



KØBENHAVNS
UNIVERSITET

Lati
tud



FUNDACIÓN LATU



C I D C A



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA

Procesamiento wet-mix y su impacto en las propiedades tecno-funcionales de fórmulas infantiles

Simposio INNOVA

2 de octubre de 2019

**Mariana Rodríguez
Arzuaga**

Diferencias composicionales



Caseína/Suero
= 80/20
 β -Lg > 50 %

Caseína/Suero
= 40/60
 β -Lg: ausente

Componente	Leche de vaca	Leche materna
Proteína (g/100 mL)	3,4	1,0
Grasa (g/100 mL)	3,6	3,6
Lactosa (g/100 mL)	4,7	7,2
Oligosacáridos (g/100 mL)	Trazas	1,3
Sólidos totales (g/100 mL)	12,7	12,2

Fuente: Fox et al. (2015); Coppa et al. (2006).



Declaración Organización Mundial de la Salud 15/1/2011:

“La OMS recomienda a todas las madres la lactancia materna exclusiva durante los primeros seis meses, con el fin de ofrecer a sus hijos un crecimiento, desarrollo y salud óptimos.”



Leche materna no siempre disponible o suficiente



Leche bovina no adecuada para alimentar lactantes



FÓRMULAS INFANTILES





- **PREPARADOS PARA LACTANTES (TIPO I)**

Codex Stan 72-1981:

“El preparado para lactantes es un sucedáneo de la leche materna especialmente fabricado para satisfacer, por sí solo, las necesidades nutricionales de los lactantes durante los primeros meses de vida, hasta la introducción de una alimentación complementaria apropiada”

- **PREPARADOS DE CONTINUACIÓN (TIPO II)**

Codex Stan 156-1987:

“Por preparados complementarios se entiende todo alimento destinado a ser utilizado como parte líquida de una ración de destete para lactantes a partir del sexto mes y para los niños pequeños”

Fórmulas infantiles

TIPOS DE FÓRMULAS



A base de leche de vaca



A base de soja (sin lactosa)



Leches especiales

Leche de vaca sin lactosa
Proteínas modificadas
Para prematuros o bajo peso



Fórmulas infantiles

- El mercado global de FI representó US\$ 47.000 millones en 2018.*
- Se proyecta que supere los US\$ 90.000 millones en 2025.*



Nº madres que trabajan



Poblacional



Familias que pueden acceder al producto



Diversificación de productos



latitud.org.uy

*Fuente: Hexa Research



Fórmulas infantiles

FÓRMULAS LÍQUIDAS

- Listas para el consumo
- Concentradas



Rehidratación y dispersión



Homogeneización



Esterilización



Latitud
FUNDACIÓN LATU

latitud.org.uy

Fórmulas infantiles



latitud.org.uy

FÓRMULAS EN POLVO



Dry-blending process



Wet-mixing process



Rehidratación y dispersión



Tratamiento térmico



Homogeneización



Evaporación



Secado spray

Fórmulas infantiles



latitud.org.uy

DRY-BLENDING PROCESS

- ✓ No hay agua involucrada
- ✓ Bajo costo de producción
- ✗ Posible segregación
- ✗ Peor humectabilidad y solubilidad

WET-MIXING PROCESS

- ✓ Hay tratamiento térmico
- ✗ Mayor inversión y gasto energético
- ✓ Mayor homogeneidad
- ✓ Mayor control sobre la calidad del producto final



- Método wet-mix ineficiente desde el punto de vista energético.



TS en mezcla húmeda: - mejora eficiencia
- aumenta viscosidad

- El tratamiento térmico es un punto crítico del proceso.



intensidad TT: - seguridad microbiológica
- desnaturalización y agregación proteica
(con aumento de viscosidad)
- pérdida de nutrientes

Variar estos parámetros (TS y TT) puede derivar en:

- Fouling durante el proceso
- Pérdida de funcionalidad (emulsificación)
- Menor eficiencia en secado, afectando características del polvo.

OBJETIVOS

Estudiar el impacto de las condiciones de procesamiento, temperatura de tratamiento térmico y sólidos totales de la mezcla húmeda, en las propiedades tecnológicas, fisicoquímicas, funcionales y nutricionales de fórmulas infantiles.



latitud.org.uy

Fórmula modelo



latitud.org.uy

Ingredientes:

- Leche descremada en polvo
- WPI
- Lactosa
- Aceite de girasol
- Galacto-oligosacáridos
- Fructo-oligosacáridos

Componente	Concentración (g/100 g)
Proteína total (CAS/WP 40/60)	11,2
Lactosa	56,0
Grasa	28,0
GOS	4,32
FOS	0,48

Reglamento de la Comisión Delegada 2016/127. Comisión Europea.

Diagrama del proceso

Método wet-mix

ST= 50 %

ST= 60 %

75 °C x 18 s

100 °C x 18 s

Rehidratación y dispersión

Pasteurización

Homogeneización

Secado spray

Batch: 15 Kg

T= 65 °C

pH= 6,7

t= 15 min

Vacío

T~ 65 °C

P_{1era etapa} = 13 MPa

P_{2da etapa} = 3 MPa

Talim= 65 °C

T_{entrada aire} = 180 °C

T_{salida aire} = 85 °C



DISEÑO EXPERIMENTAL



latitud.org.uy

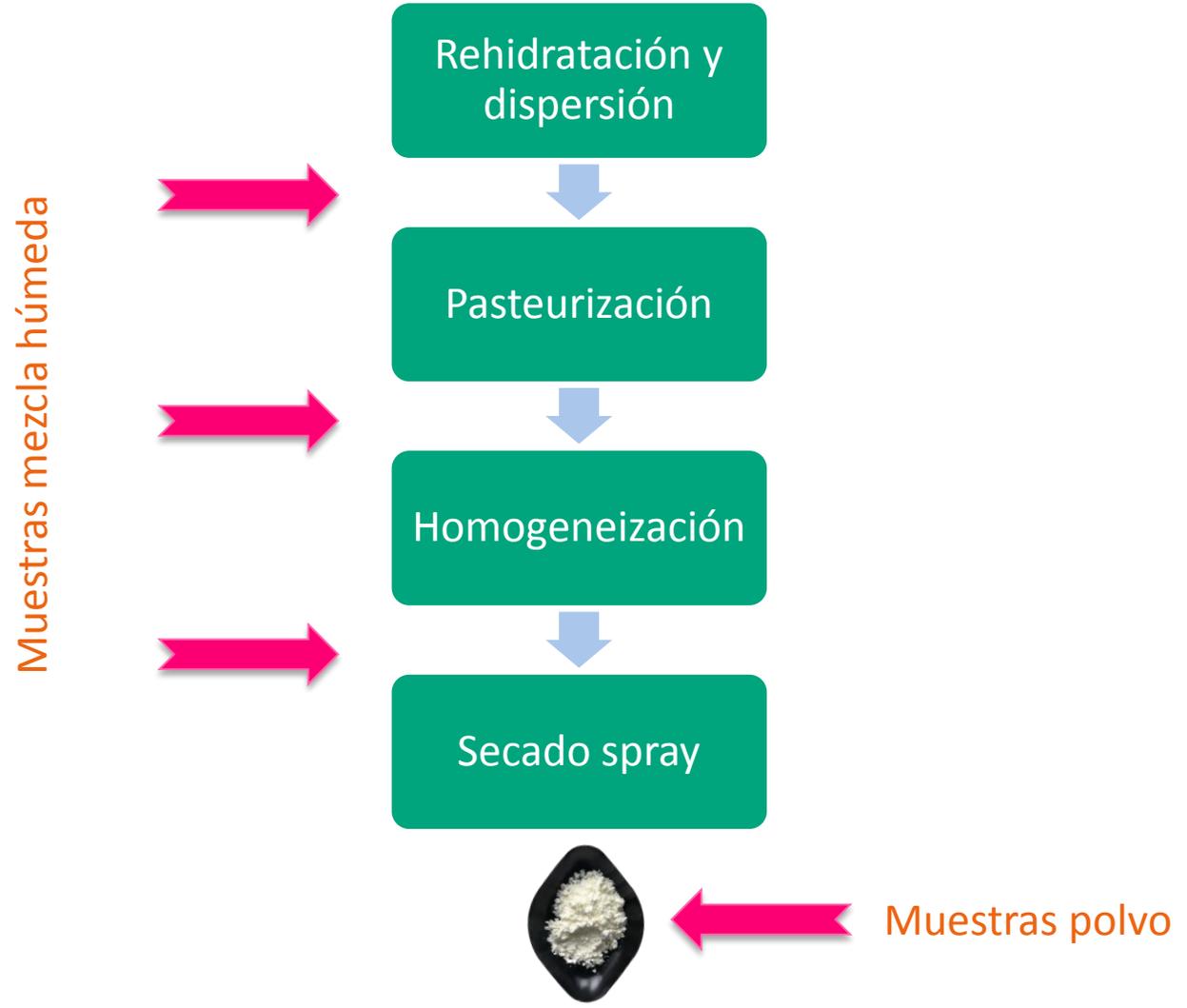
Condición	ST (%)	Temp. TT (°C)
1	50	75
2	50	100
3	60	75
4	60	100

Cada condición se elaboró por duplicado. Y cada producción se realizó en días independientes.

Diagrama del proceso



latitud.org.uy

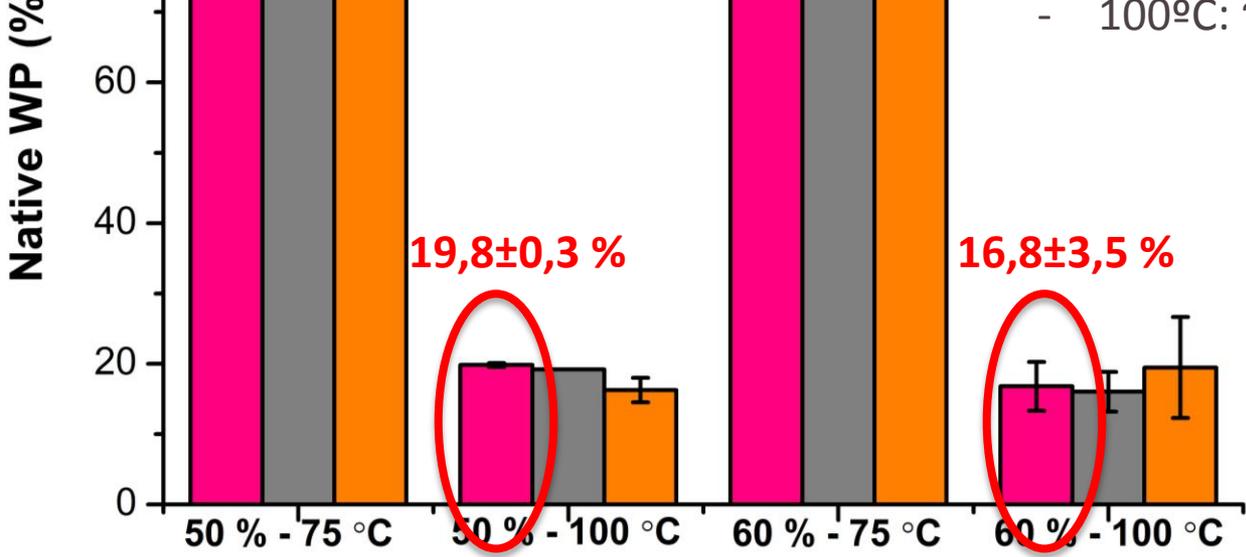


Desnaturalización de proteínas del suero



latitud.org.uy

- Muestras se llevaron a igual concentración proteica.
 - Se ajustó pH a 4,6 y se agitó por 30 min.
 - Se llevó a igual volumen en matraz aforado.
 - Se centrifugó a $9834 \times g$ por 30 min a $4^\circ C$.
 - Se filtró y se inyectó en HPLC fase reversa.
 - Se cuantificaron áreas de β -Lg y α -La.
- Área total después de dispersión = 100 %.



% desnaturalización en polvos:

- $75^\circ C$: ~ 10 %
- $100^\circ C$: ~ 80 %

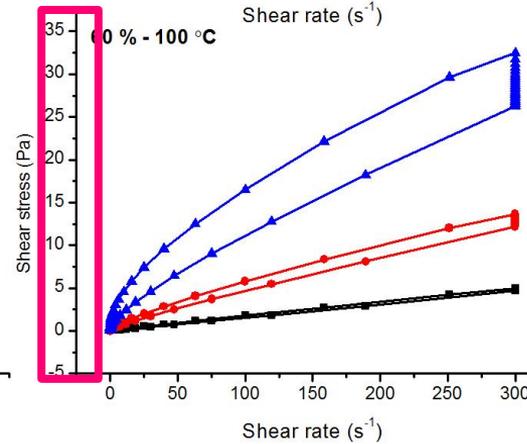
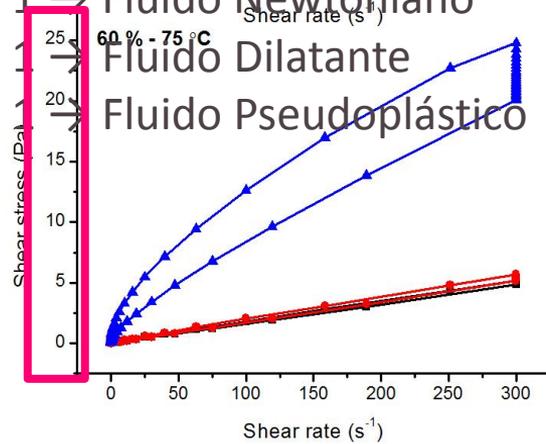
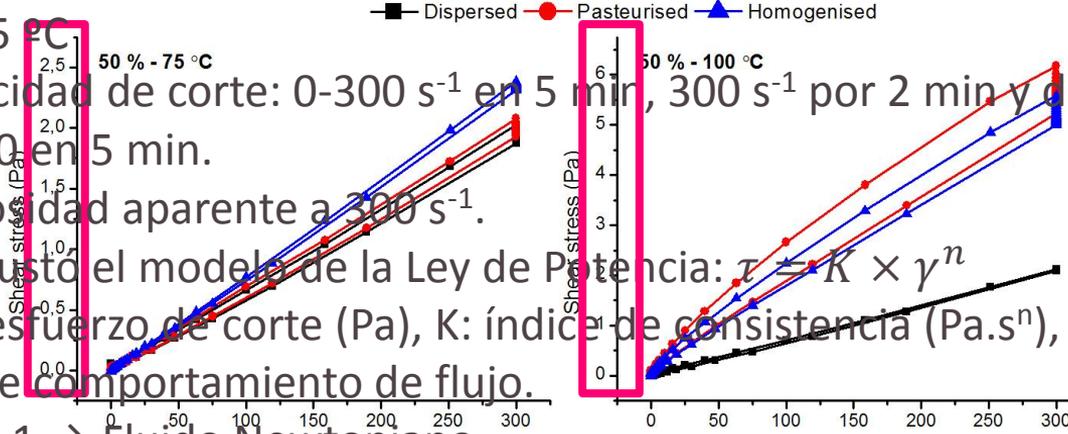
Parámetros reológicos

- Geometría: cilindros concéntricos
- T= 65 °C
- Velocidad de corte: 0-300 s⁻¹ en 5 min, 300 s⁻¹ por 2 min y de 300 s⁻¹ a 0 en 5 min.
- Viscosidad aparente a 300 s⁻¹.
- Se ajustó el modelo de la Ley de Potencia: $\tau = K \times \gamma^n$
 τ : esfuerzo de corte (Pa), K: índice de consistencia (Pa.sⁿ),
 índice de comportamiento de flujo.

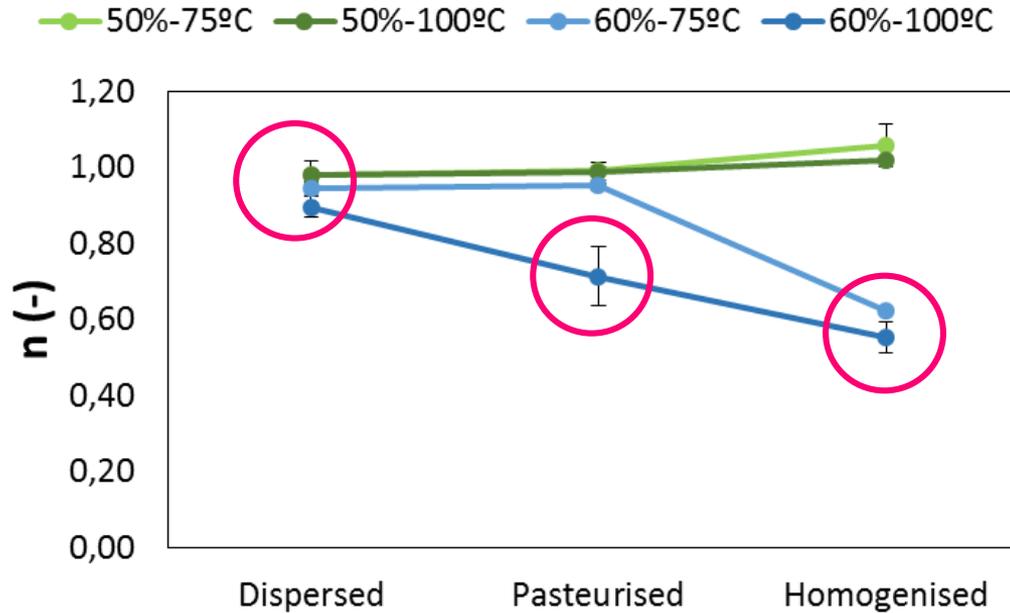
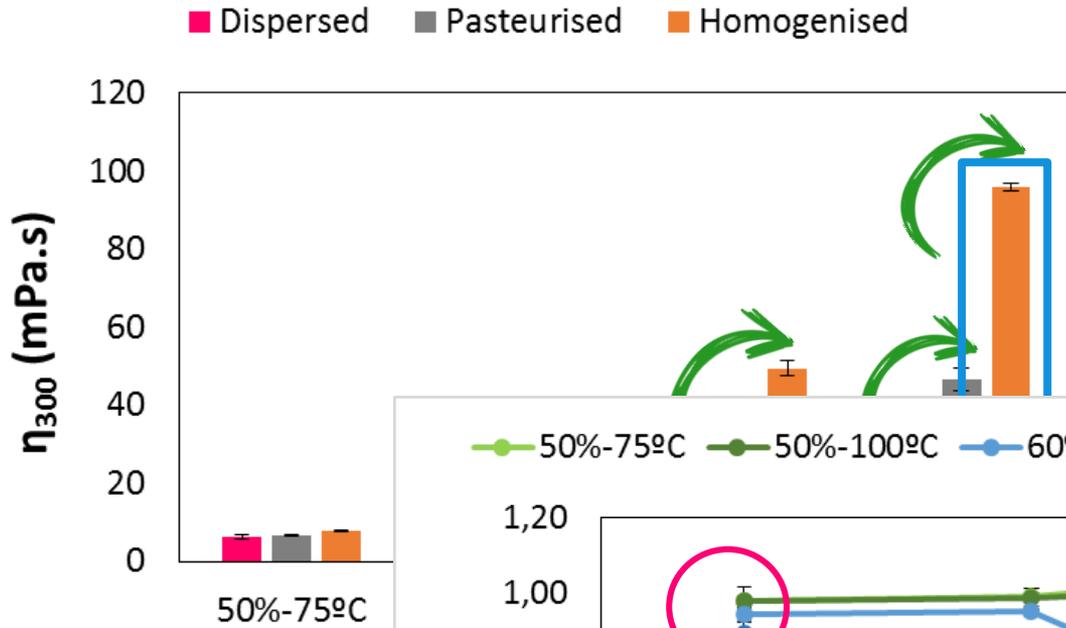
$n = 1 \rightarrow$ Fluido Newtoniano

$n > 1 \rightarrow$ Fluido Dilatante

$n < 1 \rightarrow$ Fluido Pseudoplástico

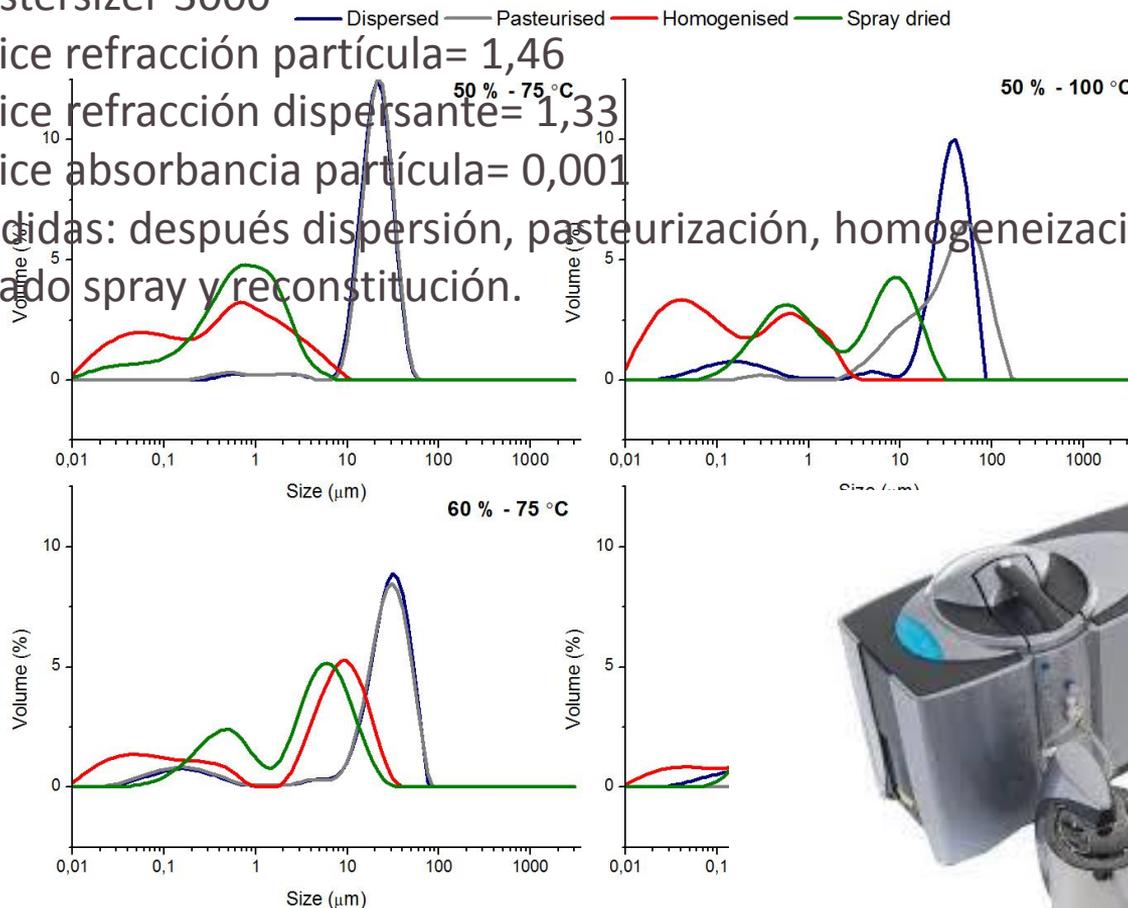


Parámetros reológicos



Tamaño de gota de aceite

- Mastersizer 3000
- Índice refracción partícula= 1,46
- Índice refracción dispersante= 1,33
- Índice absorbancia partícula= 0,001
- Medidas: después dispersión, pasteurización, homogeneización, secado spray y reconstitución.



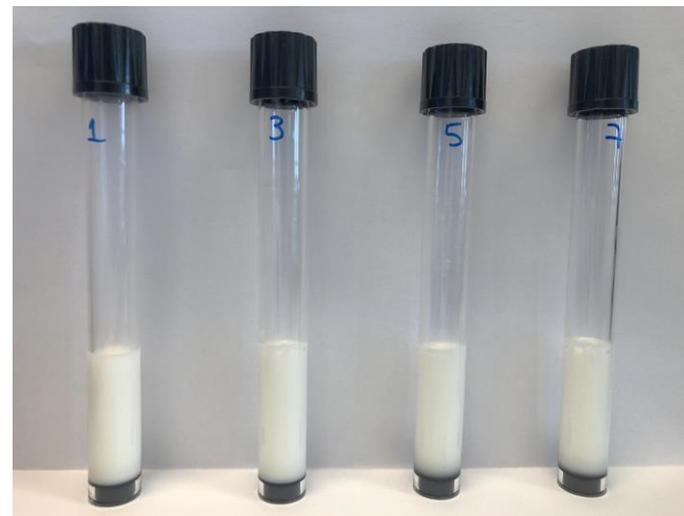
Estabilidad emulsión post- reconstitución

- Polvos reconstituidos.
- Turbiscan MA 2000.
- Se midió backscattering (%) en el tiempo.



 ↑ BS en la parte alta y ↓ en la parte inferior, indica aparición de crema en la superficie, como resultado de floculación y desestabilización de la emulsión.

 Todas las muestras fueron estables por al menos 2 horas.



Lisina disponible

LISINA DISPONIBLE (% EN BASE SECA)

Dye-binding method with Acid-orange 12 (Aalaei et al., 2016).

Condición	Post-dispersión	Post-pasteurización	Post-homogeneización	Post-secado spray
50%-75°C	0,70±0,03 ^{aA}	0,72±0,02 ^{aA}	0,70±0,01 ^{bA}	0,70±0,02 ^{aA}
50%-100°C	0,74±0,04 ^{aA}	0,74±0,01 ^{aA}	0,75±0,01 ^{aA}	0,51±0,02 ^{bB}
60%-75°C	0,70±0,01 ^{aA}	0,69±0,01 ^{aA}	0,69±0,01 ^{bA}	0,73±0,01 ^{aA}
60%-100°C	0,71±0,04 ^{aA}	0,71±0,01 ^{aA}	0,75±0,02 ^{aA}	0,43±0,06 ^{bB}

Letras minúsculas distintas indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre condiciones.

Letras mayúsculas distintas indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre etapas del proceso.

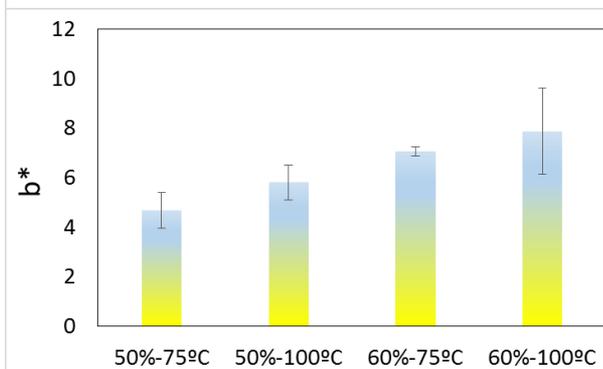
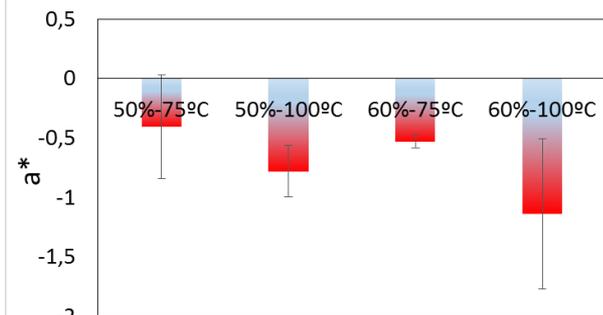
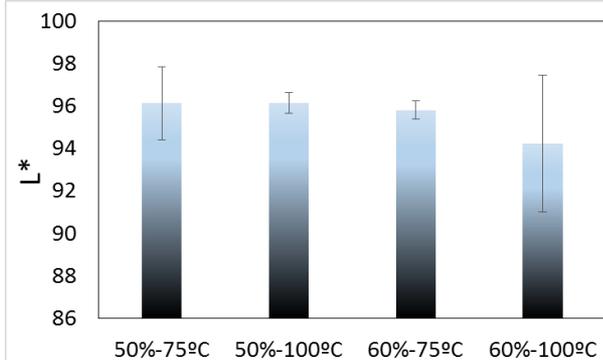
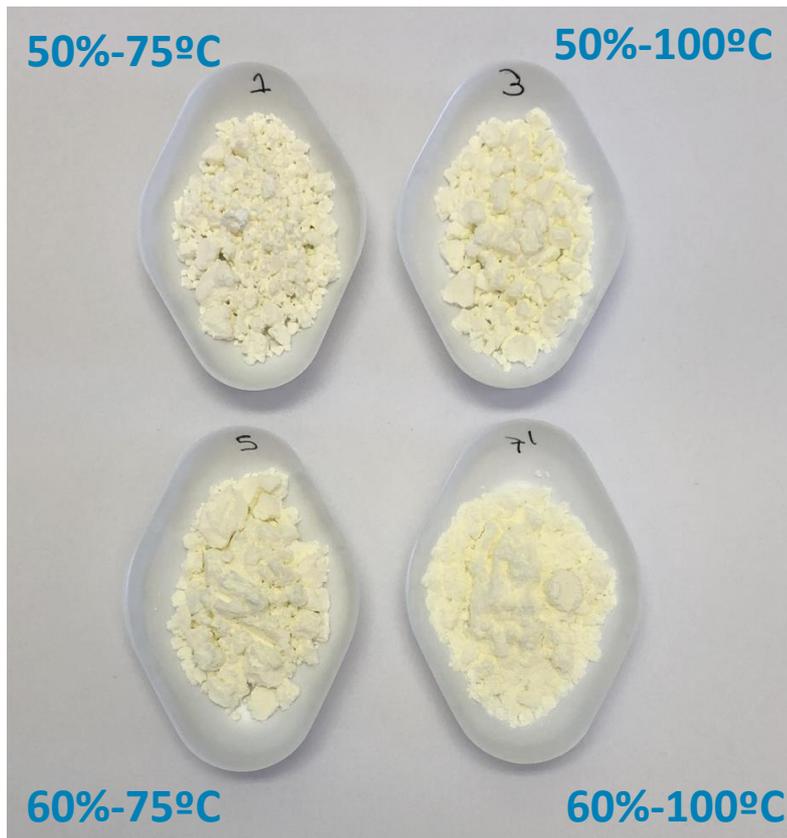
TT a 75 °C: contenido de lisina no varió durante el procesamiento.

TT a 100 °C: se perdió en promedio 35 % de lisina disponible.

Color



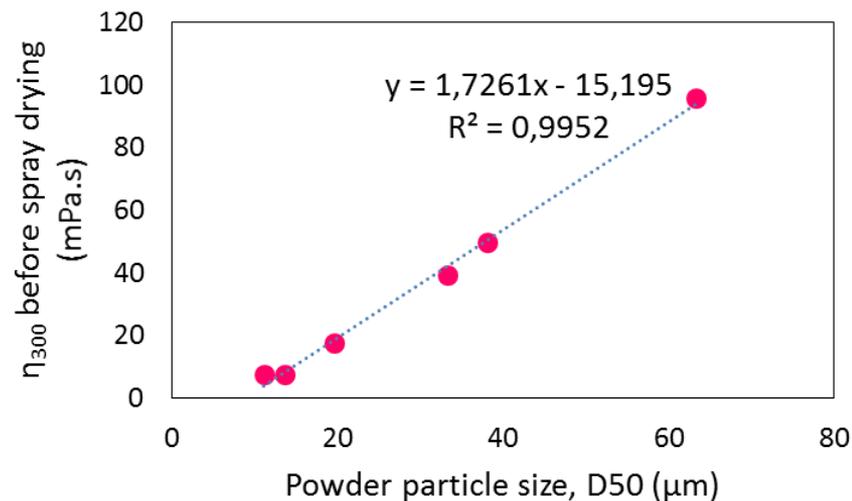
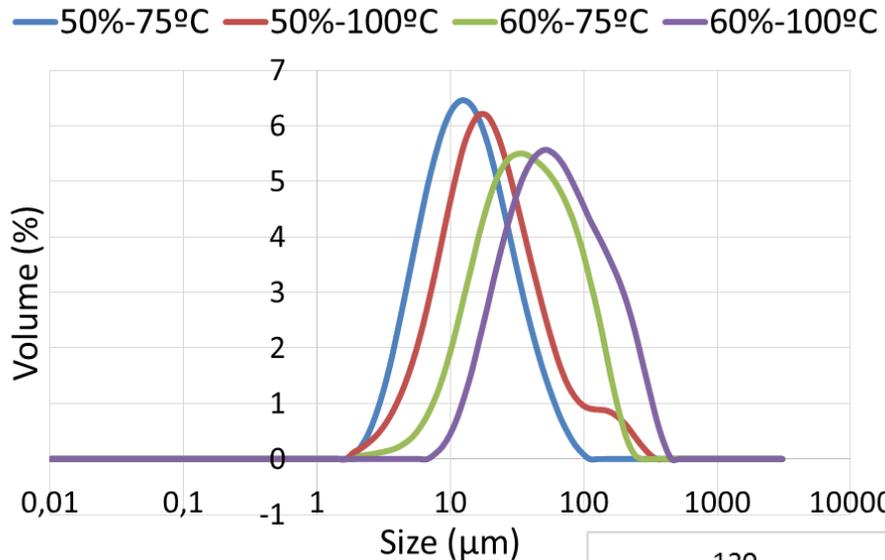
latitud.org.uy



Tamaño de partícula de los polvos

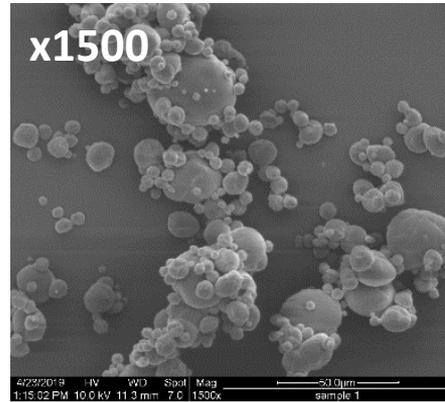


latitud.org.uy

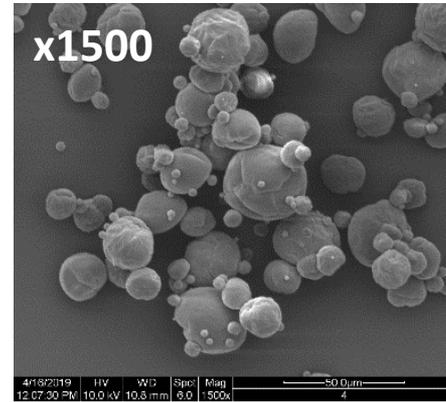


SEM

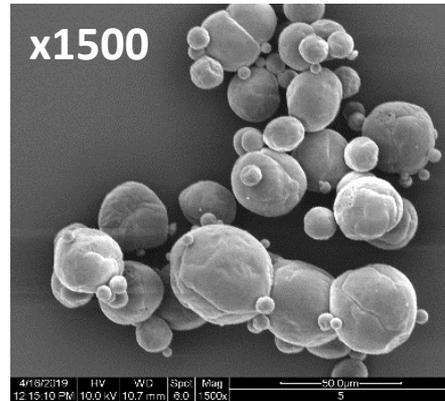
50%-75°C



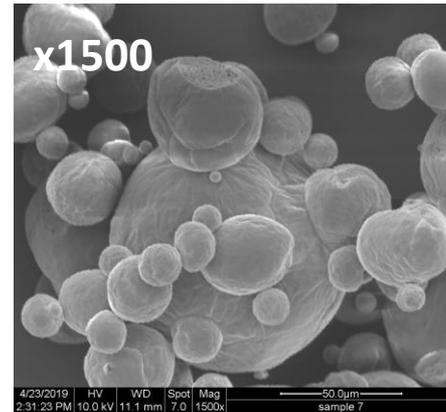
50%-100°C



60%-75°C

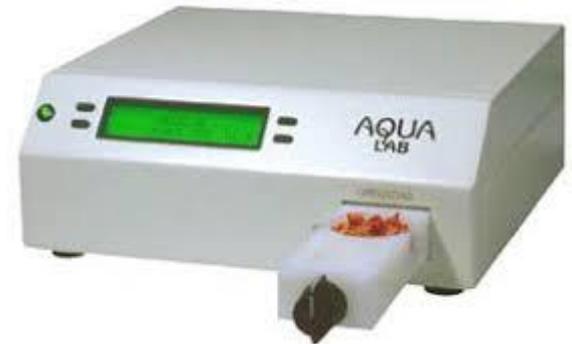


60%-100°C



Composición

- La composición no varió entre muestras y fue la diseñada para la fórmula modelo.
- La aw no varió significativamente entre muestras y se encontró entre 0,1 y 0,2.



Propiedades de rehidratación



latitud.org.uy

ETAPAS DE REHIDRATACIÓN DE POLVOS

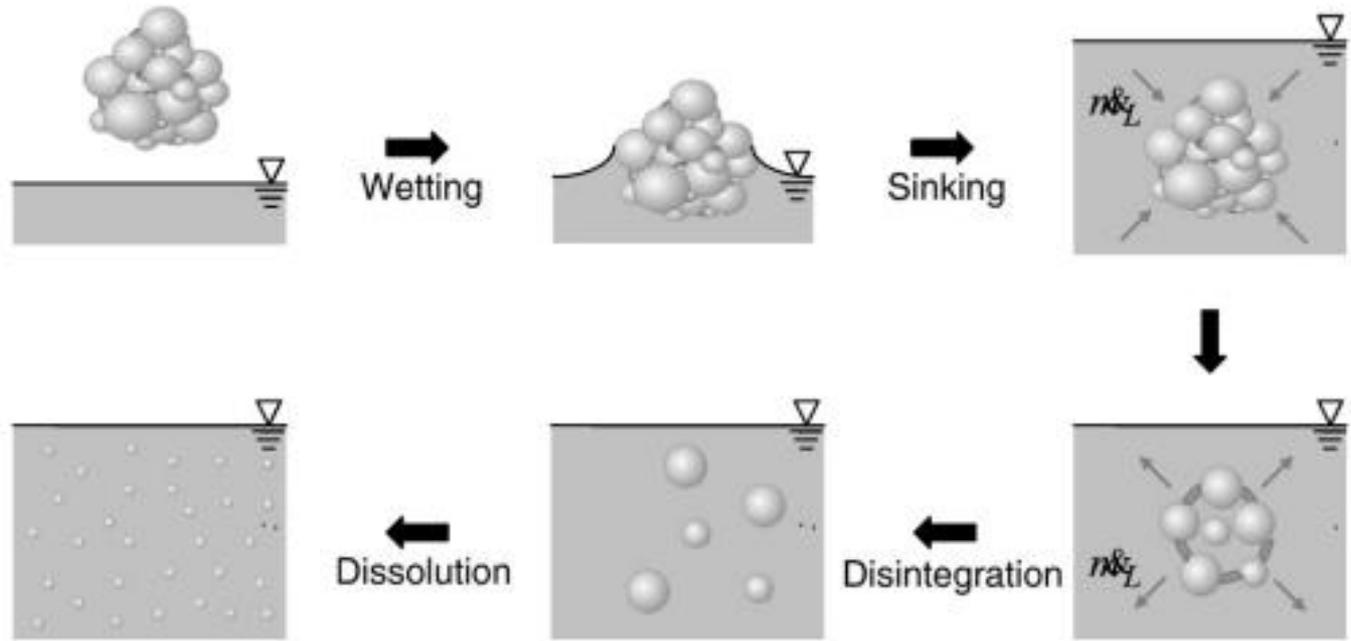


Figura tomada de: Forny et al. (2019). Wetting, desintegración and dissolution of agglomerated water soluble powders. *Powder Technology*, 206:72-78.

Propiedades de rehidratación

MÉTODOS (12,5 g polvo en 100 mL agua a 40°C)

- HUMECTABILIDAD (+ HUNDIBILIDAD): GEA Niro Method A5a (2005)
- DISPERSABILIDAD: GEA Niro Method A6a (2005)
- ÍNDICE DE SOLUBILIDAD: GEA Niro Method A3a (2005)



Propiedades de rehidratación

Condición	Humectabilidad (s)	Dispersabilidad (%)	Solubilidad (%)
50%-75°C	55 ± 3 ^a	91 ± 0 ^a	99,9 ± 0,0 ^a
50%-100°C	10 ± 0 ^b	78 ± 3 ^{a,b}	99,8 ± 0,0 ^a
60%-75°C	8 ± 2 ^b	68 ± 9 ^b	99,9 ± 0,0 ^a
60%-100°C	9 ± 3 ^b	68 ± 4 ^b	99,8 ± 0,1 ^a

Letras minúsculas distintas indican diferencia significativa ($P < 0.05$) entre condiciones.

- Todos los polvos fueron muy humectables (< 30 s), excepto por 50%-75°C que fue humectable (< 60 s). ●
- 50%-75°C $>$ dispersabilidad que 60%.
- No hubo efecto en índice de solubilidad.

ALGUNAS CONCLUSIONES

Latitud
FUNDACIÓN LATU

latitud.org.uy



Fue posible obtener FI partiendo de mezclas húmedas con alto contenido ST ($\geq 50\%$).



↑ temp. de TT de 75 a 100°C: aumenta drásticamente el % de desnaturalización y la viscosidad de la mezcla.



Mezclas con 60 % ST presentaron gotas de aceite de mayor tamaño a la entrada del secador spray.



Polvos obtenidos con mezclas tratadas a 100°C: 35 % menos lisina disponible, aunque no afectó color.



Tamaño partícula polvo: 50%-75°C < 50%-100°C < 60%-75°C < 60%-100°C.



50%-75°C: menor humectabilidad.

60%-75°C: permitió ↓ gasto energético sin aumentar inadecuadamente viscosidad en mezcla, obteniendo polvos con buena solubilidad, nivel de lisina disponible y estabilidad post-reconstitución.

Gracias



UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE LA PLATA



 @latitud_uy

 /latitud-fundacion-latu



KØBENHAVNS
UNIVERSITET