UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
Departamento de Engenharia de Alimentos
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM GESTÃO E INOVAÇÃO NA INDÚSTRIA ANIMAL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

Processos não convencionais para conservação de alimentos

Imagem: http://www.cpt.com.br/cursos-gastronomia-segurancaalimentar/artigos/seguranca-alimentar-microrganismos-patogenos-e-beneficos-aos-alimentos

Aula 01:
•Principais mecanismos de deterioração dos alimentos

Prof. Marta Mitsui Kushida

1

INTRODUÇÃO

PRESERVAÇÃO DE ALIMENTOS

- Ações que visam manter os alimentos com as propriedades desejadas ou naturais por tanto tempo quanto for possível!

Imagem: http://clikaki.com.br/como-conservar-alguns-alimentos/

2

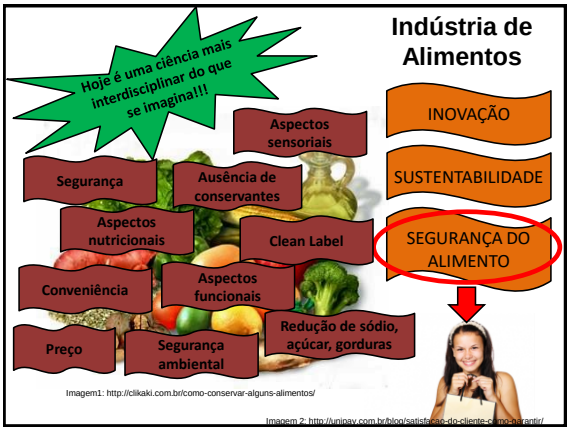


Imagem1: http://clikaki.com.br/como-conservar-alguns-alimentos/

Imagem 2: http://unipay.com.br/blog/satisfacao-do-cliente-como-garantir/

3

Imagens da internet

4

SEGURANÇA ALIMENTAR

- O que é segurança alimentar???
  - "Realização do direito de todos ao acesso regular e permanente a alimentos de qualidade, em quantidade suficiente." (art. 3º - cap. I)
- Lei 11.346 de 15 de setembro de 2006 – lei orgânica de Segurança Alimentar e Nutricional, criando o SISAN (Sistema Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional)

5

SEGURANÇA de ALIMENTOS

- O que é um alimento seguro???
  - "Segurança de o consumo de um determinado alimento não cause dano ao consumidor quando preparado ou consumido de acordo com seu uso intencional"

(Codex Alimentarius)

- Importante = toxi-infecções alimentares!!!
- Perigos: Físicos, Químicos e Biológicos

6

Conservação de Alimentos

- Tem que entender a cadeia de produção do alimento como um todo!!!!!!

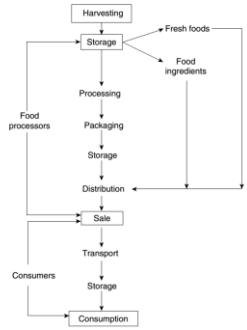


FIGURE 1.1 Various stages of food production, manufacture, storage, distribution, and sale.

(Rahman, 2007)

7

NECESSIDADES DA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS EM NÍVEL GLOBAL

8

Fatores que afetam a qualidade, a segurança e a escolha do alimento

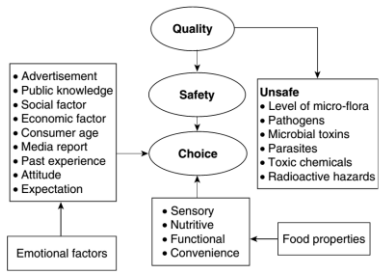


FIGURE 1.2 Factors affecting food quality, safety, and choice.

(Rahman, 2007)

9

Métodos de conservação de alimentos

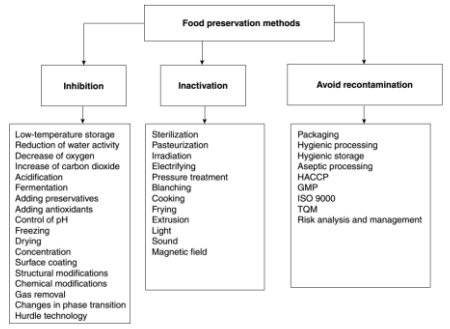


FIGURE 1.3 Major food preservation techniques. (From Gould, G. W. 1989. In: *Mechanisms of Action of Food Preservation Procedures*. Gould, G. W., Ed. Elsevier Applied Science, London; Gould, G. W. 1995. In: *New Methods of Food Preservation*. Gould, G. W., Ed. Blackie Academic and Professional, Glasgow.)

(Rahman, 2007)

10

CAUSAS DA DEGRADAÇÃO DOS ALIMENTOS CRUS E PROCESSADOS - MECANISMOS

11

ALIMENTOS SÃO PERECÍVEIS POR NATUREZA!!!!!!

TEMPERATURA AMBIENTE

RICO EM NUTRIENTES

UMIDADE RELATIVA

PRESSÃO

LUZ

OXIGÊNIO

TABLE 1.3

Storage Life of Some Fresh Foods at Normal Atmospheric Conditions

Food	Terminology	Storage Life
Meat, fish, and milk	Perishable	1–2 days
Fruits and vegetables	Semiperishable	1–2 weeks
Root crops	Semiperishable	3–4 weeks
Grains, pulses, seeds, and nuts	Nonperishable	12 Months

Source: Rahman, M. S. 1999. In: *Handbook of Food Preservation*. Rahman, M. S., Ed. Marcel Dekker, New York. pp. 1–9.

(Rahman, 2007)

12

Principais fatores de perda de qualidade dos alimentos!

TABLE 1.1
Major Quality-Loss Mechanisms

Microbiological	Enzymatic	Chemical	Physical	Mechanical
Microorganism growth	Browning	Color loss	Collapse	Bruising due to vibration
Off-flavor	Color change	Flavor loss	Controlled release	Cracking
Toxin production	Off-flavor	Nonenzymatic browning	Crystallization	Damage due to pressure
		Nutrient loss	Flavor encapsulation	
		Oxidation–reduction	Phase changes	
		Rancidity	Recrystallization	
			Shrinkage	
			Transport of component	

Source: Gould, G. W. 1989. In: *Mechanisms of Action of Food Preservation Procedures*. Gould, G. W., Ed. Elsevier Applied Science, London; Gould, G. W. 1995. In: *New Methods of Food Preservation*. Gould, G. W., Ed. Blackie Academic and Professional, Glasgow.

(Rahman, 2007)

13

Alguns exemplos e mecanismos de degradação

14

ENZIMAS – Óxido redutases

- Alterações indesejadas:
  - Alteração de coloração;
  - Alterações de textura;
  - Rancidez;
  - Perda de aroma;
  - Perda de valor nutricional.

→ BRANQUEAMENTO ou TRATAMENTO TÉRMICO

15

Table 5.1 Enzyme Responsible for Quality Deterioration in Unblanched Vegetables

	Type of Deterioration	Responsible Enzymes
Sensorial	Off-flavor development	Lipoxygenases
		Proteases
		Lipases (secondary action)
	Textural changes	Pectinases
		Cellulase
	Color changes	Polyphenol oxidases
		Chlorophyllase
		Peroxidases (lesser extend)
		Lipoxygenases (secondary action)
Nutritional		Ascorbic acid oxidase
		Thiaminase
		Polyphenol oxidases
		Lipoxygenases (secondary action)

Source: Adapted from Williams et al. (1986) and Barrett and Theerakulkait (1995).

Fonte: Gökmen, 2010, in: Bayindirli, 2010.

16

Peroxidase

- Uma das mais importantes do grupo
  - Mudanças deteriorativas (cor, aroma, gosto e textura) (↓aw e ↓temperatura)

- Elevada resistência térmica
- Capacidade de regeneração após desnaturação térmica.

→ Indicador de inativação de enzimas deteriorativas

17

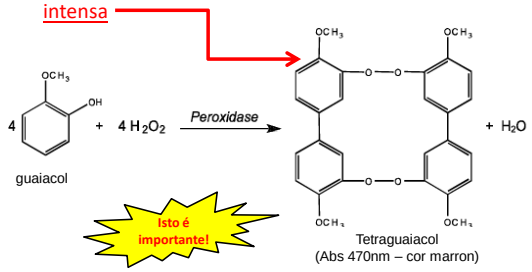
Peroxidase – importância em alimentos

- Alteração de cor em vegetais
  - = descoloração de carotenóides e antocianinas.
- Diminuição do valor nutritivo
  - = oxidação de vit. C e aa.
- Degradação de ácidos graxos insaturados
  - = sabor de ranço.
- Desenvolvimento de *off flavor* em vegetais congelados e desidratados.

18

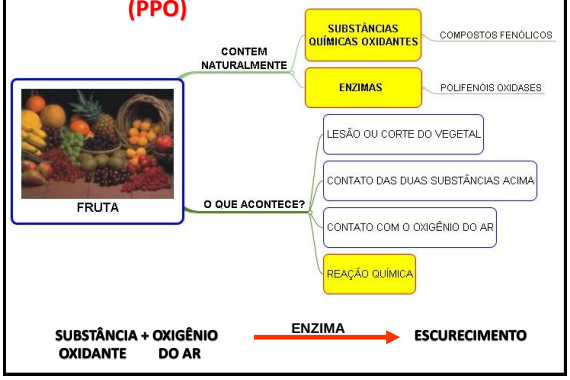
Peroxidase

- Peróxido de hidrogênio e guaiacol por ação da peroxidase = formam um composto de coloração intensa



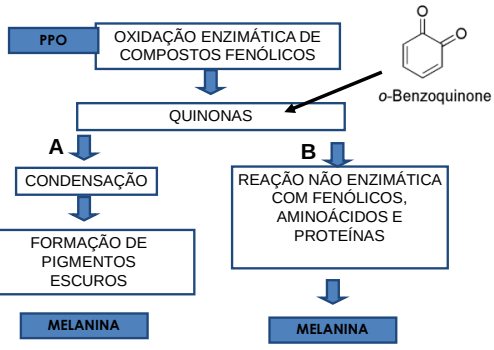
19

POLIFENOLOXIDADE (PPO)



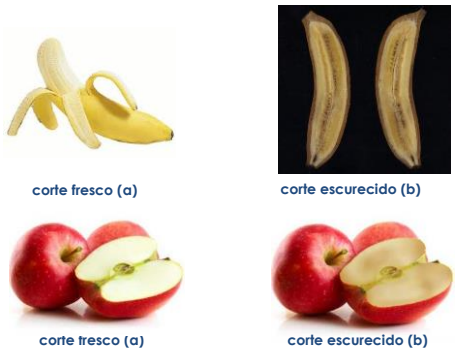
20

REAÇÕES DE ESCURECIMENTO



21

ALTERAÇÕES INDESEJÁVEIS



22

Crustáceos

- PFO – importante no restabelecimento de feridas – função antibactericida e antifúngica!
- Catalisam o escurecimento do produto.

Marshall et al., 2000

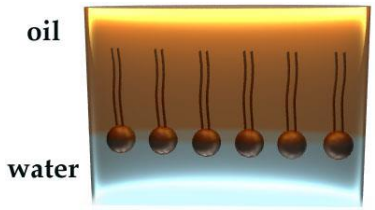
23

Equipamento para branqueamento (imersão)

24

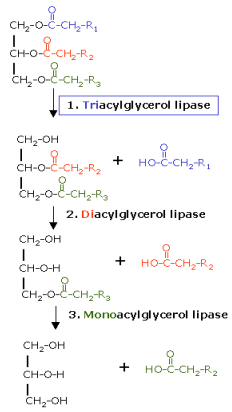
LIPASES

- Atuam na interface água-lipídio das emulsões



25

REAÇÕES CATALISADAS POR LIPASE



26

ÁCIDOS GRAXOS INSATURADOS

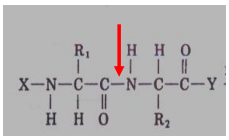
- RANCIDEZ DURANTE A ESTOCAGEM
  - Off flavor
  - Formação de radicais livres
    - perda de vitaminas
    - Alteração de cor
    - Degradação de proteínas

27

PROTEASES

Endopeptidases

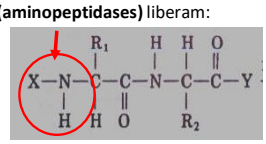
- Preferencialmente nas regiões internas da cadeia polipeptídica, entre as regiões N e C terminal.



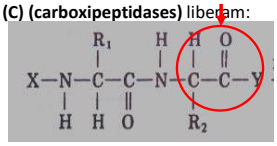
28

EXOPEPTIDASES

- Somente nos finais das cadeias polipeptídicas na região N ou C terminal:
- **Região amino terminal livre (N) (aminopeptidases)** liberam:
  - um aminoácido livre,
  - um dipeptídeo ou
  - um tripeptídeo.

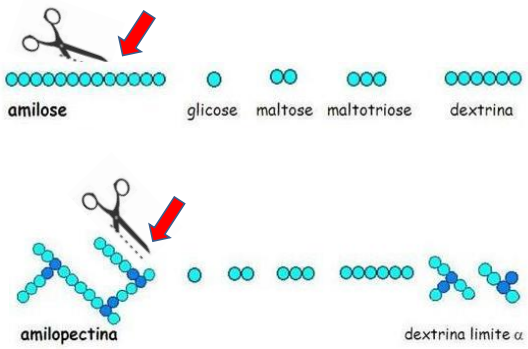


- **Região carboxi terminal livre (C) (carboxipeptidases)** liberam:
  - um aminoácido livre ou
  - um dipeptídeo.



29

Amilases



30

AMILASES

Atuam sobre o amido, glicogênio e polissacarídeos para hidrolisar as ligações glicosídicas α-1,4.

três grupos

- α-amilases: endoamilases — rompem as ligações no interior do substrato
- β-amilases: exoamilases — hidrolisam unidades das extremidades não redutoras do substrato
- Glucoamilases (amiloglucosidases): liberam unidades de glicose do terminal não-redutor das moléculas do substrato

31

ATUAÇÃO DAS ENZIMAS PÉCTICAS

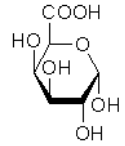
MOLÉCULAS DE PECTINA

↓

UNIDADES MENORES

↓

ÁCIDO D-GALACTURÔNICO



Ácido D-galacturônico

32

ATUAÇÃO DAS ENZIMAS PÉCTICAS

COMPOSTOS HIDROSSOLÚVEIS

↓

PERDA DE SEU PODER DE SUSPENSÃO — **REDUÇÃO DA VISCOSIDADE**

↓

DECANTAÇÃO DE PARTÍCULAS INSOLÚVEIS DA POLPA

33

ALTERAÇÕES DOS ALIMENTOS PROCESSADOS - MECANISMOS

34

ATMOSFERA MODIFICADA

FATORES INTERNOS E EXTERNOS ASSOCIADOS A DETERIORAÇÃO

1. Respiração
2. Etileno
3. Crescimento e desenvolvimento
4. Alteração de composição
5. Temperatura

35

RESPIRAÇÃO

- Decomposição oxidativa de substâncias complexas presentes nas células em moléculas mais simples

AÇÚCARES/ÁCIDOS ORGÂNICOS

↓

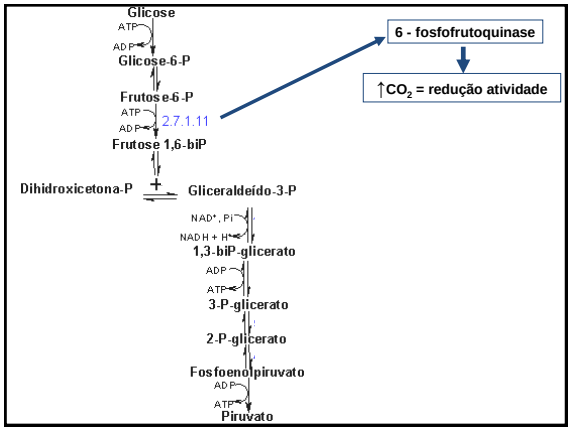
$CO_2 + H_2O$ — energia

RESPIRAÇÃO AERÓBIA

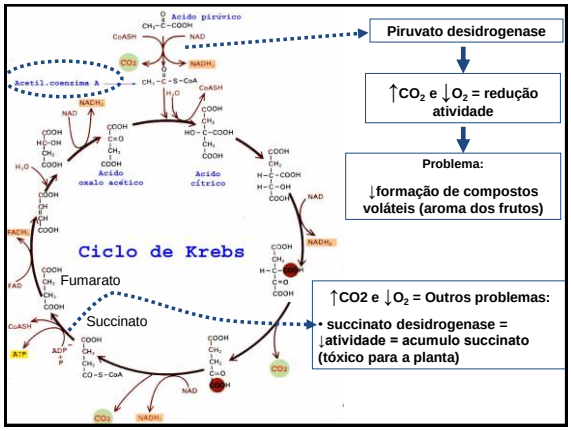
$(CH_2O)n + O_2$ (ar) ➡ $CO_2 + H_2O$ + energia

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2$ ➡ $6CO_2 + 6H_2O$ + 673Kcal + 38ATP

36



37



38

RESPIRAÇÃO ANAERÓBIA

- Consumo de oxigênio de substâncias oxigenadas presentes nos tecidos vegetais

$C_6H_{12}O_6 \Rightarrow CH_3COCOOH \Rightarrow CO_2 + CH_3CHO \Rightarrow C_2H_5OH$

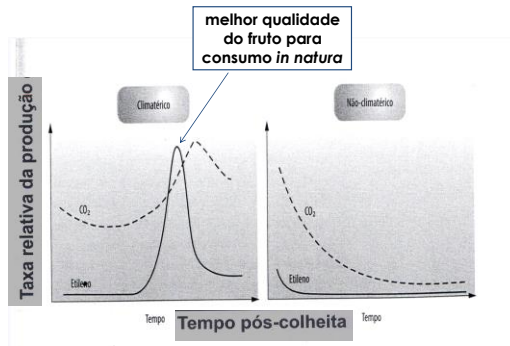
$- O_2$

FERMENTAÇÃO

MODIFICAÇÕES NO SABOR, AROMA E TEXTURA

39

MODELOS RESPIRATÓRIOS



Fonte: Jacomino, et all. In: Koblitz, 2008

40

Principais microrganismos deteriorantes e patogênicos de interesse para o processo de conservação

41

TABLE 1.2

Organisms That Spoil Foods

1. Microorganisms
   a. Fungi: mold and yeast
   b. Bacteria
   c. Phages
   d. Protozoa
2. Insects and mites
   a. Directly by eating (infestation)
   b. Indirectly by spreading diseases (fruitfly, housefly)
3. Rodents
   a. Directly by consuming food
   b. Indirectly by spreading diseases

Source: Borgstrom, G. 1968. *Principles of Food Science.* Macmillan, London.

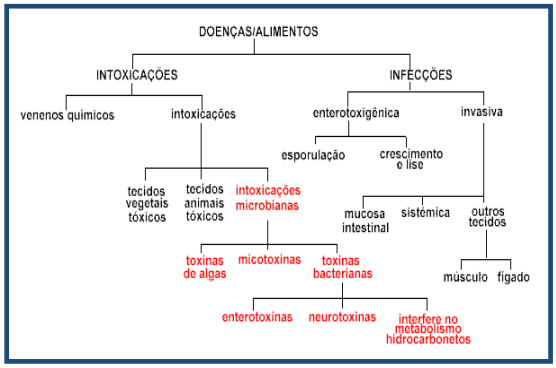
(Rahman, 2007)

42

PERIGOS BIOLÓGICOS

- **Imediato/ Curto prazo**
  - ***Salmonella***
  - ***Listeria***
  - ***E. coli* O157:H7**
  - ***Campylobacter***
- **Remoto/ Longo prazo**
  - **BSE (?)**
  - **OGM (?)**
  - **Aftosa (?)**

43



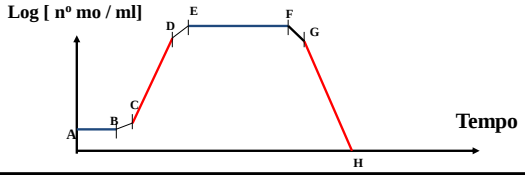
44

CRESCIMENTO BACTERIANO

PRINCÍPIOS EM QUE SE BASEIA A CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS (MICROBIOLOGIA)

IMPORTANTE!

Prolongar a fase de latência (A – B) e aceleração positiva (B – C) da curva de crescimento!



45

Quais os principais microrganismos patogênicos em alimentos?

FOTO CRÉDITO: https://www.verdeghaia.com.br/blog/principais-patogenos-causadores-de-doencas-alimentares-e-nutricionais-e-seguranca-de-alimentos-food-safety/

46

Exemplos de microrganismos importantes

Table 1. Bacteria as causative agents of foodborne diseases of known etiology, as reported in different countries.

The Netherlands 1983–1990[a]	Canada 1984–1986[b]	WHO surveillance programme in Europe[c]
Bacillus cereus	*Bacillus cereus*	*Bacillus cereus*
Bacillus subtilis	*Bacillus subtilis*	*Brucella*
Campylobacter spp.	*Campylobacter* spp.	*Campylobacter* spp.
Clostridium botulinum	*Clostridium botulinum*	*Clostridium botulinum*
Clostridium perfringens	*Clostridium perfringens*	*Clostridium perfringens*
Escherichia coli	*Enterobacter cloaca*	*Escherichia coli*
Salmonella spp.	*Escherichia coli* 0157:H7	*Francisella tularensis*
Shigella spp.	*Salmonella* spp.	*Klebsiella* spp.
Staphylococcus aureus	*Shigella* spp.	*Proteus penneri*
Yersinia enterocolitica	*Staphylococcus aureus*	*Salmonella* spp.
	Streptococcus spp.	*Shigella* spp.
	Yersinia enterocolitica	*Staphylococcus aureus*
		Vibrio parahemolyticus
		Yersinia enterocolitica

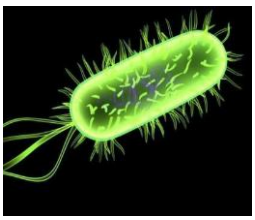
[a]Notermans and van de Giessen (1993).
[b]Todd (1991).
[c]Report (1991).

Notermans et al. 1994

47

Escherichia coli

https://www.westfalen-blatt.de/Uebergional/Nachrichten/Wissenschaft/3280385-Sonderform-der-Kolibakterien-Einer-von-120-Ehec-Infizierten-in-USA-gestorben



https://www.bancodasaude.com/noticias/descoberta-evolucao-e-mutacoes-da-bacteria-do-intestino/

48

Salmonella

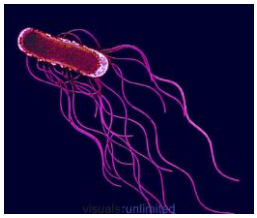
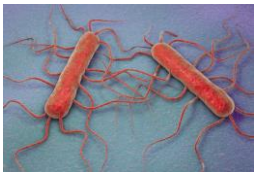


Foto: Reprodução/Yale Scientific Magazine

https://noticias.4medic.com.br/salmonella/

49

Listeria monocytogenes

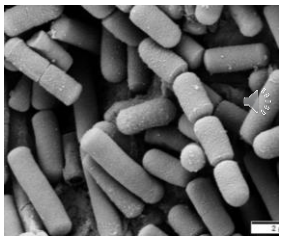


https://www.encyclo-ecolo.com/Listeria_monocytogenes

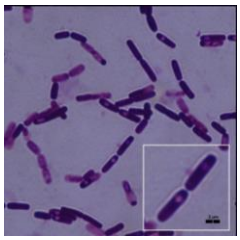
http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/180322

50

Bacillus cereus



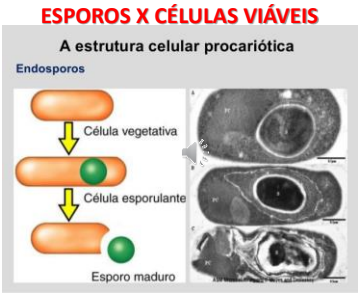
https://en.wikipedia.org/wiki/File:Bacillus_cereus_SEM-cr.jpg



https://www.microbiologyinpictures.com/bacteria-micrographs/gram-stain/gram-positive/bacillus-cereus.html

51

ESPOROS X CÉLULAS VIÁVEIS



Fonte: Prof. Dr. Giovani de Oliveira Arieira - microbiologia-agrcola-ufmt-aula-002

52

O QUE SÃO BIOFILMES MICROBIANOS?

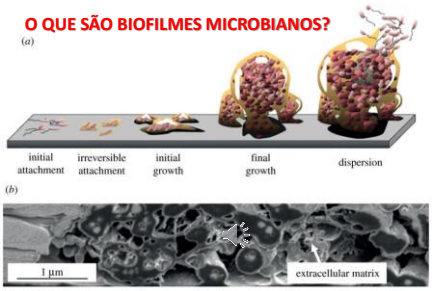
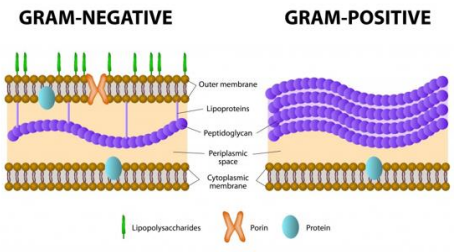


Fig. 4: Biofilm development, *(a) five-stage colonization process and (b) cross-section of a mature colony - showing the extracellular matrix and water channels (Scanning Electron Microscopy).*

Fonte: CropLife International, 2018

53

CONHECER O TIPO DE MICRORGANISMO



As bactérias Gram-negativas possuem uma camada mais fina de peptidioglicanos, além de outra camada composta por lipídios e proteínas.

As bactérias Gram-positivas possuem apenas uma camada de peptidioglicanos, que nesse caso é mais espessa.

https://www.sanarsaude.com/portal/carreiras/artigos-noticias/penicilinas-artigo-farmacia-tudo-que-voce-precisa-saber

54

Mecanismos de controle/inibição?

Table 3. Conditions which do not allow multiplication of some toxinogenic micro-organisms.

	Clostridium botulinum		*Staphylococcus aureus*	*Bacillus cereus*	*Clostridium perfringens*
	Group I	Group II			
Temperature	< 10°C	< 3·5°C	< 10°C	< 4°C	< 15°C
pH	< 4·6°C	< 5·0	< 4·5	< 4·4	< 5·0
a_w	< 0·94	< 0·97	< 0·86	< 0·91	< 0·95
Eh	> + 200 mV	> + 200 mV			> + 350 mV

55

Deterioradores?

TABELA 1 – MICRORGANISMOS MAIS COMUNS EM HORTALIÇAS E FRUTAS

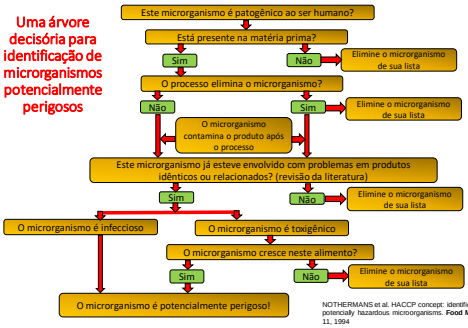
Alimentos	Bactérias	Leveduras	Bolores
Hortaliças	- *Gram-negativas* *Pseudomonas sp* *Erwinia sp.* *Enterobacter sp.* - *Gram-positivas* *Bacillus sp.*	- Não fermentativas *Cryptococcus sp.* *Rhodotorula sp* - Fermentativas *Candida sp.* *Kloeckera sp.*	*Aureobasidium sp.* *Fusarium sp.* *Alternaria sp.* *Epicoccum sp.* *Mucor sp.* *Chaetomium sp.* *Rhizopus sp.* *Phoma sp*
Frutas		*Saccharomyces sp.* *Hanseniaspora sp.* *Pichia sp.* *Kloeckera sp.* *Candida sp.* *Rodhotorula sp.*	*Aspergillus sp.* *Penicillium sp.* *Mucor sp.* *Alternaria sp.* *Cladosporium sp.* *Botrytis sp.*

Fonte: BRACKETT (1997).

Portes e Maia, 2001

56

Uma árvore decisória para identificação de microrganismos potencialmente perigosos



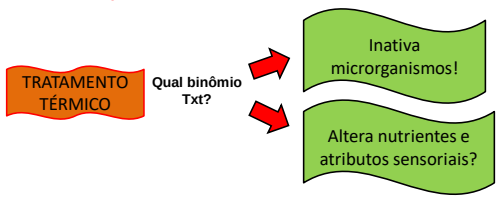
NOTHERMANS et al. HACCP concept: identification of potencially hazardous microorganisms. **Food Microbiology**, v. 11, 1994

57

Mecanismos de inativação por processos térmicos e não térmicos de microrganismos

58

SEGURANÇA E QUALIDADE NA INDUSTRIA DE ALIMENTOS



- Os métodos de preservação devem oferecer um equilíbrio entre os aspectos de segurança x qualidade.

59

Processos convencionais ou tradicionais de conservação de alimentos:

- visam evitar ocorrências que podem deteriorar o alimento, como a ação de certos agentes (microrganismos e enzimas) e a ocorrência de processos químicos (como rancificação de gorduras e de pigmentos e aromas) e físicos (como aglomeração de produtos em pó).

60

Exemplos:

- SECAGEM
  - visa retirar a água do alimento que seria necessária para os processos de deterioração. Microrganismos e enzimas precisam de água livre para atuarem não podendo atuar normalmente em alimentos secos.
- ADIÇÃO DE SAL OU DE AÇÚCAR
  - A água presente se ligue a tais compostos, não estando disponível para ação dos microrganismos e enzimas.
- AQUECIMENTO
  - inativação dos microrganismos e enzimas que não suportam temperaturas elevadas
- RESFRIAMENTO
  - Reduzir a temperatura abaixo da necessária para que esses agentes possam atuar.
- ACIDIFICAÇÃO
  - Baseia-se no fato de que a maior parte dos microrganismos nocivos ao homem não podem atuar em condições ácidas, assim como aqueles não nocivos mas que normalmente causam deterioração dos alimentos.
- TÉCNICA DE REMOÇÃO DO AR gerando vácuo no interior de embalagens
  - evitar processos oxidativos que pode causar a deterioração dos alimentos (oxigênio presente no ar ou nos tecidos do alimento).

61

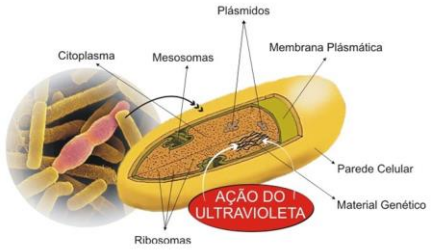
Tecnologias emergentes

- Tratamentos térmicos e não térmicos tem sido desenvolvidos e investigados com potencial uso na Industria de Alimentos

- Demanda por mínimas alterações na qualidade, agregação de valor e garantia de segurança

62

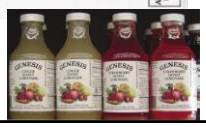
RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA



63

PULSED ELECTRIC FIELDS

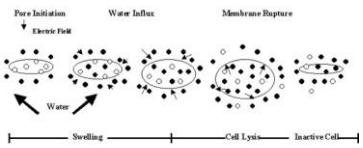
- Comercializado por Genesys Juice Cooperative – Portland, Ore., USA.



64

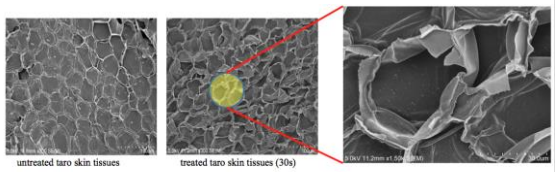
Pulsed Electric Fields
Efeito do PEF sobre as células

- Eletroporação
- Eletrofusão
- Ruptura dielétrica



65

PULSED ELECTRIC FIELDS

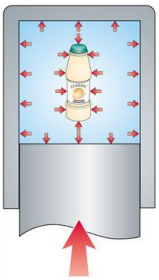


untreated taro skin tissues treated taro skin tissues (30s)

FESEM images of taro skin tissues treated by pulsed electric field

66

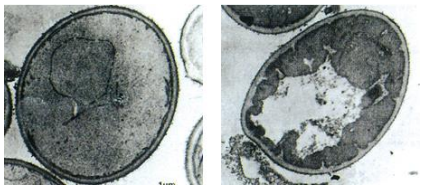
High Pressure Food Processing (HPP)



Imagens: http://www.ufrgs.br/alimentus/disciplinas/tecnologia-de-alimentos-especiais/alta-pressao

67

High Pressure Food Processing (HPP)



Pressure Effects on Yeast (Left: Before Processing Right: After Processing at 600 MPa and 20°C for 10 min.) - (Provided by Asahi Breweries, Ltd.)

Imagem: http://www.kobelco.co.jp/english/machinery/products/ip/technology/food.html

68

CONCLUSÕES

1. Preservar os alimentos
   - ❑ Dinâmico / Interdisciplinar
   - ❑ Consumidores e suas exigências
   - ❑ Segurança de Alimentos = primordial
   - ❑ Cadeia produtiva deve ser entendida como um todo
   - ❑ Qualidade x Segurança x Escolha
2. Métodos de conservação
   - ❑ Por inibição
   - ❑ Por inativação
   - ❑ Por evitar recontaminação
3. Deterioração dos alimentos
   - ❑ Natureza altamente perecível
   - ❑ Fatores intrínsecos e extrínsecos
   - ❑ Causas e mecanismos:
     - ❑ Microbiológicos
     - ❑ Enzimáticos
     - ❑ Químicos
     - ❑ Físicos
     - ❑ Mecânicos
   - ❑ Tecnologias emergentes x tradicionais

69

Referências

- Rahman, M. S. Food preservation: Overview. In: **Handbook of Food Preservation**. Editor M. S. Rahman. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press. 2007.
- Tapia, M. S.; Arispe, I.; Martınez, A. **Safety and Quality in the Food Industry**. Universidad Central de Venezuela Caracas, Venezuela. Marcel Dekker, 2005.
- Porte, A.; Maia, L. H. Alterações fisiológicas, bioquímicas e microbiológicas de alimentos minimamente processados. Boletim do CEPPA, Curitiba, v. 19, n. 1, p. 105-118. 2001.
- Notermans, S.; Zwietering, M. H.; Mead, G. C. The HACCP concept: identification of potencially hazardous micro-organisms. Food Microbiology, v. 11, p. 203-214, 1994.

70