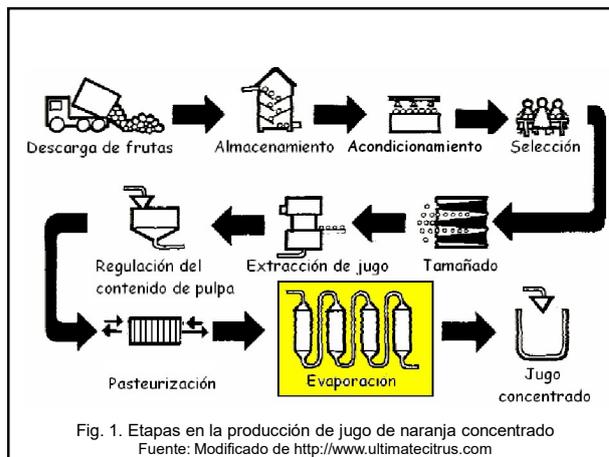


EVAPORACIÓN

SU APLICACIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DE JUGOS CÍTRICOS

Ing. Patricia I. Bonato



EVAPORACIÓN

Objetivo:

Concentrar una solución

solvente volátil
soluto no volátil

procediéndose a separar el solvente volátil por ebullición de la solución

En los procesos de la ingeniería de alimentos el solvente a eliminar es
agua

Los jugos de cítricos poseen un 86% - 90% de agua.

Objetivos

- reducir costos de almacenamiento, envasado y transporte
- reducir la a_w , aumentando la concentración de sólidos solubles, contribuyendo así a su conservación
- preconcentrarlos para su posterior procesamiento.

Un evaporador consta de

• **intercambiador de calor**

cámara de calefacción
cámara de evaporación
separadas por superficie metálica

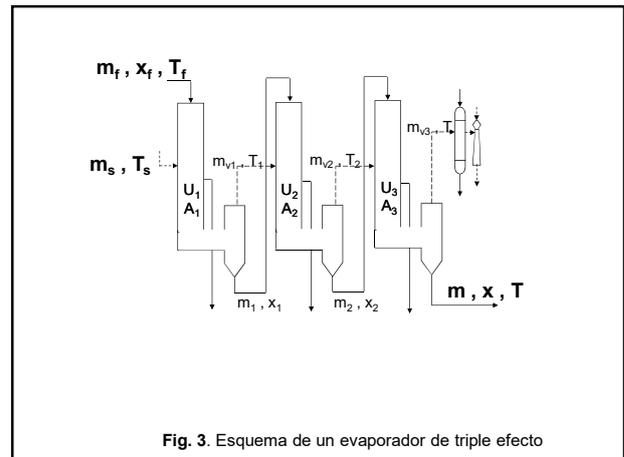
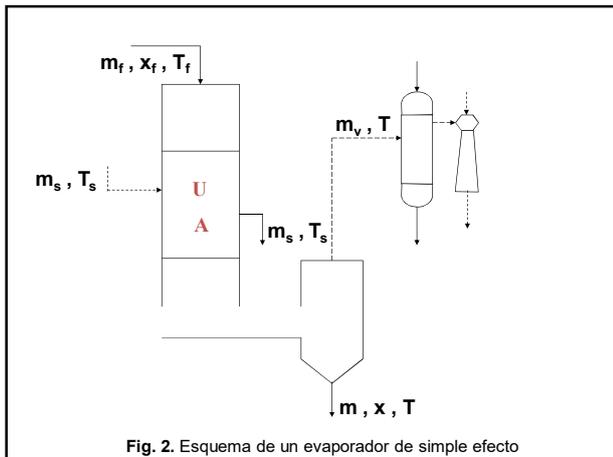
• **separador de vahos**

• **condensador**

• **bomba de vacío / eyector**

• **bomba de extracción del condensado / columna barométrica**

Sistema de vacío



Características a considerar

- ✓ Sensibilidad térmica
- ✓ Variación de propiedades con la concentración
- ✓ Contenido de volátiles
- ✓ Formación de depósitos
- ✓ Material de construcción

Evaporadores:

Características de Funcionamiento

capacidad de evaporación = kg de agua evap / h

economía = kg de agua evap / kg de vapor vivo cons

La evaporación debe satisfacer:

- Ø Elevada capacidad de evaporación
- Ø Bajo consumo energético
- Ø Mantener la calidad del producto

Ø Elevada capacidad de evaporación

$$q = U \cdot A \cdot \Delta T$$

- ⇒ importantes A y bajos ΔT
- ⇒ sólo intercambio de calor latente
- ⇒ regulación de la trampa de condensados
- ⇒ controles en líneas de vapor

Ø Bajo consumo energético

$$m_s \cdot \lambda_s = m_v \cdot \lambda_v - m_f \cdot C_{p_f} \cdot (T_f - T)$$

Si $T_f = T$

$$m_s \cdot \lambda_s = m_v \cdot \lambda_v$$

⇒ **múltiple efecto**

⇒ **recompresión del vapor**

⇒ **múltiple efecto**

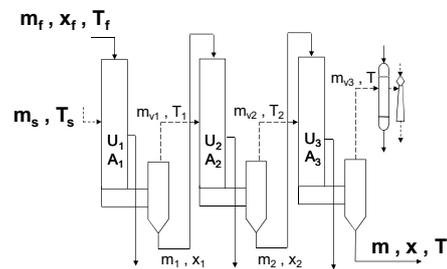


Fig. 3. Esquema de un evaporador de triple efecto

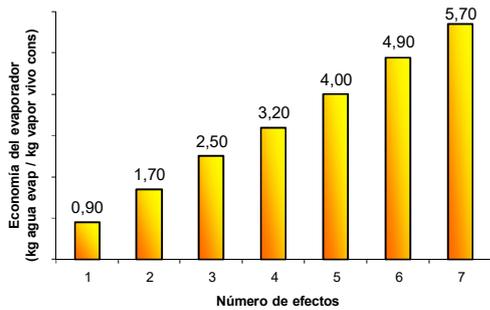


Fig. 4. Economía vs. Número de efectos

⇒ **recompresión del vapor**

Fig. 5. Esquema de una termocompresión
Fuente: <http://www.gea-wiegand.com>

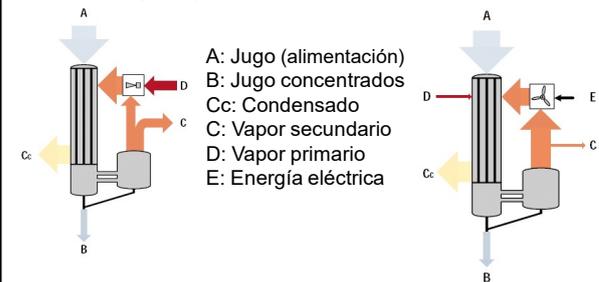


Fig. 6. Esquema de una recompresión mecánica
Fuente: <http://www.gea-wiegand.com>

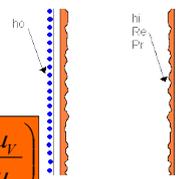
Ø Mantener la calidad del producto

⇒ **bajas tiempos de retención**
con **U** alto

$$\frac{hL}{k} = (1.3 + bD)(Pr)_L^{0.9} (Re)_L^{0.9} \left(\frac{\mu_V}{\mu_L} \right)$$

mayor ΔT posible

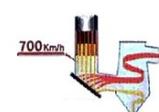
⇒ **moderada temperatura media del producto**
disminuir **T**



TIPOS DE EVAPORADORES MÁS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA CÍTRICA

• **Tubular de película descendente o Falling Film**

Ventajas: Corto tiempo de residencia, bajos ΔT , relativamente bajos volúmenes de líquidos.



Desventajas: Muy voluminosos, de difícil mantenimiento

Fig. 8. Evaporador de película descendente
Fuente: <http://www.gea-wiegand.com>

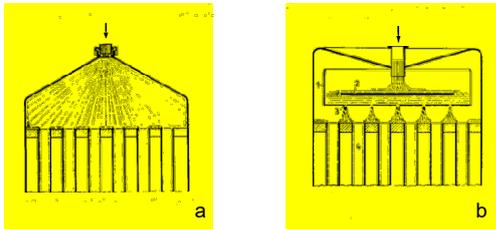


Fig. 9. Sistemas de distribución de la alimentación en evaporadores de película descendente:
a) dinámico; b) estático
Fuente: <http://www.gea-wiegand.com>

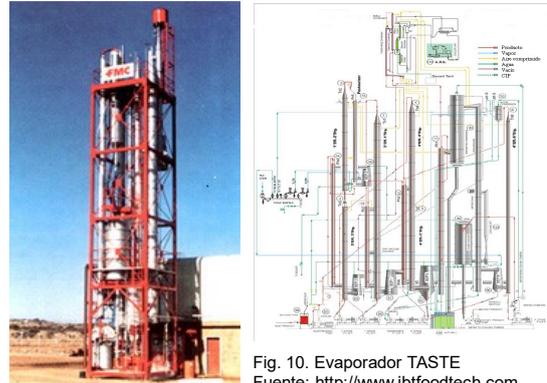


Fig. 10. Evaporador TASTE
Fuente: <http://www.jbfoodtech.com>

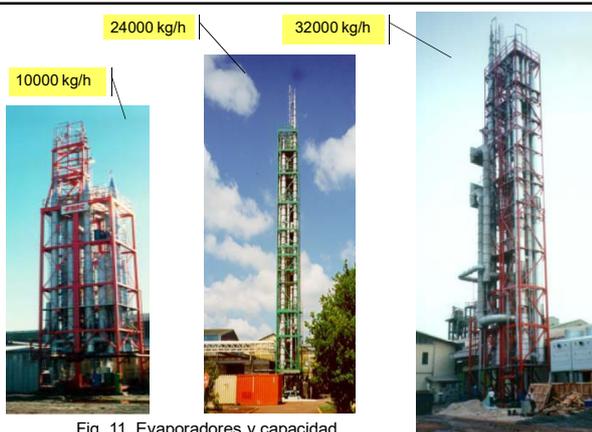


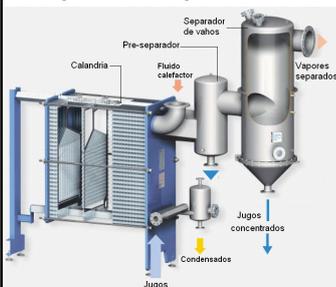
Fig. 11. Evaporadores y capacidad
Fuente: <http://www.jbfoodtech.com>

Capacidad de evaporación	6200 kg/h
Primer efecto	T ₁ 77°C Vacío ₁ 17" Hg
Segundo efecto	T ₂ 63°C Vacío ₂ 23" Hg
Tercer efecto	T _v 46°C Vacío _v 27" Hg
Flash cooler	T _{fc} <20°C Vacío _{fc} >28" Hg
Caudal del agua de enfriam.	140 m ³ /h

Ejemplo de valores típicos de las variables en un evaporador de película descendente de triple efecto

TIPOS DE EVAPORADORES MÁS UTILIZADOS EN LA INDUSTRIA CÍTRICA

•Evaporador de placas



Ventajas: bajos ΔT , tiempos de residencia cortos, compactos, fáciles de desmontar y mantener, puede aumentarse su tamaño por adición de placas
Desventajas: precisan bombas de alta presión, problemas de obstrucción, problemas con las juntas

Fig. 12. Evaporador de placas
Fuente: <http://www.gea-wiegand.com>



Fig. 13. Evaporador de placas de tres efectos

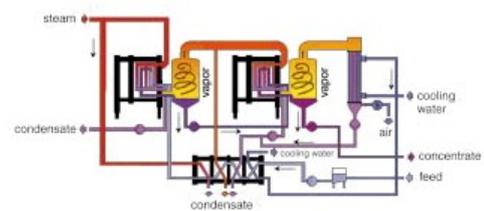


Fig. 14. Esquema de un evaporador de placas de dos efectos

Fuente: <http://www.apv.com>



Fig. 15. Evaporador de placas de cuatro efectos

Capacidad de evaporación	3500	kg/h
Primer efecto	T ₁	85°C Vacío ₁ 13" Hg
Segundo efecto	T ₂	68°C Vacío ₂ 22" Hg
Tercer efecto	T _v	45°C Vacío _v 27" Hg
Flash cooler	T _{fc}	<20°C Vacío _{fc} >28" Hg
Caudal del agua de enfriam.	110	m ³ /h

Ejemplo de valores típicos de las variables en un evaporador de placas de triple efecto

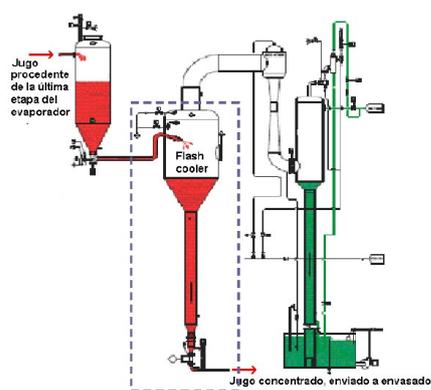


Fig. 16. Flash cooler

Fuente: Modificado de <http://www.jbfoodtech.com>



Fig. 17. Envasado de jugo concentrado



Referencias

- <http://www.gea-wiegand.com>
- <http://www.ultimatecitrus.com>
- <http://www.jbfoodtech.com>
- <http://www.apv.com>

¡Muchas gracias por su atención!