

PREENFRIADO Y CONSERVACION FRIGORIFICA MANEJO DE GASES



PREENFRIADO Y CONSERVACION FRIGORIFICA. MANEJO DE GASES

- Preenfriado
- Conservación en frío
- Atmósferas controladas
- Atmósferas modificadas



M^a Dolores Ortolá Ortolá

¿porqué bajar la temperatura?

Influencia de la temperatura sobre:

Respiración

$$Q_{10} = 2 - 2,5 \quad (\text{hasta } 25\text{-}30^{\circ}\text{C})$$

Falta de control:

- Pérdida de energía (vida útil)
- Reducción valor nutricional
- Pérdida de peso
- Anaerobiosis

*NECESIDAD DE ALMACENAR A BAJAS TEMPERATURAS
PRODUCTOS CON ALTAS TASAS RESPIRATORIAS Y
NECESIDAD DE ENFRIARLAS LO MAS RAPIDAMENTE POSIBLE*



PREENFRIADO Y CONSERVACION FRIGORIFICA MANEJO DE GASES

Pérdida de agua

cutícula rota

Estoma o lenticela

cutícula


herida

Espacio de aire intercelular saturado de vapor de agua


- temperatura
- humedad
- presión
- luz
- movimiento de aire

$$\text{perdida de agua} = \frac{\Delta \text{ presión de vapor de agua}}{\text{resistencia}}$$

- recubrimiento
- tricomas
- composición y estructura del producto
- relación área superficial/volumen



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Crecimiento microbiano


hongos

bacterias


tasa crecimiento relativo

temperatura (°C)

temperatura (°C)	hongos (tasa crecimiento relativo)	bacterias (tasa crecimiento relativo)
0	0.0	0.0
5	0.2	0.0
10	0.5	0.0
15	0.8	0.1
20	1.1	0.3
25	0.8	0.6
30	0.2	0.9
35	0.0	1.1
40	0.0	1.0
45	0.0	0.2
50	0.0	0.0
60	0.0	0.0



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



PREENFRIADO Y CONSERVACION FRIGORIFICA MANEJO DE GASES

etileno

Producto	Producción etileno	Sensibilidad etileno
brócoli	MB	A
Col bruselas	MB	A
Espárrago	MB	M
Limón	MB	M
Naranja	MB	M
Kiwi	B	A
Pepino	B	A
Ciruela	M	A
Melon	M	A
Albaricoque	A	A
Aguacate	A	A

MB: muy baja B: baja M: media A: alta

| La producción y sensibilidad al etileno se acentúa con el aumento de temperatura |



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



daños mecánicos

- pérdida de agua a través de heridas
- acceso de patógenos
- acelera la respiración
- acelera la producción de etileno



**Maduración
más rápida y menor
vida útil**

Origen de daños:

1. Compresión: transporte y almacenamiento a granel, ...
2. Impacto: cintas transportadoras, sistemas de clasificación, ...
3. Vibración: transporte, ...

Nivel del daño depende:

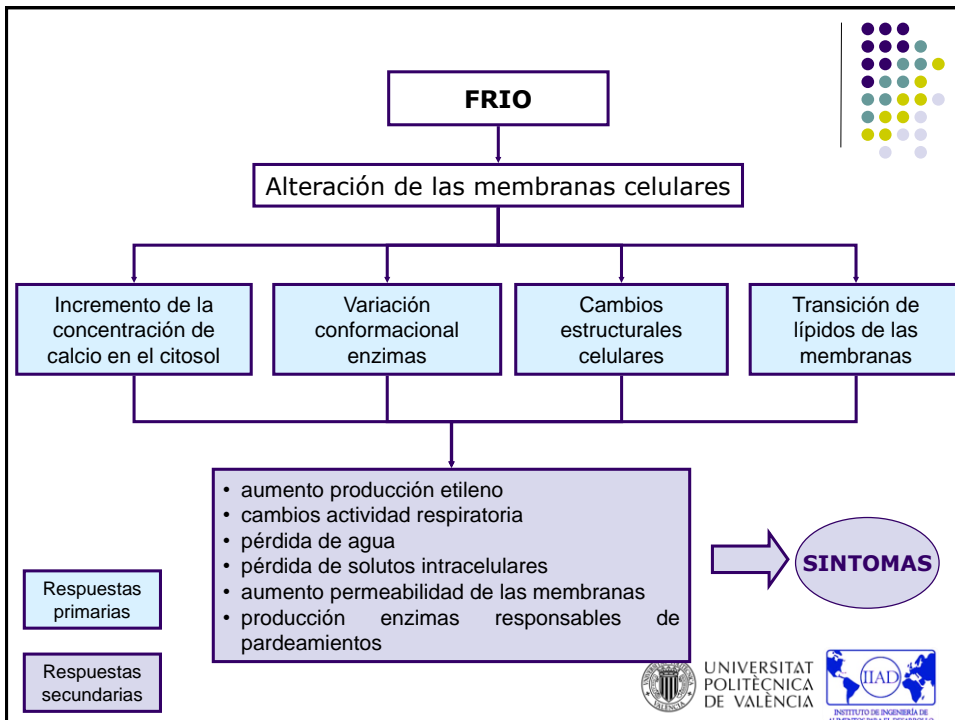
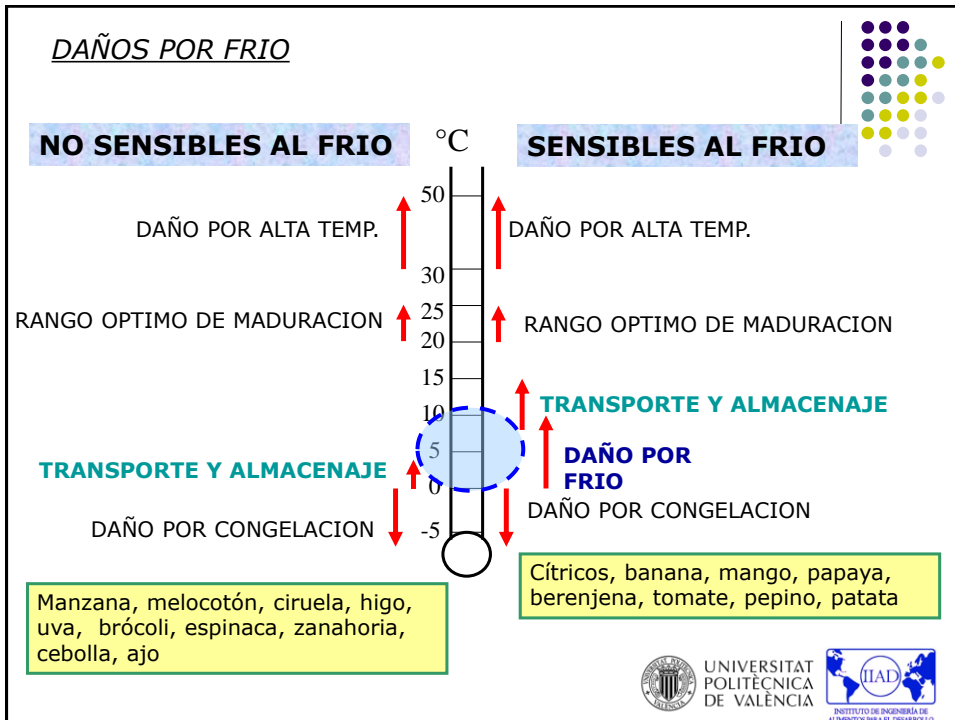
- a. Cultivar, características de la piel
- b. Grado de hidratación celular
- c. Estado de madurez
- d. Tamaño y peso
- e. **TEMPERATURA**: si se reduce la temperatura son menos resistentes a compresión e impacto y más resistentes a vibración



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



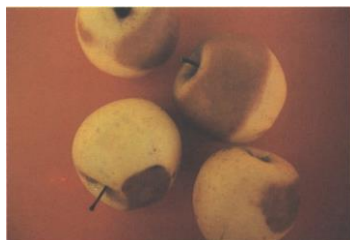
PREENFRIADO Y CONSERVACION FRIGORIFICA MANEJO DE GASES



PREENFRIADO Y CONSERVACION FRIGORIFICA MANEJO DE GASES

Síntomas de daños por frío:

lesiones superficiales



Escaldado blando en Golden



Picado en naranjas



Escaldado en pimiento



Picado en pomelo



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



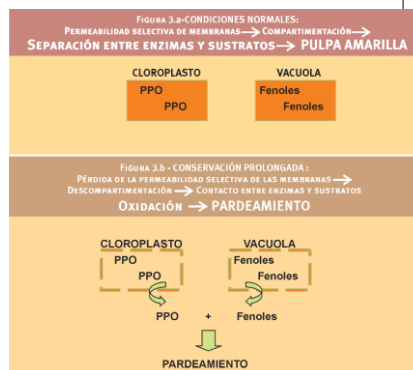
Pardeamientos internos



pera Blanquilla



Pardeamiento en ciruelas



Pardeamiento en piña



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



PRENFRIADO Y CONSERVACION FRIGORIFICA MANEJO DE GASES

Harinosidad

FIGURA 2.A- CONDICIONES NORMALES:
DEGRADACIÓN NORMAL DE PECTINAS → AGUA LIBRE DISPONIBLE →
DESARROLLO DE JUGO

ESPACIOS INTERCELULARES

1. PECTINAS

PME

2. PECTINAS DEMETILADAS DE ALTO PESO MOLECULAR

PG

3. PECTINAS DEMETILADAS Y DEPOLIMERIZADAS

INTERIOR CELULAR

4. AGUA LIBRE EN FORMA DE JUGO

FIGURA 2.B- CONSERVACIÓN PROLONGADA:
DEGRADACIÓN INCOMPLETA DE PECTINAS → RETENCIÓN DEL AGUA LIBRE EN GELES →
HARINOSIDAD

ESPACIOS INTERCELULARES

1. PECTINAS

PME

2. PECTINAS DEMETILADAS DE ALTO PESO MOLECULAR

3. FORMACIÓN DE GELES ENTRE PECTINAS DE ALTO PESO MOLECULAR Y EL AGUA LIBRE.

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

IIAD INSTITUTO DE INGENIERIA DE ALIMENTOS PARA EL ORGANISMO

Otros síntomas de daños por frío:

- aceleración senescencia: pérdida clorofila, ablandamiento, pérdida de peso ...
- incapacidad para madurar
- aumento susceptibilidad podredumbres

PREENFRIADO Y CONSERVACION FRIGORIFICA MANEJO DE GASES

Métodos de prevención de daños por frío

- ❑ Tratamientos químicos
- ❑ Tratamientos con agua caliente
- ❑ Utilización de recubrimientos: céreos o films
- ❑ Atmosferas controladas (AC) o atmosferas modificadas (AM)
- ❑ Preacondicionamiento con CO₂
- ❑ Selección o modificación genética
- ❑ Manejo de la temperatura:
 - almacenamiento a T^a óptima
 - preacondicionamiento: calentamiento previo (12 a 20 °C)
 - curado: 35 – 39 °C
 - calentamientos intermitentes
 - enfriamiento en cascada



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



INSTITUTO DE INGENIERÍA DE
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



INSTITUTO DE INGENIERÍA DE
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

APLICACIONES DE BAJAS TEMPERATURAS EN FRUTAS Y HORTALIZAS FRESCAS

- ➔ sistema de preenfriamiento
- ➔ sistema de conservación
- ➔ tratamientos cuarentenarios
- ➔ transporte

PREENFRIADO Y CONSERVACION FRIGORIFICA MANEJO DE GASES

PREENFRIAMIENTO PRODUCTOS HORTÍCOLAS

Extracción del calor que contienen los productos rápidamente después de la recolección hasta alcanzar temperaturas de conservación adecuadas



ELEVADA ACTIVIDAD FISIOLÓGICA

- Altamente perecederos (días)
- Preenfriamiento necesario



ACTIVIDAD FISIOLÓGICA MODERADA

- Perecederos (semanas)
- Preenfriamiento aconsejable



BAJA ACTIVIDAD FISIOLÓGICA

- Poco perecederos (meses)
- Preenfriamiento no necesario

Velocidad enfriamiento

preenfriamiento:
vacío o hydrocooling
(minutos)

túneles de
preenfriamiento
(horas)

cámaras
conservación (días)



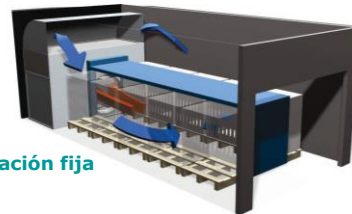
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



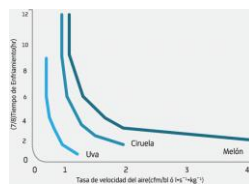
1.- Túneles de preenfriamiento (aire forzado)



Instalación móvil



Instalación fija



PRODUCTO	TEMP ENTRADA DE PRODUCTO		TEMP FINAL PRODUCTO		TIEMPO DE ENFRIAMIENTO (APROX)
	°F	°C	°F	°C	
AGUACATES	68	30	41	5	6hr
PIMIENTOS	68	30	50	10	3hr
BERENJENAS	68	30	50	10	3hr
CALABAZAS	65	29	41	5	6hr
CHILES	68	30	42	6	5hr
GUINIGAS	60	32	41	5	6hr
LIMONES	65	28	48	9	4hr
MENJOS	60	32	50	10	4hr
MELONES	65	29	41	5	6hr
NARANJAS	60	32	49	4	6hr
PAPAYAS	60	32	50	10	4hr
PEPINOS	65	29	43	7	5hr
PLÁTANOS (verdes)	65	29	56	13	3hr
SANDÍAS	60	32	50	10	4hr
TOMATES	65	29	50	10	4hr



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



PREENFRIADO Y CONSERVACION FRIGORIFICA MANEJO DE GASES

2.- Preenfriamiento con agua (hydrocooling)

Contacto del producto con agua fría mediante inmersión o pulverización

Ventajas:

- tiempos de enfriamiento más cortos (2 a 3 veces más rápido que el aire)
- no produce pérdidas de peso
- el sistema puede incluirse en la línea (sistema de lavado, aplicación fungicidas, ...)



Inconvenientes:

- exige disponibilidad de agua abundante y a coste moderado
- posible lixiviación
- tipo de envasado
- el agua es una fuente importante de microorganismos. Control riguroso de la higiene de equipos y del agua
- requiere una potencia frigorífica mucho mayor que para la prerefrigeración por aire



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



3.- Preenfriamiento a vacío

- La temperatura de ebullición del agua es función de la presión
- Es posible evaporar agua de constitución del producto a temperatura ambiente reduciendo la presión
- El calor extraído del producto depende de la cantidad del agua vaporizada y de su calor latente de vaporización



- presión final en la cámara: 6,6 mbar
- por cada 1% de pérdida de peso disminuye la temperatura 6°C
- gran capacidad de bombeo de vapor de agua

- ✓ Mayor inversión
- ✓ Envases permeable al vapor de agua
- ✓ Elevada homogeneidad entre productos
- ✓ Importante dejar un tiempo para homogeneizar T^a entre el centro y la superficie del producto
- ✓ Uso en productos perecederos de alto valor comercial
- ✓ Importante alta relación superficie/volumen, porosidad de los tejidos y permeabilidad de la piel



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



PREENFRIADO Y CONSERVACION FRIGORIFICA MANEJO DE GASES



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

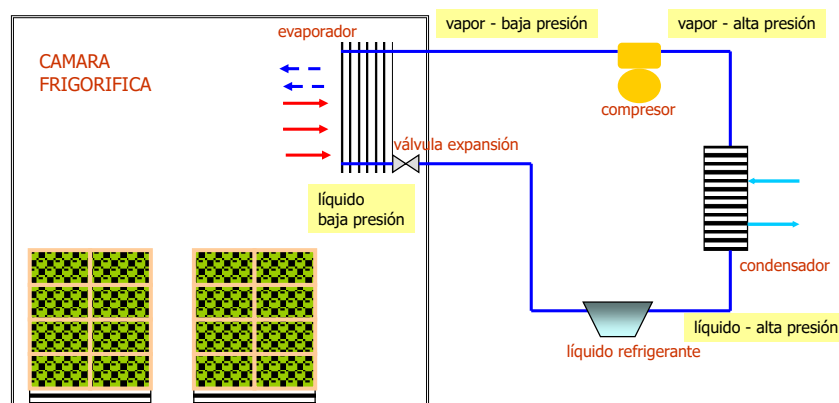


INSTITUTO DE INGENIERÍA DE
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

APLICACIONES DE BAJAS TEMPERATURAS EN FRUTAS Y HORTALIZAS FRESCAS

- ➔ sistema de preenfriamiento
- ➔ sistema de conservación
- ➔ tratamientos cuarentenarios
- ➔ transporte

Instalación frigorífica



CARGA TERMICA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



INSTITUTO DE INGENIERÍA DE
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

PREENFRIADO Y CONSERVACION FRIGORIFICA MANEJO DE GASES

Condiciones de conservación

- **Temperatura:** límite absoluto la temperatura de congelación (0 a -2°C)
- **Humedad relativa:** suficiente para evitar pérdidas de peso sin favorecer desarrollo microbiano
 - ✓ control de temperatura evaporación y/o instalación humidificadores.
- **Renovación aire:** mantener concentración gases
- **Recirculación aire:** mantener uniforme la T^a
 - ✓ espacio suficiente para circulación
 - ✓ ventiladores



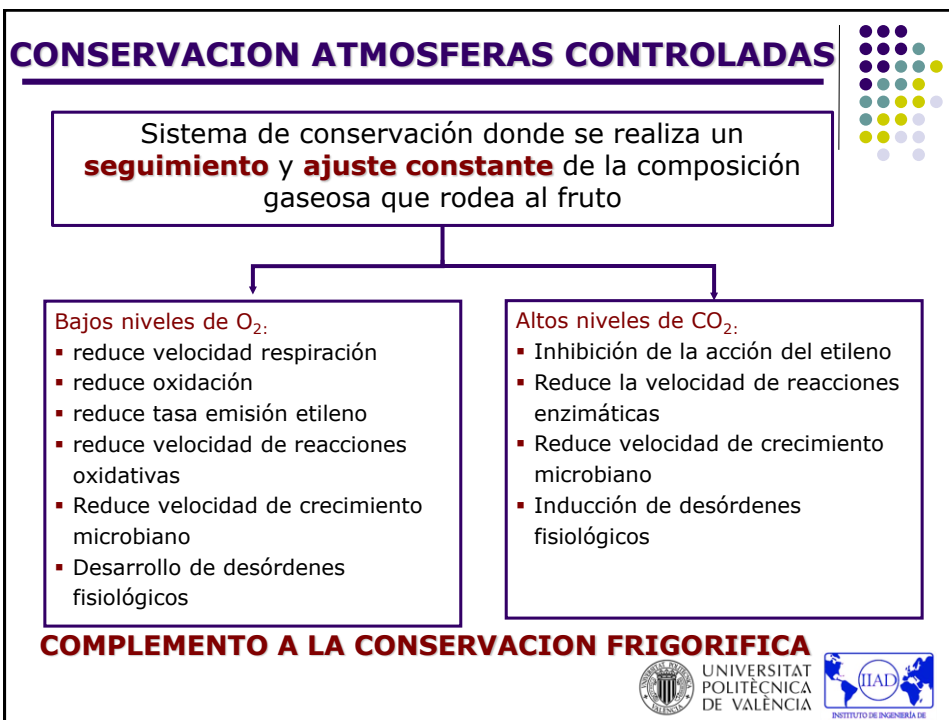
Condiciones recomendadas de conservación

PRODUCTO	TEMPERATURA (°C)	HR (%)	TIEMPO (meses)
Lima	9 - 10	85 - 90	1.5 - 2.5 meses
Limón	11 - 14	85 - 90	1.5 - 3 meses
Pomelo	9 - 11	90-95	2 - 3 meses
Mandarinas e híbridos	3 - 6 (*)	85 - 90	1 - 2.5 meses
Naranjas	2 - 5	85 - 90	1 - 3.5 meses
Granada	1 - 2.5	90-95	2 - 4 meses
Caqui	0 - 1	90-95	1 - 3 meses
Albaricoque	0 - 1	85 - 90	0.5 - 1 meses
Cereza	-1 - 0	85 - 90	1 (max) meses
Higo fresco	0 - 1	85 - 90	
Melocotón	0 - 1	85 - 90	1 - 4 semanas
Níspero	0	85 - 90	10 - 20 días
Uva	-1 - 0	85 - 90	3 semanas - 5 meses

(*) Nova y Fortuna: 9-10°C



PREENFRIADO Y CONSERVACION FRIGORIFICA MANEJO DE GASES



Tipo producto		O ₂ (%)	CO ₂ (%)	Temp. (°C)	Humedad (%)	Conserv.
Frutas alta actividad	Cereza, fresa, mora, frambuesa, melón	5-10	10-15	0-5	90-95	variable
Frutas media actividad	Kiwi, nectarina, melocotón, caqui, aguacate, plátano mango, cítricos	2-5	5	0-15	85-95	
Frutas baja actividad	Manzana, pera, ciruela, uva	1-3	0-3	0-2	90-95	
Hortalizas alta actividad	Espárrago, Espinacas, brócoli	20	10-15	0-1	95-100	3-4 semanas
Hortalizas media actividad	Tomate judía verde, maíz lechuga, col, apio, puerro, coliflor	3-5	5	0-7	95-100	0,5-3 meses
Hortalizas baja actividad	Cebolla, ajos, patatas, boniato	1-2	0-5	0-2	65-85	6-10 meses

PREENFRIADO Y CONSERVACION FRIGORIFICA MANEJO DE GASES

Ventajas de AC

- períodos de conservación largos
- posibilidad de utilizar mayores temperaturas que en frigoconservación
- disminución de ciertos daños por frío (\downarrow procesos oxidativos)
- menores pérdidas de peso
- mayor resistencia a la manipulación

Inconvenientes de la conservación en A.C.

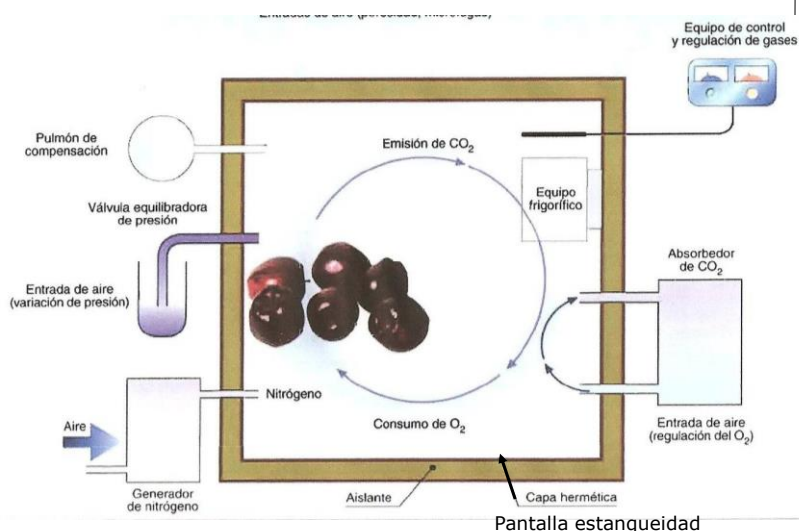
- elevada inversión
- control tecnológico adecuado
- no permite mezcla de variedades
- cámaras totalmente herméticas
- posibles alteraciones de sabor, pardeamientos internos, formación de cavidades, lesiones y escaldados en la piel, involución del color, falta de síntesis de componentes aromáticos.



UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



Elementos de una cámara de A.C.

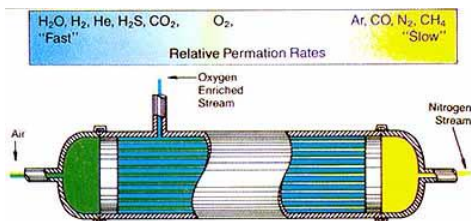


UNIVERSITAT
POLITÀCNICA
DE VALÈNCIA



PREENFRIADO Y CONSERVACION FRIGORIFICA MANEJO DE GASES

Barridos de la atmósfera con nitrógeno



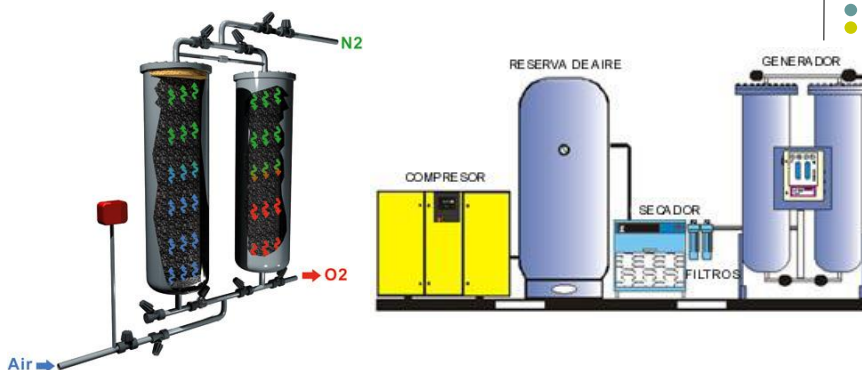
Separador de aire por membranas:
membrana semipermeable a los distintos gases de la atmósfera



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Barridos de la atmósfera con nitrógeno



Generador PSA de nitrógeno (Pressure Swing Absorber)

El aire comprimido entra en el lecho adsorbente (tamiz molecular) que adsorbe selectivamente los gases residuales y el oxígeno. Mientras que una columna produce nitrógeno y se carga de oxígeno, la otra se despresuriza, y el oxígeno se envía a la atmósfera.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



PREENFRIADO Y CONSERVACION FRIGORIFICA MANEJO DE GASES

Barridos de la atmósfera con nitrógeno



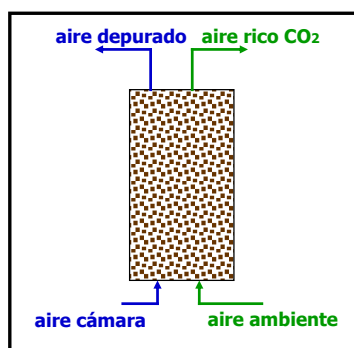
El nitrógeno se suministra en estado gaseoso en botellas y bloques de botellas a 200/300 bar de presión y en fase líquida en recipientes criogénicos móviles



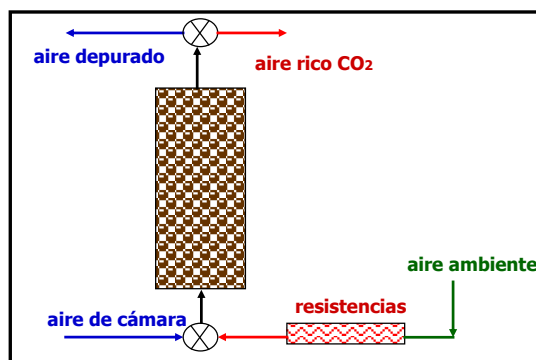
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Descarbonatadores fisico-químicos



Esquema de absorbedor de carbón activo



Esquema de absorbedor de tamices moleculares (zeolitas)



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



PREENFRIADO Y CONSERVACION FRIGORIFICA MANEJO DE GASES

Manejo de la cámara de A.C.

1. Previo a la carga: comprobación instalación
2. Carga de la cámara:
 - completa
 - estiba
 - tiempo corto de carga (< 10 días)
 - enfriamiento previo
 - ¿ mezcla de variedades ?
3. Puesta en régimen:
 - biológica
 - abiológica
4. Descarga de la cámara:
 - aireación de la carga
 - aumento lento de temperatura



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



CONSERVACIÓN EN ATMOSFERAS MODIFICADAS

Sistema de conservación donde se modifican las concentraciones de gases que rodean al **producto envasado** y estas **cambian** como consecuencia de la actividad metabólica del mismo

REDUCCION O₂
AUMENTO DE CO₂
BAJAS TEMPERATURAS



AUMENTO VIDA UTIL

Aplicaciones:

- Productos enteros envasados en un material polimérico
- Productos procesados en fresco



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



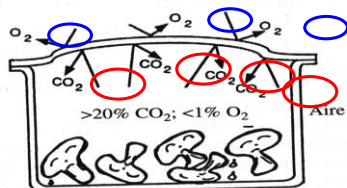
PREENFRIADO Y CONSERVACION FRIGORIFICA MANEJO DE GASES

- Envasado atmósfera modificada (MAP)

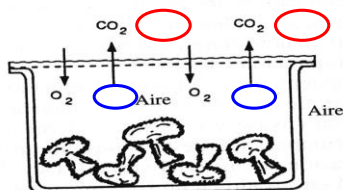
*"utilización de material de envasado
polimérico u otros materiales plásticos
para crear una atmósfera modificada
alrededor del producto"*



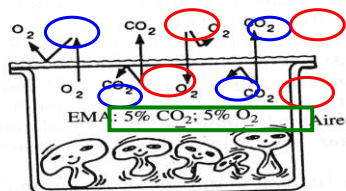
UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Film barrera



Film totalmente
permeable



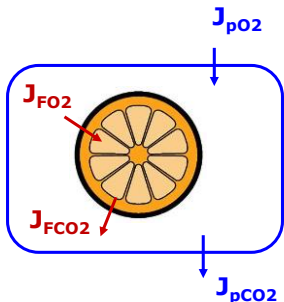
Film permeabilidad
intermedia



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA




PREENFRIADO Y CONSERVACION FRIGORIFICA MANEJO DE GASES



$$J_{FO_2} = TR_{O_2} \cdot M \quad J_{FCO_2} = TR_{CO_2} \cdot M$$

$$J_{PO_2} = -\frac{P_{O_2}}{e} \cdot A \cdot (x_{O_2}^i - x_{O_2}^e) = -P_{O_2} \cdot A \cdot (x_{O_2}^i - x_{O_2}^e)$$


$$J_{PCO_2} = -\frac{P_{CO_2}}{e} \cdot A \cdot (x_{CO_2}^e - x_{CO_2}^i) = -P_{CO_2} \cdot A \cdot (x_{CO_2}^e - x_{CO_2}^i)$$



$$\frac{dO_2}{dt} = J_{PO_2} - J_{FO_2}$$

$$\frac{dCO_2}{dt} = J_{FCO_2} - J_{PCO_2}$$


equilibrio




$$J_{PO_2} = J_{FO_2}$$

$$J_{FCO_2} = J_{PCO_2}$$

J_i : velocidad de flujo de gas i o caudal del gas
 p_i : permeanza del material al gas i (mLj/mm h m2)
 e : espesor del material (mm)
 P_i : permeabilidad del material al gas i (mLj/h m2)
 A : área de la superficie permeable (m2)
 x_i : fracción volumétrica de gas en el interior (i) y exterior (e) del film (v/V)
 Tri : tasa respiratoria de i (mLi/h kg)
 M : masa de producto (kg)



Métodos de creación de las condiciones de la atmósfera:




1.- Atmósfera modificada pasiva: resultado de la propia respiración del fruto.
 La resolución del estado no estacionario es compleja ya que

$$R_{O_2} = f(O_2, CO_2)$$

2.- Atmósfera modificada activa: ajuste de la atmósfera en el interior del paquete

- ★ realizando vacío y reemplazando atmósfera con una mezcla adecuada de O_2 , CO_2 y N_2



PREENFRIADO Y CONSERVACION FRIGORIFICA MANEJO DE GASES

Niveles óptimos de equilibrio: hortalizas

	TEMPERATURA	%O ₂	%CO ₂	EFICACIA
Remolacha roja (rallada, cubos o pelada) Puerro en rodajas	0-5°C	5	5	moderada
Brócoli	0-5°C	2-3	6-7	buena
Repollo en tiras	0-5°C	5-7.5	15	buena
Zanahorias en rodajas	0-5°C	2-5	15-20	buena
Lechuga iceberg en trozos	0-5°C	0.5-3	10-15	buena
Cebolla en rodajas o cubos	0-5°C	2-5	10-15	buena
Patata en rodajas o entera pelada	0-5°C	1-3	6-9	buena
Espinaca limpia	0-5°C	0.8-3	8-10	moderada
Tomate en rodajas	0-5°C	3	3	moderada
Calabacín en rodajas	5°C	0.25-1	-	moderada



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
Fuente: Gorry, J.R. 1997



Niveles óptimos de equilibrio: frutas

	TEMPERATURA	%O ₂	%CO ₂	EFICACIA
Manzanas en rodajas	0-5°C	Menos 1	-	moderada
Cantaloup en cubos	0-5°C	3-5	6-15	buena
Honeydew en cubos	0-5°C	2	10	buena
Kiwi en rodajas	0-5°C	2-4	5-10	buena
Naranjas en rodajas	0-5°C	14-21	7-10	moderada
Melocotón en rodajas	0°C	1-2	5-12	Regular
Pera en rodajas	0-5°C	0.5	Menos 10	Regular
Caqui en rodajas	0-5°C	2	12	regular
Granada en granos	0-5°C	-	15-20	Buena
Fresa en rodajas	5°C	1-2	5-10	buena



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



PREENFRIADO Y CONSERVACION FRIGORIFICA MANEJO DE GASES

Diseño de envases

- ⇒ Conocer los **niveles de respiración** de los productos:
 - especie y variedad
 - madurez
 - niveles de etileno
 - tamaño y preparación

- ⇒ Conocer y diseñar adecuadamente el **tipo de plástico**:
 - permeabilidad a los gases y adaptación a los cambios de temperatura
 - velocidad de transmisión de vapor de agua
 - propiedades mecánicas
 - tipo de envase
 - transparencia
 - fiabilidad a la soldadura,
 - adaptación al procesado en microondas, etc.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



INSTITUTO DE INGENIERIA DE
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO

- ⇒ Valorar relación **volumen gas - volumen producto**
 - (3:1 a 1:1)

- ⇒ Valorar posibles daños por **intensidad lumínica**:
 - fotosíntesis-respiración
 - blanqueado clorofila, reverdecimiento, etc

- ⇒ Conocer la dinámica de **intercambios gaseosos** de la envoltura:
 - Predicción del consumo de O₂ y generación de CO₂ a diferentes presiones: ecuaciones de regresión

- ⇒ Controlar la **temperatura** en la conservación y transporte, las variaciones pueden afectar a:
 - Tasa de respiración
 - Permeabilidad de la cubierta



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



INSTITUTO DE INGENIERIA DE
ALIMENTOS PARA EL DESARROLLO