

MICROBIOLOGIA DOS ALIMENTOS

A microbiologia dos alimentos é uma área da ciência que abrange o estudo científico dos microrganismos (bactéria, fungos, protozoários, vírus, alga), os quais podem ter tanto efeitos deletérios como benéficos na qualidade dos alimentos. Há ainda os microrganismos que podem causar danos à saúde do consumidor. Esta área visa cobrir a grande variedade de microrganismos existentes em alimentos, tanto os contaminantes quanto os deliberadamente inoculados (usados na produção dos alimentos).

A microbiologia dos alimentos foca na biologia geral dos microrganismos que são encontrados em alimentos incluindo: as características de crescimento, identificação, fisiologia, sobrevivência, patogêneses. Especificamente, as áreas de interesse que dizem respeito à microbiologia dos alimentos são doenças de origem alimentar, deterioração dos alimentos, preservação dos alimentos, e legislação dos alimentos.

CLASSIFICAÇÃO DOS MICRORGANISMOS NA MICROBIOLOGIA DOS ALIMENTOS

- 1. MICRORGANISMOS DETERIORANTES:** Microrganismos que alteram os alimentos – os microrganismos nos alimentos são causadores de alterações químicas prejudiciais, resultando na “deterioração microbiana”. A deterioração resulta em alterações de cor, odor, sabor, textura e aspecto do alimento.
- 2. MICRORGANISMOS PATOGÊNICOS:** Microrganismos causadores de doenças – os microrganismos nos alimentos podem apresentar risco à saúde. Os MICRORGANISMOS PATOGÊNICOS podem afetar tanto o homem como os animais. As características das doenças que esses microrganismos causam dependem de uma série de fatores inerentes ao alimento, ao microrganismo em questão e ao indivíduo a ser afetado.
- 3. MICRORGANISMOS TECNOLÓGICOS:** há microrganismos (bactérias e fungos) cujo metabolismo provoca alterações que transformam o alimento e, por isso, são **UTILIZADOS** em alguns ramos da indústria alimentícia **na PRODUÇÃO**, por exemplo, de vinho, cerveja, produtos de panificadoras, derivados do leite etc.

FONTES DE CONTAMINAÇÃO DOS ALIMENTOS

As principais fontes de contaminação são:

- a) Solo e água; b) Plantas; c) Utensílios; d) Trato intestinal; e) Manipuladores de alimentos; f) Ração animal; g) Pele de animais; h) Ar e pó

ORGANISMOS/AGENTES DE INTERESSE EM ALIMENTOS

BACTÉRIAS - FUNGOS (Bolors e Leveduras) - VÍRUS - PARASITAS - PRÍONS

VPS 2201 2 – HIGIENE E SEGURANÇA ALIMENTAR

BACTÉRIAS:

As bactérias importantes na microbiologia dos alimentos podem ser divididas em grupos de acordo com o produto da fermentação, p. ex.: bactéria ácido láctica, bactéria ácido acética, bactéria ácido propiônica. Tendo em vista o constituinte do alimento atacado (usado como alimento para microrganismos), bactéria proteolítica, bactéria sacarolítica, bactéria lipolítica pode ser distinguida.

As bactérias importantes nos alimentos são reconhecidas como microrganismos que causam deterioração (*Micrococcus*; *Bacillus*; *Geobacillus*; *Alicyclobacillus*; *Clostridium*; *Lactobacillus*; *Pediococcus*; *Enterococcus*; *Serratia putrefaciens*; etc.) e algumas patogênicas (cepas patogênicas de *Escherichia coli* como ETEC, EPEC, EHEC, EIEC; *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*; *Clostridium perfringens*; *Yersinia enterocolitica*; *Salmonella* spp.; *Campylobacter jejuni*; *Vibrio cholerae*; *Vibrio parahaemolyticus*; *Mycobacterium bovis*; *Brucella abortus*; *Clostridium botulinum*; *Coxiella burnetii*; etc.)

A classificação sistemática das bactérias é baseada primariamente nas propriedades morfológicas e fisiológicas (p.ex: bactéria aeróbia/anaeróbia, formadora ou não de gás, mesófila/termófila/psicrotrófica, GRAM +, GRAM – , etc).

FUNGOS:

a. Bolores

A maioria dos bolores está envolvida na deterioração dos alimentos, o uso deles na indústria de alimentos é limitado (p.ex.: queijo fabricado com fungo, como o Roquefort, Camembert etc).

b. Leveduras

As leveduras são os microrganismos mais amplamente utilizados na indústria dos alimentos devido às suas habilidades em fermentar açúcar em etanol e dióxido de carbono. Algumas variedades de leveduras, tais como fermentos de padeiro são cultivados industrialmente, e algumas podem ser usadas como fontes de proteína, principalmente na alimentação animal.

As leveduras causam deterioração nos alimentos onde elas não têm função tecnológica. No entanto, apesar de sua ação deteriorante em alguns alimentos, não se conhece nenhuma doença causada pela ingestão desses organismos, condição necessária para causar Doença Transmitida por Alimento.

OBS. As bactérias e os fungos têm importância **relativa** maior que os demais contaminantes biológicos devido à sua capacidade de multiplicação nos alimentos, podendo contaminar outros alimentos por transferência (contaminação cruzada) e aumentar a população presente, aumentando a probabilidade da ingestão de uma dose infectante e, portanto, de causar doença. Por outro lado, nem sempre a severidade da doença é maior que a ocasionada pelos perigos que não se multiplicam nos alimentos, como os vírus, parasitas, químicos e físicos.

VÍRUS:

Os vírus são parasitas intracelulares obrigatórios, isto é, para sobreviver e multiplicar é necessário que estejam parasitando uma célula hospedeira viva.

VPS 2201 2 – HIGIENE E SEGURANÇA ALIMENTAR

As doenças virais humanas causadas pelo consumo de água e alimentos são relativamente poucas, merecendo destaque a hepatite A, poliomielite e as gastroenterites por rotavírus e por vírus Norwalk. No entanto, podem ser muito graves.

PARASITAS:

Muitos parasitas são de interesse em alimentos, dos unicelulares aos mais complexos, podendo o ser humano ser um hospedeiro definitivo ou intermediário. Como exemplos podemos citar o *Taenia* spp., *Anisakis simplex*, *Ascaris* spp., *Diphyllobothrium* spp., *Eustrongylides* spp., amebas, *Trichinella* spp., *Trichuris trichiura*, *Cyclospora cayetanensis*, *Toxoplasma gondii*, *Cryptosporidium parvum*, *Giardia lamblia*, entre outros.

FATORES QUE AFETAM O CRESCIMENTO MICROBIANO (bactérias e fungos)

Um alimento é uma matriz quimicamente complexa e, por isso, prever como e o quão rápido os microrganismos se desenvolverão é bastante difícil. A maioria dos alimentos contém nutrientes suficientes para sustentar o crescimento microbiano. Muitos fatores podem propiciar, prevenir ou limitar o crescimento de microrganismos em alimentos, sendo que os mais importantes são Atividade de Água (A_w), pH e temperatura.

Os fatores que afetam o desenvolvimento bacteriano são divididos em dois grupos: parâmetros intrínsecos e extrínsecos, que afetam o crescimento microbiano em alimentos.

Os parâmetros extrínsecos são aquelas propriedades do meio (processamento e armazenamento) que existem fora do alimento, que afetam ambos, os alimentos e os microrganismos que estão neles. Por outro lado, os parâmetros intrínsecos são propriedades que fazem parte do alimento, por exemplo, os tecidos são uma parte inerente do animal que, sob diversas condições, podem promover o crescimento dos microrganismos.

Porém é importante ressaltar que é a inter-relação entre os fatores que irá definir se haverá ou não crescimento microbiano em determinado alimento. Frequentemente, os resultados dessas inter-relações não são previsíveis devido ao pouco conhecimento a respeito de eventual sinergismo e/ou antagonismo.

Exemplo da importância de conhecer as inter-relações dos fatores: A prevenção do crescimento de *Clostridium botulinum*: alimentos com pH 5,0 (dentro da faixa de crescimento do *C. botulinum*) e Atividade de Água 0,935 (acima do valor mínimo para o *C. botulinum*, portanto permite o crescimento) podem não permitir o crescimento dessa bactéria.

FATORES INTRÍNSECOS (Referem-se ao alimento em si.)

Atividade da água ou disponibilidade de água ou Water activity (A_w)

Quando outras substâncias (solutos) são adicionadas à água, suas moléculas orientam-se na superfície dos solutos, e as propriedades da solução mudam drasticamente. A célula microbiana deve competir com as moléculas de soluto pela água livre. **Com exceção do *Staphylococcus aureus*, as bactérias são mais competidoras por água livre do que os fungos (Chirife & del Pilarbuera, 1996). A maioria das bactérias patogênicas requerem A_w maior do que 0,9, no entanto, *S. aureus* pode crescer em A_w tão baixa quanto 0,86.**

A atividade de água é a medida da água disponível em uma amostra.

VPS 2201 2 – HIGIENE E SEGURANÇA ALIMENTAR

A atividade de água é a razão entre a pressão do valor d'água da amostra e a da água pura, à mesma temperatura. Uma solução de água pura possui valor de A_w igual a 1,00. A adição de solutos reduz o valor de A_w para menos de 1,00 (p.ex: adição de açúcar no leite diminuirá a A_w).

A A_w de uma solução pode interferir no efeito do calor para matar bactérias em uma dada T° . Um valor de A_w geralmente estabelece o valor mínimo em que uma bactéria pode crescer. Quando a A_w for mínima o crescimento da população bacteriana será mínimo; aumentará sempre que aumentar a A_w . Em valores mais baixos do que o mínimo, as bactérias não necessariamente morrerão, mesmo que isso aconteça a algumas porções da população. As populações que sobrevivem permanecem inativas, mas infecciosas.

Porém não é só este fator do alimento que determina o crescimento ou não da bactéria, mas sim a inter-relação entre todos os fatores.

A A_w é um fator bastante utilizado como um fator de conservação dos alimentos, por meio da adição de sal (p.ex: conservação de carnes, peixes) ou açúcar (p.ex: geleias, conservas). Exemplos de métodos mais antigos de preservação envolvendo a A_w são: secagem e dessecação.

Grupo microbiano	A_w mínima
Maioria das bactérias	0,88-0,91
Maioria das leveduras	0,88
Maioria dos bolores	0,80
Bactérias halófilas <i>sal</i>	0,75
Bolores xerotolerantes <i>seco</i>	0,71
Bol. xerófilos e leveduras osmófilas <i>açúcar</i>	0,60-0,62

Existem alguns grupos de microrganismos que são particularmente resistentes à baixa A_w

Valores de A_w	Tipos de alimentos
> 0,98	Carnes e pescados frescos, leite e outras bebidas, frutas e hortaliças frescas, hortaliças em salmoura enlatadas e frutas em calda enlatadas.
0,93 a < 0,98	Leite evaporado, concentrados de tomate, carnes e pescados curados, sucos de frutas, queijos, pão e embutidos.
0,85 a < 0,93	Leite condensado, salame, queijos duros, produtos de confeitaria, marmeladas.
0,60 a < 0,85	Geléias, farinhas, frutas secas, caramelo, goiabada, coco ralado, pescado muito salgado e extrato de carne.
< 0,60	Doces, chocolate, mel, macarrões, batatas fritas, verduras desidratadas, ovos e leite em pó.

Potencial de Oxi-redução (Redox, Eh)

Os processos de oxidação e redução estão relacionados com a troca de elétrons entre compostos químicos. O potencial de oxi-redução pode ser definido como sendo a facilidade com que determinado substrato ganha ou perde elétrons. Quando um elemento perde elétrons, ele é dito como oxidado, e quando ele ganha elétrons, é reduzido.

Quando ocorre a transferência de elétrons de um composto para outro, estabelece-se uma diferença de potencial entre os mesmos, a qual pode ser medida por instrumentos apropriados, sendo expressa em volts (V) ou milivolts (mV). Quanto mais oxidado é um composto, mais POSITIVO é seu potencial de oxi-redução, e quanto mais reduzido é um composto, mais NEGATIVO é esse potencial. O potencial de oxi-redução de um sistema é expresso pelo símbolo **Eh**.

Os **microrganismos variam no grau de sensibilidade ao potencial de oxi-redução** e podem ser dividido em grupos de acordo com o Eh requerido.

- a) **Aeróbios – requerem valores de Eh positivos para multiplicação– (+ 350 a 550 mv)** Ex: bolores, bactérias e as leveduras oxidativas, principalmente as causadoras de deterioração de alimentos (*Pseudomonas*, *Moraxella*, *Acinetobacter*, *Flavobacterium* etc) Algumas bactérias patogênicas também são aeróbias (*Bacillus cereus*, por exemplo).
- b) **Anaeróbios – requerem Eh negativo, baixos, normalmente inferiores a -150mV.** Nesse grupo estão inclusas algumas bactérias patogênicas (como *Clostridium botulinum*) e bactérias deteriorantes (p.ex.: *Desulfotomaculum nigrificans*). Algumas espécies de *Clostridium* (*C. perfringens*) são aerotolerantes.
- c) **Facultativos** – Multiplicam-se bem tanto em Eh (+), condição de aerobiose, como em Eh (-), condição de anaerobiose, (+100) a (- 350) mv, respectivamente. Ex: leveduras fermentativas, família Enterobacteriaceae e bacillus.
- d) **Microaerófilos** – alguns microrganismos aeróbios multiplicam-se melhor em condições ligeiramente reduzidas, Eh baixo. Ex: bactérias lácticas (lactobacilos), estreptococos.

Quanto ao Eh ideal para os fungos: Verifica-se que os bolores importantes em alimentos são aeróbios, enquanto as leveduras de importância são aeróbias ou anaeróbias facultativas.

Eh dos Alimentos:

A determinação do Eh dos alimentos é muito difícil.

De um modo geral alimentos de origem vegetal têm valores de Eh entre +300 e +400mV (deterioração por bactérias aeróbias e bolores). As carnes em pedaços grandes têm Eh em torno de -200mV, enquanto as moídas o valor de Eh pode SUBIR para valores de até + 200Mv. Os músculos dos animais, após o abate, têm Eh de +250mV, porém cerca de 30h depois esse Eh pode cair para -250mV, dando condições para a multiplicação da microbiota anaeróbia da carne. Os queijos tem valores muito variados, entre -20 à - 200mV, dependendo das condições de fabricação.

Exemplo de Potencial de Oxi-redução em alguns alimentos:

VPS 2201 2 – HIGIENE E SEGURANÇA ALIMENTAR

Alimento	Potencial de oxi-redução - Eh
Leite	+200 a +400
Queijo tipo Cheddar	+300 a -100
Queijo tipo suíço	-50 a -200
Carne <i>in natura</i>	-60 a -150
Carne moída	+300
Carne enlatada	-20 a -150
Suco de uva	+409
Suco de Limão	+383

pH (concentração de íon hidrogênio, acidez ou alcalinidade relativas)

É um dos principais fatores intrínsecos capaz de determinar o crescimento, sobrevivência ou destruição dos microrganismos nele existentes. Os microrganismos têm valores de pH mínimo, máximo e ótimo, no qual seu crescimento é máximo. Saindo da faixa de pH ótimo de um microrganismo e dirigindo-se em ambas direções, estaremos diminuindo o seu crescimento.

Verifica-se que pH em torno da neutralidade, 7,0 (6,6 – 7,5) é o mais favorável para a maioria dos microrganismos. Poucos crescem abaixo do pH 4,0. As bactérias tendem a ser mais exigentes na sua relação com o pH do que os bolores e leveduras, e as bactérias patogênicas são as mais exigentes. P.ex: A maioria das carnes tem o pH final de 5,6 para cima; isso torna esses produtos susceptíveis à deterioração por bactérias bem como pelos fungos.

As mudanças bruscas no pH de um alimento podem se refletir na atividade microbiana. Os alimentos fracamente tamponáveis, como os vegetais, podem alterar seu pH consideravelmente. Para as carnes, o pH de um músculo de um animal descansado pode diferir bastante do pH de um animal fatigado.

IMPORTANTE: Um alimento pode possuir, inicialmente, um pH que impeça o crescimento de um microrganismo, mas o pH pode ser alterado pelo metabolismo de outros microrganismos presentes (bactérias, bolores, leveduras), que podem acidificar ou alcalinizar o ambiente e, assim, favorecer ora um, ora outro grupo de microrganismo.

VPS 2201 2 – HIGIENE E SEGURANÇA ALIMENTAR

A tabela a seguir apresenta os valores de pH de alguns alimentos:

Hortaliças	pH
Brócolis	6,5
Aspargos	5,7-6,1
Couve- de-bruxelas	6,3
Batata	5,3-5,6
Cenoura	4,9-6,0
Milho	7,3
Azeitona	3,6-3,8
Tomate	4,2-4,3
Frutas	pH
Ameixa	2,8-4,6
Figo	4,6
Laranja (suco)	3,6-4,3
Maçã	2,9-3,3
Morango	3,0-3,9
Geléia de frutas	3,5
Carnes	pH
Frangos	6,3-6,4
Presunto	5,9-6,1
“Corned beef”	5,5-6,0
Salsichas Frankfurt	6,2
Bovina (moída)	5,1-6,2
Pescados	pH
Atum	5,2-6,1
Camarão	6,8-7,0
Peixe fresco (maioria)	6,6-6,8
Salmão	6,1-6,3
Laticínios	pH
Creme de Leite	6,5
Manteiga	6,1-6,4

Classificação dos alimentos em função do pH

1. Alimentos pouco ácidos → pH superior a 4,5 – nesta faixa de pH a microbiota do alimento é bastante variada, havendo condições para o desenvolvimento da maioria das bactérias, inclusive as patogênicas, bolores e leveduras. P.ex.: pH do albúmen do ovo não é um pH ideal para multiplicação da *Salmonella*.

2. Alimentos ácidos → pH entre 4,0 – 4,5. Nesta faixa a microbiota já é bem mais restrita, representada por bactérias lácticas e algumas formas esporuladas do gênero *Bacillus* e *Clostridium*.

3. Alimentos muito ácidos → pH inferior a 4,5. Nesta faixa a microbiota capaz de se desenvolver é restrita, praticamente, aos bolores e leveduras, além de bactérias lácticas e acéticas.



Composição do alimento (nutrientes disponíveis)

Os microrganismos variam quanto às suas exigências aos fatores de crescimento e à capacidade de utilizarem os diferentes substratos que compõem os alimentos. Para que a multiplicação microbiana seja possível, os seguintes nutrientes devem estar disponíveis: água, fonte de nitrogênio, fonte de carbono, vitaminas e sais minerais. Assim, de acordo com o tipo de nutrientes que compõem o alimento, podemos determinar qual o microrganismo que terá maiores possibilidades de se desenvolver.

- Os bolores são de particular interesse na deterioração de matérias primas ricas em carboidratos complexos (polissacarídeos), como amido e celulose.
- Os óleos e gorduras sofrem a ação de muitos bolores, leveduras e algumas bactérias.

Substâncias antimicrobianas naturalmente presentes nos alimentos

A estabilidade de alguns produtos de origem animal e vegetal ocorre, na natureza, devido à presença de constituintes antimicrobianos, que são substâncias naturalmente presentes nesses alimentos, tendo a capacidade de retardar ou inibir a multiplicação microbiana.

Ex: Eugenol - cravo e canela; Timol e isso timol – orégano; Lisozima, coalbumina e avidina no albúmen do ovo impedem a multiplicação e o deslocamento bacteriano, como da *Salmonella*; Alcina – alho; Nisina é uma

VPS 2201 2 – HIGIENE E SEGURANÇA ALIMENTAR

bacteriocina produzida por *Lactobacillus lactis* spp. *Lactis*, sendo o seu uso em alimentos autorizado pela United States Food and Drug Administration (FDA). A nisina é efetiva para impedir o desenvolvimento de GRAM + e a germinação dos seus esporos, mas não é ativa contra GRAM -. A nisina é considerada conservador natural.

Interação entre Microrganismos (microbiota natural)

Um determinado microrganismo ao se multiplicar em um alimento produz metabólitos que podem afetar a capacidade de sobrevivência e de multiplicação de outros microrganismos presentes nesse alimento. Por exemplo, a multiplicação de bactérias produtoras de ácido láctico podem reduzir o pH do alimento de tal forma que o torna ácido demais para o crescimento de outros microrganismos. É exemplo também de interação de microrganismos, a bacteriocina produzida pelo *Lactobacillus lactis* spp. *lactis* citado anteriormente.

FATORES EXTRÍNSECOS (Referem-se ao entorno do alimento)

Temperatura de Armazenamento

É um importante fator ambiental que pode afetar o crescimento microbiano.

Os microrganismos, individualmente ou como grupo, crescem sob uma faixa de temperatura. As faixas de T° para o crescimento microbiano, bem como as de pH, possuem um valor mínimo e outro máximo, com um valor ótimo de temperatura para o crescimento máximo do microrganismo. O valor ótimo de T° de crescimento determina o grupo a que o microrganismo pertencerá: grupo dos termófilos, dos mesófilos (ou no subgrupo -psicrotrófico) e dos psicrófilos. Um microrganismo termófilo não se desenvolve em T° ambientes e , portanto, alimentos enlatados podem ser estocados à T° ambiente mesmo que contenham termófilos que sobreviveram a processamentos com altas temperaturas.

As orientações sobre o tempo e a T° para a maioria dos patógenos de origem alimentar de frutos do mar foram determinadas considerando o tempo total em uma dada temperatura.

O tempo e T° definidos para controlar o crescimento microbiano nos alimentos são baseados no conhecimento das taxas de crescimento dos patógenos de origem alimentar mais comuns e mostram que a zona de maior perigo microbiano tem o limite inferior de -1,5°C para controlar a *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* e *A. hydrophila*, e o limite superior de 53°C, o qual é o limite de crescimento do *Clostridium perfringens*, por exemplo.

A velocidade específica de desenvolvimento diminui na medida em que a temperatura se afasta da ótima, até que cessa o desenvolvimento ou ocorra a morte da célula.

Portanto, é importante saber a faixa de T° de crescimento dos microrganismos para determinar uma T° apropriada para o armazenamento do produto.

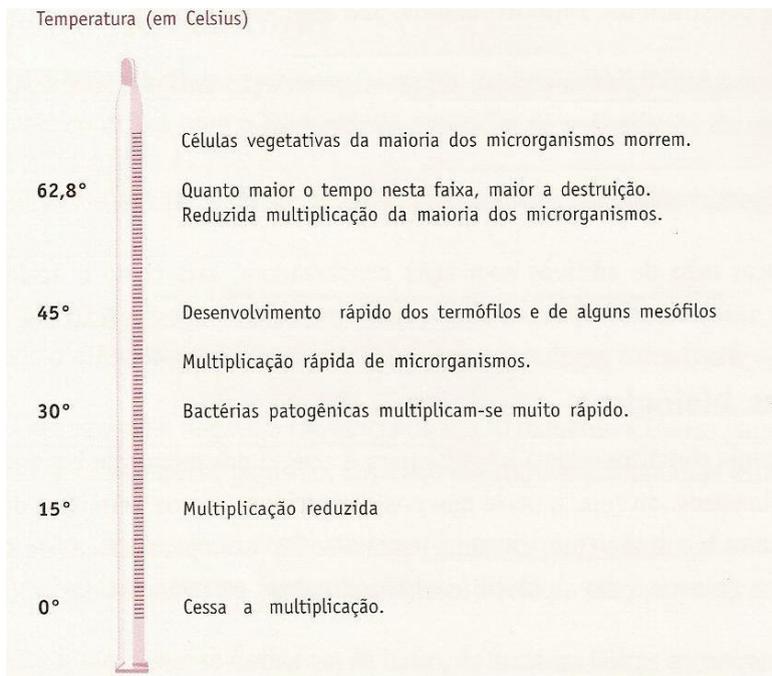


Figura 1: Cinética de multiplicação de microrganismos em função da temperatura do alimento.

Umidade relativa do ambiente

Há uma relação estreita entre A_w de um alimento e a umidade relativa de equilíbrio do ambiente. Quando o alimento está em equilíbrio com a ATM, a umidade relativa (UR) é igual a $A_w \times 100$. Assim, alimentos conservados em ambiente com UR superior à sua A_w tenderão a absorver umidade do ambiente, causando um aumento da sua A_w . Por outro lado, os alimentos perdem água se a umidade ambiental for inferior à sua A_w , causando uma diminuição nesse valor. Essas alterações provocam modificações na capacidade de multiplicação dos microrganismos presentes, que será determinada pela atividade de água (A_w) final.

Composição atmosférica

A composição gasosa do ambiente que envolve um alimento pode determinar os tipos de microrganismos que poderão predominar nele. A presença de oxigênio favorece a multiplicação de microrganismos aeróbios, enquanto a sua ausência causará a predominância dos anaeróbios, embora haja bastante variação na sensibilidade dos anaeróbios ao oxigênio.

Modificações na composição gasosa são capazes de causar alterações na microbiota que sobrevive ou multiplica em determinado alimento.

Atmosfera (ATM) Modificada corresponde a ambientes nos quais o oxigênio é – total ou parcialmente – substituído por outros gases, são empregadas como recurso tecnológico para aumentar a vida útil dos alimentos. Embalagens contendo diferentes combinações entre oxigênio, nitrogênio e gás carbônico são as mais empregadas industrialmente, embora outros gases possam também ser utilizados (monóxido de carbono, óxido nitroso, dióxido de enxofre). A embalagem a vácuo também é utilizada, principalmente em carnes.

O N_2 não tem efeito antimicrobiano ou em alguns casos pouco efeito. Ele é usado para substituir o oxigênio.

O efeito antimicrobiano do CO_2 depende de inúmeros fatores. O principal é a temperatura, quanto mais baixa for melhor o efeito do gás. A temperatura inadequada pode cancelar esta ação biostática do gás. Além disso, a ação do

VPS 2201 2 – HIGIENE E SEGURANÇA ALIMENTAR

gás depende do pH, A_w do alimento, condições metabólicas do microrganismos presentes e da concentração do gás.

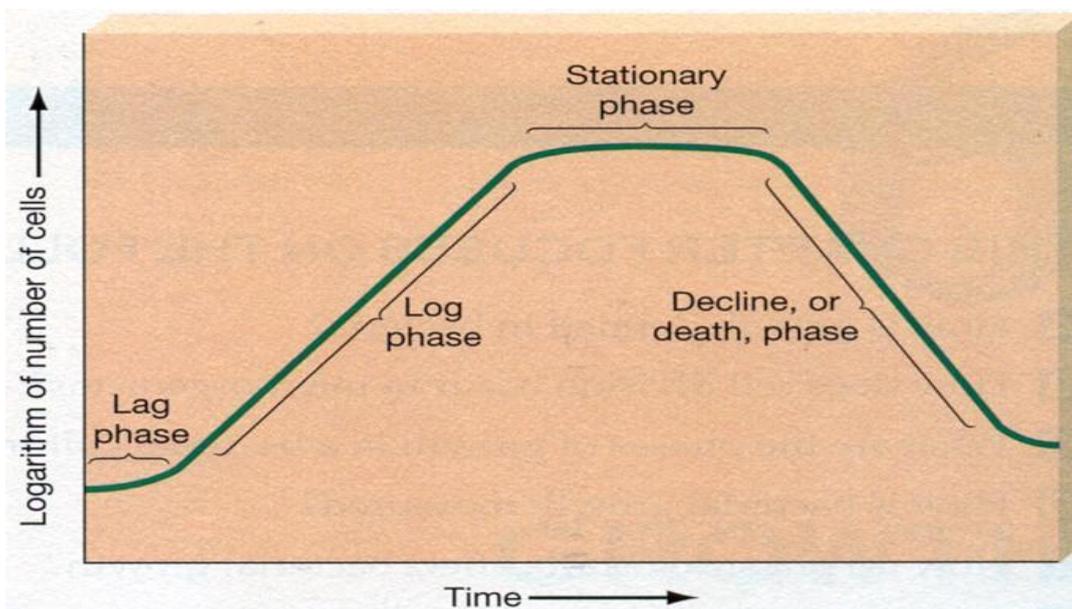
Muitos países usam essa técnica (10% de CO_2) para estocar frutas, provocando assim o retardamento da maturação e da putrefação causada por fungos.

Certos vegetais, principalmente frutas, são conservados em atmosfera contendo ozônio. Não é recomendado o uso desse gás em alimentos com alto teor de lipídeos, pois acelera a rancificação.

CICLO DE CRESCIMENTO MICROBIANO

O ciclo de crescimento microbiano é composto por 6 fases.

Figura 1. Curva de crescimento microbiano



1) FASE LAG

As células não estão se multiplicando, mas sintetizando as enzimas apropriadas para o ambiente.

2) FASE DE ACELERAÇÃO

Uma proporção crescente de células está se multiplicando.

3) FASE EXPONENCIAL (ou log)

A população está duplicando (1-2-4-8-16-32-64 etc). O número de células cresce de maneira tal que, para visualização gráfica, melhor seria utilizar valores exponenciais (LOGARITMOS). Como resultado, tem-se uma linha reta cuja inclinação representa o $\mu_{m\acute{a}x}$. (taxa de crescimento máximo) e o tempo de duplicação t_d (tempo necessário para a massa celular aumentar 2 vezes).

Fase Exponencial – ocorre uma multiplicação em ritmo contínuo, podendo ser avaliada pela seguinte equação:

VPS 2201 2 – HIGIENE E SEGURANÇA ALIMENTAR

$$N_t = N_0 \cdot 2^n, \text{ onde}$$

N_t → número de microrganismos após o tempo t de crescimento

N_0 → número inicial de microrganismos

n → número de gerações

O valor de n pode ser calculado pela seguinte fórmula: $n = t/t_g$, onde

t → é o tempo em minutos

t_g → é o tempo de geração, ou tempo necessário para dobrar o número de células.

O tempo de geração varia de acordo com o microrganismo e, para um mesmo microrganismo, o tempo varia de acordo com as condições ambientais (temperatura, umidade, nutrientes e necessidade de oxigênio).

4) FASE DE DESACELERAÇÃO

Uma crescente proporção de células não está mais se multiplicando.

5) FASE ESTACIONÁRIA

A taxa de nascimento é igual à de morte, resultando em um número igual de células em um dado tempo. A morte é causada pelo esgotamento de nutrientes, pela acumulação de produtos finais tóxicos e/ou outras mudanças no ambiente, tais como variações de pH. A duração da fase estacionária depende de fatores como o organismo e as condições ambientais (T° etc). Os organismos capazes, formam esporos devido a condições de estresse.

6) FASE DA MORTE

O número de células morrendo é maior do que o de células nascendo. As células que formam esporos sobrevivem mais tempo do que as que não formam.

CONTROLE DO DESENVOLVIMENTO MICROBIANO NOS ALIMENTOS

Uma das principais preocupações da microbiologia dos alimentos está relacionada ao controle de desenvolvimento microbiano, visando eliminar risco à saúde do consumidor, bem como prevenir ou retardar o surgimento de alterações indesejáveis nos alimentos.

CONCEITO DE MEDIDA DE CONTROLE

Medida de controle é qualquer ação que pode ser realizada para garantir a propriedade e inocuidade dos alimentos, como **prevenir** a contaminação (deteriorantes/patógenos), prevenir a multiplicação microbiana (deteriorantes/ patógenos) e **eliminar ou reduzir** a contaminação a um nível aceitável (deteriorantes/patógenos).

Para definir quais as melhores medidas de prevenção/controle num determinado alimento, é necessário conhecer os fatores ótimos e limitantes que influenciam o crescimento do microrganismo ou do grupo de microrganismos. Para prolongar a vida de prateleira e fornecer alimentos que não causem doença no consumidor, muitas vezes é

VPS 2201 2 – HIGIENE E SEGURANÇA ALIMENTAR

necessária a utilização simultânea de mais de uma forma de controle microbiano nos alimentos (denominado “tecnologia dos obstáculos”).

Exemplos de medidas de controle:

- 1) Uso de métodos mecânicos para remoção dos microrganismos presentes (ultrafiltração, por exemplo);
- 2) Manutenção de condições atmosféricas desfavoráveis à multiplicação microbiana (embalagem a vácuo ou atmosfera modificada, por exemplo);
- 3) Acidificação do produto (adição de ácidos ou de microrganismos fermentadores);
- 4) Uso de temperaturas elevadas (manter > 60 °C);
- 5) Uso de baixas temperaturas (manter < 10 °C);
- 6) Desidratação (redução da Aw);
- 7) Uso de conservadores químicos (antimicrobianos);
- 8) Irradiação do alimento;
- 9) Destruição mecânica dos microrganismos (altas pressões, por exemplo)
- 10) Outros

Calor ⇒ o calor elimina as células microbianas quando submetidas a uma temperatura letal. Essa temperatura varia de acordo com a espécie do microrganismo e com a forma em que se encontra. As células vegetativas dos microrganismos são destruídas a 60°C. Os esporos são inativados em temperaturas superiores a 100°C.

A inativação das células vegetativas e dos esporos pelo calor úmido decorre da desnaturação de proteínas, incapacitando a célula de se multiplicar. O calor seco age nas células por oxidação dos componentes celulares. Os esporos são mais resistentes em função de seu maior grau de desidratação.

O calor é utilizado em vários métodos de conservação e preparo dos alimentos, tais como: cocção, pasteurização, esterilização, secagem e concentração. Nestes métodos ocorre a eliminação total ou parcial dos microrganismos de acordo com o grau do tratamento térmico dado ao alimento.

- Cocção ⇒ é um processo de uso de temperaturas altas largamente utilizado, para o preparo final do produto, antes do consumo. São várias as formas de cocção usadas: fervura; fritura; forno..
- Pasteurização ⇒ tratamento térmico que elimina parte da flora microbiana presente no alimento, empregando $T < 100^{\circ}\text{C}$, sendo utilizado nos seguintes casos:
 - a) Visando eliminar os germes patogênicos – que é o caso do leite pasteurizado. O tratamento é feito a 72 -75 °C por 15 – 20 min. (HTST – alta temperatura baixo tempo) ou a 60 – 65 °C por 30 min. (LTLT – baixa temperatura e alto tempo). Visando a eliminação da *coxiella burnetii*; destruição de bactérias do grupo coliforme; reduz bastante a contagem de outros microrganismos não patogênicos. Alguns microrganismos psicotróficos podem resistir a pasteurização.
 - b) Visando eliminar deteriorantes e patogênicos capazes de se desenvolver no produto – é o caso dos alimentos ácidos (pH entre 4,0 e 4,5, ex: tomate; cogumelos; palmitos) e dos muitos ácidos (pH < 4,0 ex: pickles e sucos de frutas).

Nesses alimentos os patógenos não sobrevivem ou não se desenvolvem. Os deteriorantes como leveduras, bolores, bactérias lácticas e acéticas são destruídos pelo calor (faixa 60 – 90 °C). Deteriorantes como *Bacillus Coagulans* e certas espécies de *Clostridium*, os esporos desses microrganismos não são muito resistentes mas podem se desenvolver no produto. Nestes casos são usadas temperaturas de 100°C (banho Maria).

VPS 2201 2 – HIGIENE E SEGURANÇA ALIMENTAR

- Esterilização ⇒ tem por finalidade a destruição total dos microrganismos presentes. Com isso implica a eliminação dos esporos bacterianos, são necessárias temperaturas elevadas, acima de 100 °C, o que se consegue com o uso das autoclaves, que trabalham com o calor sob pressão.

Frio ⇒ o frio é bastante utilizado na conservação dos alimentos perecíveis, tanto os de origem animal como vegetal.

- Refrigeração ⇒ na refrigeração utilizam-se temperaturas superiores às do ponto de congelamento. Pode ser usada como meio de conservação básica (carnes e pescados frescos), como conservação temporária até que se aplique outro método (leite cru) ou ainda como método de conservação complementar (leite pasteurizado). A refrigeração não pode ser considerada como forma de eliminação de microrganismos.
- Congelamento ⇒ utilizam-se temperaturas mais baixas do que na refrigeração (-10 à -40°C). No processo de congelamento ocorre uma redução da população microbiana. A morte dos microrganismos decorre, principalmente, devido aos cristais de gelo formados na célula; a desnaturação das enzimas; a perda de gases da célula; ao abaixamento da Aa..

Sal ⇒ o sal provoca a diminuição da Aa dos alimentos, aumentando a conservação. Os alimentos salgados podem ser mantidos à temperatura ambiente (bacalhau; charque).

Açúcar ⇒ funciona aumentando a pressão osmótica, diminuindo a Aa, criando um ambiente desfavorável para multiplicação das bactérias e para alguns bolores e leveduras, exemplo geléias; doces; frutas cristalizadas; leite condensado; mel e etc.

Secagem ⇒ ocorre a eliminação da água pelo calor, que pode ser conduzido através do ar quente usado para produção de massas alimentícias, desidratação de vegetais e de carnes (temperatura entre 45 – 85 °C) ex: produção de leite em pó e de café em pó (180 – 230 °C).

Concentração ⇒ é um processo que remove parte da água (30 – 60%) dos alimentos, diminuindo a Aa dos mesmos. É usada para produção de sucos concentrados, doces, em massa, molhos de tomate, catchup, geléias, leite e outros

Fermentação ⇒ baseia-se na modificação das características da matéria-prima, por ação de microrganismos dando origem a um produto mais estável em decorrência de compostos produzidos durante a fermentação (ácido láctico; ácido acético; etanol). Os ácidos além de atuarem provocando a morte dos microrganismos não podem se desenvolver, inclusive os patogênicos.

Aditivos ⇒ são substâncias aprovadas para serem utilizadas nos alimentos com diversas modalidades: melhorar sua coloração, textura, aroma, bem como conservá-los por um tempo maior.

Irradiação ⇒ as radiações na faixa do ultravioleta (200 – 280 nm), são empregadas para inativar microrganismos da parte superficial dos alimentos, de embalagens ou mesmo de superfícies que entram em contato com os alimentos.

Defumação ⇒ é empregada como processo de conservação para conferir sabor e aroma característicos a certos produtos.