

## Alimentos e água: aspectos microbiológicos

Profª. Drª. Daniele Fernanda Maffei

1

## O que é um alimento seguro?

Um alimento seguro é aquele que, além de fornecer nutrientes importantes ao organismo, esteja livre de **perigos** que possam causar danos à saúde.

2

## Perigos - na área de alimentos

Do ponto de vista da segurança dos alimentos, define-se perigo como qualquer agente de natureza **física, química** ou **biológica** que possa causar danos à saúde ou à integridade física do consumidor.

3

## Microbiologia dos alimentos

4

## Microbiologia

**Microbiologia:** ramo da biologia que estuda os micro-organismos e suas atividades.

### Áreas de estudo

- Microbiologia ambiental
- Microbiologia clínica
- Microbiologia veterinária
- Microbiologia industrial
- **Microbiologia dos alimentos**

5

## Relação micro-organismos x alimentos

### Classificação

- ✓ Micro-organismos que causam alterações benéficas nos alimentos;
- ✓ Micro-organismos que causam alterações prejudiciais nos alimentos;
- ✓ Micro-organismos que causam Doenças Transmitidas por Alimentos.

6

## Micro-organismos que causam alterações benéficas/desejáveis

Micro-organismos naturalmente presentes em determinados alimentos ou intencionalmente adicionados.

### Principais objetivos

- Melhorar as características sensoriais do produto
- Melhorar a saúde humana (probióticos)

Ex: fabricação de alimentos fermentados.

7

## Micro-organismos que causam alterações prejudiciais/indesejáveis

São aqueles que causam a deterioração do alimento - perdas econômicas significativas.

Consequência da atividade metabólica natural dos micro-organismos - utilizam o alimento como fonte de energia para perpetuar a espécie.

Alteração de cor, odor, sabor, textura e aspecto do alimento.

8

## Micro-organismos que causam Doenças Transmitidas por Alimentos (DTA)

São aqueles que representam riscos à saúde dos consumidores.

- ✓ Mais de 200 doenças conhecidas: bactérias, parasitas, vírus, toxinas, metais pesados e príons.
- ✓ As características das DTA variam com: o alimento, o agente causador e o indivíduo afetado.

9

## Contaminação dos alimentos

10

## Contaminação dos alimentos

### Fontes de contaminação

- Ambiente (solo, água contaminada, ar, plantas etc.);
- Utensílios em geral (mal higienizados / contaminação cruzada);
- Trato intestinal do homem e animais (patógenos e indicadores de contaminação fecal);
- Manipuladores de alimentos (mão, boca, fossas nasais, adornos etc.);
- Animais e ração animal

11

## Fatores que controlam o desenvolvimento microbiano nos alimentos

12

## Fatores intrínsecos e extrínsecos

### Definição

Fatores ou características inerentes ao alimento (**intrínsecos**) ou relacionados ao ambiente onde o alimento se encontra (**extrínsecos**) e que exercem influência na multiplicação dos micro-organismos.

13

## Fatores intrínsecos e extrínsecos

### Fatores intrínsecos

- ✓ Atividade de água ( $a_w$ )
- ✓ Potencial hidroeônico (pH)
- ✓ Potencial redox (Eh)
- ✓ Composição química (nutrientes)
- ✓ Fatores antimicrobianos naturais
- ✓ Estruturas biológicas
- ✓ Interações entre micro-organismos (fator implícito)

14

## Fatores intrínsecos e extrínsecos

### Fatores extrínsecos

- ✓ Temperatura
- ✓ Umidade relativa
- ✓ Atmosfera envolvendo o alimento (composição gasosa)

15

## Fatores intrínsecos

### Atividade de água ( $a_a$ / $a_w$ )

- **Água disponível em um alimento:** água ligada a macromoléculas por forças físicas não está disponível para reações e não pode ser usada pelos micro-organismos;
- Os valores de  $a_w$  variam entre 0 e 1 (água pura);
- Os micro-organismos não se multiplicam em água pura nem em ausência total de água;

16

## Fatores intrínsecos

### Atividade de água ( $a_w$ )

- Cada micro-organismo apresenta valores ótimos, mínimos e máximos de  $a_w$  para sua multiplicação:

Valor máximo: ligeiramente menor do que 1,0  
Ótimo: varia de acordo com o micro-organismo  
Valor mínimo já relatado: 0,60\* (leveduras osmofílicas)

**Fungos (bolores e leveduras) < Bactérias**

17

## Fatores intrínsecos

### Atividade de água ( $a_w$ )

- Quando a  $a_w$  for mínima, a multiplicação da população bacteriana será mínima;
- A multiplicação aumentará sempre que aumentar a  $a_w$ ;
- Em valores mais baixos do que o mínimo, as bactérias não necessariamente morrerão (pode acontecer);
- As bactérias que sobreviverem poderão permanecer inativas, mas infecciosas.

18

## Fatores intrínsecos

### Atividade de água ( $a_w$ )

- A redução da  $a_w$  dos alimentos constitui um dos **métodos mais antigos** de conservação de alimentos adotados pelo homem;
- Pode-se reduzir a  $a_w$  de um alimento pela adição de solutos (sal ou açúcar) ou remoção da água livre (desidratação ou congelamento);

19

## Fatores intrínsecos

### pH

- Potencial Hidrogeiônico (pH) - representa uma escala que mede o grau de acidez, alcalinidade ou neutralidade de uma solução;
- Esta escala varia entre 0 e 14, sendo 0 o valor máximo de acidez, 14 o valor máximo de alcalinidade e 7 o valor neutro;
- Os micro-organismos possuem valores de pH máximo, mínimo e ótimo para sua multiplicação;
- Em geral, valores próximos à neutralidade (6,5-7,5) são mais favoráveis à multiplicação microbiana.

20

## Fatores intrínsecos

### pH

Os alimentos são subdivididos em três grandes grupos, em relação aos valores de pH:

Alimentos de baixa acidez (pouco ácidos): pH superior a 4,5

Alimentos ácidos: pH entre 4,0 e 4,5

Alimentos muito ácidos: pH inferior a 4,0

Estes valores baseiam-se no pH mínimo para a multiplicação da maioria das bactérias (4,0) e no pH mínimo para a multiplicação e produção de toxinas de *Clostridium botulinum* (4,5)

21

## Fatores intrínsecos

### Potencial redox (Eh)

Substratos **oxidados** apresentam **Eh positivo**;

Substratos **reduzidos** apresentam **Eh negativo**;

O Eh de um ambiente pode ser afetado por uma série de compostos, sendo o oxigênio o fator que mais contribui para o aumento do Eh de um alimento;

As reações de oxidação e redução fornecem energia para os processos celulares e afetam a multiplicação microbiana.

22

## Fatores intrínsecos

### Potencial redox (Eh)

Em relação aos micro-organismos:

**Aeróbios:** Eh positivo para a multiplicação (+350 e +500 mV);

**Anaeróbios:** Eh negativo para a multiplicação (inferior a -150 mV);

**Microaerófilos:** multiplicam-se melhor em condições ligeiramente reduzidas de Eh;

**Anaeróbios facultativos:** multiplicam-se igualmente em Eh positivo ou negativo.

23

## Fatores intrínsecos

### Potencial redox (Eh)

Valores gerais de Eh dos alimentos:

✓ Alimentos de origem vegetal: +300 e +400 mV;

✓ Carnes: pedaços grandes inteiros - 200 mV, carne moída +200 mV;

✓ Queijos: variável dependendo das condições de fabricação (-20 até -200 mV).

24

## Fatores intrínsecos

### Composição química

O desenvolvimento microbiano depende diretamente da presença de nutrientes disponíveis para a síntese de componentes celulares e produção de energia.

25

## Fatores intrínsecos

### Composição química

Nutrientes necessários para a multiplicação microbiana:

- ❖ Água
- ❖ Fonte de energia (fonte de carbono)
- ❖ Fonte de nitrogênio
- ❖ Vitaminas
- ❖ Sais minerais

26

## Fatores intrínsecos

### Fatores antimicrobianos

Substâncias que apresentam a capacidade de inibir ou retardar a multiplicação microbiana. Podem ser:

- Naturais (alicina = alho, aldeído cinâmico = canela)
- Produzidas por micro-organismos (ácido lático = bactérias lácticas)
- Adicionadas aos alimentos (ácidos, nitratos e nitritos)

27

## Fatores intrínsecos

### Estruturas biológicas

As estruturas biológicas dos alimentos também podem funcionar como barreiras físicas para a penetração de micro-organismos em alimentos.

Ex: cascas de castanhas, frutas e ovos; pele de animais e película de sementes.

28

## Fatores intrínsecos

### Interações entre micro-organismos (fator implícito)

- ✓ A interação entre os diferentes micro-organismos presentes nos alimentos exerce influência na composição da microbiota;
- ✓ A produção de alguns metabólitos pode tanto favorecer, quanto inibir a multiplicação de outros micro-organismos.

29

## Fatores extrínsecos

### Temperatura

Fator ambiental relevante para a multiplicação microbiana:

- Temperatura de estocagem influencia na qualidade e segurança do alimento: vida de prateleira (deteriorantes) e probabilidade de multiplicação de patógenos;
- De acordo com as temperaturas máxima, mínima e ótima para a multiplicação, os micro-organismos de importância em alimentos podem ser divididos em 3 grupos principais: mesófilos, psicrotópicos e termófilos.

30

## Fatores extrínsecos

### Temperatura

#### Micro-organismos mesófilos:

- ❖ Temperatura ótima de multiplicação entre 25 °C e 40 °C
- ❖ Mínima entre 5 °C e 25 °C
- ❖ Máxima entre 40 °C e 50 °C

Nesta categoria encontra-se a maioria dos micro-organismos de importância em alimentos: maioria dos patógenos.

31

## Fatores extrínsecos

### Temperatura

#### Micro-organismos psicrotróficos:

- ❖ Capacidade de se desenvolver sob refrigeração (0 - 7 °C), independente da temperatura ótima de multiplicação.

Micro-organismos psicrófilos são aqueles que têm temperatura de multiplicação entre 0°C e 20°C, com um ótimo entre 10°C e 15°C.

32

## Fatores extrínsecos

### Temperatura

#### Micro-organismos termófilos:

Temperatura ótima de multiplicação entre 45 °C e 65 °C  
Mínima entre 35 °C e 45 °C  
Máxima entre 60 °C e 90 °C

Sobrevivência em alimentos aquecidos entre 60-80 °C  
Principais gêneros de importância em alimentos

Deteriorantes: *Bacillus coagulans*

Patogênicos: *C. botulinum* e *C. perfringens*

33

## Fatores extrínsecos

#### Efeito da temperatura adversa nos micro-organismos:

##### Frio:

- \* Diminuição na velocidade de multiplicação;
- \* Menor velocidade de reações enzimáticas;

##### Calor:

- \* Provoca desnaturação enzimática e consequente inativação da célula.

34

## Fatores extrínsecos

### Umidade relativa do ambiente

Dependendo das condições de armazenamento (umidade relativa do ambiente e embalagem), pode ocorrer troca de água entre o ambiente e os alimentos;

- ✓ Quando a UR é superior à  $a_w$  do alimento: absorção de água do ambiente e aumento da  $a_w$ .
- ✓ Quando a UR é inferior à  $a_w$  do alimento: perda de água para o ambiente e diminuição da  $a_w$ .

Uma vez que a  $a_w$  influencia na multiplicação dos micro-organismos em alimentos, alterações na  $a_w$ , provocadas pela UR, também exercem efeito na multiplicação destes organismos.

35

## Fatores extrínsecos

### Atmosfera envolvendo o alimento (composição gasosa)

Pode determinar os tipos de micro-organismos que poderão se multiplicar no alimento:

- \* Presença de  $O_2$  favorece a multiplicação de aeróbios
- \* Ausência de  $O_2$  favorece a multiplicação de anaeróbios.

Pode-se manipular a composição gasosa do ambiente onde os alimentos serão armazenados para controlar a multiplicação microbiana:

36

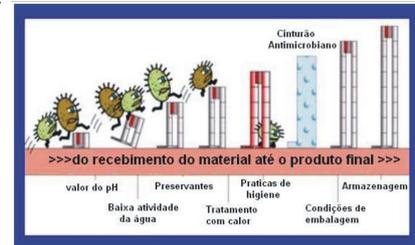
## Teoria dos obstáculos

- ✓ Refere-se às interações entre os fatores intrínsecos e extrínsecos para impedir a multiplicação de micro-organismos deteriorantes ou patogênicos, melhorando a estabilidade e a qualidade dos alimentos.
- ✓ Baseia-se na utilização simultânea de mais de uma forma de controle microbiano, de forma a dificultar o desenvolvimento dos micro-organismos.

37

## Teoria dos obstáculos

Os micro-organismos aumentam o gasto energético para superar todas as "barreiras" utilizadas. Com isso, ocorre diminuição da velocidade de multiplicação.



Fonte: <http://www.qsalimentos.xpg.com.br/microdeali.htm>

38

## Patógenos de importância em alimentos = DTA

39

## Doenças Transmitidas por Alimentos

São caracterizadas por ocorrências clínicas causadas por agentes contaminantes, por meio da ingestão de alimentos e/ou água contaminados, afetando a saúde do consumidor.

Constituem um dos problemas de saúde pública mais frequentes no mundo e podem causar expressivas perdas econômicas.

Problemas para consumidores, indústria de alimentos e governo.

40

## Surtos de DTA

Episódio em que duas ou mais pessoas apresentam sinais/sintomas semelhantes após a ingestão de um mesmo alimento ou água, e a evidência clínica, epidemiológica e/ou laboratorial apontam os mesmos como a origem da enfermidade.

Para doenças de alta gravidade, como Botulismo e Cólera, apenas um caso já é considerado surto.

41

## Classificação das DTA

Infecção x Intoxicação x Toxinfecção

42

## Classificação das DTA

### Infecção

Ocorre quando o indivíduo ingere o micro-organismo presente no alimento - proliferação no trato gastrointestinal.

- *Salmonella*
- *Listeria monocytogenes*

43

## Classificação das DTA

### Intoxicação

Ocorre quando o indivíduo ingere um alimento que contenha toxinas liberadas pelo micro-organismo, produzidas durante a multiplicação desses micro-organismos nos alimentos.

Toxinas - responsáveis pela ocorrência dos sintomas (geralmente com período de incubação mais curto).

- *Staphylococcus aureus*
- *Clostridium botulinum*

44

## Classificação das DTA

### Toxinfecção

Ocorre quando o indivíduo ingere um alimento contaminado por micro-organismos patogênicos e estes liberam a toxina no organismo humano.

- *Clostridium perfringens*
- *Vibrio cholerea*

45

## Principais micro-organismos envolvidos nos surtos de DTA

46

## Salmonella

- Salmonelose - principal DTA reportada no mundo.
- Reservatório: trato intestinal de humanos e animais (principalmente aves).

### Condições de multiplicação

- Temperatura: 5 a 47 °C (ótimo entre 35 a 37 °C)

Como não formam esporos, são relativamente termossensíveis, podendo ser destruídas a 60 °C por 15 a 20 min.

- Aw: 0,94 a 0,99. Não multiplica em Aw <0,93, mas sobrevive.
- pH: 4,5 a 9,5 (ótimo entre 6,5 a 7,5)

47

## Salmonella

O gênero *Salmonella* compreende três espécies:

### ➤ *S. enterica*

- S. enterica* subsp. *enterica*
- S. enterica* subsp. *salamae*
- S. enterica* subsp. *arizonae*
- S. enterica* subsp. *diarizonae*
- S. enterica* subsp. *houtenae*
- S. enterica* subsp. *indica*

### ➤ *S. bongori*

### ➤ *S. subterranea*

➤ 2.600 sorovares conhecidos.

48

## Salmonella

Síndromes causadas por *Salmonella enterica*:

### Febre tifóide (*S. Typhi*)

Reservatório: homem

Sintomas: febre alta, septicemia, diarreia, sangramento intestinal, manchas rosadas no peito e no tronco. Mortalidade 10-20%.

### Febre paratifóide (*S. Paratyphi*)

Mesma sintomatologia da febre tifoide, porém mais branda.

### Infecções entéricas (salmoneloses)

Forma clínica mais comum (~90%). Ingestão de água e alimentos contaminados. Sintomas mais brandos e baixa mortalidade (<1%).

## Salmonella

Produtos de origem animal

- ovos ou produtos contendo ovos crus ou mal cozidos;
- carnes cruas ou mal passadas (aves, bovinos e suínos);
- produtos lácteos, entre outros.

Produtos de origem vegetal

- frutas e hortaliças

49

50

## Escherichia coli patogênica

- Presença de *E. coli* no alimento (enterobactéria x linhagens patogênicas);

### Condições de multiplicação

- Temperatura: 7 a 50 °C (ótimo em torno de 37 °C)
- Aw: >0,95 (mínimo)
- pH: ótimo em pH de 7,0

### Grupos de *E. coli* patogênicas

*E. coli* enterotoxigênica (ETEC), *E. coli* enteropatogênica (EPEC), *E. coli* enteroinvasiva (EIEC), *E. coli* enteroagregativa (EAaggEC), *E. coli* entero-hemorrágica (EHEC).

## Escherichia coli patogênica

- Principais alimentos envolvidos: carnes cruas ou mal assadas, leite não pasteurizado e hortaliças cruas.
- Principais sintomas: náuseas, vômitos, dores abdominais, diarreia aquosa e/ou sanguinolenta, febre. Casos mais graves podem levar ao desenvolvimento da síndrome urêmica hemolítica.

51

52

## Staphylococcus aureus

- Bactéria pode estar presente em pessoas saudáveis, colonizando as mucosas da nasofaringe;
- Intoxicação estafilocócica ocorre devido à ingestão de alimentos contaminados com a toxina produzida por esta bactéria durante sua multiplicação nos alimentos.
- Principais alimentos envolvidos: leite e produtos lácteos, tortas recheadas com creme, bolos confeitados etc.
- Principais sintomas: vômito intenso, diarreia, sudorese, calafrios.

## Listeria monocytogenes

Bactéria ubíqua

### Condições de multiplicação

- Temperatura: 1 a 45 °C (ótimo 30 a 37 °C).
- Aw: Ótima (>0,97). Sobrevive longos períodos em aw baixa.
- pH (ótimo 6-8).

### Problema para a indústria de alimentos

- Presença disseminada na natureza.
- Elevada resistência a condições adversas.
- Multiplica sob refrigeração e forma biofilmes.

53

54

## *Listeria monocytogenes*

### Alimentos (ou grupos)

- Frutas e hortaliças *in natura* e minimamente processadas.
  - Carnes e produtos cárneos que serão consumidos após cocção - risco de (re) contaminação.
  - Pescados
  - Laticínios
- *L. monocytogenes* raramente infecta indivíduos saudáveis.
- Listeriose: afeta principalmente indivíduos com o sistema imune comprometido (grávidas, recém-nascidos e idosos).

55

## *Listeria monocytogenes*

### Sintomatologia

#### Listeriose não-invasiva

- Calafrios, febre e dores musculares, enjoo, vômito e diarreia.

#### Listeriose invasiva

- Meningite, encefalite ou septicemia;
- Pode levar ao aborto espontâneo, nascimento de feto morto ou prematuro quando a mulher grávida é infectada no segundo e terceiro trimestres;
- Recém-nascido pode ter infecção na corrente sanguínea (sepsis) ou meningite.

56

## *Clostridium botulinum*

### Enfermidade: Botulismo

Causado pela ingestão de toxinas pré-formadas. Sintomas iniciam em 12 a 36 h após a ingestão. Considerada uma emergência que requer administração de anti-toxina (antídoto) imediata.

**Botulismo de origem alimentar:** Esporos de *Cl. botulinum* no alimento - produção da toxina - ingestão da toxina - rápida absorção - ação nos neurônios periféricos, causando paralisia flácida (náusea, vômito, dores de cabeça, visão dupla, fala arrastada).

**Botulismo infantil:** Ingestão de *Cl. botulinum* por crianças - multiplicação no colo - produção da toxina - lenta absorção - ação nos neurônios periféricos, causando paralisia flácida (dores de cabeça, visão dupla, fala arrastada, perda da rigidez muscular, prisão de ventre).

57

## *Clostridium botulinum*

**Alimentos envolvidos:** enlatados de baixa acidez (principalmente produção caseira), vegetais, peixe e produtos de carne. Também é associado com mel.

O tratamento térmico de alimentos enlatados de baixa acidez a 121 °C por 3 min ou equivalente eliminará os esporos de *Cl. botulinum*. Essa bactéria não pode se multiplicar em alimentos ácidos ou acidificados com pH inferior a 4,5.

58

## Microbiologia da água

## Microbiologia da água

### Brasil

- 34 milhões de pessoas não dispõem de água tratada.
- 49% da população não possui coleta de esgoto.
- Apenas 44% do esgoto gerado no Brasil é tratado.
- 2015: 407 mil internações por diarreia causada pela falta de saneamento (53% crianças <5 anos).

Fonte: Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS), 2016.

59

60

## Microbiologia da água

### Água para consumo humano

**Fontes:** rios, riachos, lagos, represas.

**Problemas de contaminação:** esgoto doméstico, agricultura, dejetos industriais.

Pode conter: bactérias não patogênicas, bactérias patogênicas (ex. *Vibrio* spp., *Salmonella* spp., *Shigella* spp., *E. coli*), fungos, vírus e protozoários.

61

## Portaria GM/MS nº 888, de 4 de maio de 2021

(Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5 de 28 de setembro de 2017)

| Formas de abastecimento | Parâmetro                                   | VMP(1)  |  |
|-------------------------|---|---|--|
| SAI                     | <i>Escherichia coli</i> (2)                 | Ausência em 100 mL  |  |
| SAA e SAC               | Na saída do tratamento                      | Coliformes totais(3)  | Ausência em 100 mL   |
|                         | Sistema de distribuição e pontos de consumo | <i>Escherichia coli</i> (2)   | Ausência em 100 mL   |
|                         | Coliformes totais(4)                        | Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem menos de 20.000 habitantes    | Apenas uma amostra, entre as amostras examinadas no mês pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água, poderá apresentar resultado positivo |
|                         |   | Sistemas ou soluções alternativas coletivas que abastecem a partir de 20.000 habitantes | Ausência em 100 mL em 95% das amostras examinadas no mês pelo responsável pelo sistema ou por solução alternativa coletiva de abastecimento de água.                                     |

62

## Referências

FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. *Bad Bug Book, Foodborne Pathogenic Microorganisms and Natural Toxins*. 2nd ed. 2012. Disponível em: <https://www.fda.gov/food/foodborne-pathogens/bad-bug-book-second-edition>

FORSYTHE, S. J. *Microbiologia da segurança dos alimentos*. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 602p.

FRANCO, B.D.G.M., LANDGRAF, M. *Microbiologia dos alimentos*. São Paulo: Editora Atheneu, 2008. 182p.

JAY, J.M., LOESSNER, M.J., GOLDEN, D.A. *Modern food microbiology*, 7th ed. New York: Springer, 2005. 790p.

MONTVILLE, T.J., MATTHEWS, K.R. *Food microbiology: an introduction*, 2nd ed. Washington, DC: ASM Press, 2008. 427p.

SALFINGER, Y. & TORTORELLO, M.L. (eds.). *Compendium of methods for the microbiological examination of foods*, 5th ed. Washington: American Public Health Association (APHA), 2015.

63