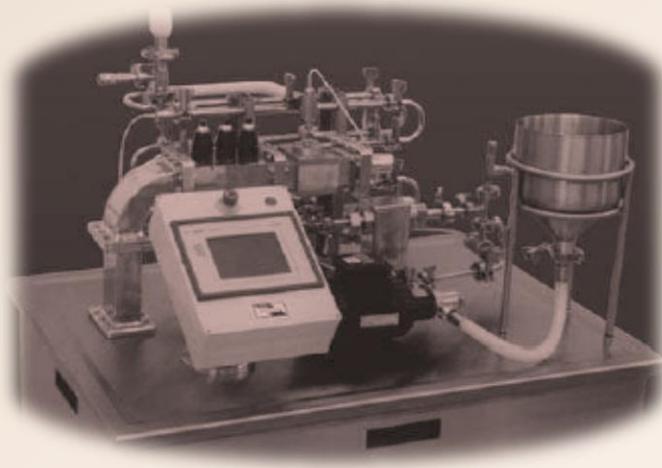




Escola Superior Agrária de Coimbra
Processamento Geral de Alimentos
2009/2010

MICROONDAS



Trabalho realizado por:

Diana Almeida	nº 20803002
João Rocha	nº 20803026
Sara Lages	nº 20803029
Hugo Coimbra	nº 20900028

PROCESSAMENTO TÉRMICO NA INDÚSTRIA ALIMENTAR

❖ Objectivo

- aumentar a vida útil dos alimentos

❖ Limitações

- perda de nutrientes



AQUECIMENTO POR MICROONDAS

- ❖ Princípios;
- ❖ Vantagens;
- ❖ Propriedades/ Factores;
- ❖ Aplicações Industriais.



PRINCÍPIOS

- Rotação dipolar;
- Polarização iónica;
- Fricção interna das moléculas.



AQUECIMENTO POR MICROONDAS

- ❖ Princípios;
- ❖ Vantagens;
- ❖ Propriedades/ Factores;
- ❖ Aplicações Industriais.



VANTAGENS

- Economia de tempo e energia;
- Preservação do sabor, das vitaminas, dos nutrientes e da cor dos alimentos;
- Manutenção de baixo custo;
- Aquecimento silencioso;



AQUECIMENTO POR MICROONDAS

- ❖ Princípios;
- ❖ Vantagens;
- ❖ Propriedades/ Factores;
- ❖ Aplicações Industriais.



PROPRIEDADES/FACTORES

- Frequência;
- Propriedades dieléctricas;
- Humidade;
- Massa;
- Temperatura;
- Geometria e posicionamento dos alimentos;
- Propriedades térmicas;
- Fluxo secundário numa curva.



FREQUÊNCIA

Aquecimento

Frequência = 915 MHz ; Comprimento de onda = 0.328 m

Frequência = 2450 MHz ; Comprimento de onda = 0.122 m

Ditam os componentes do equipamento:

- guia de onda,
- volume de aquecimento,
- magnetron, etc.



PROPRIEDADES DIELÉCTRICAS

Propriedades dieléctricas: Medida de como os materiais alimentares interagem com a energia electromagnética.

Geram o comportamento do aquecimento dos materiais alimentares

$$\varepsilon = \varepsilon' - j\varepsilon''$$

$$\tan \delta = \frac{\varepsilon''}{\varepsilon'}$$

ε' = constante dieléctrica

ε'' = Factor de perda dieléctrica do material

j = constante do complexo

(ε'') é a medida da capacidade de dissipar energia eléctrica sob a forma de calor.

(ε') é a medida da capacidade do material para armazenar energia eléctrica.

(j) é a medida da capacidade do material para retirar energia eléctrica do magnetrom (gerador de energia de micro-ondas).



HUMIDADE

Afecta:

- As propriedades dieléctricas;
- A profundidade da penetração das micro-ondas.

↑ humidade ↓ poder de penetração

↓ humidade ↑ poder de penetração

Baixas frequências : Temperatura constante → Comportamento dieléctrico da água constante

Altas frequências : Diminuição do comportamento dieléctrico.



TEMPERATURA

- O aquecimento do micro-ondas é afectado pelo nível da temperatura da amostra.
- A temperatura como a humidade podem mudar durante o aquecimento
- As propriedades dieléctricas podem variar com a temperatura
- A temperatura inicial de um alimento deve ser conhecida
- Para compensar o efeito da temperatura inicial, a energia do micro-ondas deve ser reduzida ou deve usar-se uma amostra maior ou deve-se aquecer o produto durante menos tempo.



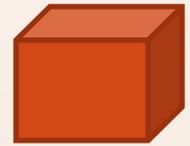
GEOMETRIA E POSICIONAMENTO DOS ALIMENTOS

○ A geometria de um alimento afecta:

- A capacidade de penetração de micro-ondas,
- A taxa de aquecimento ,
- A uniformidade.



Aquece mais
uniformemente



Aquece menos
uniformemente

○ Produtos irregulares → Aquecimento irregular

○ Quanto mais próximo a espessura estiver do comprimento de onda → ↑ Temp.



PROPRIEDADES TÉRMICAS

As características de aquecimento dos alimentos estão dependentes de algumas propriedades térmicas :

- Condutividade:

↑ condutividade térmica = ↑ dissipação de calor

- Densidade

- Capacidade de aquecimento:

- Mede a resposta da temperatura dos alimentos como resultado do fornecimento ou retirada de calor.

- Esta capacidade pode ser aumentada com o aumento do conteúdo sólido através de sal ou proteínas.

- Capacidade+condutividade+densidade = Difusão térmica:

$$\alpha = \frac{k}{\rho c p}$$



FLUXO SECUNDÁRIO NUMA CURVA

- Ponto mais frio num processo de fluxo contínuo = região onde os fluidos exibem velocidade máxima
- Tubos helicoidais = criam um fluxo secundário = assegura uma melhor homogeneização e estabiliza o fluxo laminar.
- Para quantificar este fenómeno, o número de Dean (De) quantifica-o:

$$De = Re \sqrt{Dtubo} / Dtubo\ helicoidal$$

$$Re = \frac{VDtubop}{\mu}$$

- Re - número de Reynolds,
- ρ - densidade do fluido,
- μ - viscosidade do fluido,
- Dtubo - diâmetro interno do tubo
- Dtubo helicoidal - diâmetro deste.



AQUECIMENTO POR MICROONDAS

- ❖ Princípios;
- ❖ Vantagens;
- ❖ Propriedades/ Factores;
- ❖ Aplicações Industriais.



APLICAÇÕES INDUSTRIAIS

- Aquecer peixe, carne e aves;
- Pré-cozinhar bacon;
- Cozinhar salsichas;
- Cozer;
- Secar;
- Escaldar vegetais;
- Efeito em enzimas;
- Empolamento e espuma.



➤ *Desenvolvimentos recentes em alimentos para microondas e embalagens:*

- Nova geração de alimentos para microondas com embalagens apropriadas;
- A solução de baixo custo é o polipropileno de alta densidade;
- Os produtos expandem-se durante a confecção e a sua tampa abre-se automaticamente;
- A embalagem tem um papel importante.

➤ **Pasteurização e Esterilização por microondas**

- Pasteurização promove a morte/inativação de:
 - Patogénicos chave;
 - Bactérias vegetativas;
 - Enzimas.
- Esterilização por microondas é um tratamento térmico mais severo.
- Estes tratamentos baseiam-se numa combinação de processos tempo/temperatura, em produtos alimentares para atingir a mortalidade do alvo.



➤ *Cinética de destruição microbiana:*

- A destruição de microrganismos e inativação de enzimas é expressa geralmente por :

$$\frac{dC}{dt} = -kC^n$$

- Onde **dC/dt** é a mudança de concentração de C em função do tempo;
 - **k** é a constante de reacção;
 - **n** é a ordem de reacção.
- A destruição dos microrganismos é descrita como primeira ordem de reacção cinética.
- A resistência térmica dos microrganismos é dada por:

$$D_{T_{Ref}} = \frac{2.303}{k} \quad z = \frac{T_2 - T_1}{\log D_1/D_2}$$



- O tempo para tratamento térmico calcula-se pelo integral tempo/temperatura:

$$F = \int_0^t 10^{\frac{T(t)-T_R}{z}} dt$$

➤ *Correcções de Perfil Come-up Time e Come Down Time :*

- O aquecimento por micro-ondas de corrente contínua tem vantagens sobre o processo em série.
- Os sistemas líquidos de corrente contínua permitem:
 - Manter estáveis o tempo e a temperatura alcançada;
 - Registrar as temperaturas médias durante o aquecimento;
 - Minimizar o declive de temperatura através da mistura do líquido e arrefecer o líquido imediatamente à saída.

- O aquecimento por micro-ondas envolve um CUT não-isotérmico.
- As fases de arrefecimento ocorrem fora do forno microondas, período come-Down(descendente).
 - Deve ser subtraída á destruição total para avaliar a destruição causada pelo aquecimento efectivo(tc).

- A extensão de logaritmos de destruição térmica (LTD) durante o arrefecimento pode ser obtida por:

$$LTD = \frac{t_c}{D}$$

- **D** valor á temperatura de saída a partir de estudos de destruição térmica.
- Os dados da destruição da população microbiana de amostras pode, assim, ser corrigida para a contribuição tanto do período come-up como come-down para a letalidade.

SISTEMAS DE AQUECIMENTO

- Aquecimento em série;
- Aquecimento por Corrente Contínua.



AQUECIMENTO EM SÉRIE

$$Q = m C_P (T_f - T_i)$$

Massa do alimento

calor específico (kJ/kg °C)

Varição de Temperatura (°C)

T_i – temperatura inicial
 T_f – Temperatura alvo ou final do alimento

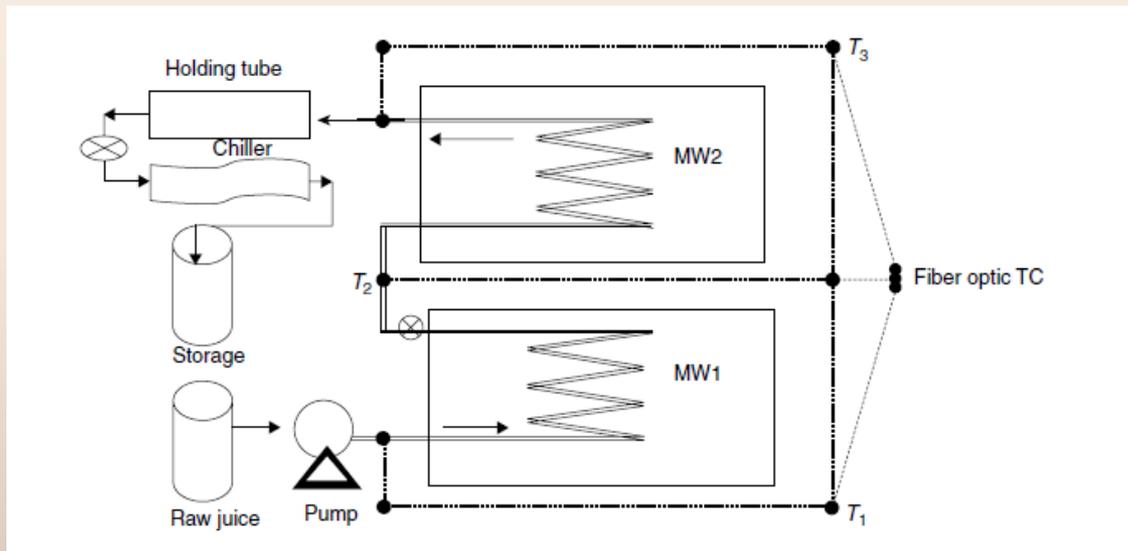
→ Transferência de energia/calor

→ $P = Q/s$ (W), e com esse P podemos calcular a eficiência, tendo em conta que 90% da potência nominal pode ser encontrada numa amostra grande.



AQUECIMENTO POR CORRENTE CONTÍNUA

- Maior produtividade;
- Facilidade de limpeza e automação.

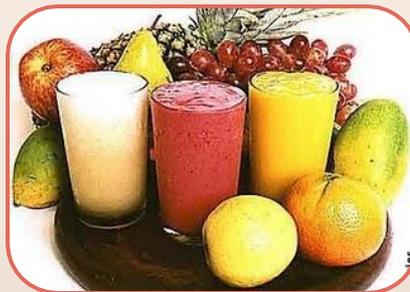


APLICAÇÃO DOS SISTEMAS ALIMENTARES

- Leite;



- Sumos de fruta;



- Refeições prontas.



LEITE

- ❖ Vantagens do aquecimento por microondas:
 - Contagens microbiais inferiores;
 - Menor isomerização da lactose.



SUMOS DE FRUTA

❖ Vantagens da pasteurização por microondas:

- Menor exposição térmica;
- Eliminação da degradação no tubo;
- Retenção da qualidade do sumo.



REFEIÇÕES PRONTAS

- ❖ Vantagem da pasteurização por microondas:
 - Aumenta o seu prazo de validade.



LIMITAÇÕES E O FUTURO DO AQUECIMENTO POR MICROONDAS

Esterilização

desvantagem: falta de perfis de temperaturas recentes.

Depende da selecção adequada do equipamento e da embalagem.

Medição de temperaturas -> Não garante a verdadeira distribuição pelo produto -> padrão de aquecimento irregular e difícil de prever

Cinética da degradação

Sabor

Qualidade

Nutrientes

Depende de:

- Natureza dos produtos alimentares
- Sua geometria
- Propriedades dieléctricas
- Design do microondas



RECOMENDAÇÕES PARA A PASTEURIZAÇÃO E ESTERILIZAÇÃO EM MICRO-ONDAS

Melhor gestão no aquecimento por microondas:

- 1) A Temperatura deve ser medida no maior número de sítios possíveis;
- 2) Determinar o ponto mais frio e a sua localização (em termos de microrganismos);
- 3) A colocação do produto;
- 4) Descrição de ponto estéril por microondas (combinação de marcadores);
- 5) Uniformidade espacial e esterilização podem ser melhoradas (propriedades dieléctricas);
- 6) Aumentar a eficiência do aquecimento por microondas (radiações I.V);
- 7) Profundidade de penetração em alimentos (energia a uma frequência baixa).

CONCLUSÃO

