

Princípios e Métodos de Conservação de Alimentos pela Elevação da Temperatura



Prof. Leonardo Nora

Estratégias para controlar os agentes de alteração dos alimentos

Objetivo	Método	Fundamento	
Inibição de crescimento microbiano (1), enzimas (2) e reações químicas (3).	Refrigeração (1, 2, 3) Congelamento (1, 2, 3)	Decréscimo de temperatura	
	Desidratação (1, 2) Dessecação (1, 2) Liofilização (1, 2) Evaporação (1, 2) Adição de solutos (1, 2)	Decréscimo de atividade de água	
	Vácuo (1, 3) Atmosferas inertes (1, 3)	Decréscimo de concentração de O ₂	
	Atmosferas modificadas (1, 2)	Aumento da concentração de CO ₂ (1, 2), decréscimo de O ₂ (2)	
	Adição de ácidos (1, 2) Fermentação ácida (1, 2)	Acidificação	
	Adição de álcool (1) Fermentação etanólica (1)	Aumento da concentração de etanol	
	Substâncias químicas (1, 3)	Conservantes (1) Antioxidantes (3)	
	Destruição de microrganismos (1), enzimas (2) e insetos (4); Inibição de germinação e maturação (5).	Termização (1) Pasteurização (1, 2) Esterilização (1, 2)	Aplicação de calor
		Irradiação (1, 4, 5)	Aplicação de radiações ionizantes
		Bacteriocinas (1) Peróxido de hidrogênio (1) Óxido de etileno (1)	Agentes antimicrobianos
Acondicionamento		Isolamento de agentes deteriorantes	
Proteger o alimento através de barreiras físicas			

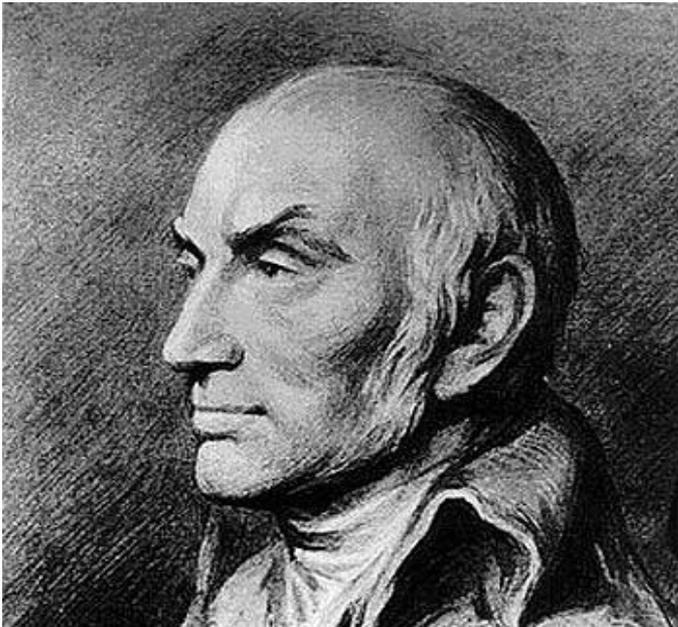
1.1. Fundamentação Científica:

Destruição de micro-organismos (MO) pela ação letal do calor.



1.2. Aspectos Históricos:

- Nicolás Apeert, ao final do século XVIII, observou que alimentos aquecidos em recipientes fechados se conservavam por longos períodos de tempo se o recipiente não fosse aberto. Somente em meados do século XIX Pasteur esclareceu a causa da estabilidade dos alimentos *apertizados*.

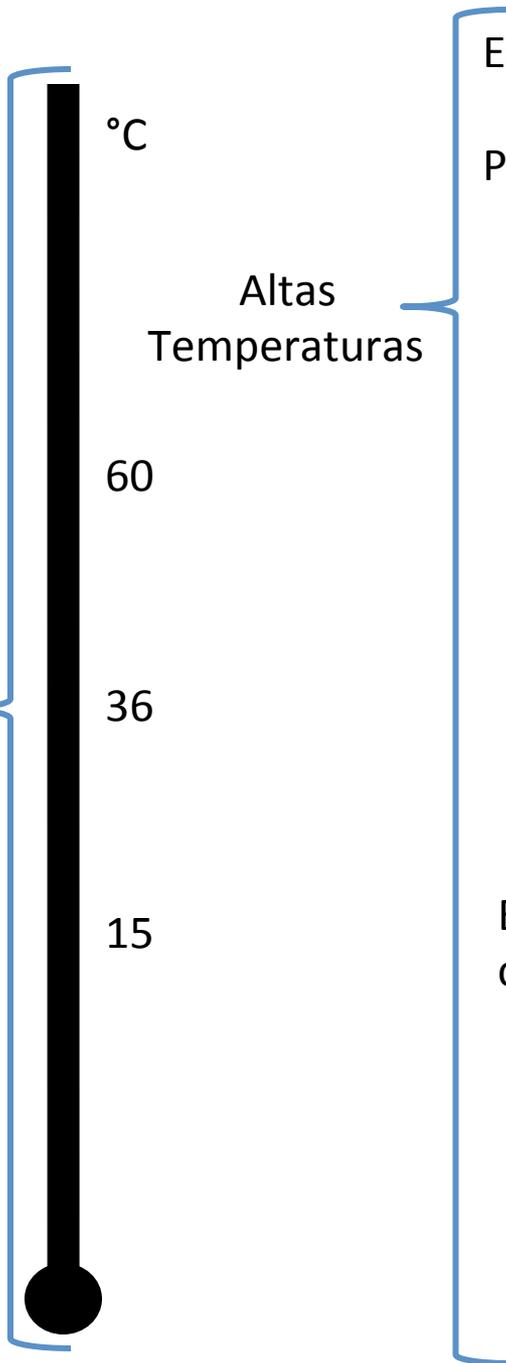


Nicolás Apeert



Louis Pasteur

Conservação
de alimento
pelo
aumento da
temperatura



Esterilização: Destruição **total** de micro-organismos e enzimas

Pasteurização: Destruição **parcial** de micro-organismos e enzimas:

Leite { enzimas
micro-organismos
patogênicos

Frutas &
Hortaliças
com pH < 4,5 { enzimas
micro-organismos
deteriorantes e
patogênicos

Esterilização
comercial

Destruição de micro-organismos patogênicos, deteriorantes e de enzimas, antes ou após o adequado acondicionamento do alimento, de forma que a sanidade e conservação sejam asseguradas, com mínimas perdas sensoriais e nutricionais, por tempo determinado e sem necessidade de métodos de conservação complementares.

1.3. Modalidades de Tratamento Térmico

1.3.1. Pasteurização:

- Destruir os micro-organismos patogênicos não esporulados
- Reduzir significativamente a microbiota banal
- Oferecer ao consumidor um produto seguro
- Produto com vida útil aceitável, para ser consumido em pouco tempo.

→ Existem duas modalidades de pasteurização:

1.3.1.1. Tipos de Pasteurização

a) LTH (low temperature holding) ou pasteurização lenta:

- Sistema de fluxo descontínuo
- Pequenos volumes (ex. 100 L a 500 L)
- Tempos longos (aproximadamente 30 min)
- Temperaturas baixas (62 °C a 68 °C)
- Realizada em tanques de parede dupla onde circula o fluído de calefação ou refrigeração.

1.3.1.1. Tipos de Pasteurização

b) HTST (high temperature short time) ou pasteurização rápida:

- Sistema de fluxo contínuo com trocadores de calor (tubulares ou de placas)
- Grandes volumes
- Tempos curtos (15 s a 20 s)
- Temperaturas elevadas (72 °C a 85 °C)

→ Tendo em vista que na pasteurização certo número de micro-organismos sempre sobreviverá, não se utiliza a embalagem asséptica, que somente encareceria o produto final.

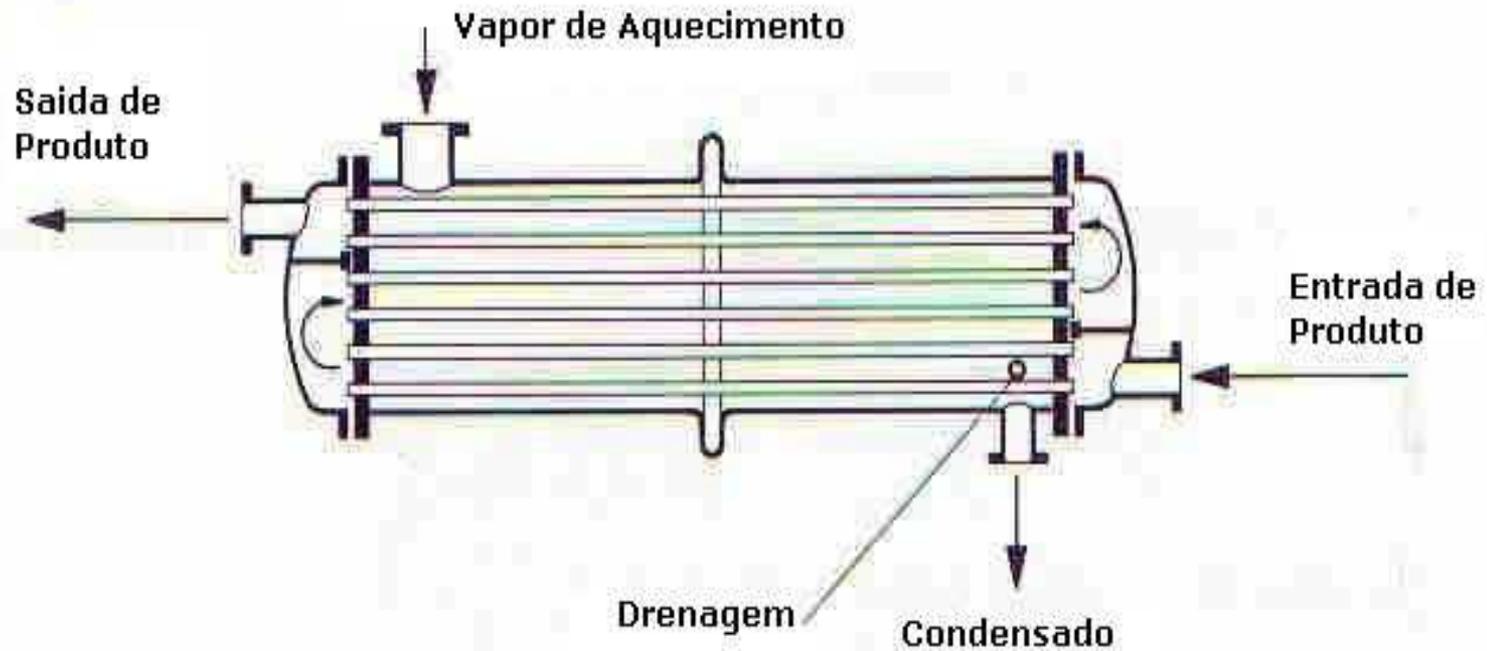


Figura: Pasteurizador tubular para alimentos líquidos e pastosos



Pasteurizador de Placas
Fonte: www.josmaq.com.br

1.3.2. Esterilização comercial:

- Eliminação total de MO presentes, esporulados ou não, que possam multiplicar-se no produto final
- Produto microbiologicamente estável
- Produto pode ser armazenado por tempo prolongado a temperatura ambiente.

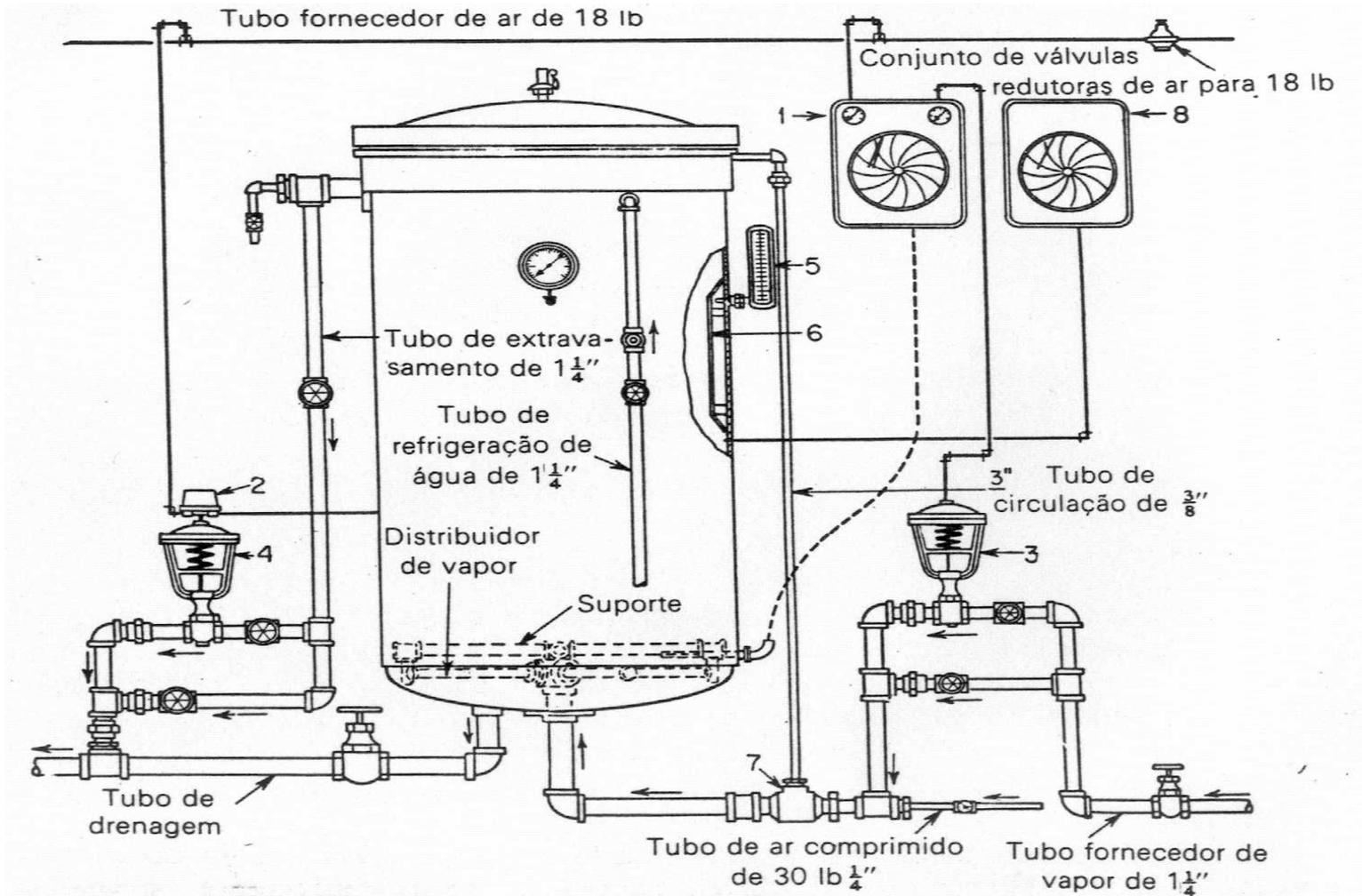


Figura: Autoclave para esterilização de alimentos embalados

1.4. Comportamento de micro-organismos, de reações enzimáticas e químicas frente ao aquecimento

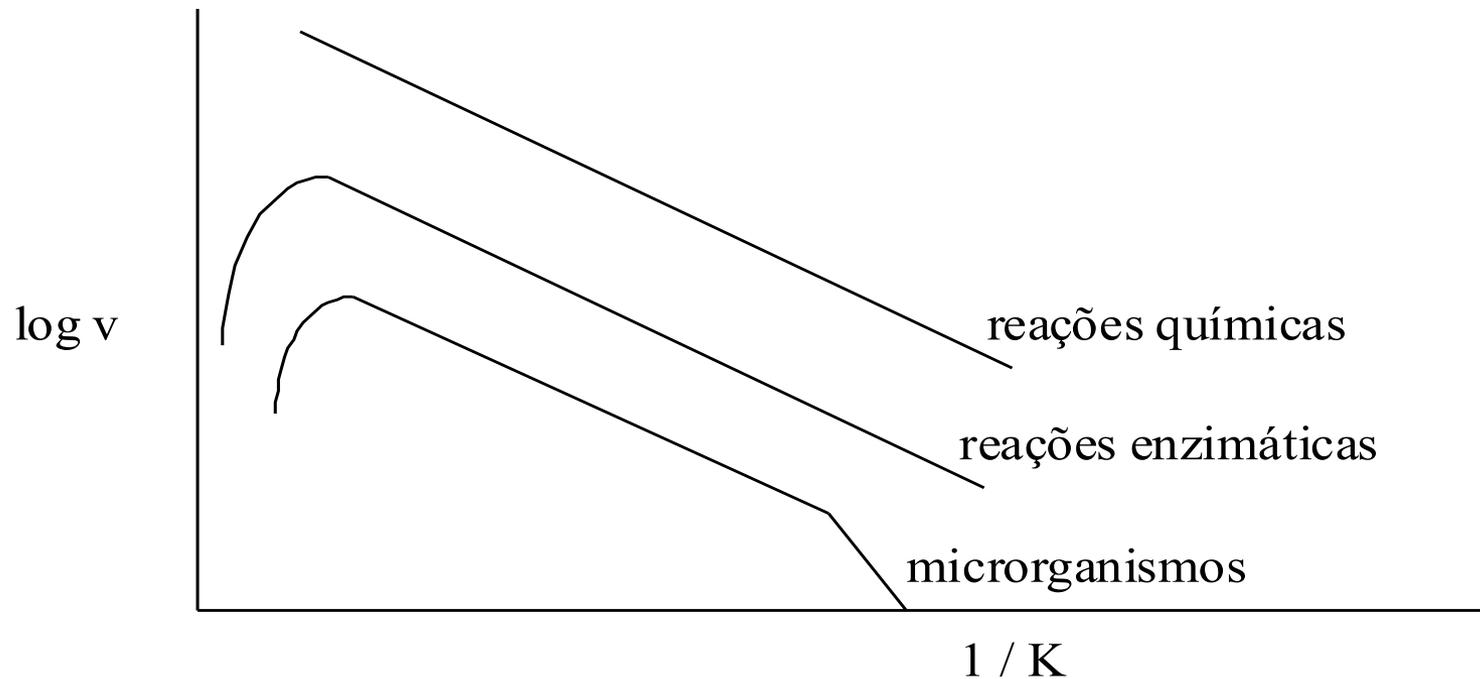


Figura: Representação de Arrhenius, onde “v” representa a velocidade da reação e K a temperatura absoluta (K)

1.5. Cinética de destruição de MO pelo calor:

→ Quando se aumenta a temperatura, os micro-organismos:

- Primeiramente, há um aumento na sua multiplicação até a temperatura ótima para cada MO;
- Acima desta temperatura, os MO podem continuar viáveis, porém, devido lesões subletais, deixam de multiplicar-se;
- Se a temperatura for suficientemente elevada, ocorrerá inevitavelmente a morte destes MO
- A morte de micro-organismos não ocorre de forma casual, mas sim de forma logarítmica, ou seja, de forma constante

1.5.1. Valor D: Também denominado tempo de redução decimal, é o tempo necessário, a determinada temperatura, para destruir 90 % dos micro-organismos presentes. O valor D é calculado a partir do gráfico de sobrevivência.

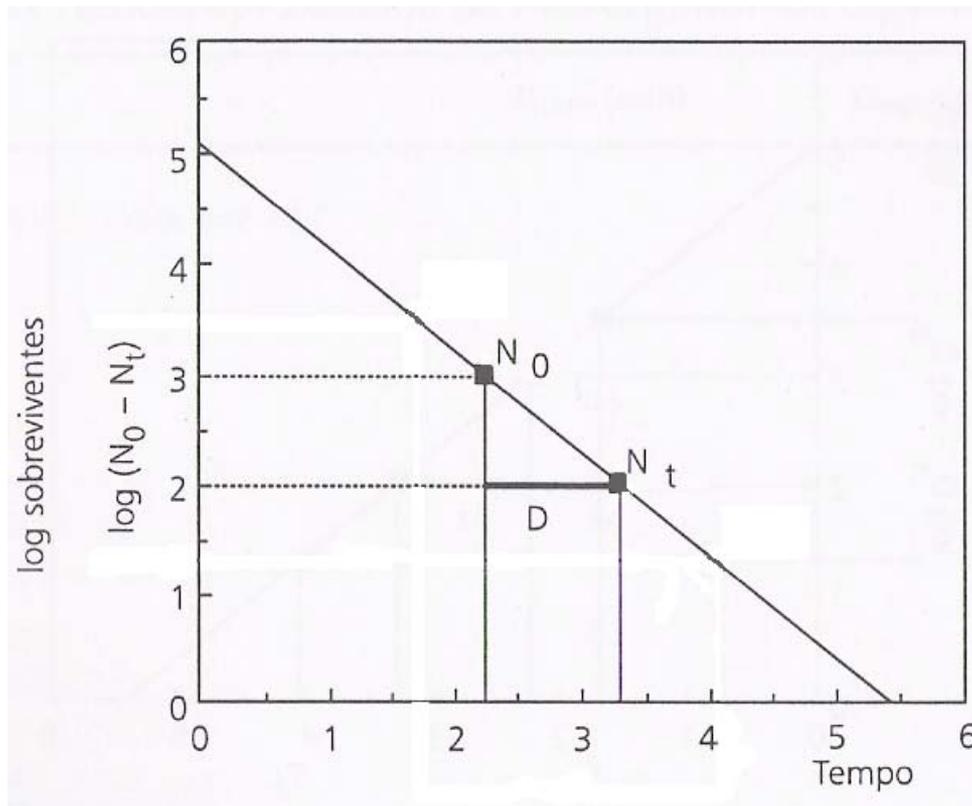


Figura : Gráfico de sobrevivência

O valor D corresponde ao tempo necessário para atravessar um ciclo logaritmo, sendo definido, com base no gráfico de sobrevivência, pela expressão:

$$D = t / (\log N_0 - \log N_t), \text{ onde:}$$

D : tempo de redução decimal

t : tempo (min)

N_0 : número de micro-organismos originalmente presentes

N_t : número de micro-organismos após o tratamento térmico

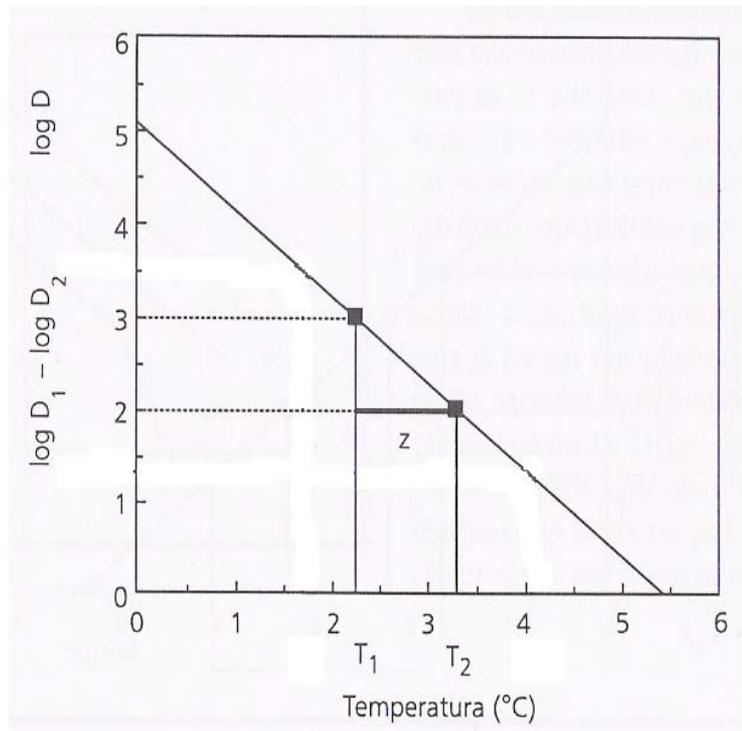
Observações:

- Em termos práticos, não é possível obter a fração de micro-organismo viável
 - A interpretação é de que haverá uma célula ou esporo viável por determinada unidade de alimento,
- ↑ intensidade do tratamento térmico → ↑ grau de esterilidade
 - Possibilidade limitada pelo risco de alterações sensoriais e nutricionais.

Observações:

- Obter o balanço perfeito entre a redução de risco de alteração microbiana e qualidade sensorial e nutricional do alimento
- Os alimentos devem ser processados de forma que a contaminação inicial seja a menor possível.

1.5.2. Valor z: É a variação na temperatura necessária para variar o valor D em 10 vezes.



- Para cada micro-organismo, o valor D é específico da temperatura de tratamento. Por isto, precisa-se de um meio para relacionar os valores D a cada temperatura. Isto se faz pelo Valor z , calculado a partir do Gráfico de termo destruição. Os valores z para os esporos bacterianos costumam situar-se entre 7°C e 12°C e para as bactérias não esporuladas entre 4°C e 6°C .

Figura: Gráfico de termodestruição

Tempo e temperatura para apertização de alguns alimentos de origem vegetal

Alimento	pH	Temperatura (°C)	Tempo (min)
Ervilha	6,0	116	35
Milho	6,1	116	50
		121	25
Cogumelo	6,3	116	23
		121	12
Abóbora	5,1	116	65
Azeitona madura	6,9	116	60
Batata-doce	5,2	116	90
Abacaxi	3,7	100	20
Suco de tomate	4,2	100	55
Pepinos (picles)	3,1	85	10
Pêssego	3,6	100	15
Morango	3,4	100	5

Fonte: GAVA, A. J. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações**. São Paulo: Nobel, 2009. 511 ISBN 978-85-213-1382-3

Termorresistência aproximada de micro-organismos esporulados

micro-organismos	D _{121°C} (min.)	D _{100°C} (min.)	D _{65°C} (min.)
1. ALIMENTOS POUCO ÁCIDOS (pH ≥ 4,5) (feijões, milho, palmito, cogumelos, figo, carnes, pescados, ovos, leite, etc.)			
1.1. Termófilos (esporos)			
a) Acidificantes			
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	4-5		
b) Alteração gasosa			
<i>Clostridium thermosaccharolyticum</i>	3-4		
c) Produtores de SH ₂ (gás sulfídrico)			
<i>C. nigrificans</i>	2-3		
1.2. Mesófilos (esporos)			
a) Anaeróbios putrefativos			
<i>C. sporogenes</i> N° 3679 <i>C. botulinum</i> (A e B)	0,1-1,5		
b) Aeróbios facultativos			
<i>B. subtilis</i>	0,1-0,3		

Termorresistência aproximada de micro-organismos esporulados

(continuação)

micro-organismos	D _{121°C} (min.)	D _{100°C} (min.)	D _{65°C} (min.)
2. ALIMENTOS ÁCIDOS (4,0 ≤ pH ≤ 4,4) (tomate, pimentão, etc.)			
2.1. Termófilos (esporos)			
<i>B. coagulans</i>		0,01-0,07	
2.2. Mesófilos (esporos)			
<i>B. macerans</i>			
<i>B. polymixa</i>		0,1-0,5	
Anaeróbios butíricos			
3. ALIMENTOS MUITO ÁCIDOS (pH < 4,0) Obs. Não há crescimento de esporos			
3.1. Mesófilos não esporulados			
a) <i>Lactobacillus spp.</i>			
b) Mofos			0,5-1,0
c) Leveduras			

Fonte: Adaptado por Nora, L. de Pereda, J.A.O., Rodríguez, M.I.C., Álvarez, L.F., Sanz, M.L.G., Minguillón, G.D.G.d.F., Perales, L.d.I.H., Cortecero, M.D.S. 2005. Tecnologia de Alimentos - Componentes dos Alimentos e Processos. v.1. Artmed, Porto Alegre- RS - Brasil. 294 pp.

Termorresistência aproximada de micro-organismos **não esporulados**

micro-organismos	D _{65°C} (min.)	D _{60°C} (min.)	D _{55°C} (min.)
1. Termófilos			
<i>Streptococcus thermophilus</i> <i>Lactobacillus spp.</i>	10-20		
2. Mesófilos			
2.1. Termorresistência típica			
<i>Salmonella spp.</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Lactobacillus spp.</i>		1-3	
2.2. Termorresistência atípica			
<i>Mycobacterium tuberculosis</i> <i>Salmonella senftenberg</i>		10-20	
3. Psicotróficos			
<i>Pseudomonas fragi</i> <i>Pseudomonas fluorescens</i>			1-5
4. Psicrófilos			
a) <i>Vibrio marinus</i> b) <i>Serratia spp.</i>			0,1

Fonte: Adaptado por Nora, L. de Pereda, J.A.O., Rodríguez, M.I.C., Álvarez, L.F., Sanz, M.L.G., Minguillón, G.D.G.d.F., Perales, L.d.I.H., Cortecero, M.D.S. 2005. Tecnologia de Alimentos - Componentes dos Alimentos e Processos. v.1. Artmed, Porto Alegre- RS - Brasil. 294 pp.

1.5.4. Valor F: É o tempo necessário para reduzir a população microbiana até o nível desejado. Cada micro-organismo existente no alimento tem seu próprio valor F, sendo que o Valor F aplicado ao alimento será o mais alto dos calculados:

$$F = D (\log N_0 - \log N_t), \text{ onde:}$$

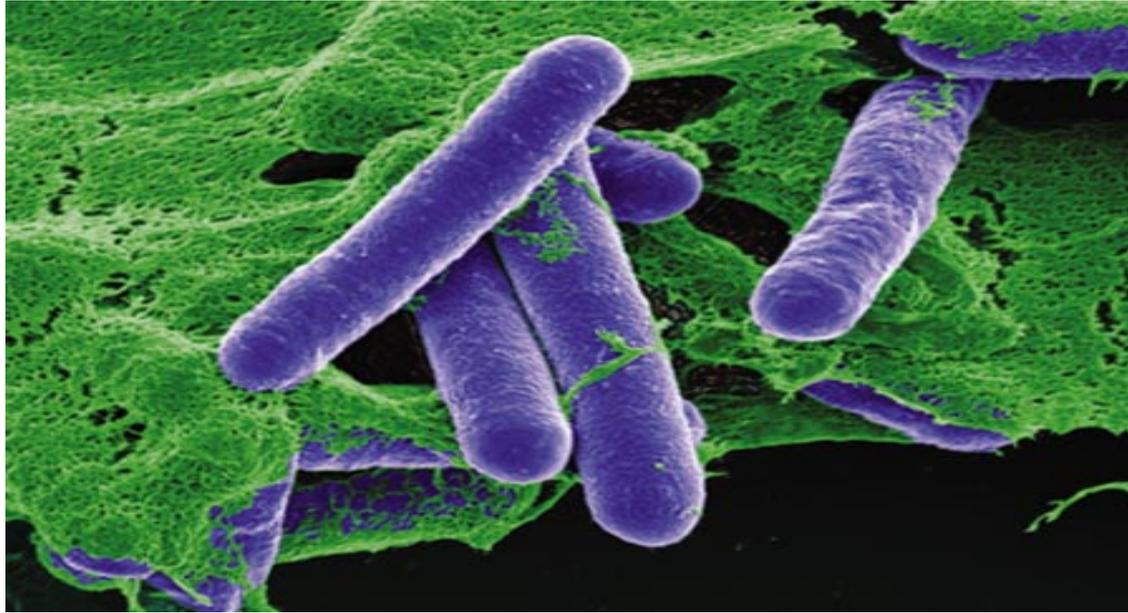
F: tempo (min) requerido para atingir o grau de redução da população microbiana até o nível desejado

D: tempo de redução decimal

N₀: número de micro-organismos originalmente presentes

N_t: número de micro-organismos após o tratamento térmico

Clostridium botulinum



- Elabora uma potente neurotoxina quando se multiplica nos alimentos
 - Bactéria anaeróbia
 - Meio anóxico nas conservas
- *C. botulinum* pode crescer e produzir a toxina.

- Devido à necessidade de salvaguardar a saúde do consumidor, sempre se supõe, ao esterilizar um alimento com **pH $\geq 4,5$** , que existe um esporo de *C. botulinum* por embalagem;
- É necessário reduzir seu número a um esporo viável para cada trilhão de embalagens (10^{-12})
- O tratamento térmico deve provocar 12 reduções decimais; é o que se conhece como **conceito 12D**. Considerando que o valor $D_{121^{\circ}\text{C}}$ das cepas mais termorresistentes de *C. botulinum* é 0,21 min, então:

$$\rightarrow F_{121^{\circ}\text{C}} = 0,21 (\log 1 - \log 10^{-12}) = 2,52 \text{ min}$$

- Portanto, 2,52 min é o tempo mínimo para a esterilização de alimentos com $\text{pH} \geq 4,5$ a 121°C .
- Quando se esterilizam alimentos em outras temperaturas, é preciso levar em conta o **Valor Z** do *C. botulinum*, ao qual se atribui um valor de 10°C .
- Em alimentos com $\text{pH} < 4,5$ não é necessário aplicar o conceito 12D, pois nestas condições o *C. botulinum* não desenvolve a ponto de produzir toxinas.

1.6. ASPECTOS PRÁTICOS NO TRATAMENTO TÉRMICO DE ALIMENTOS

- A perecibilidade dos alimentos não permite análises microbiológicas para definir condições de processamento
- Os parâmetros são normalizados considerando a carga microbiana normal que os diversos produtos podem apresentar e a termorresistência de micro-organismos isolados com muito frequência de conservas alteradas.

1.6. APLICAÇÃO PRÁTICA DE TRATAMENTOS TÉRMICOS

Alimentos pouco ácidos (pH \geq 4,5)

- É necessário considerar a presença de *C. Botulinum*
- Conceito 12D deve ser aplicado
- Conseqüentemente, o Valor $F_{121^{\circ}\text{C}}$ mínimo é de 2,52 min
- O produto pode conter micro-organismos esporulados mais termoresistentes do que o *C. botulinum*
- É necessário aumentar a intensidade do tratamento térmico.

1.6. ASPECTOS PRÁTICOS NO TRATAMENTO TÉRMICO DE ALIMENTOS

Alimentos ácidos ($4,0 \leq \text{pH} < 4,5$)

- Não há risco de produção de neurotoxina botulínica
- Bactérias esporuladas que podem se multiplicar nestes alimentos são mais termolábeis
- Tratamentos térmicos podem ser mais suaves
- Geralmente se ajustam para reduzir a um nível aceitável o desenvolvimento de *Bacillus coagulans* ($D_{121} = 0,7$),
- Evita, ao mesmo tempo, a alteração por outras bactérias esporuladas mesófilas que são mais termolábeis do que a anterior

1.6. ASPECTOS PRÁTICOS NO TRATAMENTO TÉRMICO DE ALIMENTOS

Alimentos muito ácidos (pH < 4)

- Não sofrem alterações microbianas
- Nenhuma bactéria esporulada nem a grande maioria das vegetativas podem multiplicar-se nestas condições de pH
- Crescimento de mofos e leveduras
- Esse tipo de alimento não necessita de tratamentos térmicos superiores a 100 °C

1.6. ASPECTOS PRÁTICOS NO TRATAMENTO TÉRMICO DE ALIMENTOS

Alimentos muito ácidos (pH < 4)

- Podem ser processados empregando-se $T \leq 100 \text{ }^\circ\text{C}$;
 - Os valores D dos micro-organismos e os F apresentam-se a temperaturas muito mais baixas (65 °C a 85 °C)
 - Costuma-se aplicar tratamentos de $F_{65^\circ\text{C}}$ de 1 min a 2 min;
- A menos que se suspeite da presença do mofo *Byssochlamys fulva*, se fazendo então necessário tratamento da ordem de $F_{80^\circ\text{C}}$ de 2 min.

Bibliografia recomendada:

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos : princípios e prática 2.** Artmed, 2002. 602 ISBN 9788536306520

GAVA, A. J. **Tecnologia de alimentos: princípios e aplicações.** São Paulo: Nobel, 2009. 511 ISBN 978-85-213-1382-3.

ORDÓÑEZ-PEREDA, J. A. et al. **Tecnologia de Alimentos – Componentes dos Alimentos e Processos.** Porto Alegre- RS - Brasil: Artmed, 2005. 294 ISBN 8536304367

Princípios e Métodos de Conservação de Alimentos

Prof. Leonardo Nora