



OPERAÇÕES UNITÁRIAS II

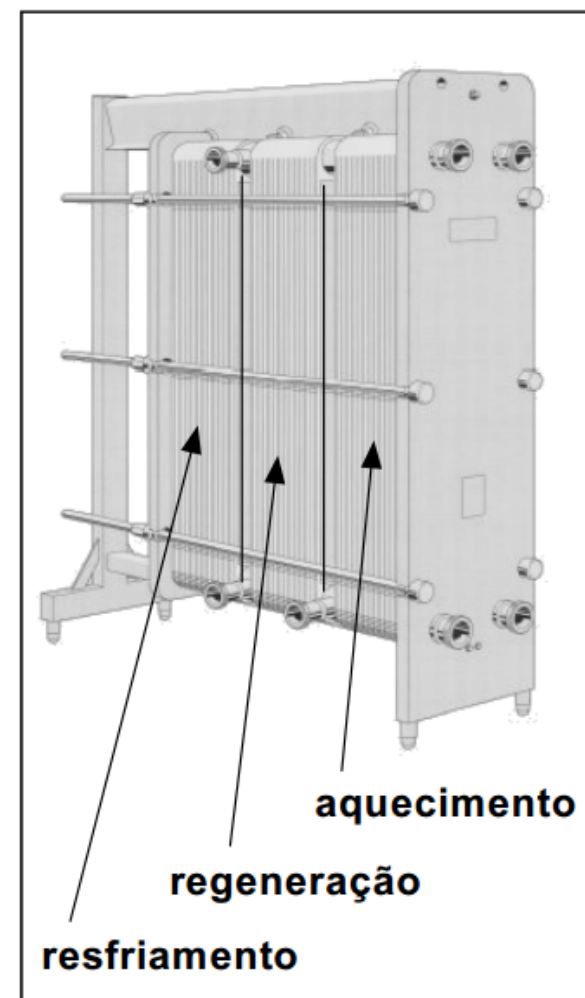
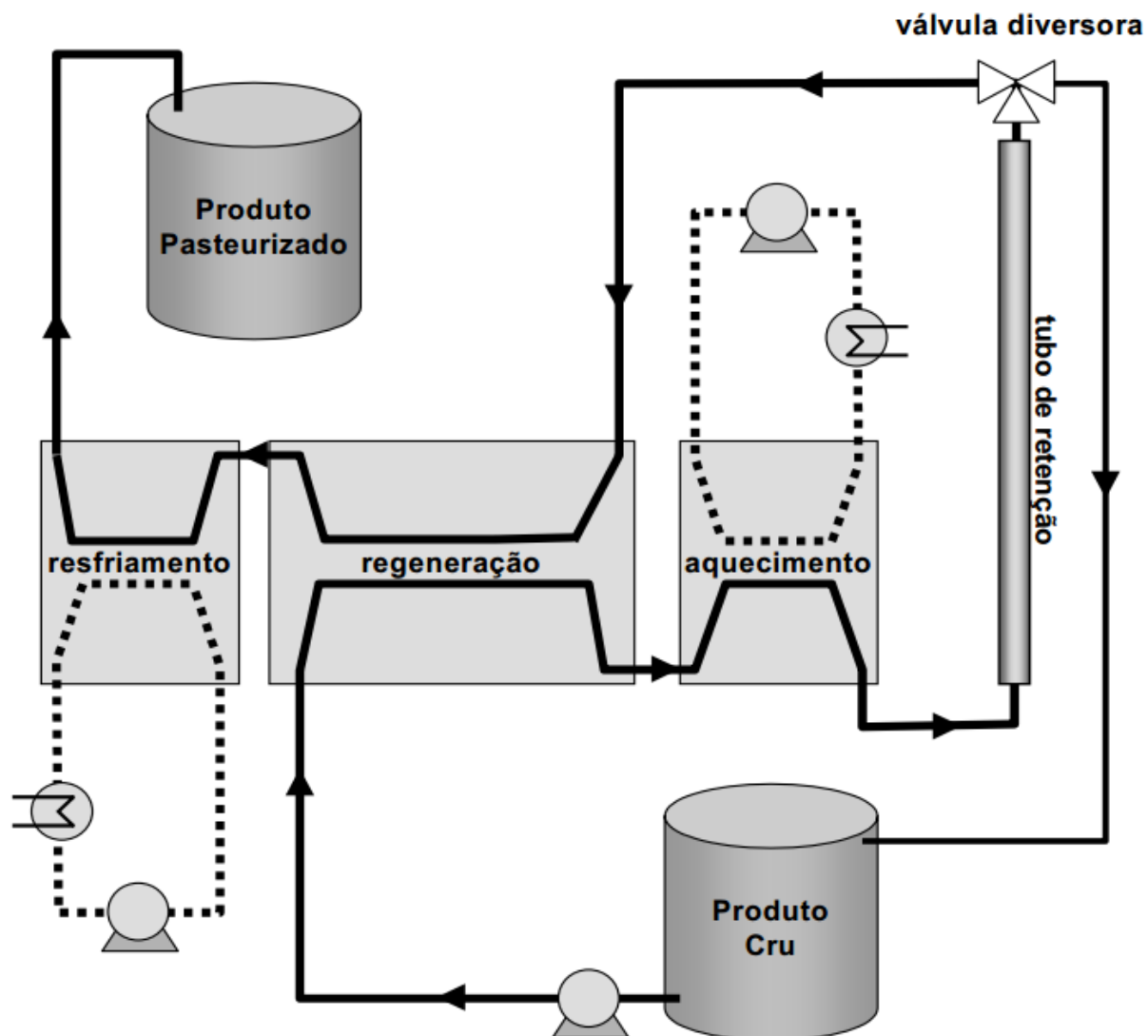
AULA 7: PROCESSAMENTO TÉRMICO DE ALIMENTOS

Profa. Dra. Milena Martelli Tosi

OBJETIVOS EM OP II

- **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





Processamento Térmico de Alimentos

Conservação de Alimentos pelo uso de calor

TT por esterilização

Cinética de inativação térmica

Letalidade térmica

TT em produtos enlatados: TC e penetração



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°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 a ausência de ar no interior do frasco 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 microorganismos 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



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

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

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



PRODUTOS PASTEURIZADOS

- **Alimentos conservados à temperaturas baixas**

- A pasteurização elimina os microrganismos viáveis e a baixa temperatura reduz ou paraliza a multiplicação dos sobreviventes e dos esporos

EX: Leite pasteurizado



PRODUTOS PASTEURIZADOS

○ Alimentos conservados à temperatura ambiente:

- Alimentos com $\text{pH} < 4,5$ (pH natural ou devido à acidificação):
 - Quanto menor o pH < resistência térmica dos microrganismos
 - A maioria dos patógenos não se **Multiplica em $\text{pH} < 4,5$**
- OBS :Existem leveduras, fungos e bactérias não patogênicas que se multiplicam abaixo de pH , 4,5

sucos, conservas, doces em calda de frutas ácidas

sucos de frutas, conservas de vegetais pouco ácidos acidificada



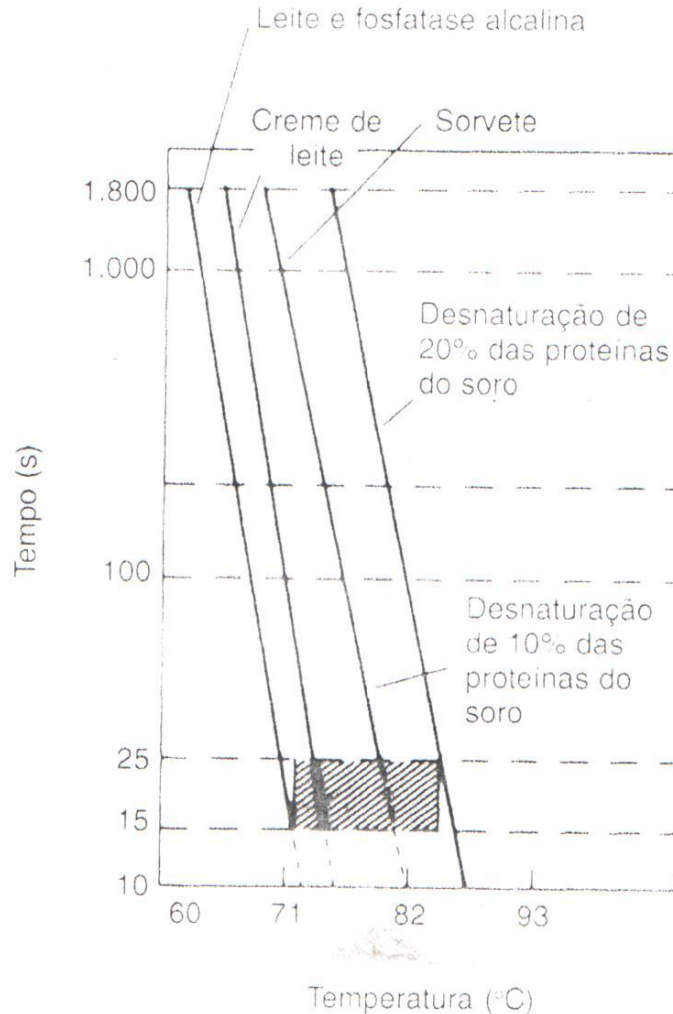
PRODUTOS PASTEURIZADOS

○ Alimentos conservados à temperatura ambiente

- Alimentos onde a A_w é reduzida
- A pasteurização elimina grande parte dos microrganismos, inativa enzimas, pré-cozinha e a redução da A_w evita proliferação dos microrganismos, principalmente esporos sobreviventes

EX: Doces pastosos ou de corte, geléias, leite em pó





FOSFATASE ALCALINA

- Encontrada em complexos lipoprotéicos nas membrana
- 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.)

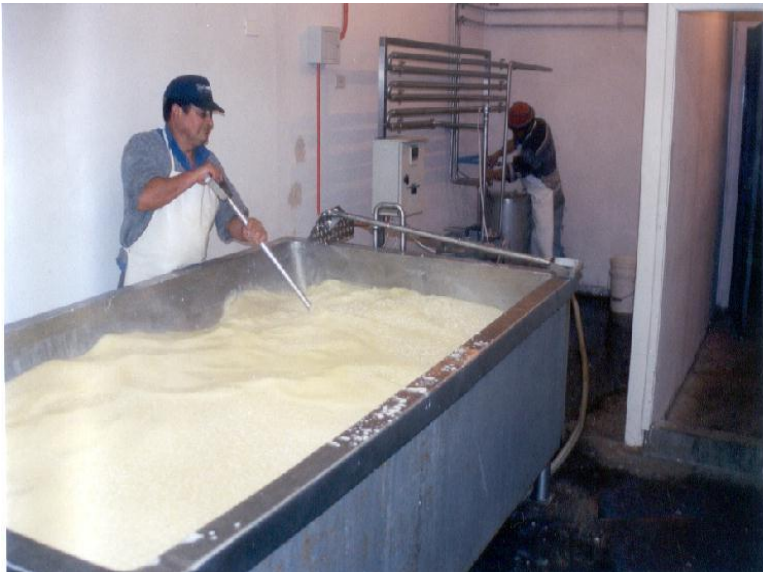
EXEMPLOS DE TEMPO/TEMPERATURA

- Leite Pasteurização lenta –63 - 65°C/ 30 min (tanque de pasteurização)(Microrganismo alvo: *Coxiella burnetti*)
- Leite Pasteurização rápida 72-75°C/ 15 - 20 seg (pasteurizador de placas) (Microrganismo alvo: *Coxiella burnetti*)
- Para o ovo integral e a gema é utilizada uma temperatura de 60°C por 3 minutos, e para a clara é utiliza-se 57°C por 2 minutos. (microrganismo alvo: levedura *Salmonella seftenburg*)
- Suco de maracujá - 75°C/60s 80°C/41s e 85°C/27s (microrganismo alvo: levedura *Candida pelliculosa*)



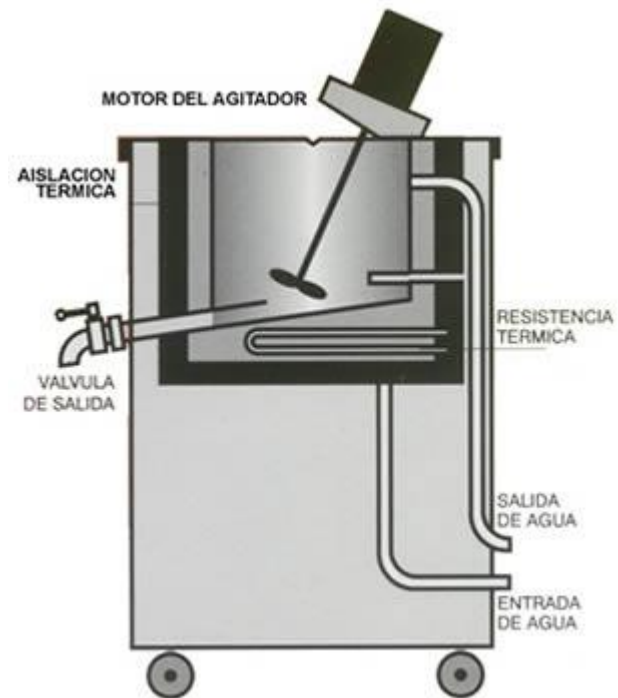
EQUIPAMENTOS PASTEURIZAÇÃO

- Tanques encamisados



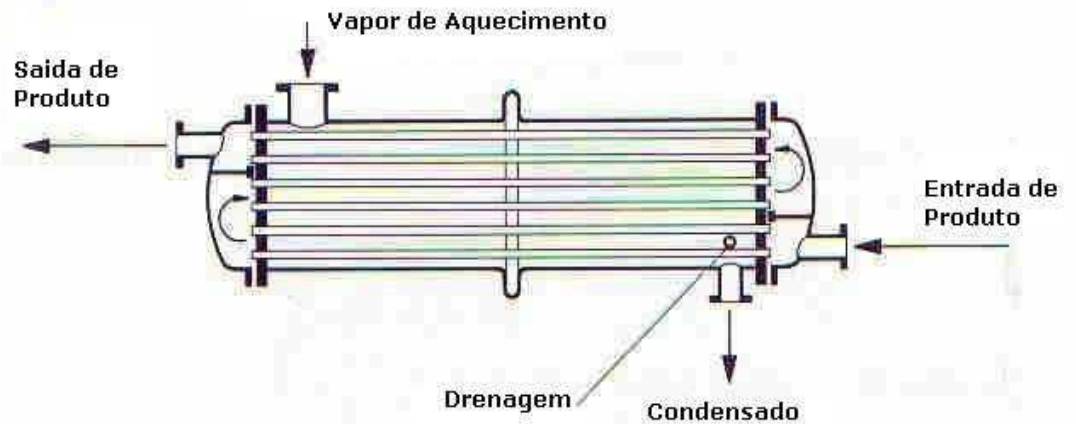
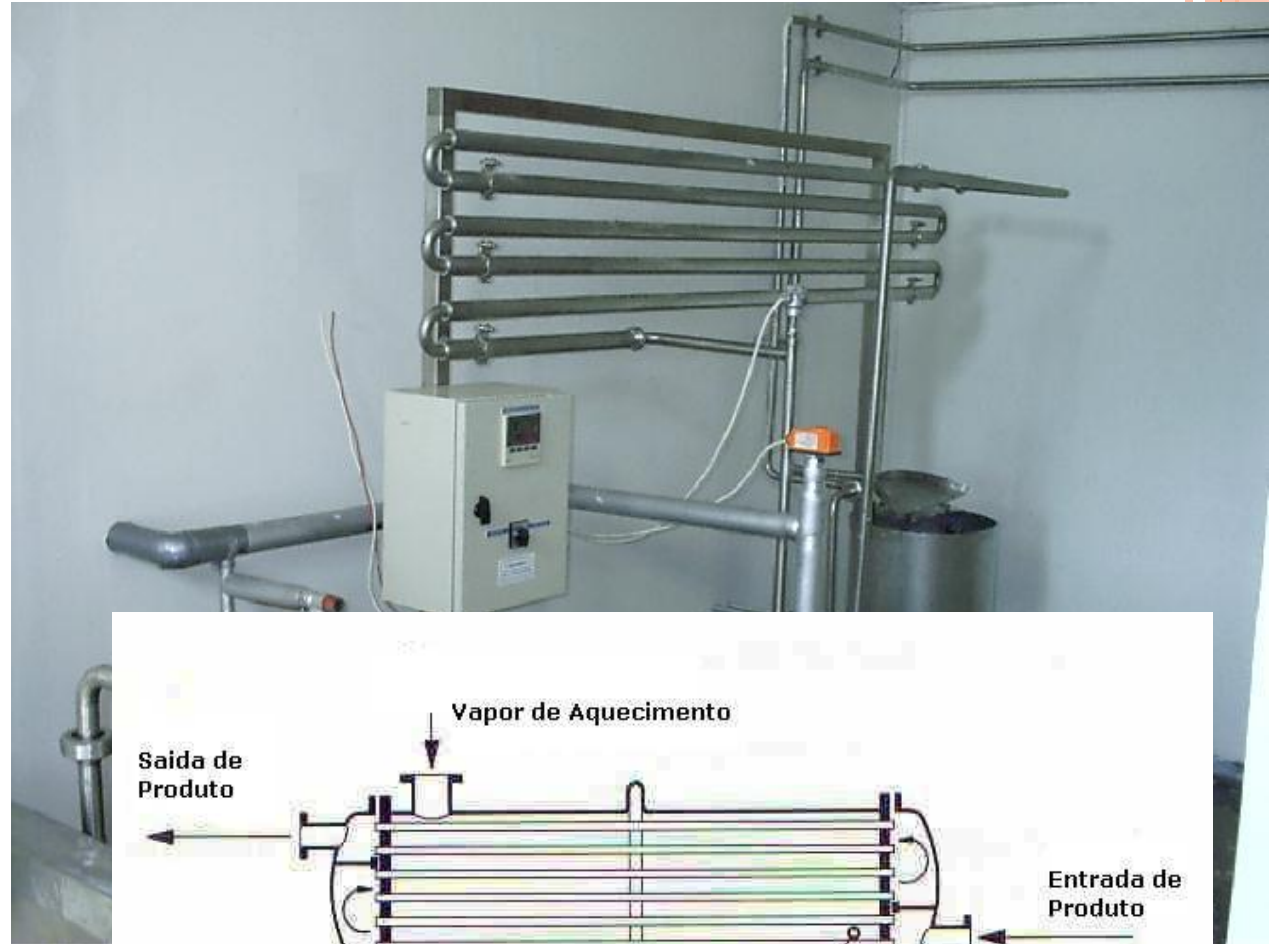
EQUIPAMENTOS PASTEURIZAÇÃO

- Tanques



EQUIPAMENTOS PASTEURIZAÇÃO

○ Tubulares



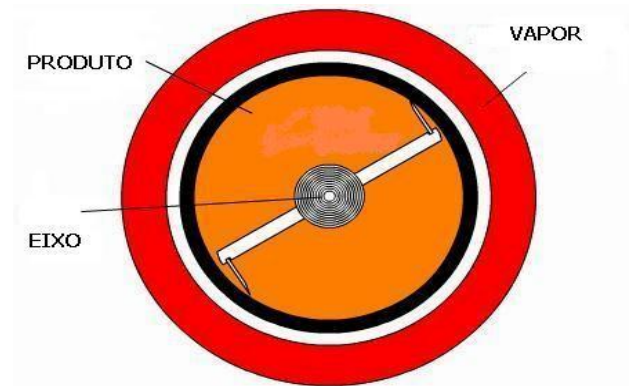
EQUIPAMENTOS PASTEURIZAÇÃO

- Tubulares



EQUIPAMENTOS PASTEURIZAÇÃO

○ Superfície raspada



DETALHE PASTEURIZADOR SUPERFÍCIE RASPADA

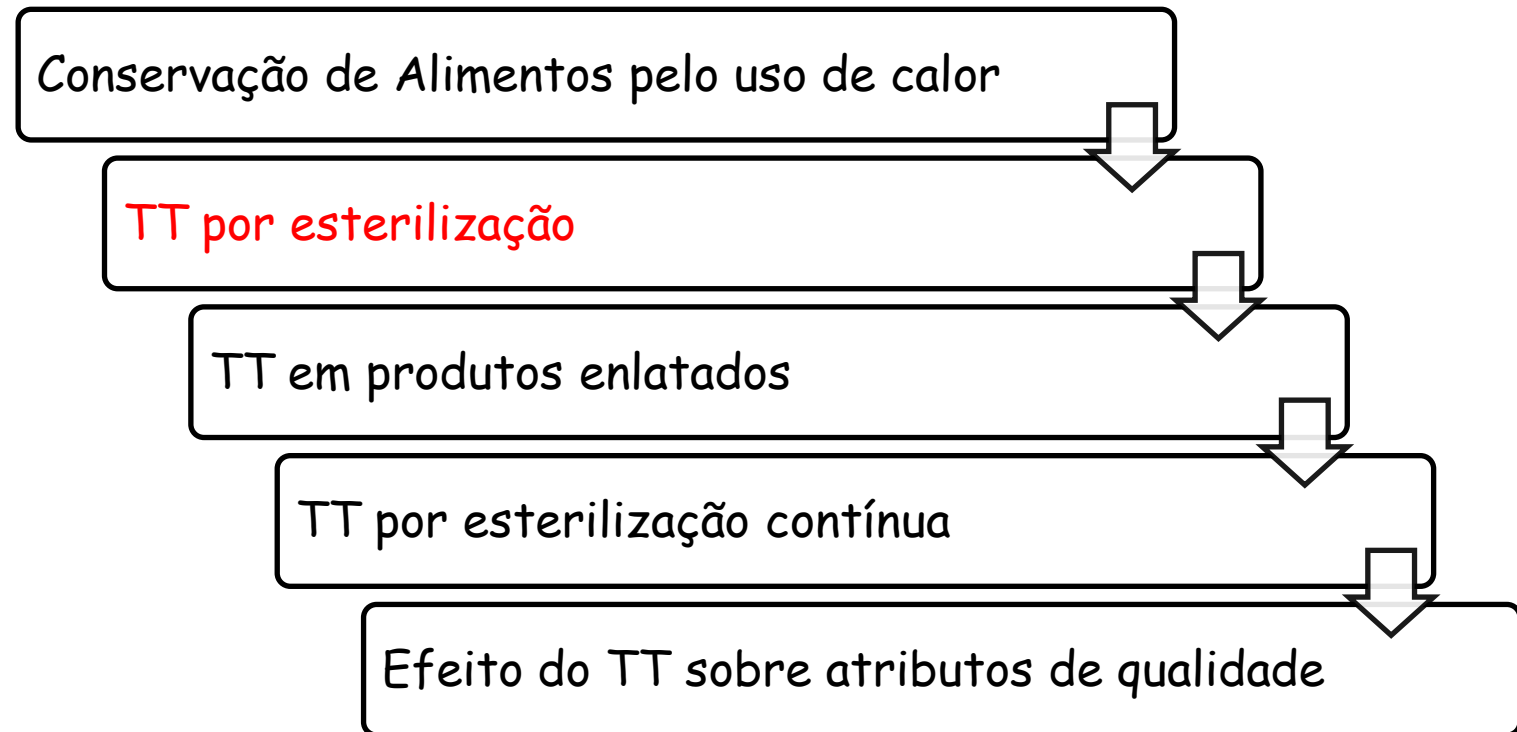


EQUIPAMENTOS PASTEURIZAÇÃO

- 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

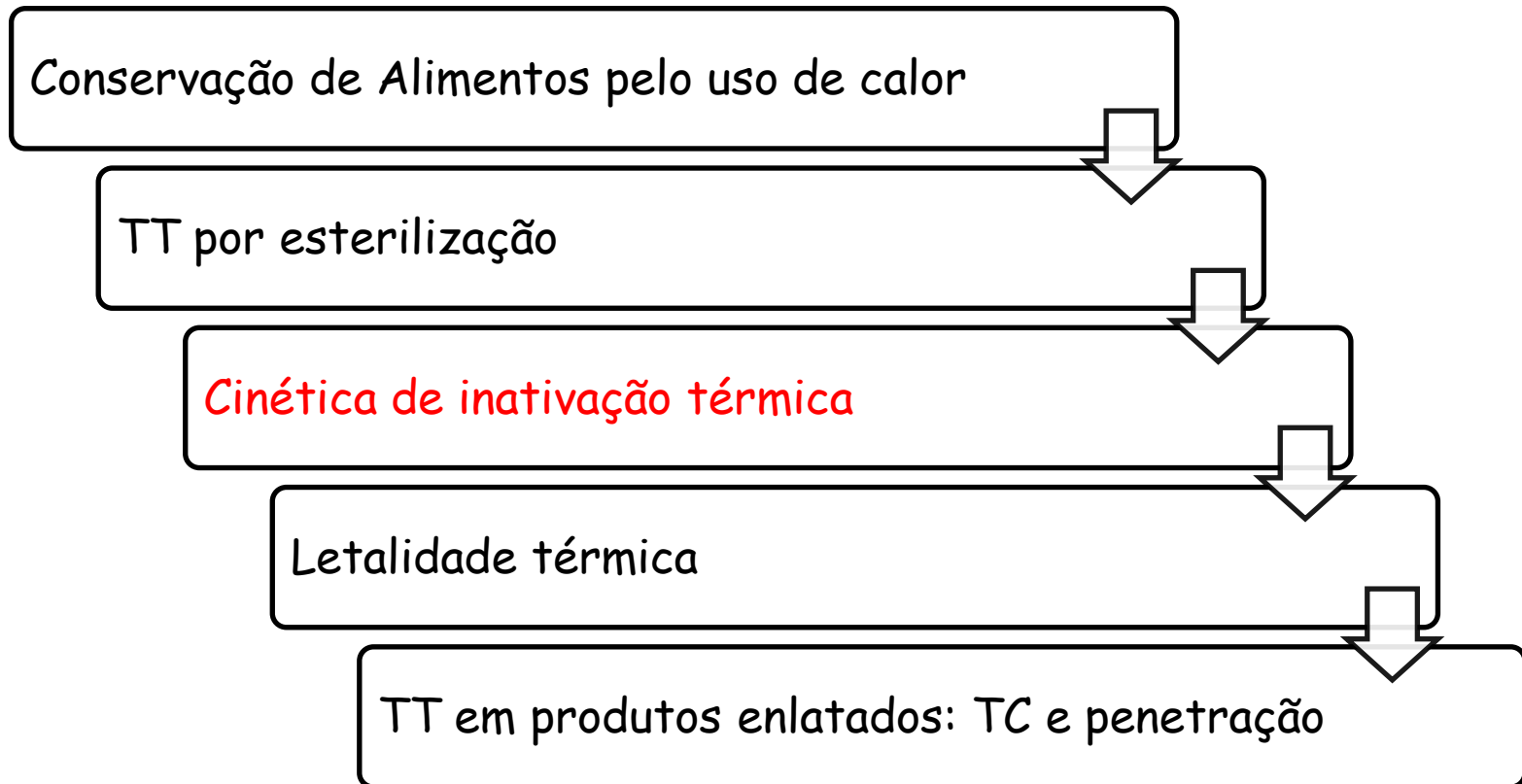


EQUIPAMENTOS

○ Autoclave vertical



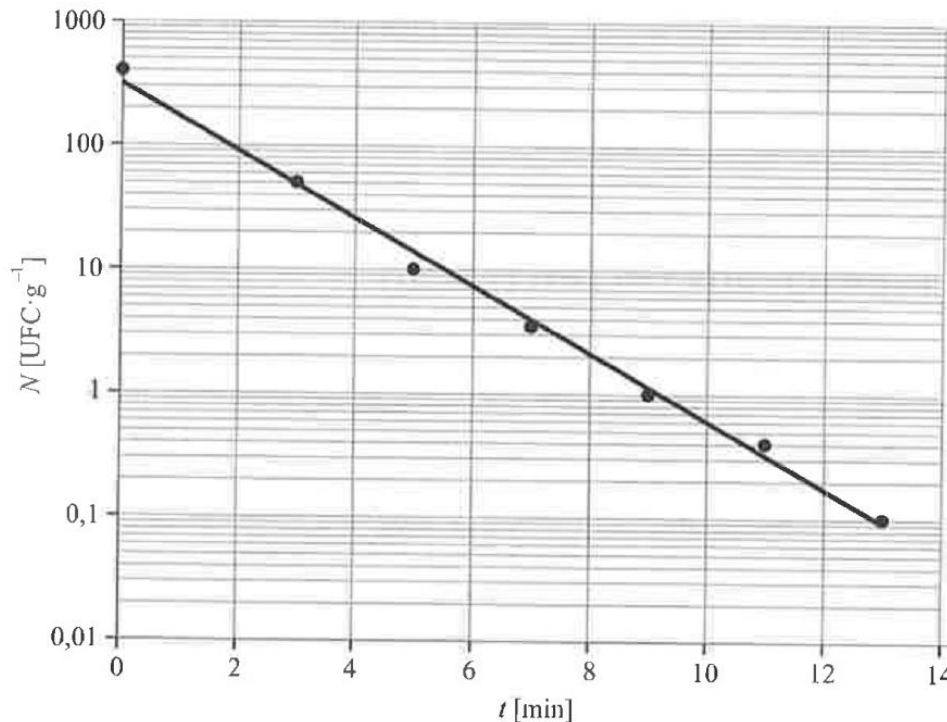
Processamento Térmico de Alimentos



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



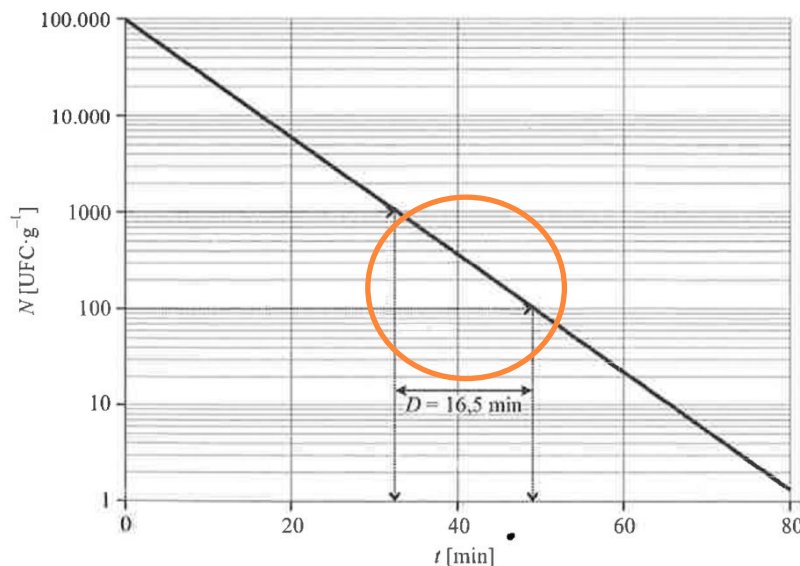
Em gráfico semilogarítmico:
Pontos se alinham como reta →
**taxa de decréscimo
proporcional ao N**
**(Número de organismos viáveis
- Unidades Formadoras de
Colônias –UFC)**

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 $D = 16,5 \text{ min}$ ($49,1 - 32,6$) 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/m³)
k: constante de velocidade de 1ª ordem (s⁻¹)
t: tempo do processo térmico

- Calcular a mudança sobre N em um dado período de tempo, rearranjando as variáveis e integrando de N₀ a N e t₀ 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:

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

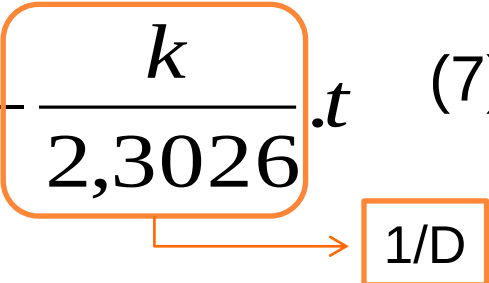
$$\log_e x = \log_{10} x / \log_{10} e \quad (4)$$

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

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

- 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

$$\rightarrow N = 10^{-6} \times N_0 = 10^{-4}$$

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

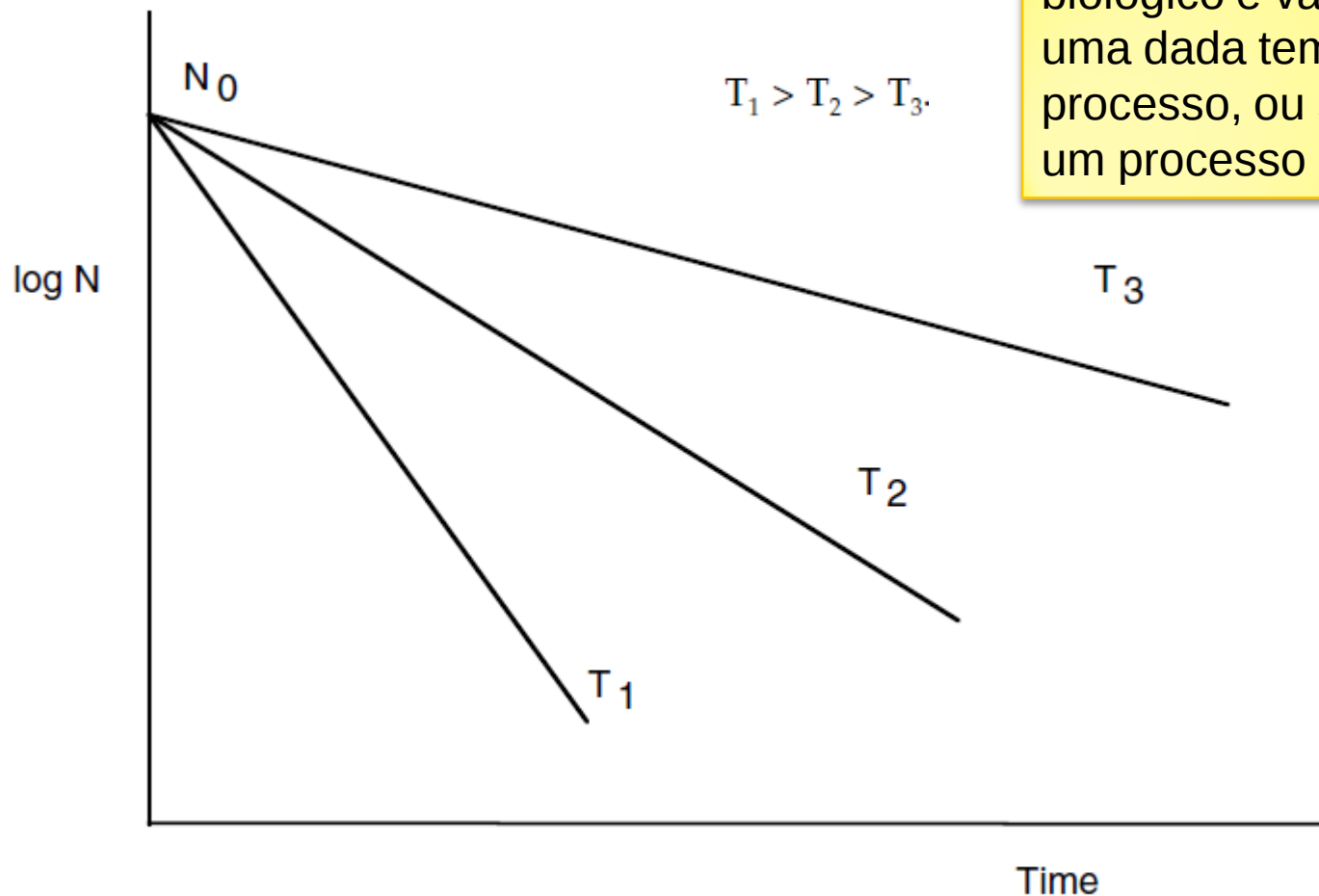
Um Engenheiro de Alimentos está desenhando um processo térmico para ervilhas em lata. Ele deseja que o processo atinja 99,9999% de destruição do *C. botulinum*. Qual é então o valor de esterilização desse processo?



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

○ 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:

○ **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:

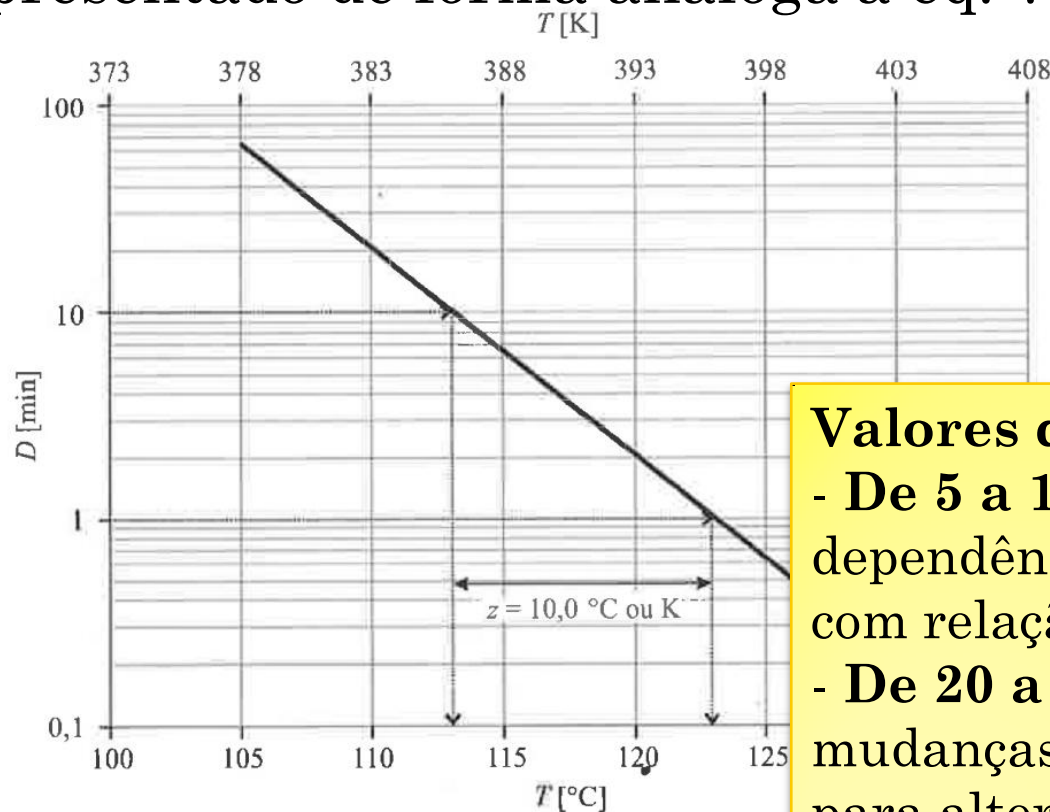
$$\log\left(\frac{D}{D_{ref}}\right) = -\frac{(T - T_{ref})}{z} \quad (12)$$

D: tempo de redução decimal a T
D_{ref}: tempo de redução decimal a T_{ref}

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 z relativo à diferença de temperatura necessária para aumentar ou diminuir o valor de D por um fator de 10.

Microrganismos	Temperatura (° C)	Valor D (minuto)	Valor z (°C)
Esporos			
<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
Células Vegetativas de Bactéria			
<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
Bolores e Leveduras			
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 cerevisiae</i>	60,0	8,2 - 22,2	4,5 - 5,0



TRATAMENTO TÉRMICO POR ESTERILIZAÇÃO MICRORGANISMOS

◦ **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:

$$\frac{dN}{dt} = kN \quad k = k_0 \exp\left(-\frac{E}{RT}\right) \quad \text{Eq de Arrhenius}$$

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



RELAÇÕES ENTRE D E Z

- As reações bioquímicas seguem a forma:

$$\frac{dN}{dt} = kN \quad \text{Em que,} \quad k = k_0 \text{Exp}\left(-\frac{E}{RT}\right) \quad \text{Eq de Arrhenius}$$

E resulta em:

$$\log \frac{C_0}{C(t)} = \frac{k}{\ln 10} t = \frac{t}{D_T} = n(t) \quad \text{Eq de Bigelow}$$

Se T2 comparado a uma temperatura de referencia T1 (ex: 121,1°C):

$$\frac{D_{T2}}{D_{T1}} = 10^{\frac{T_1 - T_2}{z}}$$

logo,

$$\log \frac{C_0}{C(t)} = \frac{t}{D_{121,1}} 10^{\frac{T_2 - 121,1}{z}}$$

$$\frac{D_{T2}}{D_{121,1}} = 10^{\frac{121,1 - T_2}{z}}$$



TRATAMENTO TÉRMICO POR ESTERILIZAÇÃO

MICROORGANISMOS

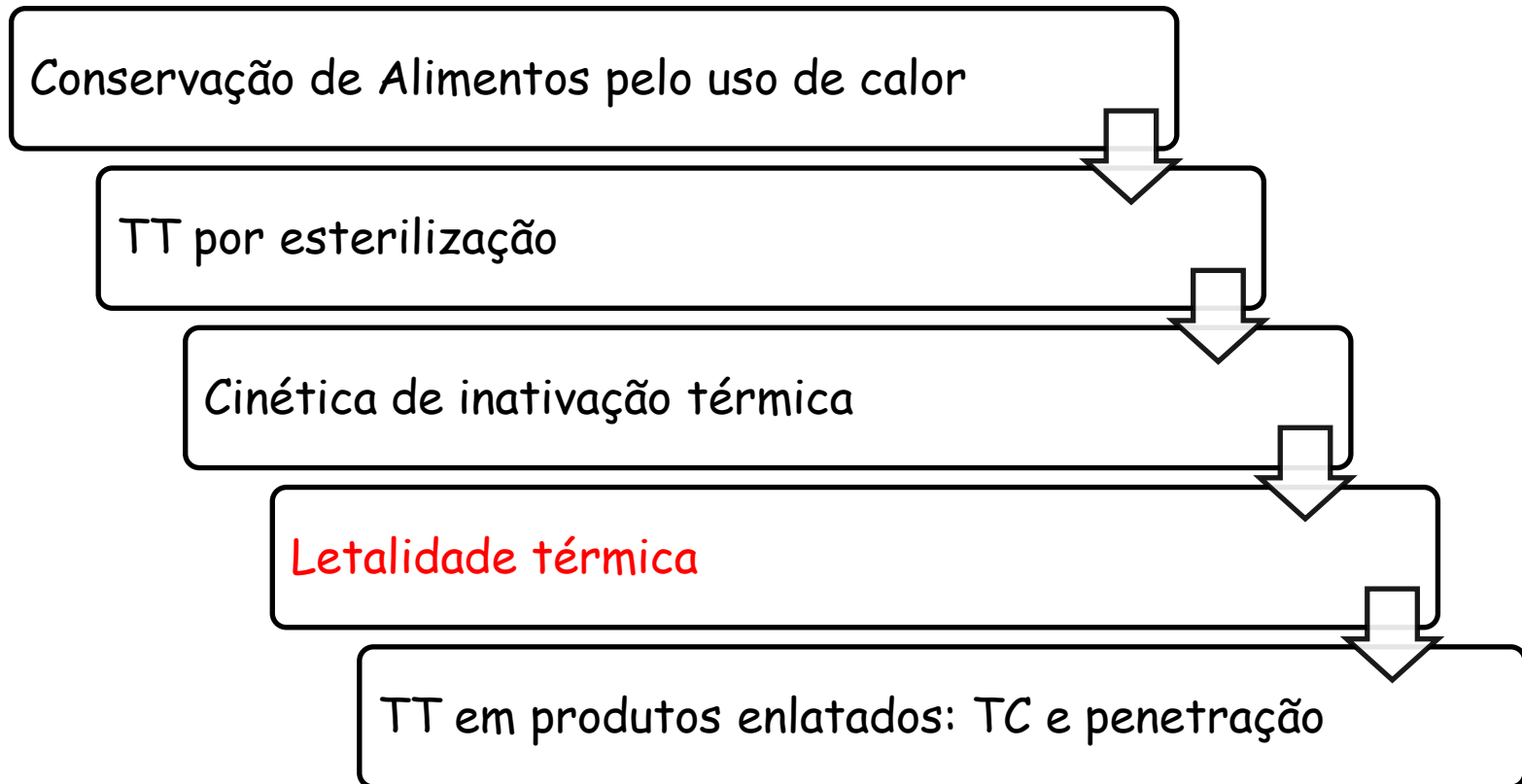
- **Equação de Arrhenius:** alternativa ao modelo D-z para descrever a dependência da T.
 - Tem sido demonstrado que a interconversão entre os parâmetro E_a e z de um conceito para o outro fora do intervalo de temperatura obtido experimentalmente (T_{min} a T_{max}) pode levar a discrepâncias.
 - Conversões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

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

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



LETALIDADE TÉRMICA

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

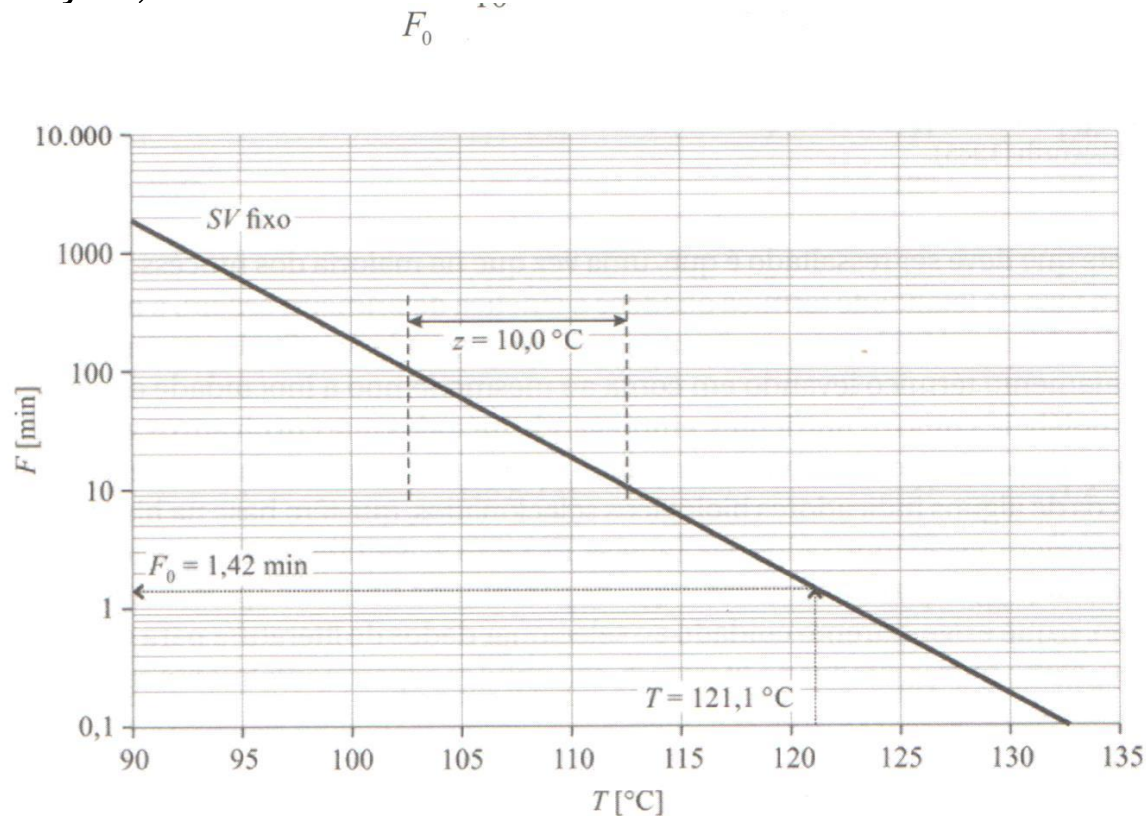


Figura 13.5 Curva de morte térmica de um microrganismo hipotético, com indicação do tempo necessário (F_0) para atingir um valor de esterilização na temperatura de referência ($T_{\text{ref}} = 121,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) e respectivo z .

LETALIDADE TÉRMICA

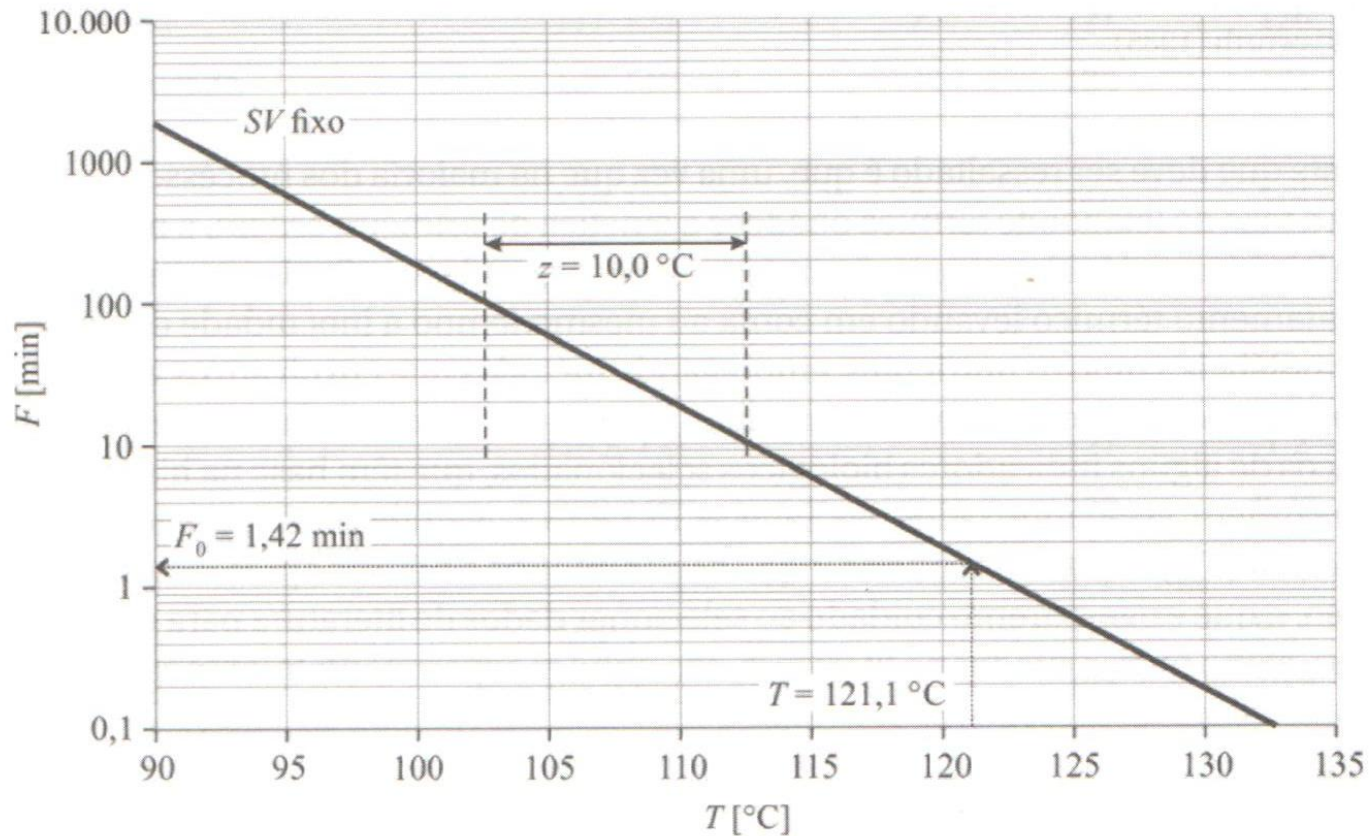


Figura 13.5 Curva de morte térmica de um microrganismo hipotético, com indicação do tempo necessário (F_0) para atingir um valor de esterilização na temperatura de referência ($T_{\text{ref}} = 121,1 \text{ °C}$) e respectivo z .

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^a 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)	10	3.0 (60°C)	Low-acid foods
<i>Cl. botulinum</i> toxin E			

^aNote: 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).

Microrganismos	Temperatura (° C)	Valor D (minuto)	Valor z (°C)
Esporos			
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
Células Vegetativas de Bactéria			
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
Bolores e Leveduras			
Células Vegetativas e Micélio	65,5	0,5 - 3,0	4,4 - 6,6
Zygosaccharomyces bailii	60,0	7,0 - 14,2	4,0 - 5,0
Saccharomyces cerevisiae	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

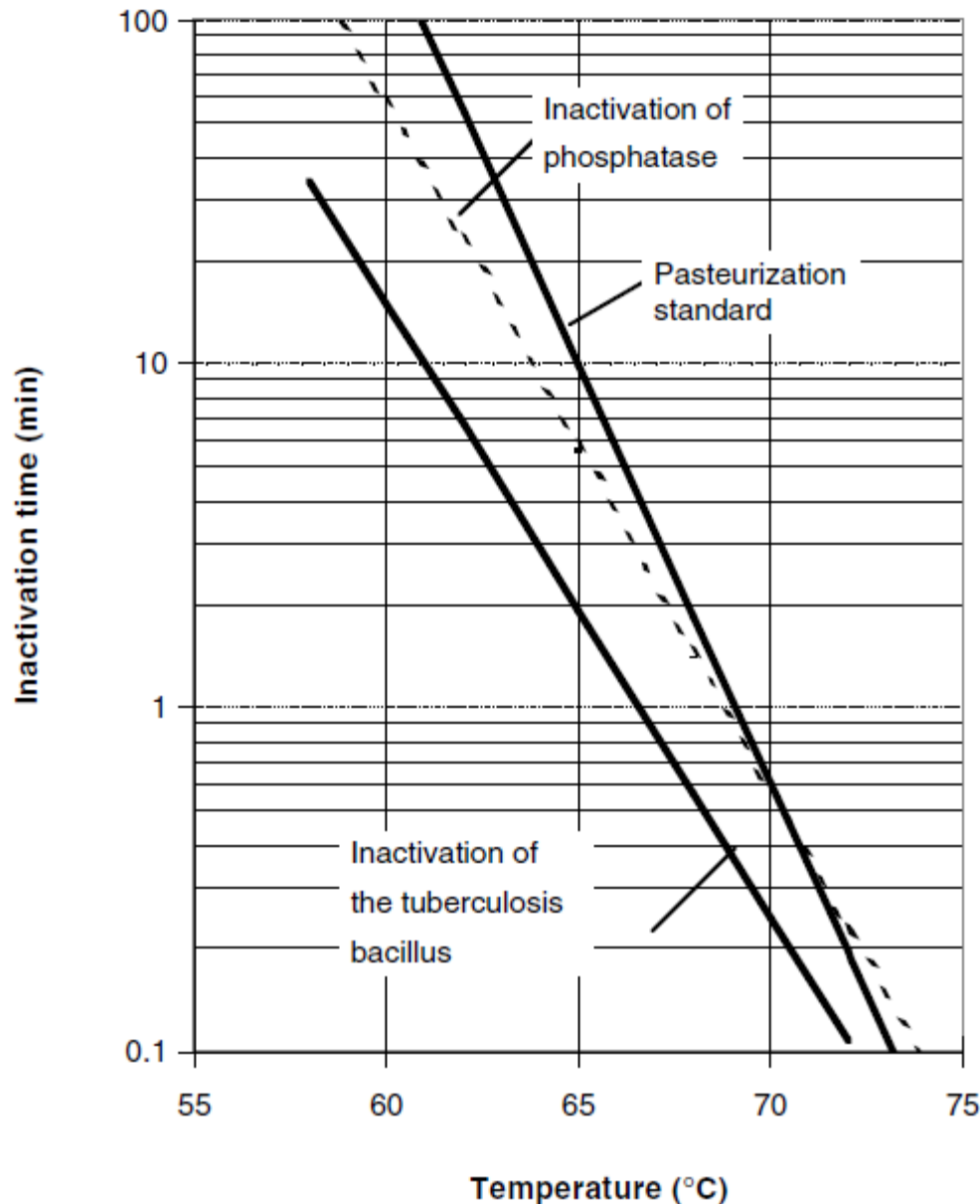


Tabela 13.1 Dados cinéticos de destruição térmica de esporos microbianos

MICROORGANISMO	INTERVALO DE TEMPERATURA [°C]	pH	T_{ref} [°C]	D_{ref} [s]	z [°C]
<i>Bacillus stearothermophilus</i>					
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 ⁴	7,7
FD 7954, água	105-120	—	121	138,2	10,43
<i>Clostridium botulinum</i>					
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
<i>Anaeróbico putrefativo</i>					
PA 3679, água destilada	115,5-143,3	—	115,5	39	10,4
PA 3679, meio aquoso	110-132,2	—	121	48	9,8

Fonte: Awuah et al. (2007).

LETALIDADE E ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS



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



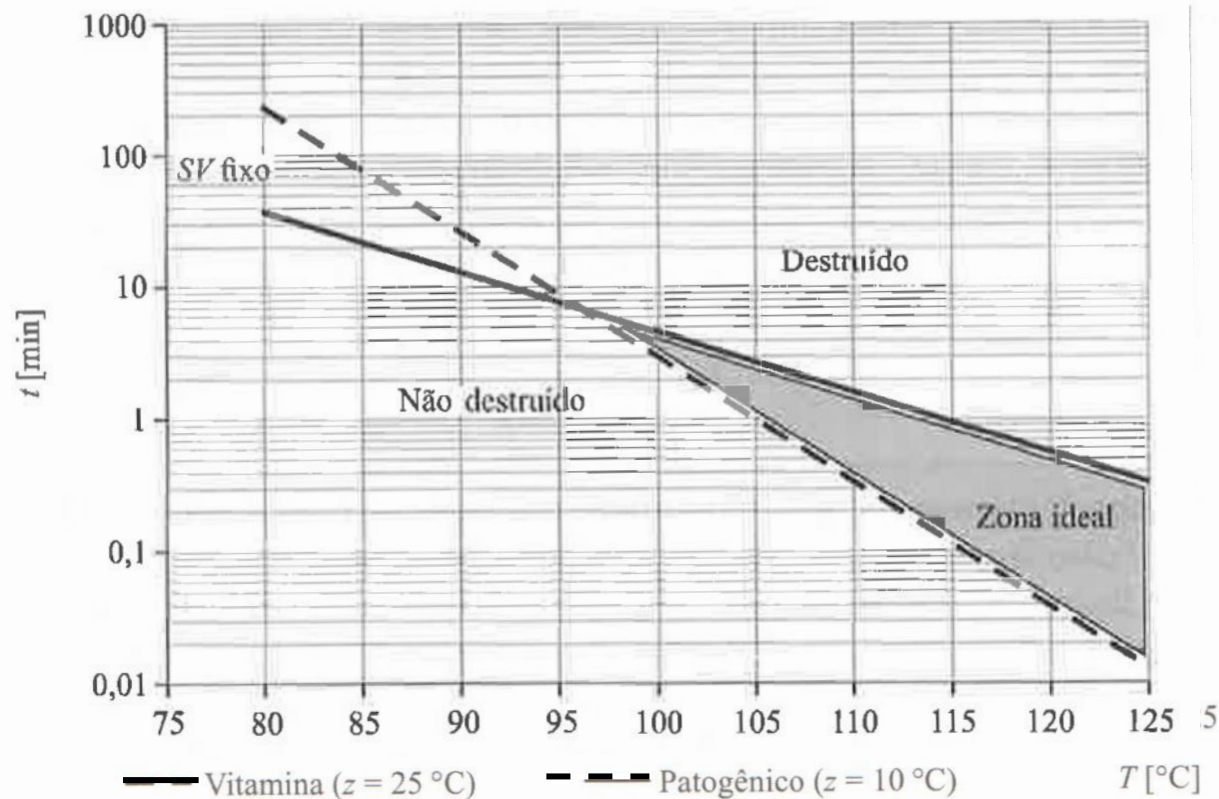


Figura 13.4 Mudanças relativas no binômio tempo-temperatura para a destruição térmica de microrganismos e vitaminas no leite. Processos a alta temperatura curto tempo (área sombreada) destroem os microrganismos e preservam as vitaminas.

EXERCÍCIO 2 – AULA 7

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 $D_{110^{\circ}\text{C}} = 2,10 \text{ min}$. Qual será a quantidade remanescente desse segundo organismo no final do processo?



EXERCÍCIO 3 – AULA 7

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, $SV=5$?

