



# **OPERAÇÕES UNITÁRIAS II**

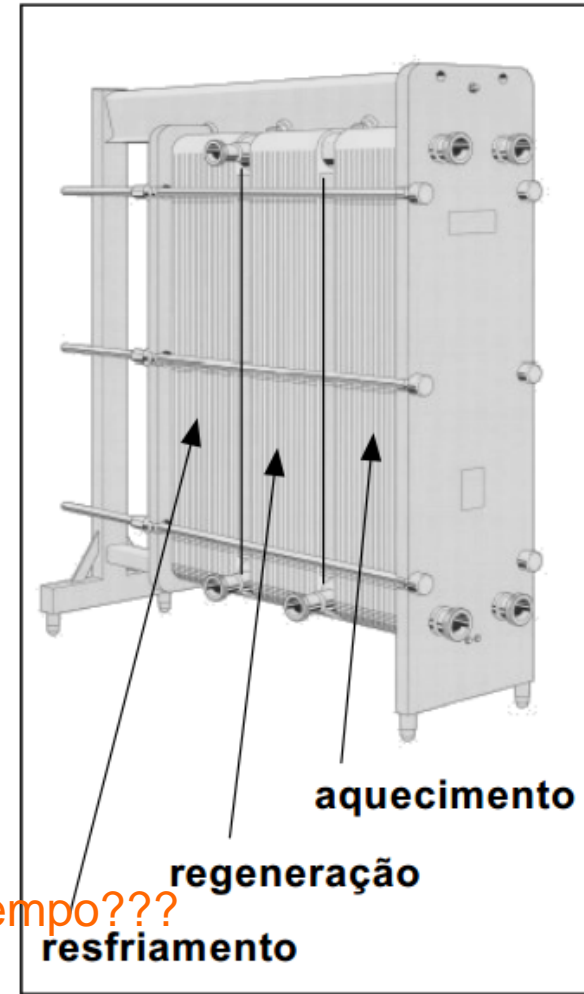
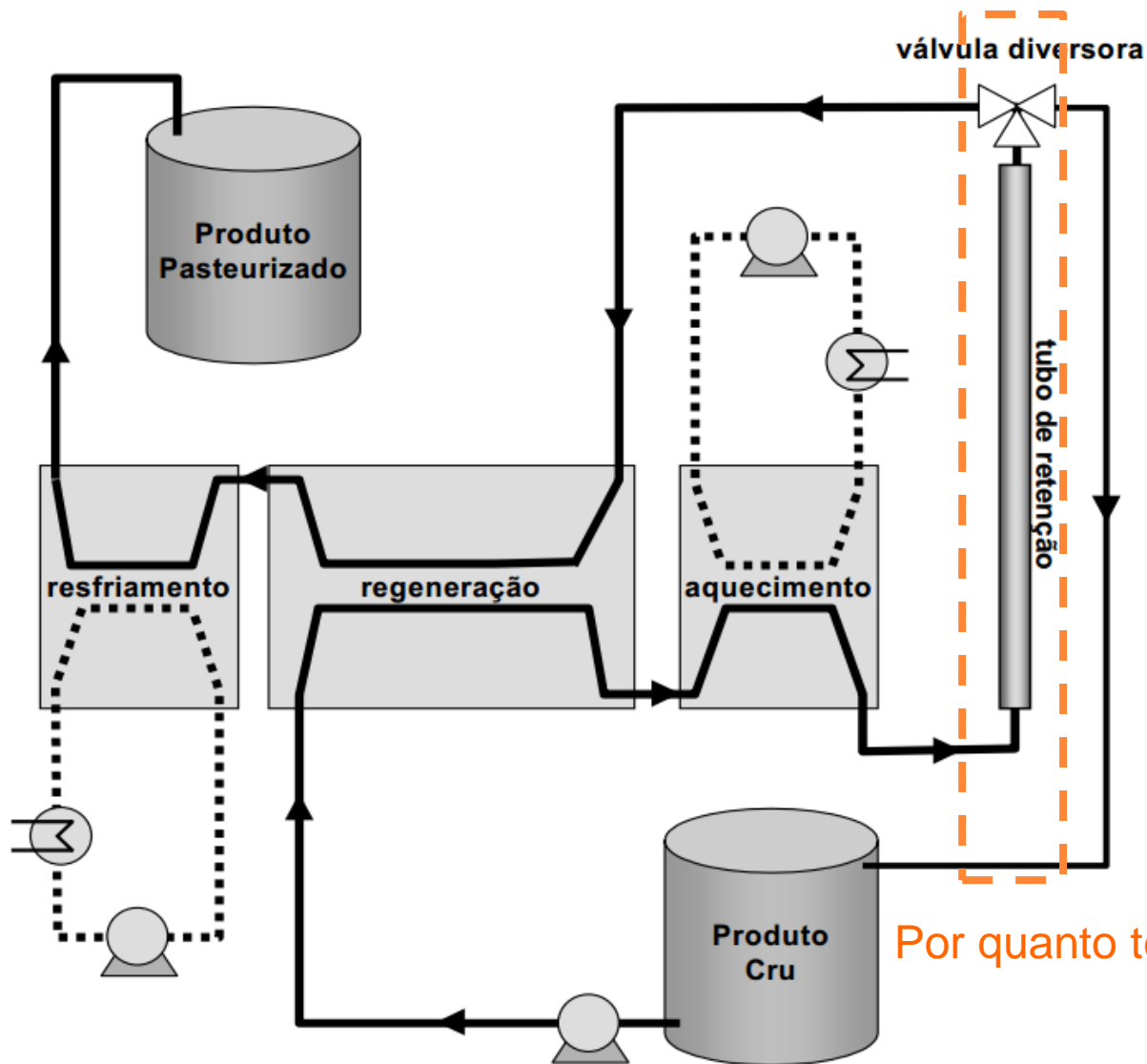
## **AULA 9: PROCESSAMENTO TÉRMICO DE ALIMENTOS**

**Profa. Dra. Milena Martelli Tosi**

# OBJETIVOS EM OPII

- **Operação Unitária** que enfatiza os aspectos da TC, conhecimentos de microbiologia → adequado dimensionamento do processo e dos equipamentos envolvidos;
- Fatores que influenciam a duração do processo de esterilização de alimentos
  - Resistência térmica de microrganismos
  - Penetração de calor em alimentos





Por quanto tempo???

- **F (Letalidade)**: Tempo necessário de tratamento térmico para atingir um dado valor de SV  
 → Definido  $t = F$  e rearranjando:

Gut e Pinto, 2003; citado por Gutierrez, 2008 (Dissertação Escola Politécnica).

# Processamento Térmico de Alimentos

Conservação de Alimentos pelo uso de calor

TT por esterilização

Cinética de inativação térmica

Letalidade térmica



# CONSERVAÇÃO DE ALIMENTOS PELO USO DO CALOR

- **Objetivos:** Destruir total ou parcialmente os agentes deterioradores e/ou patogênicos existentes no alimento por meio da alta temperatura
- **Principais métodos:** Pasteurização, Branqueamento, Apertização e esterilização

## REGRA GERAL

- $T < 100^{\circ} \text{C}$  - Mata células vegetativas
- $T > 100^{\circ} \text{C}$  - Mata esporos
- Desnatura inativando as enzimas (são proteínas)
- Acelera reações químicas
  - $Q_{10}$  A cada acréscimo de  $10^{\circ} \text{C}$  a velocidade das reações duplicam



# HISTÓRIA

- 1805 – Nicolas Appert (confeiteiro francês)

Ao colocar alimentos em vidros com algum líquido, tampar e ferver (em banho-maria) por determinado período, conseguia-se aumentar a vida de prateleira de um produto

(semelhante ao atual para produção de conservas , ou enlatados)

Ele acreditava que a preservação dos alimentos devia-se à ausência de ar no interior do frasco



# HISTÓRIA

- 1805 – Nicolas Appert (confeiteiro francês)
- 1810 – Peter Durant (Inglaterra – origem latas - 1820)
- 1864 – Hipótese “eliminação de ar” derrubada por Louis Pasteur – descoberta “vegetação microscópica”
- Pesquisas demonstraram o efeito da temperatura sobre microrganismos
  - Pasteurização: 62-63°C / 90 min em sucos de frutas
  - Criou fundamentação teórica relacionada com processos térmicos

Tratamento térmico de alimentos: Emprego de calor para aumentar temperatura do alimento e, conseqüentemente destruir os microrganismos patogênicos e/ou deterioradores

# TEMPERATURA ALTA: PRINCIPAIS MÉTODOS

- **BINÔMIO TEMPO X TEMPERATURA**
- **Branqueamento**  $60^{\circ} \text{C} < T < 100^{\circ} \text{C} \rightarrow$  Curto tempo, máximo 5 minutos
  - Destrói alguns microrganismos
  - Desnatura enzimas
  - Pouco efeito nas reações químicas não enzimáticas devido a rapidez
- **Pasteurização**  $60^{\circ} \text{C} < T < 100^{\circ} \text{C} \rightarrow$  alguns segundos a vários minutos
  - Destrói células vegetativas
  - Desnatura enzimas
  - Acelera algumas reações químicas não enzimáticas
- **Esterilização**  $T > 100^{\circ} \text{C}$  alguns segundos
  - Destrói células vegetativas e esporos
  - Desnatura enzimas
  - Acelera algumas reações químicas não enzimáticas





# BRANQUEAMENTO

## ○ Meios e equipamentos

- Água quente, vapor , microondas, superfície quente



Resfriamento imediato após o aquecimento



Por quê resfriar rapidamente??

Para evitar cozimento

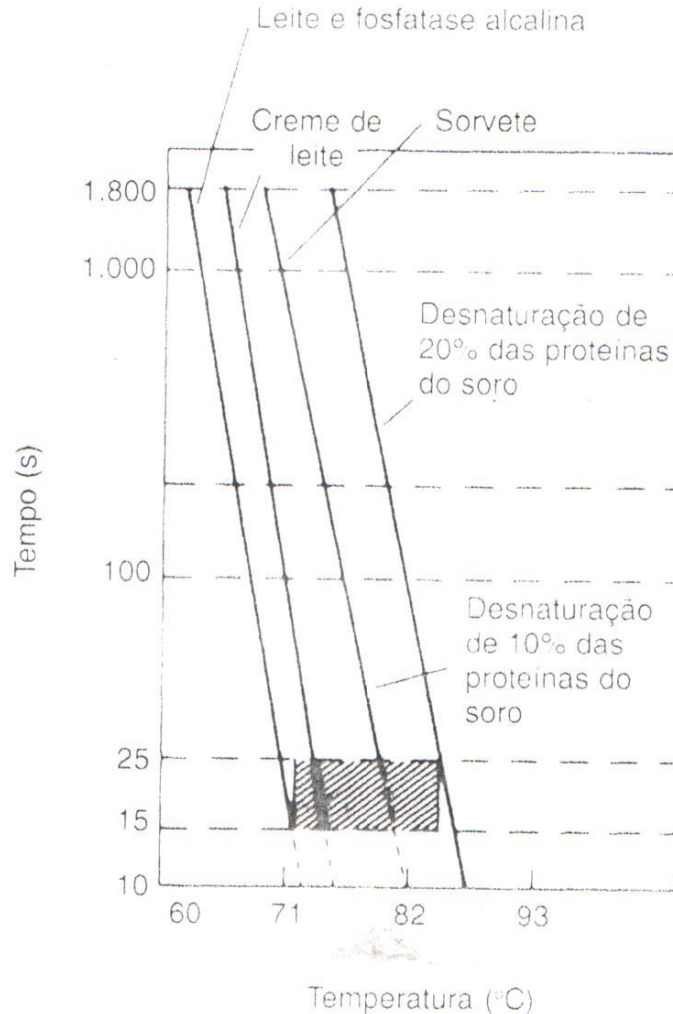
O branqueamento não tem objetivo de cozinhar, acontece "pré-cozimento" como consequência

<b>Vegetais</b>	<b>Minutos</b>
<b>Aipo</b>	4
<b>Abóbora cortar em pedaços</b>	3
<b>Abobrinha cortada em pedaços</b>	2
<b>Acelga em folhas</b>	2
<b>Acelga talos</b>	2
<b>Alcachofra - branquear com água e limão</b>	8
<b>Alho porró</b>	4
<b>Almeirão</b>	2
<b>Aspargo</b>	4
<b>Batata (congelar frita/refritar antes de servir)</b>	4
<b>Beterraba inteira, tamanho médio</b>	8
<b>Berinjela (melhor como prato pronto)</b>	4
<b>Brócolis deixar de molho 30 min., escaldar em água e sal</b>	4
<b>Cenoura inteira</b>	5
<b>Cenoura em rodelas</b>	3
<b>Chicória</b>	2
<b>Chuchu (melhor como prato pronto)</b>	2
<b>Cogumelo deixar de molho em água, limão e sal por 5 min, escaldar e congelar com água</b>	3
<b>Couve</b>	2
<b>Couve-Flor (somente os buquês)</b>	3
<b>Ervilha fresca em grãos</b>	2
<b>Ervilha fresca em vagem</b>	3
<b>Espinafre espremer para tirar toda a água; não usar a água do branqueamento</b>	2
<b>Favas, somente os grãos</b>	4
<b>Mandioca, limpar e cortar</b>	8
<b>Mandioquinha</b>	5
<b>Milho em espiga</b>	8
<b>Milho em grãos</b>	3
<b>Mostarda</b>	2
<b>Nabo</b>	5
<b>Palmito, branquear com água e limão</b>	5
<b>Pimentão</b>	2
<b>Quiabo inteiro</b>	3
<b>Repolho</b>	2

# PASTEURIZAÇÃO

- Tratamento térmico para destruição dos microorganismos patogênicos, bolores e leveduras.
- **Destroi células viáveis** o binômio tempo/temperatura não é calculado para destruir esporos de bactérias.
- Tempo/ temperatura -  $< 100^{\circ}\text{C}$ / segundos a vários minutos
- Fonte de calor: Vapor, água quente, calor seco
- $>$  temperatura  $\lll$  tempo
- Consequência: **cozimento, inativação enzimática**
- Complementação com outros métodos
  - Refrigeração (até o consumo)
  - Adição de concentrações altas de açúcar
  - Condições anaeróbias pelo fechamento de recipientes à vácuo
  - Aditivos para manter pH baixo





## FOSFATASE ALCALINA

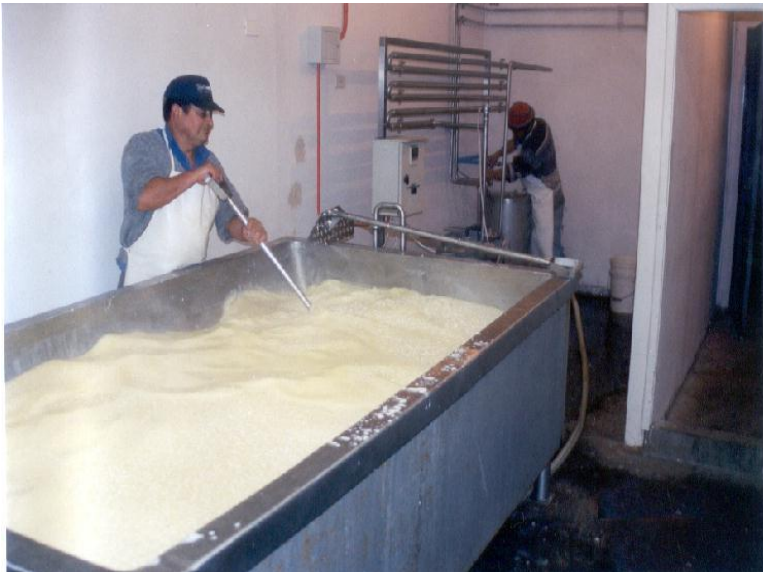
- Encontrada em complexos lipoprotéicos nas membranas
- sua atividade pode indicar que o processo foi inadequado

**FIGURA 11.1** Relação entre tempo e temperatura para a pasteurização. A área hachurada mostra as faixas de tempo e de temperatura utilizadas na pasteurização comercial de leite. (Baseada em Harper, 1976.)



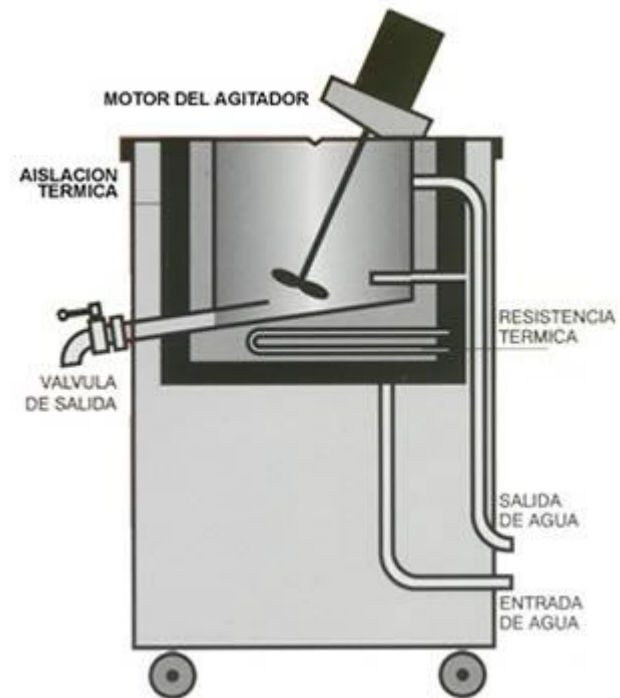
# EQUIPAMENTOS PASTEURIZAÇÃO

- Tanques encamisados



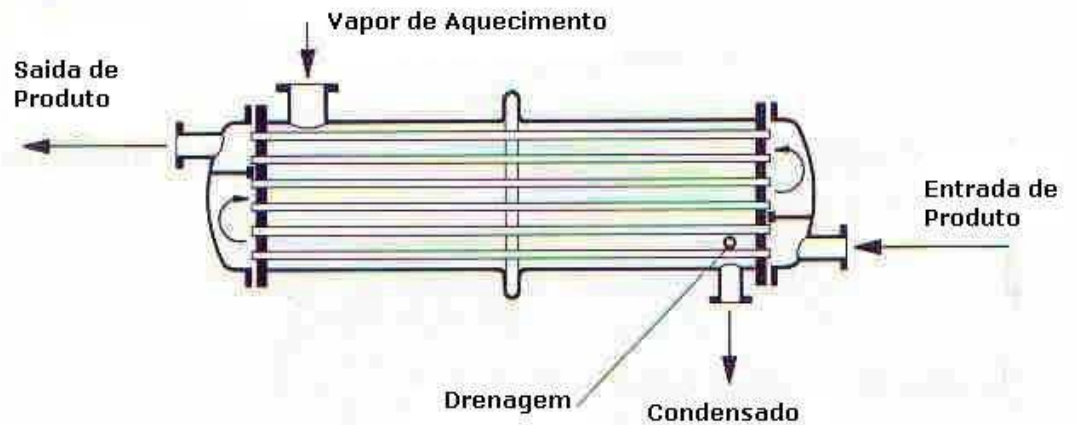
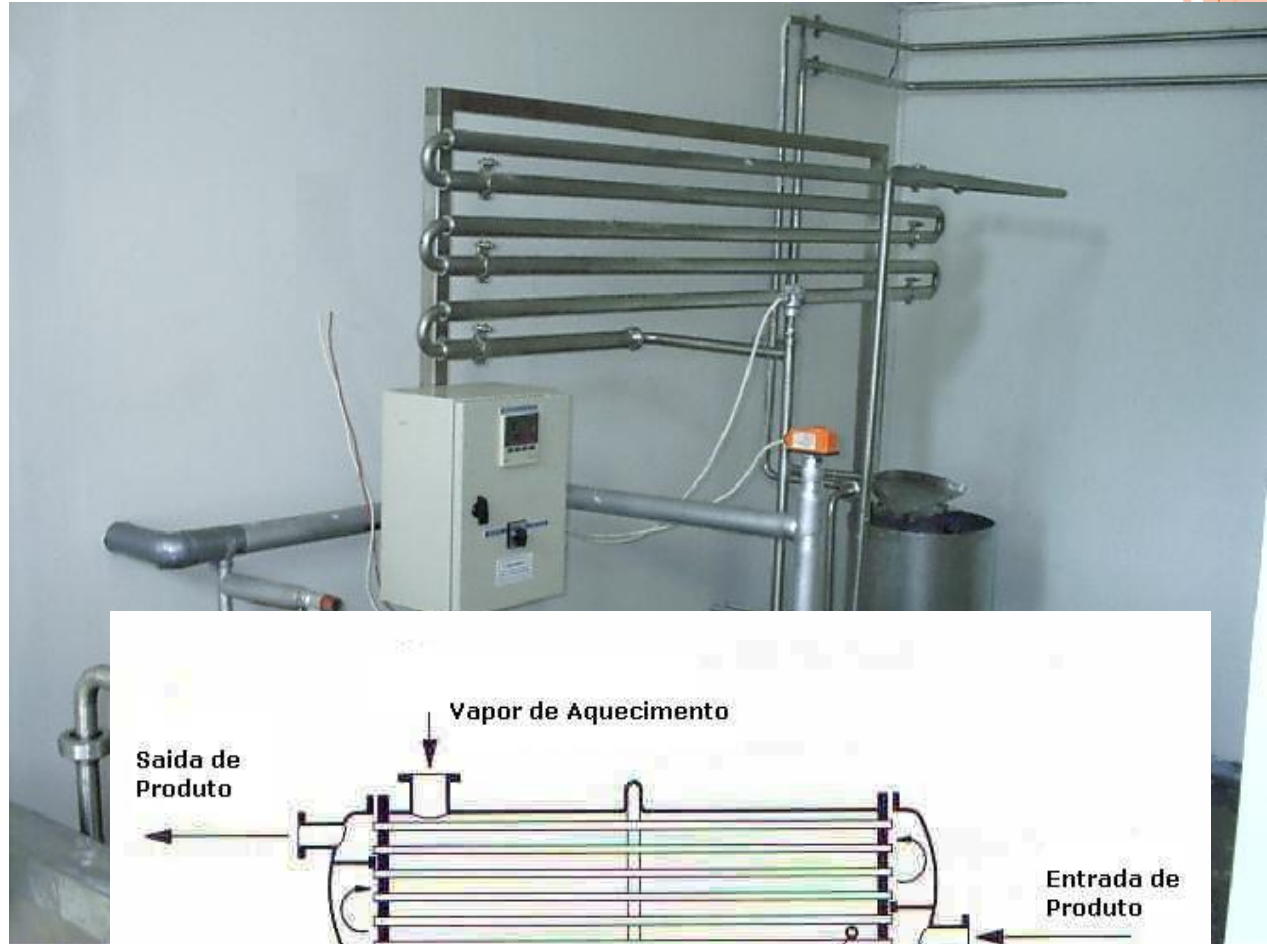
# EQUIPAMENTOS PASTEURIZAÇÃO

- Tanques



# EQUIPAMENTOS PASTEURIZAÇÃO

## ○ Tubulares



# EQUIPAMENTOS PASTEURIZAÇÃO

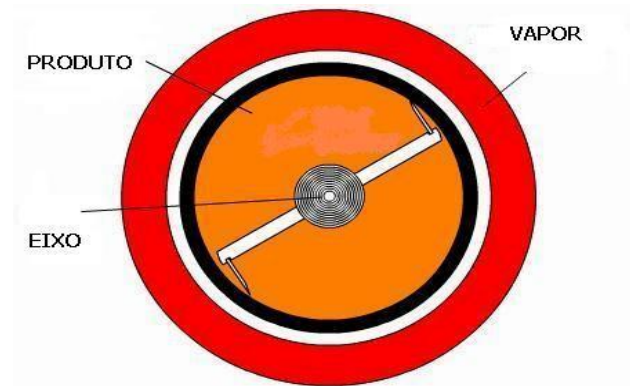
- Tubulares





# EQUIPAMENTOS PASTEURIZAÇÃO

- Superfície raspada



DETALHE PASTEURIZADOR SUPERFICIE RASPADA

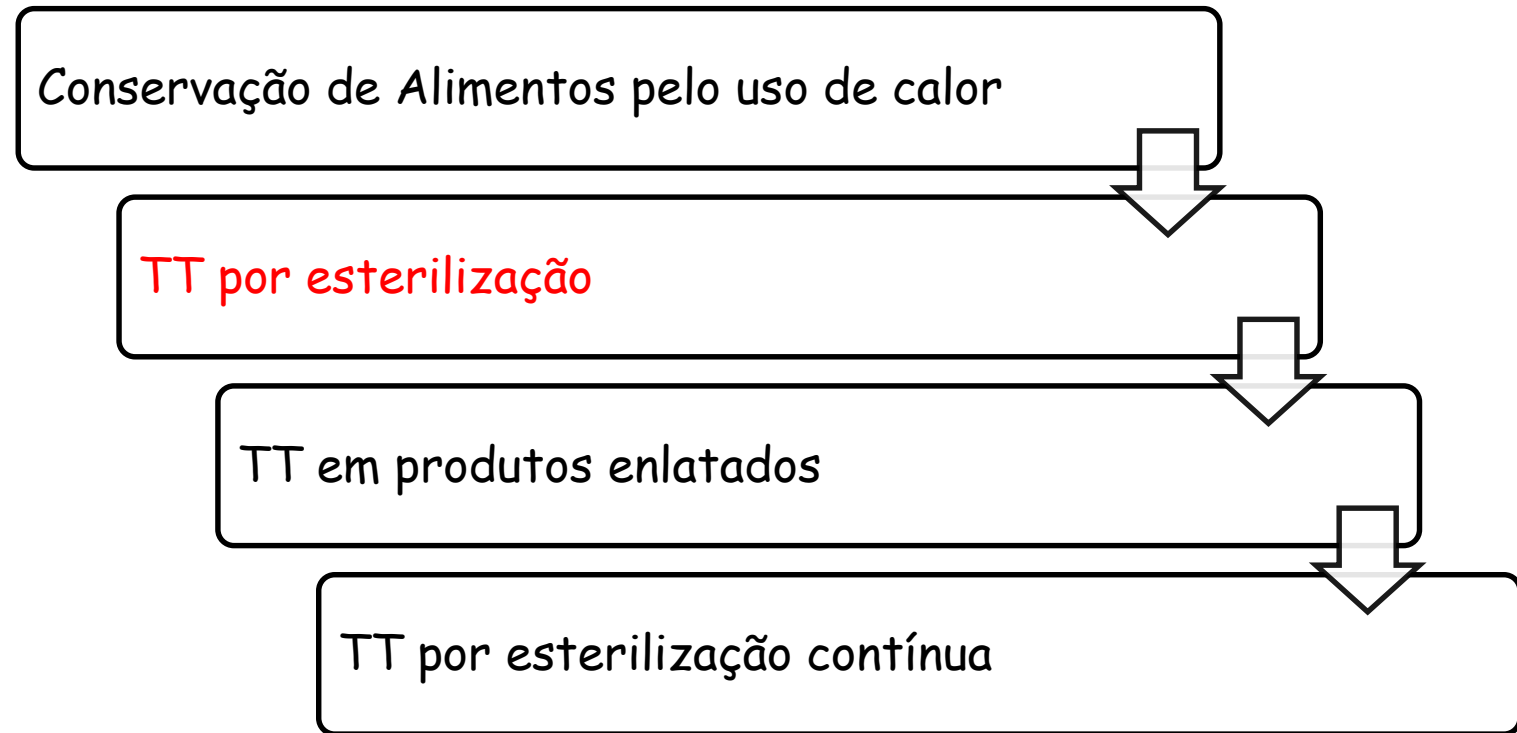


# EQUIPAMENTOS PASTEURIZAÇÃO

- Placas



# Processamento Térmico de Alimentos



# TRATAMENTO TÉRMICO POR ESTERILIZAÇÃO

- Produto “**comercialmente estéril**” ou “**produto estável**” (FDA): *produto livre de microrganismos que são capazes de se produzirem no AL em condições normais de armazenamento*
  - Requer conhecimento sobre o impacto do aquecimento sobre o produto e indicador do processo (m.o. e/ou enzimas)
- Destroi células viáveis e esporos
- O binômio tempo/temperatura é calculado para destruir esporos de bactérias termoresistentes. Depende: produto, embalagem, equipamento, do indicador biológico (m.o.)
- Tempo/ temperatura > 100°C/ segundos a vários minutos  
> temperatura <<< tempo
- Consequência: cozimento, inativação enzimática



# EQUIPAMENTOS DE ESTERILIZAÇÃO

- Autoclave horizontal



# EQUIPAMENTOS

## o Autoclave vertical



# Processamento Térmico de Alimentos

Conservação de Alimentos pelo uso de calor

TT por esterilização

Cinética de inativação térmica

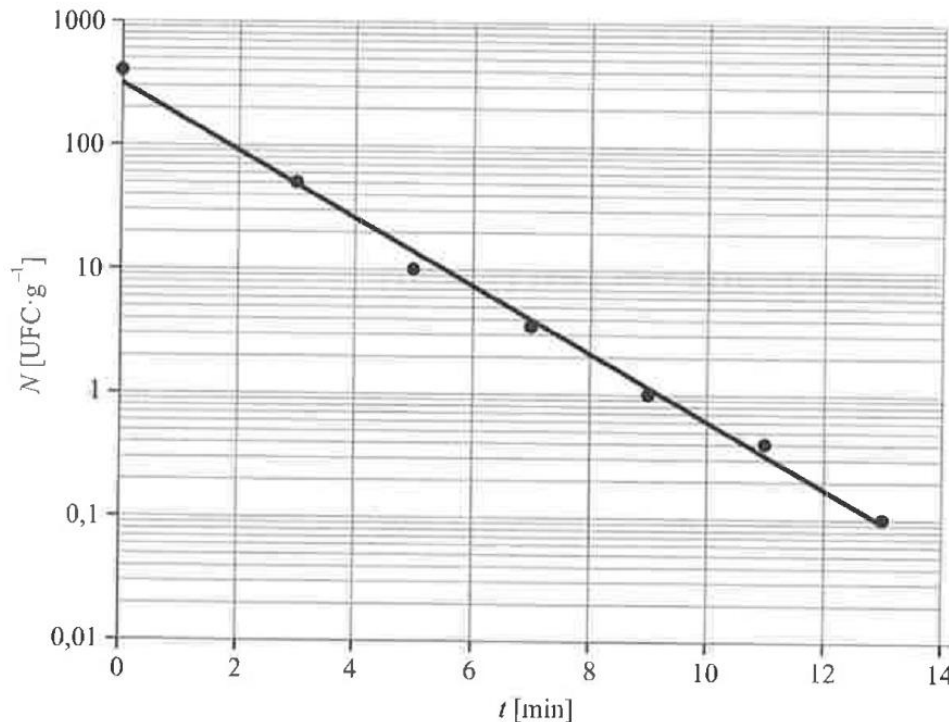
Letalidade térmica



# TRATAMENTO TÉRMICO POR ESTERILIZAÇÃO

## CINÉTICA DE INATIVAÇÃO TÉRMICA

- Cálculo dos tempos de processo para produzir AL “comercialmente estéril”
- **Ex:** Curva de morte térmica de um processo de esterilização a T constante



Em gráfico semilogarítmico:  
Pontos se alinham como reta →  
**taxa de decréscimo  
proporcional ao N  
(Número de organismos viáveis  
- Unidades Formadoras de  
Colônias –UFC)**

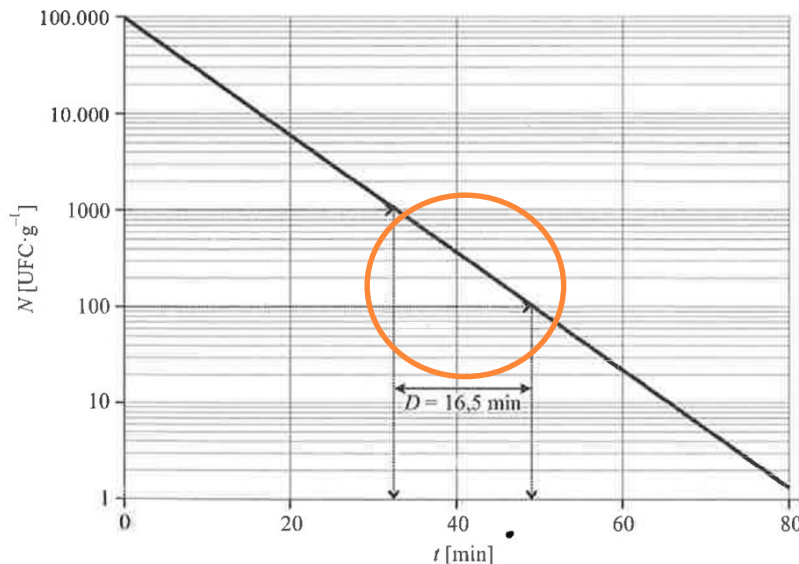
**Figura 13.1** Curva de morte térmica de um processo de esterilização a temperatura constante.



# TRATAMENTO TÉRMICO POR ESTERILIZAÇÃO

## CINÉTICA DE INATIVAÇÃO TÉRMICA

- “comercialmente estéril”: Fundamentado no conceito 12D (redução de 12 ciclos log do organismo de interesse, em relação à população inicial presente)
- Valor D: tempo de redução **D**ecimal (1 ciclo) → medida de resistência térmica do m.o. ou enzima



**Valor D:** conceito deriva da hipótese que a taxa de letalidade térmica obedece a cinética de primeira ordem

**Figura 13.2** Número de sobreviventes ( $N$ ) em função do tempo de processo ( $t$ ) a uma dada temperatura constante, indicando o valor de  $D = 16,5$  min (49,1 – 32,6) relativo ao tempo necessário para uma redução de 90 % da população, nessa temperatura.

# TRATAMENTO TÉRMICO POR ESTERILIZAÇÃO

## CINÉTICA DE INATIVAÇÃO TÉRMICA

- Cinética de primeira ordem

$$\frac{dN}{dt} = -kN \quad (1)$$

N: número de organismos viáveis (UFC/m<sup>3</sup>)  
k: constante de velocidade de 1ª ordem (s<sup>-1</sup>)  
t: tempo do processo térmico

- Calcular a mudança sobre N em um dado período de tempo, rearranjando as variáveis e integrando de N<sub>0</sub> a N e t<sub>0</sub> a t:

$$\int_{N_0}^N \frac{dN}{N} = \int_{t_0}^t -k \cdot dt \quad \ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -k \cdot t \quad (2)$$


# TRATAMENTO TÉRMICO POR ESTERILIZAÇÃO

## CINÉTICA DE INATIVAÇÃO TÉRMICA

- É necessário converter o logaritmo natural para log (base decimal), facilmente realizado:

$$\ln x = \log(10) \cdot \log(x) \quad (3)$$

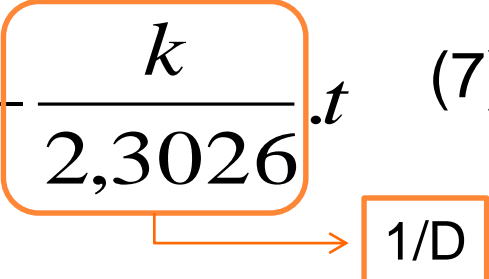
$$\log_e x = \log_{10} x / \log_{10} e \quad (4)$$

$$\ln x = \log_{10} x / 0,4343 \quad (5)$$

$$\ln x = 2,3026 \cdot \log_{10} x \quad (6)$$

- Substituindo (6) em (2):

$$\log\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\frac{k}{2,3026} \cdot t \quad (7)$$





# TRATAMENTO TÉRMICO POR ESTERILIZAÇÃO

## CINÉTICA DE INATIVAÇÃO TÉRMICA

- Valor de esterilização (SV: *Sterilization Value*)

$$\log\left(\frac{N}{N_0}\right) = -SV = -\frac{t}{D} \quad (9)$$

- SV = 12 → redução de 12 ciclos logarítmicos
- SV pode ser representado como “12D”
- **Conceito de F (Letalidade)**: Tempo necessário de tratamento térmico para atingir um dado valor de SV

→ Definido  $t = F$  e rearranjando:

$$\log(N/N_0) = -F / D$$

$$F = -\log(N/N_0) \cdot D \quad (10)$$

$$F = SV \cdot D \quad (11)$$



# TRATAMENTO TÉRMICO POR ESTERILIZAÇÃO

## CINÉTICA DE INATIVAÇÃO TÉRMICA

- **Conceito de F:** Tempo necessário de tratamento térmico para atingir um dado valor de SV

Ex: para reduzir “6D” com  $N_0 = 10^2$  esporos por lata

$$\log\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\frac{F}{D} = -SV = -6 \quad \left(\frac{N}{N_0}\right) = 10^{-6}$$
$$N_0 = 10^{-4}$$

**Equivalente a 1 esporo viável em 10.000 latas**

**E se fosse 12D para o mesmo  $N_0$ ??**

**→ equivalente a 1 esporo viável em  $10^{10}$  latas  
(tem sido o padrão utilizado)**



# TEMPO DE REDUÇÃO DECIMAL ( $D$ )

- Quanto maior o número de m.o. presente na matéria prima, maior a duração do processo para reduzir o  $N_0$  a  $N$ .
- A destruição microbiológica ocorre logaritmicamente
  - Teoricamente, é possível destruir todas as células apenas após um tratamento térmico por um tempo infinito.
- Assim, o objetivo do processo é
  - Reduzir o núm. de microrganismos sobreviventes a uma condição pré-determinada.
    - Esterilização comercial



# ESTERILIDADE COMERCIAL



Aplicação de calor ao alimento durante um período de tempo e a uma temperatura **cientificamente** determinada para alcançar a “*esterilidade comercial*”.

Na prática, significa que o processamento térmico inativa substancialmente todos os microrganismos e esporos

**Conceito 12D → usado para alimentos não-ácidos (*C. botulinum*)**

*Clostridium botulinum* → 121° C : sensores de qualidade do tratamento para alimentos pH > 4,5

## EXERCÍCIO 1 – AULA 7

Um Engenheiro de Alimentos está desenhando um processo térmico para ervilhas em lata. Ele deseja que o processo atinja 99,9999% de destruição do *C. botulinum*. Qual é então o valor de esterilização desse processo?

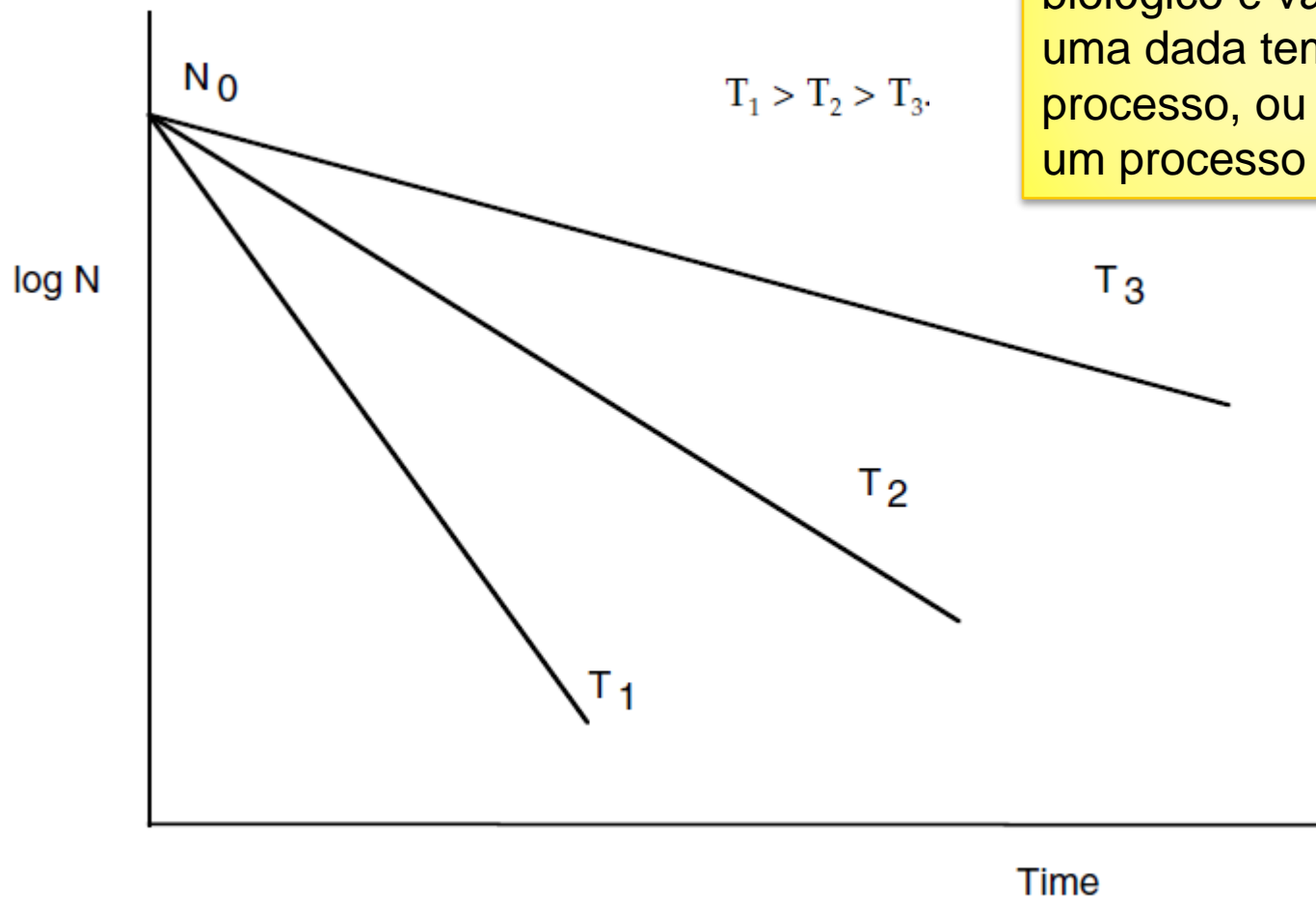




# Como descrever a dependência com a T?

Células vegetativas

Importante ressaltar que o **valor D** de um indicador biológico é válido para uma dada temperatura de processo, ou seja, para um processo isotérmico



a)



# TRATAMENTO TÉRMICO POR ESTERILIZAÇÃO MICROORGANISMOS

## o Valor D:

Quando ocorre um processo em que a T do processo muda ao longo do tempo, é necessário conhecer D para as diferentes Temperaturas:

o **Parâmetro z**: Intervalo de T requerido para uma mudança no valor de D por um fator de 10, sendo representado de forma análoga à eq. 7:

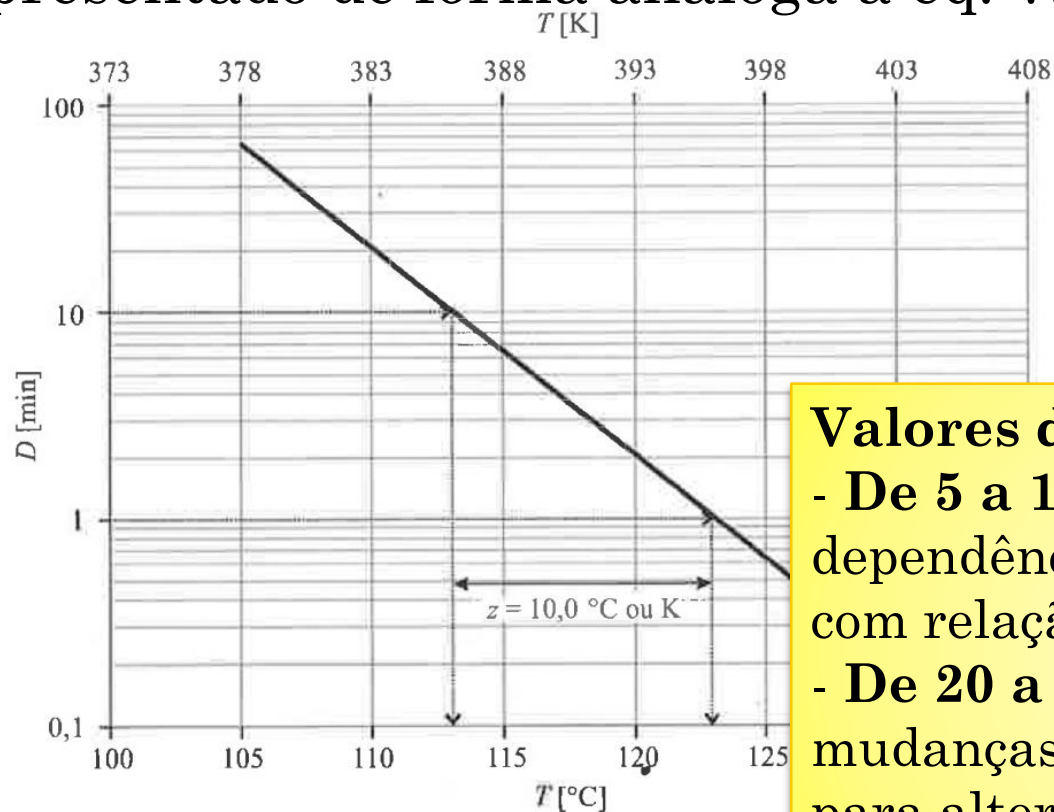
$$\log\left(\frac{D}{D_{ref}}\right) = -\frac{(T - T_{ref})}{z} \quad (12)$$

D: tempo de redução decimal a T  
D<sub>ref</sub>: tempo de redução decimal a T<sub>ref</sub>

Modelo de Bigelow ou modelo  
TDT – *Thermal Death Time*

# TRATAMENTO TÉRMICO POR ESTERILIZAÇÃO MICRORGANISMOS

- **Parâmetro  $z$ :** Intervalo de  $T$  requerido para uma mudança no valor de  $D$  por um fator de 10, sendo representado de forma análoga à eq. 7:



## Valores de $Z$ :

- De 5 a 10°C: forte dependência do fator biológico com relação à  $T$
- De 20 a 25°C: grandes mudanças na  $T$  são necessárias para alterar o tempo de redução decimal

Figura 13.3 Variação do valor de  $D$  em função da temperatura, indicando o valor relativo à diferença de temperatura necessária para aumentar ou diminuir

<b>Microrganismos</b>	<b>Temperatura ( ° C )</b>	<b>Valor D (minuto )</b>	<b>Valor z ( °C )</b>
<b>Esporos</b>			
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	121,1	4,0 - 5,0	7,7 - 12,2
<i>Clostridium botulinum</i>	121,1	0,1 - 0,2	7,7 - 10,0
<i>Clostridium perfringens</i>	100,0	0,31 - 17,6	6,0 - 17,2
<i>Bacillus cereus</i>	121,0	0,003 - 2,37	7,9 - 9,9
<i>Clostridium pasteurianum</i>	100,0	0,1 - 0,5	6,6 - 8,8
<b>Células Vegetativas de Bactéria</b>			
<i>Brucella spp</i>	65,5	0,5 - 1,0	4,4 - 5,5
<i>Salmonella spp</i>	65,5	0,02 - 0,25	4,4 - 5,5
<i>Staphylococcus aureus</i>	65,5	0,2 - 2,0	4,4 - 6,5
<i>Staphylococcus pyogenes</i>	65,5	0,2 - 2,0	4,4 - 6,5
<i>Lactobacillus spp</i>	65,5	0,5 - 1,0	4,4 - 5,5
<b>Bolores e Leveduras</b>			
Células Vegetativas e Micélio	65,5	0,5 - 3,0	4,4 - 6,6
<i>Zygosaccharomyces bailii</i>	60,0	7,0 - 14,2	4,0 - 5,0
<i>Saccharomyces cerevisiase</i>	60,0	8,2 - 22,2	4,5 - 5,0



# TRATAMENTO TÉRMICO POR ESTERILIZAÇÃO MICROORGANISMOS

o **Equação de Arrhenius**: alternativa ao modelo D-z para descrever a dependência da T.

→ Referida como modelo  $K-E_a$ , sendo:

K: constante cinética ( $s^{-1}$ ) a T ou  $T_{ref}$

$E_a$ : energia de ativação

R: constante universal dos gases

As reações bioquímicas seguem a forma:

$$\frac{dN}{dt} = kN \quad k = k_o \text{Exp}\left(-\frac{E}{RT}\right) \quad \text{Eq de Arrhenius}$$

$$\ln\left(\frac{K}{K_{ref}}\right) = -\left(\frac{E_a}{R}\right)\left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_{ref}}\right) \quad (13)$$



# TRATAMENTO TÉRMICO POR ESTERILIZAÇÃO MICROORGANISMOS

- **Equação de Arrhenius:** alternativa ao modelo D-z para descrever a dependência da T.
  - Tem sido demonstrado que a interconversão entre os parâmetro  $E_a$  e  $z$  de um conceito para o outro fora do intervalo de temperatura obtido experimentalmente ( $T_{min}$  a  $T_{max}$ ) pode levar a discrepâncias.
  - Conversões com mínimo de erro foram obtidas da seguinte equação:

$$E_a = \frac{2,3026.R.(T_{min} \cdot T_{max})}{z} \quad (14)$$

Esses modelos podem ser usados para representar a destruição de microrganismos, inativação de enzimas, degradação de vitaminas, outras alterações provocadas pelo TT.



# Processamento Térmico de Alimentos

Conservação de Alimentos pelo uso de calor

TT por esterilização

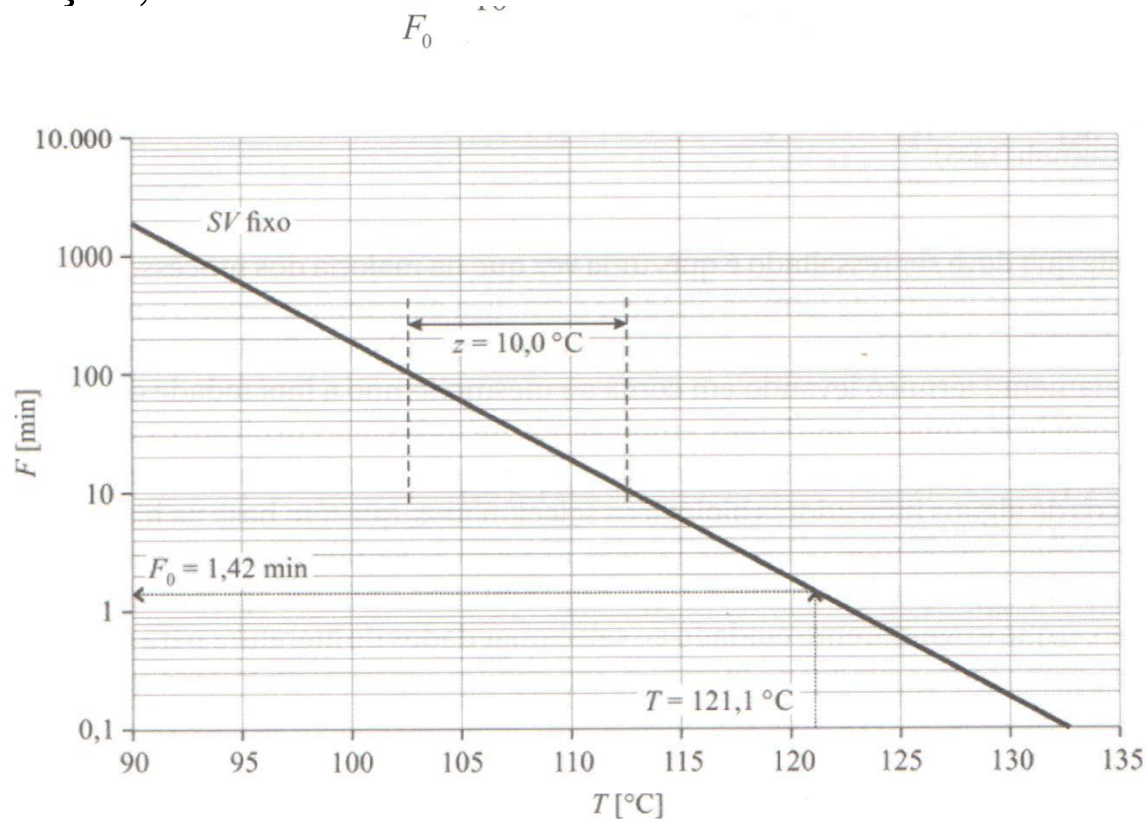
Cinética de inativação térmica

Letalidade térmica



# LETALIDADE TÉRMICA

- Partindo do conhecimento da relação entre tempo e temperatura requeridos para atingir certo grau de esterilização, o conceito de letalidade é introduzido.



**Figura 13.5** Curva de morte térmica de um microrganismo hipotético, com indicação do tempo necessário ( $F_0$ ) para atingir um valor de esterilização na temperatura de referência ( $T_{\text{ref}} = 121,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e respectivo  $z$ .



# FATORES QUE INFLUENCIAM A ESTERILIZAÇÃO TÉRMICA

- Duração (tempo de processo) necessário para esterilizar um alimento:
  - Resistência térmica dos microorganismos ou enzimas presentes nos alimentos
    - (Esporos resistentes: termófilos; 45 a 75°C)
  - Penetração do calor nos alimentos
    - Condições de aquecimento
    - pH do alimento
    - Tamanho do recipiente
    - Estado físico do alimento (líquido ou congelado)



# RESISTÊNCIA TÉRMICA DE MICROORGANISMOS

- Resistência térmica
  - Capacidade de um microrganismo sobreviver durante um tratamento térmico (tempo/temperatura).
  - A **letalidade** dos microrganismos em um processo, requer a aplicação de uma combinação específica de tempo-temperatura, que varia de acordo com a resistência térmica do m.o. e condições físicas do meio (densidade, fração sólido/líquido)
    - Um processamento adequado deve permitir a destruição dos microrganismos, mas manter a qualidade produto final (aspectos sensoriais)



- Maioria dos esporos resistentes possuem valor de “z”  $\sim 10^0\text{C}$
- Durante o tempo de processo,
  - O aumento da temperatura, em “z graus Celsius”, resulta na redução do tempo, em dez vezes, (*decimal reduction time*) necessário para se obter a mesma letalidade.



**Table 12.1** Heat resistance of some spore-forming bacteria<sup>a</sup> used as a basis for heat sterilisation of low acid foods

Micro-organism	z value (°C)	$D_{121}$ value (min)	Typical foods
<i>Thermophilic</i> (35–55°C)			
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	9–10	3.0–4.0	Vegetables, milk
<i>Clostridium thermosaccharolyticum</i>	7.2–10	3.0–4.0	Vegetables
<i>Mesophilic</i> (10–40°C)			
<i>Clostridium sporogenes</i>	8.8–11.1	0.7–1.5	Meats
<i>Bacillus subtilis</i>	4.1–7.2	0.3–0.76	Milk products
<i>Cl. botulinum</i> toxins A and B	5.5	0.1–0.3	Low-acid foods
<i>B. coagulans</i>	6–9	0.01–0.07	Milk
<i>B. cereus</i>	36	3.8	Milk
<i>Psychrophilic</i> (–5–1.5°C)			
<i>Cl. botulinum</i> toxin E	10	3.0 (60°C)	Low-acid foods

<sup>a</sup>Note: the data is intended to be indicative only as the thermal resistance of micro-organisms is influenced by the nature of the food. Original literature gives precise information for particular products.

Adapted from Lund (1975), Burton (1988), Brennan *et al.* (1990), Heldman and Hartel (1997) and Licciardello *et al.* (1967).

<b>Microrganismos</b>	<b>Temperatura ( ° C )</b>	<b>Valor D ( minuto )</b>	<b>Valor z ( ° C )</b>
<b>Esporos</b>			
Bacillus stearothermophilus	121,1	4,0 - 5,0	7,7 - 12,2
Clostridium botulinum	121,1	0,1 - 0,2	7,7 - 10,0
Clostridium perfringens	100,0	0,31 - 17,6	6,0 - 17,2
Bacillus cereus	121,0	0,003 - 2,37	7,9 - 9,9
Clostridium pasteurianum	100,0	0,1 - 0,5	6,6 - 8,8
<b>Células Vegetativas de Bactéria</b>			
Brucella spp	65,5	0,5 - 1,0	4,4 - 5,5
Salmonella spp	65,5	0,02 - 0,25	4,4 - 5,5
Staphylococcus aureus	65,5	0,2 - 2,0	4,4 - 6,5
Staphylococcus pyogenes	65,5	0,2 - 2,0	4,4 - 6,5
Lactobacillus spp	65,5	0,5 - 1,0	4,4 - 5,5
<b>Bolores e Leveduras</b>			
Células Vegetativas e Micélio	65,5	0,5 - 3,0	4,4 - 6,6
Zygosaccharoyces bailii	60,0	7,0 - 14,2	4,0 - 5,0
Saccharomyces cerevisiase	60,0	8,2 - 22	

D – tempo para destruir 90% dos microrganismos

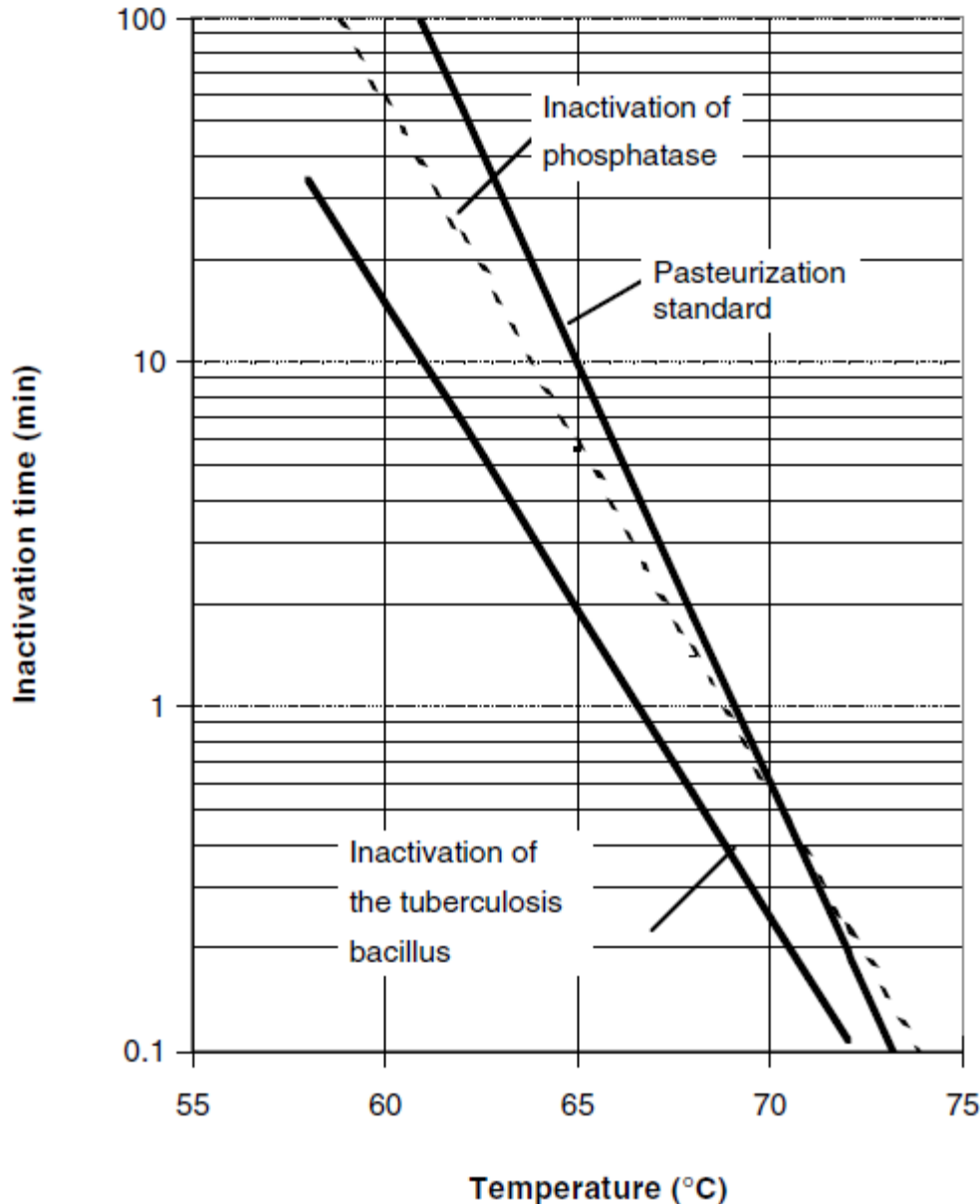
Z – aumento de temperatura para reduzir em 10 x o valor de D



**Tabela 13.1** Dados cinéticos de destruição térmica de esporos microbianos

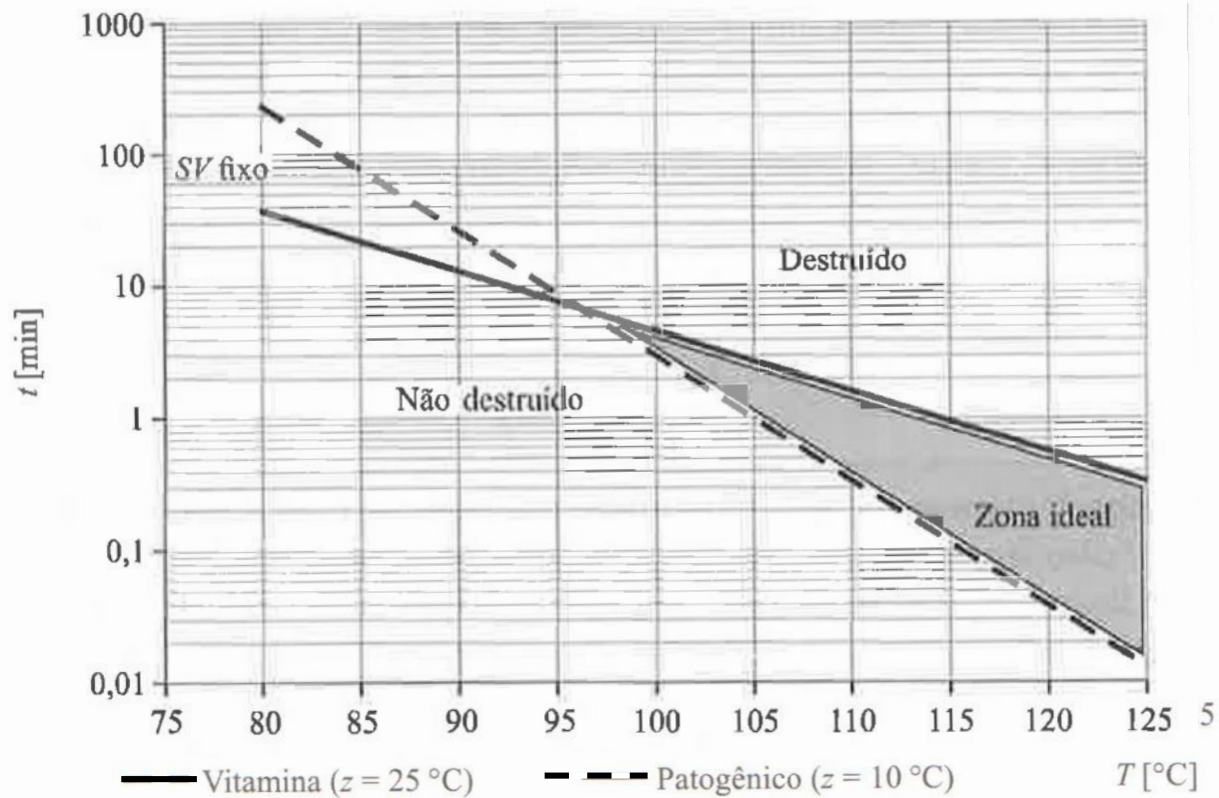
MICROORGANISMO	INTERVALO DE TEMPERATURA [°C]	pH	$T_{ref}$ [°C]	$D_{ref}$ [s]	$z$ [°C]
<b><i>Bacillus stearothermophilus</i></b>					
TH 24, meio aquoso	120-160	—	120	1000	7,3
TH 24, leite	120-160	—	160	0,32	11,2
ATCC 7953, água	121	—	121	33,6	8,0
ATCC, tampão fosfato	111-125	7	121	126	8,5
NCA 1518, leite desnatado	128-140	—	128	134	7,8
NCIB 8710, tampão fosfato	100-140	7	121	210	12,1
FS 128, tampão	110-135	7	110	10 <sup>4</sup>	7,7
FD 7954, água	105-120	—	121	138,2	10,43
<b><i>Clostridium botulinum</i></b>					
Tipo C, meio aquoso	93-104	—	104	60	5,6
Tipo A, meio aquoso	115,6-121	—	121	1,2	10
213, tampão fosfato	120-140	7	120	8,75	10
213B, cenouras	104-116	—	107	143,9	11,3
213B, milho	104-116	—	110	92,1	11,1
A35B, tampão fosfato	105-115,5	6,8	121	19,2	10,8
<b><i>Anaeróbio putrefativo</i></b>					
PA 3679, água destilada	115,5-143,3	—	115,5	39	10,4
PA 3679, meio aquoso	110-132,2	—	121	48	9,8

# LETALIDADE E ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS



**Eficiência da pasteurização:**  
Resistência térmica da fosfatase é maior do que a de patogênicos





**Figura 13.4** Mudanças relativas no binômio tempo-temperatura para a destruição térmica de microrganismos e vitaminas no leite. Processos a alta temperatura curto tempo (área sombreada) destroem os microrganismos e preservam as vitaminas.





## EXERCÍCIO 2 – AULA 9

Milho em lata deve ser processado termicamente a uma temperatura constante de 110°C até que uma redução de 99,999% do *C. Botulinum* seja atingida. Qual deve ser o tempo necessário do processo a essa temperatura para atingir o valor de esterilização desejado?

Sabe-se também que originalmente cada lata contém 15 esporos de um segundo microrganismo deteriorador que apresenta um valor de  $D_{110^{\circ}\text{C}} = 2,10$  min. Qual será a quantidade remanescente desse segundo organismo no final do processo?



## EXERCÍCIO 3 – AULA 9

O mesmo fabricante do exercício anterior, deseja reduzir o tempo de processo aumentando a temperatura para 121,1°C. Qual será então o novo tempo de processo para atingir o mesmo valor de esterilização para o *C. botulinum*, ou seja,  $SV=5$ ?

