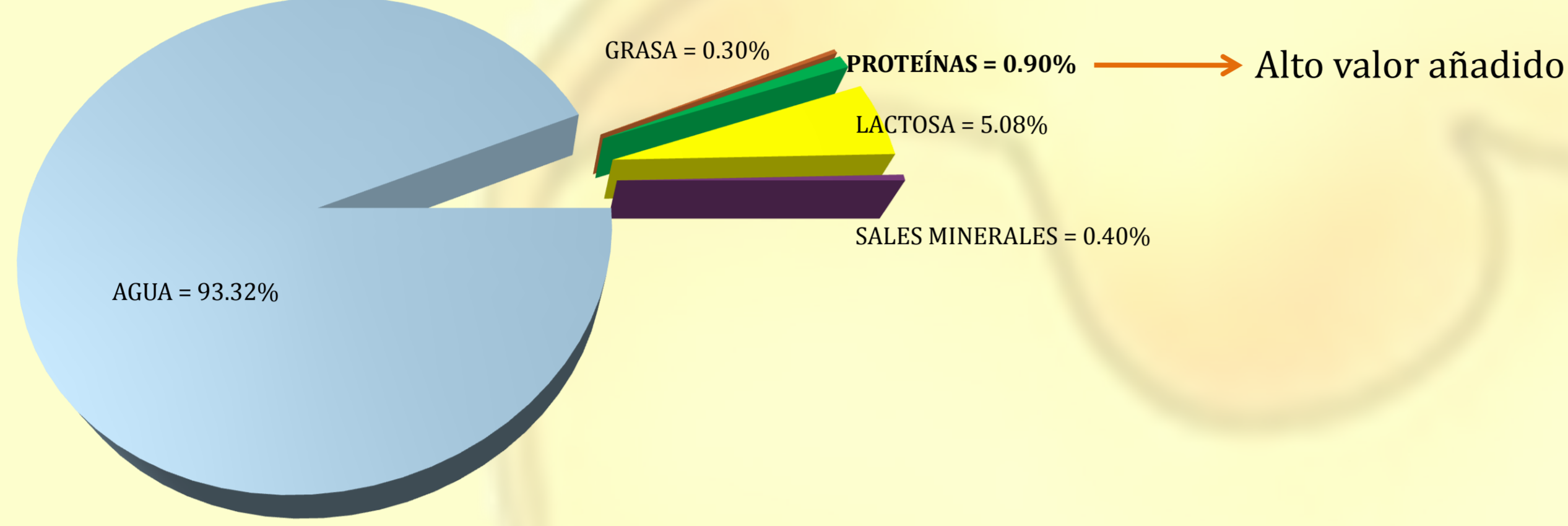


ANTECEDENTES

• Por **1 kg de queso** producido, se generan **9 L de lactosuero** líquido.

PROBLEMA: DQO \approx 60000 mg O₂/L

• **Composición típica** del lactosuero dulce (pH \approx 6):



• Por ello, las industrias lácteas tratan de **recuperar las proteínas del lactosuero** mediante distintos procesos, entre ellos, la **ultrafiltración**.

PROBLEMA: Las proteínas ensucian las membranas

• Los **métodos convencionales de limpieza** de membranas pueden llegar a dañarlas, **disminuyendo su vida útil**.

SOLUCIÓN: Métodos alternativos de limpieza

OBJETIVO PRINCIPAL

Proponer, ensayar y optimizar técnicas no convencionales de limpieza de membranas de ultrafiltración utilizadas en la industria láctea.

Relacionar los tipos de membranas y los tipos de ensuciamiento con la técnica de limpieza más efectiva.

Estudiar el ensuciamiento depositado y/o adsorbido sobre las membranas.

Analizar el ajuste de modelos matemáticos a los datos experimentales durante el ensuciamiento.

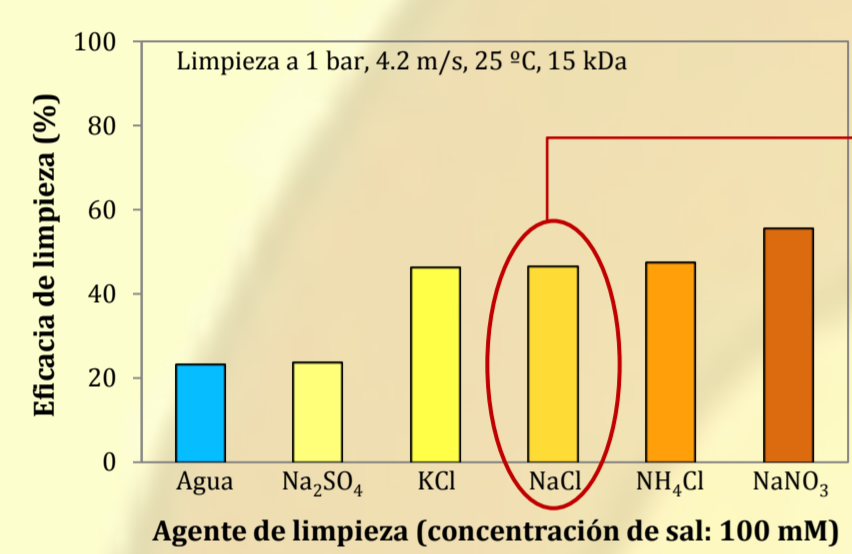
Determinar la influencia de las condiciones de operación sobre la eficacia del proceso de limpieza.

Para alcanzar estos objetivos, se llevarán a cabo las siguientes tareas, utilizando:

- 3 disoluciones modelo de lactosuero
 - Proteína de lactosuero: Seroalbúmina bovina (BSA)
 - Proteína + sales minerales: BSA + CaCl₂
 - Concentrado de proteínas de lactosuero (WPC)
- 4 membranas diferentes
 - Cerámicas monotubulares de 15 y 50 kDa (TAMI Industries)
 - Orgánicas planas de 5 y 30 kDa (Microdyn Nadir)

TAREA 1. Limpieza de membranas mediante disoluciones salinas

Efecto del tipo de sal



↑ Eficacia
↓ Impacto ambiental
↓ Coste

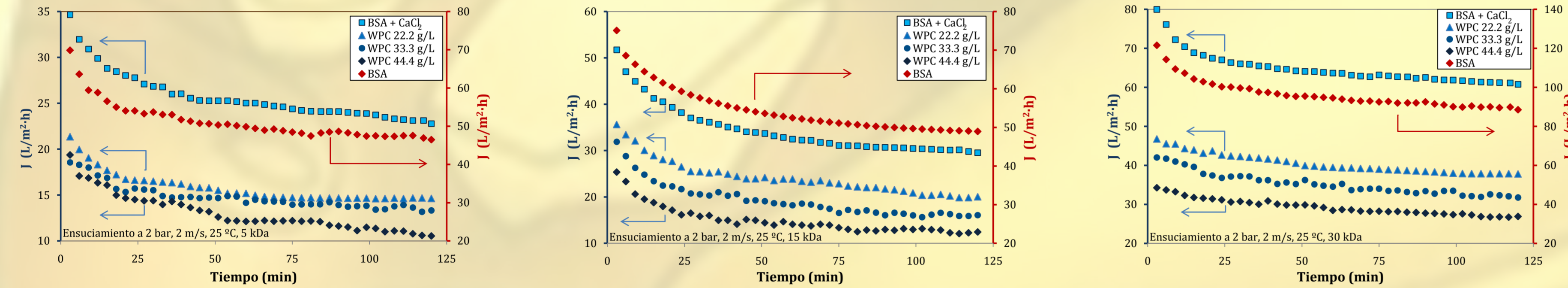
Una vez seleccionada la sal, se estudia el efecto de

- La concentración de NaCl en la disolución de limpieza
- La temperatura de la disolución de limpieza
- La velocidad tangencial durante la etapa de limpieza

- Relación de la eficacia de limpieza en función de las condiciones de operación
- Determinación de las condiciones óptimas
- Evaluación económica de la técnica

TAREA 2. Modelización del ensuciamiento de las membranas

Evolución de la densidad de flujo de permeado con el tiempo



Modelos matemáticos de ultrafiltración:

1) Hermia adaptados a filtración tangencial

$$-\frac{dJ}{dt} = K(J - J_{ss})J^{2-n}$$

$n = 2$: bloqueo completo
 $n = 1.5$: bloqueo estándar
 $n = 1$: bloqueo intermedio
 $n = 0$: formación de torta

2) Combinado $J_{combinado} = \alpha J_{bloqueo\ completo} + (1-\alpha)J_{formación\ torta}$

3) Resistencias en serie $J = \frac{\Delta P}{\mu(R_m + R'_a(1 - \exp(-bt)) + R_g)}$

α : fracción de poros bloqueada; b : velocidad de adsorción; J : densidad de flujo de permeado; J_{ss} : densidad de flujo de permeado en estado estacionario; K : parámetro característico; R'_a : resistencia por adsorción; R_g : resistencia de la torta; R_m : resistencia de la membrana; t : tiempo

- Predicción del descenso de la densidad de flujo de permeado con el tiempo
- Obtención de los mecanismos de ensuciamiento predominantes

TAREA 3. Limpieza de membranas mediante campos electromagnéticos

Ánodo: electrodo de Ti-Ir (MAGNETO)

Cátodo: membrana cerámica

Módulo de membranas de Plexiglas®

Se estudia el efecto de

- El potencial del campo eléctrico aplicado
- La temperatura de la disolución de limpieza

- Relación de la eficacia de limpieza en función de las condiciones de operación
- Determinación de las condiciones óptimas
- Evaluación económica de la técnica

RESULTADOS OBTENIDOS Y PREVISTOS

TAREA 1:

- Altas temperaturas y velocidades tangenciales favorecen la limpieza de las membranas, mientras que existe un valor óptimo de concentración de NaCl para llevar a cabo la limpieza de manera efectiva.
- Se obtienen las condiciones de operación óptimas para cada una de las membranas y disoluciones alimento estudiadas.
- Se confirman los resultados con otras disoluciones procedentes de la industria alimentaria: disoluciones de pectinasas y aguas residuales del prensado de aceitunas.

TAREA 2:

- Los mecanismos de ensuciamiento responsables del descenso de la densidad de flujo de permeado con el tiempo son el bloqueo completo y la formación de torta.

TAREA 3:

- Altos potenciales de campo eléctrico aplicado y temperaturas suaves favorecen la limpieza de las membranas.
- Se obtienen las condiciones de operación óptimas para cada una de las membranas y disoluciones alimento estudiadas.

UTILIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

- Desarrollo y optimización de **nuevas metodologías de limpieza** de membranas de ultrafiltración menos dañinas a largo plazo con las membranas y con un menor impacto medioambiental.
- Obtención de dos corrientes
 - Rechazo: **corriente acuosa concentrada en proteínas** que permite la posterior recuperación de las mismas para ser utilizadas en distintas industrias (por ejemplo, farmacéutica).
 - Permeado: corriente acuosa con lactosa, sales y una concentración de proteínas despreciable.

PUBLICACIONES

- M.-J. Corbatón-Báguena, S. Álvarez-Blanco, M.-C. Vincent-Vela, Sep. Purif. Technol. 125 (2014) 1-10.
- M.-J. Corbatón-Báguena, S. Álvarez-Blanco, M.-C. Vincent-Vela, Sep. Purif. Technol. 132 (2014) 226-233.
- M.-J. Corbatón-Báguena, S. Álvarez-Blanco, M.-C. Vincent-Vela, Desalination 360 (2015) 87-96.
- M.-J. Corbatón-Báguena, A. Gugliuzza, A. Cassano, R. Mazzei, L. Giorno, J. Membr. Sci. 486 (2015) 207-214.

AGRADECIMIENTOS

- Ministerio de Economía y Competitividad (proyecto CMT2010-20186, becas BES-2011-044112 y EEBB-I-14-09011).
- Dra. Lidietta Giorno, ITM-CNR, Università della Calabria.
- Dr. Valentín Pérez Herranz y Dra. Emma Ortega Navarro, Grupo IEC, Dpto. de Ingeniería Química y Nuclear, UPV.
- Empresa MAGNETO Special Anodes B.V., Holanda.