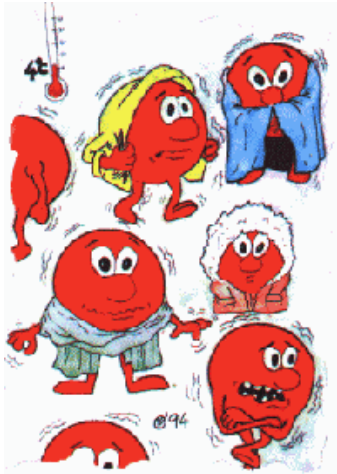


APLICACIÓN DEL FRIO A LA CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS



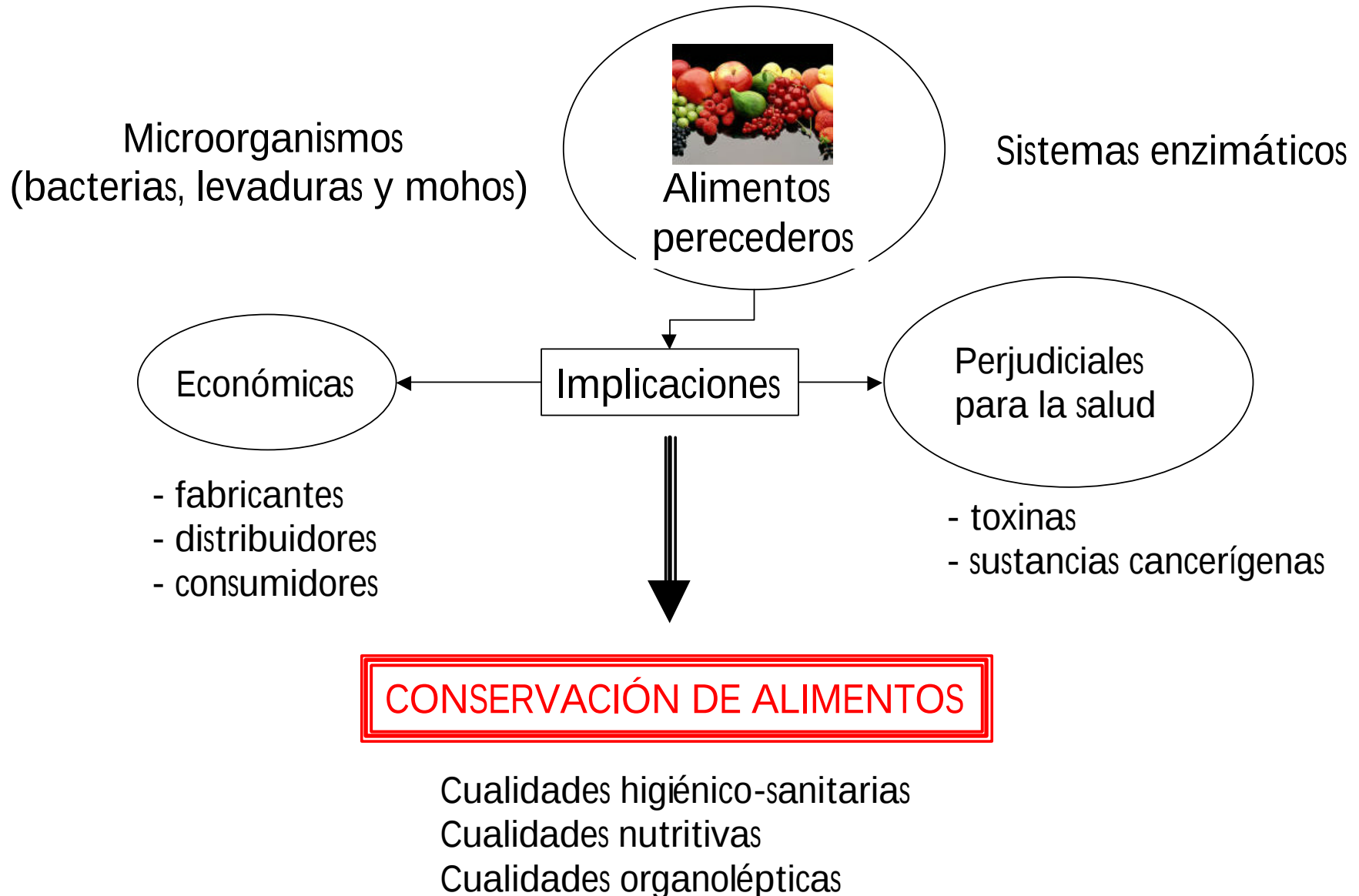
REFRIGERACIÓN

CONGELACIÓN



Operaciones y procesos de la Tecnología de Alimentos
Curso 2005-2006

Aplicación del frío en la conservación de alimentos





Primeros intentos

||| Secado

||| Salado

||| Transformación (leche-queso)



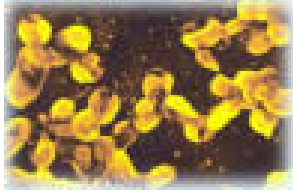
Técnicas de conservación actuales

- Dsecación
- Deshidratación
- Tratamientos térmicos
- Liofilización
- Irradiación
- Adición de agentes externos (antimicrobianos)
- Aplicación de bajas temperaturas

refrigeración y congelación



Actividad conservadora del frío



Inhibición total o parcial

crecimiento o actividad de
microorganismos alterantes

actividades metabólicas de tejidos,
enzimas y reacciones químicas

Aplicación del frío → condiciones desfavorables para la actividad vital

Aplicación del frío ↔ Operación unitaria

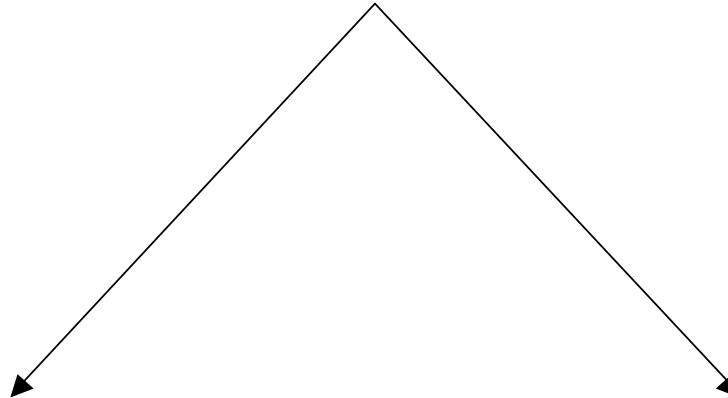
Transmisión de calor

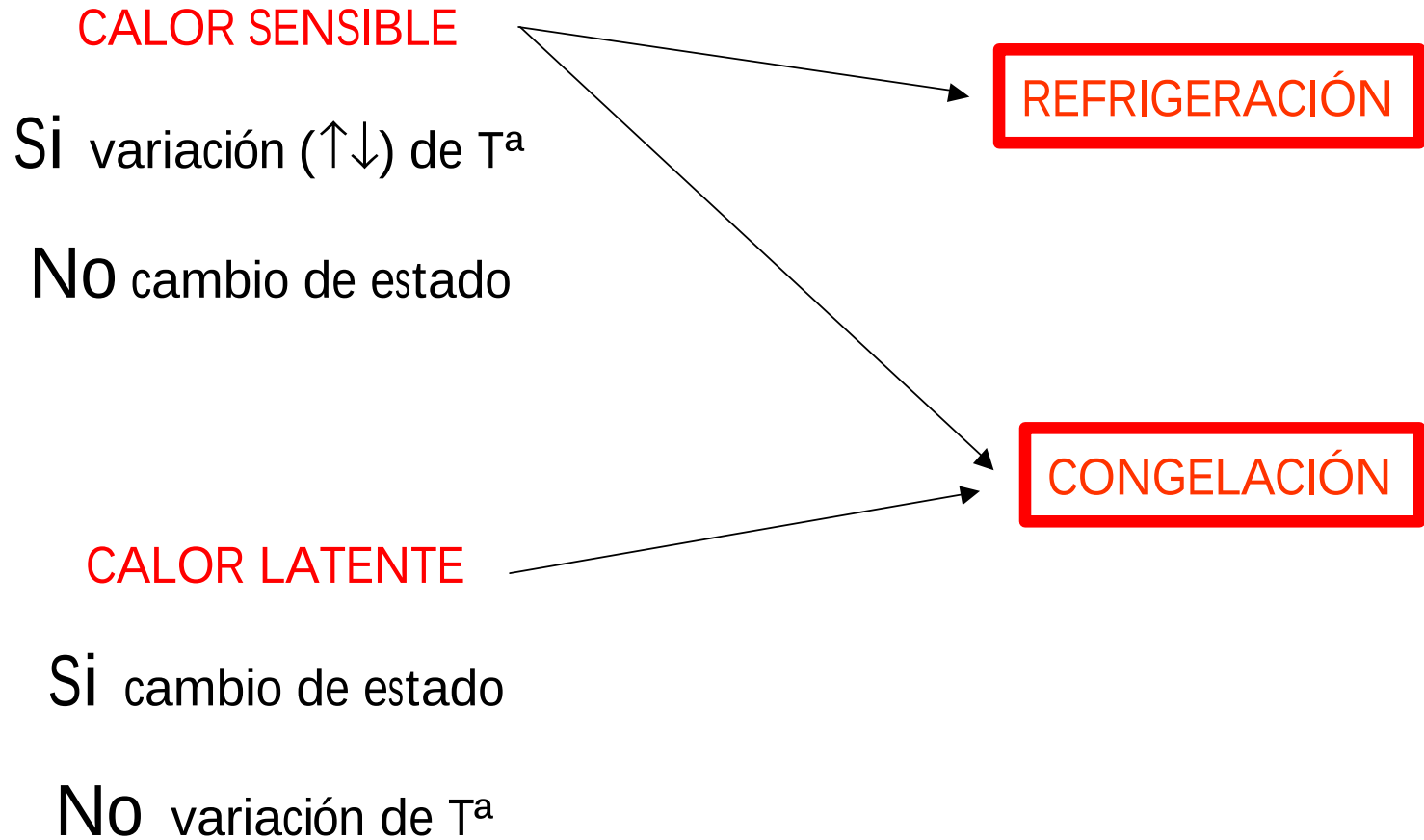
Foco caliente : alimento $\xrightarrow{Q}$ Foco frío: exterior

Aplicación del frío en la conservación de alimentos

REFRIGERACIÓN

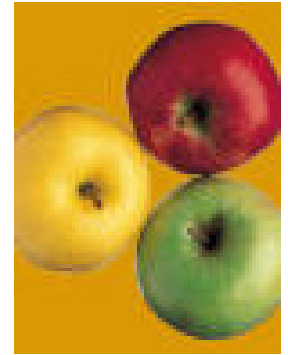
CONGELACIÓN

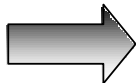




REFRIGERACIÓN

- temperatura del producto se mantiene baja ($>0^{\circ}\text{C}$)
- desarrollo de microorganismos disminuye o no se produce
gérmenes vivos y se multiplicaran cuando $\uparrow T^a$
- aumento de la vida útil de los alimentos frescos o elaborados
- conserva el alimento sólo a corto plazo
humedad $\rightarrow$ hongos y bacterias
- mínima repercusión en las características nutritivas y organolépticas del alimento



Alimentos refrigerados  frescos y saludables



1. Efecto de la refrigeración sobre los microorganismos



TEMPERATURA

factor limitante del crecimiento microbiano

MICROORGANISMO

T^a óptima

crecimiento rápido

Intervalo de T^a
de crecimiento

T^a mínima

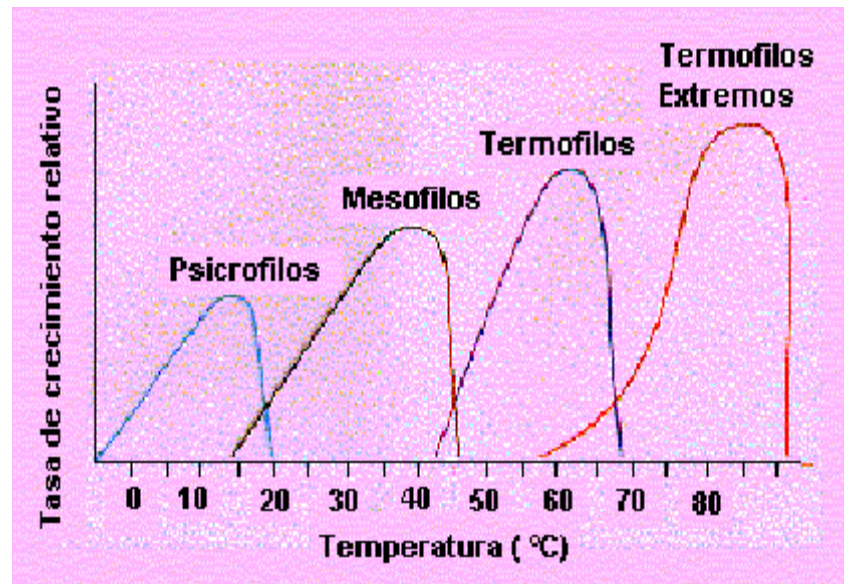
no crecimiento

T^a óptima de crecimiento

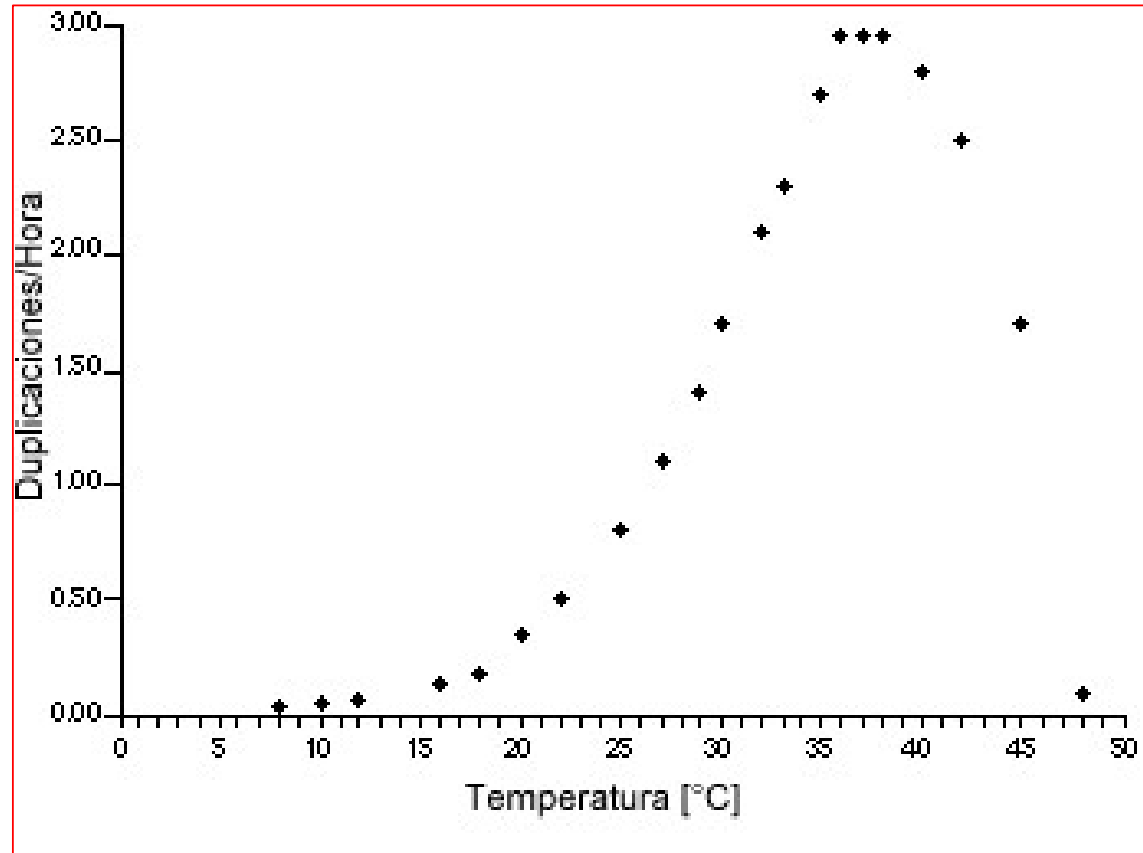
Termófilos (35-50°C)

Mesófilos (10-40°C)

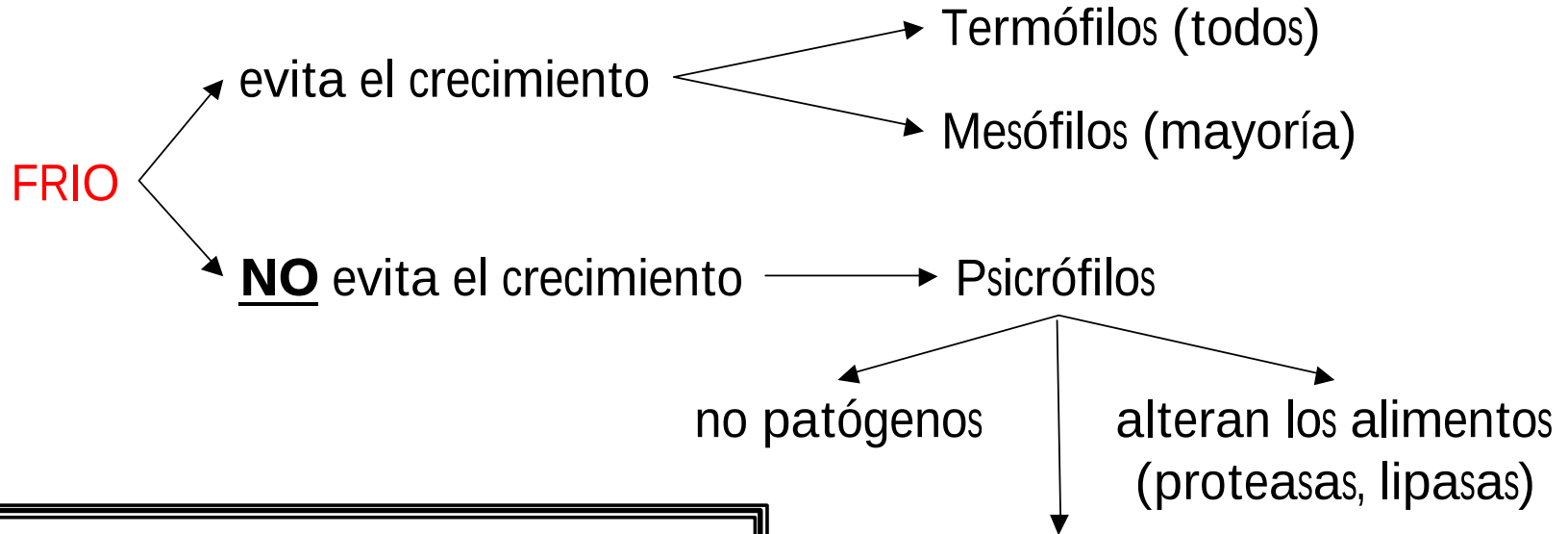
Psicrófilos (-5-15°C)



Conservación en refrigeración $\longrightarrow$ descenso de $T^a < T^a$ mínima de crecimiento

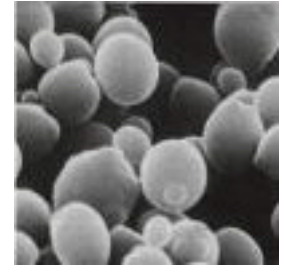


aumento del tiempo de duplicación $\longrightarrow$ retraso de la proliferación



Problema
no patógenos
Listeria Monocytogenes
Clostridium botulinum
capaces de multiplicarse (tiempo ↑↑)

Pseudomonas
Mohos
Levaduras



Desde el punto de vista microbiológico la temperatura óptima de refrigeración es la más cercana a 0°C.

2. Efecto sobre las reacciones químicas y enzimáticas



degradación
de alimentos

**REACCIÓN
QUÍMICA**

actividad
microbiana
actividad
enzimática

degradación de la materia orgánica

LÍPIDOS

PROTEÍNAS

AZÚCARES

COMPUESTOS

Modificación de las
características organolépticas

Alteración del alimento
(nocivo para la salud)

Aplicación del frío → técnica de conservación →

ralentizar
vías metabólicas

Velocidad de las reacciones químicas y enzimáticas

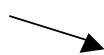


temperatura

ley de Arrhenius

$$k = k_0 e^{E_a/RT}$$

Refrigeración



frena las transformaciones enzimáticas y químicas
(oxidación, fermentación, desnaturalización de proteínas)

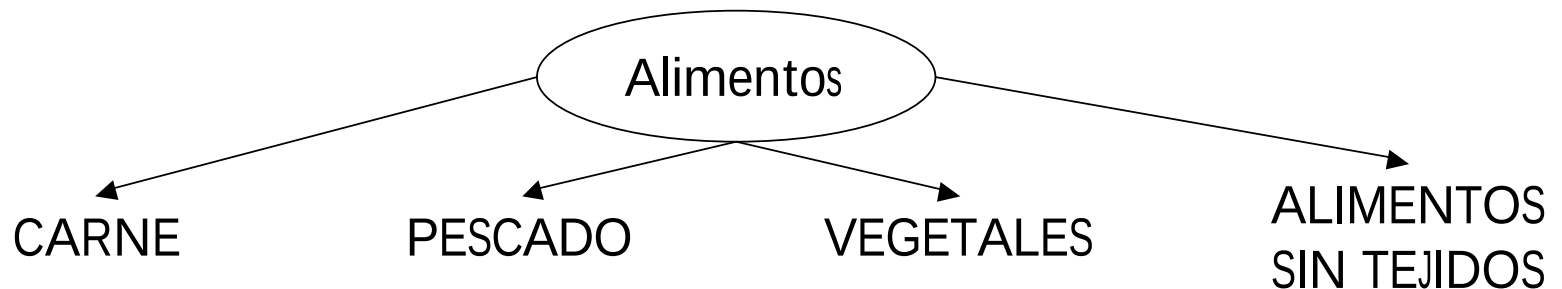


permite controlar la pérdida de calidad de los alimentos

Efecto de la T^a en la velocidad de las reacciones químicas

$$\text{Coeficiente de } T^a = Q_{10} = \frac{\text{velocidad de la rq a } T^a}{\text{velocidad de la rq a } T^a - 10^\circ\text{C}} = 2, 3$$

3. Efecto de la refrigeración en función de las características del alimento



CARNE



Enfriamiento rápido después del sacrificio
(antes de *rigor mortis*)



ACORTAMIENTO POR FRÍO

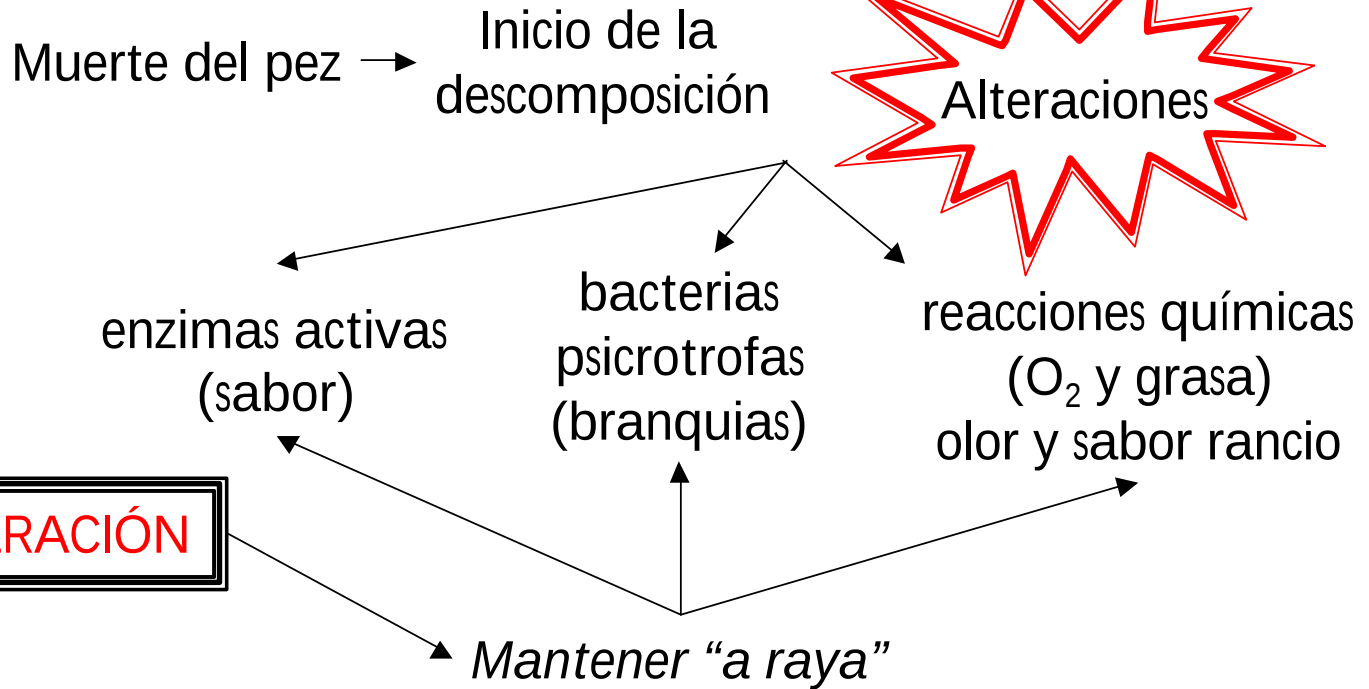
endurecimiento

menor capacidad de retención de agua



conversión de los músculos blandos y extensibles en
estructuras inextensibles y relativamente rígidas

PESCADO



- menos eficaz (metabolismo acostumbrado)
- mas eficaz combinada con:
 - buena manipulación antes de enfriamiento para evitar dañarlo o hacer grietas o cortes por donde se altere mas rápidamente
 - buena limpieza y desviscerado para eliminar el mayor número de bacterias

VEGETALES

Recolección de frutas y hortalizas

“respiran”

Carbohidratos
Ácidos orgánicos



CO₂,
Agua
Calor
Comp. volátiles



Refrigeración ↓

respiración
pérdidas de peso por transpiración
arrugamiento y grietas
producción de etileno
manchas, sabores amargos
desarrollo de microorganismos

Velocidad de respiración

velocidades altas

velocidades bajas



perecederos



T^a de refrigeración adecuada

permite la respiración (lentamente)
impide reacciones que conducen a la alteración (daños por frío)

ALIMENTOS SIN TEJIDOS



Se consideran fisiológicamente inactivos



Mantienen más tiempo sus atributos de calidad



Refrigerados a T^a próximas a su congelación

Pan



el frío acelera su endurecimiento



retrogradación del almidón
(cristalización de la aminopeptina).



4. Factores que afectan a la vida útil de un alimento refrigerado

1. Tipo de alimento
2. Condiciones de refrigeración después de la cosecha o sacrificio, transporte almacenamiento, venta y distribución
3. Higiene del alimento
4. Procesado del alimento (intensidad y tipo de proceso)
5. Permeabilidad del envase

Vida útil de alimentos a diferentes temperaturas (días)

	0°C	22°C	38°C
Carne	6-10	1	<1
Pescado	2-7	1	<1
Frutas	2-180	1-20	1-7
Semillas secas	>1000	>350	>100
Frutos secas	>1000	>350	>100
Vegetales frescos	3-20	1-7	1-3

5. Factores que afectan a la calidad del alimento durante el almacenamiento en refrigeración

Suposición

La materia prima es de buena calidad

Se ha aplicado tras la recolección o procesado

La reducción de la T^a ha sido rápida

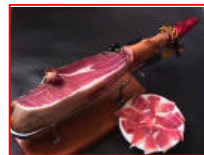
Factores que hay que controlar:

A. Temperatura

- Estable durante todo el almacenamiento, transporte, comercialización y hogar
- Oscilación de temperatura $\pm 1^{\circ}\text{C}$

B. Humedad relativa

- HR $\uparrow$ condensación de agua en superficie: crecimiento de microorganismos
- HR $\downarrow$ deshidratación
- Normal entre el 80-95%



65-70%



50-60%

C. Circulación del aire

- circular adecuadamente
- mantener composición
 - aire $\uparrow$ deshidratación del alimento
- purificación de aire: evita mezcla de aromas



û



û



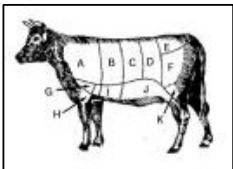
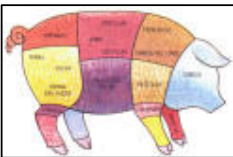
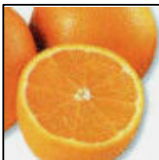
D. Luz

- oscuridad
- UV evita mohos y bacterias pero favorece oxidación (sabor y olor extraño)

E. Composición de la atmósfera

- gases de la atmósfera en refrigeración controlados mejoran efecto conservador

Condiciones recomendadas para un almacenamiento en refrigeración

		T ^a (°C)	HR (%)	Vida útil
	Carne de vaca	-2-1.1	88-92	1-6 semanas
	Carne de cerdo	-2-1.1	85-90	5-12 días
	Aves	-2-0	85-90	1 semana
	Pescado fresco	0.5-4.4	90-95	5-20 días
	Naranjas	-1.1-1.1	85-90	8-10 semanas

6. Tiempos de enfriamiento

Proceso de enfriamiento

variación de energía

$$dQ = M C_p dT$$

M = masa

C_p = calor específico

dT = variación de T^a del alimento

$$M C_p dT = A U (T_{med} - T) dt$$

calor cedido por el alimento al enfriarse

$$dQ = A U (T_{med} - T) dt$$

dQ = calor cedido por el alimento

A = área de transferencia

U = coeficiente de transmisión de calor

T_{med} = T^a del medio enfriador

T = T^a del producto

dt = tiempo transcurrido en el proceso

$$t = \frac{M C_p}{A U} \ln \frac{(T_{med} - T_i)}{(T_{med} - T_f)}$$

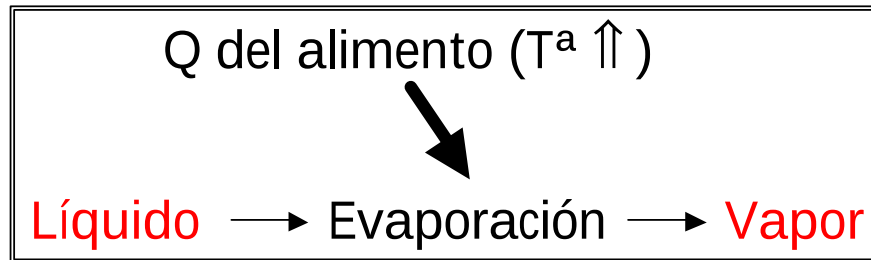
1. tipo de alimento

forma, tamaño, composición,
Estructura, U, C_p...

2. sistemas de enfriamiento

7. Sistemas de eliminación de calor o sistemas de enfriamiento

Sistemas basados en la evaporación de un líquido, en circuito cerrado, cuya temperatura de ebullición es inferior a la que deseamos conseguir



Sistemas de producción de frío o de eliminación de calor

- Sistemas mecánicos
- Sistemas criogénicos

7. 1. *Sistemas mecánicos*

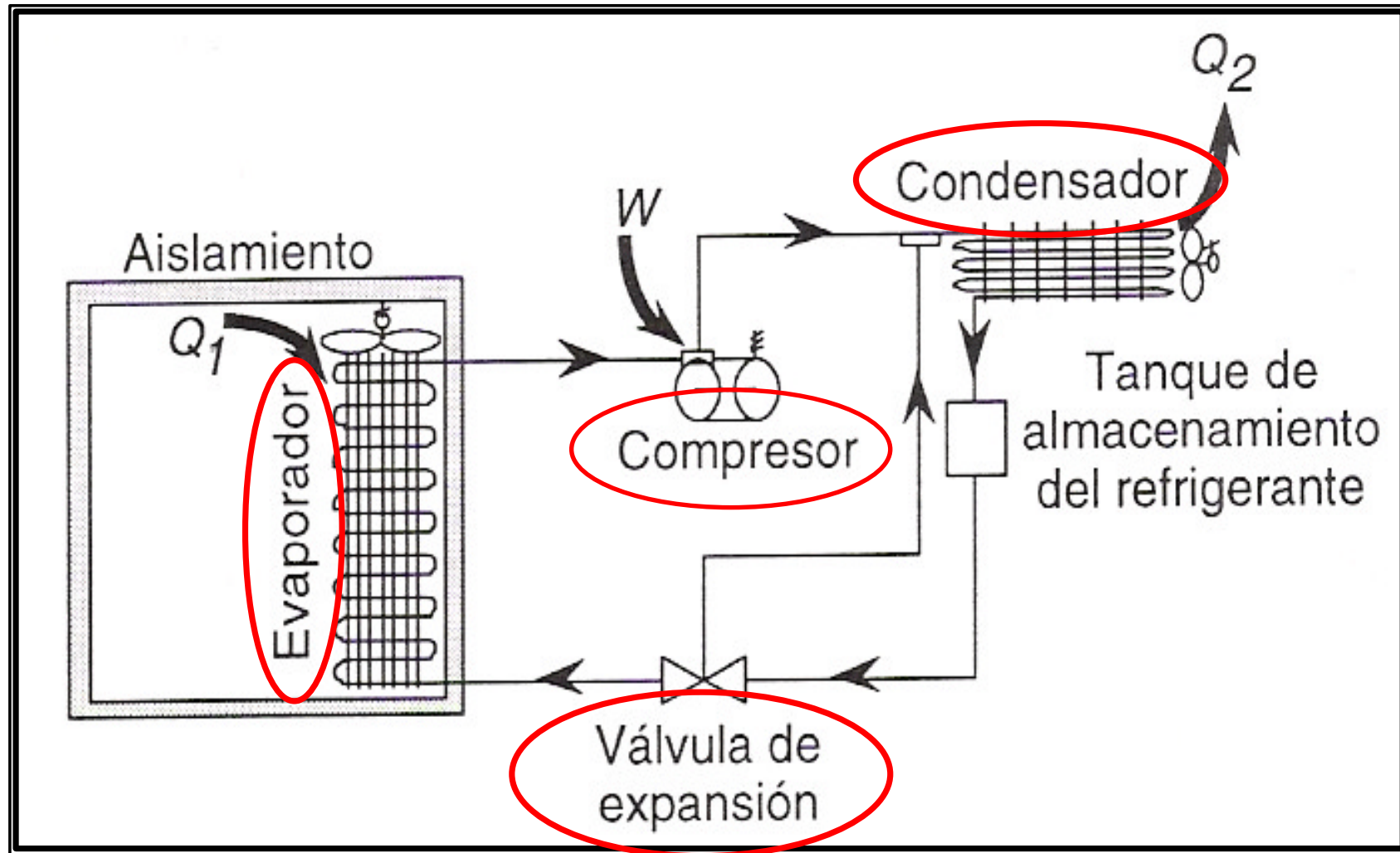
- Sistemas cerrados que actúan como una bomba que extrae el calor del alimento o de un recinto que se pretende enfriar y lo transfiere a otra zona donde se disipa.
- Se emplean fluidos refrigerantes que recirculan a través del sistema en un circuito cerrado transformándose sucesivamente de líquido a vapor y de vapor a líquido.

hidrocarburos halogenados (freones) y amoníaco

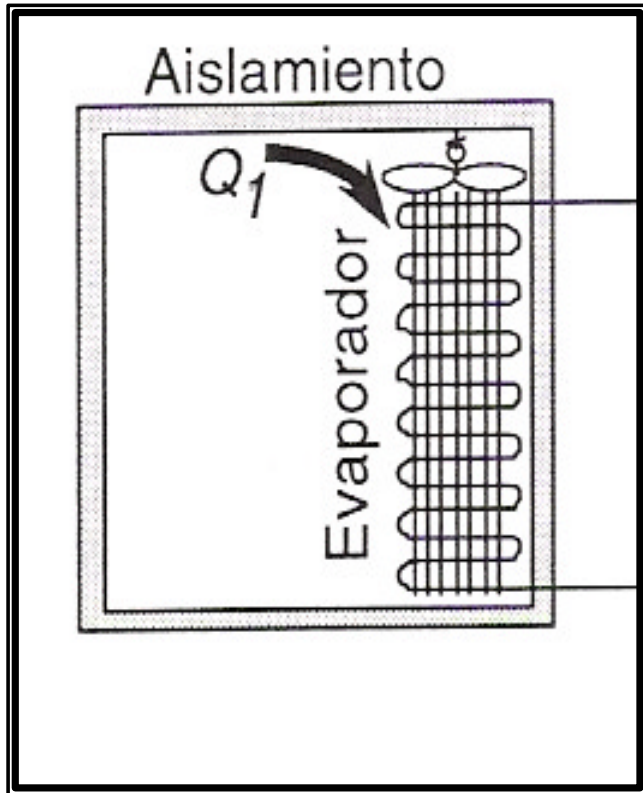
Propiedades

- bajo punto de ebullición (inferior a 0°C)
- elevado calor latente de vaporización
- baja toxicidad
- no inflamables
- bajo coste

Sistema mecánico de refrigeración

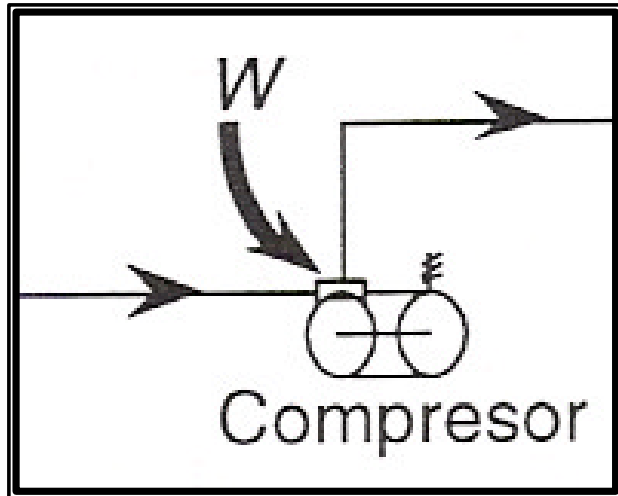


Sistema mecánico de refrigeración



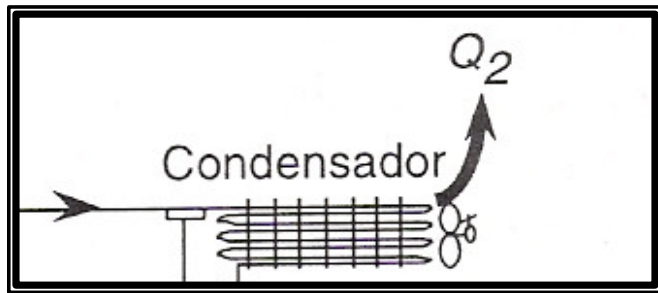
- parte más importante del sistema de refrigeración
- intercambiador de calor donde el líquido refrigerante (en estado líquido) se evapora tomando calor de un medio más caliente (alimento o medio)
- la misión del resto de los elementos del sistema es recuperar las condiciones iniciales del líquido refrigerante.

Sistema mecánico de refrigeración



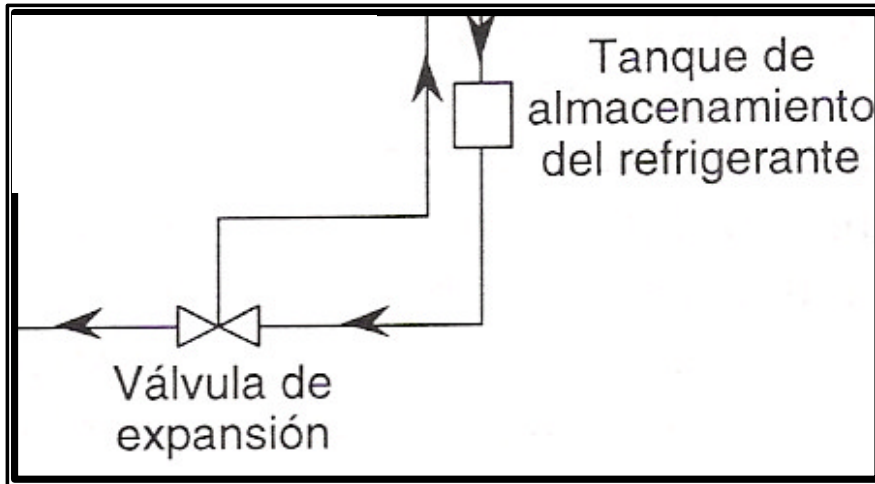
- Líquido refrigerante evaporado pasa al compresor
- aumentando su presión y al mismo tiempo la temperatura

Sistema mecánico de refrigeración



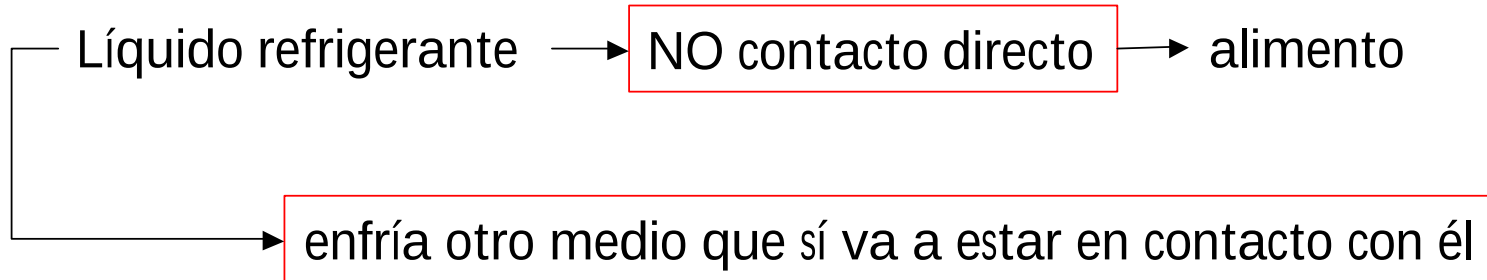
- condensador $P = \text{cte}$ durante la condensación
- se elimina el Q_2 cedido por el alimento al fluido refrigerante para su evaporación y el calor adquirido durante el proceso de compresión
- el líquido refrigerante ahora se encuentra de nuevo en forma líquida

Sistema mecánico de refrigeración

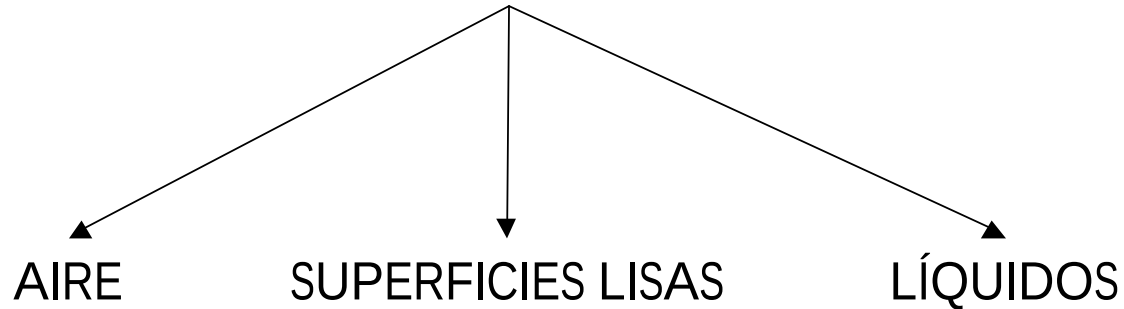


- el refrigerante (en forma líquida) pasa por la válvula de expansión disminuyendo su temperatura
- entra de nuevo en el evaporador donde se vuelve a evaporar
- inicio de nuevo el ciclo

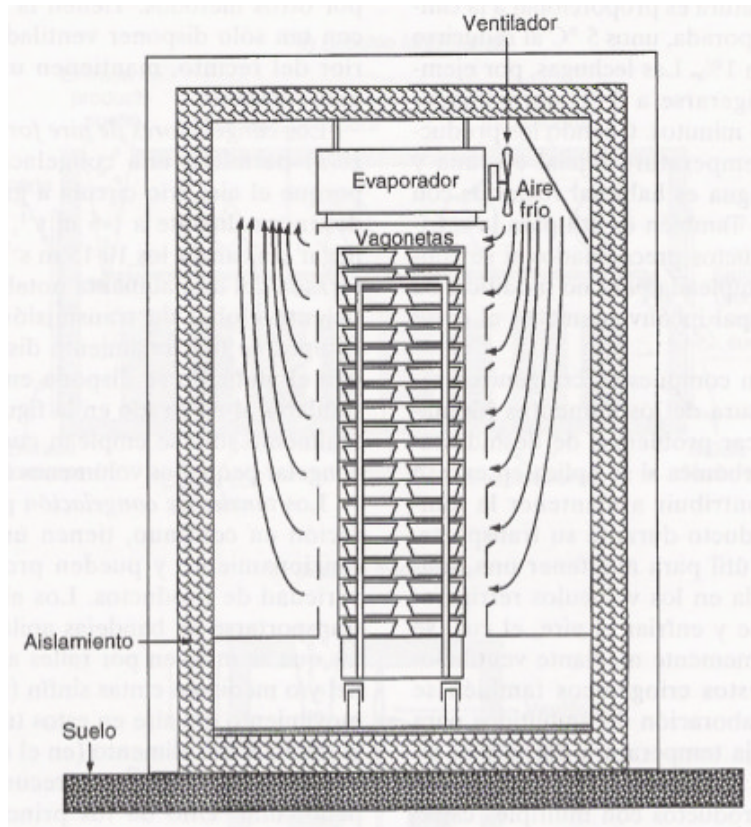
Medios de enfriamiento de sistemas mecánicos



MEDIOS DE ENFRIAMIENTO



Medios de enfriamiento de sistemas mecánicos: **AIRE**



Ventajas

- compatible con todos los alimentos (envasados o no)
- enfría muchos alimentos simultáneamente independientemente de su forma o dimensiones

Inconvenientes

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

Medios de enfriamiento de sistemas mecánicos: **SUPERFICIES LISAS**

- Alimentos se enfrían por contacto con una superficie enfriada por el líquido refrigerante
- Alimentos envasados o no
- Mayor eficacia cuanto mayor contacto alimento-superficie
 - poco útil para alimentos irregulares
 - muy útil para alimentos planos

Medios de enfriamiento de sistemas mecánicos: **LÍQUIDOS**

- Fluidos o refrigerantes distintos del aire pero no criogénicos
agua líquida y hielo, cloruro sódico
- Contactan directamente con el alimento envasado o no
- Frutas verduras y alimentos semilíquidos

7. 2 Sistemas criogénicos

- emplea líquidos criogénicos o gases licuados

Líquidos criogénicos → T_{as} de ebullición muy bajas
calores latentes de vaporización muy altos

CO₂ N₂

- enfriamiento por contacto directo con estos líquidos (toman calor del alimento y se evaporan o subliman enfriándolo)
- coste mas elevado pero compensa por los productos de alta calidad

8. Envasado en atmósferas modificadas

Técnicas de envasado de frutas y hortalizas

→ alargan la vida útil sin detrimento de sus cualidades organolépticas



|| Envasado en atmósferas controladas (EAC)

|| Envasado en atmósferas modificadas (EAM)



- Cambio de la atmósfera que rodea a los alimentos por aire con una composición distinta a la del aire normal
- Se reduce el contenido de oxígeno y se aumenta el contenido de CO₂.

EAC

En EAC la composición de la atmósfera durante el almacenamiento del producto se controla mediante la elección adecuada de las propiedades de permeabilidad del material usado para envasar

Ventajas

- Ralentiza las reacciones bioquímicas (respiración más lenta)
- Reducción de las mermas por peso
- Reducción de fisiopatías
- Mayor resistencia del producto después de la conservación
- Permite el empleo de temperaturas elevadas
- Efecto fungicida debido a la elevada concentración de CO₂.

Inconvenientes

- Coste inicial elevado de la instalación
- Mantener la adecuada composición de la atmósfera
- Necesidad de un instrumental tecnológico elevado para su control
- Incompatibilidades entre variedades a consecuencia de las diferentes condiciones de conservación.

EAM

En EAM la atmósfera se cambia en el punto de envasado y ya no se realizan otros intentos para controlar su composición

- se basa en el empleo de nitrógeno sólo o mezclado con dióxido de carbono, y en la reducción del contenido en oxígeno hasta niveles normalmente inferiores al 1%.
- se consigue realizando vacío y posterior reinyección de la mezcla adecuada de gases, de tal manera que la atmósfera que se consigue en el envase va variando con el paso del tiempo en función de las necesidades y respuesta del producto

