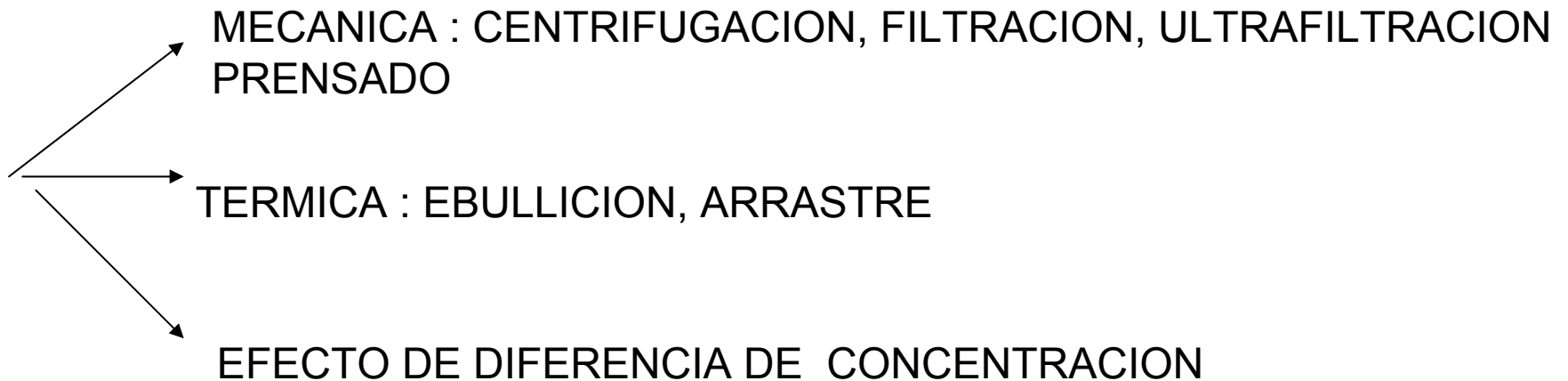


LA ELIMINACION DE AGUA DE UN PRODUCTO ALIMENTARIO

PUEDE HACERSE POR DIFERENTES VIAS :



MECANISMOS DE ELIMINACION DE AGUA

POR VIA MECANICA :

- POR TRANSFERENCIA DE CANTIDAD DE MOVIMIENTO :
- CENTRIFUGACION, FILTRACION, ULLTRAFILTRACION
(OPERACIONES PREVIAS A LA CONCENTRACION)
- ESCURRIDO Y PRENSADO (COMO OPERACIÓN PREVIA AL
SECADO)

*NINGUN PROCEDIMIENTO MECANICO PERMITE REDUCIR
LA HUMEDAD DEL PRODUCTO MAS DEL 60%*

POR VIA TERMICA :

SECADO

- POR TRANSFERENCIA DE MASA Y CALOR
- PUEDE SER POR EBULLICION Y ARRASTRE

POR EBULLICION :

- SE LLEVA EL PRODUCTO A UNA TEMPERATURA SUFICIENTE PARA QUE LA PRESIÓN DE VAPOR DE AGUA DEL PRODUCTO SEA IGUAL A LA PRESION AMBIENTE

AGUA PURA A $P = P_{ATM}$ \longrightarrow $T_b = 100\text{ }^\circ\text{C}$

Solución acuosa A $P = P_{ATM}$ \longrightarrow $T_b > 100\text{ }^\circ\text{C}$

Sólido húmedo A $P = P_{ATM}$ \longrightarrow $T_b > 100\text{ }^\circ\text{C}$

SECADO POR EBULLICIÓN:

APORTE DE CALOR :

- POR CONDUCCIÓN :A TRAVES DE UNA SUPERFICIE CALIENTE
- POR CONVECCION A PARTIR DE VAPOR DE AGUA RECALENTADO
- POR RADIACIONES

LA VELOCIDAD DE EVAPORACION DEL AGUA DEPENDE DE CÓMO
LLEGUE EL CALOR

SECADO POR ARRASTRE

APORTE DE CALOR

- La energía es aportada por aire caliente

Cuando un cuerpo húmedo se coloca en una corriente de aire suficientemente caliente se produce espontáneamente entre el aire y el cuerpo una diferencia de temperatura y de presión parcial de vapor de agua tal que :

- Una transferencia de calor se lleva a cabo del aire hacia el producto debido a la diferencia de temperatura
- Una transferencia de agua se efectúa en sentido inverso debido a la diferencia entre de concentración entre el aire y el producto

ALTERACIONES DE NATURALEZA QUIMICA DEBIDAS AL SECADO

Enranciamiento ;

Reacción de Maillard ;

Actividad Enzimática

REACCIONES DE OXIDACION DE LIPIDOS

Factores que influyen en la velocidad de oxidación:

- contenido de humedad,
- tipo de sustrato (ácido graso);
- contenido en oxígeno ;
- temperatura ;
- presencia de metales,
- presencia de antioxidantes naturales ;
- actividad enzimática ;
- luz UV ;
- contenido en proteínas y aa libres;
- otras RQ.

¿COMO LIMITAR LA APARICIÓN DE ESTAS REACCIONES DE OXIDACIÓN DE LÍPIDOS DURANTE EL SECADO ?

- a alta temperatura (la formación de corteza y el pardeamiento no enzimático son los factores limitantes)
- al abrigo de la luz (evitar el secado solar directo en productos que dan este tipo de reacciones)
- conducido a bajas A_w (entre 0, 2 y 0,5)
- pretratamiento con antioxidantes
- reducir el nivel de oxígeno durante el procesado y el almacenamiento

PARDEAMIENTO ENZIMATICO

productos mas afectados: frutas y algunas hortalizas (también harinas, especias y productos lácteos)

la actividad enzimática puede predecirse a partir de la isoterma de sorción.

el secado llevado a A_w menores de 0,4 limita la actividad enzimática

¿COMO LIMITAR LA APARICIÓN DE ESTAS REACCIONES DE PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO DURANTE EL SECADO?

pretratamiento que permita detener las reacciones antes del proceso :

escaldado, anhídrido sulfuroso y sulfitos

(inhibidores de la acción enzimática en las fases previas al escaldado)

REACCIONES DE MAILLARD

productos más afectados: frutas y productos cárnicos (y también lácteos)
reacción se ve favorecida mientras más ácido es el producto, (más rico en ácido ascórbico, vitamina C), en glúcidos y en proteínas.

¿COMO LIMITAR LA APARICIÓN DE ESTAS REACCIONES DE MAILLARD DURANTE EL SECADO?

- en la medida que el secado permita bajar rápidamente la A_w (por debajo de 0,5) Y que la temperatura del producto permanezca a niveles inferiores a 50-55° C (valor que depende del producto)
- como puede aparecer durante el almacenamiento, particularmente en frutas, puede ser aconsejable el empleo de anhídrido sulfuroso antes o después del secado para disminuir la velocidad de estas reacciones.

OTRAS ALTERACIONES QUIMICAS QUE OCURREN DURANTE EL SECADO

➤ PÉRDIDA DE VITAMINAS

(mayores si el secado se hace sin inactivación enzimática) :

➤ TIAMINA (mayores a mayor temperatura de secado),

➤ TAMBIEN RIBOFLAVINA Y NIACINA

➤ VITAMINA C DESAPARECE TOTALMENTE (muy sensible a las altas temperaturas en condiciones de alta humedad)

➤ DESNATURALIZACION DE PROTEINAS

➤ CAMBIOS DE COLOR (alteración de carotenoides, clorofila, antocianos)

¿secado por ebullición o arrastre?

Ebullición : sin aire, menor consumo energético

Arrastre : el aporte de calor es mas sencillo cuando se trata de aire caliente
Aire :medio de transporte

A presión atmosférica ,
las temperaturas pueden ser mas bajas



CALIDAD

Velocidad rápida

TIPOS DE SECADORES :

EBULLICION

ARMARIO AL VACIO

TORNILLO SIN FIN

LIOFILIZADOR AL VACIO

SECADO POR FRITURA

SECADO POR MICROONDA

ARRASTRE

BANDEJA

BANDAS

ASPERSION

LECHO FLUIDIZADO

Tabla 2. Alimentos y productos agrícolas y tipos de secaderos más adecuados
(Sokhansanj y Jayas, Mujumdar 1995)

Producto	Tipo de secadero
Hortalizas, frutas, confitería	Bandejas y túnel
Forrajes, granos, hortalizas, frutas, nueces, cereales de desayuno	Cinta
Forrajes, granos, manzana, lactosa, estiércol de aves, turba, almidón	Rotativos
Café, leche, te, puré de frutas	Atomización
Leche, almidón, alimentos infantiles predigeridos, sopas, productos de cervecería y destilería	Tambor
Almidón, pulpa de frutas, residuos de destilería	Neumático
Café, esencias, extractos de carne, frutas, hortalizas	Congelación y vacío
Hortalizas	Lecho fluidizado
Zumos	Foam Mat
Manzanas y algunas hortalizas	Horno

EVAPORACION

- Incrementar la concentración de sólidos en un fluido
- Remoción parcial del agua mediante ebullición

LA SEPARACION SE LOGRA EXPLOTANDO (APROVECHANDO) LA
DIFERENCIA DE VOLATILIDAD ENTRE EL AGUA Y LOS SOLUTOS

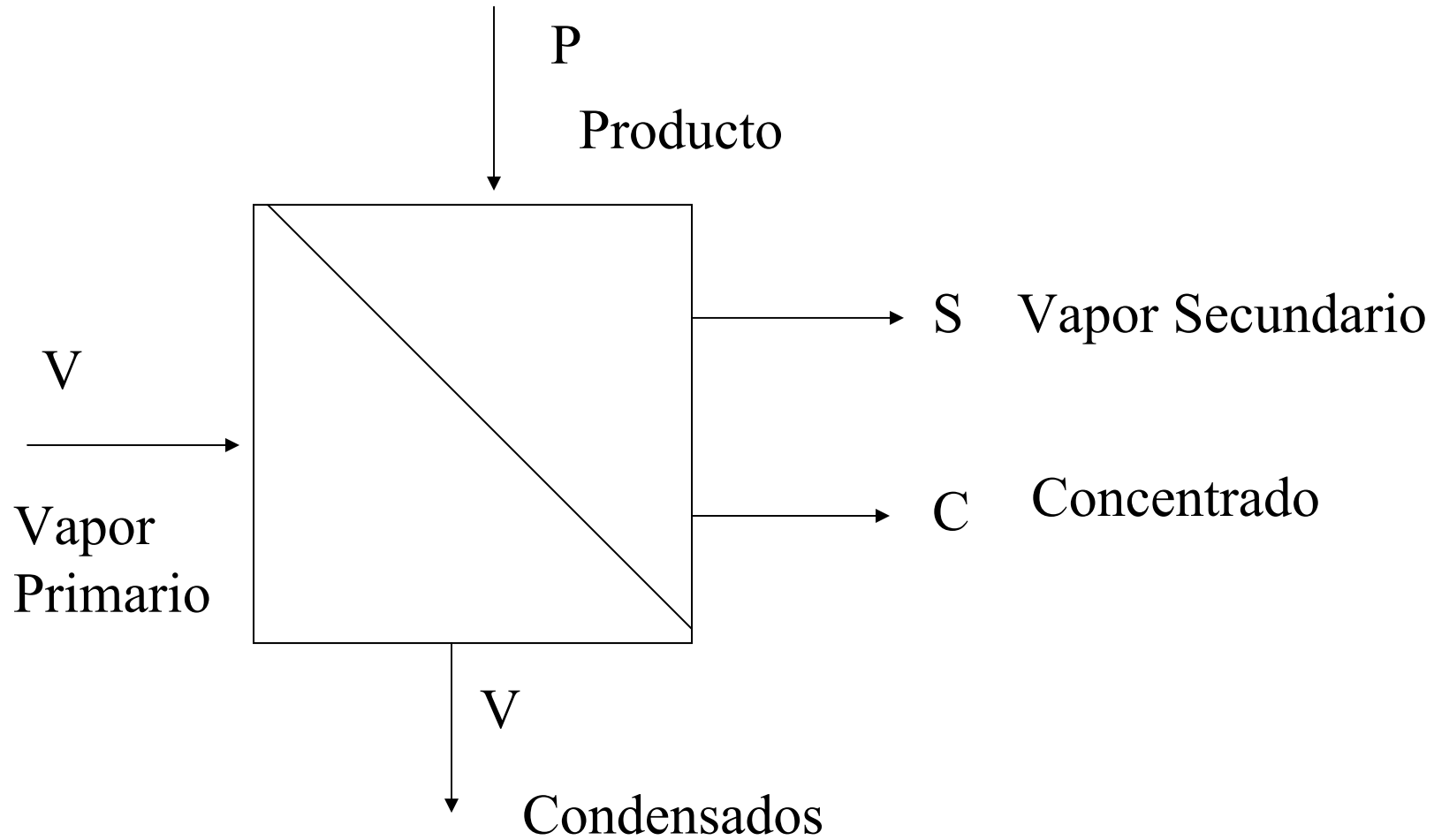
PRINCIPALES USOS :

1. PRECONCENTRACIÓN DE LÍQUIDOS ANTE DE SER SECADOS , CONGELADOS O ESTERILIZADOS (JUGOS, CAFÉ LECHE)
2. REDUCCIÓN DE VOLUMEN DE LIQUIDOS (DISMINUIR COSTOS)
3. REDUCION DE LA ACTIVIDAD DE AGUA (MERMELADAS)

LA TEMPERATURA DEL FLUIDO QUE SE ESTÁ
CONCENTRANDO DEPENDE DE :

1. PRESIÓN EXTERNA
2. SOLUTOS DISUELTOS
3. CABEZA HIDROSTATICA

PRINCIPIOS DE UN EVAPORADOR



VAPORIZACION

SI UN RECINTO CERRADO, TERMICAMENTE AISLADO, SE LLENA PARCIALMENTE DE LIQUIDO Y SE EVACUA EL AIRE EXISTENTE, EL LIQUIDO COMENZARA A EVAPORARSE OCUPANDO EL ESPACIO DEL QUE SE HA ELIMINADO EL AIRE Y DESARROLLANDO POR TANTO UNA PRESION.

LLEGARA UN MOMENTO EN QUE SE ALCANZARA LA SATURACION EN DICHO ESPACIO Y COMENZARAN A CONDENSARSE ALGUNAS DE LAS MOLECULAS VAPORIZADAS.

SE HABRA ALCANZADO ENTONCES UNA CONDICION DE EQUILIBRIO EN LA CUAL LA PRESION DE VAPOR SERA CONSTANTE A UNA TEMPERATURA DADA Y LA EVAPORACION NETA SERA CERO.

LA EVAPORACION CONTINUARA (aunque a menor ritmo) SI SE EVACUA EL VAPOR DEL RECINTO Y LAS MOLECULAS QUE ABANDONAN EL LIQUIDO SON ELIMINADAS CONTINUAMENTE, NO PUDIENDO VOLVER A INCORPORARSE A LA CAPA DE LIQUIDO,

LA VELOCIDAD DE EVAPORACION SE MANTENDRA A NIVEL ALTO SI OCURRE :

1. UN SUMINISTRO DE CALOR NECESARIO PARA LA VAPORIZACION DEL LIQUIDO
2. QUE SE ELIMINEN CONTINUAMENTE LAS MOLECULAS DE LIQUIDO QUE ESCAPAN A TRAVES DE LA CAPA LIMITE

EL VAPOR QUE SALE DE UN EVAPORADOR PUEDE UTILIZARSE COMO MEDIO DE CALENTAMIENTO DE UN SEGUNDO SIEMPRE QUE LA TEMPERATURA DE EBULLICION DE ESTE EFECTO SEA LO SUFICIENTEMENTE BAJA PARA MANTENER UNA DIFERENCIA DE TEMPERATURA APROPIADA

E F E C T O S A P R E S I O N E S R E D U C I D A S

El objeto de los efectos múltiples es mejorar la economía térmica global y no aumentar la capacidad de la planta :

Evaporador 1 efecto : 1,3 Kg vapor/kg agua

Evaporador doble efecto : 0,6 Kg vapor /kg agua

Evaporador triple efecto : 0,4 Kg vapor/kg agua

INFLUENCIA DE LAS PROPIEDADES DEL LIQUIDO DE ALIMENTACION EN LA EVAPORACION

- ❖ VISCOSIDAD
- ❖ DEPOSICION DE COSTRAS
- ❖ FORMACION DE ESPUMAS
- ❖ SENSIBILIDAD A LA TEMPERATURA
- ❖ PERDIDA DE AROMA
- ❖ NATURALEZA CORROSIVA DE LOS LIQUIDOS

PRINCIPALES APLICACIONES DE LA EVAPORACIÓN

FRUTAS : LOS CONCENTRADOS DE FRUTAS SE PREPARAN POR EVAPORACIÓN A BAJA TEMPERATURA, PARA PROPORCIONAR ESTABILIDAD AL PRODUCTO (MERMELADAS Y JALEAS) ASI COMO PARA REDUCIR EL VOLUMEN EN EL ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE (JUGOS CONCENTRADOS)

PRODUCTOS LÁCTEOS : SE REALIZA UNA EVAPORACIÓN ANTES DEL SECADO POR ATOMIZACIÓN PARA OBTENER PRODUCTOS EN POLVO. SE UTILIZA TAMBIEN PARA PRODUCCIÓN DE CONCENTRADOS

REFINADO DE AZUCAR Y SAL : UNA VEZ HECHA AL EXTRACCIÓN DEL AZUCAR (DE CAÑA O REMOLACHA) CON AGUA CALIENTE SE EVAPORA PARTE DEL AGUA HASTA CONSEGUIR UN JARABE CONCENTRADO Y DESPUÉS POR EVAPORACIÓN CONTROLADA SE GENERA LA SUPERSATURACIÓN NECESARIA PARA EL PROCESO DE CRISTALIZACIÓN.

CARAMELOS DUROS : LOS JARABES DE AZÚCAR SE CONCENTRAN POR MEDIO DE LA ELIMINACIÓN POR EBULLICIÓN DEL EXCESO DE AGUA HASTA UN CONTENIDO MUY ALTO DE SÓLIDOS.

HORTALIZAS : ELIMINACIÓN DE AGUA POR EVAPORACIÓN PARA OBTENER PURES Y PASTAS

**ALGUNAS VIAS MECANICAS DE ELIMINACION
DE AGUA**

OSMOSIS INVERSA :

CONCENTRACIÓN DE SOLUCIONES POR ELIMINACIÓN DE AGUA.

UTILIZA LAS MEMBRANAS MAS FINAS, QUE SON CAPACES DE

SEPARAR LAS MOLÉCULAS MAS PEQUEÑAS DE SOLUTO

NANOFILTRACIÓN:

CONCENTRACIÓN DE COMPONENTES ORGANICOS POR ELIMINACIÓN DE PARTE DE IONES MONOVALENTES COMO EL SODIO Y CLORUROS (DESMINERALIZACIÓN PARCIAL).

RETIENEN MOLECULAS DE SOLUTO DE P.M. ENTRE 100 Y 1000

SE CLASIFICAN POR EL PESO MOLECULAR DE CORTE

RGO. DE PRESIÓN DE 700 A 3500 kPa

ULTRAFILTRACION

CONCENTRACION DE GRANDES MOLECULAS Y MACRO-MOLECULAS TALES COMO PROTEINAS Y ALMIDONES.

LAS MEMBRANAS DE ULTRAFILTRACION SE CLASIFICAN POR EL **PESO MOLECULAR DE CORTE**.

REQUIERE a veces DE ALTAS PRESIONES (DE 35 A 1000 kPa)

SE EXTIENDE DESDE PM DE CORTE DE 1000 A 500.000

MICROFILTRACION

ELIMINACION DE BACTERIAS, SEPARACION DE MACRO-MOLECULAS.

SE REFIERE A PEQUEÑAS PARTICULAS SUSPENDIDAS EN LIQUIDOS.

SE CLASIFICAN POR EL DIAMETRO DE PORO DE CORTE

REQUIERE LAS PRESIONES MAS BAJAS DE TODAS LAS TECNICAS CITADAS 8 ENTRE 70 Y 350 kPa

PRINCIPALES aplicaciones de la separación por membranas

EN LA INDUSTRIA LÁCTEA

- OSMOSIS INVERSA (OI):

- PARA LA **CONCENTRACIÓN** DE LA LECHE ANTES DE LA **EVAPORACIÓN** Y DE LA **FABRICACIÓN** DE QUESO
- LA **PRODUCCIÓN** SEPARA **ALREDEDOR** DE UN **85%** DE LECHE COMO SUERO, QUE CONTIENE EN SOLUCIÓN PROTEINAS, LACTOSA Y SALES.
- LA **CONCENTRACIÓN** DE SUERO POR OI Y SU **FRACCIONAMIENTO** POR UF ES UNA DE LAS **PRINCIPALES APLICACIONES** DE LAS MEMBRANAS EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS HOY EN DÍA.

- ULTRAFILTRACIÓN (UF) :

- PARA **CONCENTRACIÓN** DE PROTEINAS EN LECHE Y EN EL LACTOSUERO Y PARA LA **NORMALIZACIÓN** PROTEICA DE LA LECHE DESTINADA A LA **FABRICACIÓN** DE LACTEOS (QUESO, YOGUR, ETC.)

- **NANOFILTRACIÓN (NF) :**

- SE EMPLEA CUANDO SE DESEA LA DESALINIZACIÓN PARCIAL DEL LACTOSUERO

- **MICROFILTRACIÓN (MF) :**

- SE APLICA PARA LA REDUCCIÓN DEL NÚMERO DE BACTERIAS EN LECHE DESNATADA, LACTOSUERO Y SALMUERAS
- EN LA REDUCCIÓN DEL CONTENIDO DE GRASAS DEL LACTOSUERO DESTINADO A LA FABRICACIÓN DE CONCENTRADOS PROTEICOS
- FRACCIONAMIENTO DE PROTEINAS (LAS MOLÉCULAS PEQUEÑAS TALES COMO SALES Y LACTOSA PÀSAN A TRAVÉS DE LA MEMBRANA DE UF MIENTRAS QUE LAS PROTEINAS QUEDAN RETENIDAS EN EL CONCENTRADO)

EN LA INDUSTRIA DE JUGOS DE FRUTA :

- LA **CONCENTRACIÓN** DEL 10 A 16% AL 60% SE REALIZA NORMALMENTE EN EVAPORADORES DE **MÚLTIPLE** EFECTO. LA OSMOSIS INVERSA PRESENTA LA VENTAJA DE MENORES COSTOS, MENOR DAÑO TERMICO Y CONSUMO DE ENERGÍA. DESVENTAJA : BAJO RANGO DE **CONCENTRACIÓN** (24%).

EN LA INDUSTRIA AZUCARERA :

- **OI** : PARA LA **PRECONCENTRACIÓN** DEL JARABE .
- **UF** : **CLARIFICACIÓN** DEL JUGO PARA **ELIMINAR PARTICULAS COLOIDALES Y EN SUSPENSIÓN** .

EN LA INDUSTRIA CERVECERA Y VINÍCOLA :

- **OI** : **OBTENCIÓN** DE VINOS Y CERVEZA CON BAJO CONTENIDO DE **ALCOHOL** .
- **MF** : EN LA INDUSTRIA DE CERVEZA PARA **OBTENER CERVEZA ESTERILIZADA EN FRIO ; PARA FILTRAR VINOS** .

EN LA INDUSTRIA DE LA CARNE :

- **UF** : **RECUPERACIÓN DE LA SANGRE INCLUYENDO LA SEPARACIÓN Y PURIFICACIÓN DE LAS CELULAS DE LA SANGRE, CONCENTRACIÓN DEL PLASMA Y CONCENTRACIÓN DE SANGRE HOMOGENEIZADA; EN LA ELABORACIÓN DE GELATINA (RESULTADO DEL CONCENTRADO Y SECADO DEL HIDRÓLIZADO DEL COLÁGENO). LA UF DA MEJORES RESULTADOS POR MENOR COSTO Y DAÑO TERMICO** .