

Universidade de São Paulo
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
Curso: Engenharia de Biosistemas






Processamento e Tecnologia de Alimentos (ZEA 0567)

Aula 14: Irradiação de Alimentos

Profa. Fernanda M. Vanin

Pirassununga - 2024

1



- 1) <https://www.youtube.com/watch?v=6YvZ080sr5g>
- 2) https://www.youtube.com/watch?v=pe6AKh_ILvs

2


É irradiado?




3

Histórico

- 1895** - Descobrimto dos raios-X - Roentgen
- 1896** - Descobrimto da radioatividade - Becquerel
- 1905** - Primeira proposta documentada para uso da radiação ionizante na conservação de alimentos. Patente inglesa no. 1609 de 26 de janeiro de 1905, requerida por Appleby e Banks
- 1916** - Uso dos raios-X no controle de insetos - Runner
- 1948** - Uso de elétrons acelerados para conservação de alimentos, principalmente carnes - Brasch e Huber
- 1951** - Resultados de 5 anos de estudos pelo MIT (Massachusetts Institute of Technology): esterilização segura de alimentos e medicamentos pelo uso da radiação ionizante, sem uso de calor - Proctor e Goldblith
- 1963** - FDA (U.S. Food and Drug Administration) aprova para consumo humano bacon e trigo esterilizado por radiação ionizante
- 1967** - Introdução de alimentos esterilizados por radiação ionizante aos astronautas americanos do programa Apollo
- 1980** - A Organização Mundial de Saúde (OMS) libera e recomenda o uso da radiação ionizante em alimentos até a dose máxima de 10kGy
- 1999** - Liberação de doses de radiação superiores a 10 kGy pela Organização Mundial de Saúde (WHO Technical Report Series N° 890)



4

Algumas das organizações que aprovam / regulamentam o uso da Irradiação de Alimentos

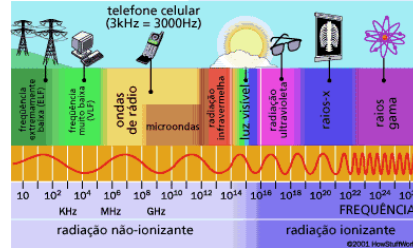



5

O que é radiação?

"Qualquer dos processo físicos de emissão e propagação de energia, seja por intermédio de fenômenos ondulatórios, seja por meio de partículas dotadas de energia".

"Energia que propaga de um ponto a outro no espaço ou em um meio material".



10 10¹ 10² 10³ 10⁴ 10⁵ 10⁶ 10⁷ 10⁸ 10⁹ 10¹⁰ 10¹¹ 10¹² 10¹³ 10¹⁴ 10¹⁵ 10¹⁶ 10¹⁷ 10¹⁸ 10¹⁹ 10²⁰ 10²¹ 10²² 10²³ 10²⁴ 10²⁵ 10²⁶

kHz MHz GHz

FREQUÊNCIA

radiação não-ionizante radiação ionizante

©2011, HealthWatch

6

O que é radiação?

METABOLISMO DA VITAMINA D

DIETA + SUPLEMENTOS: Vitamina D2 (ergocalciferol), Vitamina D3 (colecalciferol)

100.000 IU → 10.000 IU → 2.500 IU → 5.250 IU (D) → 25(OH)D

Estimula absorção de cálcio e fósforo

Mobiliza reservas de cálcio

Mantém os níveis de cálcio e fósforo no sangue

7

O que é radiação em alimentos?

- tratamento com radiação ionizante: alimento já embalados, ou a granel, submetido a uma quantidade minuciosamente controlada dessa radiação, por um tempo prefixado e com objetivos bem determinados.

A radiação é uma forma de energia e, como tal, é expressa em Joules. A unidade de energia absorvida é o Gray (Gy), que equivale a 1 Joule por quilograma de alimento. Seu múltiplo mais usado é o kGy (kiloGray).

Ionização → Elétron Livre → Partícula Ionizante

8

Efeitos decorrentes da irradiação em alimentos

Radiação ionizante → Excitação molecular e ionização (Efeito primário) → Dimerização Recombinação (Efeito secundário) → Formação de produtos radiolíticos (novos compostos)

Radiólise

- Proliferação de MO
- Germinação
- Amadurecimento

Estrutura DNA e RNA afetada – rompimento – morte

Alteração da expressão gênica e biossíntese de enzimas – divisão celular

9

Radiações ionizantes

- Entre as radiações ionizantes:
 - alfa, beta, gama, raios x, e ultravioleta.

- Alfa (átomos de hélio sem dois elétrons), não penetram nem em uma folha de papel.
- Beta: mais penetrantes, mas interrompidas por uma folha de alumínio.
- Gama: altamente penetrante e conseguem atravessar até um bloco de chumbo.
- Raios X: bom poder penetrante, mas não podem ser focados

ALFA (Papel), BETA (Alumínio), GAMA (Chumbo)

10

Aplicações

- Inibição do brotamento em bulbos e tubérculos
- Retardo da maturação de frutas e legumes
- Eliminação de parasitas (Cisticercose e Triquinose - vermes)
- Redução da carga microbiana (fungos, bactérias e leveduras)
- Eliminação de microrganismos patogênicos (Salmonella spp e outros);
- Desinfestação de grãos, cereais, frutas e especiarias
- Esterilização

11

Exemplo brotamento....

batata irradiada → meses de armazenamento → não apodrece não brota



batata não irradiada → meses de armazenamento → apodrecimento germinação

cebola irradiada → meses de armazenamento → não há brotamento não há enrascamento

cebola não irradiada → meses de armazenamento → brotamento enrascamento apodrecimento

12

• Cebolas irradiadas há seis meses (direita) e cebolas não irradiadas (esquerda)

Fonte: CENA/USP

13

Inibir a maturação em algumas frutas:




Fonte: CENA/USP

14


Produto industrializado?



Informação Adicional:
Farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico, gordura vegetal hidrogenada, amido, soro de leite em pó, maltodextrina, açúcar, açúcar invertido, sal, condimento preparado sabor tomate (sal, amido, maltodextrina, óleo vegetal, sal, tomate, cebola, orégano e manjerico) (alimentos tratados por processo de irradiação), açúcar realçador de sabor glutamato monossódico, anti-umectantes: dióxido de silício e fosfato tricálcico, aromatizante e corante natural urucum), cálcio, vitaminas: niacina (vitamina B3), riboflavina (vitamina B2), tiamina (vitamina B1), aromatizante, fermentos químicos: fosfato monocalcico, bicarbonato de sódio e bicarbonato de amônio e emulsificante lecitina de soja.
CONTÉM GLÚTEN.

15

Produto industrializado?



Ingredientes da massa:
Farinha de trigo enriquecida com ferro e ácido fólico, gordura vegetal, sal, reguladores de acidez carbonato de potássio e carbonato de sódio, estabilizantes tripolifosfato de sódio, pirofosfato tetrasódico e fosfato de sódio monobásico e corante sintético idêntico ao natural beta-caroteno.
Ingredientes do tempero em pó:
Açúcar, molho de soja em pó, condimento preparado sabor molho de soja tipo oriental picante, sal, fécula de mandioca, condimento preparo cebola, alho em pó*, gordura vegetal, realçadores de sabor glutamato monossódico, inosinato dissódico, espessante goma guar, corantes caramelo IV e III, acidulante ácido cítrico, anti-umectante dióxido de silício e aromatizante.
CONTÉM GLÚTEN.
Alimento tratado por processo de irradiação, pode conter traços de crustáceos, ovos, pescados, aipo, mostarda e gergelim, e de seus derivados. contém e leite.

16

Produto industrializado?






17

Sensibilidade ao processo

- Diretamente proporcional ao peso molecular da molécula
 - Ácidos nucléicos (alterações afetam expressões dos genes, biossíntese de enzimas, interferência na divisão celular);
- Polissacarídeos podem ser despolimerizados
- Proteínas: perdem grupos -SH e ligações peptídicas
- Aminoácidos podem ser desaminados
- AG poliinsaturados: são os mais afetados
 - Diminuição da viscosidade: clara de ovo, sopas e molhos elaborados com amido.
 - Frutas e verduras: mudanças de textura devida a perda de firmeza do tecido vegetal - amolecimento do tecido e aumento da permeabilidade. Não aparece de imediato, após várias horas, ou dias.

18

☺ Vantagens da Irradiação de Alimentos

- É um processo a frio.
- Possibilidade de tratamento do alimento em embalagens que são sensíveis ao calor.
- Penetração: como a radiação tem elevado poder de penetração, o processo pode ser usado para tratar uma grande variedade de alimentos, em uma considerável faixa de tamanhos e formas, com pouca ou nenhuma manipulação.
- Pode facilitar a distribuição e venda de frutas frescas, vegetais e carnes pelo aumento da vida útil desses produtos, sem alterar a sua qualidade.
- Pode substituir os tratamentos químicos que deixam resíduos nos alimentos. Ex. tratamentos pós-colheita
- Permite atingir organismos (ovos e larvas de insetos, vermes, etc) dentro dos alimentos.

19

☺ Vantagens da Irradiação de Alimentos

- Processo rápido
- Eficaz
- Não aquece o produto
 - esterilização a frio
- Irradia-se já embalado
- Retenção das características do produto
- Não deixa resíduo

20

⊗ Desvantagens da Irradiação de Alimentos

- Custo inicial elevado para a montagem da unidade de irradiação
- Problemas com alguns alimentos:
 - perda do valor nutricional
 - desenvolvimento de resistência de microrganismos a radiação
 - procedimentos analíticos inadequados para detectar quando um alimento foi irradiado
 - resistência do consumidor com medo da radioatividade induzida

21

Processos de Irradiação


- Radurização (0,4-10kGy)
- Radicidação (2-10kGy)
- Radapertização (25-50kGy)

- Doses baixas - até 1 kGy
- Doses médias - de 1 a 10 kGy
- Doses altas - de 10 a 50 kGy

22

Doses baixas

- Usa dose baixas (50 a 1000 Gy)
- Com a finalidade de:
 - Inibir brotamentos (batata, cebola, alho, etc),
 - Retardar o período de maturação (frutas)
 - Evitar deterioração fúngica de frutas e hortaliças (morango, tomate, etc)
 - Controle de infestação por insetos e ácaros (cereais, farinhas, frutas, etc)
- Problema: risco de contaminação por toxinas



23

Doses médias

- Usa doses intermediárias (de 1 a 10 kGy)
- Peixes frescos, morangos (prolongar vida de prateleira)
- Eliminar MO alterantes e patogênicas (marisco fresco, aves, carne bovina, crus ou congelados)
- Melhorar aspectos tecnológicos (uva, aumento da produção de suco; verduras diminui tempo de cocção)

24

Doses altas - esterilização comercial

- Usa doses elevadas (10 a 50 kGy)
- Esterilização de carnes, dietas balanceadas e outros produtos processados.
- Principalmente em temperos e especiarias



25

Produto	Vida útil sem ionização	Vida útil com ionização
Alho	4 meses	10 meses
Arroz	1 ano	3 anos
Banana	15 dias	45 dias
Batata	1 mês	6 meses
Cebola	2 meses	6 meses
Farinha	6 meses	2 anos
Legumes e Verduras	5 dias	18 dias
Papaia	7 dias	21 dias
Manga	7 dias	21 dias
Milho	1 ano	3 anos
Frango Refrigerado	7 dias	30 dias
Filé de Pescada Refrigerado	5 dias	30 dias
Morango	3 dias	21 dias
Trigo	1 ano	3 anos

Fonte: Companhia Brasileira de Esterilização

26

Exemplos de produtos irradiados em todo o mundo

- Ervas e chás
- Enzimas
- Produtos desidratados
- Carnes refrigeradas, congeladas ou processadas
- Embutidos
- Mariscos e crustáceos
- Pescados
- Grãos, cereais e farinhas
- Derivados de Soja
- Pães
- Nozes
- Frutas frescas
- Frutas secas e cristalizadas
- Legumes e verduras
- Frutas e verduras desidratadas
- Condimentos e Especiarias

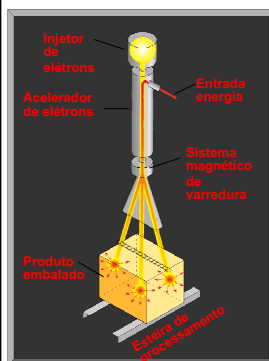
27

Segurança

- Novas técnicas analíticas tem mostrado:
 - 70% dos compostos voláteis radiolíticos é formado por hidrocarbonetos, como alcanos, alcenos, cetonas e aldeídos (normalmente encontrados em alimentos processados termicamente ou não).
 - Benzeno e alcoilciclobutanas (ACBS)

28

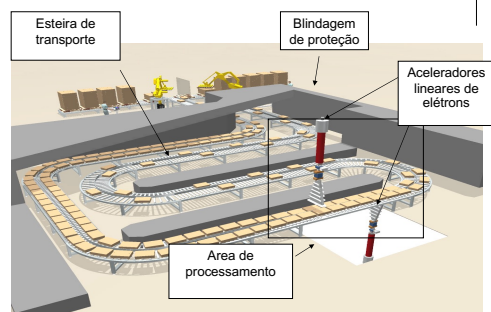
Processos comerciais de irradiação: feixe de elétrons



- baixa penetração (5 a 8cm)
- não usa produtos tóxicos, e também materiais radioativos;
- não gera resíduos radioativos
- não torna os produtos radioativos
- pouca ou nenhuma alteração no produto (aumenta menos de 1°C T do produto)
- tempo de processo: 1 à 2 segundos
- Usa apenas energia elétrica para gerar radiação - baixo custo de processo
- Fonte pode ser desligada

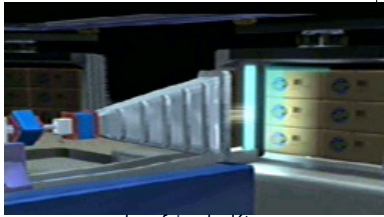
29

Processos comerciais de irradiação: feixe de elétrons



30

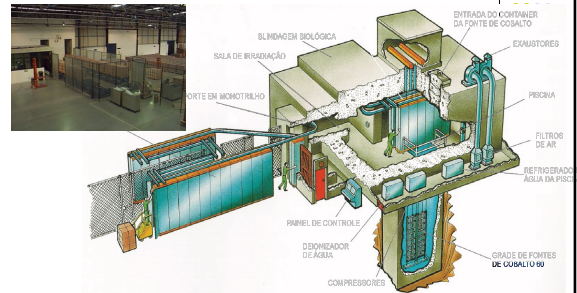
Processos comerciais de irradiação: Raio X



- Maior custo de processo comparado ao feixe de elétrons
 - > t de processo
 - Usa metais pesados à grande velocidade sob vácuo
- Alta penetração - não direcional/ baixa eficiência
- T do produto aumenta também menos de 1 °C
- Da mesma forma, não usa e nem gera materiais radioativos, não gera resíduos tóxicos, e não usa substâncias químicas

31

Processos comerciais de irradiação: Cobalto 60 (raios gama)



USA MATERIAL RADIOATIVO ($Co\ 60$) COMO FONTE DE RADIAÇÃO
- CUSTO DE PROCESSAMENTO EQUIVALENTE AO DOS RAIOS X

32

Referências

- Empresa Brasileira de Radiação <http://embrarad.com.br/>
- CENA-USP <http://www.cena.usp.br/irradiacao/>
- Companhia Brasileira de Esterilização. <http://www.cbe-sa.com.br/>
- Fellows, P.J. Tecnologia do Processamento de alimentos. Porto Alegre: Artmed, v.1, p. 207-218, 2006.
- Ordoñez, J. A. Tecnologia de alimentos. Porto Alegre: Artmed, v.1, p. 142-151, 2005.
- <https://www.youtube.com/watch?v=mBKvJE4rFKM>

33

Por hoje é só!

Muito obrigada pelo semestre
que passamos juntos!

Sucesso à todos!

Abraços!



Fernanda Vanin

34