



Tratamientos de Conservación de los Alimentos



Cátedra de Bromatología y Nutrición

Bioquímica y Farmacia

FCEQyN UNaM

2017



CAUSAS ALTERACIÓN DE LOS ALIMENTOS

AGENTES FÍSICOS

Mecánicas (golpes, cortes)

No afectan características nutricionales.
Vía de entrada

Temperatura

↑ temperatura acelera reacciones de descomposición

Humedad

a_w

Aire

O_2

Luz

Degradación de ciertos nutrientes (VITAMINAS)

etc.



AGENTES QUÍMICOS

Pardeamiento

Reacción de Maillard

Enranciamiento

Oxidación lipídica



AGENTES BIOLÓGICOS

Enzimas

Oscurecimiento enzimático - Cambios en la textura

Microorganismos

Bacterias, mohos y levaduras

OTROS

Insectos, roedores, etc.



MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS

- ✓ Asepsia
- ✓ Eliminación de microorganismos
- ✓ Mantenimiento de condiciones anaerobias
- ✓ Aplicación de temperaturas altas
- ✓ Conservación a temperaturas bajas
- ✓ Desecación
- ✓ Utilización de conservantes químicos
- ✓ Irradiación
- ✓ Por tecnología de obstáculos o métodos combinados





CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

1) Prevención o retraso de la descomposición de origen microbiológico

- a)** Manteniendo los alimentos sin gérmenes (asepsia)
- b)** Eliminando microorganismos existentes (ej. filtración)
- c)** Destruyendo los microorganismos (ej. aplicación de calor o radiaciones)
- d)** Obstaculizando el crecimiento y actividad microbiana (ej. refrigeración, deshidratación, anaerobiosis, acción de agentes químicos)

2) Prevención o retraso de la auto-descomposición de los alimentos

- a)** Destruyendo o inactivando sus enzimas (ej. escaldado)
- b)** Previendo o retrasando las reacciones químicas (ej. utilización de antioxidantes, controlando el contenido de humedad)

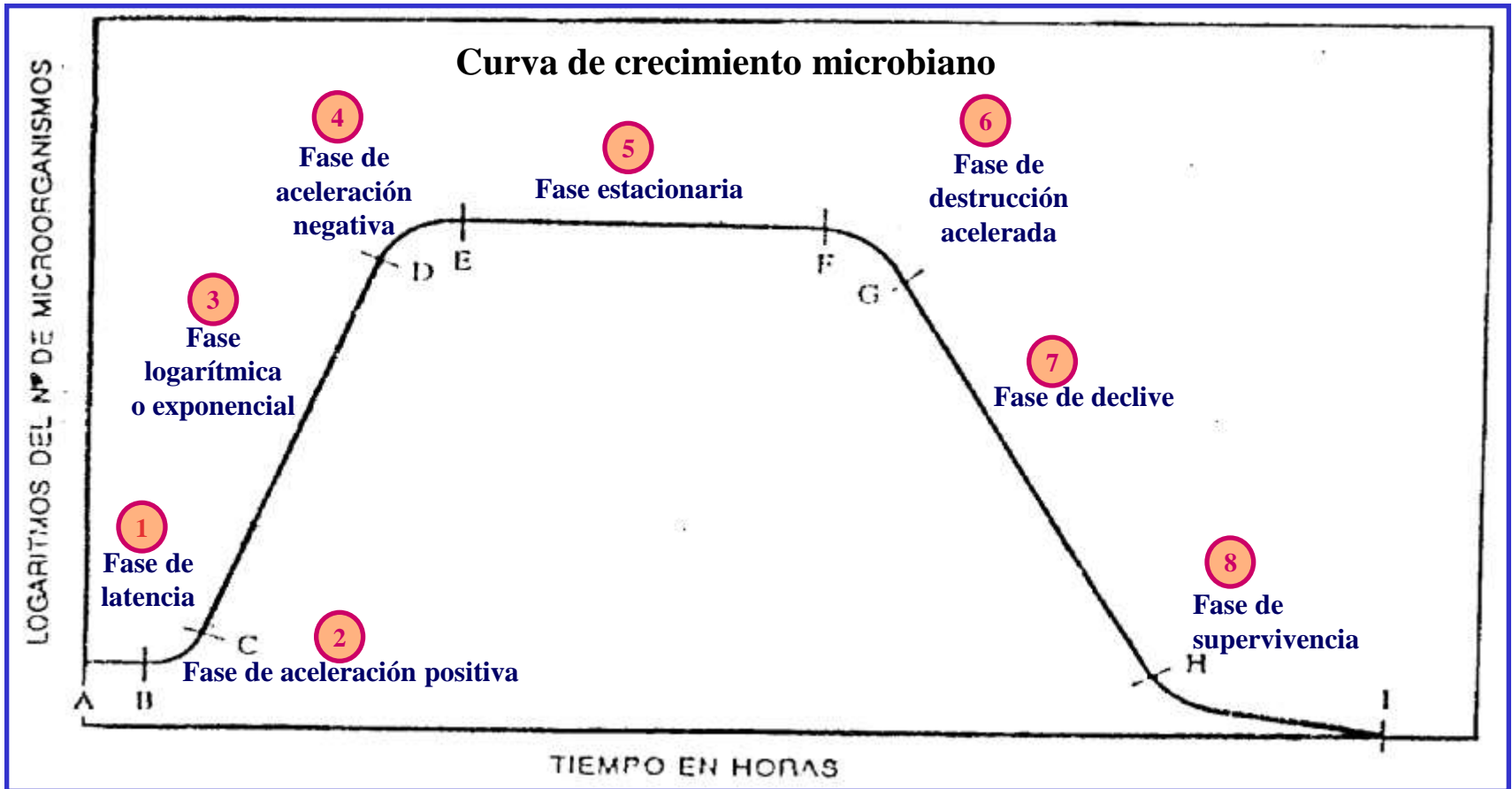
3) Prevención de las alteraciones provocadas por insectos, animales superiores, causas mecánicas, etc.



Retraso de la descomposición microbiana

Curva de crecimiento

El crecimiento de los microorganismos en un alimento transcurre por una serie de etapas sucesivas o **fases**.

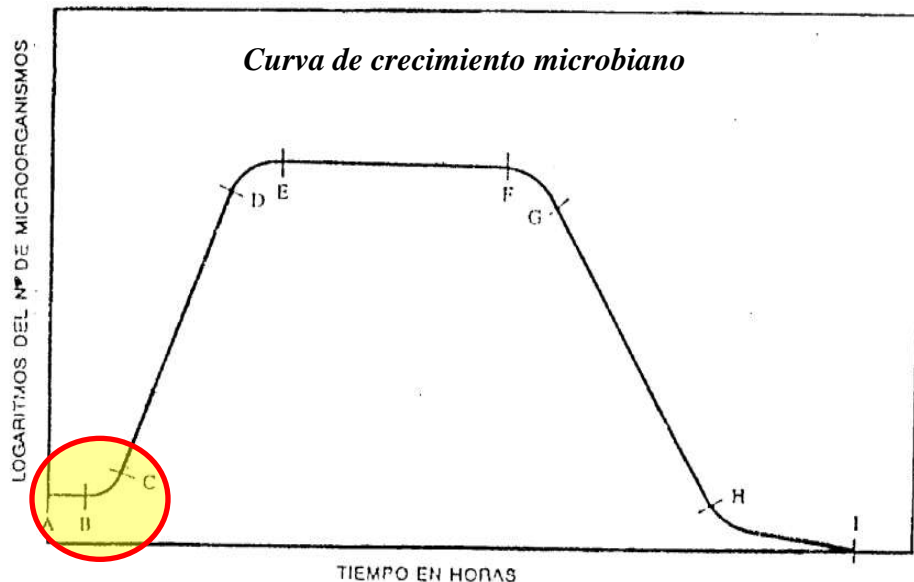




Tecnología de conservación de los alimentos

prolongación

FASE DE LATENCIA y FASE DE ACELERACIÓN POSITIVA



✓ Procurando el menor grado de contaminación del alimento ($a < \text{carga inicial} > \text{duración Fase lag}$).

✓ Evitando la contaminación por gérmenes en crecimiento activo a partir de maquinarias, utensilios de trabajo, etc.

✓ Creando condiciones desfavorables para los m.o.:

pH

Contenido de humedad (a_w)

Temperatura

Disponibilidad de nutrientes

Presencia de inhibidores

✓ Mediante daño real a los m.o. por medio de ciertos tratamientos subletales (**tratamientos térmicos, irradiación**)

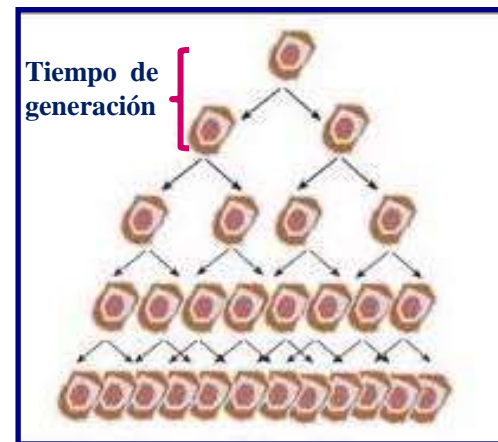


Ejemplo:

Las condiciones desfavorables además **PROLONGAN** el **tiempo de generación**
AUMENTANDO EL PERÍODO DE CONSERVACIÓN.

Si consideramos:

1 sola célula que se divide cada 30' $\xrightarrow{10 \text{ h}}$ 10^6 células
si se divide cada 60' \longrightarrow 10^3 células
si se divide cada 120' \longrightarrow 32 células



PARA EVITAR LA DESCOMPOSICIÓN MICROBIANA



DESTRUIR O ELIMINAR TODOS LOS m.o.

+

IMPEDIR NUEVAS CONTAMINACIONES





a) ASEPSIA

- La asepsia o falta de m.o. es natural en muchos alimentos.
- Las partes internas de los tejidos sanos de animales y vegetales están libres m.o.
- **CUBIERTAS PROTECTORAS:** cáscara de nueces, cutícula de frutas y hortalizas, cáscara de huevos, piel, fascias y grasa de carnes y pescado.
- Los tejidos quedan expuestas a los m.o. sólo cuando la cubierta protectora es dañada o la contaminación se propaga a partir de la superficie externa.
- En la industria alimenticia importa **LA CARGA** y **LA CLASE** de microorganismos presentes.
- **La carga** es importante para conocer el grado de contaminación inicial del alimento.
- **La clase** es importante porque una baja carga, aunque retrase la descomposición puede contener m.o. **patógenos** que inhabilitan al alimento antes de su descomposición





Para conseguir asepsia:

- ✓ Se envuelven los alimentos en cajas de cartón, papel, etc.; o se envasan en latas, frascos de vidrio, etc.



- ✓ Higiene en la cosecha de las plantas o en el sacrificio de los animales.
- ✓ Desinfección de máquinas, equipos, utensilios, higiene personal, etc.





b) ELIMINACIÓN DE MICROORGANISMOS

Estrategia útil para casos puntuales

Procedimientos:

1. Filtración: seguro y eficaz para la eliminación total de microorganismos de líquidos claros como ser: jugos de frutas, cerveza, vino, agua, bebidas carbonatadas, etc.

El líquido es obligado a atravesar un filtro mediante presión o vacío.

El filtro estéril es *impenetrable para las bacterias*.

2. Centrifugación o sedimentación: POCO EFICACES → sólo eliminan una parte de los m.o.

Sedimentación en agua de bebida (tratamiento insuficiente)

Centrifugación en leche (clarificación) para eliminar las partículas en suspensión, leucocitos, también elimina esporas y reduce la carga microbiana sin eliminar todos los m.o.

3. Lavado de alimentos frescos: ↓ **carga microbiana**. Tener en cuenta: Calidad de agua, uso de germicidas

4. Separación de las porciones alteradas de un alimento o el ejemplar alterado



c) DESTRUCCION DE LOS m.o.

CONSERVACIÓN DE LOS ALIMENTOS POR ALTAS TEMPERATURAS

El calor provoca múltiples efectos en los componentes celulares de los m.o., siendo 4 los blancos relacionados al daño térmico letal y no-letal:

- ✓ **El DNA** (evento letal clave, para esporas y células vegetativas)
- ✓ **El RNA y los ribosomas**
- ✓ **Las membranas citoplasmáticas**
- ✓ **DESNATURALIZACIÓN DE PROTEÍNAS Y ENZIMAS**

El tratamiento necesario para destruir los microorganismos varía con:

- la clase de m. o.
- su estado de crecimiento
- las condiciones ambientales

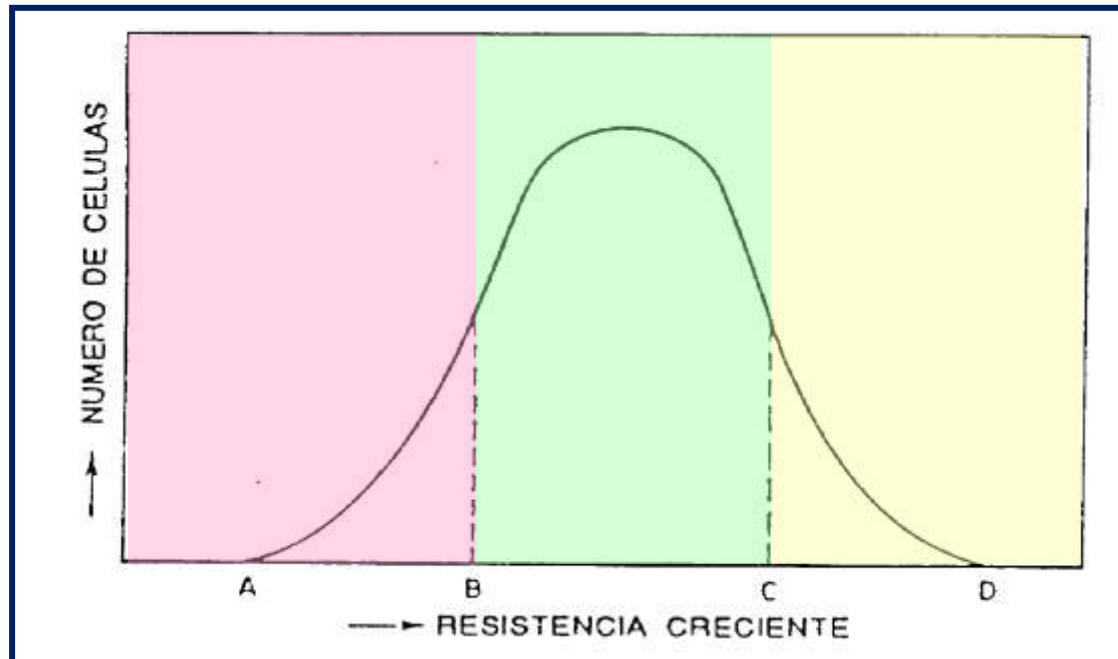
Tratamientos de conservación de los Alimentos empleando ALTAS TEMPERATURAS



TERMORRESISTENCIA microbiana

Las células vegetativas y esporas de los microorganismos difieren mucho en su resistencia a las altas temperaturas.

Curva de distribución de frecuencias que muestra la termorresistencia de los m.o. de un cultivo



Las condiciones del medio pueden favorecer el crecimiento de una de estas subpoblaciones



TERMORRESISTENCIA de los m.o.



TIEMPO DE MUERTE TÉRMICA (TDT)



t necesario para destruir, a cierta temperatura y bajo ciertas condiciones, un número determinado de m.o. o sus esporas.



FACTORES QUE INFLUYEN EN LA TERMORRESISTENCIA DE LOS m.o.



Deben ser tenidos en cuenta para la aplicación de un tratamiento térmico

- a) Tipo de m.o.
- b) Relación t/T°
- c) Conc. inicial de esporas o células vegetativas
- d) Antecedentes de las esporas o células vegetativas
- e) Composición del sustrato



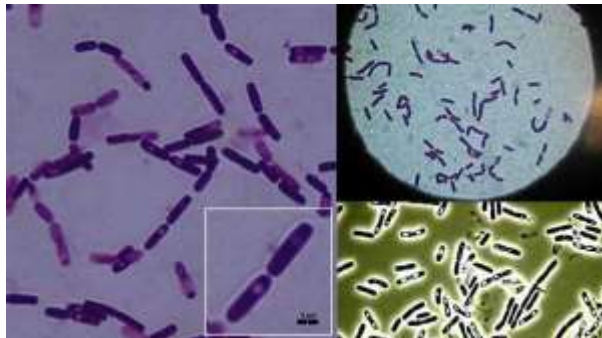
FACTORES QUE INFLUYEN EN EL t de muerte térmica (TDT)

a) Tipo de m.o.

- ✓ **m.o. termolábiles:** *Campylobacter* spp., *Mycobacterium tuberculosis*, *Salmonella* spp., *Listeria* y *E. coli* O157H7



- ✓ **m.o. termorresistentes:** *B. cereus*, *C. botulinum*





FACTORES QUE INFLUYEN EN EL t de muerte térmica (TDT)

b) Las relaciones de temperatura y tiempo

El tiempo necesario para destruir células o esporas bajo condiciones definidas disminuye al aumentar la temperatura.

Efecto de la temperatura de calentamiento sobre el tiempo necesario para destruir las esporas de bacterias de la fermentación simple

Temperatura (°C)	Tiempo para destruir las espora (min.)
100	1.200
105	600
110	190
120	19
130	3
135	1

pH = 6,1





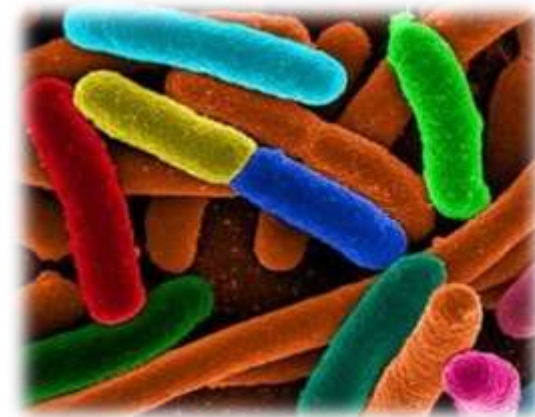
FACTORES QUE INFLUYEN EN EL t de muerte térmica (TDT)

c) Concentración inicial de células (o esporas)

Cuanto mayor es el número de células o esporas, tanto mayor es el tratamiento térmico para destruirlas.

Efecto de la cantidad inicial de esporas sobre el tiempo necesario para su destrucción. T = 120 °C ; pH = 6,0.

Concentración inicial de esporas (ufc/ml)	Tiempo necesario para destruirlas (min.)
50.000	14
5.000	10
500	9
50	8





FACTORES QUE INFLUYEN EN EL t de muerte térmica (TDT)

d) Antecedentes de las bacterias y esporas (Las condiciones en que las bacterias crecieron y las esporas se produjeron influyen en su resistencia al calor)

a) Medio de cultivo:

La acción de los nutrientes del medio, su tipo y cantidad varían para los distintos m.o. en cuanto a sus condiciones óptimas de desarrollo.

> APOORTE DE FACTORES NUTRICIONALES



FAVORECE EL DESARROLLO DE m.o. TERMORRESISTENTES



Tratamientos de conservación de los Alimentos empleando ALTAS TEMPERATURAS



FACTORES QUE INFLUYEN EN EL t de muerte térmica (TDT)

d) Antecedentes de las bacterias y esporas (Las condiciones en que las bacterias crecieron y las esporas se produjeron)

b) Temperatura de incubación:

> **TERMORRESISTENCIA** → ↑ **TEMPERATURA DE INCUBACIÓN**

(Hasta la T° óptima de crecimiento o hasta la T° máxima de crecimiento del m.o.)

Efecto de la temperatura de esporulación del *Bacillus subtilis* sobre la termorresistencia de las esporas.

Temperatura de incubación (°C)	Tiempo para destruirlas a 100 °C (min.)
21 – 23	11
37 (óptima)	16
41	18





FACTORES QUE INFLUYEN EN EL t de muerte térmica (TDT)

d) Antecedentes de las bacterias y esporas (Las condiciones en que las bacterias crecieron y las esporas se produjeron)

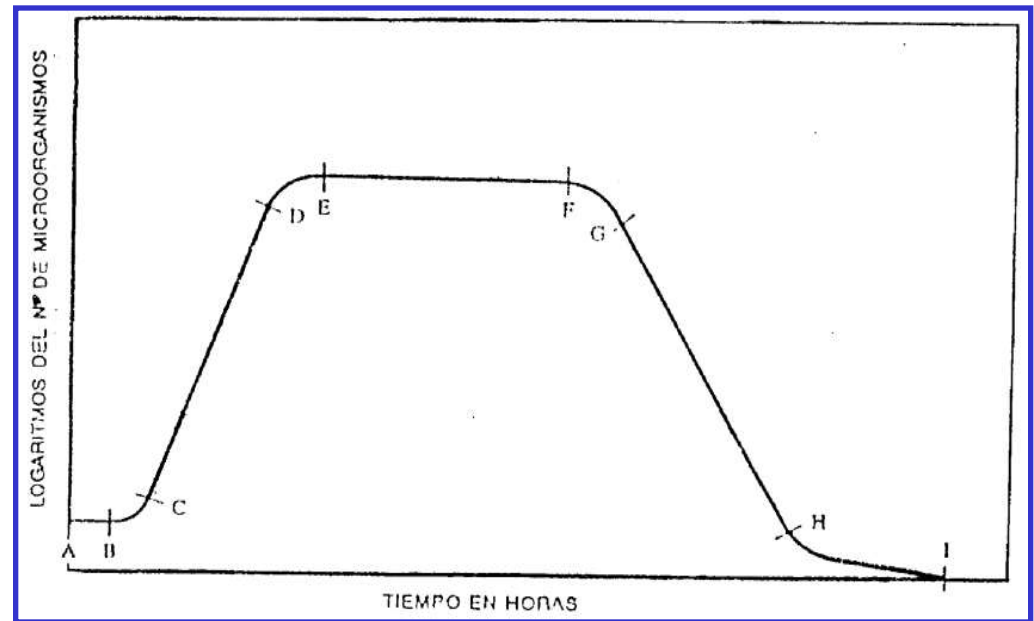
c) Fase de crecimiento:

- **Células vegetativas**
 - Máxima resistencia durante la fase de latencia
 - Mínima durante su fase de crecimiento logarítmico

- **Esporas:**

Jóvenes (inmaduras) → < Resistencia

Maduras → > Resistencia



d) Desecación:

Las **esporas desecadas** en general, son más difíciles de destruir que las húmedas.



FACTORES QUE INFLUYEN EN EL t de muerte térmica (TDT)

e) Características del sustrato en las que se calientan los m. o.

a) **Humedad:** el calor húmedo es más destructivo que el calor seco.

b) **pH:** la termorresistencia aumenta hacia la neutralidad.

Influencia del pH sobre la termorresistencia de las esporas del *Bacillus subtilis*

pH	Tiempo de supervivencia a 100 °C (min.)
4,4	2
5,6	7
6,8	11
7,6	11
8,4	9

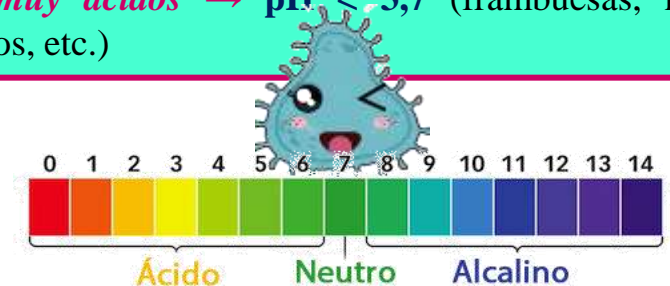
Según el pH:

1) **Alimentos de acidez baja** → pH > 5,3 (arvejas, maíz, carnes, leche, etc.)

2) **Alimentos de acidez media** → pH 5,3 - 4,5 (espinaca, espárragos, remolacha, calabazas, etc.)

3) **Alimentos ácidos** → pH 4,5 - 3,7 (tomates, peras, piñas, etc.)

4) **Alimentos muy ácidos** → pH < 3,7 (frambuesas, moras, grosellas, cítricos, etc.)



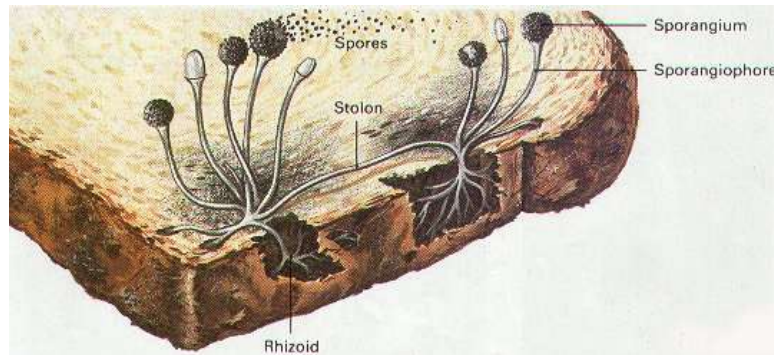
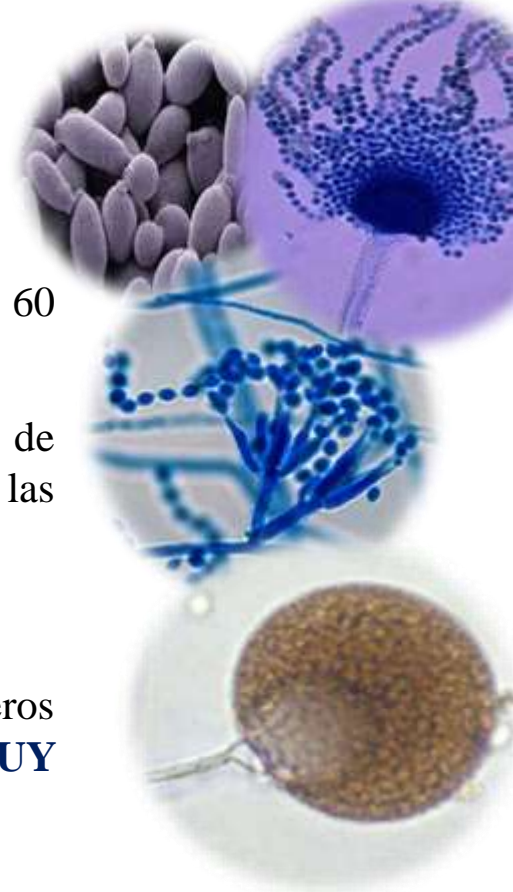
c) **Otros constituyentes del sustrato:** sales, azúcares, lípidos, etc. → EFECTOS PARTICULARES

Tratamientos de conservación de los Alimentos empleando ALTAS TEMPERATURAS



Termorresistencia de mohos y levaduras y sus esporas

- Depende de las especies y el sustrato en el que se calientan.
- SON MÁS SENSIBLES AL **CALOR HÚMEDO** QUE AL SECO.
- La mayoría de los mohos y sus esporas suelen destruirse con calor húmedo a 60 °C durante unos 10-15 min.
- Las levaduras suelen destruirse a 50-58 °C durante 10-15 min. Las estructuras de resistencia de las levaduras, en general se destruyen con 5 - 10 °C más que las células vegetativas.
- Las esporas no suelen sobrevivir a un calentamiento de 15 segundos a 100 °C.
- Algunos mohos y sus estructuras de resistencia (especies de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Paecilomyces*, entre otros) son **MUY TERMORRESISTENTES**
Ej: 300 minutos a 85 °C para destruir esclerocios de *Penicillium sp.*

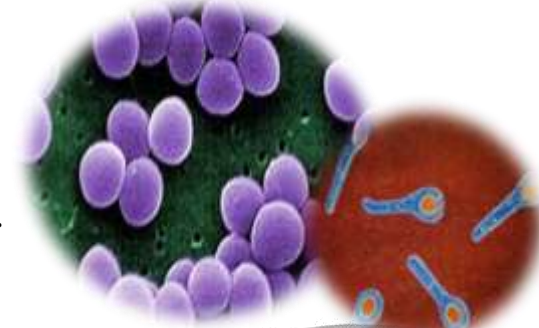


Tratamientos de conservación de los Alimentos empleando ALTAS TEMPERATURAS



Termorresistencia de bacterias y sus esporas

- Los cocos son más resistentes que los bacilos (hay excepciones).
- A > temperaturas óptima y máxima de crecimiento → > **termorresistencia**.
- Las bacterias que forman grupos o poseen cápsulas son más resistentes.
- La termorresistencia de las esporas bacterianas varía ampliamente con las especies:



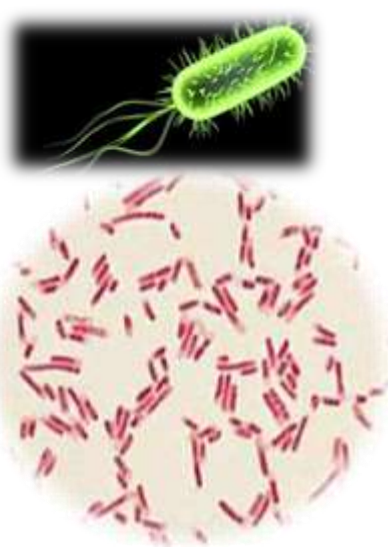
Tratamiento a 100 °C Puede requerir → **1 minuto y 20 horas de duración**
(Espora de *C. botulinum* requiere 100 a 330 min para su destrucción a 100 °C)

- Las bacterias patógenas son poco resistentes.



Tiempo de destrucción térmica de algunas bacterias (bajo condiciones específicas de ensayo)

Bacteria	Tiempo, min.	Temperatura, °C
<i>Neisseria gonorrhoeae</i>	2 – 3	50
<i>Salmonella typhi</i>	4,3	60
<i>Staphylococcus aureus</i>	18,8	60
<i>Escherichia coli</i>	20 – 30	57,3
<i>Streptococcus thermophilus</i>	15	70 – 75
<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	30	71



Escherichia coli



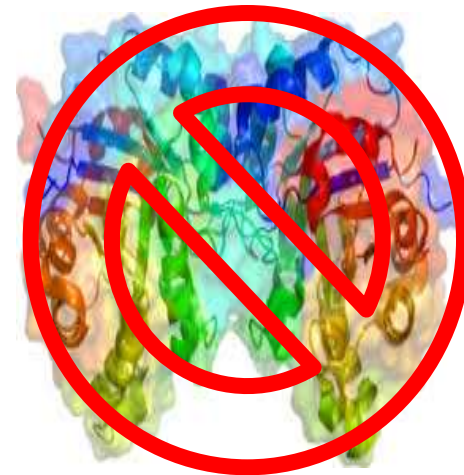
TRATAMIENTOS TÉRMICOS A ALTAS T°



1

DESTRUCCIÓN de m.o. + INACTIVACIÓN ENZIMÁTICA*

2



* **Excepciones:** ciertas proteinasas y lipasas permanecen activas → ALTERACIÓN DEL ALIMENTO

Tratamientos de conservación de los Alimentos empleando ALTAS TEMPERATURAS



DESTRUCCIÓN TÉRMICA DE LOS m.o. → Cinética 1° orden (función del t a una T° dada)

$$\frac{-dC}{dt} = k \cdot C$$

Integrando:

$$\ln \frac{C_1}{C_2} = k \cdot (t_2 - t_1)$$

Conc. suele expresarse en N (número de m.o.)

$$\ln \frac{N_1}{N_2} = k \cdot (t_2 - t_1)$$

N° de ciclos logarítmicos de reducción de la carga microbiana en el intervalo t_2-t_1

$$\log \frac{N_1}{N_2} = \underbrace{(k/2,303)}_{k'} \cdot (t_2 - t_1)$$

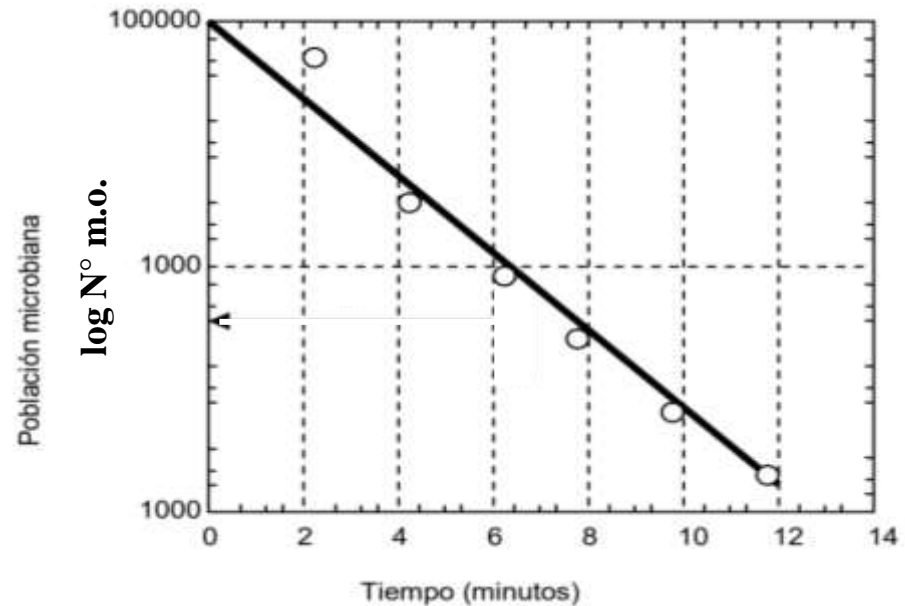
$1/k' = D$ (tiempo de reducción decimal → t necesario para reducir un ciclo logarítmico la carga microbiana)

$$\frac{N_t}{N_0} = 10^{-t/D}$$

N_0 (n° m.o. o esporas iniciales)
 N_t (n° m.o. o esporas a tiempo dado)

Relaciona n° de m.o. en un t dado a una T° constante

Evolución típica de una población microbiana con el tiempo



Tratamientos de conservación de los Alimentos empleando ALTAS TEMPERATURAS



VALOR D

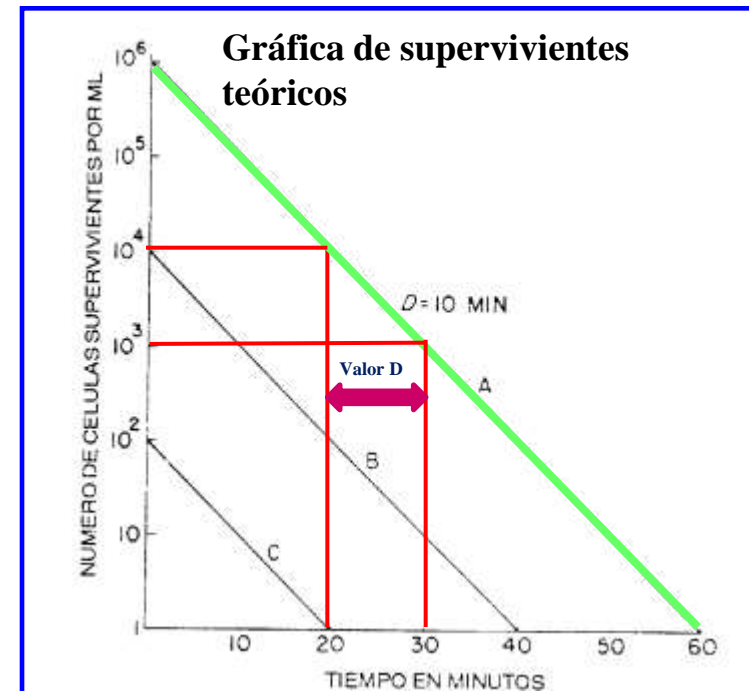
Gráficas de supervivencia

El **Valor D** (tiempo de reducción decimal) es el tiempo de calentamiento a una temperatura determinada que causa la reducción de un ciclo logarítmico el número de esporas (o células vegetativas) viables.

Tiempo requerido para reducir un 90 % de la población de un m.o. a una determinada temperatura.

Cuanto mayor sea el número de células iniciales mayor será el tiempo necesario para eliminarlas.

Un valor de **D = 10 minutos**, indica que si hubieran 10^6 células se necesitarían 60 minutos para obtener solo **una célula** sobreviviente, ya que cada 10 minutos se reduce un ciclo logarítmico de las células totales (**REDUZCO LA POBLACIÓN AL 10% DE LA CARGA INICIAL**).



Tratamientos de conservación de los Alimentos empleando ALTAS TEMPERATURAS



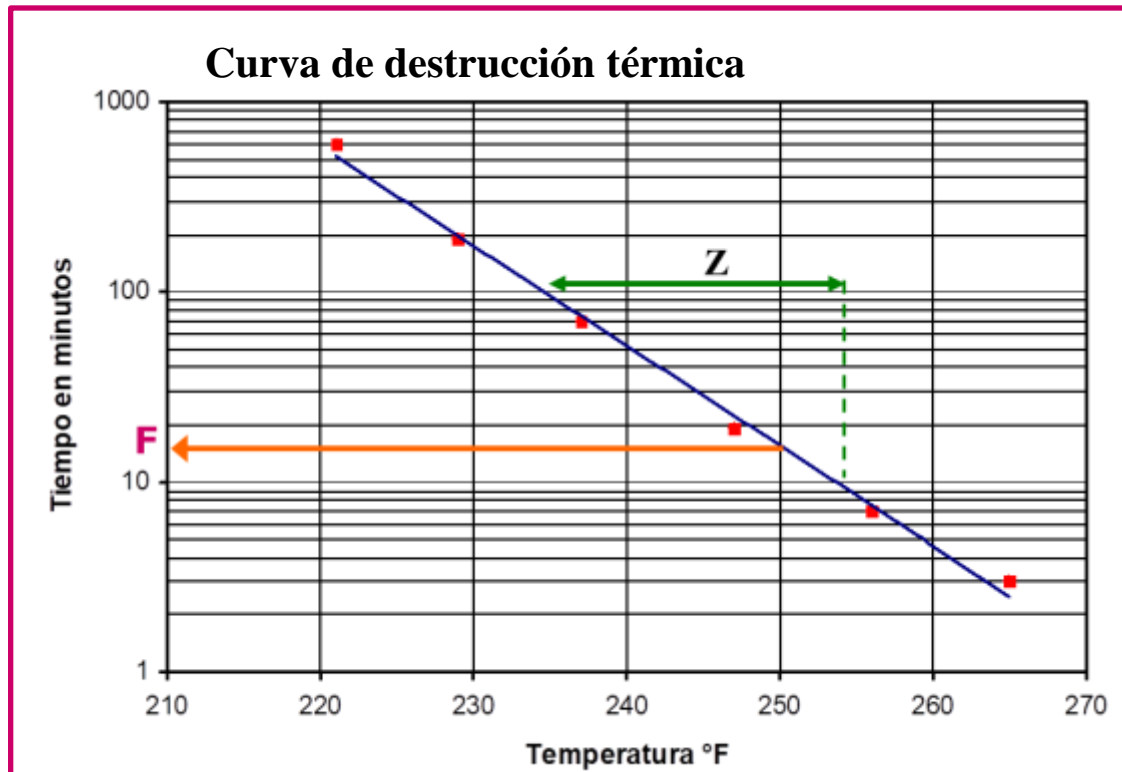
VALOR z

También llamado *constante de resistencia térmica*.

Relación entre **D (tiempo)** y la **temperatura del tratamiento**.

Representa el salto de temperatura necesario para reducir en un 90% el valor de D (reducción decimal de D).

Caracteriza las resistencias de las poblaciones de m.o. a los cambios de temperatura.



Tratamientos de conservación de los Alimentos empleando ALTAS TEMPERATURAS



Valores D y z

Tabla VI. Resistencia térmica aproximada (valores D) de algunas esporas bacterianas

Tipo de alimento y microorganismo(s) típico (s)	Valor D (min) a:		Valor z (°C)
	121 °C	100°C	
Alimentos poco ácidos (pH>4,6)			
Aerobio termófilo			
<i>Bacillus stearothermophilus</i>	4.0-4.5	3000	7
<i>Bacillus coagulans</i>	0.1		
Anaerobios termófilos			
<i>Cl. thermosaccharolyticum</i>	3.0-4.0		12.0-18.0
<i>Desulfotomaculum nigrificans</i>	2.0-3.0		
Anaerobios mesófilos			
<i>C. sporogenes</i>	0.1-1.5		9.0-13.0
<i>C. botulinum tipos A y B</i>	0.1-0.2	50	10
<i>C. perfringens</i>		0.3-20	10.0-30.0
<i>C. caloritolerans</i>		3	
<i>C. butyricum</i>		0.1-0.5	
Aerobios mesófilos			
<i>B. licheniformis</i>		13	6
<i>B. lincheniformis</i>		13	6
<i>B. macerans</i>		0.1-0.5	
<i>B. subtilis</i>		11	7
<i>B. cereus</i>		5	10
<i>B. megaterium</i>		1	9
Alimentos ácidos (pH ≤ 4.6)			
Aerobio termotolerante			
<i>B. coagulans</i>	0.01-0.1		
Aerobios mesófilos			
<i>B. polymyxa</i>		0.1-0.5	
<i>B. macerans</i>		0.1-0.5	
<i>C. butyricum (o C. pasteurianum)</i>		0.1-0.5	

Doyle et al., 2001; Sillijer et al., 1983



Valores D y z

Tabla VII. Termoresistencia comparada de las bacterias de interés en los alimentos

Grupo bacteriano	Rango aproximado de termoresistencia	
	D (°F)	z (°F)
Microorganismos patógenos y productores de toxinas	D 150	
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	0.20-0.30	8 a 10
<i>Brucella sp.</i>	0.10-0.20	8 a 10
<i>Coxiella burnetti</i>	0.50-0.60	8 a 10
<i>Salmonella sp.</i>	0.02-0.25	8 a 10
<i>Salmonella senftenberg 775W</i>	0.8-1.0	8 a 12
<i>Staphylococcus aureus</i>	0.2-2.0	8 a 12
<i>Streptococcus pyogenes</i>	0.2-2.0	8 a 12
	D 180	
<i>Clostridium botulinum tipo E (esporoso)</i>	0.10-3.0	9 a 16
Microorganismos responsables de deterioro	D 150	
Hongos, levaduras y bacterias no esporuladoras	0.5-3.0	8 a 12

Sillijer et al., 1983

A > valor D > TERMORRESISTENCIA



Valores D y z

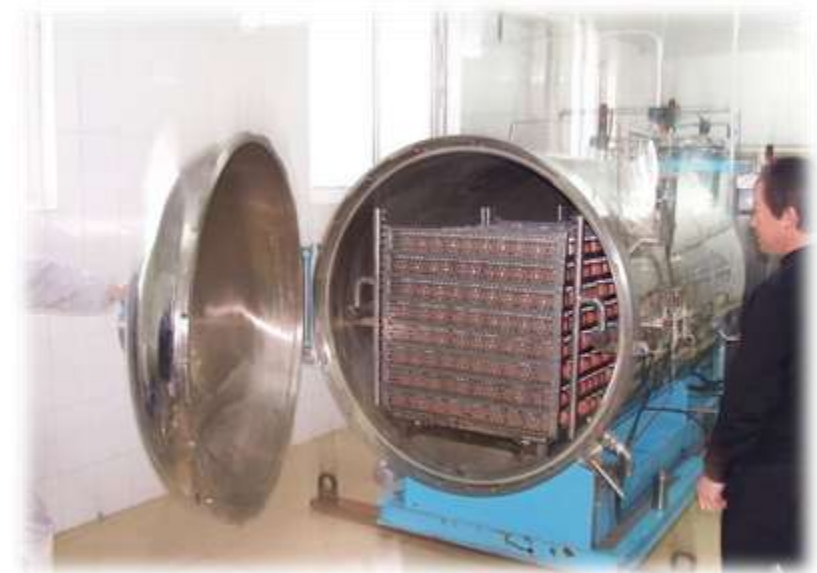
$A > \text{valor } D > \text{TERMORRESISTENCIA}$

- Los valores D y z varían para cada **microorganismo** y para cada **condición**.
- Las esporas, por ejemplo, tienen valores D mucho más altos que las células vegetativas de los mismos microorganismos.
- Para poder determinar las condiciones en las que hacer un tratamiento térmico para destruir microorganismos es necesario dominar los conceptos de los valores D y z



Parámetro F *(tiempo de muerte térmica)*

- ✓ Tiempo necesario para reducir la población de un microorganismo o espora con un z específico hasta un nivel deseado a una cierta temperatura.
- ✓ Este tiempo suele expresarse como múltiplo del *valor D*.
- ✓ **Mide la capacidad de destrucción de un tratamiento térmico.**
- ✓ Cuando nos referimos a F medido a 250 °F (121,1 °C) y para $z= 10$ °C, se lo denomina **F₀** (valor F de referencia)



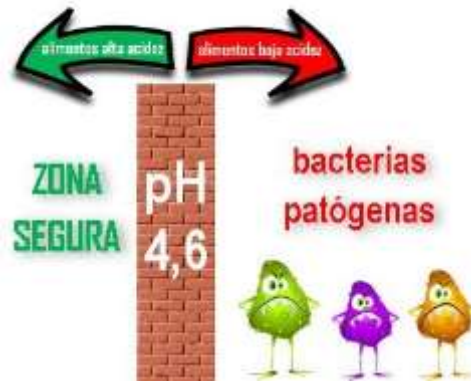


CONCEPTO DE 12 D

Por seguridad la industria conservera adoptó un tiempo de tratamiento de **12 D**, o reducción de 12 ciclos logarítmicos, ($\log N_0 - \log N = 12$) para las esporas de *Clostridium botulinum* en alimentos enlatados de baja acidez ($\text{pH} > 4,5$), es decir, un calor suficiente para reducir el número de esporas desde 10^{12} a 1 por mL.



5D



12D



C. botulinum D 121°C = 0,21 min



Tratamiento a 121 °C por 2,52 min



carga hipotética de 10^{12} esporas (casi imposible) se reduce a **1 espora**



Conservas

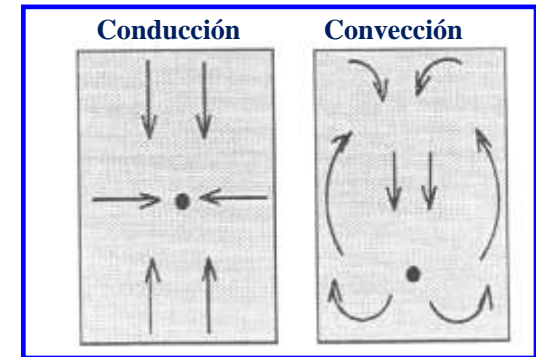
Los tratamientos térmicos NO se realizan a una temperatura constante, ya que ésta aumenta durante la etapa de calentamiento y disminuye luego durante el enfriamiento; además, en una conserva existe el problema de la distribución del calor en el recipiente.

PENETRACIÓN DEL CALOR

Todas las porciones del alimento deben recibir el tratamiento térmico adecuado para evitar su alteración (microbiológica y/o organoléptica). En general, existe una porción crítica que se calienta más lentamente.



Curvas de letalidad para cada m.o. y para cada alimento



Calentamiento por conducción y por convección en latas
El ● indica la parte de calentamiento más lento



TRATAMIENTOS TÉRMICOS EN ALIMENTOS

1) **Pasteurización** → por debajo de 100 °C



2) **Calentamiento alrededor de 100 °C**

Horneado
Ebullición
Fritura
Asado



3) **Calentamiento por encima de 100 °C** → Appertización (autoclaves)





Pasteurización

Tratamiento que destruye parte de los microorganismos presentes.

Utilizado en leche, helados (premezcla), jugos de fruta, vino, cerveza, etc.

Se emplea pasteurización cuando:

- *Tratamos alimentos sensibles a altas temperaturas.*
- *Necesitamos destruir sólo los patógenos.*
- *No hay presencia de termorresistentes.*
- *Se van a aplicar otros métodos de conservación adicionales como ser:*

- ✓ Refrigeración
- ✓ Condiciones anaerobias
- ✓ Envasado aséptico
- ✓ Adición de sustancias osmóticas
- ✓ Conservadores químicos





Calentamiento a 100 °C

- Suficiente para destruir todos los microorganismos presentes en alimentos **de baja y media acidez, excepto las esporas bacterianas.**
- Se aplica al chucrut y a frutos **muy ácidos** sin necesidad de otros tratamientos.
- Se usa por ejemplo en la cocción de pan y carnes asadas, fritas (el centro no suele alcanzar los 100 °C).



Tratamientos de conservación de los Alimentos empleando ALTAS TEMPERATURAS



Calentamiento por encima de 100 °C

- Se logran por autoclaves con vapor a presión y se estudian como enlatados.
- **ENLATADO:** Se define como la conservación de los alimentos en recipientes cerrados herméticamente, a los cuales se aplica un tratamiento térmico fuerte.
- Se realizan en recipientes de hojalata, vidrio, plásticos, etc.
- Los alimentos en buenas condiciones son clasificados y lavados.
- Los vegetales se escaldan con vapor o agua caliente, luego se agrega salmuera o jarabe según se trate de vegetales o frutas.





d) IMPEDIMIENTO DEL CRECIMIENTO MICROBIANO

CONDICIONES DESFAVORABLES

1) MANTENIMIENTO DE ANAEROBIOSIS

Se consigue:

- Llenando completamente el recipiente con el producto.
- Aplicando vacío
- Evacuando el espacio muerto (espacio de cabeza).
- Reemplazando aire por CO_2 o N_2





CONDICIONES DESFAVORABLES

2) DESHIDRATACIÓN O SECADO

- Algunos alimentos están lo suficientemente secos en el momento de la recolección como para almacenarse por largos períodos de tiempo en condiciones apropiadas.
- La mayoría de los alimentos contienen humedad suficiente como para que actúen sus propias enzimas o m.o. presentes, de forma que para conservarlos por secado, se debe eliminar o fijar su humedad.

Contenido de humedad de varios alimentos antes y después del secado

Alimento	Humedad antes del secado %	Humedad después del secado %
Leche entera	87	5,0
Huevos	74	2,9
Carne vacuna asada	60	1,5
Papas hervidas	80	4,0
Zumo de manzana	86	6,2
Higos frescos	78	3,6
Perejil	84	5,3





MÉTODOS DE SECADO

a) Secado solar: en climas con mucho sol y atmósfera seca.

Se aplica a ciertas frutas, como ser: uvas, ciruelas, higos, duraznos, etc.

b) Secadores mecánicos:

- Implican el paso de aire caliente con humedad relativa controlada sobre el alimento a desecar.
- Los alimentos líquidos se suelen deshidratar con o sin vacío a bajas temperaturas en tambores rotativos.
- También se pueden secar por aspersion (secado spray), en el cual se pulveriza el líquido sobre una corriente de aire caliente seco.

c) Liofilización: el agua del alimento se sublima por vacío, previa congelación del alimento y de la aplicación de calor al recipiente de desecación. Se usa en carnes, mariscos, frutas, hortalizas, etc.

e) Desecación durante el ahumado: la mayor parte del efecto conservador se debe al secado, especialmente en la superficie del alimento.



Tipos de secaderos utilizados en varios productos alimenticios

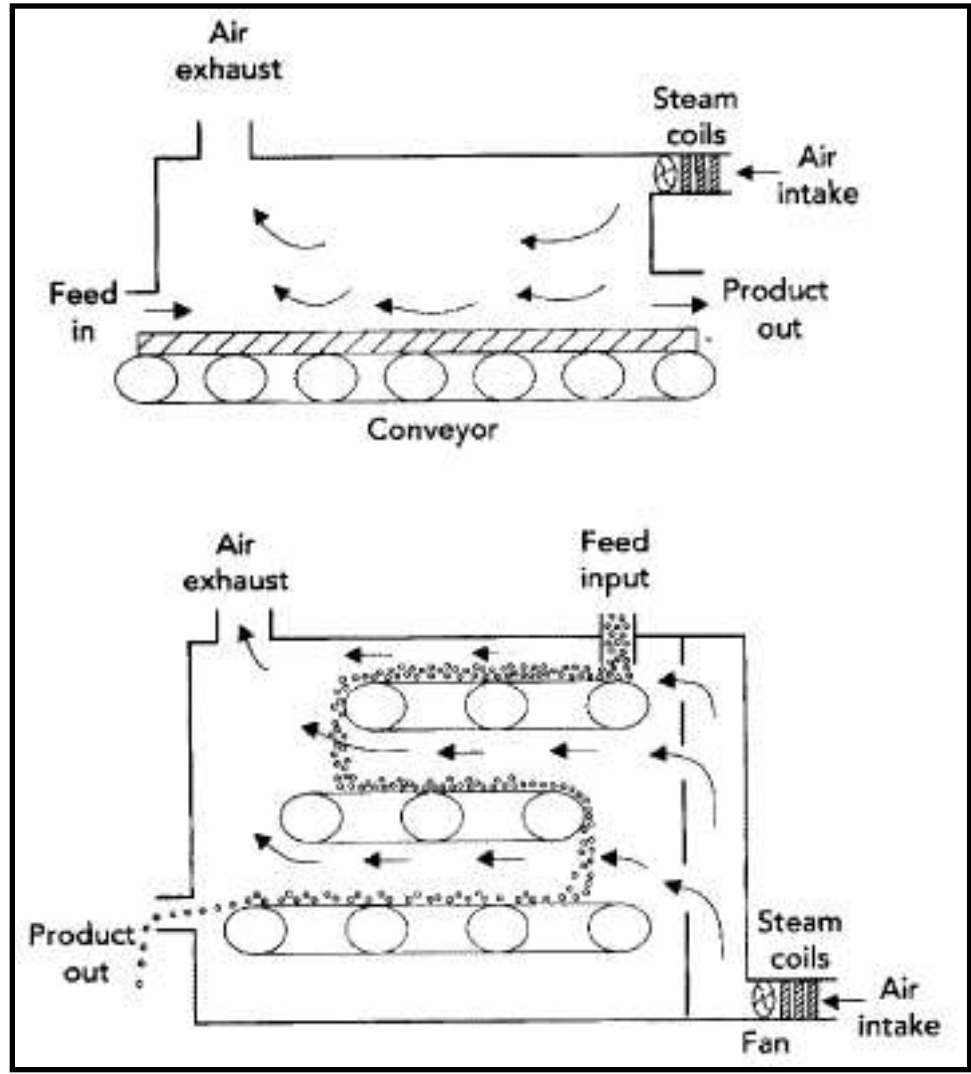
Producto	Tipo de secadero
Hortalizas, frutas	De compartimentos y bandeja perforada
Hierbas, granos, cereales, frutas	Cinta transportadora
Leche, café y té solubles	Por atomización (spray)
Sopas, alimentos infantiles	Tambor rotatorio
Esencias, extractos de carne, café	Desecadores de congelación y al vacío
Almidón, pulpa de frutas	Neumático

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL SECADO

- **Temperatura de secado**
- **Humedad relativa del aire**
- **Velocidad del aire**
- **Tiempo de secado**



Secaderos de cinta transportadora

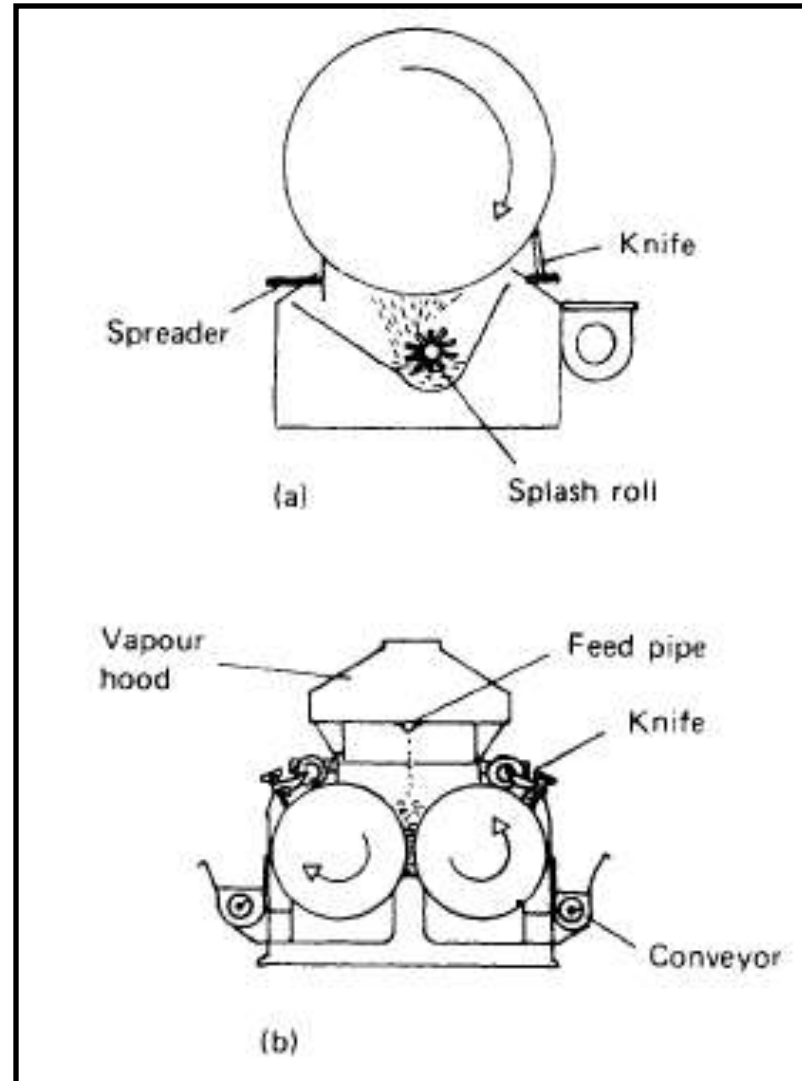


1 etapa

3 etapas



Secaderos de tambor

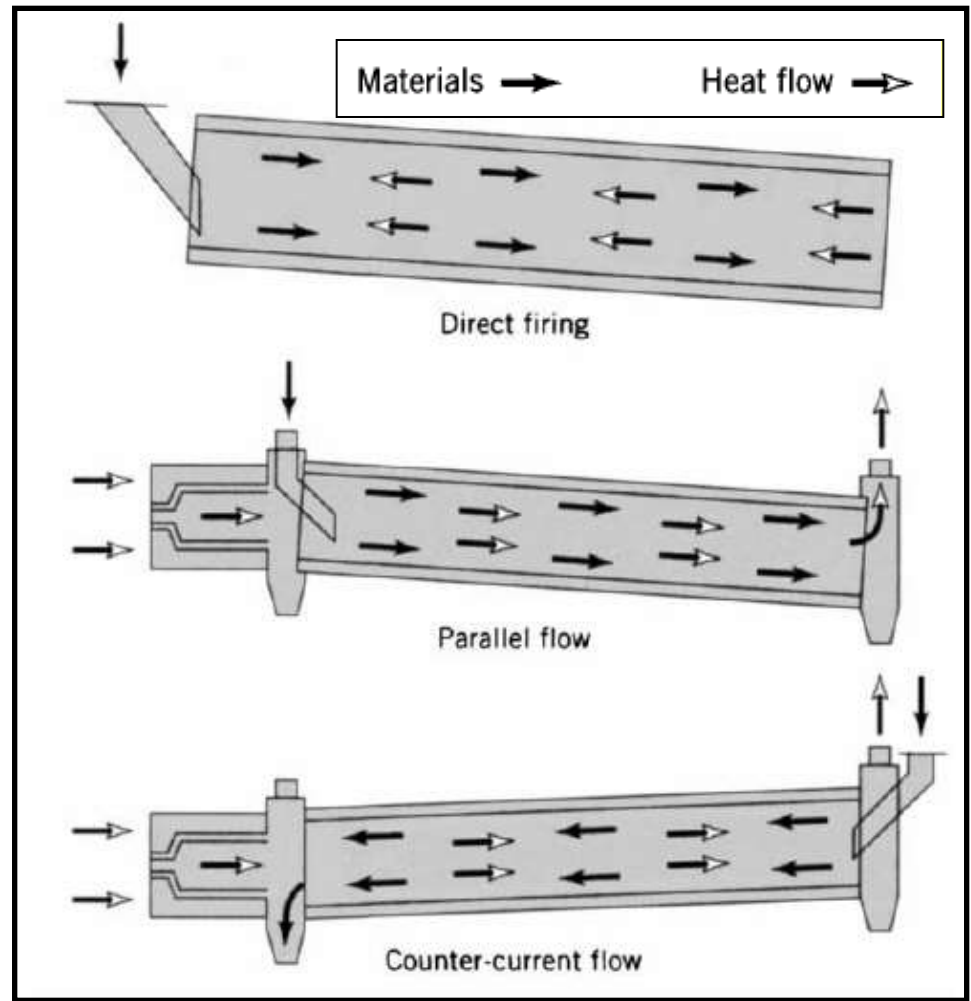


Tambor simple

Tambor doble

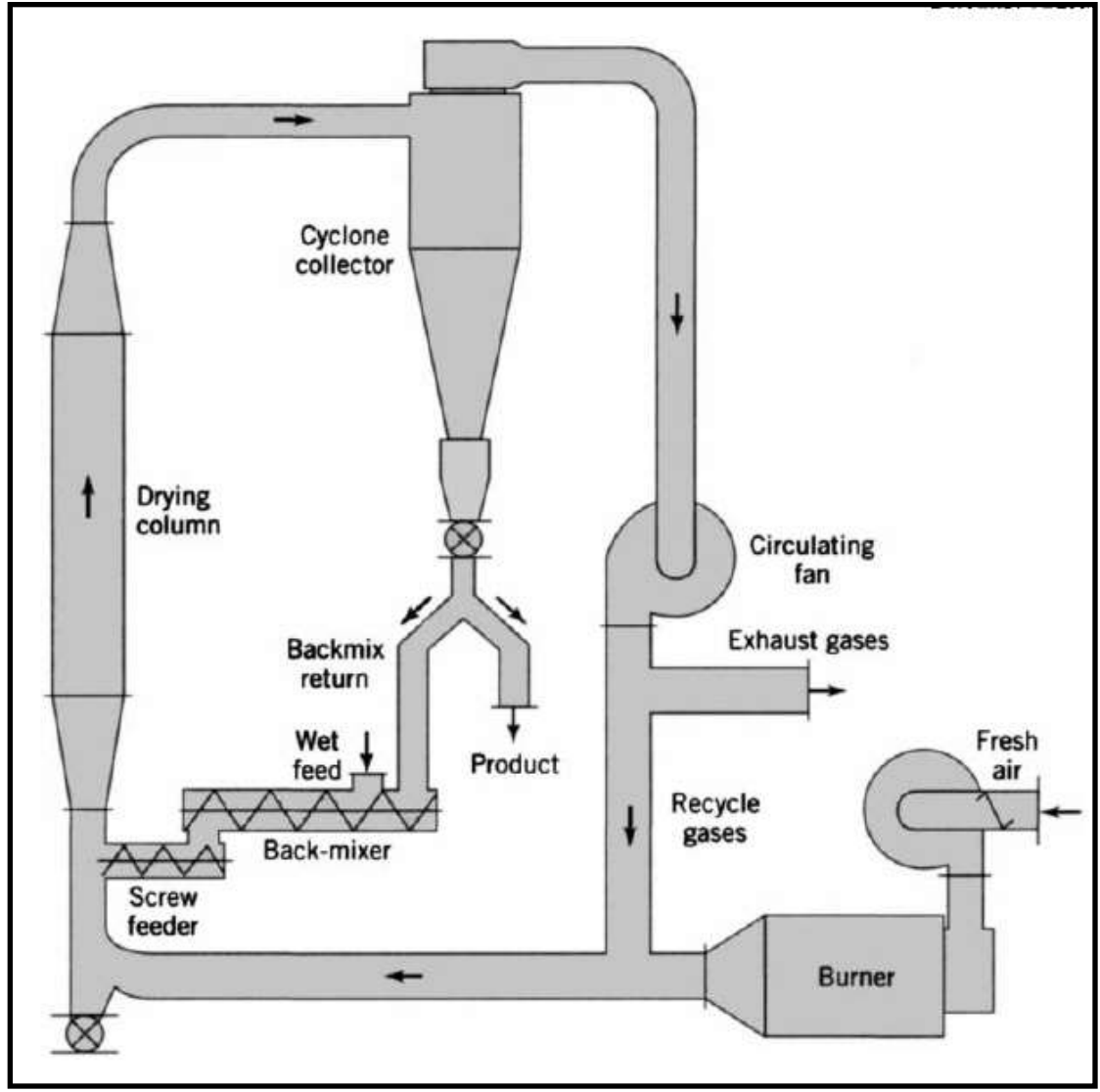


Secaderos rotatorios





Secadero neumático





Secadero por atomización o spray

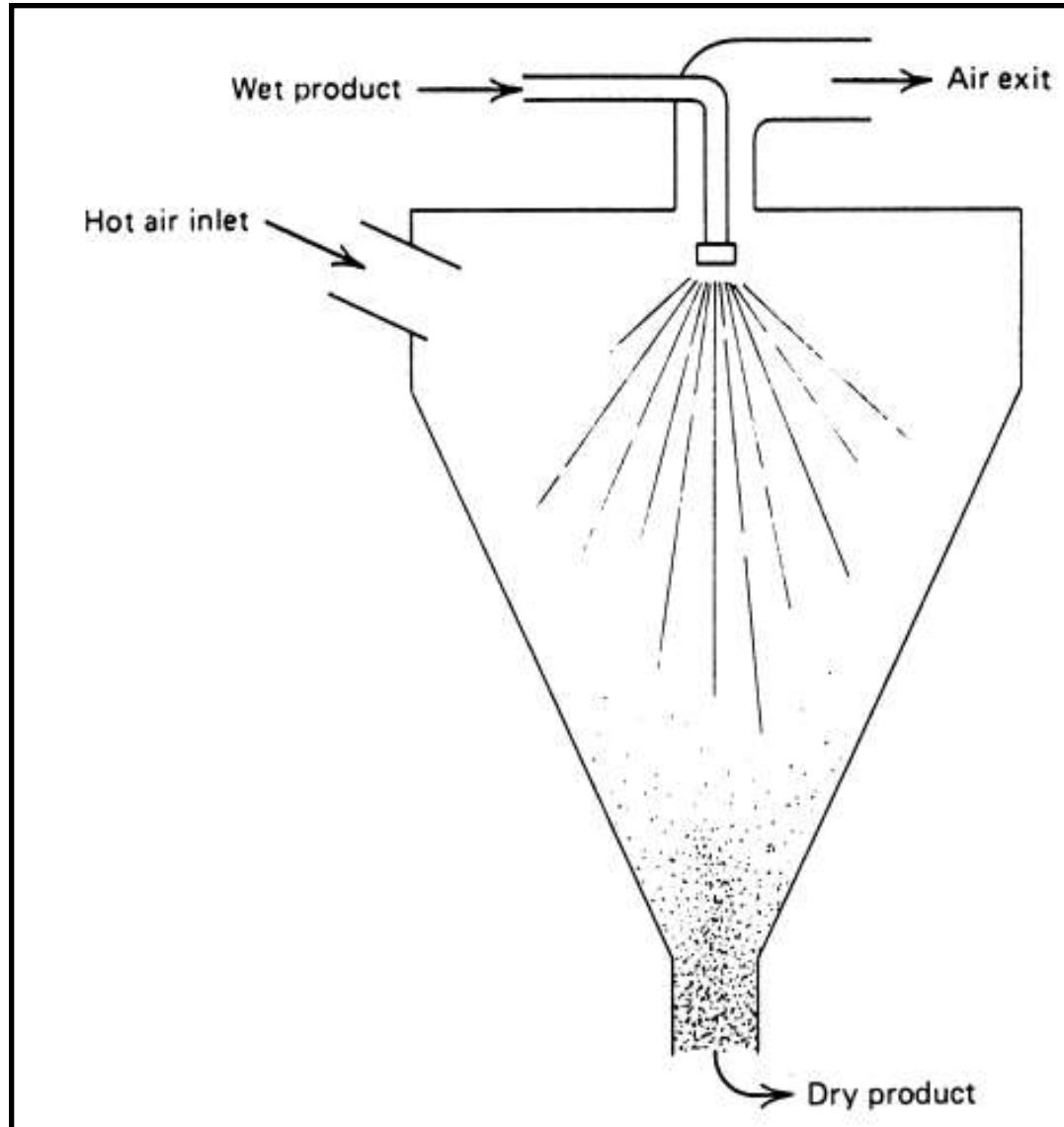
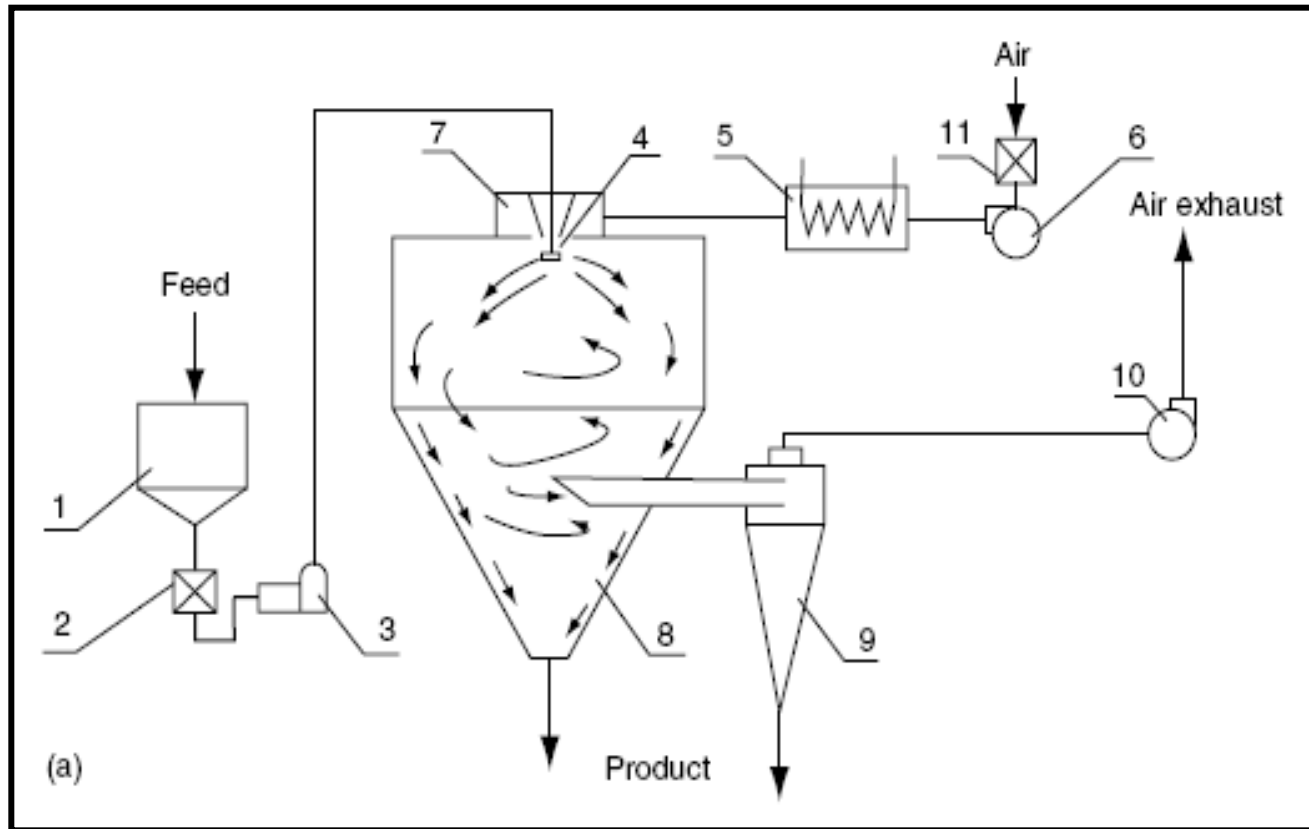




Diagrama de flujo de un secadero spray



- (a)
1. Tanque de alimentación;
 2. Filtro;
 3. Bomba;
 4. Atomizador;
 5. Calentador del aire;
 6. Ventilador ;
 7. Dispensador de aire;
 8. Cámara de secado;
 9. Separador ciclónico.
 10. Extractor de aire

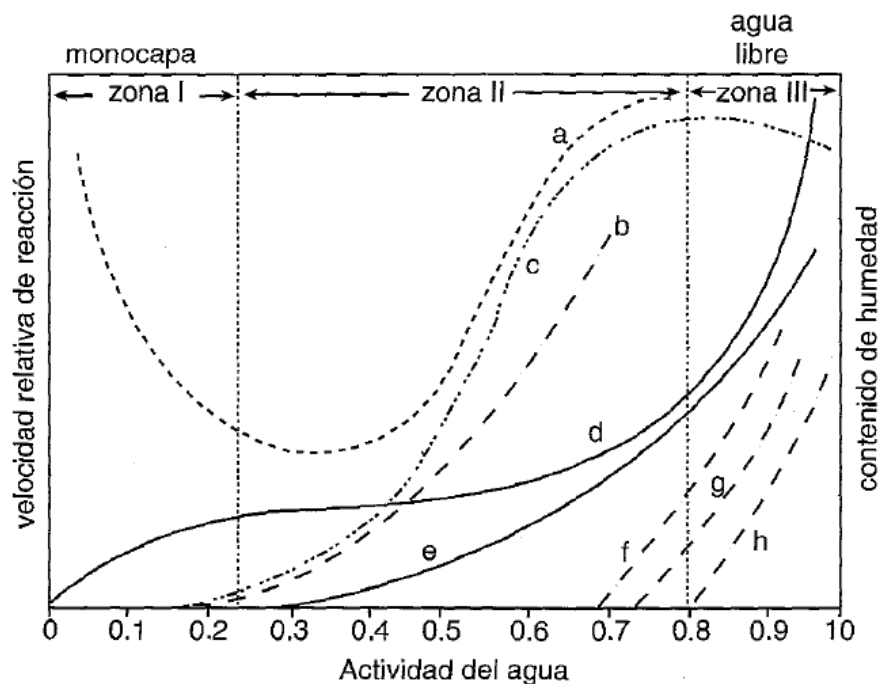


✓ Durante el secado

El secado destruye generalmente **casi** todas las levaduras y células bacterianas, pero las esporas bacterianas y fúngicas suelen sobrevivir.

✓ Después del secado

Si el secado y las condiciones de almacenamiento son adecuados los microorganismos no se desarrollan.



- a)** Oxidación Lipídica
- b)** Reacciones hidrolíticas
- c)** PNE
- d)** Isotherma de adsorción
- e)** Actividad enzimática
- f)** Crecimiento de hongos
- g)** Crecimiento de levaduras
- h)** Crecimiento de bacterias



CONDICIONES DESFAVORABLES

3) CONSERVACIÓN A BAJAS TEMPERATURAS

Se usa para **retardar** las reacciones químicas y enzimáticas e **inhibir o retardar** el crecimiento y actividad de los microorganismos.



Efecto de la refrigeración sobre los microorganismos

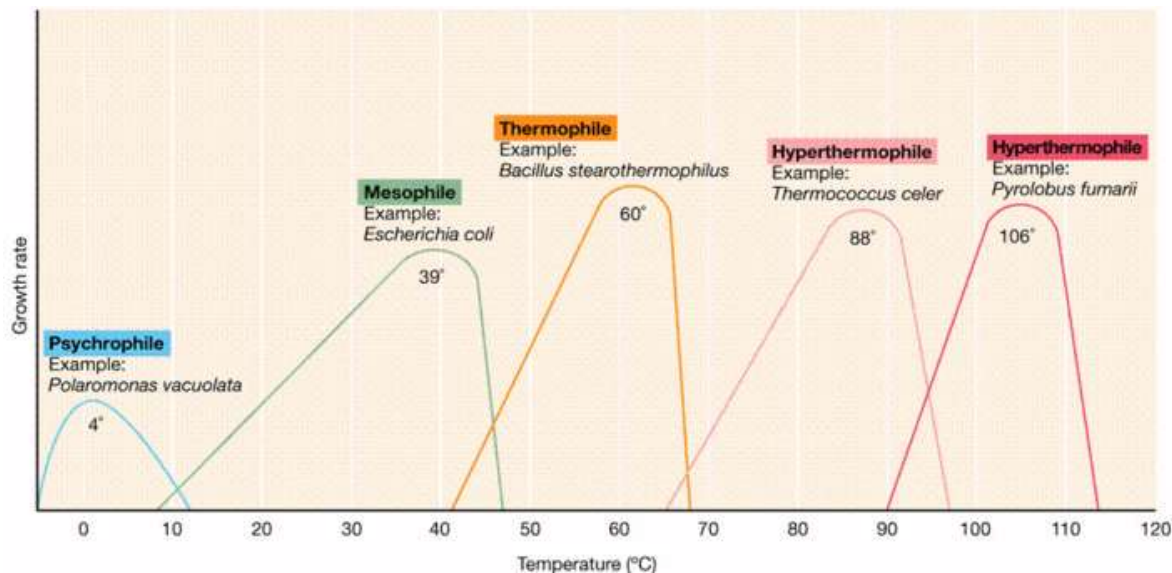
Cada especie de microorganismo tiene una temperatura óptima y una temperatura mínima por debajo de la cual no puede multiplicarse.

Temperatura óptima de crecimiento

Termófilos (35 a 50 °C)

Mesófilos (10 a 40 °C)

Psicrófilos (-5 a 15 °C)





A medida que la temperatura desciende por debajo de la óptima el ritmo de crecimiento del microorganismo decrece.

Índice de crecimiento de *Pseudomona fragi* a varias temperaturas

Temperatura (°C)	Tiempo medio de generación, min.
0	667
2,5	462
5,0	300
7,5	207
10,0	158
20,0	65



Algunos microorganismos pueden crecer a temperaturas menores a 0 °C. Por lo tanto, temperaturas de 0 °C o ligeramente inferiores no detienen indefinidamente la alteración de la mayoría de los alimentos crudos.

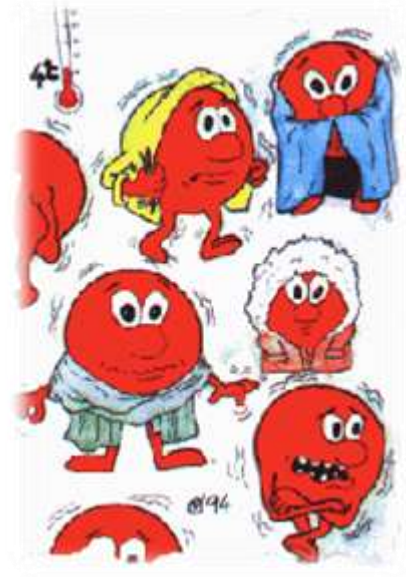


Efecto letal de las temperaturas de congelación y sub-congelación

El **efecto letal** es causado por:

- ✓ La desnaturalización y floculación de las proteínas celulares causada por el aumento en la concentración de soluto en el agua que queda sin congelar.
- ✓ El daño físico causado por los cristales de hielo.

**La congelación reduce considerablemente el número de microorganismos viables en un alimento, pero
NO LO ESTERILIZA.**



El efecto letal de la congelación depende de:

1) Clase de microorganismo y estado en que se encuentra:

Cuando se congela a $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ en menos de 15”:

- + sobreviven todas las células del *Staphylococcus aureus***
- + el 70 % de las de *Escherichia coli***
- + el 20 % de las *Pseudomonas aeruginosa*.**

Una bacteria en crecimiento log se destruye más fácil que en otras fases.

2) Temperatura de congelación y almacenamiento:

- + Temperatura entre $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ son las que más destruyen bacterias.**
- + Almacenamiento a estas temperaturas destruye más bacterias que a temperaturas más bajas.**
- + La congelación lenta destruye más que la rápida**

3) Tiempo de almacenamiento:

- + La muerte es función del tiempo de almacenaje.**
- + En años mueren de inanición.**

4) Tipo de alimento:

Azúcares, pH, proteínas, grasas, etc., pueden tener acción protectora.

5) Congelación y descongelación alternantes.

TEMPERATURAS EMPLEADAS EN EL ALMACENAMIENTO EN FRÍO

Almacenamiento común

- ✚ Próximos a la temperatura ambiente, no suele ser menor a 15 °C.
- ✚ La deterioración de los vegetales por enzimas y microorganismos no se evita pero se verifica más lentamente que a temperatura ambiente.

Refrigeración

- ✚ Se utiliza como *método de conservación temporal*, hasta que se aplique al alimento otro tratamiento de conservación.
- ✚ Los cambios enzimáticos y microbianos no se evitan pero se retardan considerablemente.

Los factores que influyen son:

Temperatura:

- ✓ Cuanto más baja más costosa.
 - ✓ La temperatura de refrigeración es función del alimento.
- ✚ Se recomienda **temperaturas menores a 6 °C** para evitar psicrófilos y patógenos (*Staphylococcus aureus* crece a 8 °C).

Humedad Relativa:

Una humedad relativa muy baja determina pérdida de agua (marchitez, ablandamiento o encogimiento).

Humedades relativas óptimas y temperaturas de refrigeración requeridas por algunos alimentos.

Alimentos	Temperatura °C	HR %
Damascos	- 0,5 a 0	85 - 90
Bananas	12 a 15,5	85 - 90
Chauchas, pimientos	7,2	85 - 90
Repollo, lechuga, zanahoria	0	90 - 95
Limonas	13 a 14,5	85 - 90
Melones	4,5 a 10	80 - 85
Nueces	0 a 2	65 - 70
Cebollas	0	70 - 75
Tomates (maduros)	4,5 a 10	85 - 90

Ventilación:

La ventilación de la cámara de almacenamiento es importante para:



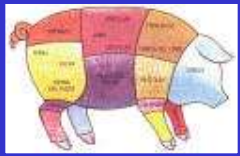


- Mantener una humedad relativa uniforme
- Eliminar los olores
- Evitar la aparición de olor y sabor desagradables.

Si no se proporciona ventilación adecuada, el alimento almacenado en zonas de humedad alta puede sufrir descomposición microbiana.

Composición de la atmósfera de almacenamiento:

La cantidad y proporción de los gases de la atmósfera del almacenamiento, influyen en la conservación de los alimentos refrigerados.

Condiciones recomendadas para un almacenamiento en refrigeración

	Temp. (°C)	HR (%)	Vida útil
	Carne de vaca -2 a 1,1	88-92	1 a 6 semanas
	Naranjas -1,1 a 1,1	85-90	8 a 10 semanas
	Carne de cerdo -2 a 1,1	85-90	5 a 12 días
	Aves -2 a 0	85-90	1 semana
	Pescado fresco 0,5 a 4,4	90-95	5 a 20 días

Congelación

Preparación de los alimentos a congelar:

- ✚ **Selección:** es importante porque la congelación no mejora las características organolépticas del alimento, sólo las conserva
- ✚ **Lavado, triturado y/o cortado**
- ✚ **Escaldado:** para inactivar enzimas (principalmente)
- ✚ **Empaquetado:** previo a la congelación.



Métodos de congelación

Velocidad de congelación	Veloc. de descenso de la temp. del producto	Instalaciones
Lenta	$\leq 2 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$	Congelador doméstico (aire inmóvil a $-18 \text{ }^{\circ}\text{C}$)
Rápida	10 a $100 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$	Túneles de aire frío (aire a $-40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ circulando a $20 \text{ km}/\text{h}$)
Ultra rápida	Mayor a $100 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$	Baño de isopentano líquido enfriado por nitrógeno líquido.

Ventajas de la congelación rápida:

- ✚ Formación de cristales de hielo más pequeños y por lo tanto menor daño celular.
- ✚ El tiempo de solidificación es mucho menor y por tanto menor difusión de los materiales solubles.
- ✚ Se previene antes el crecimiento bacteriano.
- ✚ Más rápido retardamiento enzimático.

Cambios durante la preparación previa a la congelación

Frutas y hortalizas:

- ✚ La maduración continúa una vez recolectadas, sigue la respiración con absorción de O_2 y desprendimiento de CO_2 .
- ✚ La oxidación química y las reacciones enzimáticas producen cambios de sabor y aroma.
- ✚ Los hongos y bacterias producen putrefacciones, cambios de viscosidad, aparición de sabores y olores diferentes.

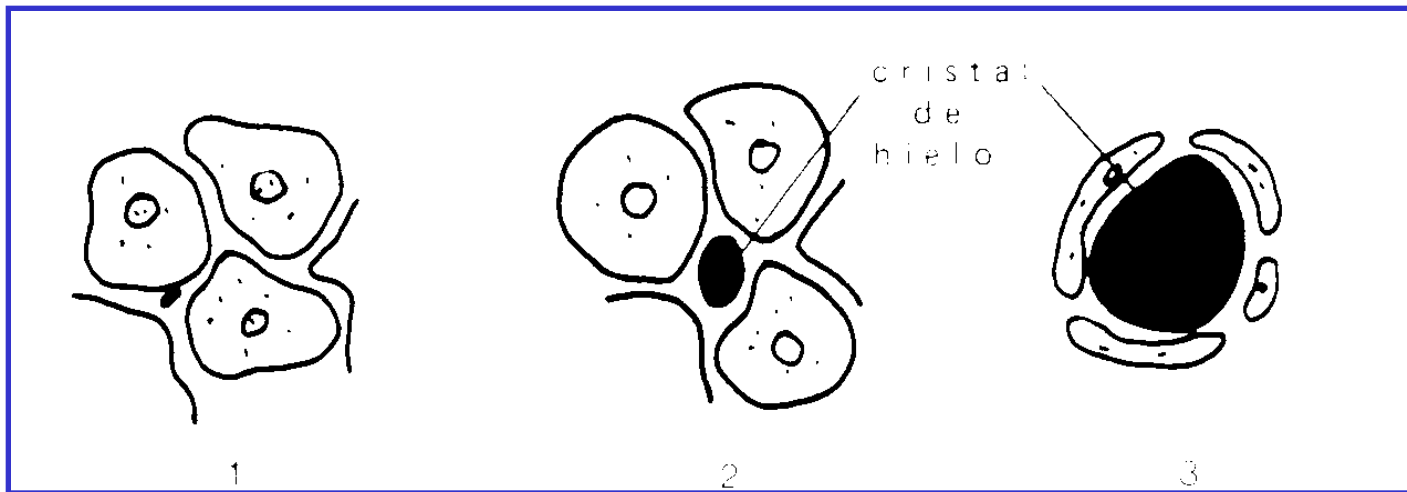
Carnes:

- ✚ Después del sacrificio del animal se inicia la transformación de glucógeno en ácido láctico de manera irreversible.
- ✚ Los pigmentos cambian de color por reacciones redox, las grasas se oxidan, las enzimas hidrolíticas degradan a los tejidos reblandeciéndolos.
- ✚ Los mohos y bacterias producen también cambios perjudiciales en su sabor y consistencia.

Cambios durante la congelación

- ✚ El volumen del alimento congelado aumenta y se forman cristales de hielo durante el enfriamiento.
- ✚ En la congelación lenta los cristales son de > tamaño, acumulándose en las células, en cambio en la congelación rápida son de menor tamaño.
- ✚ Las células pierden agua por la formación de hielo con lo que aumenta la concentración de los solutos no congelados disminuyendo continuamente el punto de congelación hasta un equilibrio.
- ✚ Esto produce una aceleración de la precipitación y desnaturalización de las proteínas ocasionando cambios irreversibles en los sistemas coloidales.

Desarrollo progresivo de cristales de hielo en los tejidos durante la congelación lenta.



Cambios durante el almacenamiento

- + Las reacciones químicas y enzimáticas continúan muy lentamente.
- + Las proteínas de las carnes sufren una deshidratación irreversible.
- + La mioglobina se oxida a metamioglobina (pardo)
- + Las grasas pueden oxidarse e hidrolizarse.
- + Los alimentos pueden desecarse superficialmente, cuando se subliman los cristales de hielo distribuidos en su parte exterior; produciendo las llamadas *quemaduras de hielo*. (Frutos, hortalizas y carnes).

Duración máxima de almacenamiento de diversos alimentos a distintas temperaturas

Alimento	- 30 °C	-18 °C	-12 °C	-7 °C
	Meses			
Jugo de naranja	-	10	4	-
Frutillas (con azúcar)	-	12	2,4	0,3
Arvejas	24	10	3	1
Espinacas	24	10	<3	0,7
Pollo eviscerado	-	7	3	-
Pollo asado	14	3	<1	<0,6
Carne de vaca	24	13	5	<2
Carne de cerdo	15	8	<4	<1,5
Pescado magro	8	3 a 5	<2	<1,5
Pescado graso	5	2	<1,5	0,8

Cambios durante la descongelación

- ✚ Son el resultado de la congelación y almacenamiento.
- ✚ Durante la descongelación se acelera la acción enzimática; y si esta es muy lenta, se puede producir desarrollo microbiano.
- ✚ Las carnes al descongelarse producen un *exudado o sangría* (pérdida de líquido).
- ✚ En las frutas se produce un *reblandecimiento* al descongelarse, debido a las alteraciones físicas producidas durante la congelación.

PROCEDIMIENTOS DE CONGELACIÓN

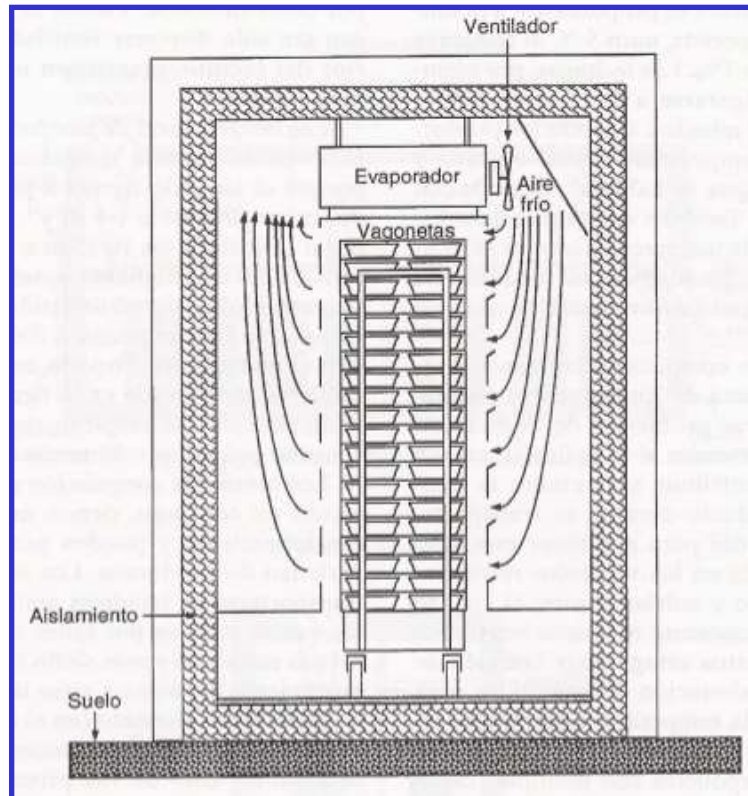
✚ **Cámara de congelación:** el alimento se coloca en aire inmóvil a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ó $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Desventajas

- Bajo coeficiente de transmisión de calor
- Desección en la superficie de los alimentos no envasados
- La humedad que se extrae de los alimentos puede condensarse y formar escarcha en el evaporador disminuyendo la eficacia del enfriamiento del aire.

Ventajas

- Compatible con todos los alimentos (envasados o no)
- Enfría muchos alimentos simultáneamente independientemente de su forma o dimensiones.

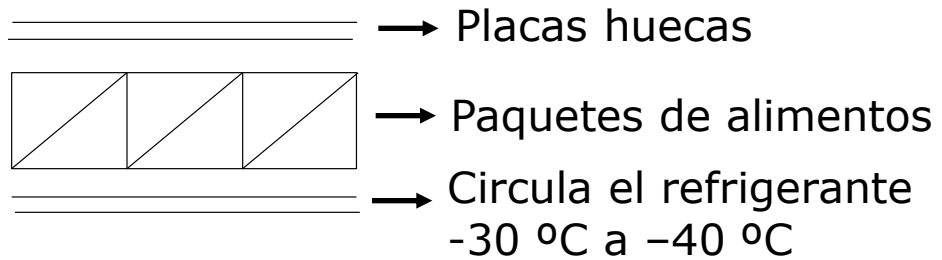


✚ **Túneles de congelación:** el producto se coloca en túneles donde avanza sobre una cinta transportadora o sobre carros, en contracorriente con el aire que circula con velocidades de hasta 50 km/h y a temperaturas de -20 a -45 °C.



✚ **Congelación por contacto indirecto:** el producto embalado o no, se congela por contacto con una superficie metálica mantenida fría por circulación de un fluido refrigerante.

✚ **Congelador de placas:** el producto a congelar se comprime entre dos placas de metal, dispuestas horizontal o verticalmente. Los aparatos pueden ser de funcionamiento continuo y automático. Se utilizan especialmente para la congelación de carnes y pescados.



Congelador de placas

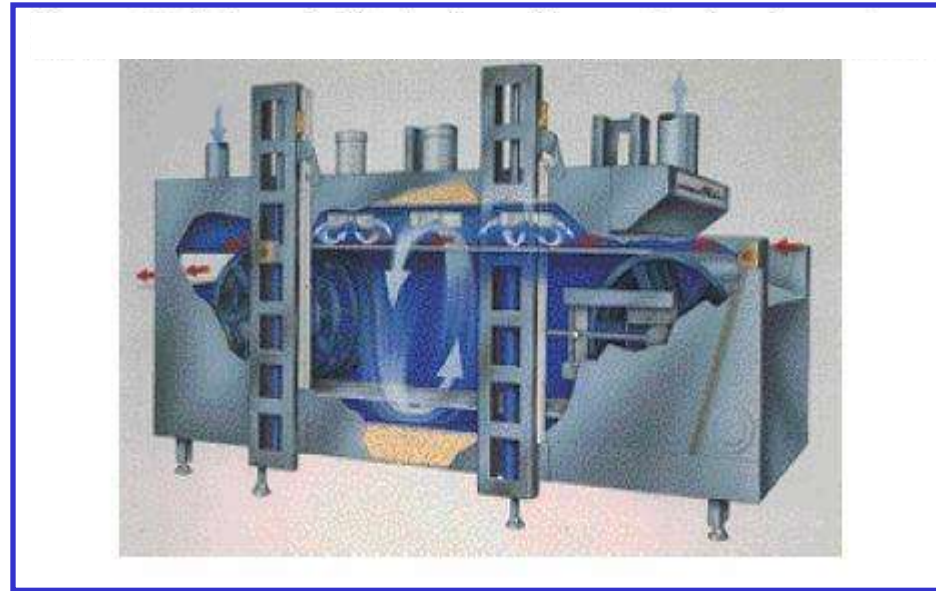
✚ **Congelador de tambor:** se utiliza cuando el alimento es líquido o semi-pastoso. La congelación se realiza rápidamente con una capa fina del producto que se esparce sobre un tambor que gira sobre un eje horizontal, dentro del cual circula el fluido refrigerante.

✚ **Congelador de lecho fluidizado - Individual Quick Freezing (IQF):** se utiliza en alimentos constituidos por partículas relativamente pequeñas, tipo arvejas, frutillas, filetes de pescado, etc.

El producto se coloca en capas de 15 cm de espesor y se hace pasar aire frío de abajo hacia arriba a una velocidad $>$ a 6 km/h de forma que el mismo se levante y se agite (fluidizado).



- **Congelación por contacto directo con un fluido refrigerante**
 - a) Con soluciones de bajo punto de congelación: el alimento se congela en un baño líquido frío, que está refrigerado por contacto indirecto con un fluido refrigerante, tal como amoníaco o freón. Para pescado se utiliza salmuera de 23 % de cloruro de sodio: Para frutas se emplea propilenglicol o glicerol.
 - b) El alimento se congela por contacto directo con un líquido cuya evaporación asegura la acción refrigerante. (CO_2 , N_2 , Freon 12, N_2O)



Congelación por contacto directo con un gas refrigerado