



Seminario

# HOMOGENIZACIÓN POR ULTRA-ALTA PRESIÓN

## Aplicación de la UHPH en la Industria Alimentaria

Ph.D. Juan Diego Torres Oquendo



# Contenido

## Introducción

1. Control Microbiológico y Enzimático

2. Emulsiones

3. Compuestos Bioactivos

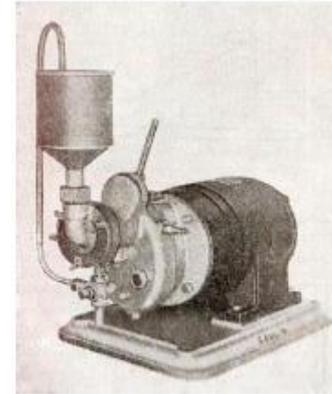
4. Propiedades Físicas

## Resumen

## Homogenización

### En los inicios...

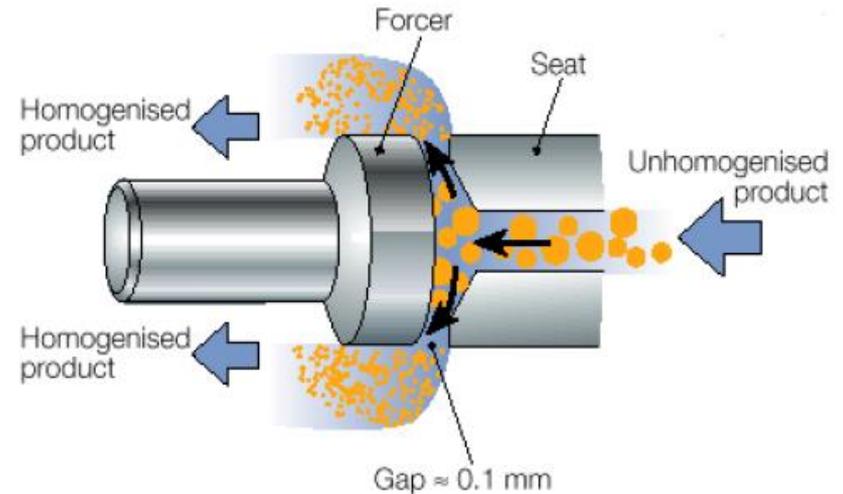
- Estabilidad a la grasa láctea
- Conservación prolongada
- Complemento a la higienización convencional



Gaulin, 1902

### Convencional Actual...

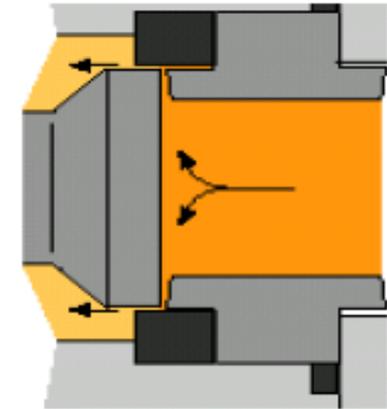
- Estabilidad de emulsiones
- Mejorar el sabor
- Mejorar la textura



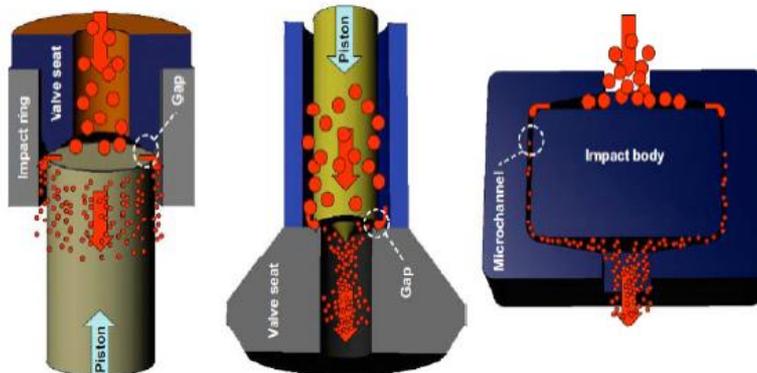
# Homogenización

## En los 80's... HPH

- Presiones hasta 150 MPa
- Emulsiones **más estables**
- **Mejor textura** en alimentos (yogures)
- Diminución **parcial** de carga microbiana



**Detalle Válvula HPH**



**Nuevos diseño en sistemas → 400 MPa**

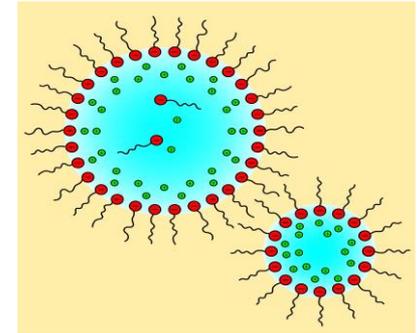




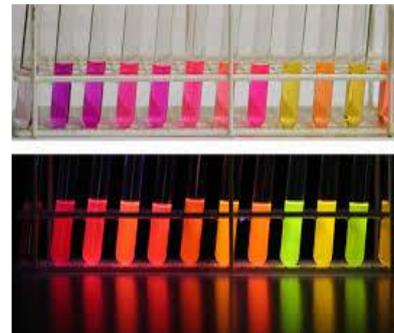
Estabilidad  
Microbiológica y  
Enzimática



Mejores Texturas

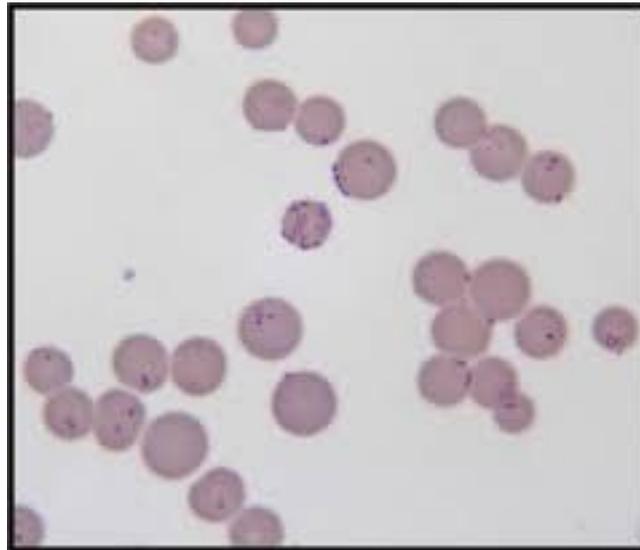


Nuevas  
Emulsiones



Compuestos  
Bioactivos

# Control Microbiológico y Enzimático



# Control Microbiológico y Enzimático

“Varios estudios se han centrado en pasar de un producto pasterizado a uno esterilizado” (Zamora & Guamis, 2014)

## HIDROSTATIC HPP PROCESS

### Tratamientos Térmicos...

- Disminución de la calidad nutricional.

Complejo B, Antioxidantes, Proteínas

- Modificación de la calidad sensorial

(Frescura y Off-Flavors).

- No Amigable con Medioambiente.

(Patrignani & Lanciotti, 2016; Zamora & Guamis, 2014)



## Tratamiento HPP Hidrostático

- Debe **homogenizarse previamente**
- Procesamiento por lotes, alcanza **600 MPa**
- **Alto costo** del equipo (contenedor y bombas)
- **No genera modificaciones físicas** (homogenización)

### ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE UNA UNIDAD DE HPP:



## UHPH Dinámico - Estudios

### Efectos Microbiológicos

- **Letalidad para Listeria** y Salmonella, **Zumos de Uva y Naranja** (Velázquez-Estrada et al., 2013).
- **Esterilidad comercial** en **leches de soya**, en comparación con la pasteurización y UHT. (Poliseli-Scopel et al., 2012).
- **Disminución de Bacillus** en leche entera (Amador Espejo et al., 2014).
- **Eliminación de esporas** de Alicyclobacillus en **Zumo de Naranja** (Roig-Sagués et al., 2015)-

### Efectos Enzimáticos

- **Disminución de la Actividad:** Fosfatasa **Alcalina y Lactoperoxidasa**. (Pinho et al., 2011)
- **Disminución de la Pectinmetilesterasa** (PME) y microorganismos en zumos de naranja. 200-300 MPa, 20°C. (Velázquez-Estrada et al., 2012).

## Eliminación Microbiológica

### Microscopía Electrónica de Transmisión

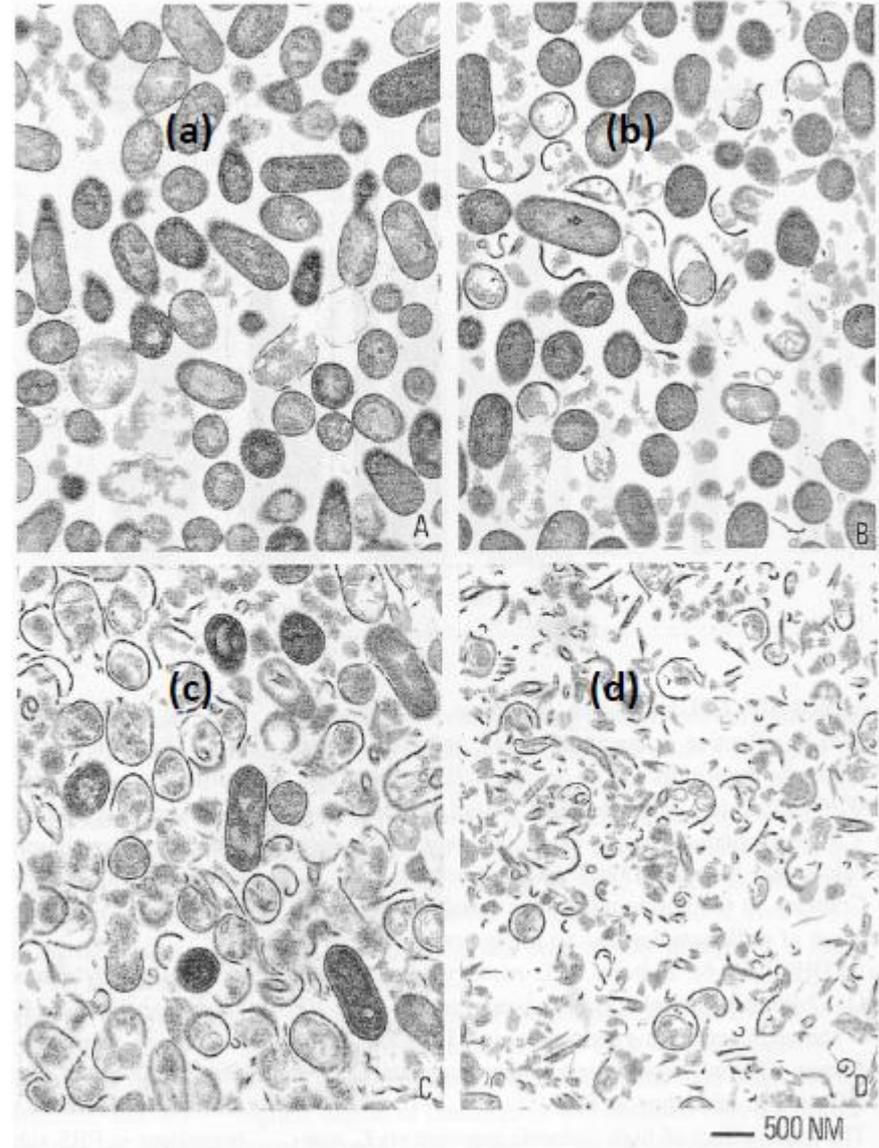
Listeria monocytogenes inoculada en Leche.

(a) Células no tratadas.

(b, c, d) Células tratadas a 100, 200 y 300 MPa – 25°C.

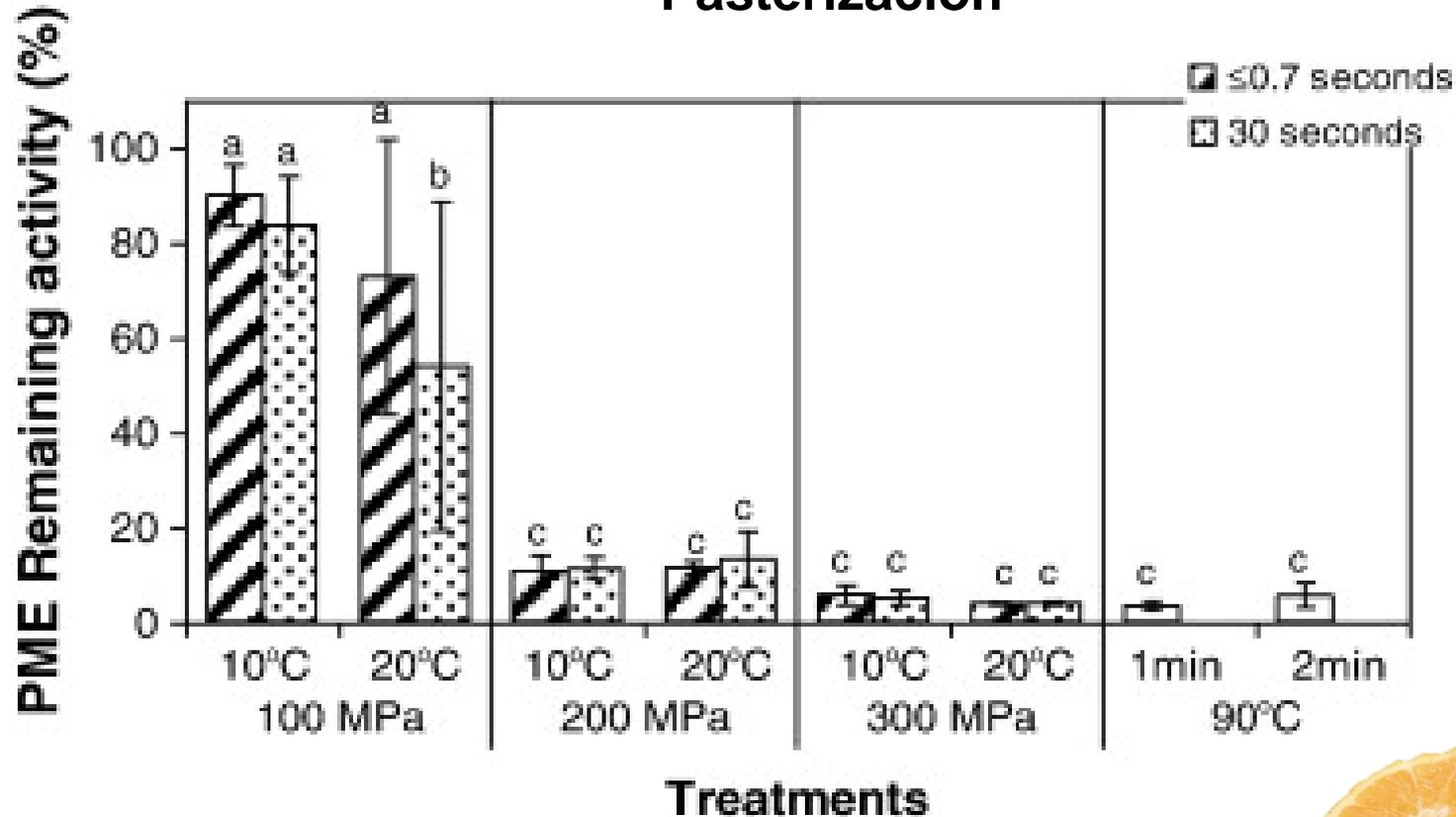
(Vachon et al., 2002).

Los mejores tratamientos fueron 200 y 300 MPa, **después de 3 pases.**



## Inhibición Enzimática: Polimetilestearasa

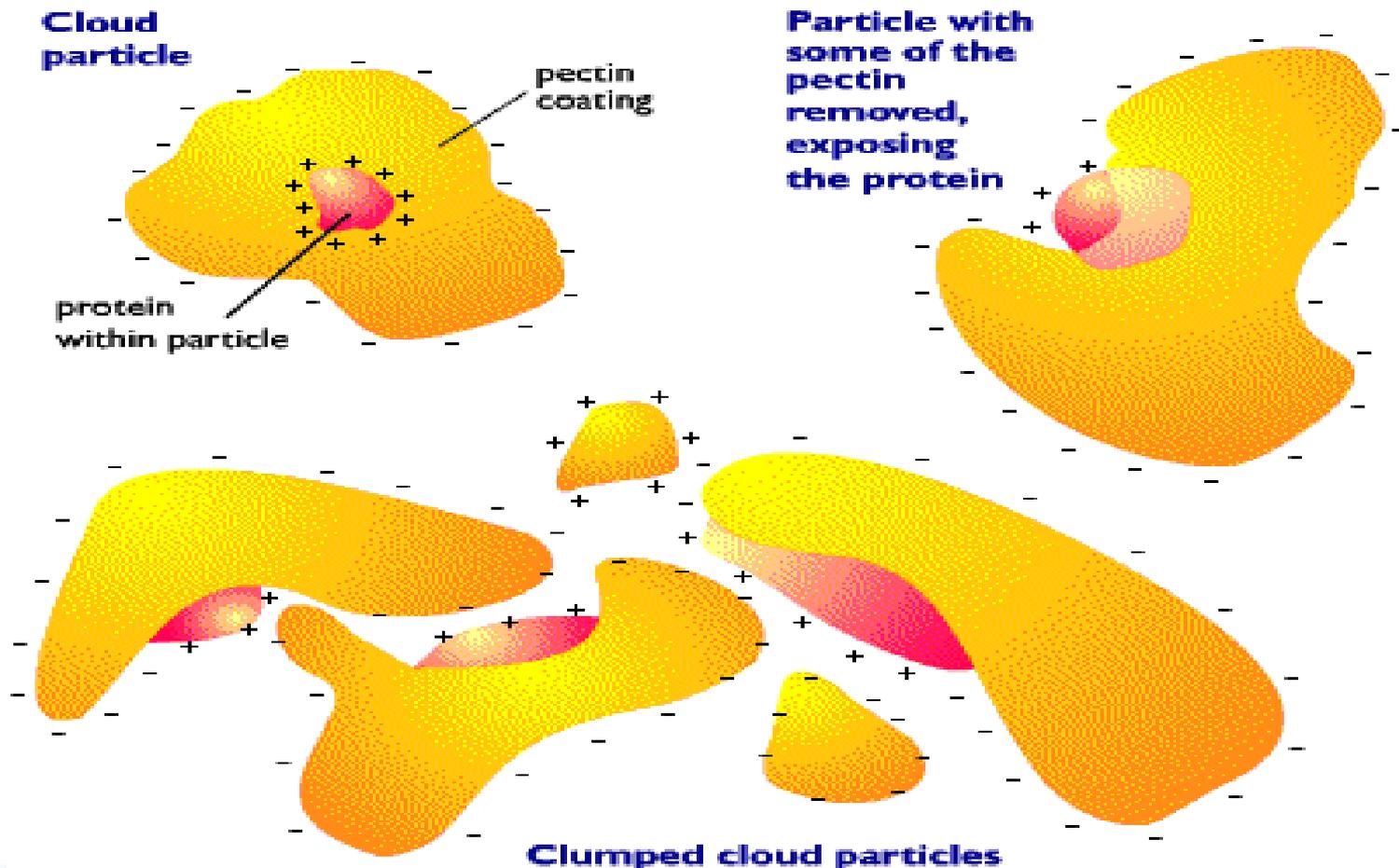
### Actividad residual de la PME en zumos de naranja tras UHPH y Pasterización



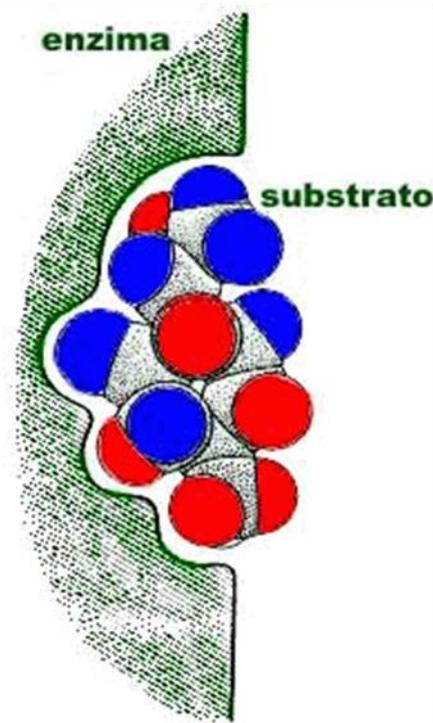
Tomado de: Velázquez-Estrada et al., 2012

## Inhibición Enzimática

### Mecanismo de Clarificación de jugos con pectinasas



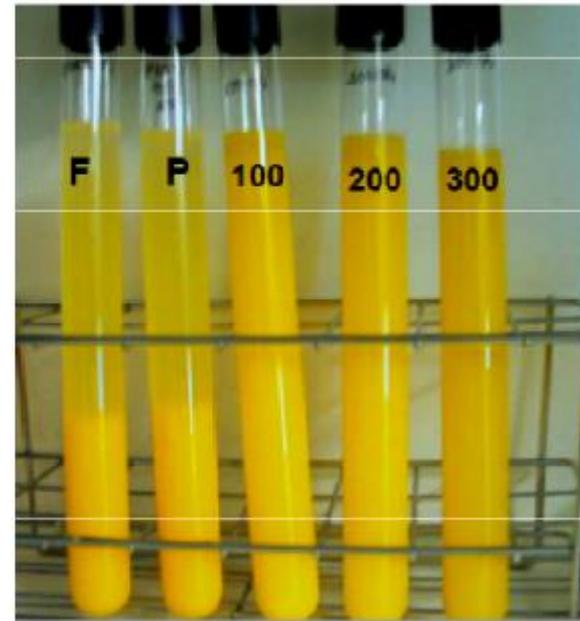
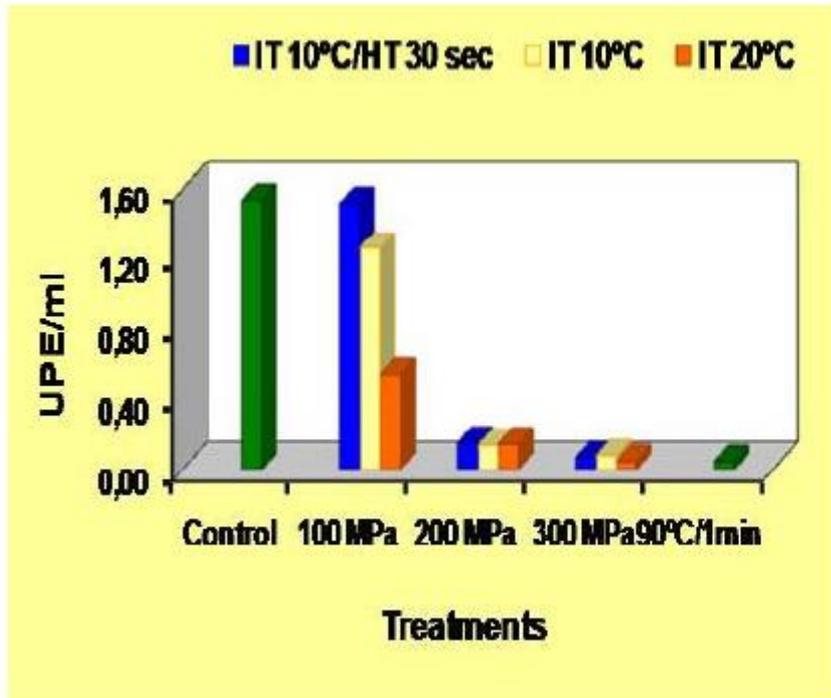
## Inhibición Enzimática



La reactividad enzimática depende de la **integralidad de la enzima**. Por ser de origen proteico, modificando su estructura (con tratamientos físicos como la UHPH), se puede **influir en el aumento o inhibición de la actividad**.

La modificación de la estructura 4 y 3 expone o **modifica el sitio activo**. (Velazquez-Estrada et al., 2012)

## Actividad residual de la PME en zumos de naranja tras UHPH y Pasterización



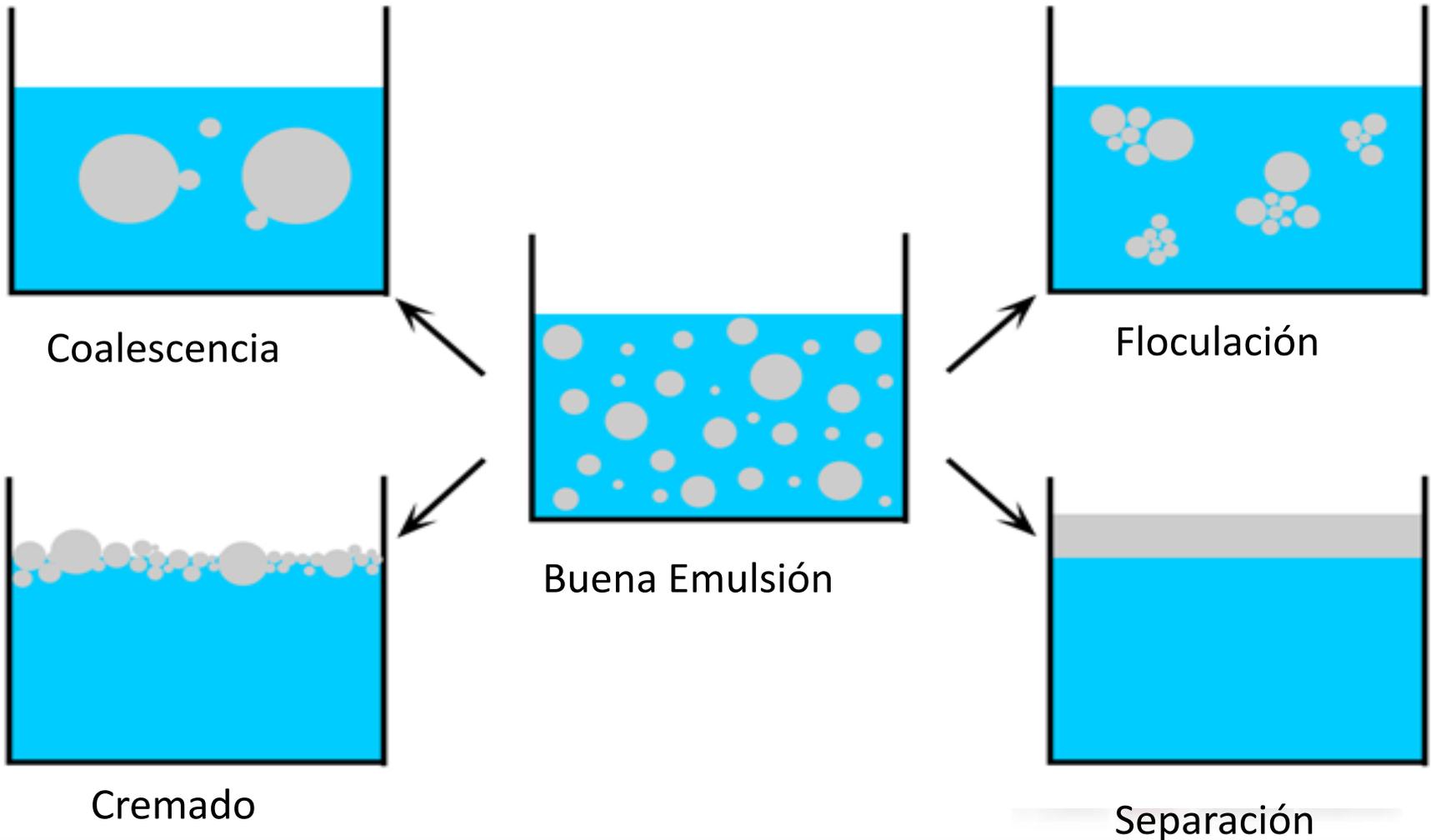
Tomado de: Velázquez-Estrada et al., 2012



# Emulsiones Alimentarias y Farmacéuticas



## Emulsiones Alimentarias y Farmacéuticas



## Últimos Estudios

- Incrementa la **estabilidad** al **cremado**, incluso tras **congelación**.  
(Cortés-Muñoz et al., 2009).
- **Estabilidad al cremado**, mayor agregación de proteína (**suero lácteo**) en la interfase, **menor tamaño de partícula** (Hebishy et al., 2015)
- Con proteína **aislada de soya**, disminuye el tamaño de partícula, aumenta la estabilidad al cremado, **disminuye la oxidación lipídica**.  
Tener precauciones con alta concentración de proteína y  $P > 200$  MPa. (Fernandez-Avila & Trujillo, 2016)
- Emulsiones estabilizadas con UHPH, a 200 MPa, son estables, con **5% Caseinato**. (Hebishy et al., 2017)

## Homogenización

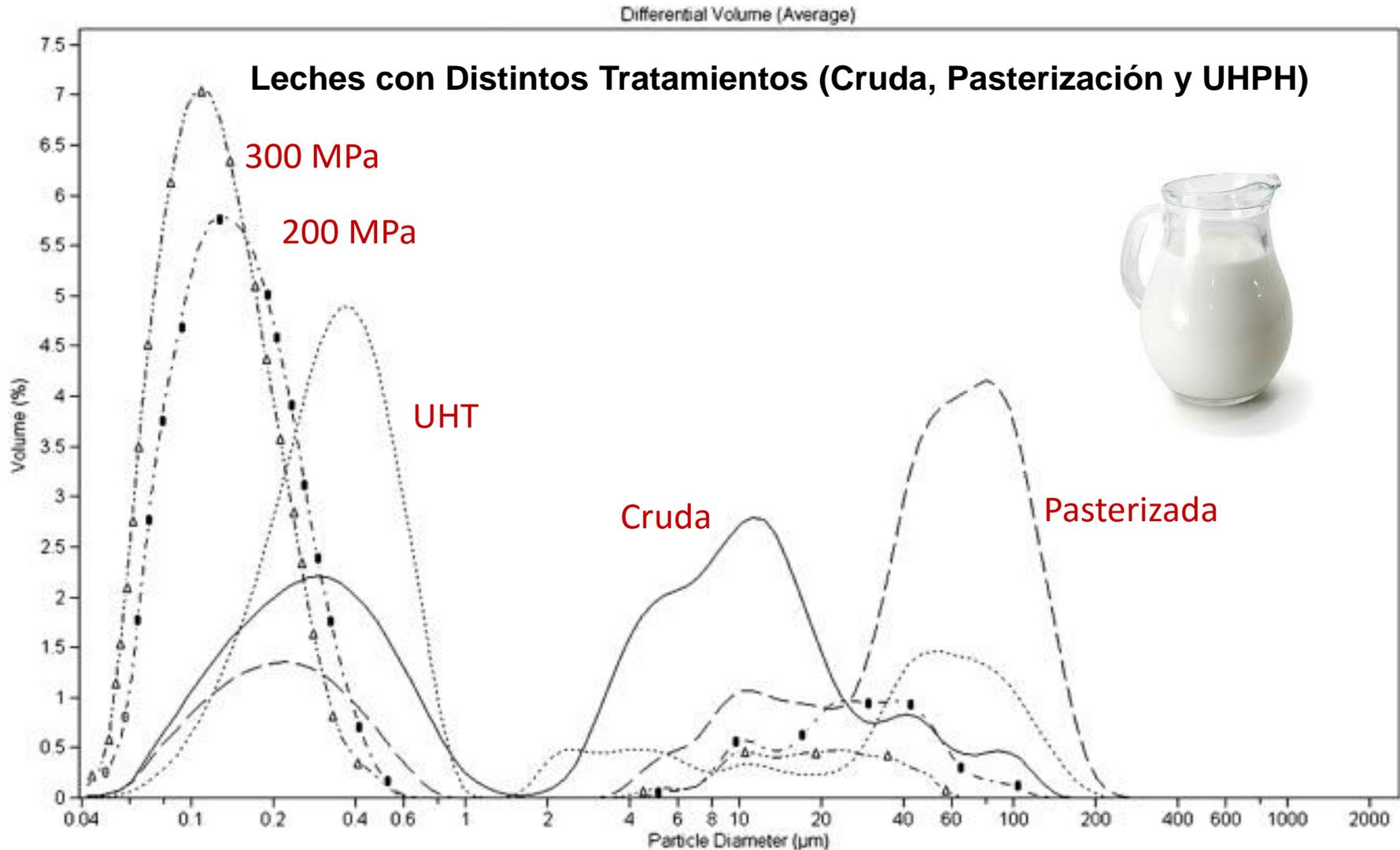


Fig. Particle size distribution as determined by light-scattering of raw (—), pasteurized (---), UHT (...), 200 MPa, 75 °C Ti (-●-) and 300 MPa, 75 °C Ti (-Δ-).

# Emulsiones Alimentarias

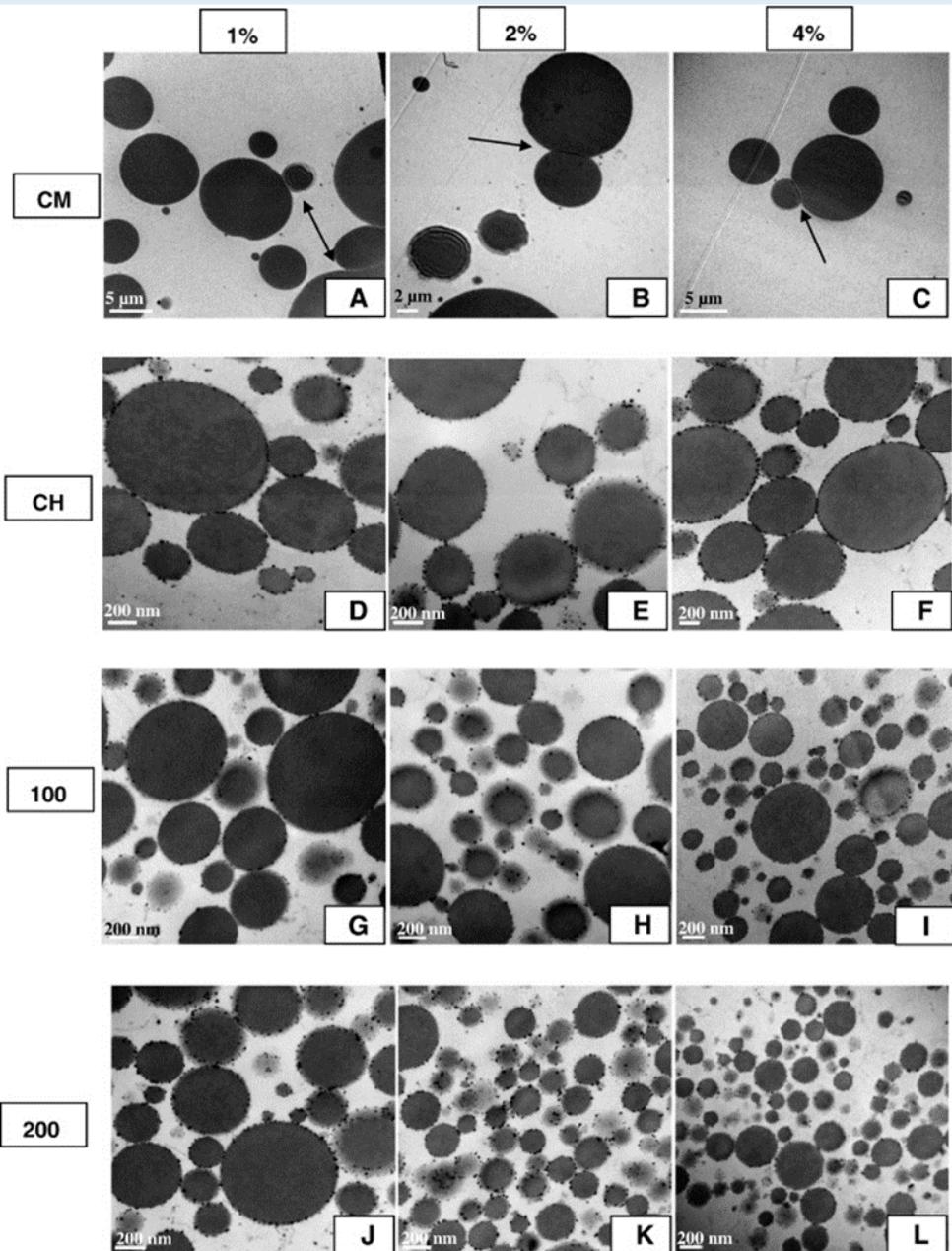
Emulsiones con  
Aceite de Oliva y  
Girasol (20%)



Imágenes TEM:

- Proteína aislada de **suero lácteo** (1, 2, 4%).
- CM: Pre-emulsión (5000rpm).
- CH: Homogenización Convencional (15MPa).
- UHPH: 100MPa y a 200 MPa

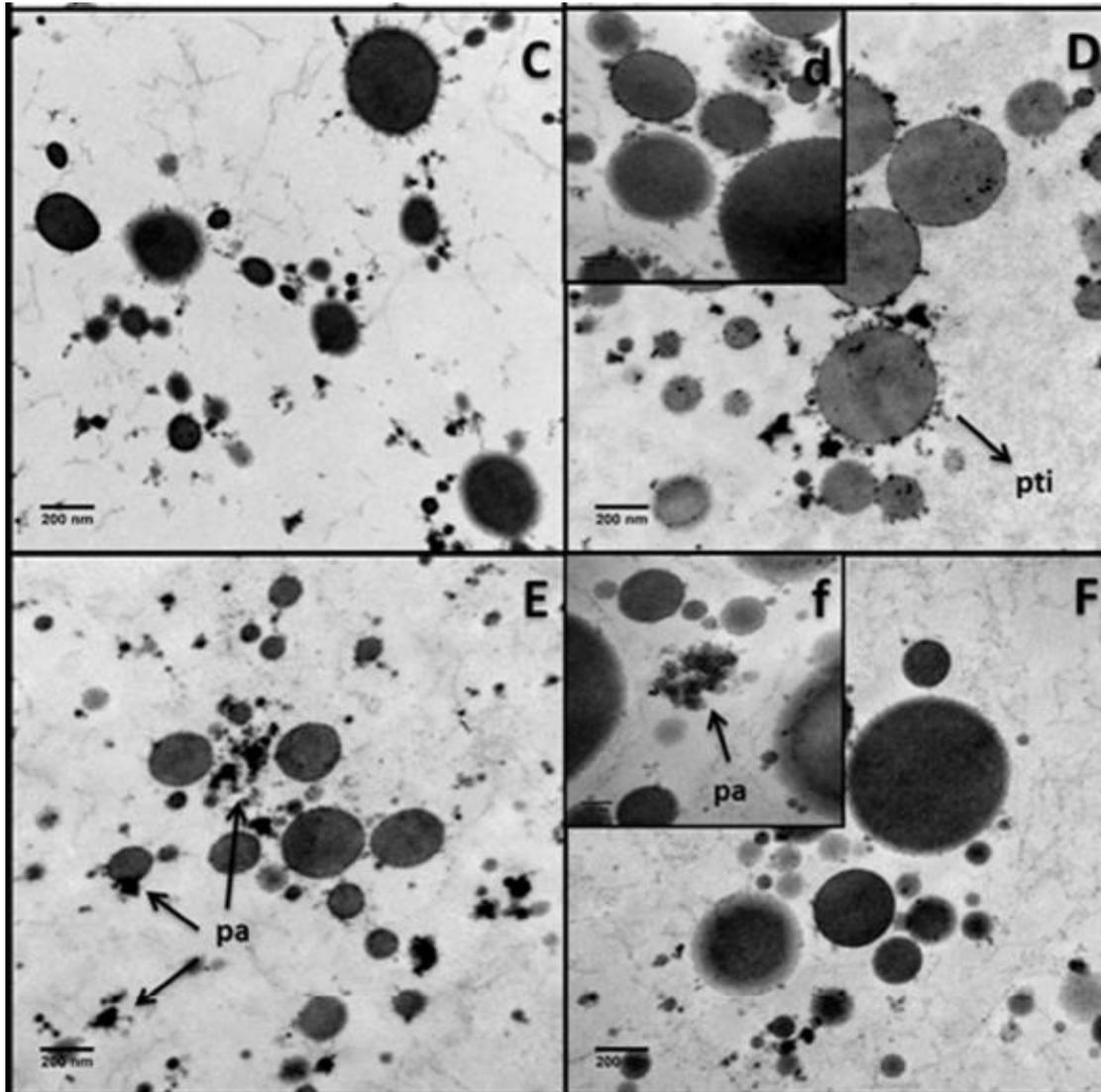
Tomado de: Hebishy et al., 2015



# Emulsiones Alimentarias

10% Aceite

20% Aceite



Emulsiones con aceite de soya y 4% de **Proteína de Soya**

← 200 MPa

← 300 MPa

- Formación de agregados y colas.
- 100 MPa, protege lipoxidación
- 300MPa propenso a oxidación.

# Imágenes TEM

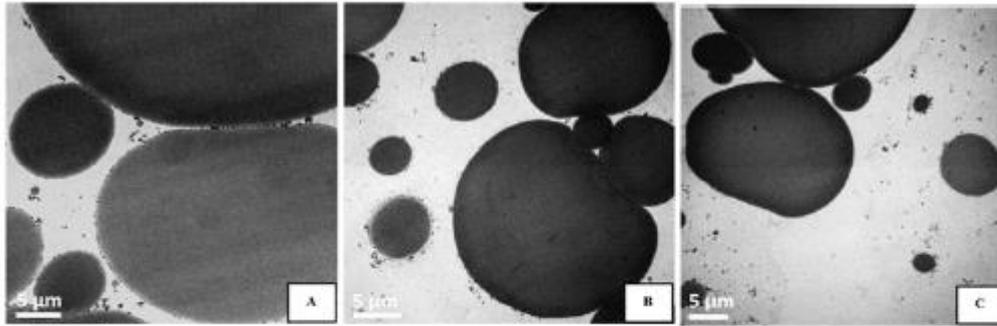
## Caseinato de Sodio

## Emulsiones Alimentarias

1%

2%

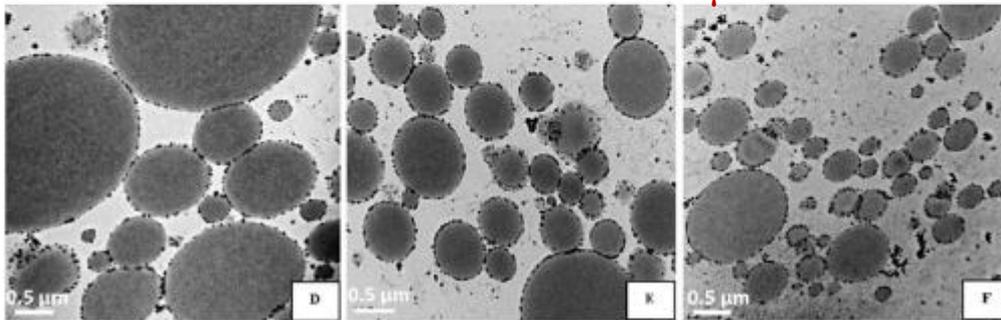
5%



Pre-Emulsiones  
Girasol y Oliva (20%)

CM

5 μm



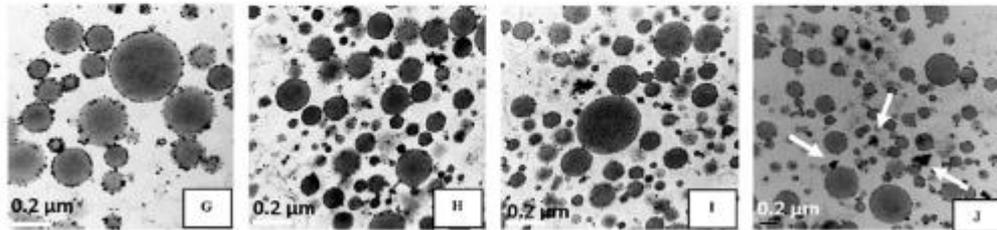
Homogenización Convencional,  
son estables con **1% Caseinato**

CH

**UHPH**

200 MPa

300 MPa



UHPH → Estable al cremado,  
**200 MPa + 5% Caseinato** →  
estabilidad al cremado y a la  
lipoxidación

2 μm

(Tomado de: Hebshy et al., 2017)

# Protección de Compuestos Bioactivos



## Colombia, fuente de compuestos bioactivos

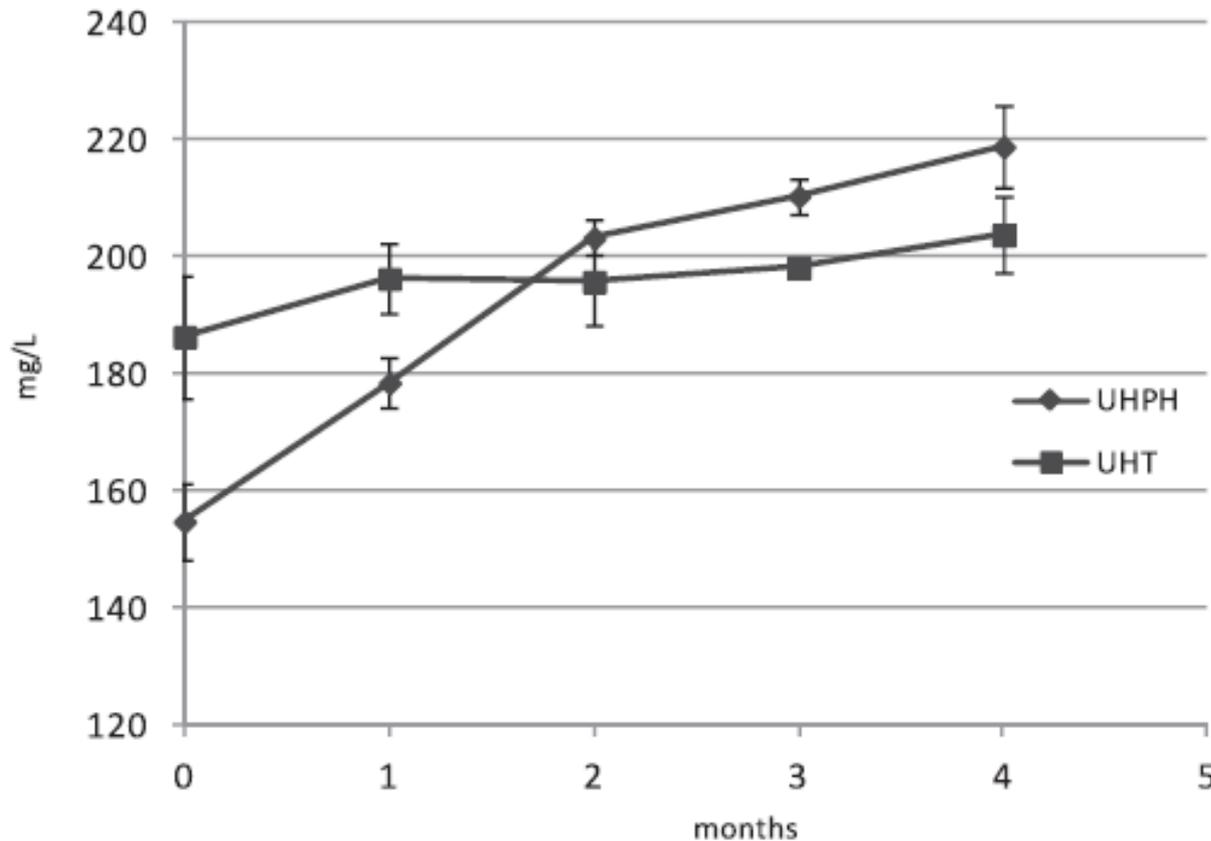
- Protección contra enfermedades
  - Vitaminas, antioxidantes.
- Antienvejecimiento (Radicales libres)
- Aprovechamiento de Subproductos
- Consumo > de hortalizas
- Centrados en extracción.



## Últimos Estudios

- Conserva la **capacidad antioxidante**, contenido de **polifenoles** y **vitaminas**, en mayor proporción que la **pasterización** en **zumos de manzana**. (Suárez-Jacobo et al., 2011).
- Conserva en **mayor proporción el contenido de Vitamina C**, que los tratamientos térmicos en zumos de naranja. (Velázquez-Estrada et al., 2013).
- **Mejora** el contenido **en fitoesteroles e isoflavonas** en **bebida de soya** (mejora la extracción). (Toro-Funes et al., 2014).
- **Conserva el contenido de vitaminas hidrosolubles** (Complejo B y Vita C) en leches, **mejor** que los tratamientos **térmicos**. (Amador-Espejo et al., 2015).
- **Efecto protector y estabilizante del ácido linoleico conjugado (CLA O-6)** en emulsiones, para **agregar en productos lácteos**. (Fernandez-Avila & Trujillo, 2016).

## Evolución del contenido de Isoflavonas durante el Almacenamiento



**UHPH: 300 MPa, 75°C**

**UHT: 142°C, 6s**

Tomado de: Toro-Funes et al., 2014

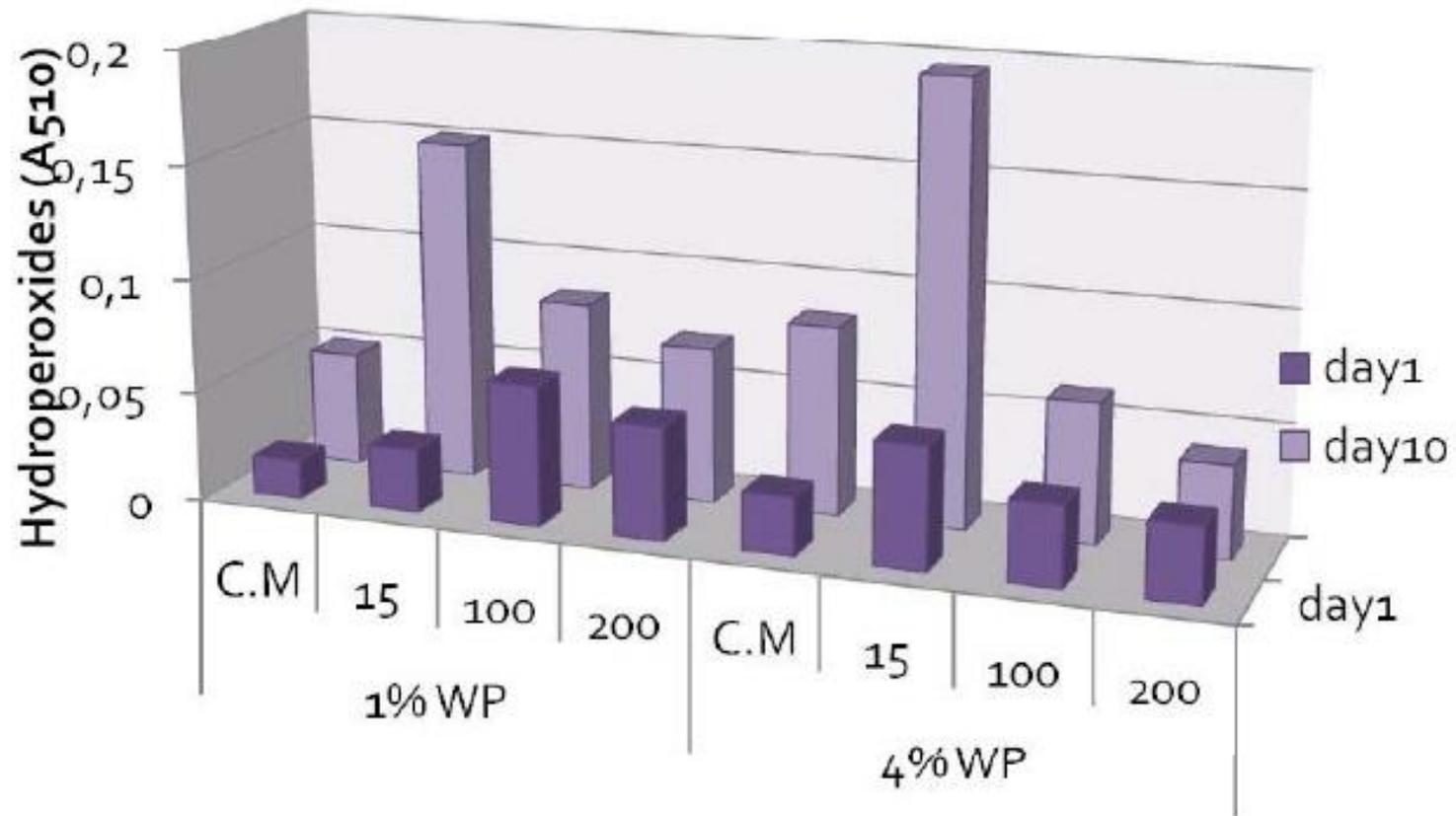
## Capacidad Antioxidante y Contenido de Polifenoles en Zumo de Naranja

Processing treatments	L-AA (mg/100 mL)	Polyphenols (mg/100 mL)	FRAP (mM)	TEAC (mM)
Fresh	54.21 ± 5.38 a	77.10 ± 12.23 a	9.70 ± 1.88 a	6.04 ± 0.92 a
100 MPa	53.28 ± 6.80 a	76.50 ± 10.82 a	8.59 ± 1.66 b	6.33 ± 0.92 a
200 MPa	51.74 ± 6.44 a	75.91 ± 9.68 a	8.67 ± 1.79 b	6.35 ± 0.98 a
300 MPa	48.41 ± 5.08 b	72.00 ± 10.30 a	8.11 ± 1.48 b	6.12 ± 0.91 a
Pasteurization (90 °C/1 min)	43.32 ± 5.01 c	62.43 ± 17.20 b	8.71 ± 1.36 b	5.58 ± 0.84 b



Tomado de: Velázquez-Estrada et al., 2013

## Estabilidad Oxidativa en emulsiones de aceites vegetales y de pescado



Tomado de: Hebishy, 2011

## Modificación de las Propiedades Físicas



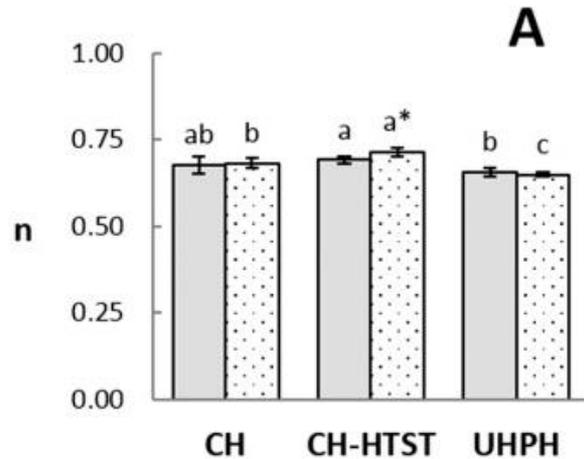
## Nuevas posibilidades en textura

- Mayor eficiencia del efecto proteico
  - Formación de geles.
- Modificación de las viscosidades (mayor fluidez)
- Suavidad y textura agradable (atributos sensoriales).

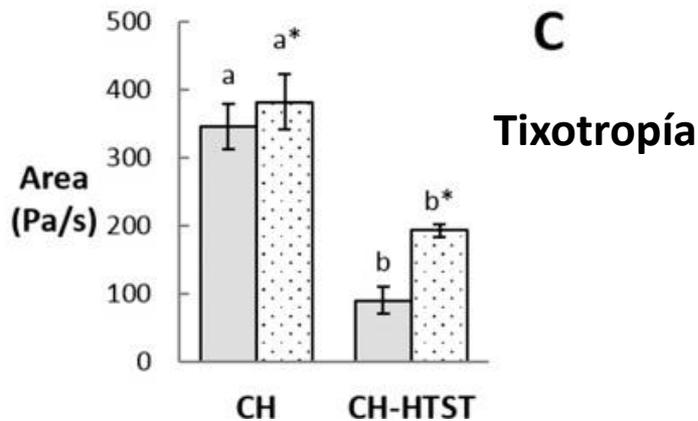
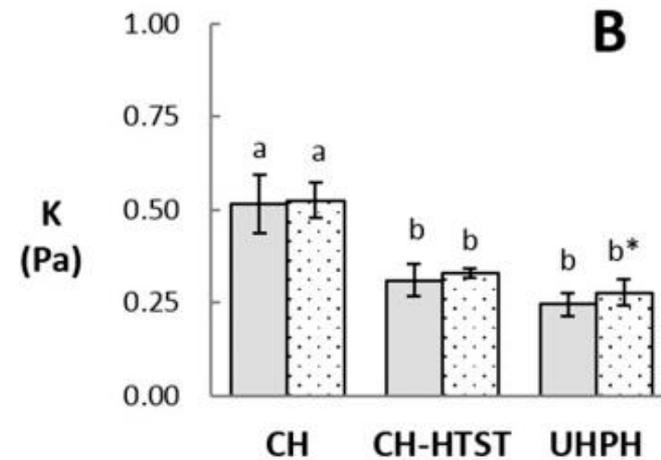


## Comportamiento Reológico de Emulsiones con O-6 (CLA)

### Índice de Comportamiento al Flujo



### Índice de Consistencia



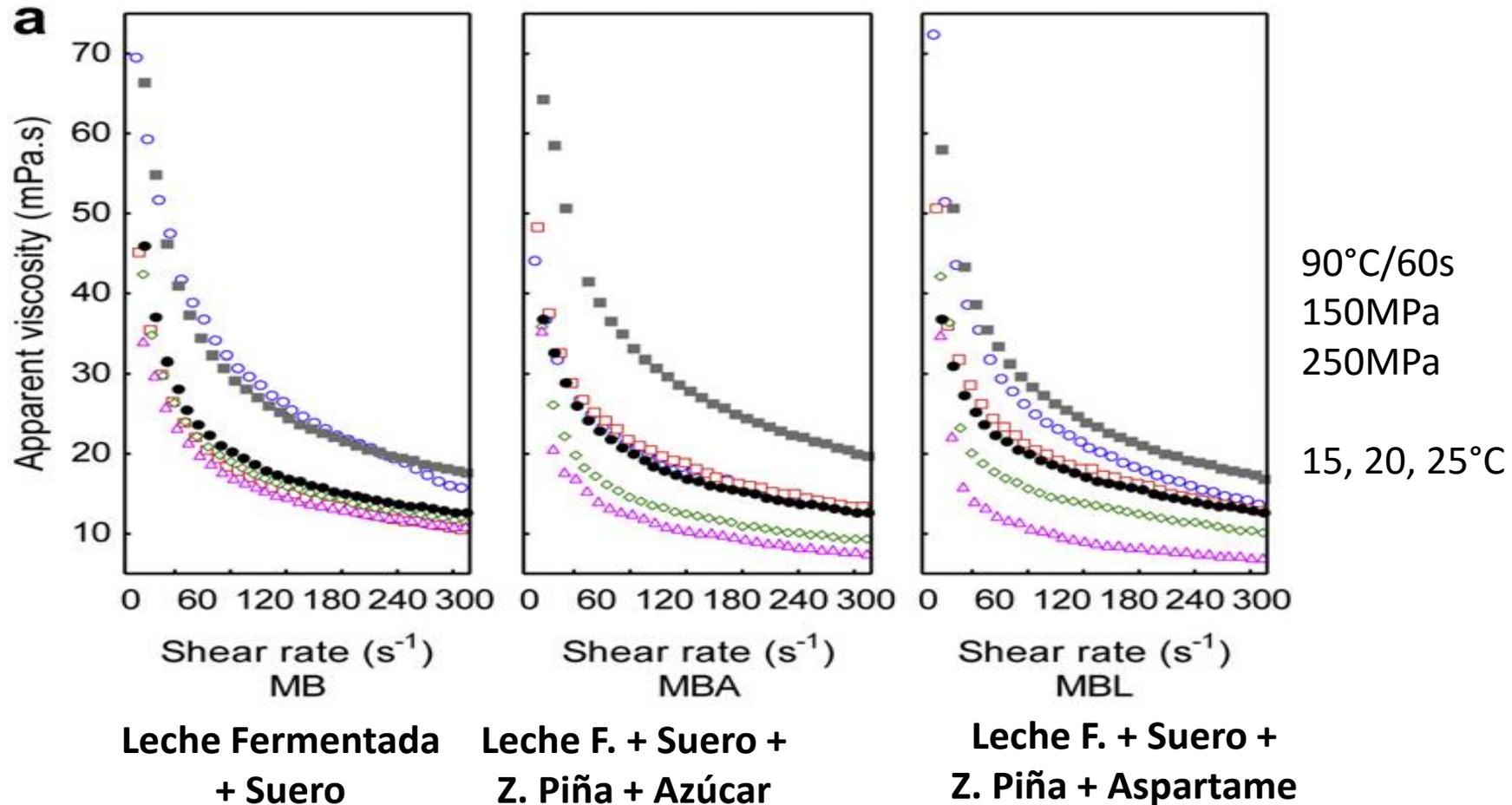
CH: Homogenización Convencional

CH-HTST: CH + Pasteurización

HHPH: 200MPa

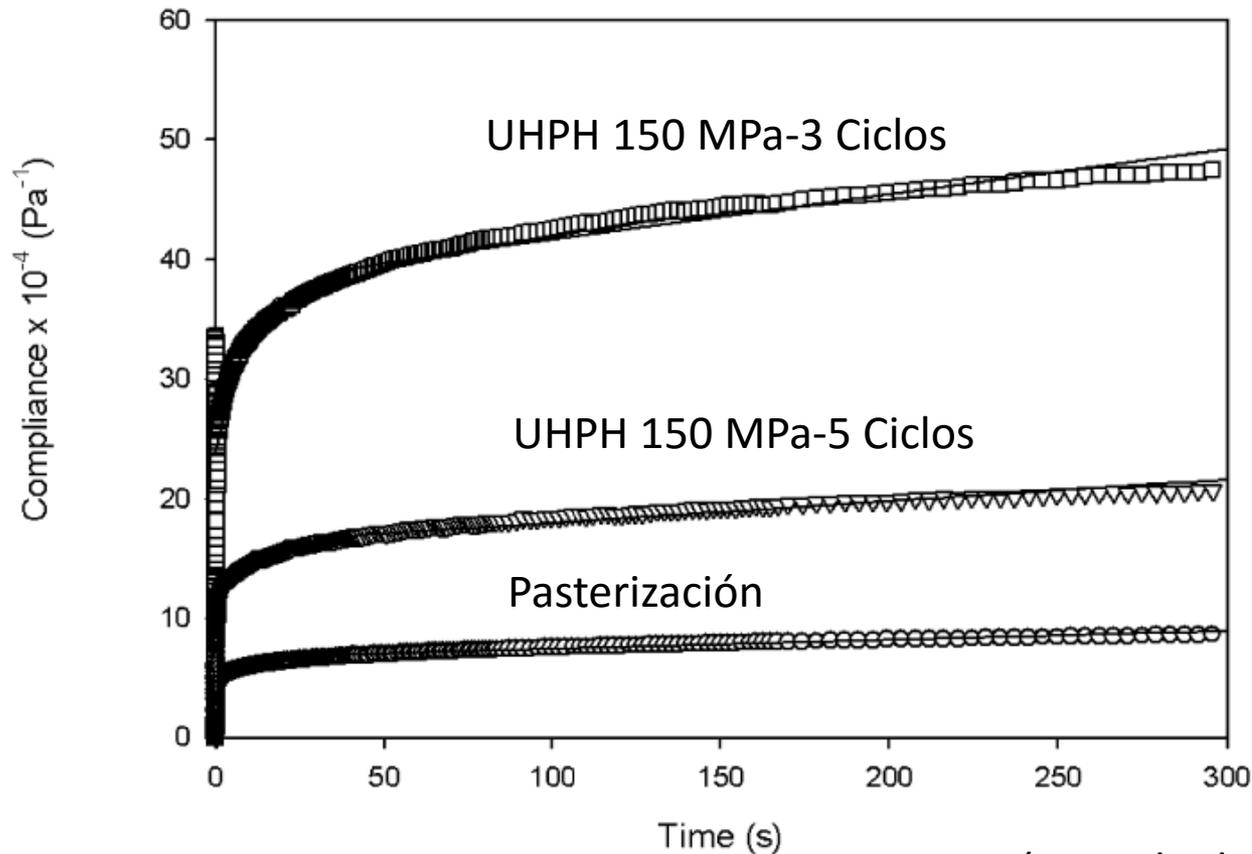
4% Proteína Aislada de Soya

## Comportamiento al flujo de bebidas fermentadas



Tomado de: Masson et al., 2011

## Ensayo de Creep-Compliance Geles de Soya (Toffu)



Bebidas tratadas antes de la gelificación

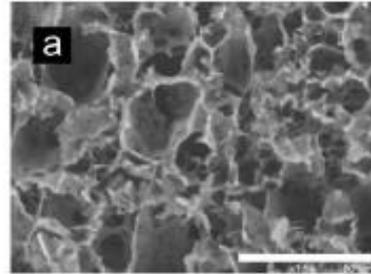
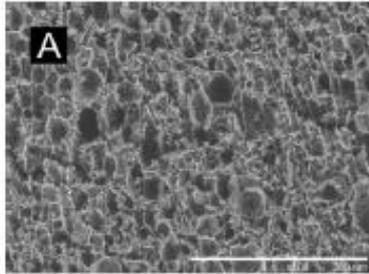
(Tomado de: Huang & Kuo, 2015)

## Imágenes SEM para Toffu

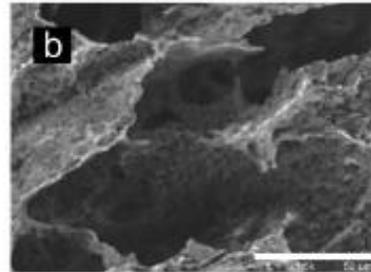
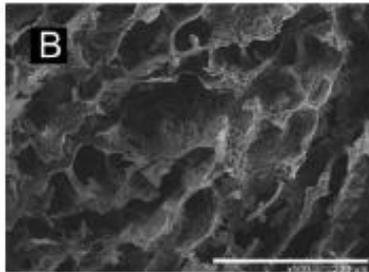
Pretratamiento de la Bebida de Soya

200 $\mu$ m

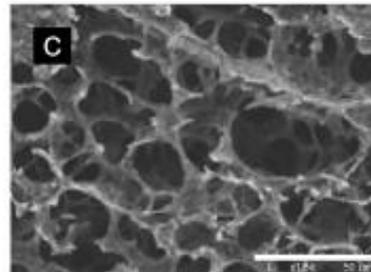
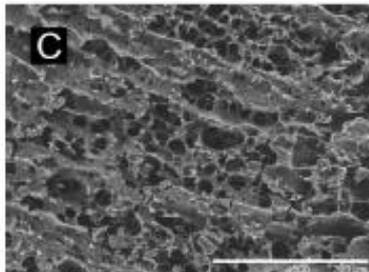
50 $\mu$ m



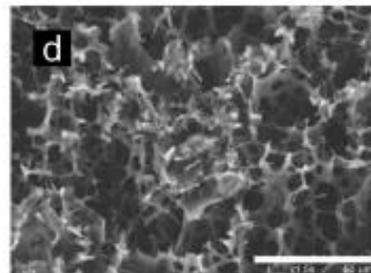
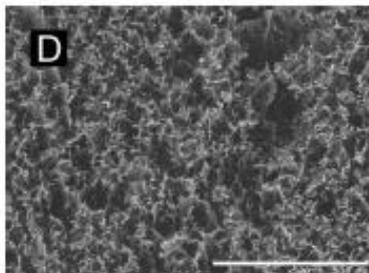
Pasterización



UHPH 150 MPa- 1 Ciclo



UHPH 150 MPa- 3 Ciclos



UHPH 150 MPa- 5 Ciclos

(Tomado de: Huang & Kuo, 2015)

# Conclusiones

## EFFECTOS EN SISTEMAS TRATADOS CON UHPH

1. Induce la inactivación microbiana y/o enzimática.
2. Cambia el tamaño de partícula produciendo emulsiones más finas y estables.
3. Modifica las propiedades reológicas.
4. Conserva atributos de calidad sensorial y nutricional.

## OTRAS VENTAJAS

1. Sistema continuo (posibilidad de envasado aséptico).
2. Ahorro energético.
3. Facilidad de limpieza y desinfección del sistema.
4. Posibilidad de desarrollo de nuevos productos.

**GRACIAS!**

# Bibliografía

- Amador Espejo, G. G., Hernández-Herrero, M. M., Juan, B., & Trujillo, A. J. (2014). Inactivation of *Bacillus* spores inoculated in milk by Ultra High Pressure Homogenization. *Food Microbiology*, *44*, 204–210.
- Amador-Espejo, G. G., Gallardo-Chacon, J. J., Nykänen, H., Juan, B., & Trujillo, A. J. (2015). Effect Of Ultra High-Pressure Homogenization on hydro- and liposoluble milk vitamins. *Food Research International*, *77*, 49–54.
- Cortés-Muñoz, M., Chevalier-Lucia, D., & Dumay, E. (2009). Characteristics of submicron emulsions prepared by ultra-high pressure homogenisation: Effect of chilled or frozen storage. *Food Hydrocolloids*, *23*(3), 640–654.
- Fernandez-Avila, C., & Trujillo, A. J. (2016). Enhanced stability of emulsions treated by Ultra-High Pressure Homogenization for delivering conjugated linoleic acid in Caco-2 cells. *Food Hydrocolloids*, 1–11.
- Hebishy, E., Buffa, M., Guamis, B., Blasco-Moreno, A., & Trujillo, A. J. (2015). Physical and oxidative stability of whey protein oil-in-water emulsions produced by conventional and ultra high-pressure homogenization: Effects of pressure and protein concentration on emulsion characteristics. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, *32*, 79–90.
- Hebishy, E., Buffa, M., Juan, B., Blasco-Moreno, A., & Trujillo, A.-J. (2017). Ultra high-pressure homogenized emulsions stabilized by sodium caseinate: Effects of protein concentration and pressure on emulsions structure and stability. *LWT - Food Science and Technology*, *76*, 57–66.

# Bibliografía

- Huang, Y. C., & Kuo, M. I. (2015). Rheological Characteristics and Gelation of Tofu Made from Ultra-High-Pressure Homogenized Soymilk. *Journal of Texture Studies*, 46(5), 335–344.
- Masson, L. M. P., Rosenthal, A., Calado, V. M. A., Deliza, R., & Tashima, L. (2011). Effect of ultra-high pressure homogenization on viscosity and shear stress of fermented dairy beverage. *LWT - Food Science and Technology*, 44(2), 495–501.
- Patrignani, F., & Lanciotti, R. (2016). Applications of High and Ultra High Pressure Homogenization for Food Safety. *Frontiers in Microbiology*, 7(August), 1132.
- Pinho, C. R. G., Franchi, M. A., Tribst, A. A. L., & Cristianini, M. (2011). Effect of Ultra High Pressure Homogenization on Alkaline Phosphatase and Lactoperoxidase Activity in Raw Skim Milk. *Procedia Food Science*, 1, 874–878.
- Poliseli-Scopel, F. H., Hernández-Herrero, M., Guamis, B., & Ferragut, V. (2012). Comparison of ultra high pressure homogenization and conventional thermal treatments on the microbiological, physical and chemical quality of soymilk. *LWT - Food Science and Technology*, 46(1), 42–48.
- Roig-Sagués, A. X., Asto, E., Engers, I., & Hernández-Herrero, M. M. (2015). Improving the efficiency of ultra-high pressure homogenization treatments to inactivate spores of *Alicyclobacillus* spp. in orange juice controlling the inlet temperature. *LWT - Food Science and Technology*, 63, 866–871.

# Bibliografía

- Suárez-Jacobo, Á., Rüfer, C. E., Gervilla, R., Guamis, B., Roig-Sagués, A. X., & Saldo, J. (2011). Influence of ultra-high pressure homogenisation on antioxidant capacity, polyphenol and vitamin content of clear apple juice. *Food Chemistry*, *127*(2), 447–454.
- Toro-Funes, N., Bosch-Fusté, J., Veciana-Nogués, M. T., & Vidal-Carou, M. C. (2014). Effect of ultra high pressure homogenization treatment on the bioactive compounds of soya milk. *Food Chemistry*, *152*, 597–602.
- Velázquez-Estrada, R. M., Hernández-Herrero, M. M., Guamis-López, B., & Roig-Sagués, A. X. (2012). Impact of ultra high pressure homogenization on pectin methylesterase activity and microbial characteristics of orange juice: A comparative study against conventional heat pasteurization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, *13*(JANUARY), 100–106.
- Velázquez-Estrada, R. M., Hernández-Herrero, M. M., Rüfer, C. E., Guamis-López, B., & Roig-Sagués, A. X. (2013). Influence of ultra high pressure homogenization processing on bioactive compounds and antioxidant activity of orange juice. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, *18*, 89–94.
- Zamora, A., & Guamis, B. (2014). Opportunities for Ultra-High-Pressure Homogenisation (UHPH) for the Food Industry. *Food Engineering Reviews*, *7*(2), 130–142. <http://doi.org/10.1007/s12393-014-9097-4>



Seminario

# HOMOGENIZACIÓN POR ULTRA-ALTA PRESIÓN

## Aplicación de la UHPH en la Industria Alimentaria

Ph.D. Juan Diego Torres Oquendo

