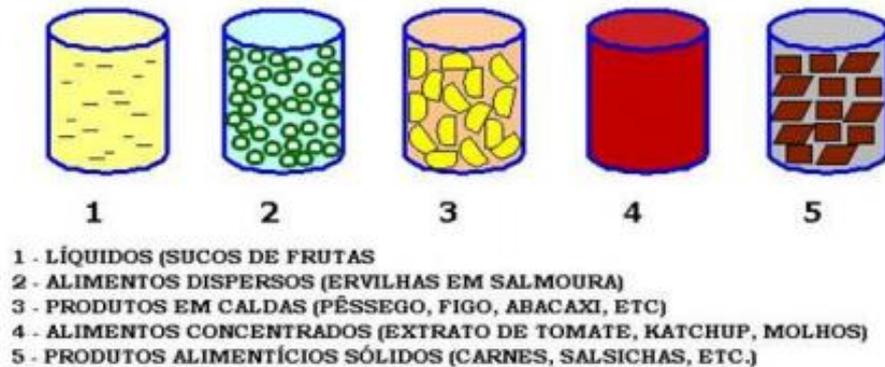


***Métodos não convencionais de
conservação***

Profa. Dra. Delia Rita Tapia Blácido

Introdução

- O tratamento térmico causa danos à composição nutricional e muitas vezes nas características sensoriais dos alimentos.



<http://tecalim.vilabol.uol.com.br>

- Busca de tecnologias de conservação que alterem o mínimo as características originais (sabor, cor, aroma e composição nutricional) dos alimentos e que mantenham as propriedades benéficas dos produtos e atendam a todas as demandas dos consumidores.

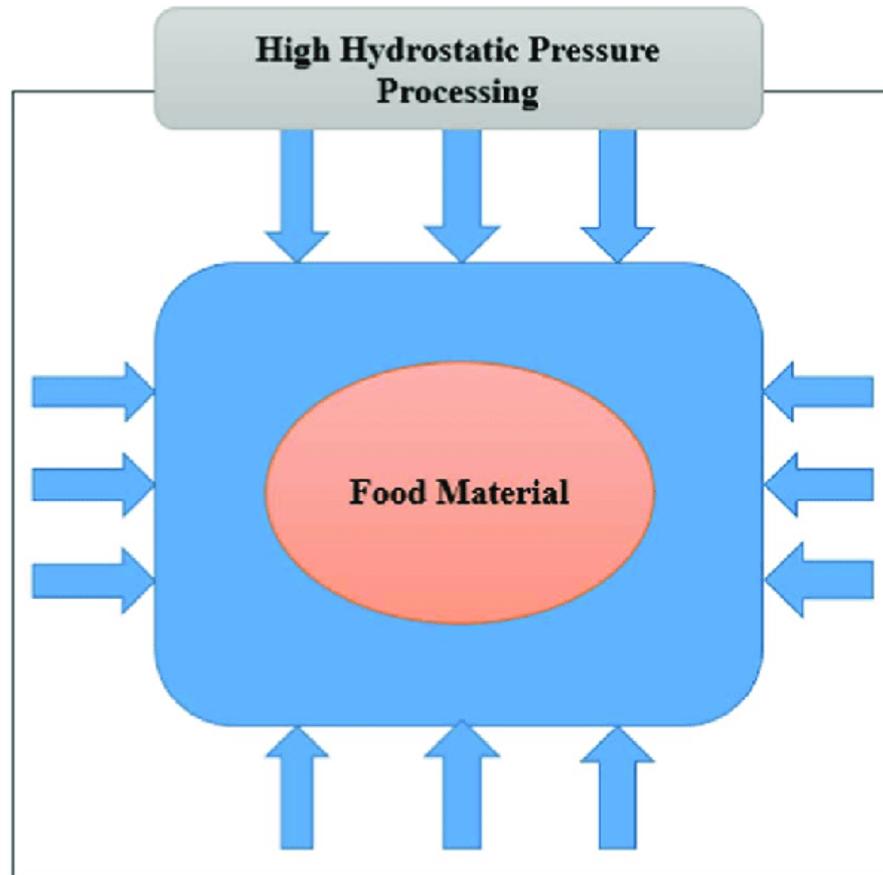
Tecnologia não térmicas que permitem obter alimentos seguros e nutricionais:

- ✓ Alta pressão hidrostática
- ✓ Campo elétrico pulsado

Alta pressão hidrostática

Consiste em submeter o alimento sólido ou líquido, embalado ou não, a altas pressões que podem variar de 100 a 1000 MPa (equivalente a 1000 a 9000 atm).

O processamento de alta pressão, atinge todo o produto de forma homogênea, independente do volume e da forma da amostra, diferentemente dos processos térmicos e de outras tecnologias de preservação



Aplicações da tecnologia de alta pressão hidrostática

- ✓ Desnaturação de proteínas
 - ✓ Inativação de enzimas
 - ✓ extração de substâncias orgânicas
 - ✓ controle de reações químicas e sínteses orgânicas
 - ✓ Redução da temperatura de congelamento e descongelamento
 - ✓ Conservação de ostras, salmão, iogurte, frutas, suco de fruta e guacamole.
 - ✓ Países: Estados Unidos, Japão, França e Brasil (Embrapa, Natural one)
- 

Efeito da alta pressão hidrostática em alimentos

- ✓ O tratamento com altas pressões a temperatura ambiente afeta apenas **ligações químicas relativamente fracas (ponte de hidrogênio, ligações hidrofóbicas e iônicas)**, causando a ruptura da membrana celular dos **microrganismos** e alterando a estrutura de **enzimas**, ocasionando destruição e desnaturação, levando ao aumento da vida de prateleira dos alimentos.
- ✓ As ligações não covalentes não são afetadas mantendo a estrutura terciária das proteínas
- ✓ Pêssegos e peras submetidas a 400 MPa por 30 minutos permaneceram estéreis por um tempo mínimo de cinco anos, mantendo o sabor, o aroma e a cor.
- ✓ Sucos cítricos podem ter uma vida útil de 17 meses sem perda de vitamina C.
- ✓ Iogurte: 200 e 300 MPa por 10 minutos a 10 °C para manter a acidez do iogurte.
- ✓ A textura dos alimentos submetidos a APH tornam-se mais macias e resistentes ao corte como o tomate. A carne fica mais macia. As frutas tem uma textura agradável.
- ✓ As vitaminas, compostos antioxidantes, compostos voláteis responsáveis pelo valor nutricional dos alimentos mantêm intatas.

Efeito de alta pressão hidrostática nos microrganismos

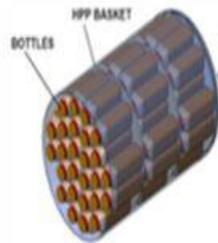
- ✓ Pressões entre 200 e 600 MPa (método hidrostático) inativa leveduras, fungos e a maioria das células vegetativas de bactérias, incluindo patógenos infecciosos de alimentos.
- ✓ Mudanças nos microrganismos:
 - ❖ compressão dos vacúolos gasosos
 - ❖ alongamento da célula,
 - ❖ Separação da membrana celular com formação de poros,
 - ❖ modificações no citoesqueleto, no núcleo e em organelas intracelulares
 - ❖ desnaturações protéicas na membrana, modificando sua permeabilidade e seletividade, podendo resultar na inativação da célula
- ✓ As bactérias gram-positivas são mais resistentes à pressão do que bactérias gram-negativas. Tal fato é explicado devido a sua parede celular ser mais espessa, contendo maior quantidade de peptidoglicanos. Membrana mais rígida é menos flexível.

Efeito de alta pressão hidrostática sobre as enzimas e proteínas

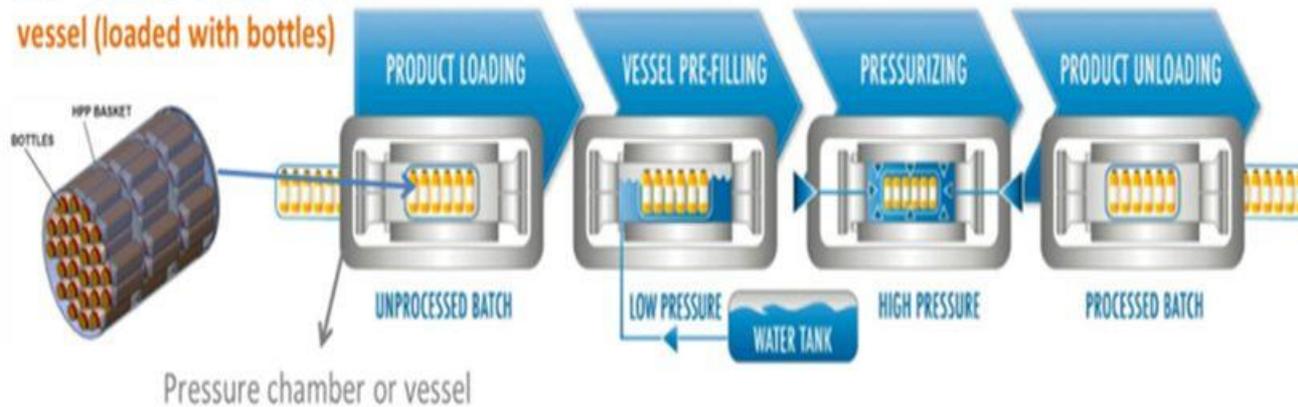
- ✓ Baixas pressões (~100 MPa) ativam algumas enzimas. Este efeito estimulante é somente observado em enzimas monoméricas.
- ✓ Pressões muito elevadas, geralmente induzem a inativação de enzimas, fato influenciado pelo: pH, concentração do substrato, tempo, subunidades da estrutura da enzima e temperatura de pressurização.
- ✓ As reações de condensação que ocorrem no início do escurecimento (reação de Maillard) são inibidas com a aplicação de APH na faixa de 50 a 200 MPa. A cor e o sabor não são afetados.
- ✓ Sensibilidade das enzimas: lipoxigenase, lactoperoxidase, petinesterase, lipase, fosfatase, catálise, polifenol oxidase e peroxidase.



HPP basket inside the vessel (loaded with bottles)



Steps of batch HPP process



Batch HPP process scheme: loading, pressurizing and unloading of the juice bottles.

<https://www.youtube.com/watch?v=6LMgSRewsuQ>

<https://www.youtube.com/watch?v=fVCGsT2rjHY>

Campo elétrico pulsado

- ✓ Consiste em submeter o produto a campos elétricos pulsados de alta intensidade (CEPAI) (na ordem de 5 a 55 kV/cm) com pulsos elétricos de curta duração (ms ou μ s), repetidos muitas vezes (constituindo o número de Pulsos).
- ✓ Usado para alimentos líquidos, conduzem bem a eletricidade devido à presença de eletrólitos (íons e substâncias carregadas).
- ✓ O alimento é submetido a um elevado fluxo de corrente em um espaço de tempo reduzido. O intervalo entre dois pulsos deve ser muito maior que a duração de tais pulsos, de forma que a geração dos pulsos envolva a descarga rápida de energia acumulada lentamente em um capacitor

“Evitar a ruptura dielétrica”

Sistema de campo elétrico pulsado

- ❖ Uma fonte de força
- ❖ Um banco de capacitores,
- ❖ um interruptor,
- ❖ a câmara de tratamento (dois eletrodos entre os quais passa o alimento a ser tratado) com sondas de voltagem medição de temperatura e corrente
- ❖ Equipamento de envase asséptico.

É mais fácil processar alimentos líquidos que possuem **baixa condutividade elétrica, baixa viscosidade e alta densidade.**

Controle de temperatura dentro da câmara. Evitar o aquecimento

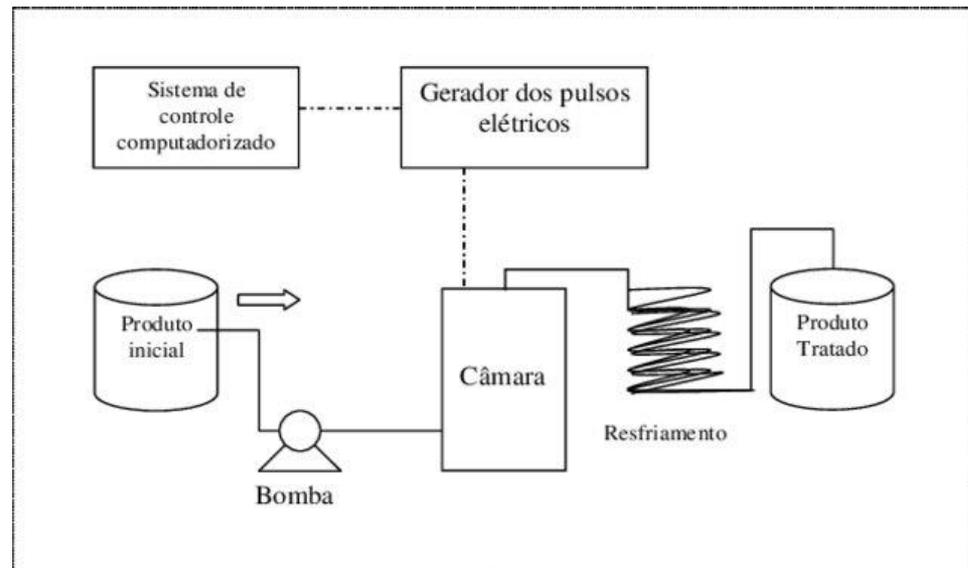


Figura 2. Sistema de tratamento de campo elétrico pulsado



CONTAINS 100% JUICE
 Ingredients: 88% ORGANICALLY GROWN APPLE JUICE AND 12% O.G. STRAWBERRY JUICE.

Processed by Pulsed Electric Field, Under U.S. Pat. No 6,214,297 & 5,690,978

Hand-crafted & Bottled by:
 GENESIS JUICE CORPORATION
 325 West Third, Suite B
 Eugene, OR 97401-2524
 (541) 344-0957 (Eugene)
 www.ejfn.org - genesis

GENESIS
 ORGANICALLY GROWN
 APPLE
 STRAWBERRY
 JUICE

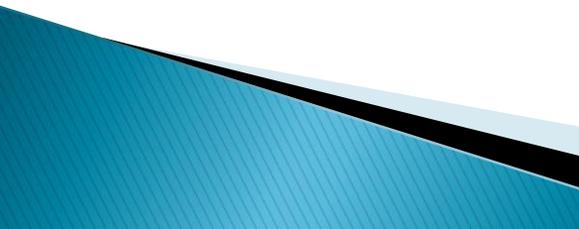
Net 18 fl. oz. (1 Pint 2oz) 532 mL.
"In a glass by Itself"

SHAKE IT! REFRIGERATE.

Nutrition Facts	
Serving Size 8 fl oz (236 mL)	
Servings Per Container 2+	
Amount Per Serving	
Calories	110 Calories from Fat 0
% Daily Value*	
Total Fat	0g 0%
Saturated Fat	0g 0%
Cholesterol	0mg 0%
Sodium	35mg 1%
Total Carbohydrate	27g 9%
Dietary Fiber	0g 0%
Sugars	25g
Protein	0g
Vitamin A	2% ■ Vitamin C 36%
Calcium	0% ■ Iron 2%

*Percent Daily Values are based on 2,000 calorie diet.
BEST IF ENJOYED BY 12/16/05

ATTENTION: This product has been cold pasteurized. Children, the elderly and persons with weakened immune systems are welcome to enjoy.



Efeito do campo elétrico pulsado sobre os microrganismos

- ✓ O campo elétrico externo induz uma diferença de potencial elétrico através da membrana celular, denominado potencial transmembrana, o que leva a formação de poros na membrana (eletroporação).
- ✓ A eletroporação é o fenômeno segundo o qual uma célula exposta a um campo elétrico de alta voltagem sofre desestabilização da bicamada lipídica e das proteínas de sua membrana e formando poros, o que causa a permeabilização da membrana ou sua destruição (eletropermeabilização).
- ✓ A permeabilização pode ser reversível se o campo elétrico aplicado é baixo (1 a 10 kV/cm).
- ✓ O efeito do tratamento depende do tipo de microrganismo. Tratamento não é efetivo contra esporos.

Tabela 1. Efeito do CPAI sobre os microrganismos

Microorganismo	Meio	Campo (kV/cm)	Tempo* (μs)	Reduções decimais
<i>S. Cerevisiae</i>	Suco de maçã	12	55,40	4
	Suco de maçã	35	25	>6
	Suco de laranja	6,7	100	5
	Iogurte	25-38	2000	2
<i>Salmonella dublin</i>	Leite desnatado	28	100	2,5 a >5
<i>E. coli</i>	LSU	25	n.e	2,8
	LSU	70	160	9
	Ovo líquido	26	n.e.	5 a 6
<i>Bacillus subtilis</i>	Sopa de ervilha	33	60	5
<i>Lactobacillus brevis</i>	Leite	22	400	4,6
<i>S. aureus</i>	LSU	60	n.e	>5

* tempo total de tratamento = número de pulsos vezes a duração de cada pulso; n.e = não especificado; LSU = leite simulado ultrafiltrado.
Fonte: adaptado de Petit *et al.* (2002).

Efeito do campo elétrico pulsado sobre as enzimas

- ✓ O mecanismo ainda não foi completamente elucidado.
- ✓ Precisa-se tratamentos mais severos do que aqueles utilizados para destruir microorganismos.
- ✓ Para alguns autores a inativação pode ocorrer devido a oxidação de alguns componentes da enzima como grupos sulfidrilas (Ruhlman et al., 2002).
- ✓ Para outros autores a inativação enzimática ocorre devido a mudanças na estrutura terciária e ou secundária da proteína (Zhong et al., 2005).
- ✓ A maior ou menor resistência da enzima aos CPAI dependerá do número de pontes de hidrogênio que ela possui, da sua composição em aminoácidos que lhe conferirá maior ou menor hidrofobicidade, da presença de metais em sua estrutura e do seu volume (Bendicho et al., 2002).

Tabela 2. Efeito do CPAI sobre as enzimas

Enzima	Meio utilizado	E (kV/cm)	Número de pulsos	Redução da atividade
Fosfatase alcalina	LAU	22	70	65%
	Leite (1,5 % de gordura)	21,5	20	< 10%
	Leite (3 % de gordura)	21,5	20	< 10%
	Tampão (pH 9,8)	40-80	30	≅ 5%
	Leite integral	6,7-20	200	0% (Ta) 74% (T = 70°C)
Plasmina	LAU	15/45	10-50	Até 90%
Peroxidase	Leite	21,5	20	≅ 30%
	Tampão fosfato	40-73,3	30-100	≅ 30%
	Leite integral	13-19	200	> 3%
Protease	LAU	14-15	98	60%
Lípase	Leite	21,5	20	60%

LAU = leite artificial (simulado) ultrafiltrado; Ta = temperatura ambiente.

Fonte: adaptado De BENDICHO *et al.* (2002).

Efeito do campo elétrico sobre os compostos em alimentos

- Após o tratamento de CEPAI em suco de laranja, enriquecido com **ácidos graxos poli insaturados (ω -3 e ácido oléico)** não foram observadas alterações significativas ($P < 0,05$) nos teores desses componentes (ZULUETA et al., 2007).
- O efeito do pulso elétrico sobre as vitaminas hidrossolúveis (riboflavina, tiamina e ácido ascórbico) e lipossolúveis (colecalfiferol e tocoferol) do leite foram estudados (BENDICHO et al., 2002b). **O ácido ascórbico (vitamina C) apresentou maior retenção (93,4%) no leite** tratado por pulso elétrico do que o submetido à pasteurização.
- O CEPAI demonstra-se eficiente para a **manutenção da cor dos alimentos**. Suco de laranja tratado com CEPAI apresenta uma coloração mais semelhante ao suco de laranja não tratado, e menores índices de escurecimento quando comparado ao produto submetido à pasteurização térmica.
- **O pH, °Brix, condutividade elétrica, viscosidade, índice de escurecimento não-enzimático e hidroximetil-furfural (HMF) de sucos de frutas cítricas** (grapefruit, limão, laranja, tangerina) tratados com CEPAI, não se alteraram significativamente ($P < 0,05$) (CSERHALMI et al., 2006).
- Na avaliação sensorial, os consumidores perceberam que os produtos tratados com CEPAI foram **mais parecidos com o natural** e apresentaram melhoria do sabor e manutenção do valor nutritivo mais próximo ao original.

Radiação

- ▶ Evita a deterioração de carne, frango, pescado, frutas e vegetais por contaminação com microrganismos.
- ▶ Evita a infestação por insetos, que eram combatidos por fumigação de compostos químicos (dibrometo de etileno, metilbrometo e óxido de etileno) que atualmente são proibidos
- ▶ Retarda o amadurecimento natural e alterações fisiológicas, como brotamento de tubérculos.



IRRADIAÇÃO

“Processos físicos de emissão e propagação de energia, seja por intermédio de fenômenos ondulatórios, ou seja por partículas dotadas de energia cinética”.

Tipos de Radiação

▶ Radiação não ionizante: radiação ultravioleta (UV)

- Descontaminação do ar
- Esterilização dos equipamentos
- Esterilização de embalagem
- Esterilização superficial de pães e redução da microbiota superficial de carnes

▶ Radiação ionizante

- Apresenta alto nível de energia
- Alto poder de penetração e ação letal em nível celular
- Usada para desinfestação, esterilização, inibição de processos fisiológicos e redução da contaminação microbiana.



Fontes de energia ionizante

As fontes de irradiação autorizadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear são:

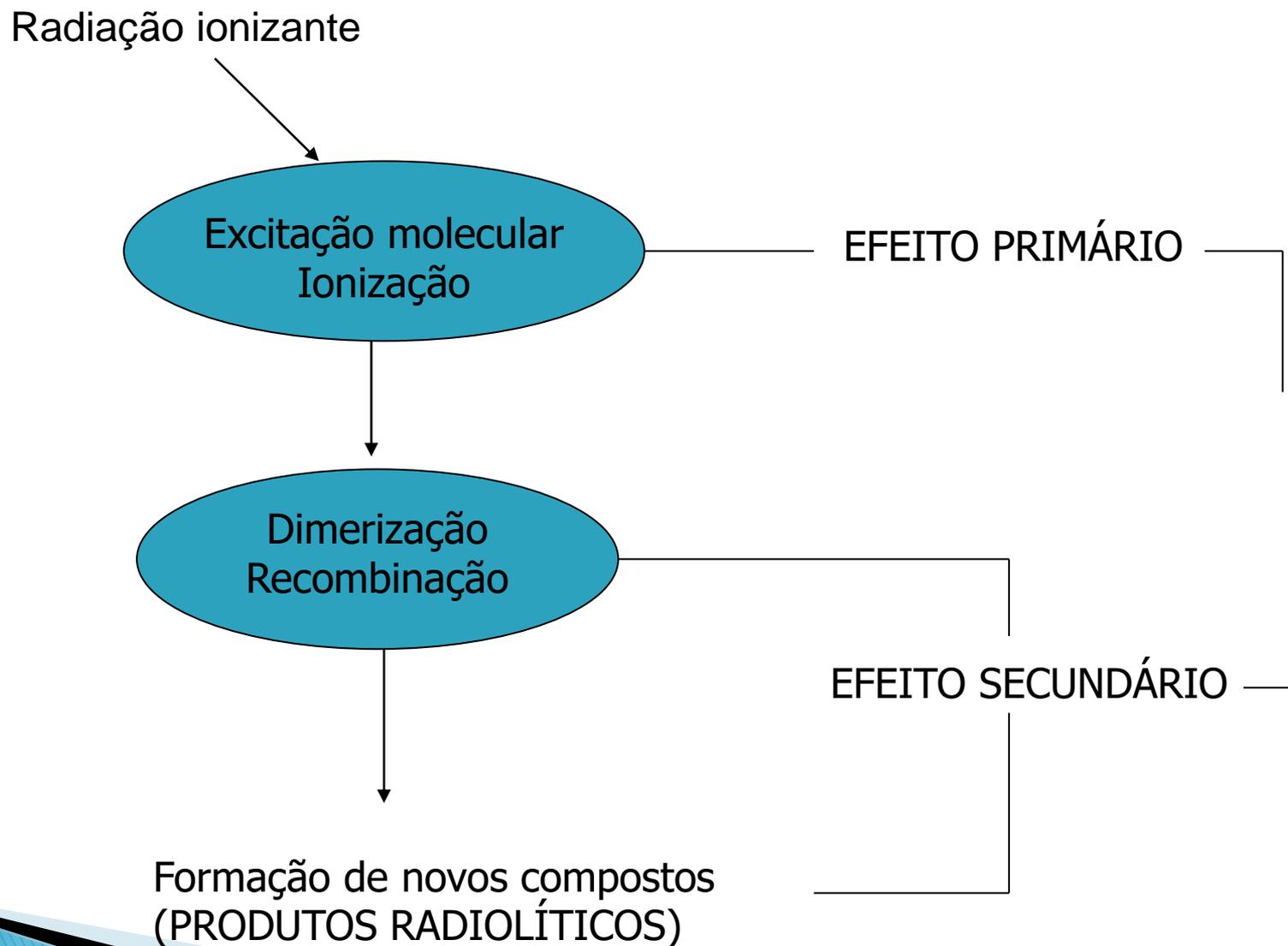
- ▶ Isótopos radioativos emissores de radiação gama (cobalto-60 e cézio-137)
- ▶ Radiografias geradas por máquinas que trabalham com energias de até 5 MeV
- ▶ Elétrons gerados por máquinas que trabalham com energias de até 10 MeV.

Tabela 3. Fontes de irradiação recomendadas para o tratamento de alimentos pelo Comitê de especialistas da FAO/OIEA/OMS e pela comissão do *Codex Alimentarius*

Fonte	Energia (MeV)
Raios gama de radionuclídeos	
^{60}Co	1,25
^{137}Cs	0,66
Raios X gerados em aceleradores de elétrons	≤ 5
Elétrons gerados em aceleradores	≤ 10

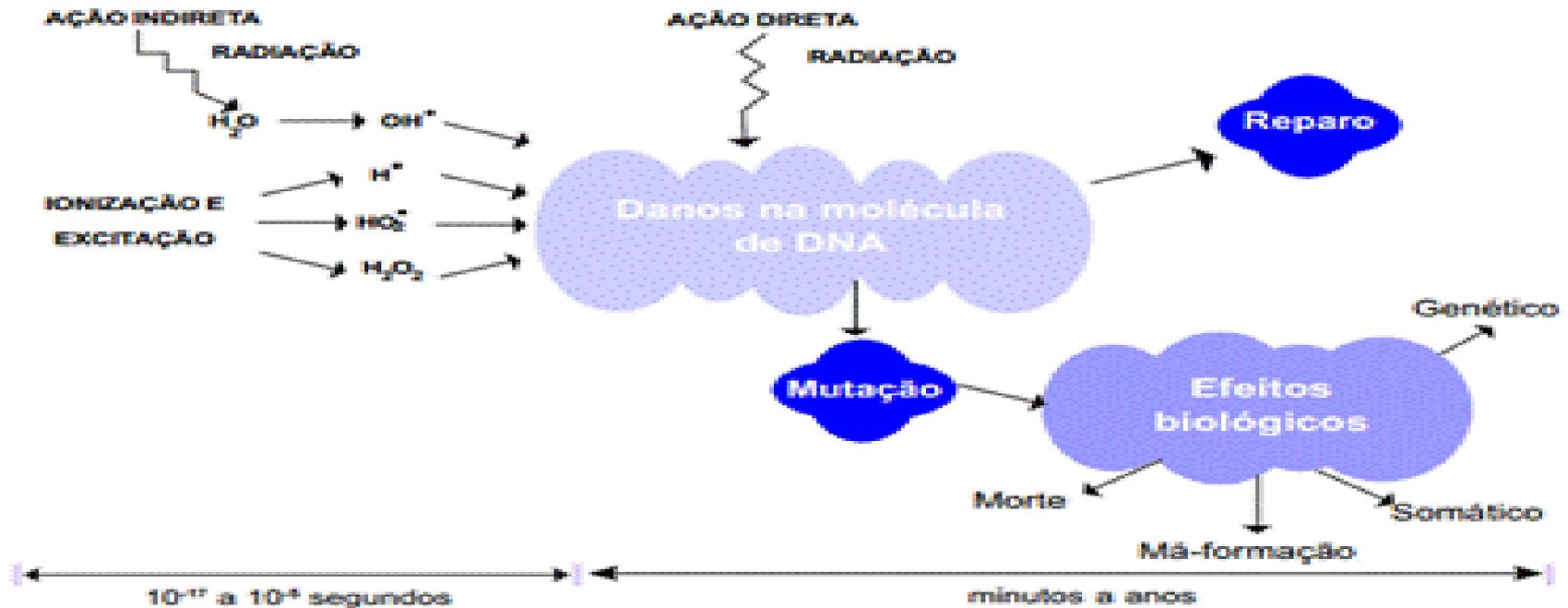
$$1\text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19}\text{ J}$$

Efeitos decorrentes da irradiação dos alimentos



Efeitos da radiação

RESUMO: CONSEQÜÊNCIAS DA IRRADIAÇÃO DA MOLÉCULA DE DNA



- ✓ As enzimas são bem mais resistentes às radiações ionizantes do que os esporos bacterianos. D_E (inativação de 90% da atividade enzimática) = 50 kGy a 200 kGy (as enzimas devem ser inativadas antes da radiação);
- ✓ *Clostridium botulinum* é o microrganismo mais resistente à irradiação.
 - ✓ Benzeno e alcoilciclobutanonas (ACBs) produzidas em alimentos irradiados tem gerado discussão.

Tratamentos de irradiação

Dosse permitida pela OMS: 10 kGy

- ▶ **Radurização:** Doses 0,4 – 10 kGy
 - Tratamento de baixa intensidade
 - Usados em associação a outros métodos de conservação, como a refrigeração
 - Inibe brotamentos, retarda maturação e deterioração de vegetais.
 - Controla a infestação por insetos e ácaros.
- ▶ **Radicação:** Dose 2 – 10 kGy
 - Controla e elimina patógenos nos alimentos
 - Tratamento semelhante à pasteurização
- ▶ **Radapertização:** ~10 kGy
 - Efeito esterilizante nos alimentos
 - Similar ao processo de apertização
 - Aplicado em pescados e carnes.

Portaria RDC n. 21 da Anvisa:

“Qualquer alimento poderá ser tratado por radiação desde que sejam observadas as seguintes condições:

A) a dose mínima absorvida deve ser a suficiente para alcançar a finalidade pretendida

B) a dose máxima absorvida deve ser inferior aquela que comprometeria às propriedades funcionais e/ou os atributos sensoriais do alimento.

Tabela 4. Dose de radiação aplicada a diversos alimentos

Propósito	Dose (kGy)	Produtos
DOSE REDUZIDA (<1 kGy)		
Inibir germinação	0,05-0,15	Batata, cebola, alho, etc.
Eliminar insetos e parasitas	0,15-0,50	Cereais, legumes, frutas frescas e secas, peixe e carne frescos e secos
Retardar processos fisiológicos (amadurecimentos)	0,50-1,0	Frutas e hortaliças frescas
DOSE MÉDIA (1 a 10 kGy)		
Prolongar tempo de conservação	1,0-3,0	Peixe fresco, morangos, etc
Eliminar microrganismos alternantes e patogênicos	1,0-7,0	Marisco fresco e congelado, carne de abastecimento crua ou congelada
Melhorar propriedades tecnológicas do alimentos	2,0-7,0	Uvas, verduras desidratadas
DOSE ELEVADA (10 a 50 kGy)		
Esterilização industrial (combinada com calor suave)	30-50	Carne, aves, mariscos, alimentos prontos, dietas
Descontaminar certos aditivos alimentícios e ingredientes	10-50	Especiarias, goma, preparações enzimáticas

