UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
Departamento de Engenharia de Alimentos

PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DA ENGENHARIA DE ALIMENTOS

GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS

GIA 5016 – Qualidade e Segurança de Alimentos

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

- Alteração dos alimentos processados
- Principais microrganismos deteriorantes e patogênicos

2S2019

Prof. Marta Mitsui Kushida

OBJETIVOS:

1. Entender os mecanismos de **degradação** dos alimentos crus e processados.
2. Entender os mecanismos de **alteração** dos alimentos crus e processados
3. Conhecer os principais microrganismos deteriorantes e patogênicos de interesse para o processo de conservação.
4. Entender os mecanismos de inativação por processos térmicos e não térmicos destes microrganismos

Alterações
- sensoriais,
- nutricionais e
- microbiológicas

INTRODUÇÃO

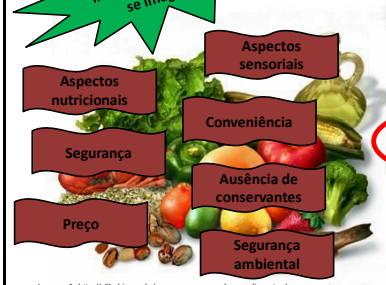
PRESERVAÇÃO DE ALIMENTOS

- 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/

Indústria de Alimentos

Hoje é uma ciência mais interdisciplinar do que se imagina!!!



INOVAÇÃO

SUSTENTABILIDADE

SEGURANÇA DO ALIMENTO

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

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

Conservação de Alimentos

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

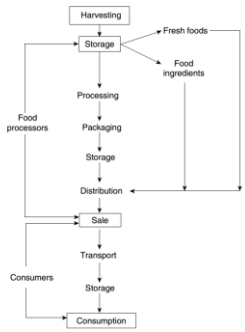


FIGURE 1.1 Various stages of food production, manufacture, storage, distribution, and sale.

(Rahman, 2007)

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

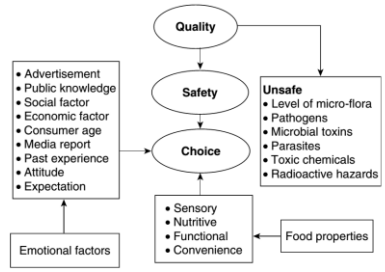


FIGURE 1.2 Factors affecting food quality, safety, and choice.

(Rahman, 2007)

Métodos de conservação de alimentos

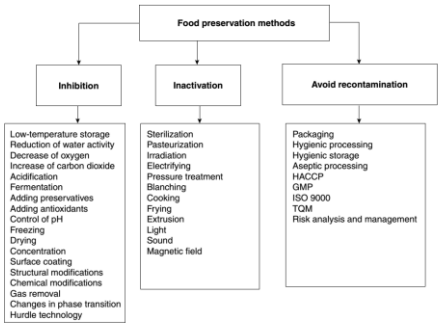


FIGURE 1.3 Major food preservation techniques. (From Gould, G. W. 1989. In: *Mechanisms of Action of Food Preservation Procedures*. Gould, G. W., Ed. Elsevier Applied Science, London; Gould, G. W. 1995. In: *New Methods of Food Preservation*. Gould, G. W., Ed. Blackie Academic and Professional, Glasgow.)

(Rahman, 2007)

CAUSAS DA DEGRADAÇÃO DOS ALIMENTOS CRUS E PROCESSADOS - MECANISMOS

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)

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 Nutrient loss Oxidation–reduction Rancidity	Crystallization Flavor encapsulation Phase changes Recrystallization Shrinkage Transport of component	Damage due to pressure

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)

Alguns exemplos e mecanismos de degradação

ENZIMAS – Óxido redutases

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

→ BRANQUEAMENTO ou TRATAMENTO TÉRMICO

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.

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.

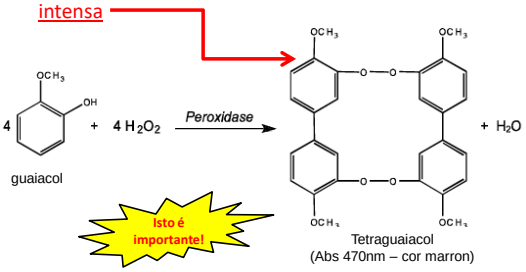
} Indicador de inativação de enzimas deteriorativas

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.

Peroxidase

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



POLIFENOLOXIDADE (PPO)

FRUTA

CONTEM NATURALMENTE
- SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS OXIDANTES — COMPOSTOS FENÓLICOS
- ENZIMAS — POLIFENÓIS OXIDASES

O QUE ACONTECE?
- LESÃO OU CORTE DO VEGETAL
- CONTATO DAS DUAS SUBSTÂNCIAS ACIMA
- CONTATO COM O OXIGÊNIO DO AR
- REAÇÃO QUÍMICA

SUBSTÂNCIA OXIDANTE + OXIGÊNIO DO AR —ENZIMA→ ESCURECIMENTO

REAÇÕES DE ESCURECIMENTO

FRUTAS E HORTALIÇAS

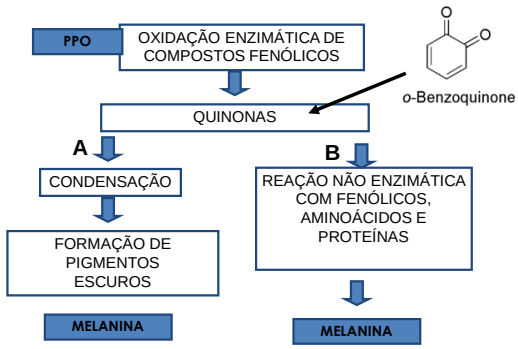
↓

CORTE/TRITURAÇÃO/AMASSAMENTO — exposição ao ar

↓

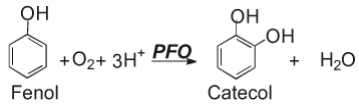
ESCURECIMENTO ⇄ POLIFENOLOXIDASE (PPO)

REAÇÕES DE ESCURECIMENTO

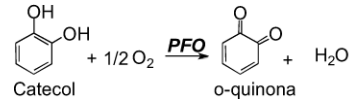


A ENZIMA ENVOLVIDA

- catalisa a oxidação de:
  - **monofenóis** (*e.g.* tirosina, fenol, p-cresol)



  - **difenóis** (*e.g.* catecol, L-dopa, dopamina, adrenalina)



ALTERAÇÕES INDESEJÁVEIS

corte fresco (a)

corte escurecido (b)

corte fresco (a)

corte escurecido (b)

Crustáceos

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

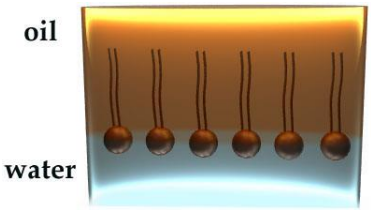
Escala de progressão de escurecimento enzimático

Marshall et al., 2000

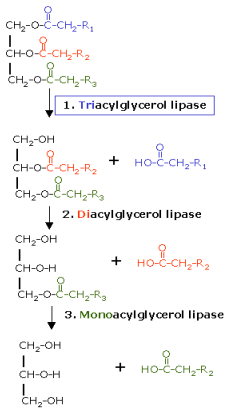
Equipamento para branqueamento (imersão)

LIPASES

- Atuam na interface água-lipídio das emulsões



REAÇÕES CATALISADAS POR LIPASE



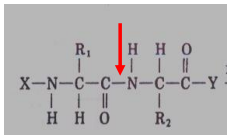
ÁCIDOS GRAXOS INSATURADOS

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

PROTEASES

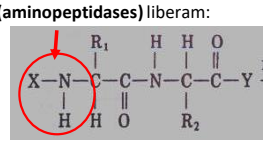
Endopeptidases

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

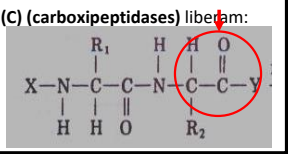


EXOPEPTIDASES

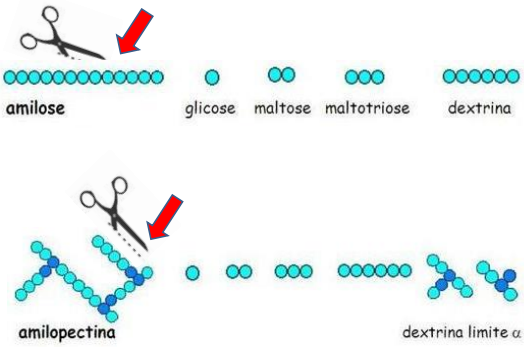
- Somente nos finais das cadeias polipeptídicas na região N ou C terminal:
- **Região amino terminal livre (N) (aminopeptidases)** liberam:
  - um aminoácido livre,
  - um dipeptídeo ou
  - um tripeptídeo.



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



Amilases



AMILASES

ATUAÇÃO DAS ENZIMAS PÉCTICAS

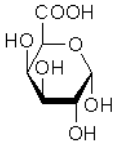
MOLÉCULAS DE PECTINA

↓

UNIDADES MENORES

↓

ÁCIDO D-GALACTURÔNICO



Ácido D-galacturônico

ATUAÇÃO DAS ENZIMAS PÉCTICAS

COMPOSTOS HIDROSSOLÚVEIS

↓ PERDA DE SEU PODER DE SUSPENSÃO

↓ REDUÇÃO DA VISCOSIDADE

↓

DECANTAÇÃO DE PARTÍCULAS INSOLÚVEIS DA POLPA

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

TABLE 1.2

Organisms That Spoil Foods

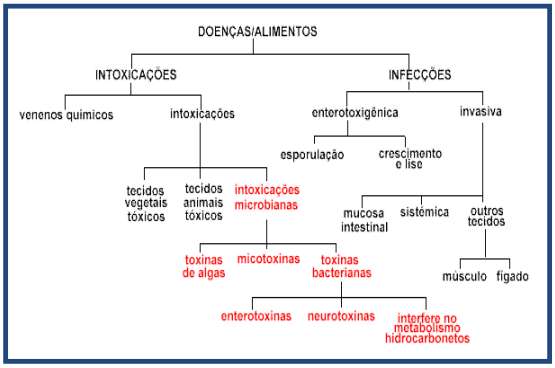
1. Microorganisms
   a. Fungi: mold and yeast
   b. Bacteria
   c. Phages
   d. Protozoa
2. Insects and mites
   a. Directly by eating (infestation)
   b. Indirectly by spreading diseases (fruitfly, housefly)
3. Rodents
   a. Directly by consuming food
   b. Indirectly by spreading diseases

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

(Rahman, 2007)

PERIGOS BIOLÓGICOS

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

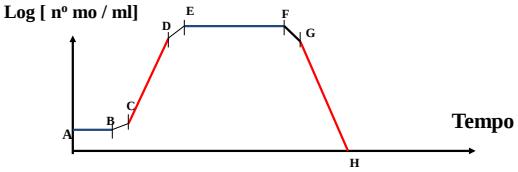


CRESCIMENTO BACTERIANO

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!



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

Como?

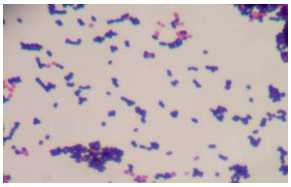
1. Procurar que chegue ao alimento o menor número possível de microrganismos (maior a fase lag).

2. Evitar contaminação por microrganismos no crescimento ativo (fase log) por contaminação por utensílios, recipientes e maquinários sujos (assepsia).

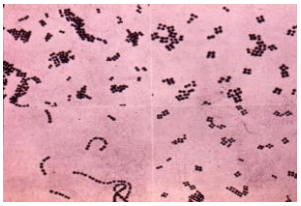
3. Criar condições ambientais desfavoráveis para os germes.

Gram

+



-



GRUPOS ou ESPÉCIES DE MICRORGANISMOS DE IMPORTÂNCIA NA AVALIAÇÃO DA QUALIDADE MICROBIOLÓGICA DE ALIMENTOS

ICMSF (1974)

- 1 . Não oferecem risco direto à saúde
  - Contagem padrão em placas
  - Bolores e Leveduras
- 2 . Risco Baixo e indireto à saúde
  - Coliformes (totais e fecais) ; Enterococos ; Enterobactérias totais;
- 3. Risco Direto , moderado e com difusão limitada
  - *B. cereus* ; *S. aureus* enterotoxigênico e *Cl. perfringens*
- 4 . Risco Direto , moderado difusão extensa
  - *Salmonella typhimurium* ; *Shigella*
- 5. Risco Direto e Grave
  - *Cl. Botulinum* ; *Salmonella typhi* ; *Shigella dysenteriae* ; *V. cholerae* ; *Cl. Perfringens* tipo C (enterite necrótica)

41

MICRORGANISMOS PATOGÊNICOS

42

MICRORGANISMOS PATOGÊNICOS

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

Alguns dos patógenos mais temidos em alimentos!

Salmonella → Segunda causa mais comum de enfermidades transmitidas por alimentos.

Ovos crus e mal cozidos, carnes mal cozidas, produtos lácteos, mariscos, frutas, vegetais.

Shigella → 300.000 casos enfermidades diarréicas.

Falta de higiene!

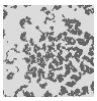
Saladas, leite, produtos laticíneos, água não tratada.

44

Alguns dos patógenos mais temidos em alimentos!

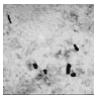
Staphylococcus aureus. → Produz toxina que causa vomito em pouco tempo de ingestão.

hamburgures, saladas, produtos panificação, produtos laticíneos.



Clostridium botulinum → Produz a toxina causadora do botulismo que causa paralisia muscular.

Alimentos caseiros, azeite de ervas.



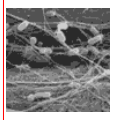
45

Alguns dos patógenos mais temidos em alimentos!

Listeria monocitogenes → Causa listeriose. Pode ser fatal principalmente para gestantes, recém nascidos e imunodeficientes.

E. Coli O 157:H7 → Esta bactéria pode produzir uma toxina mortal.

Carnes mal cozidas, especialmente hamburgueres, leite cru, e produtos agrícolas.



46

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

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

Identificação de microrganismos potencialmente perigosos

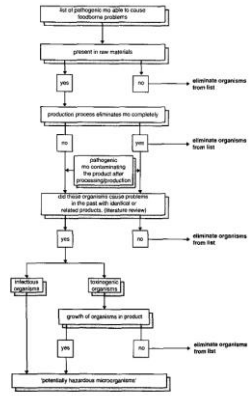


Fig. 2. Hazard analysis: identification of 'potentially hazardous micro-organisms (MO)'.

Mecanismos de inativação por processos térmicos e não térmicos de microrganismos

SEGURANÇA E QUALIDADE NA INDUSTRIA DE ALIMENTOS

TRATAMENTO TÉRMICO

Qual binômio Txt?

- Inativa microrganismos!
- Altera nutrientes e atributos sensoriais?

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

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).

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).

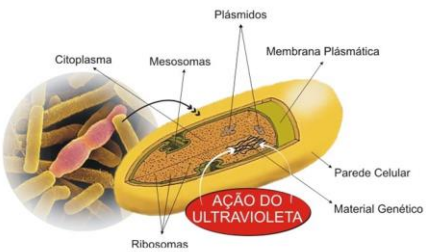
Tecnologias emergentes

- 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

EXEMPLOS

RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA

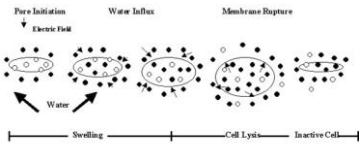


PULSED ELECTRIC FIELDS

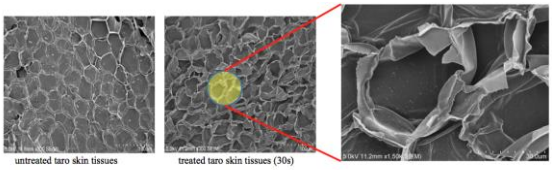
- Comercializado por Genesys Juice Cooperative – Portland, Ore., USA.

Pulsed Electric Fields
Efeito do PEF sobre as células

- Eletroporação
- Eletrofusão
- Ruptura dielétrica

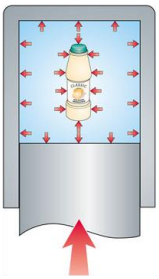


PULSED ELECTRIC FIELDS



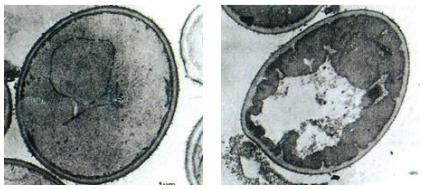
FESEM images of taro skin tissues treated by pulsed electric field

High Pressure Food Processing (HPP)



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

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

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

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.