

Combinação de métodos clássicos e tecnologias alternativas de processamento de alimentos

Prof. Rodrigo Petrus
Departamento de Engenharia de Alimentos

Tecnologia "ideal" para processamento de alimentos

- Destruição de células vegetativas e esporos de patógenos e deteriorantes
- Plena inativação enzimática
- Nenhuma alteração nos atributos sensoriais, nas propriedades funcionais e nutricionais



Tecnologia "ideal" para processamento de alimentos

- Eliminação da cadeia do frio
- Ausência de ação residual
- Baixo consumo energético
- Aplicação simples e conveniente

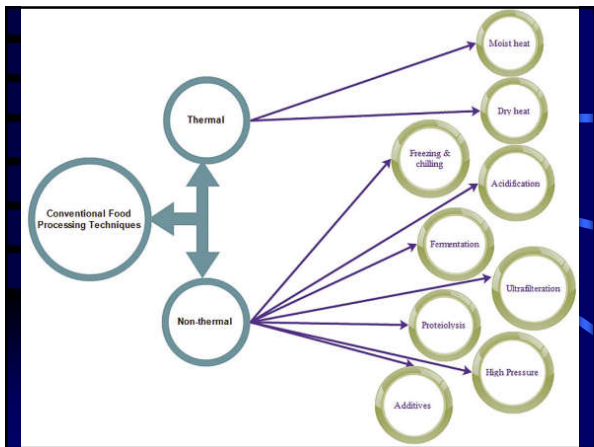


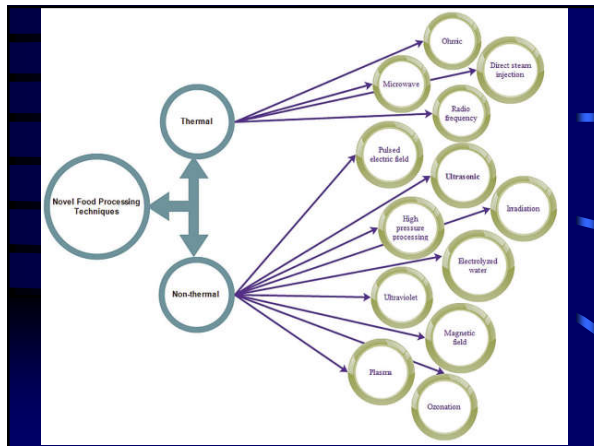
Tecnologia "ideal" para processamento de alimentos

- Baixo custo de implantação e manutenção
- Sem restrições legais e mercadológicas
- Percepção positiva do consumidor









A aplicação de métodos não térmicos tornará o uso do calor obsoleto

8

Tecnologias não térmicas aplicadas para inativar micro-organismos estão fundamentadas em conceitos que remontam aos séculos XIX e XX

Hite (1899) HPP
 Jacobs (1954)
 Sele (1968)

9

Pesquisa e desenvolvimento para aplicação em escala comercial

1990 ...

10



alta pressão hidrostática

própria autoria

11



Campo elétrico pulsado

própria autoria

12

campo magnético

13

ultrassom

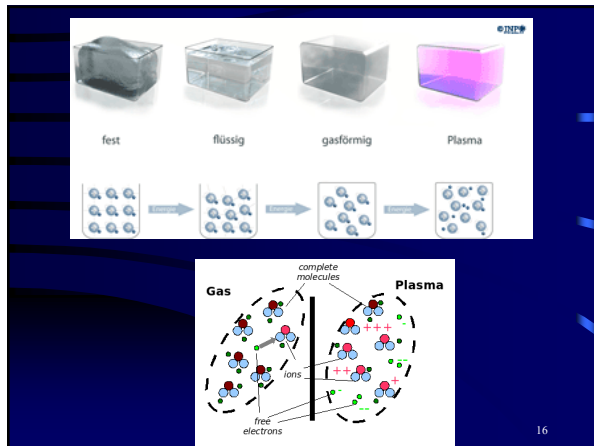
14

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128045817000075>

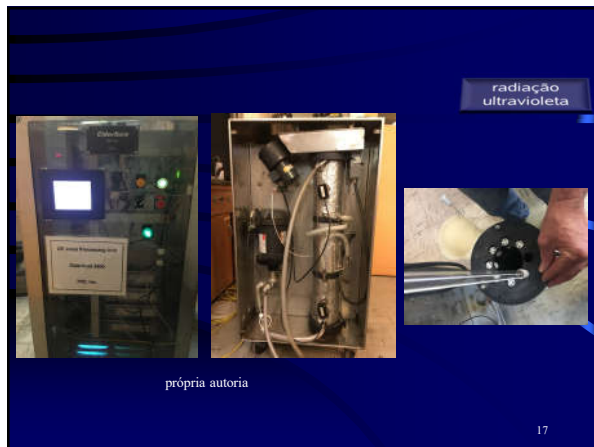
plasma frio

15

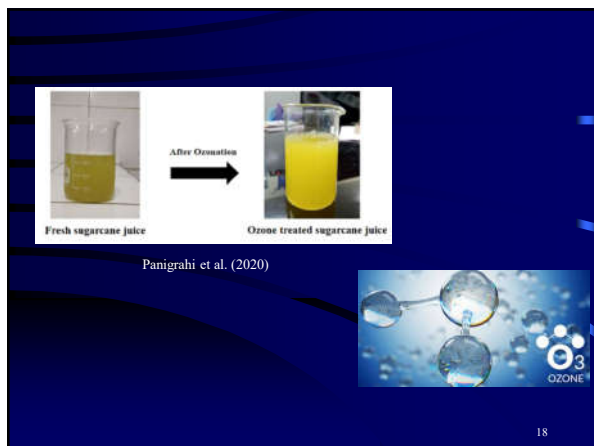
<https://thecounter.org/cold-plasma-food-safety-cure/>



16



17



18

Alvos

- Destruição de micro-organismos
- Inativação de enzimas
- Extração de componentes
- Homogeneização
- Preservação e aprimoramento da qualidade sensorial e propriedades funcionais

22

Mecanismos de ação de métodos não térmicos

- Alterações estruturais na membrana celular
- Comprometimento da permeabilidade seletiva
- Inativação de enzimas presentes na membrana e no citoplasma
- Danos nos ribossomas e no DNA
- Alterações no pH da célula microbiana

23

Alvos mais facilmente alcançados pelos métodos não térmicos

- Células vegetativas de bactérias, bolores e leveduras

esporos e enzimas relacionados à qualidade dos alimentos são resistentes

24

Desvantagens da aplicação de tecnologias não térmicas em altas intensidades

- Custo de equipamento elevado
- Alto consumo de energia
- Tempo de processamento estendido
- Alterações sensoriais indesejáveis

25

Quem poderá nos salvar?

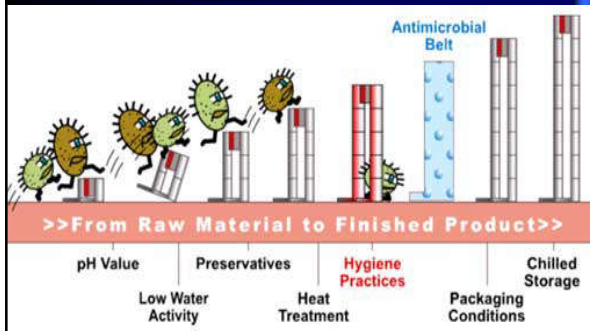


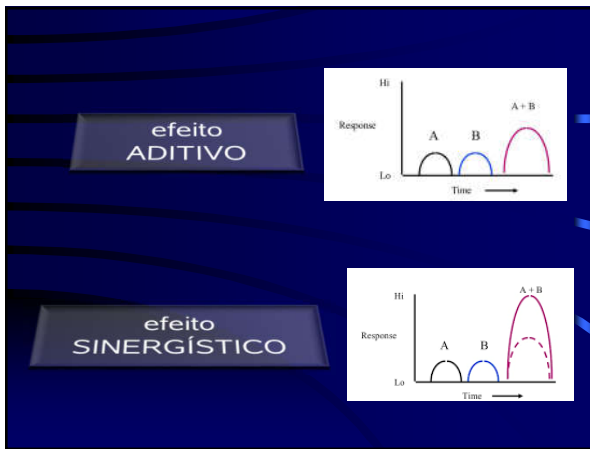
26

Tecnologia de obstáculos (Leistner, 1970s)



- Combinação de tecnologias em intensidade moderada





POSSIBILIDADES DE COMBINAÇÕES SIMULTÂNEAS OU SUCESSIVAS
 TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS + CONVENCIONAIS

	ALTA PRESSÃO HIDROSTÁTICA (APH)	CAMPO ELÉTRICO PULSADO (CEP)	IRRADIAÇÃO	ULTRASSOM	PRESSURIZAÇÃO
redução de pH	✓	✓	✓	✓	
anti microbianos	✓	✓	✓	✓	
CO ₂					✓
aquecimento moderado	✓	✓	✓	✓	
Redução da Aa	✓	✓	✓	✓	

COMBINAÇÕES SIMULTÂNEAS OU SUCESSIVAS
TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS

	APH	CEP	IRRADIAÇÃO IONIZANTE	OZÔNIO	DIÓXIDO DE CLORO
ultrassom	✓	✓		✓	✓
CEP	✓				
APH			✓		

31

COMBINAÇÃO
COM
TEMPERATURAS
MODERADAS

32

APH

- APH moderada + tratamento térmico moderado
 - > 5 RD na população de patógenos
- Temperatura ambiente
esporos bacterianos resistentes a 1 200 MPa
- 10 MPa
favorece a germinação de esporos

33

PATÓGENO	ALIMENTO	TRATAMENTO	T (°C)	RD
<i>Listeria monocytogenes</i>	leite UHT	375 MPa / 15 min	45	> 7
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	carne de frango	400 MPa / 15 min	50	6
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	leite UHT	400 MPa / 15 min	50	5
<i>Staphylococcus aureus</i>	carne de frango	500 MPa / 15 min	50	5
<i>Staphylococcus aureus</i>	leite UHT	500 MPa / 15 min	50	6

34

APH

- APH moderada + tratamento térmico moderado
efeitos antagônicos na inativação enzimática

35

ALIMENTO	ENZIMA	TRATAMENTO	REDUÇÃO DA ATIVIDADE
Polpa de morango	POD	230 MPa 43 °C / 15 min	25%
Polpa de morango	PPO	400 MPa 60 °C / 15 min	0%
Suco de laranja	POD	400 MPa 32 °C / 15 min	50%
Suco de laranja	PME	230 – 400 MPa	> T > Atividade

Cano et al. (1997)

36

APH + CALOR

(Chauhan et al., 2017)

- CALDO DE CANA (pH ~ 4,7 / 9,2 °Brix)
- 600 MPa / 60 °C / 8 min
- Completa inativação de PPO e POD
- Prevenção do escurecimento enzimático
- Destruição completa de mesófilos aeróbios, bolores, leveduras e coliformes



CEP + CALOR

- > temperatura > inativação microbiana
- Resistência microbiana ao CEP muito variável
- Temperatura ambiente requer CEP de alta intensidade (80 kV/cm) e longa duração

38

CEP + CALOR

- 35 kV/cm a 60 °C / 59 μ s reduziu 88% da atividade da PME em suco de laranja (Yeom et al., 2000)

39

CEP + CALOR

- Leite fluido HTST (Sepulveda, 2005)
- Cinco pulsos de 35 kV/cm
- Duração do pulso: 2,3 μ s
- 65 °C / 10 s
- VP com aplicação de CEP após HTST
78 dias a 4 °C



osciloscópio 40

ULTRASSOM + CALOR

- 20 KHz
redução da resistência de *Bacillus cereus* e
Bacillus stearothermophilus
- Maior inativação microbiana
manotermossonicação

41

ULTRASSOM + APH + CALOR

- Manotermossonicação
- Combinação eficaz na inativação de enzimas
- Inativação de PME em suco de laranja
200 MPa + 72 °C + 20 kHz
(Vercet et al., 1995, 1999)

42

IRRADIAÇÃO + CALOR

- Destruição de células vegetativas e esporos bacterianos
- Maior inativação microbiana termorradiação
- Intensidades moderadas de irradiação e temperatura
possibilidade de obtenção de alimento seguro, estável com qualidade elevada

43

COMBINAÇÃO COM pH ÁCIDO

44

pH + APH

(Maggi et al., 1993)

- Efeitos microbicidas antagônicos dependendo do micro-organismo alvo
- Para algumas estirpes de enterobactérias a resistência do micro-organismo a APH aumentou com a diminuição do pH
- Outras estirpes de enterobactérias foram mais resistentes a APH a pH neutro

45

pH + APH
(Ogawa et al., 1990)

- A resistência de bolores e leveduras a APH inoculados em suco de fruta acidificado a valores de pH entre 2,5 e 4,5 não foi afetada

46

pH + APH
(García-Graells et al, 1998)

- A redução do pH acelerou a inativação de *Escherichia coli* O157:H7 por APH

47

pH + CEP

- Influência do pH obscura
- Alguns micro-organismos são mais resistentes a pH neutro
- Outros mais resistentes a pH ácido
- Resistência de outros inalterada

48

pH + CEP
(Van Loey et al., 2001)

- O pH do meio não afetou a estabilidade da POD, PPO, PME e lipoxigenase

49

pH + ultrassom + calor
(Guerrero et al., 2001)

- O grau de inativação de *Saccharomyces cerevisiae* não alterou com a variação do pH do meio com a aplicação de ultrassom a 35 e 45 °C

50

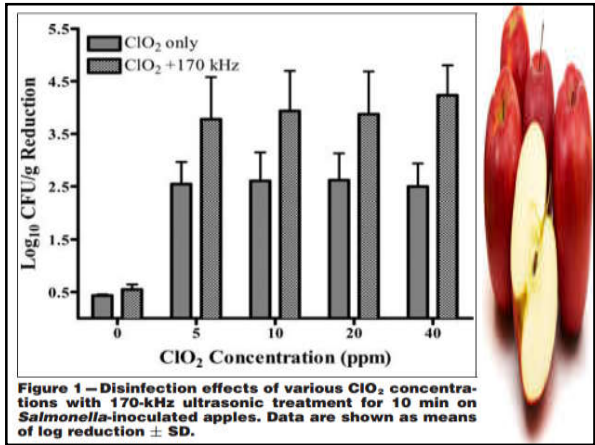
pH + ultrassom + APH
(Pagán et al., 1999)

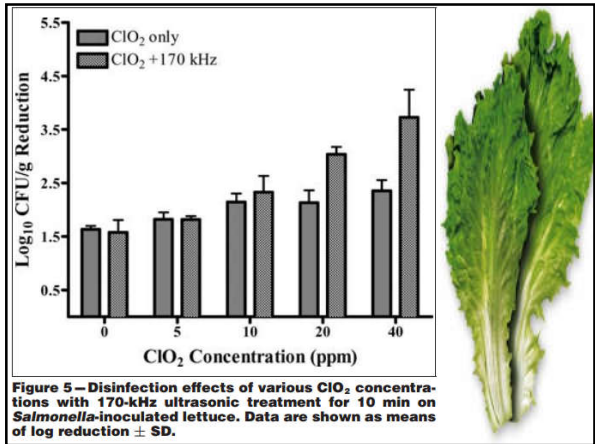
- A resistência de *Listeria monocytogenes* a manossonicação não foi afetada com a redução do pH do meio de 7 para 4

51

COMBINAÇÃO COM AGENTES QUÍMICOS

52





Agentes antimicrobianos + APH

- Inativação de células bacterianas vegetativas
- Pulsos de pressão em combinação com lisozima e nisina favoreceram a inativação de *E. coli* em leite
García-Graells et al (1999)
- A combinação de lactoperoxidase com APH demonstrou efeito sinérgico na destruição de *Listeria innocua*

55

pediocina + APH + calor

Kalchayanand et al, 1994

- Redução de 8 ciclos logarítmicos na população de *Listeria*, *Samonella*, *E. coli*, *Staphylococcus* e *Pseudomonas*
- 450 MPa / 45 - 50 °C / 5 min

56

Nisina + CEP

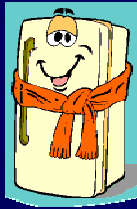
- Inativação de bactérias Gram-positivas e Gram-negativas

57

COMBINAÇÃO COM REFRIGERAÇÃO

58

- APH
- CEP
- Produtos irradiados acondicionados em atmosfera modificada

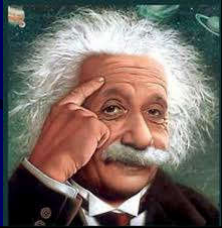


59

- ## CEP + temperatura moderada
- Leite fluido HTST (Sepulveda, 2005)
 - Cinco pulsos de 35 kV/cm
 - Duração do pulso: 2,3 μ s
 - 65 °C / 10 s
 - VP com aplicação de CEP após HTST
78 dias a 4 °C



A combinação INTELIGENTE de tecnologias é a estratégia mais eficaz para produção de alimentos seguros de alta qualidade sensorial, funcional, nutricional e com vida de prateleira estendida.



rpetrus@usp.br



62
