre outros.

As radiações de mais elevada 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 γ , os raios catódicos, os raios β , os prótons, os neutrões e as partículas α . Os três últimos tipos de radiação não são utilizados na conservação de alimentos dado que os neutrões deixam radioactividade residual nos alimentos e os prótons e as partículas α são pouco penetrantes.

Os raios X são ondas electromagnéticas penetrantes que se originam no interior de um tubo de vácuo, através do bombardeamento de um eléctrodo de um metal pesado com raios catódicos. Este tipo de radiação é muito penetrante, porém a sua eficácia é baixa e, dado o seu elevado custo, também a sua utilização.

Os raios γ são emitidos por produtos secundários resultantes da fissão atómica. Os núcleos mais utilizados para a sua produção são os dos isótopos ^{60}Co (cobalto 60) e ^{136}Cs (césio 136), parecendo os de cobalto ser os mais eficazes, embora os de césio tenham a vantagem de ser menos caros, dado que sofrem um menor desgaste ao longo do tempo. A radiação γ é muito penetrante, sendo eficaz até uma profundidade média de 20 cm. A sua eficácia de aproveitamento varia entre os 10 e os 25%, dependendo do alimento.

Os raios β são fluxos de electrões (partículas β) emitidas por material radioactivo, cujo poder de penetração varia com a carga e velocidade de emissão.

Os raios catódicos são, também, fluxos de partículas β , 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 direccionada, a sua eficácia é maior que a dos raios γ , os quais são emitidos em todas as direcções e não apenas na direcção do alimento. Calcula-se que o seu aproveitamento varia entre 40 a

80%, consoante o alimento a tratar. Os raios catódicos têm ainda, sobre os raios γ , a vantagem de uma maior segurança de utilização, devido à possibilidade de as suas fontes se poderem desligar e serem direccionáveis e pouco penetrantes, para além de não serem de origem radioactiva.

A eficácia anti-microbiana dos vários tipos de radiação depende dos seguintes factores comuns:

- Tipo e espécie de microrganismo - 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 acção protectora dos microrganismos contra as radiações. Pelo contrário, substâncias capazes de reagir com os grupos SH 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.
- Factores 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 acção anti-microbiana 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 reacções secundárias, a destruição das substâncias anti-oxidantes nas gorduras e consequente 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 efectuada 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 10 kGy (1 Gray = 11 joule/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 irradiação de alimentos, com vista ao prolongamento da sua conservação, está hoje em dia aprovada em mais de quarenta países, sendo mesmo vulgar encontrar produtos irradiados à venda em países como a França, Países Baixos, África do Sul e Tailândia. A Organização Mundial de Saúde considerou, em 1980, que doses até 7 kGy não representam qualquer perigo para o consumo humano, não se tendo, no entanto, verificado quaisquer efeitos prejudiciais à saúde humana quando se utilizam doses da ordem de 60 kGy para tratar alguns alimentos. Na Tabela 17.1 são indicadas algumas das aplicações de diversos tipos de radiação, na indústria alimentar, regulamentadas por organismos oficiais.

Um aspecto particular do tratamento de alimentos por radiações electromagnéticas é a utilização de micro-ondas, situadas entre o infra-vermelho e as ondas de rádio, em termos de energia. O que torna o seu uso um caso particular é o facto de a sua acção não ser directa, mas sim indirecta, por via do calor originado pela oscilação e fricção intermolecular das moléculas que atravessam. É este calor que tem uma acção destruidora de microrganismos, ou seja conservadora. Tem como desvantagem principal, o facto de o aquecimento que provocam não ser uniforme, o que diminui a eficácia contra os microrganismos contaminantes. A sua aplicação industrial está limitada à pasteurização de alguns produtos de padaria e massas alimentares (“pasta”) e, no Japão, à pasteurização de alimentos de elevada acidez.

Alimento	Dose de radiação (KGy)	Resultado
Carne, aves, peixe, marisco, alguns vegetais, alimentos cozinhados no forno, alimentos preparados	20 - 70	<i>Esterilização. Alimentos assim tratados podem ser armazenados à temperatura ambiente. Inócuos e usados para doentes que requerem dietas microbiologicamente estéreis</i>
Especiarias e outros condimentos	8 - 30	<i>Reduz o nº de microrganismos e insectos. Substitui agentes químicos</i>
Carne, aves, peixe	1 - 10	<i>Diminui o nº de microrganismos. Alimentos para armazenar em refrigeração</i>
Morangos e algumas outras frutas	1 - 4	<i>Retarda crescimento de bolores</i>
Grãos, frutas, legumes	0.1 - 1	<i>Mata insectos ou impede a sua reprodução. Substitui os fumigantes</i>
Frutas tropicais (não cítricas)	0.25 - 0.35	<i>Retarda a maturação</i>
Batatas, cebolas, alhos	0.05 - 0.15	<i>Impede queimaduras</i>

Tabela 17.1 - Aplicações regulamentadas de radiações para a conservação de alimentos.

Conservação dos Principais Tipos de Alimentos

Neste capítulo pretende dar-se uma ideia de quais são os processos de conservação mais adequados a cada um dos grandes grupos de alimentos, habitualmente incluídos na dieta humana: cereais e seus derivados, açúcares e produtos ricos em açúcar, frutas e legumes, carnes e seus derivados, ovos, leite e laticínios, peixe e marisco.

Conservação de cereais e seus derivados

A superfície exterior dos grãos de cereais conserva, após a colheita, alguns dos microrganismos adquiridos durante o seu desenvolvimento, para além dos contaminantes provenientes do solo, da água, etc. A limpeza e lavagem dos grãos (**assepsia**) eliminam parte desses microrganismos, mas não a totalidade.

Dado que os cereais e a maioria dos seus derivados possuem uma a_w muito baixa, a sua simples armazenagem em locais secos e a temperaturas de cerca de 5 °C é suficiente para os conservar ao abrigo de alterações. No entanto, alimentos como o pão, os bolos, as empadas e as massas contêm suficiente humidade para obrigar a maiores cuidados com a sua conservação.

A cozedura dos produtos de padaria (**temperaturas elevadas**) destrói todos os microrganismos à excepção dos esporos bacterianos. A sua refrigeração ou mesmo congelação (**baixas temperaturas**) permite prolongar o tempo de conservação.

No caso de cereais que possuam um mais elevado grau de humidade, a sua longevidade pode ser prolongada pela adição de **conservantes químicos**, como o amoníaco (a 2%) e o ácido propiónico (a 1%). Também aos produtos de padaria se podem adicionar conservantes químicos, para inibir os bolores. Os propionatos de

sódio e de cálcio, o diacetato de sódio e os sorbatos são os aditivos mais utilizados para este fim. O ácido acético é adicionado para impedir a formação de viscosidade nestes produtos.

A radiação ultra-violeta é frequentemente utilizada nas padarias para destruir os esporos dos bolores, quer na massa quer nos utensílios.

Conservação de açúcares e produtos ricos em açúcar

Do mesmo modo que nos grãos de cereais, a a_w dos açúcares é muito baixa, limitando o crescimento microbiano. As condições para o seu armazenamento devem impedir a absorção de humidade e os contactos com insectos e poeiras. A cana de açúcar pode ser armazenada em câmaras com **atmosfera controlada** (6% de dióxido de carbono e 5% de oxigénio).

Durante o fabrico do açúcar, o número de microrganismos, que pode ter aumentado durante a fase de extracção a partir da cana de açúcar, é reduzido pelos tratamentos de clarificação, evaporação, cristalização, centrifugação e filtração. Durante a refinação, a adição de **conservantes químicos** reduz o número de microrganismos. O açúcar utilizado na produção de bebidas ou de conservas é tratado com **radiação** ultra-violeta, ou por aplicação de **calor** e peróxido de hidrogénio (**conservante químico**).

Os xaropes são geralmente submetidos a um tratamento a **temperaturas elevadas**, para destruição de microrganismos e posteriormente submetidos a **refrigeração**, de modo a inibir ou retardar modificações químicas e crescimento microbiano. A embalagem deste tipo de alimentos em recipientes sem oxigénio (anaerobiose) evita o aparecimento de bolores.

O mel comercial é **pasteurizado** a temperaturas entre 71 e 77 °C, durante cerca de cinco minutos e imediatamente arrefecido a temperaturas entre 32 e 38 °C.

Conservação de frutas e legumes

As frutas e legumes frescos sofrem alterações nos períodos de armazenamento e transporte, que precedem os seus tratamentos de conservação. Daí que deva ter-se em grande atenção os cuidados de **assepsia** (lavagem com água clorada, por exemplo) e, se possível, armazená-los e transportá-los sob condições de **refrigeração**.

Os legumes que vão ser **desidratados**, **congelados**, ou **embalados**, são primeiramente **escaldados** para inactivar as suas enzimas e, simultaneamente, reduzir o número de microrganismos.

A **secagem** de legumes por aquecimento é, hoje em dia, muito utilizada, sobretudo em sopas. Esta é também a forma preferencial de conservação das especiarias e condimentos. Os legumes secos são muitas vezes tratados com dióxido de enxofre para garantir a conservação da sua cor e, simultaneamente, diminuir a contaminação microbiana.

O único **conservante químico** tradicionalmente adicionado aos legumes é o cloreto de sódio. É utilizado na conservação de legumes de elevado teor proteico, como as ervilhas, favas, couve-flor e cebolas, em concentrações que variam entre 18 a 26%. As concentrações mais baixas permitem que as bactérias efectuem uma fermentação ácida; o seu aumento provoca uma diminuição da produção de ácido até se atingirem valores em que nem o crescimento de microrganismos nem a produção de ácido têm lugar.

A **irradiação**, com raios γ , tem sido utilizada para impedir a formação de grelos nas batatas e a germinação das cebolas e dos alhos.

Ao contrário dos legumes, as frutas só raramente são escaldadas antes de submetidas a outros tratamentos de conservação, pois isso iria danificá-las. O tratamento pelo **calor** também não é muito frequente, excepto para as conservas contidas em recipientes. Nestes casos o aquecimento é feito a cerca de 100 °C, ou menos no caso das frutas mais ácidas.

Os processos mais comuns de conservação de frutas são a **refrigeração** e a **congelação**. Para favorecer a sua conservação a baixas temperaturas, as frutas são

tratadas com **conservantes químicos** antes ou durante o armazenamento. Os mais recomendados para este efeito são os hipocloritos, o bicarbonato de sódio, o tetraborato de sódio, os propionatos, o bifenilo, os *o*-fenilfenóis, o dióxido de enxofre, a tiureia, o tiabendazol e o dibromotetracloroetano. Outro procedimento complementar da refrigeração é a utilização de envólucros tratados com produtos químicos: uvas em papel tratado com sulfitos, uvas e tomates em papel iodado e laranjas em papel tratado com tetraborato de sódio.

Um outro complemento da refrigeração é a utilização de atmosfera controlada, por adição de dióxido de carbono ou remoção de oxigênio, ou por substituição total do ar por um gás como o azoto. O armazenamento em câmaras frigoríficas com atmosfera enriquecida em dióxido de carbono é utilizado para prolongar a conservação de maçãs, pêras, citrinos, ameixas, pêssegos, uvas e outras frutas. O enriquecimento em ozono dá bons resultados na conservação de frutos pequenos (morangos, framboesas, uvas, etc.) embalados. Já a adição de etileno não tem efeito conservante, servindo apenas para acelerar o amadurecimento e conferir a coloração desejada para comercialização das frutas.

Antes de se proceder à sua congelação, a fruta deve ser arrefecida de modo a que a congelação seja rápida. Também rápida deve ser a descongelação.

Outros processos de conservação das frutas são a **secagem** e a adição de **conservantes químicos**, entre os quais se contam os hipocloritos, o bifenilo, o dióxido de enxofre e o benzoato de sódio.

Conservação de carnes e seus derivados

A conservação da carne é mais difícil que a da maioria dos alimentos, pois ela constitui um excelente meio de crescimento de microrganismos. A manutenção das carnes livres de contaminação (**assepsia**) durante as operações de abate e manipulação, permite uma mais eficaz conservação por qualquer dos processos abaixo referidos.

As carnes embaladas são submetidas a um tratamento a **temperaturas elevadas**, o qual pode ser de dois tipos: (1) tratamento intenso para esterilizar ou (2) tratamento menos intenso, que apenas elimina parte da flora microbiana, sendo de seguida necessário proceder à refrigeração. Durante alguns tratamentos térmicos adicionam-se **conservantes químicos** (especiarias, sal, nitritos, etc.) com vista a aumentar a eficácia da conservação.

Os principais processos de conservação de produtos cárneos são aqueles que utilizam **baixas temperaturas**: a refrigeração e a congelação, sobretudo a primeira. A **refrigeração** deve ser feita a temperaturas entre -1.4 e 2.2 °C, sendo tanto mais eficaz quanto mais baixa for a temperatura. Para carne de bovino, o prazo máximo de conservação, sob refrigeração, é de trinta dias, em condições ideais de assepsia do alimento e de temperatura e humidade da câmara de refrigeração. Já para carnes de porco e de carneiro esse prazo não deverá exceder as duas semanas. A refrigeração é ainda o processo recomendado para conservação de derivados de carne como as salsichas e os enchidos não curados. A duração da conservação sob refrigeração pode ser prolongada em câmaras frigoríficas com **atmosfera controlada** (adição de dióxido de carbono ou de ozono). No entanto, a adição de dióxido de carbono deve ser feita cuidadosamente pois acelera a formação de metahemoglobina e conseqüente perda de cor da carne.

A carne de venda corrente não é, normalmente, **congelada**. De facto, este processo apenas se utiliza para conservar carnes que serão transportadas a grandes distâncias ou que só serão utilizadas a longo prazo. As peças de carne de maiores dimensões deverão ser lentamente congeladas, ao contrário das mais pequenas que devem ser rapidamente congeladas, mas sempre contidas em qualquer espécie de embalagem. As temperaturas correntemente utilizadas em congelação variam entre os -12 °C e os -29 °C, sendo o processo tanto mais eficaz quanto mais próximo se estiver do limite inferior de temperaturas. Nem toda a flora microbiana é destruída durante o armazenamento da carne congelada, pelo que se a descongelação não for

suficientemente rápida os microrganismos sobreviventes retomarão o seu crescimento e subsequente alteração do alimento.

A utilização de **radiação** ultra-violeta como complemento da refrigeração tem dado bons resultados no armazenamento de peças de carne de grandes dimensões. Este tipo de radiação é também usado na aceleração da maturação das carnes, o que resulta na obtenção de uma carne mais tenra. Em condições tradicionais (temperatura entre 2 e 3 °C, humidade relativa entre 80 e 90%, ventilação entre 8 e 25 cm³/min), a maturação da carne demora várias semanas, enquanto que com exposição à radiação ultra-violeta, 18 °C de temperatura e 85 a 90% de humidade relativa, esse prazo é reduzido a dois ou três dias. As desvantagens da utilização de radiações ultra-violeta são a existência de reacções de oxidação e de hidrólise das gorduras, embora em pequena extensão.

A maioria dos enchidos são conservados por processos de **secagem**, método que pode ser também aplicado para a conservação de peças de carne previamente cozinhadas. A secagem pode ser feita por fumagem, por calor, ou outros processos. A **liofilização**, que é um dos processos de secagem, é crescentemente utilizada para conservar produtos elaborados, como sejam as empadas de carne, almôndegas, produtos estufados, etc. Já na conservação de carne fresca não parece ter particular eficácia.

O **curado** de carnes está restringido às de vaca e de porco, tanto picadas como em peças inteiras (presunto, costeletas, lombo, etc.). Na cura, além do sal adicionam-se outros **conservantes químicos**, sendo ainda as carnes refrigeradas ou fumadas. Os produtos autorizados na cura de carnes são, além do cloreto de sódio, o açúcar, o nitrato de sódio, o nitrito de sódio e o ácido acético. O cloreto de sódio, empregue em concentrações de cerca de 15%, serve simultaneamente de agente conservante (diminui a_w) e de condimento; o açúcar (sacarose é o mais utilizado) transmite sabor ao alimento e ainda serve de fonte de energia para as bactérias que vão reduzir os nitratos adicionados à salmoura; o nitrato de sódio é um fixador indirecto da cor, servindo sobretudo de fonte de nitritos, que são os verdadeiros fixadores da cor. O efeito

conservante é devido, em maioria, ao sal e à acção bacteriostática do nitrato de sódio e, posteriormente, à refrigeração ou fumagem a que se submetem muitos dos produtos curados. Durante a cura de alguns enchidos (“cervelas”, mortadela do Líbano, salame, etc.), dá-se uma fermentação ácida, com formação de ácido láctico, o qual tem um duplo efeito de auxiliar da conservação e de transmissão de um sabor agradável ao alimento.

A maioria dos processos de conservação acima descritos são também extensivos às carnes de aves, embora existam certas especificidades que passamos a descrever.

O processo empregue para depenar as aves tem influência na qualidade da conservação da sua carne. As carnes das aves depenadas a seco são mais resistentes a alterações que aquelas de aves depenadas com ajuda de água a ferver, embora neste caso se preserve melhor a pele do animal. A maioria das aves é depenada pelo processo de semi-escaldão, no qual são mergulhadas em água a cerca de 55 °C durante dois minutos. Como alternativa à água quente pode empregar-se vapor quente, o qual tem uma mais forte acção anti-microbiana.

Pode evitar-se a contaminação das aves se estas não forem evisceradas antes da sua venda, nem se empregar ganchos para as suspender e se lavar e desinfectar bem todo o material que com elas entre em contacto (**assepsia**).

A **refrigeração** das carnes de aves de aviário só permite a sua conservação durante menos de um mês; para períodos mais longos deve recorrer-se à **congelação**, pelo processo rápido, imediatamente após a sua preparação, que consiste, normalmente, na sua embalagem num recipiente estanque ao ar e à água. Para evitar a perda de humidade superficial, o armazenamento deve ser feito a menos de -18 °C e a mais de 95% de humidade relativa.

Entre os **conservantes químicos** utilizados na conservação de carne de aves, destacam-se os antibióticos, as soluções de ácidos acético, adípico e succínico e ainda uma solução que contém sal, açúcar e nitrato de sódio (**cura**).

Conservação de ovos

Os microrganismos que provocam alterações nos ovos provêm da sua casca e não do interior, já que aquela constitui uma barreira à penetração de contaminantes. No entanto, o interior dos ovos constitui um dos alimentos mais susceptíveis de alteração se não se tomarem os devidos cuidados. Dada a natureza porosa da casca, o armazenamento dos ovos deve ser feito em ambientes de baixa humidade, para evitar que esta atravesse a casca. Também as alterações bruscas de temperatura podem provocar um efeito de “aspiração” dos microrganismos presentes no exterior, através dos poros da casca e membrana protectora. Para além da casca e da membrana, também a clara do ovo (albumina) é um meio impróprio para o crescimento microbiano.

Do que atrás ficou dito, pode facilmente deduzir-se que o primeiro cuidado a ter na manipulação dos ovos é evitar todo o contacto da sua superfície externa com sujidades (**assepsia**). Quando há necessidade de quebrar a casca, para secar ou congelar os ovos, devem descartar-se todos aqueles em que se verificou haver contaminação microbiana.

O facto de que a clara dos ovos coagula por efeito do calor limita o emprego de tratamentos térmicos na sua conservação. No entanto, se se controlar a temperatura empregue e a duração do tratamento é possível obter bons resultados de conservação a **temperaturas elevadas**. Por exemplo, considera-se que não produzem alterações organolépticas aquecimentos de cerca de 54 °C, durante trinta minutos, aplicados em ovos inteiros imersos em água quente e de 61 °C, durante o mesmo tempo, para o seu conteúdo.

Também na conservação dos ovos, os métodos mais eficazes são aqueles que fazem utilização de **baixas temperaturas**. A refrigeração é usada para armazenar os ovos inteiros, enquanto que para o seu conteúdo é preferível recorrer à congelação. A **refrigeração** deve ser o mais rápida possível e o armazenamento poderá durar até seis meses se for feito a uma temperatura de cerca de -1 °C e a uma humidade relativa de entre 70 e 80%. A câmara de refrigeração deverá ainda ser dotada de ventilação, de

modo a distribuir uniformemente a humidade. Um processo complementar da refrigeração é a impregnação das cascas dos ovos com um óleo mineral especial, que vai ajudar a impermeabilizar o seu interior. Antes de **congelados**, os ovos devem ser lavados com água clorada e só depois a sua casca deve ser quebrada através de equipamento próprio para o efeito. As pastas de ovo, assim obtidas, podem conter todo o interior do ovo ou apenas a gema, que foi entretanto separada da clara. Em qualquer dos casos, essa pasta deve ser filtrada para eliminar restos de casca e do material filamentosos que aparece como uma protuberância da gema. Só de seguida são embalados e rapidamente congelados. No caso das gemas separadas é necessário adicionar-lhes cerca de 5% de açúcar, sal ou glicerol, para impedir que, ao descongelar, permaneçam solidificadas. As temperaturas recomendadas para a congelação variam entre -17 °C e -25 °C e a descongelação deve sempre ser rápida e nunca efectuada a temperaturas superiores a 2 °C.

A pasta de ovo também pode ser conservada por **secagem**, sendo a sua preparação prévia semelhante àquela indicada para a congelação, excepto por um pormenor: a necessidade de eliminar a glucose, a qual impediria uma posterior liquefação da pasta seca. O conteúdo dos ovos pode ser desidratado por aplicação de calor ou de circulação de ar ou ainda por liofilização. Os ovos desidratados são a única forma deste produto que pode ostentar o rótulo “isento de salmonelas”.

A adição de **conservantes químicos** pode ser feita directamente sobre as cascas dos ovos, na atmosfera circundante, ou nas embalagens que os contêm. As suas principais funções são a manutenção do equilíbrio da humidade e a redução das trocas gasosas entre o exterior e o interior dos ovos. Entre os produtos empregues contam-se o sal, os benzoatos e o silicato de sódio.

A adição de dióxido de carbono e de ozono (**atmosfera controlada**) às câmaras de armazenamento de ovos aumenta o seu período de conservação, sobretudo quando se utilizam baixas temperaturas.

Consevação de leite e lacticínios

A maioria dos produtos lácteos (manteiga, queijo, leites fermentados) foram idealizados como meio de melhorar a qualidade de conservação do leite e da nata, os quais são alimentos facilmente alteráveis. Dada essa facilidade de alteração é essencial a manutenção da maior **assepsia** possível durante todas as etapas da sua manipulação, desde a ordenha até à embalagem final, passando pelas operações de transporte, transformação e conservação.

A **pasteurização** é um tratamento essencial para garantir a conservação e uma qualidade mínima de consumo de produtos derivados do leite e da nata. Os seus objectivos são: destruir todos os microrganismos patogénicos, destruir os microrganismos que possam competir com aqueles que intervêm nas fermentações e melhorar a qualidade da conservação do alimento. Hoje em dia, o processo de pasteurização mais comum é aquele conhecido por HTST (High Temperature Short Time) em que o alimento é aquecido a 72 °C durante quinze segundos, embora existam produtores que sobem a temperatura até aos 79 °C e a duração do tratamento até aos vinte e cinco segundos, como forma de conseguir uma maior redução da carga microbiana do leite ou derivados. Na Europa, tem-se dado preferência a tratamentos térmicos mais intensos que o HTST, designados pela sigla UHT (Ultra High Temperature), nos quais se empregam temperaturas mínimas de 130 °C, num sistema de fluxo contínuo, durante períodos de tempo muito curtos, mas nunca inferiores a um segundo. A desvantagem que poderá advir dos processos UHT é uma alteração do valor nutritivo e das características organolépticas dos produtos. Após a pasteurização, os lacticínios devem ser imediatamente arrefecidos a 7 °C ou menos, de modo a impedir uma recontaminação.

O leite condensado açucarado é também tratado por um processo de pasteurização, tendo a particularidade de sofrer uma evaporação a temperaturas entre 49 e 57 °C, após um prévio aquecimento a uma temperatura compreendida entre 71 e 100 °C, durante dez a trinta minutos. Este tipo de tratamento destrói não só todos os

microrganismos patogénicos como também todos aqueles capazes de alterar o produto final enlatado.

À excepção do leite enlatado e do leite em pó, a maioria dos lacticínios necessita de armazenagem a **baixas temperaturas**, como complemento de processos de conservação de que já tenham sido alvo. Este é normalmente o factor predominante na melhoria da sua conservação. A **refrigeração** é também recomendada em todas as fases de transporte e tratamento do leite, desde a ordenha até à sua venda e consumo doméstico. Também os leites fermentados e os queijos devem armazenar-se sob refrigeração até que cheguem ao consumidor. As sobremesas feitas à base de leite, a manteiga, a nata e o leite liofilizado podem conservar-se a temperaturas de **congelamento** (cerca de $-17\text{ }^{\circ}\text{C}$) durante várias semanas, sem sofrerem qualquer alteração. Já o leite completo (não desnatado) pasteurizado requer temperaturas de congelamento mais baixas (cerca de $-28\text{ }^{\circ}\text{C}$) para se poder transportar e armazenar.

Apenas os lacticínios obtidos por **secagem** perdem suficiente quantidade de água para evitar a multiplicação microbiana. O leite evaporado perde cerca de 60% do conteúdo em água, provocando um aumento da concentração do açúcar, o que resulta num efeito bacteriostático. O leite condensado é ainda mais concentrado em açúcar que o leite evaporado e, logo, um meio ainda mais impróprio para o crescimento de microrganismos. O leite condensado açucarado é obtido por prévia adição de açúcar ao leite completo, o que aumenta ainda mais o seu teor em açúcar após desidratação. Dado que qualquer destes produtos é embalado sob vácuo em recipientes herméticos, a sua conservabilidade é extremamente longa. Outros produtos conservados por secagem são o leite desnatado, o soro de leite, o soro de manteiga e as misturas para o fabrico de gelados.

A adição de **conservantes químicos** a lacticínios está restrita ao tratamento do requeijão, dos iogurtes e de alguns queijos de pasta dura. As substâncias empregues como aditivos são o ácido sórbico, o ácido propiónico e alguns sais destes dois ácidos. Os conservantes químicos têm como principal objectivo impedir a multiplicação microbiana nas superfícies expostas destes alimentos.

Conservação de peixe e mariscos

De entre os alimentos proteicos, o peixe é o mais sensível à autólise, oxidação e hidrólise das gorduras e ainda à alteração microbiana. Daí que os métodos de conservação que se lhe aplicam devam ser rápidos e, normalmente, mais intensos que aqueles utilizados para as carnes. Imediatamente após a sua captura, os peixes devem ser eviscerados, de modo a impedir a acção das enzimas digestivas e seguidamente refrigerados. O peixe de viveiro não tem o inconveniente do tempo de transporte desde o mar, no entanto, dada a sua alimentação ser feita à base de rações, sofre decomposição mais rapidamente que o que se encontra em liberdade.

Os tratamentos térmicos são pouco aplicados aos peixes e mariscos, restringindo-se a alguns produtos (carne de caranguejo, ostras, etc.) que se comercializam embalados, e são em geral mais intensos que aqueles aplicados às carnes, correspondendo, no essencial, a tratamentos de **pasteurização**.

A **refrigeração** é empregue durante o transporte e quando apenas se pretende conservar os alimentos marinhos durante curtos períodos, antes de serem vendidos e consumidos. Quando se pretende conservar este tipo de alimentos durante períodos mais longos recorre-se mais frequentemente à sua **congelação**, a qual deve ser feita pelo método rápido. Durante o armazenamento sob congelação continuam a verificar-se reacções de hidrólise e de oxidação das gorduras do peixe, sendo mais rápidas nos peixes gordos. Para além do peixe, outros alimentos marinhos que se conservam por congelação são os camarões, as vieiras, as ostras, a lagosta, as amêijoas e a carne cozida de caranguejo e de lagosta, a maioria dos quais previamente embalados. A descongelação do peixe e dos mariscos deve ser rápida e nunca efectuada a temperaturas superiores a 3 °C.

Actualmente, a **secagem** de peixe está quase restrita ao bacalhau, no qual se aplica uma combinação de secagem ao ar com a adição de uma salmoura.

A adição de **conservantes químicos**, embora tenha alguma eficácia no aumento do tempo de conservação do peixe, está sujeita a grandes restrições legais,

sendo os mais utilizados os nitritos, o ácido sórbico e o ácido bórico. Também alguns antibióticos foram autorizados, como complemento da refrigeração, tendo os melhores resultados sido obtidos com a clortetraciclina e a oxitetraciclina. Para impedir a oxidação das gorduras dos peixes mais gordos, estes podem ser tratados com antioxidantes, como sejam o ácido ascórbico e o galato de etilo.

5ª Parte

Embalagem de Alimentos

A progressiva centralização da produção industrial, tal como o desenvolvimento dos sistemas de distribuição tornaram necessária uma maior protecção dos produtos alimentares. A embalagem, para além das funções de protecção passiva (constitui uma barreira a todos os tipos de contaminação e choques físicos) e activa (cria ambientes protectores - anaerobiose, vácuo, atmosfera controlada, etc. - ao redor do alimento), tem ainda funções de conservação (manutenção das características nutritivas e organolépticas), de informação sobre o seu conteúdo e também de “marketing” (forma, apresentação, cor, etc.).

Capítulo 19

Conceitos Gerais da Embalagem de Alimentos

A embalagem de produtos alimentares surgiu com a necessidade de se armazenar e transportar esses produtos e tem sofrido enormes progressos nas últimas décadas, graças à evolução dos materiais de embalagem e dos próprios produtos a ser embalados.

As primeiras utilizações de embalagens de alimentos (ânforas de barro, garrafas de vidro, barris de madeira, etc.) datam da antiguidade e foram feitas de modo um pouco empírico, limitando-se a sua acção à protecção e ao transporte de alguns alimentos, em geral pouco sensíveis a alterações (cereais, bebidas fermentadas). A aplicação de embalagens a alimentos mais perecíveis data do fim do século 18 e resulta, principalmente, dos estudos de Nicolas Appert, o qual realizou, entre 1795 e 1810, experiências de tratamento térmico de alimentos contidos em recipientes fechados. Os recipientes utilizados eram frascos de vidro de boca larga, tapados com rolhas de cortiça, os quais eram aquecidos em banho-maria. Ainda hoje este tipo de tratamento térmico é conhecido pela designação de appertização, do nome do seu criador. A necessidade de utilizar temperaturas superiores aos 100 °C (impossíveis de atingir com a água), levou a que, a partir de 1850, se começassem a utilizar banhos de óleo, salmouras ou soluções de sal para os tratamentos térmicos dos alimentos embalados. Também data do princípio do século 19 a utilização da lata de folha metálica, em substituição dos frascos de vidro.

Mesmo protegidos dentro de uma embalagem, os alimentos podem continuar a sofrer alterações provocadas por:

- ❑ microrganismos
- ❑ reacções de oxidação e hidrólise das gorduras

- reacções de oxidação dos pigmentos
- desnaturação das proteínas
- reacções fotoquímicas

entre outros factores. A estes tipos de alterações temos ainda que acrescentar aquelas que provêm da própria interacção com o material da embalagem, ou que se processam através dela:

- compatibilidade do material com o alimento, o que pode resultar tanto em danos para o alimento como para a embalagem
- retenção ou perda de água
- permeabilidade aos gases, nomeadamente permitindo entrada e saída de oxigénio e dióxido de carbono
- transparência à luz, com influência nas reacções de oxidação

A transferência de substâncias provenientes do material constituinte da embalagem para o alimento e a absorção, por parte da embalagem, de substâncias provenientes do alimento são fenómenos descritos pelas leis de migração físico-química, as quais não se encontram no contexto desta obra, sendo no entanto de realçar que se deve procurar minimizar estes efeitos, procurando materiais de embalagem compatíveis com o alimento a proteger, de modo a manter-lhe as características nutricionais e organolépticas e que não apresentem riscos de toxicidade.

De acordo com a sensibilidade aos fenómenos de migração podemos considerar a existência de três tipos de embalagens:

Classe 1 - materiais em que a migração é nula ou negligenciável.

Classe 2 - materiais em que se dá sempre um certo grau de migração, independentemente do alimento.

Classe 3 - materiais em que a extensão da migração depende do alimento.

Os alimentos frescos, que se pretende embalar, devem: (1) obedecer a critérios de frescura bastante apertados, (2) ser separados quanto à qualidade e tamanho e (3) lavados cuidadosamente. No caso dos vegetais, estes devem ser escaldados com água quente ou vapor, o que tem como objectivos a lavagem, a fixação da cor, o

amaciamanto dos tecidos e a destruição de microrganismos. Em certos casos, os legumes passam por uma salmoura antes de serem embalados. À maioria das frutas é adicionado um xarope rico em açúcar.

Quase todos os alimentos comercializados em embalagens sofrem um tratamento térmico como principal processo de conservação. Esse tratamento pode ser de diferentes intensidades e ser feito antes ou após a embalagem do produto e, neste último caso, pode ainda ser levado a cabo antes ou depois do fecho da embalagem. Podemos, assim, separar os alimentos embalados segundo o tipo de tratamento térmico sofrido:

- ⊙ Esterilização dos recipientes e tampas, sendo depois cheios com o alimento e fechados em condições de assepsia - utilizado para alimentos que sofreram tratamentos HTST (alta temperatura - curta duração).
- ⊙ Tratamento HCF (Heat Cool Fill) - os alimentos são primeiramente aquecidos e deixados arrefecer, só depois se procedendo ao enchimento das embalagens.
- ⊙ Tratamento HTST antes de serem embalados, seguido de embalagem e novo tratamento térmico (mais suave) - utilizado quando se teme a presença de microrganismos, como por exemplo no sumo de tomate.
- ⊙ Tratamento SC (Sterilizing and Closing) - esterilização do alimento, à qual se segue o fecho do recipiente.
- ⊙ Tratamento PFC (Pressure-Filler-Cooker) - o alimento é previamente esterilizado com vapor sob pressão, seguidamente colocado no recipiente, o qual é imediatamente fechado e submetido a novo tratamento térmico, cuja duração depende do alimento.
- ⊙ Embalagem com desidratação - o alimento é seco até redução do seu peso a metade, só nessa altura sendo embalado (ex: rodela de maçã).
- ⊙ Flash 18 - o alimento é tratado numa câmara sob alta pressão (18 psi), onde é previamente submetido a um tratamento HTST, seguido do fecho dos recipientes e seu arrefecimento parcial.

Capítulo 20

Materiais e Tipos de Embalagens de Alimentos

Os diferentes tipos, formatos e materiais de embalagens de alimentos existentes no mercado são quase tão variados quanto os produtos que contêm. Tal variedade deve-se, primariamente, à função protectora do alimento contra as acções exteriores (material, espessura, cor) mas, sobretudo, aos objectivos de funcionalidade, identificação do produto, motivação do utilizador, informação sobre o conteúdo e outras.

A função primária de uma embalagem, *i. e.* a protecção e conservação de um determinado produto alimentar, é garantida pelo material de que é feita a embalagem. Os materiais mais correntemente utilizados no fabrico de embalagens alimentares são o vidro, a cerâmica, o alumínio, o aço, o estanho, a madeira, o cartão e os plásticos. Com os avanços da ciência têm vindo a desenvolver-se outros materiais, chamados mistos, e que incluem o cartão revestido por plástico ou o plástico laminado com chapa de metal.

As embalagens de vidro são utilizadas há centenas de anos e são também aquelas em que se fizeram as primeiras experiências de tratamentos térmicos de alimentos embalados (N. Appert, ver *Capítulo 19*). De entre as características que conduzem à sua escolha como material de embalagem podem destacar-se:

- * inércia química;
- * possibilidade de esterilização;
- * impermeável a líquidos e a gases (dependendo da espessura do vidro);
- * não transmissão de gosto nem de cheiro;
- * pode ser transparente ou opaco, conforme a necessidade de mostrar o alimento ou de impedir a acção da luz;

- * resistência aos choques térmicos (desde que as temperaturas não sejam muito elevadas);
- * resistência a acções mecânicas;
- * resistência a pressões internas elevadas (dependendo, também neste caso, da espessura do vidro);
- * possibilidade de reutilização ou reciclagem;
- * baixo preço.



Figura 20.1 - Exemplos de diversos tipos de embalagens de vidro.

Estas características fazem do vidro um bom material de embalagem para alimentos como a cerveja, o vinho, as frutas congeladas, as compotas e os concentrados de sumos. Por outro lado, a sua utilização não é recomendável com alimentos que requeiram tratamentos a temperaturas elevadas

ou embalagem sob vácuo.

Também a cerâmica é utilizada desde a antiguidade no fabrico de recipientes alimentares, mas, contrariamente ao vidro, a sua utilização tem vindo a decair, estando quase restrita ao uso doméstico. As características responsáveis pela sua utilização como material de embalagem são:

- * estabilidade química;
- * material não poluente;
- * possibilidade de utilização em fornos micro-ondas;
- * baixo preço.

A sua utilização tem, no entanto, um problema relacionado com existência de chumbo e cádmio na sua composição, dois metais pesados tóxicos para o homem e transmissíveis aos alimentos. Na Europa, o seu teor nos recipientes cerâmicos foi fixado por legislação comunitária em valores considerados não tóxicos (Directiva 84/500/CEE).

As embalagens metálicas foram as sucessoras das de vidro na aplicação de tratamentos térmicos a alimentos previamente embalados, sendo a folha de Flandres (aço coberto por estanho) o primeiro material metálico a ser utilizado na apertização de alimentos. Mais tarde, o alumínio veio disputar-lhe a primazia como material de fabrico. A folha de Flandres é caracterizada por:

- * elevada rigidez;
- * resistência a temperaturas elevadas;
- * resistência a choques mecânicos;
- * razoável resistência química;
- * custos de produção relativamente baixos.

A utilização das embalagens em folha de Flandres está largamente disseminada nas indústrias de conservas de frutas, legumes, peixe e carne.

As características que levam à cada vez maior utilização do alumínio como material alternativo à folha de Flandres são:

- * reduzido peso;
- * boa impermeabilidade à água e aos gases;
- * elevada condutividade térmica;
- * inércia química;
- * resistência a choques térmicos e mecânicos;
- * opacidade à luz solar.

Os produtos embalados em recipientes de alumínio vão desde o peixe e a carne (caixas com abertura fácil) até às bisnagas com alimentos preparados sob a forma de pastas, passando pelas latas de refrigerantes. Refira-se ainda a utilização de combinações destes dois materiais, em recipientes de folha de Flandres com tampas de alumínio, de modo a permitirem uma abertura fácil.

As embalagens em madeira têm sobretudo funções de transporte e de armazenamento dos produtos alimentares frescos (frutas, legumes, peixe e mariscos). A sua utilização restringe-se, dada a sua permeabilidade, a produtos sólidos.



Figura 20.2 - Embalagem de cartão utilizada no armazenamento, sob refrigeração, de carne de aves.

A utilização do cartão como material de embalagem encontra-se, sobretudo, ligada aos produtos congelados ou refrigerados, embora também possam ser encontradas embalagens de cartão a envolver alimentos armazenados à temperatura ambiente. Esta sua utilização privilegiada deve-se a:

- * resistência mecânica a baixas temperaturas;
- * inércia química;
- * impermeabilidade às gorduras;
- * impermeabilidade às trocas gasosas;
- * opacidade à luz.

Os polímeros mais vulgarmente utilizados no fabrico de embalagens em plástico são o polietileno (PE), o polipropileno (PP), o terftalato de polietileno (PET) e o polivinilcloro (PVC). Estes materiais possuem fraca resistência térmica, pelo que apenas são utilizados para a embalagem de alimentos conservados a baixas temperaturas (iogurtes, gelados, águas, carnes, etc.). Embora dependendo do material de que são feitos, têm grande permeabilidade aos fluídos e às trocas gasosas, e à penetração de agentes oxidantes. A porosidade destas embalagens pode ainda conduzir a uma contaminação microbiana, dado que alguns microrganismos são capazes de atravessar estes materiais. A Tabela 20.1 compara alguns dos materiais plásticos utilizados no fabrico de embalagens de iogurtes, relativamente à contaminação microbiana. Da sua análise, ressalta imediatamente a influência que a espessura da parede tem sobre esta contaminação.



Figura 20.3 - Exemplos de aplicação de diversos materiais plásticos à embalagem de alimentos.

Material	Gramagem	Penetração bacteriana (%)
PE	11.5	40
PE	16	25
PE	20	10
PE	43	0
PVdC	7 - 21	95 - 100
PVdC	45	0
PVdC + PE	16 - 17	0

Tabela 20.1 - Índices de penetração bacteriana em alguns materiais plásticos utilizados na embalagem de iogurtes.

Do que fica dito sofre a fragilidade deste tipo de embalagens, torna-se evidente, para o utilizador, que a sua utilização deve ser sempre acompanhada por uma conservação a baixas temperaturas (normalmente refrigeração), sem o que a sua utilidade seria diminuta.

De entre os materiais mistos, utilizados no fabrico de embalagens de alimentos, salientamos os seguintes produtos:

- Embalagens flexíveis, de plástico ou plástico laminado com chapa de metal, utilizadas na embalagem de alimentos congelados, secos ou não submetidos a nenhum tratamento prévio.

- Embalagens de cartão coberto por polietileno, opacas a radiações ultra-violeta e do visível. São utilizadas na embalagem de leite pasteurizado.
- Embalagens de liga metálica, impermeável ao oxigénio e opacas à luz, utilizadas para embalar o leite tratado pelo processo UHT.



Figura 20.4 - Embalagem de comida para bebés, que permite o seu aquecimento directo.

- Embalagens em materiais especiais que permitam a confecção directa do alimento (banho-maria, forno tradicional ou micro-ondas).

A utilização de embalagens em que a atmosfera, no seu interior, é modificada ou controlada pela adição ou remoção de gases como o dióxido de carbono, o azoto ou o oxigénio, permite uma conservabilidade de

duas a cinco vezes superior à conseguida para alimentos idênticos embalados em recipientes em que o controle atmosférico não é efectuado.

Definem-se como embalagens sob atmosfera modificada, os casos em que se processa uma substituição da atmosfera normal por uma de composição diferente, através de vácuo ou de varrimento com outros gases. Embalagens sob atmosfera controlada são aquelas em que é feita a modificação e controle dos gases nela contidos.

A utilização de atmosferas de protecção conduz a diversas vantagens quer para os industriais, quer para o consumidor, as quais se passam a enumerar.

□ Para o industrial:

- melhor planificação da distribuição
- redução na utilização de corantes e conservantes
- diferentes alternativas de apresentação
- selagem hermética: a qualidade da embalagem não se modifica durante a comercialização
- criação de valor acrescentado
- redução dos custos de operação no alargamento das rotas

- melhor manipulação sem problemas de contaminação
- redução do peso da embalagem
- não requer reembalagem posterior
- redução do pessoal de embalagem

□Para o consumidor:

- imagem de qualidade e bom aspecto do produto
- satisfação dos desejos do consumidor ao oferecer produtos frescos
- redução de custos devido à ausência de degradações

Os gases mais vulgarmente utilizados para a modificação das atmosferas são:

- azoto - gás inerte usado para substituição do oxigénio na embalagem antes desta ser fechada
- dióxido de carbono - agente bacteriostático, eficaz em proporções superiores a 20%; pode originar um gosto ácido, devido à solubilidade em água
- oxigénio - ajuda a manter a cor vermelha das carnes

Podemos ainda considerar o caso do protóxido de azoto (N_2O), o qual é utilizado na criação de aerossóis de produtos alimentares (chantilly, coberturas para bolos, molhos, etc.).

A embalagem sob atmosfera controlada pode ser efectuada segundo uma de duas estratégias possíveis. Na primeira, submete-se a embalagem a vácuo, sendo posteriormente injectado o gás de protecção, enquanto que na segunda se procede a uma purga da embalagem e do alimento com o gás de protecção.

A aplicação de atmosferas modificadas requer a utilização de embalagens feitas de materiais de “alta barreira”, com a excepção dos frutos e vegetais frescos, que necessitam de ser embalados em materiais de elevada permeabilidade, de modo a permitir trocas gasosas com o exterior. Assim, de acordo com as características de cada tipo de alimento teremos diferentes materiais de embalagem, permitindo o melhor aproveitamento da utilização de atmosferas modificadas:

- *Vegetais - películas muito permeáveis que permitam a entrada de oxigénio e a saída de dióxido de carbono e bandejas de plástico ou cartão

podem ainda utilizar-se sacos metalizados para proteger o produto dos efeitos da exposição à luz (deterioração das cores e do conteúdo vitamínico)

- *Frutas - utilizam-se bandejas termo-seladas, com películas que permitam a entrada de oxigénio e a saída de dióxido de carbono e etileno
- *Produtos de padaria - utilizam-se películas de barreira com baixa permeabilidade ao dióxido de carbono
nas bandejas termo-formadas usa-se cartão para impedir o esmagamento e evitar o contacto entre as peças (ex: bolos)
- *Peixe e marisco - utilizam-se bandejas termo-formadas com película de escassa permeabilidade ao oxigénio
- *Carnes - as peças grandes são embaladas em sacos e as mais pequenas em bandejas termo-seladas com películas de alta barreira
para frangos recomenda-se a utilização de sacos para os animais inteiros e de bandejas de poliestireno com película de PET para os pedaços
as carnes tratadas devem ser embaladas com plásticos laminados, impermeáveis à passagem de gases e humidade
- *Queijos - para os queijos curados utilizam-se embalagens de película laminada de alta barreira, impermeável à entrada de oxigénio e humidade
- *Produtos secos - utilizam-se películas de barreira para impedir a penetração de oxigénio
- *Produtos pré-cozinhados - utilizam-se contentores à prova de humidade (bandejas metálicas ou termo-formadas) que actuam como suporte e películas de barreira capazes de conservar a atmosfera interior

Na figura 20.6 representam-se esquematicamente as possibilidades de aplicação dos principais gases atrás referidos (individualmente ou em combinações) ao prolongamento da conservabilidade de diversos produtos alimentares, através da sua embalagem sob atmosfera modificada ou controlada.

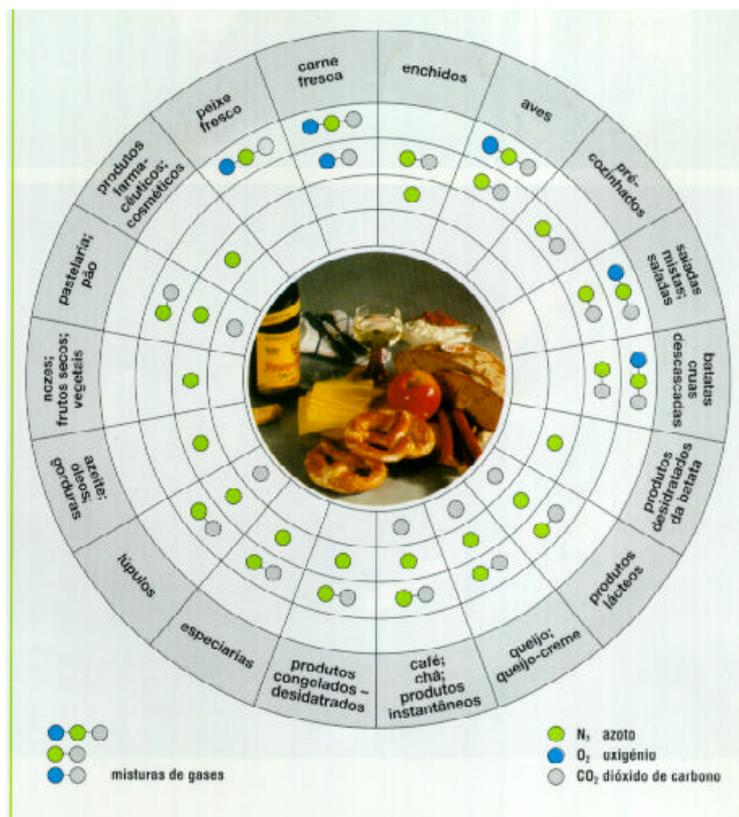


Figura 20.5 - Alguns exemplos da aplicação de atmosferas modificadas à embalagem de alimentos.

As funções secundárias das embalagens podem ser compartimentadas em três áreas diferentes, embora complementares: funcionalidade, informação e marketing.

A funcionalidade está relacionada com aspectos como a facilidade de armazenamento (formato e rigidez do recipiente) e a comodidade do transporte (por exemplo, a venda de produtos em conjuntos de várias unidades, ou “pack”).

As informações que podem ser disponibilizadas na superfície exterior de uma embalagem são de diversos teores: tipo de conteúdo, ingredientes (incluindo aditivos), modo de emprego, prazo de validade, pesos líquido e escorrido, nomes e moradas do fabricante e importador (caso exista), o preço e, em certos casos, a indicação de procedência de uma região denominada, ou produção por processos denominados, ou ainda a designação de produto proveniente de técnicas da chamada agricultura biológica, etc. Nos tempos mais recentes, foi ainda introduzido um outro tipo de informação, o qual só pode ser lido através de decodificadores electrónicos: o código

de barras, que contém a maioria das informações acima descritas e é de aplicação obrigatória.

A competitividade dos mercados leva a uma forte aposta no marketing dos produtos alimentares, a qual se reflecte no aspecto final das embalagens que os contêm. O próprio formato da embalagem, a sua cor e o grafismo levam o consumidor a rapidamente identificar o tipo de produto nela contido, ou mesmo a sua marca. Também importantes para a decisão final do consumidor são a facilidade de transporte e arrumação da embalagem, a existência de processos de abertura fácil e a possibilidade de preparação rápida do alimento. Actualmente, com as crescentes preocupações ecológicas, é notório um investimento em indicações do tipo: reutilizável, reciclável, produto caseiro, etc. Podem ainda ser condições de fidelização do consumidor a existência de informações sobre possíveis utilizações do produto.

Finalmente, refira-se que a observação da embalagem poderá dar uma primeira ideia do estado do seu conteúdo, *i. e.*, se a embalagem se apresenta danificada ou com mau aspecto, isso poderá ser sinal de que o alimento que contém terá sofrido alterações.

Alguns produtos, dada a sua especificidade, exigem ou são compatíveis com embalagens que possuem características um pouco diferentes daquelas anteriormente citadas. Como exemplos, destacamos:

- Embalagens sob pressão (aerossol), das quais o alimento sai sob forma de espuma, “spray” ou líquido. A embalagem é feita sob a pressão de um gás propulsor inerte, como o dióxido de carbono ou o azoto. Exemplos de produtos embalados neste tipo de embalagem são o chantilly, as coberturas para pastelaria, os molhos para saladas e outros temperos, alguns óleos e gelatinas e ainda certos potenciadores de sabor.
- Embalagens comestíveis feitas à base de proteínas (gelatina, caseína, zeína, etc.), de celulose, amido, ou produtos à base de dextrina, alginatos e borrachas, ceras, gorduras, monoglicéridos e derivados, etc. Estas embalagens oferecem, geralmente, elevada protecção contra a humidade, impermeabilidade ao oxigénio e elevada resistência mecânica. Os materiais utilizados não devem conflitar com as

propriedades organolépticas dos alimentos que encerram (sem sabor nem aroma ou com sabores e/ou aromas que complementem aqueles dos alimentos). Como exemplos dos produtos embalados em embalagens comestíveis temos a gelatina, as salsichas, algumas carnes e peixes, doces, frutos secos, entre outros. É permitido adicionar, a alguns dos materiais componentes destas embalagens, compostos anti-oxidantes e anti-fúngicos.

Um exemplo do que tem sido a evolução da embalagem no nosso século é dado pelo seguinte resumo da história da embalagem de um dos alimentos mais perecíveis e, logo, difíceis de conservar, o iogurte. Desde que começou a ser comercializado, por volta de 1940, altura em que se utilizavam embalagens de vidro ou de cartão encerado, a embalagem sofreu diversas evoluções, as quais se prendem com a protecção do alimento das acções prejudiciais do oxigénio e da luz. Nesse sentido, em 1950 a embalagem de cartão encerado foi substituída por recipientes em cartão revestido por polietileno, material menos poroso. Foi a partir de 1955 que se introduziram as conhecidas embalagens em poliestireno e de cartão revestido por poliestireno. O poliestireno tem, em relação ao polietileno, a vantagem de permitir uma maior opacidade e, logo, uma maior protecção contra as radiações luminosas. Mais recentemente, começaram a utilizar-se embalagens em vidro colorido e em metal, as quais são totalmente impermeáveis a trocas gasosas e à penetração da luz, permitindo armazenamentos mais prolongados. Actualmente, quase todos estes tipos de embalagem coexistem e são utilizadas consoante se necessite de períodos de armazenamento mais ou menos longos:

- * Até uma semana - poliestireno, vidro incolor e cartão revestido com poliestireno. Todos estes materiais apresentam apenas impermeabilidade a odores, permitindo a entrada de oxigénio e da luz.
- * Até um mês - poliestireno branco (opaco) e vidro colorido (transparente). Estes dois materiais são também impermeáveis a odores, apresentando a vantagem, em relação aos precedentes, de constituírem uma barreira à luz.

- * Até três meses - vidro colorido (opaco) e metal, os quais apresentam a propriedade de constituir uma barreira à penetração do oxigênio, para além de partilharem as propriedades apresentadas pelos materiais anteriormente referidos.

Para saber mais

As referências bibliográficas que seguidamente se apresentam não pretendem ser uma recolha exaustiva de tudo o que existe publicado sobre o assunto, mas sim mais uma ferramenta de trabalho, baseada na literatura consultada para a elaboração desta obra e em outros trabalhos de referência na vasta área da Conservação de Alimentos.

Bibliografia

○ 1ª Parte:

- 1 J. H. B. Christian, Reduced water activity, *in* J. H. Silker (ed.), **Microbial ecology of foods**, Vol. I, Ch. 4. Academic Press, Inc., New York (1980).
- 2 D. A. Corlett Jr., M. H. Brown, pH and acidity, *in* J. H. Silker (ed.), **Microbial ecology of foods**, Vol. I, Ch. 5. Academic Press, Inc., New York (1980).
- 3 H. A. Iglesias, J. Chirife, A model for describing the water sorption behavior of foods, **J. Food Sci.**, 41 (1976) 984.
- 4 T. P. Labuza, K. Acott, S. R. Tatini, R. Y. Lee, Water activity determination: a collaborative study of different methods, **J. Food Sci.**, 41 (1976) 910.
- 5 L. H Meyer, **Food Chemistry**. Van Nostrand Reinhold Co., new York (1969).
- 6 D. R. Osborne, P. Voogt, **Food science and technology. The analysis of nutrients in foods**. Academic Press, New York (1978).
- 7 R. Paoletti *et al.*, **Lipids**. Raven Press, New York (1975).
- 8 D. Pearson, **The chemical analysis of foods**. Churchill Livingstone, New York (1976).
- 9 J. Peterson, **Encyclopedia of food technology**. Avi Publishing Co., Inc., Connecticut (1974).

- 10 D. A. T. Southgate, **Determination of food carbohydrate**. Applied Science Publishers, London (1976).
- 11 A. L. Lehninger, **Principles of biochemistry**. Worth Publishers, Inc., New York (1982).
- 12 G. G. Birch, L. F. Green, **Molecular structure and function of food carbohydrates**. Applied Science Publishers, Ltd., London (1973).
- 13 M. Friedman, **Protein Nutritional Quality of foods and feeds**. Marcel Dekker, New York (1975).
- 14 R. S. Harris, H. von Loesecke, **Nutritional evaluation of food processing**. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1971).
- 15 A. J. Macleod, **Instrumental methods of food analysis**. Elek Science, London (1973).
- 16 F. L. Hart, **Análisis moderno de los alimentos**. Editorial Acribia, SA, Zaragoza (1971).
- 17 W. F. Harrigan, R. W. A. Park, **A management guide for microbiological quality**. Academic Press, London (1991).

○ 2ª Parte:

- 1 National Academy of Sciences (ed.), **Food chemicals codex**, 2nd edition, Washington D. C. (1972).
- 2 G. O. Philips *et al.* (eds.), **Gums and stabilizers for the food industry**, 3. Elsevier Applied Sci. Publishers, London (1985).
- 3 O. Bosund, The action of benzoic and salicylic acids on the metabolism of microorganisms, **Adv. Food Res.**, 11 (1962) 331.
- 4 L. L. Campbell Jr., R. T. O'Brien, Antibiotics in food preservation, **Food Technol.**, 9 (1955) 461.
- 5 H. N. Draudt, The meat smoking process: a review, **Food Technol.**, 17 (1963) 1557.

- 6 K. R. Fulton, Surveys of industry on the use of food additives, **Food Technol.**, 35 (1981) 80.
- 7 T. E. Furia, **Handbook of food additives**. The CRC Press, Cleveland, Ohio, (1972).
- 8 A. C. Roberts, D. J. McWeeny, The uses of sulphur dioxide in the food industry: a review, **J. Food Technol.**, 7 (1972) 221.
- 9 W. H. Gardner, **Food acidulants**. Allied Chemical Co., New York (1966).
- 10 P. Harris, **Food gels**. Elsevier Applied Sci., London (1990).
- 11 A. L. Branen, P. M. Davidson, **Antimicrobials in foods**. Marcel Dekker, Inc., New York (1983).

○ 3^a Parte:

- 1 G. C. Ainsworth, F. K. Sparrow, A. L. Sussman (eds.), **The fungi: An advanced treatise. Volume IVB, A taxonomic review with keys: Basidiomycetes and lower fungi**. Academic Press, New York (1973).
- 2 J. A. Barnett, R. J. Pankhurst, **A new key to yeasts**. North-Holland Publishing Co., Amsterdam (1974).
- 3 J. A. Barnett, R. W. Payne, D. Yarrow, **Yeast characteristics and identification**. Cambridge University Press, Cambridge (1983).
- 4 L. R. Beuchat, **Food and beverage mycology**. AVI Publishing Company, Inc., Westport, Conn. (1978).
- 5 J. G. Carr, C. V. Cutting, G. C. Whiting (eds.), **Lactic acid bacteria in beverages and food**. Academic Press, Inc., New York (1975).
- 6 W. C. Frazier, D. C. Westhoff, **Food microbiology**. McGraw-Hill Book Company, New York (1988).
- 7 P. Gerhardt, R. N. Costilow, H. L. Sadoff (eds.), **Spores. Volume VI**. American Society for microbiology, Ann Arbor, Mich. (1975).

- 8 M. L. Speck (ed.), **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 2nd ed. American Public Health Association, Washington, D. C. (1984).
- 9 M. L. Pelczar, R. D. Reid, **Microbiology**. McGraw-Hill Book Company, New York (1972).
- 10 R. A. Sampson, E. S. Hoehstra, C. A. N. van Oorschot, **Introduction to food-borne fungi**. Centraalbureau voor Schimmelcultures, Netherlands (1984).
- 11 J. E. Smith, D. R. Berry (eds.), **Industrial mycology. Volume I. The filamentous fungi**. John Wiley & Sons, Inc., New York (1975).
- 12 M. A. Amerine, H. W. Berg, W. V. Cruess, **The technology of wine making**. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1972).
- 13 J. D. Efstathiou, L. L. McKay, H. A. Morris, E. A. Zottola, Growth and preservation parameters for preparation of a mixed species culture concentrate for cheese manufacture, **J. Milk Food Technol.**, 38 (1975) 444.
- 14 A. H. Rose (ed.), **Fermented foods**. Academic Press, Inc. New York (1982).
- 15 W. D. Gray, **The use of fungi as food and in processing, pt. II**. CRC Press, Cleveland (1973).
- 16 B. M. Miller, W. Litsky, **Industrial microbiology**. McGraw-Hill Book Company, New York (1976).
- 17 C. S. Pederson, **Microbiology of food fermentations**. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1971).
- 18 G. Reed, **Prescott and Dunn's industrial microbiology**. 4th ed. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1982).
- 19 G. R. Reed, H. J. Pepler, **Yeast technology**. 3rd ed. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1973).
- 20 A. H. Rose (ed.), **Economic microbiology. Volume 7. Fermented foods**. Academic Press, Inc., New Yor (1982).
- 21 K. H. Steinkraus, **Handbook of indigenous fermented foods**. Marcel Dekker, Inc., New York (1983).

- 22 H. H. Weiser, G. J. Mountney, W. A. Gould, **Practical food microbiology**. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1971).
- 23 S. A. Matz, **Bakery technology and engineering**. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1972).
- 24 E. Oura, H. Suomalainen, R. Viskari, Breadmaking, *In* A. H. Rose (ed.), **Fermented foods. Volume 7**. Academic Press, inc., New York (1982).
- 25 Y. Pomeranz, J. A. Shellenberger, **Bread science and technology**. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1971).
- 26 H. M. Broderick, **The practical brewer: a manual for the brewing industry**. 2nd ed. Master Brewers Assoc. of the Americas, Madison, Wisc. (1977).
- 27 A. M. Joe, K. M. Shahani, Grapes and wine technology: grapes to wine, **J. Milk Food Technol.**, 38 (1975) 237.
- 28 J. Kleyn, J. Hough, The microbiology of brewing, **Annu. Rev. Microbiol.**, 25 (1971) 583.
- 29 A. H. Rose, **Alcoholic beverages**. Academic Press, Inc., New York (1977).
- 30 A. D. Webb (ed.), **Chemistry of wine making. Adv. Chem. Ser. 137**. American Chemical Society, Washington (1974).
- 31 T. Asai, **Acetic acid bacteria**. University Park Press, Baltimore (1970).
- 32 H. A. Conner, R. J. Allgeier, Vinegar: its history and development. **Adv. Appl. Microbiol.**, 20 (1976) 81.
- 33 C. L. Cooney, C. Rha, S. R. Tannenbaum, Single-cell protein: engineering, economics and utilization in foods, **Adv. Food Res.**, 26 (1980) 1.
- 34 P. Davis, **Single cell protein**. Academic Press, Inc., New York (1974).
- 35 S. R. Tannenbaum, D. I. C. Wang (eds.), **Single-cell protein. Volume 2**. M. I. T. Press, Cambridge, Mass. (1975).

○ 4ª Parte:

- 1 American Public Health Association, **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 16th ed. New York (1985).
- 2 F. L. Bryan, Disease transmitted by foods contaminated by waste water, **J. Food Prot.**, 40 (1977) 45.
- 3 D. R. Heldman, Factors influencing air-borne contamination of foods: a review, **J. Food Sci.**, 39 (1974) 962.
- 4 International Commission on Microbiological Specifications for Foods, **Microbial ecology of foods. Volume 1. Factors affecting life and death of microorganisms**. Academic Press, New York (1980).
- 5 B. C. Hobbs, J. H. B. Christian (eds.), **The microbiological safety of foods**. Academic Press, Inc., London (1973).
- 6 J. A. Troller, **Sanitation in food processing**. Academic Press, Inc., New York (1983).
- 7 R. K. Guthrie (ed.), **Food sanitation**. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1972).
- 8 J. M. Jay, **Modern food microbiology**. 3rd ed. Van Nostrand Reinhold Company, New York (1986).
- 9 T. A. Roberts, F. A. Skinner (eds.), **Food microbiology: advances and prospects**. Academic Press, Inc., New York (1983).
- 10 H. H. Weiser, G. J. Mountney, W. A. Gould, **Practical food microbiology and technology**. 2nd ed. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1971).
- 11 J. T. Nickerson, A. T. Sinskey, **Microbiology of foods and food processing**. American Elsevier Publishing Company, New York (1972).
- 12 C. R. Stumbo, **Thermobacteriology in food processing**. Academic Press, Inc., New York (1976).
- 13 A. Lopez, **A complete course in canning: basic information on canning**. Canning Trade, Inc., Baltimore (1981).

- 14 A. Lopez, **A complete course in canning: processing procedures for canned food products**. Canning Trade, Inc., Baltimore (1981).
- 15 National Canners Association, **Processes for low-acid canned foods in metal containers**. 11th ed. Natl. Canners Ass. Bull. 26-L (1976).
- 16 I. J. Pflug, J. E. Odlang, R. Christensen, Computing minimum public health sterilizing value for food with pH values from 4.6 to 6.0, **J. Food Prot.**, 48 (1985) 848.
- 17 H. Precht *et al.* (eds.), **Temperature and life, chap. 1**. Springer-Verlag, New York (1973).
- 18 S. A. Goldblith, L. Rey, W. W. Rothmayr, **Freeze drying and advanced food technology**. Academic Press, Inc., London (1975).
- 19 C. J. King, **Freeze-drying of foods**. Butterworth & Co. (Publishers), Ltd., London (1971).
- 20 O. R. Fennema, W. D. Powrie, E. H. Marth (eds.), **Low-temperature preservation of foods and living matter**. Marcel Dekker, Inc., New York (1973).
- 21 W. R. Woolrich, E. R. Hallowell, **Cold and freezer storage manual**. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1970).
- 22 R. B. Keey, **Drying: principles and practice**. Pergamon Press, Oxford (1972).
- 23 K. Masters, **Spray drying**. Leonard Hill Books, London (1973).
- 24 W. B. van Arsdel, M. J. Copley, A. I. Morgan (eds.), **Food dehydration. Volume I. Drying methods and phenomena**. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1973).
- 25 A. Williams-Gardner, **Industrial drying**. CRC Press, Cleveland, Ohio (1971).
- 26 A. L. Branen, P. M. Davidson, **Antimicrobials in foods**. Marcel Dekker, Inc., New York (1983).
- 27 K. R. Fulton, Surveys of industry on the use of food additives, **Food Technol.**, 35 (1981) 80.

- 28 T. E. Furia, **Handbook of food additives**. The CRC Press, Cleveland, Ohio (1972).
- 29 A. C. Roberts, D. J. McWeeny, The uses of sulfur dioxide in the food industry: a review, **J. Food Technol.**, 7 (1972) 221.
- 30 World health Organization, **Toxicological evaluation of certain food additives with a review of general principles and specifications**, WHO Tech. Rep. Ser. 539, Genève (1974).
- 31 American Council on Science and Health, **Irradiated foods**, ACSH, Summit, N. J. (1985).
- 32 Food and Drug Administration, **Irradiation in the production, processing, and handling of food: proposed rule**. Fed. Reg. 49(31). Feb. 14 (1984).
- 33 E. C. Josephson, M. S. Peterson (eds.), **Preservation of food by ionizing radiation, Volume II**. CRC Press, Inc., Boca Raton, Fla. (1982).
- 34 E. C. Josephson, M. S. Peterson (eds.), **Preservation of food by ionizing radiation, Volume III**. CRC Press, Inc., Boca Raton, Fla. (1983).
- 35 R. B. Maxcy, **Irradiation of food for public health protection**, J. Food Prot., 45 (1982) 363.
- 36 R. J. Bothast, F. F. Rogers, C. W. Hesseltine, Microbiology of corn and dry milled products, **Cereal Chem.**, 51 (1974) 829.
- 37 J. H. Silliker *et al.* (eds.), **Microbial ecology of foods. Volume II. Food commodities**. Academic Press, Inc., New York (1980).
- 38 S. A. Matz (ed.), **Baking technology and engineering**. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1972).
- 39 E. B. Pantastico (ed.), **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1975).

- 40 A. L. Ryall, W. J. Lipton, **Handling, transportation and storage of fruits and vegetables. Volume 1. Vegetables and melons.** AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1972).
- 41 A. L. Ryall, W. T. Pentzer, **Handling, transportation and storage of fruits and vegetables. Volume 2. Fruit and tree nuts.** AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1974).
- 42 J. G. Woodroof, B. S. Luh, **Commercial fruit processing.** AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1975).
- 43 J. B. Edmond, G. R. Ammerman, **Sweet potatoes: production, processing, marketing.** AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1971).
- 44 B. S. Luh, J. G. Woodroof, **Commercial vegetable processing.** AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1975).
- 45 D. K. Tressler, M. A. Joslyn, **Fruit and vegetable juice processing technology.** 2nd ed. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1971).
- 46 M. H. Brown (ed.), **Meat microbiology.** Applied Science Publications, New York (1982).
- 47 T. A. Roberts, Contamination of meat, **Royal Soc. Heath J.**, 100 (1980) 3.
- 48 B. F. Surkiewicz, R. W. Johnston, J. M. Carosella, Bacteriological survey of frankfurters produced at establishments under federal inspection, **J. Milk Food Technol.**, 39 (1976) 7.
- 49 B. F. Surkiewicz, R. W. Johnston, R. P. Elliott, E. R. Simmons, Bacteriological survey of fresh pork sausage produced at establishments under federal inspection, **Appl. Microbiol.**, 23 (1972) 515.
- 50 N. L. Tanaka, M. P. Doyle, L. Meske, E. Traisman, D. W. Thayer, R. W. Johnston, Plant trials of bacon made with lactic acid bacteria, sucrose and lowered sodium nitrite, **J. Food Prot.**, 48 (1985) 679.
- 51 S. Y. Wang, T. R. Dockerty, R. A. Ledford, J. R. Stouffer, Shelf-life extension of vacuum packaged frankfurters made from beef inoculated with *Streptococcus lactis*, **J. Food Prot.**, 49 (1985) 130.

- 52 E. A. Zottola, **Introduction to meat microbiology**. American Meat Institute, Chicago (1972).
- 53 C. O. Chichester, H. D. Graham, **Microbial safety of fishery products**. Academic Press, Inc., New York (1973).
- 54 FAO, **Code of practice for canned fishery products**. FAO Fish. Circ. 315 (1973).
- 55 L. S. Post, D. A. Lee, M. Solberg, D. Furgang, J. Specchio, C. Graham, Development of botulinal toxin and sensory deterioration during storage of vacuum and modified atmosphere packaged fish fillets, **J. Food Sci.**, 50 (1985) 990.
- 56 J. H. Silliker, S. K. Wolfe, Microbiological safety considerations in controlled atmosphere storage of meats, **Food Technol.**, 34 (1980) 59.
- 57 M. D. Northolt, N. Wiegersman, M. van Schothorst, Pasteurization of dried egg white by high temperature storage, **J. Food Technol.**, 13 (1978) 25.
- 58 Commission of European Communities, **Evaluation of hygienic problems related to the chilling of poultry carcasses**. Information on Agric. No. 22. EEC, Brussels (1976).
- 59 R. W. A. Mulder, S. Notermans, E. H. Kampelmacher, Inactivation of *salmonellae* on chilled and deep frozen broiler carcasses by irradiation, **J. Appl. Bacteriol.**, 42 (1977) 179.
- 60 American Public Health Association, **Standard methods for the examination of dairy products**. 15th ed. New York (1985).
- 61 International Dairy Federation, **Factors influencing the bacteriological quality of raw milk**. Doc. No. 120, IDF, Brussels (1980).
- 62 International Dairy Federation, **New monograph on UHT milk**. Doc. No. 133, IDF, Brussels (1981).
- 63 Refrigeration Research Foundation, **Commodity storage manual**. Refrigeration Research Foundation, Washington (1974).

- 64 R. K. Robinson (ed.), **Dairy microbiology. Volume 1. The microbiology of milk.** Applied Science Publishers, London (1981).
- 65 R. K. Robinson (ed.), **Dairy microbiology. Volume 2. The microbiology of milk products.** Applied Science Publishers, London (1981).
- 66 H. Appledorf, W. B. Wheeler, J. A. Koburger, Health foods versus traditional foods: a comparison, **J. Milk Food Technol.**, 36 (1973) 242.
- 67 F. L. Byran, Public health aspects of cream-filled pastries: a review, **J. Milk Food Technol.**, 39 (1975) 289.
- 68 D. A. Kauter, R. K. Lynt, T. Lilly, H. M. Solomon, Evaluation of the botulism hazard from imitation cheeses, **J. Food Sci.**, 46 (1981) 749.
- 69 S. L. Komarik, D. K. Tressler, L. Long, **Food products formulary series. Volume 1. Meats, poultry, shellfish.** AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1974).
- 70 T. G. Rehberger, L. A. Wilson, B. A. Glatz, Microbiological quality of commercial tofu, **J. Food Prot.**, 47 (1984) 177.
- 71 W. Schmidt-Lorenz, Microbiological characteristics of natural mineral waters, **Ann. Inst. Super. Sanit.**, 12 (1976) 93.
- 72 H. Sugiyama, K. H. Yang, Growth potential of *Clostridium botulinum* in fresh mushrooms packaged in semipermeable plastic film, **Appl. Microbiol.**, 30 (1975) 964.
- 73 V. Vanos, O. Bindschedler, The microbiology of instant coffee, **Food Micro.**, 2 (1985) 187.
- 74 N. W. Desrosier, **The technology of food preservation.** AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1979).
- 75 M. N. A. Eskin (ed.), **Quality and preservation of vegetables.** CRC Press, Inc., Boca Raton, Fla. (1989).
- 76 A. S. Giuzburg, L. Hill, **Application of infra-red radiation in food processing.** London (1969).

- 77 J. Hawthorn, E. J. Rolfe (eds.), **Low temperature biology of foodstuffs**. Pergamon Press (1968).
- 78 S. D. Holdsworth, **Conservacion de frutas e hortalizas**. Editorial Acribia, SA, Zaragoza (1988).
- 79 A. Madrid, **Manual de industrias alimentarias**. A. M. V. Ediciones, Madrid (1986).
- 80 M. Mathlouti (ed.), **Packaging and preservation**. Elsevier Applied Sci., London (1985).
- 81 T. Morris, **Principles of food preservation. Jam making, canning and drying**. Chapman & Hall, London (1946).
- 82 J. Peterson, **Encyclopedia of food technology**. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1974).
- 83 J. P. Raschieri, **Desecacion de los productos vegetales**. Editorial Reverté, Barcelona (1954).
- 84 G. Reed, A. Leland, U. Kofler, **Food science and technology. Enzymes in food processing**. Associated Press, New York (1966).
- 85 D. Simatos *et al.*, **La lyophilization. Principes et applications**. Collection de l'ANRT (1973).
- 86 D. Southgate, **Conservacion de frutas e hortalizas**. Editorial Acribia, SA, Zaragoza (1992).
- 87 S. Thorne (ed.), **Developments in food preservation**. Applied Science Publishers, London (1982).
- 88 D. K. Tressler *et al.* (eds.), **The freezing preservation of foods**. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1968).
- 89 D. K. Tressler, M. A. Joslyn, **Deterioration in storage**. Avi Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1961).
- 90 P. Zeuthen *et al.* (eds.), **Thermal processing and quality of foods**. Elsevier Applied Sci. Publishers, New York (1983).

- 91 S. A. Goldblith, M. A. Joslyn, J. T. R. Nickerson (eds.), **An introduction to the thermal processing of foods**. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1961).
- 92 W. D. Powrie, E. H. Marth (eds.), **Low-temperature preservation of foods and living matter**. Marcel Dekker, Inc., New York (1973).
- 93 N. W. Desrosier, H. M. Rosenstock, **Radiation technology in food, agriculture and biology**. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1960).
- 94 B. W. Minifie, **Chocolate, cocoa and confectionery: science and technology**. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1970).

○ 5ª Parte:

- 1 A. G. Castro, A. S. Pouzada, **Embalagens para a indústria alimentar**, UTAD (1991).
- 2 A. C. Herson, E. D. Hulland, **Conservas alimentícias**, Editorial Acribia, SA, Zaragoza (1980).
- 3 M. L. Speck (ed.), **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 2nd ed. American Public Health Association, Washington, D. C. (1984).
- 4 G. Bureau, J. L. Multon (eds.), **L'emballage des denrées alimentaires de grande consommation**. Technique et Documentation, Lavoisier (1989).
- 5 A. Carvalho, **Embalagens de madeira para produtos alimentares**. UTAD (1992).
- 6 V. H. W. Dowson, A. Aten, **Dates, handling, processing and packing**. FAO (1962).
- 7 J. Gutschind, **El embalaje de alimentos conservados por congelacion y de alimentos refrigerados**. Editorial Reverté, Barcelona (1963).
- 8 M. O. Lurf, **Le conditionnement aseptique et les industries agro-alimentaires**. Apria, Paris (1978).

- 9 S. Sacharov, R. C. Griffin, **The food packaging**. AVI Publishing Co., Inc., Westport, Conn. (1970).
- 10 D. Swan (ed.), **Packing of fats and oils**. John Wiley, New York (1985).

Recursos on-line

Para além das referências bibliográficas atrás citadas, outras informações sobre Ciência dos Alimentos e mais especificamente sobre Conservação de Alimentos poderão ser encontradas na Internet. Para este efeito, em complemento desta obra foi realizada uma página Web que poderá servir de ponto de partida para uma pesquisa sobre temas relacionados com esta disciplina. O seu endereço (URL) é o seguinte:

<http://www.geocities.com/phenol23/food.html>