

# PROTEÍNAS EN LECHE DE VACA (~3.3%)



Caseína 80%  
Seroproteínas 20%



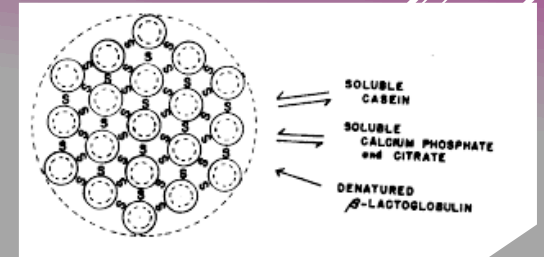
- ▶ Proteína que precipita a pH 4.6 (20-25°C).
- ▶ Es heterogénea, está distribuida uniformemente.
- ▶ Es fosfoglucoproteína (fosfoglucocaseinato de Ca).
- ▶ Está en forma micelar (coloidal) (~90%).
- ▶ Es hidrofóbica y termoestable.
- ▶ Consta de varias fracciones:  $\beta > \alpha_1 > \alpha_2 > \kappa$ .
- ▶ Las  $\alpha$ 's y  $\beta$  son sensibles a la precipitación por  $\text{Ca}^{2+}$
- ▶ ~10% se encuentra como caseínas del suero:  $\gamma, \lambda_1, \lambda_3$ .



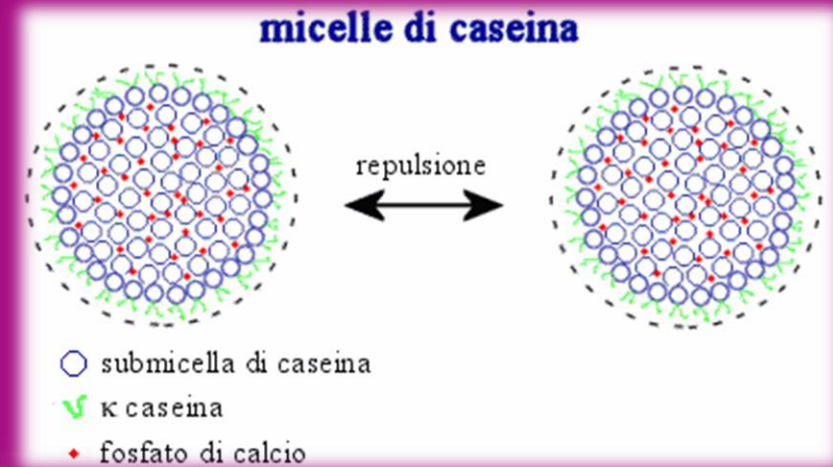
# CASEÍNA

## CASEUS = QUESO

PRINCIPAL PROTEÍNA LÁCTEA; FORMA LA CUAJADA Y EL QUESO (= CUAJADA – SUERO)



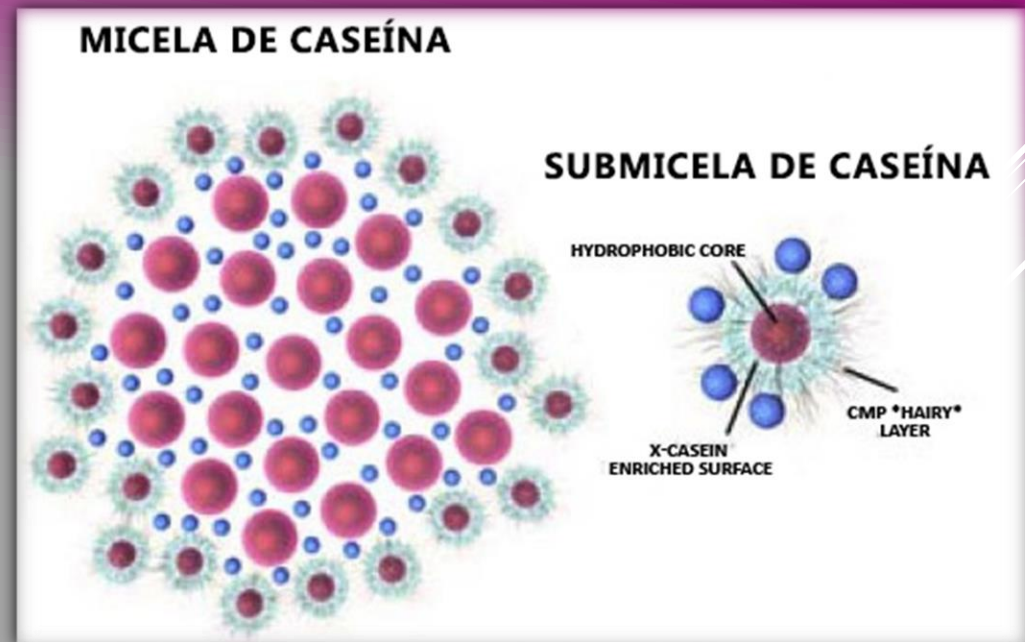
- Caseínas → acidez en la leche
- Las  $\alpha$ - y  $\beta$ - son apolares; la  $\kappa$  es polar, pero todas poseen dominios hidrofóbicos e hidrofílicos.
- La  $\kappa$ - mantiene en suspensión a las micelas y regula su tamaño; posee un carbohidrato ácido (131, 133 ó 135) → -. Presenta un "pelo" flexible polar
- El  $\text{CaHPO}_4$  coloidal conformado por fosfato orgánico e inorgánico (*nanoclusters*) *une y estabiliza las micelas*



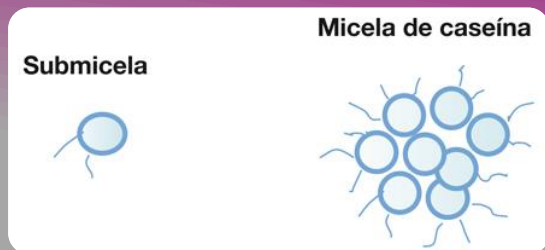
• La  **$\kappa$  caseina** sólo contiene un grupo fosfoserina, por lo que tiene baja afinidad por el  $\text{Ca}^{++}$ , se mantiene soluble en presencia del mismo a todas las temperaturas



Posee sobre las otras caseínas poder estabilizante frente al  $\text{Ca}^{++}$ , papel de "Coloide Protector"

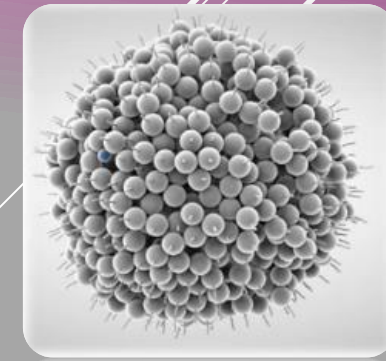
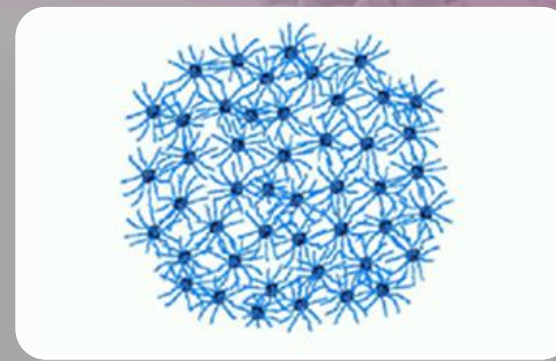
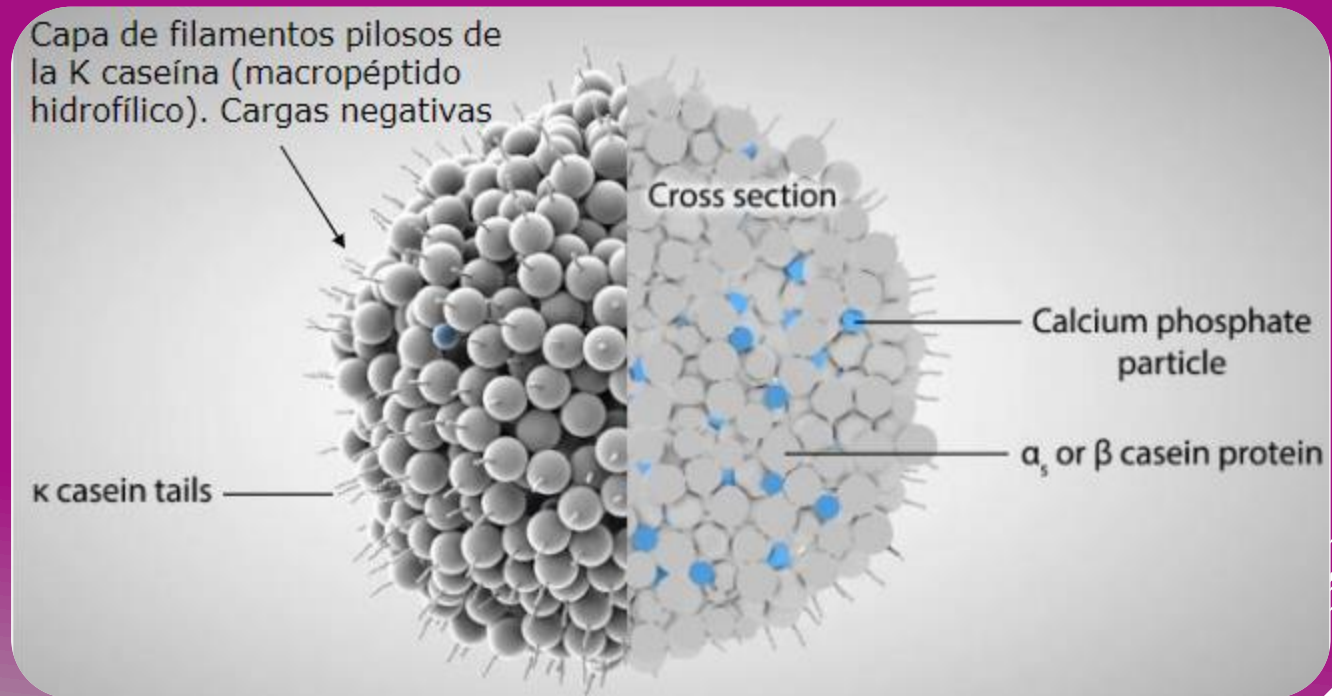


- ▶ Las micelas son porosas y están muy hidratadas (1.9% H<sub>2</sub>O) (0.05-0.3;  $x = 0.150 \mu\text{m}$ )
- ▶ Modelo submicelar → 25,000 caseínas/micela → 2 tipos de subunidades
- ▶ Submicelas (~760 kda; 30 moléculas caseína)
- ▶  $\beta$ -Caseína + plasmina →  $\gamma$ -caseína → suero
- ▶  $\alpha_{s1}$ -Caseína + plasmina →  $\lambda$ -caseína → suero



### Composition of casein micelles (%)

|        |      |             |     |
|--------|------|-------------|-----|
| Casein | 93.2 | Phosphate   |     |
| Ca     | 2.9  | (organic)   | 2.3 |
| Mg     | 0.1  | Phosphate   |     |
| Na     | 0.1  | (inorganic) | 2.9 |
| K      | 0.3  | Citrate     | 0.4 |

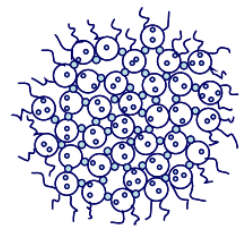
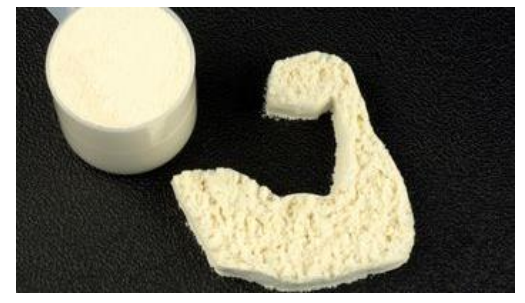
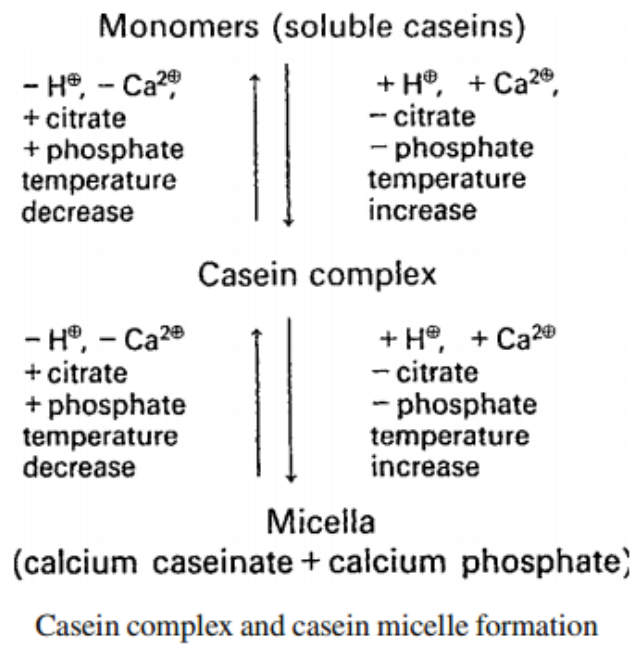


$\alpha_{s1}$ -Casein : Pse-Glu-Pse  
 Pse-Ile-Pse-Pse-Pse-Glu  
 Pse-Val-Glu  
 Pse-Ala-Glu  
 $\beta$ -Casein : Pse-Leu-Pse-Pse-Pse-Glu  
 Pse-Glu-Glu  
 $\kappa$ -Casein : Pse-Pro-Glu

$\kappa$ -Casein : Pse-Pro-Glu  
 Pse-Glu-Glu

- $\uparrow$ Pro uniformemente distribuida  $\rightarrow$  poca estructura 2 $^\circ$  y 3 $^\circ$ (no son globulares; tienen forma holgada)  $\rightarrow$  ya están desnaturalizadas  $\rightarrow \uparrow$  digestibilidad y desarrollo de  $\mu$ o
- Estabilizadas por fuerzas hidrofóbicas > iónicas > puentes de H > Van der Waals > R-S-S-R
- Las interacciones hidrofóbicas son mínimas a 5 $^\circ$ C
- Caseinas del suero  $\beta > \kappa > \alpha_{s1}$

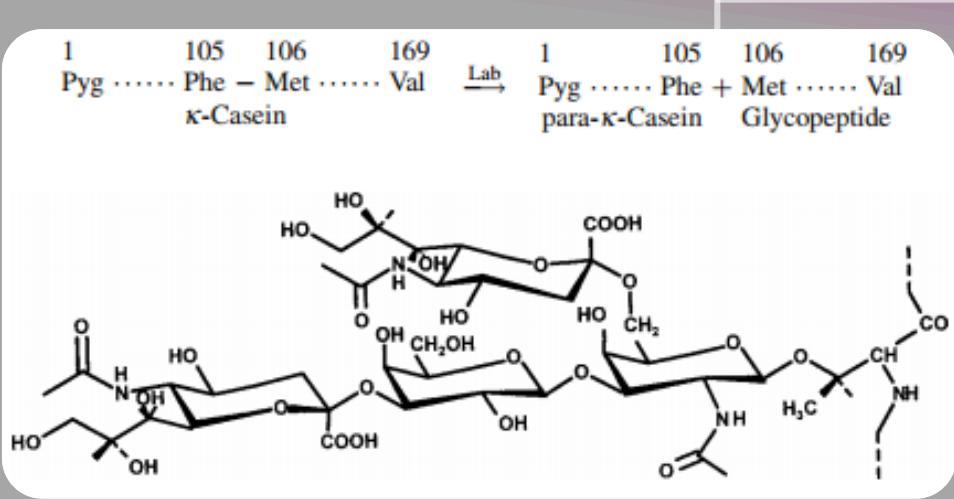
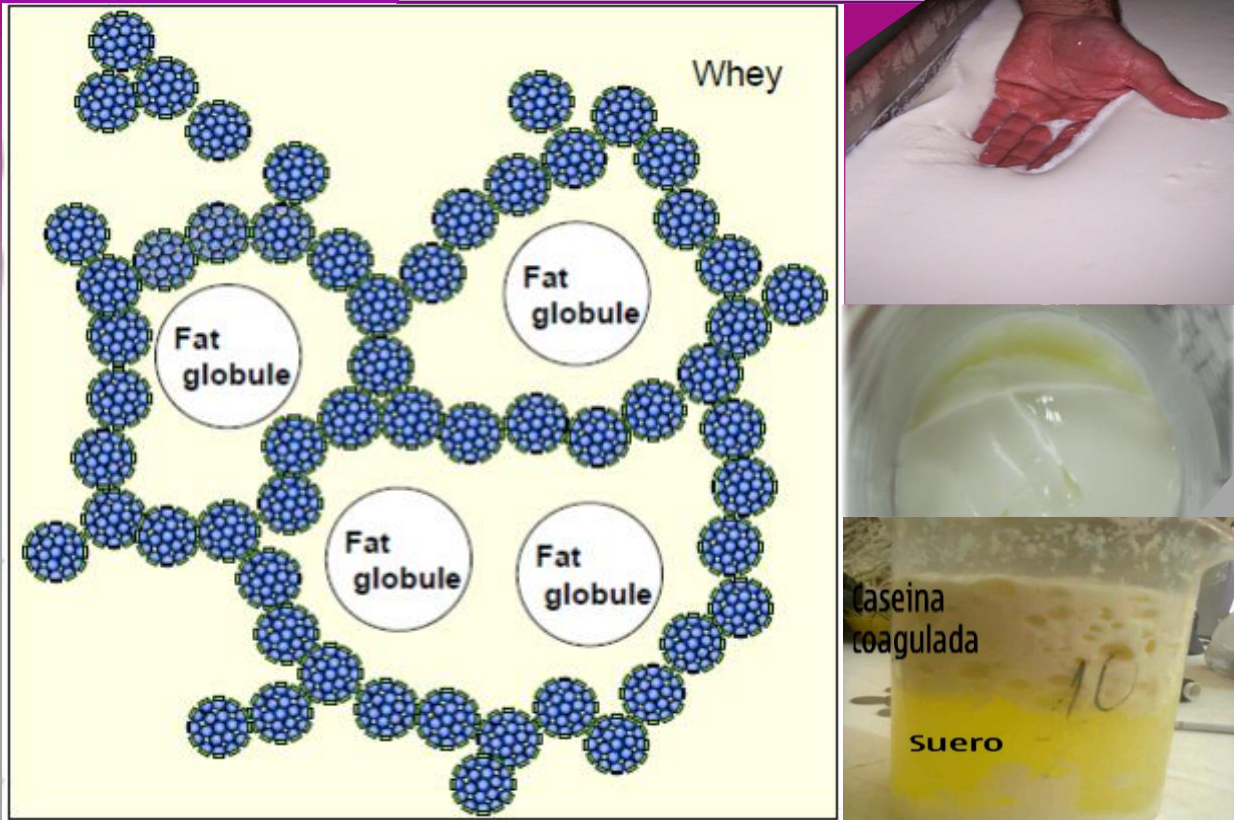
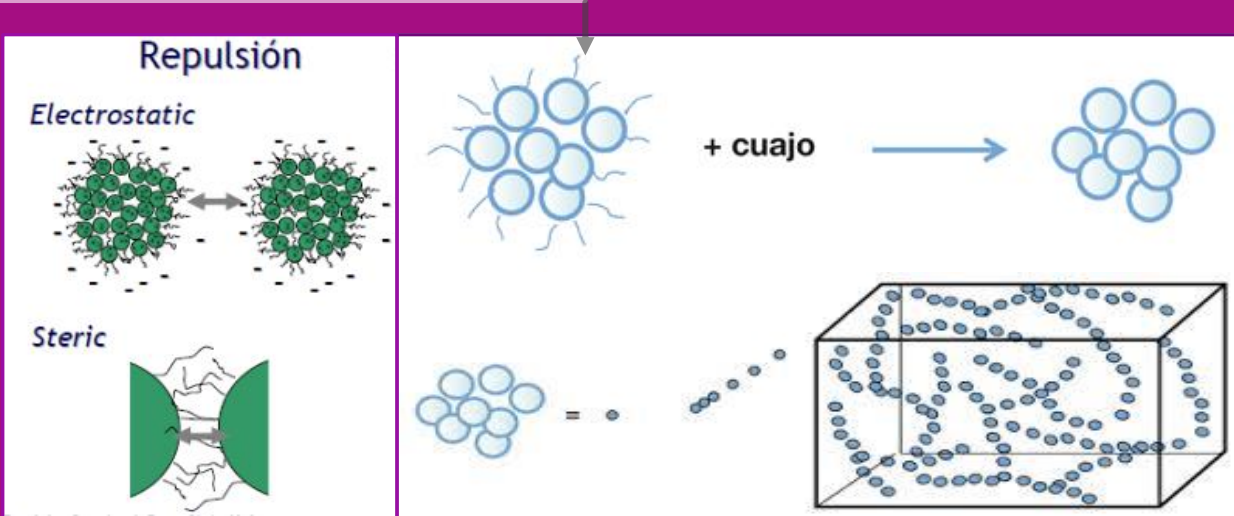
# MICELAS DE CASEÍNA



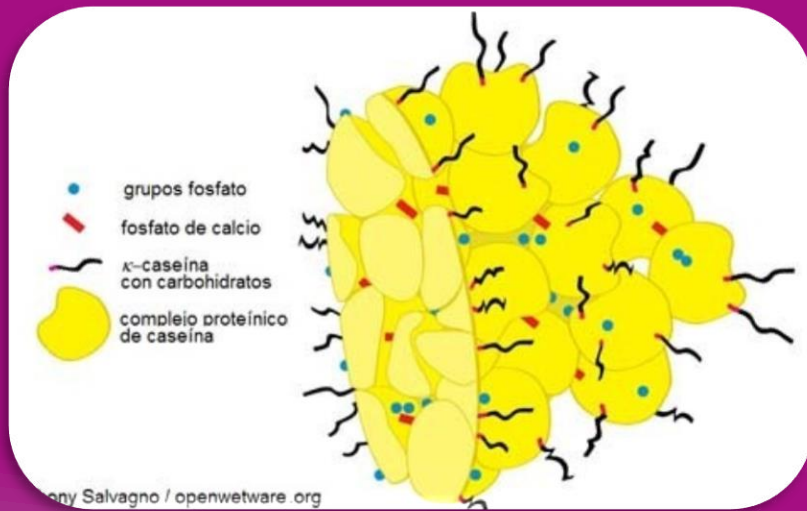
○ Submicela  
 • Fosfato cálculo  
 ζ C-terminal de  $\kappa$ -C

# Tipos de coagulación láctea

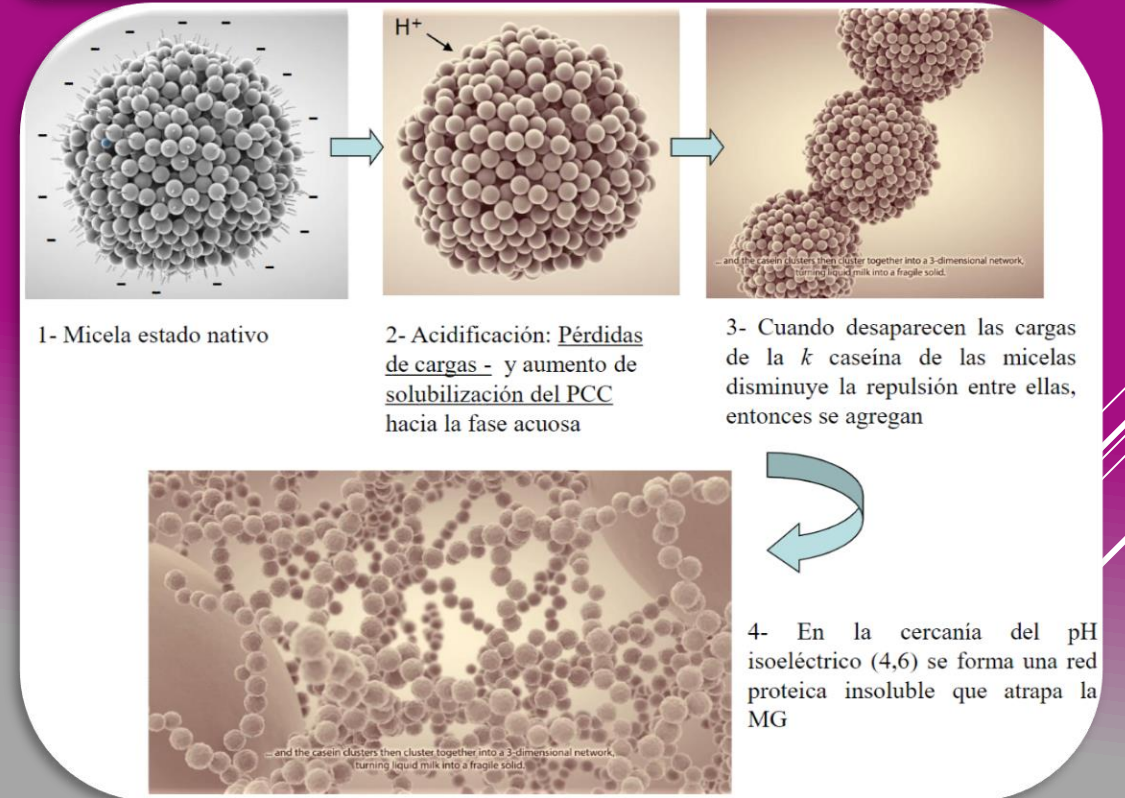
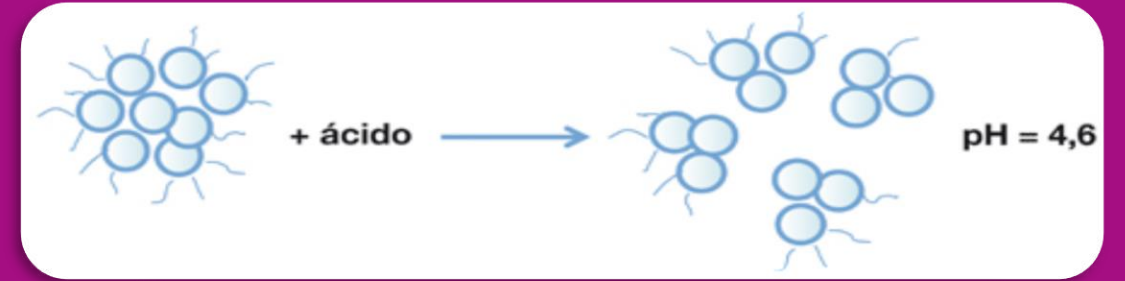
- Se realiza por vía enzimática, ácida o mixta.
- En la primera, el cuajo hidroliza Phe<sup>105</sup>-Met<sup>106</sup> y elimina el glucopéptido (GMP,*s*)<sub>(106-169)</sub>; con ello favorece la agregación de p-caseína (apolar y sensible a Ca<sup>2+</sup>) y la formación de un gel que atrapa grasa.
- El calentamiento de la cuajada enzimática reduce la hidrofobicidad de la superficie micelar y genera (a 85°C) geles estables respecto a la sinéresis.



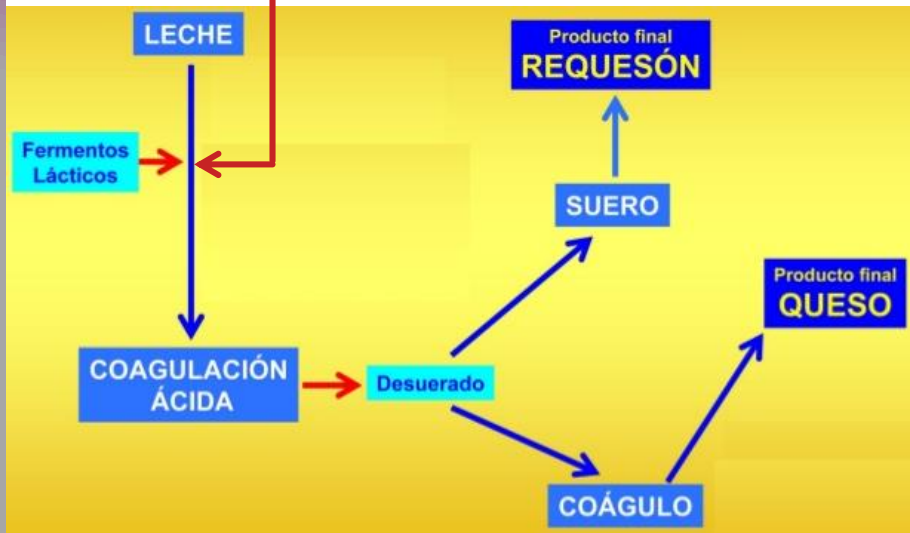
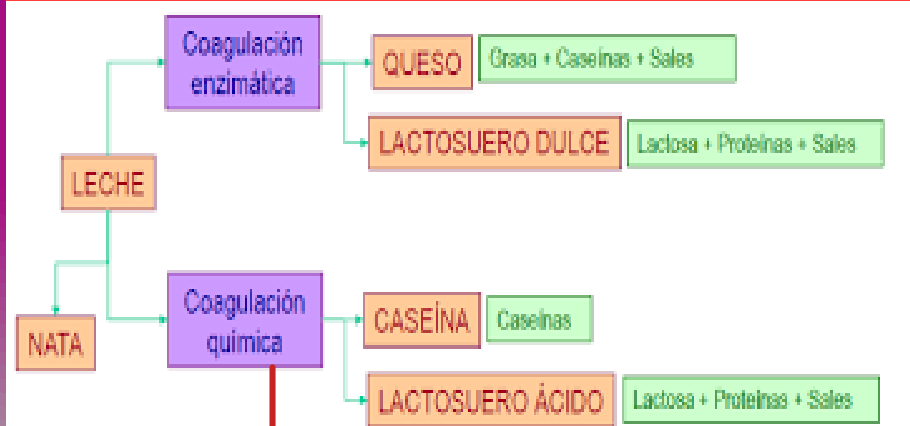
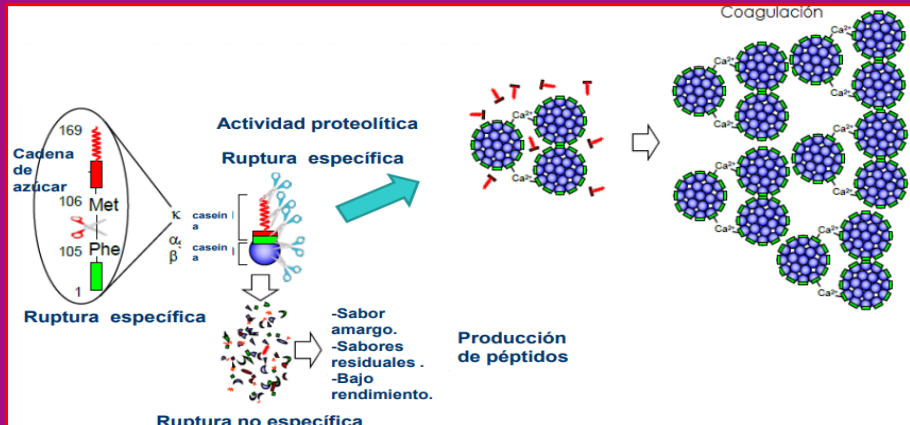
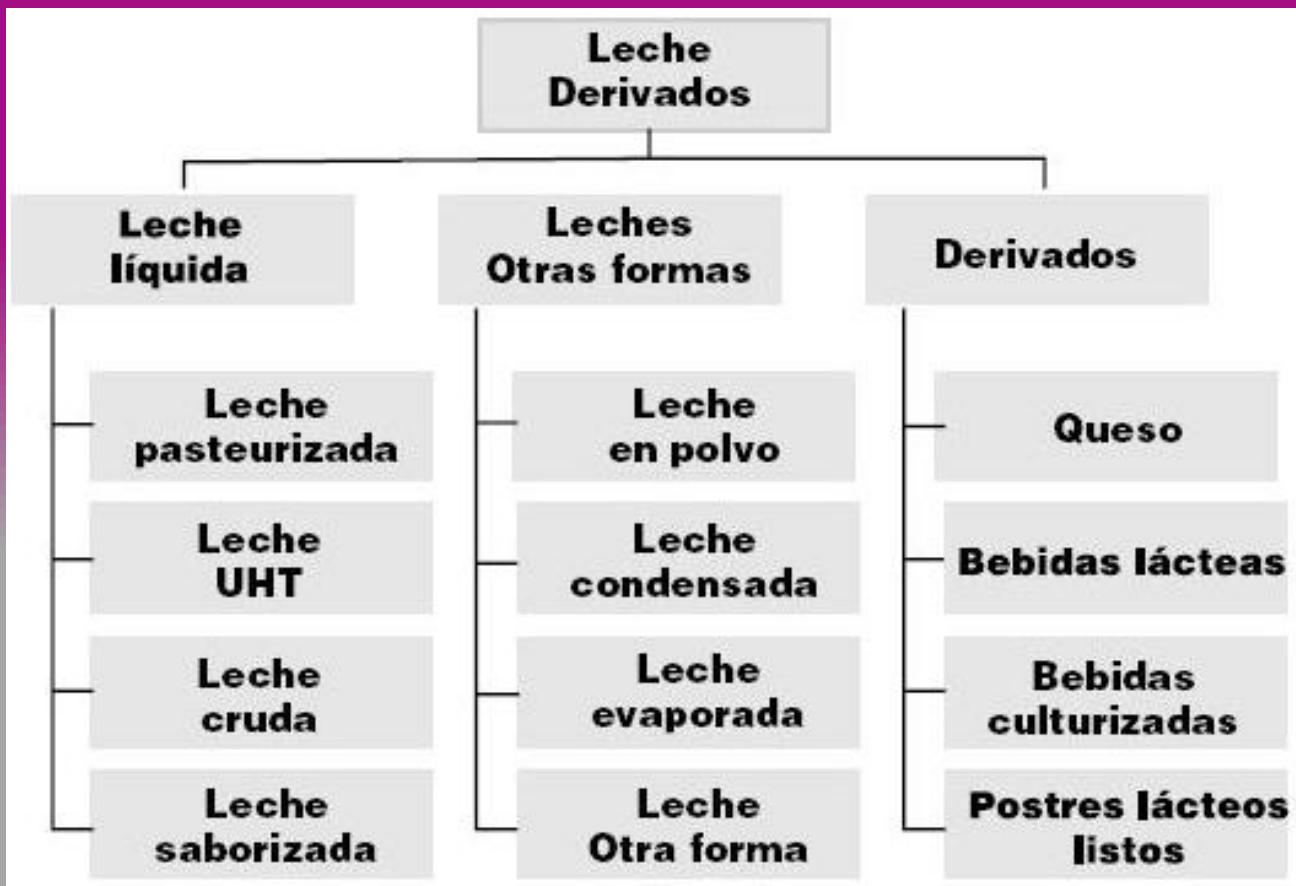




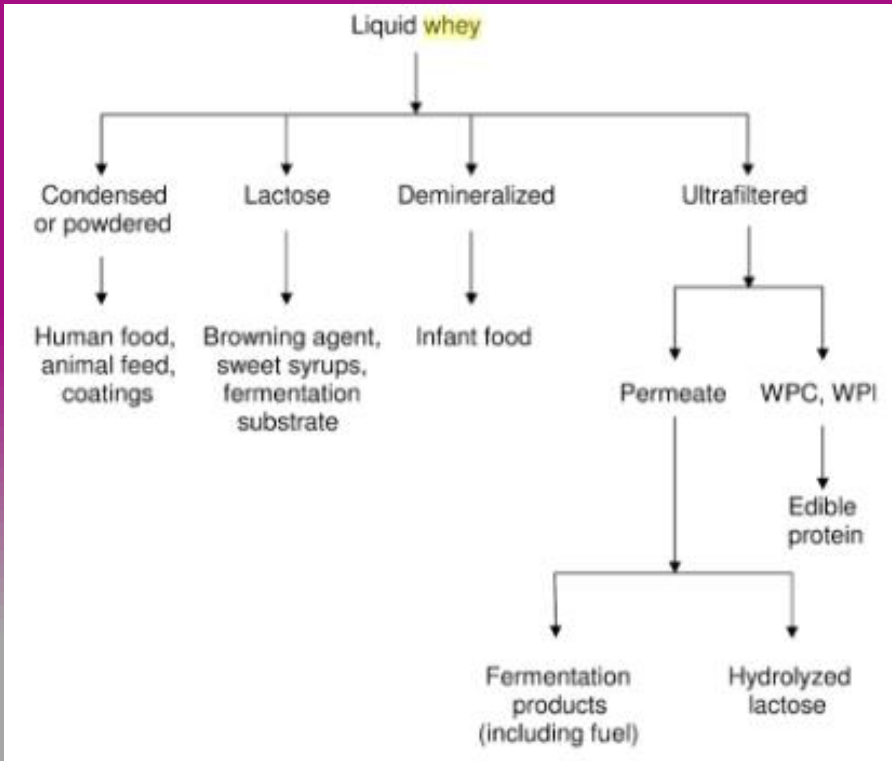
- ▶ La coagulación ácida facilita las interacciones intermoleculares, y la migración de  $\text{Ca}^{2+}$  y de caseína al suero
- ▶ Los geles ácidos experimentan menos sinéresis







# LECHE, QUESO Y SUERO



Typical composition of liquid and dry whey (Jelen 2003).

| Product     | Protein        | Lactose | Minerals |
|-------------|----------------|---------|----------|
|             | g/L whey       |         |          |
| Sweet whey  | 6-10           | 46-52   | 2.5-4.7  |
| Acid whey   | 6-8            | 44-46   | 4.3-7.2  |
|             | g/100 g powder |         |          |
| WPC-35      | 35             | 50      | 7.2      |
| WPC         | 65-80          | 4-21    | 3-5      |
| WPI         | 88-92          | <1      | 2-3      |
| UF permeate | 1              | 90      | 9        |



Proteína aislada  
**SUERO LÁCTEO**

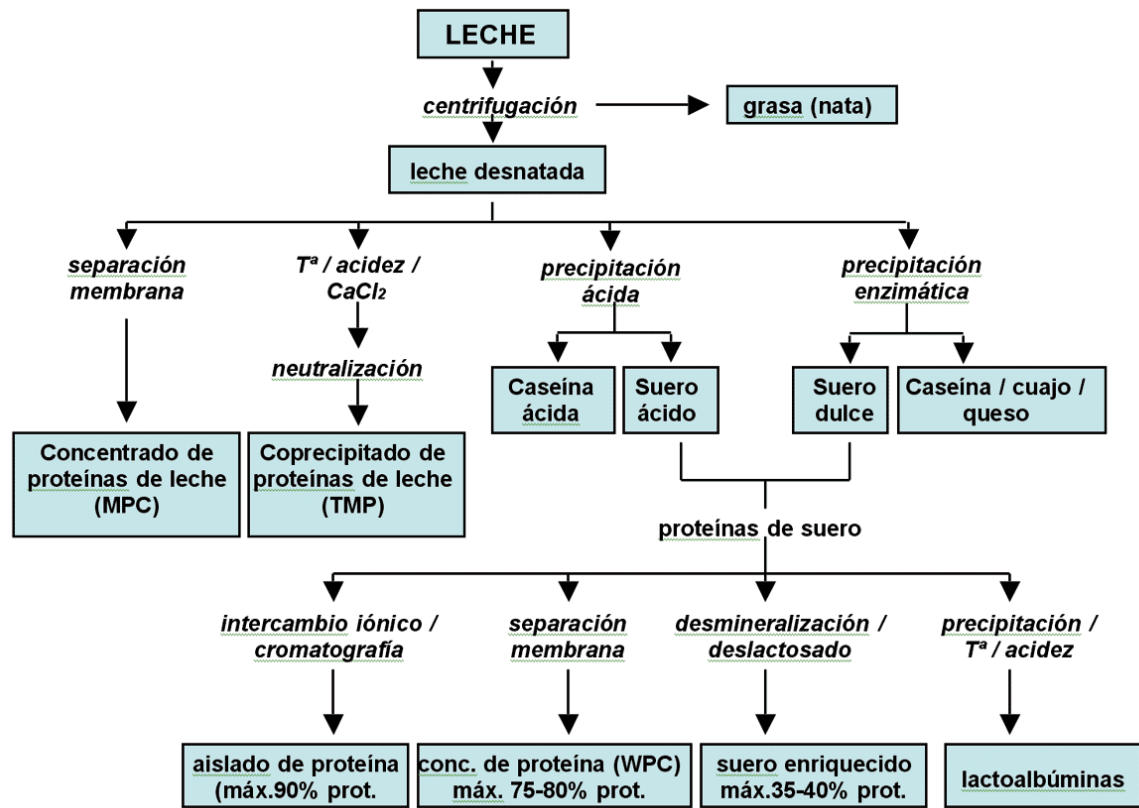


Suero de Leche Como Proteína Para Bajar de Peso

www.PerderlaBarriga.com

# PROTEÍNAS DEL SUERO (SEROPROTEÍNAS)





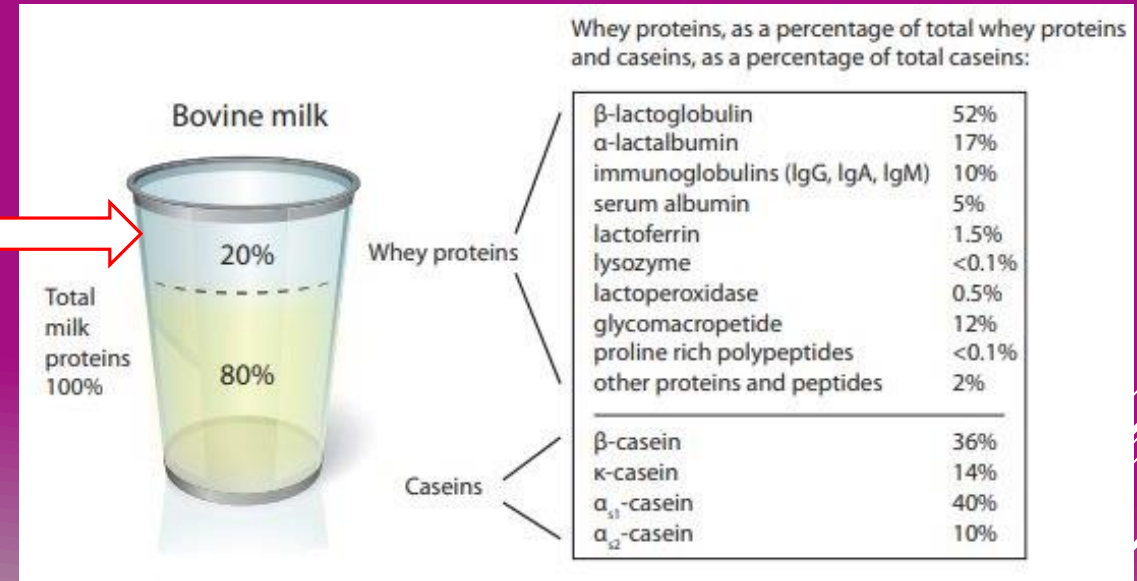
# SUERO LÁCTEO OBTENCIÓN

# Seroproteínas

Typical composition of bovine milk  
(de Wit 1998; Fox et al. 2000).

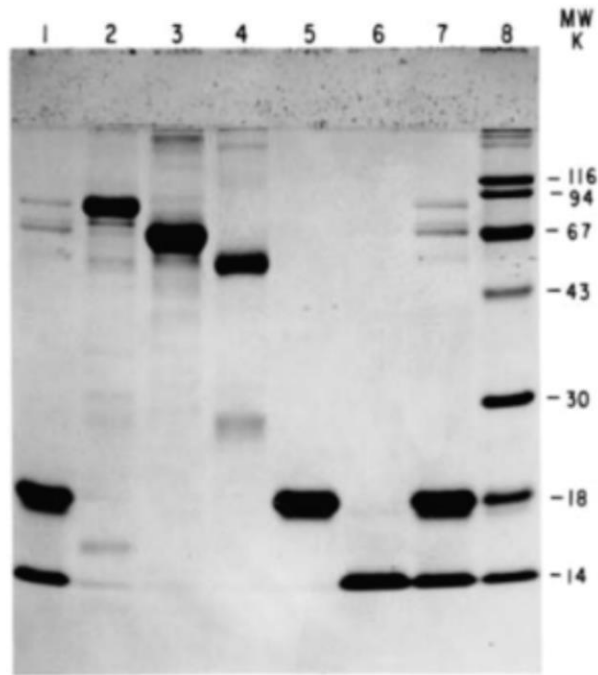
| Component                | Concentration (g/L) |
|--------------------------|---------------------|
| Water                    | 873                 |
| Lactose                  | 48                  |
| Fat                      | 37                  |
| Casein                   | 28                  |
| Ash (minerals and salts) | 7                   |
| <b>Whey proteins</b>     | <b>6.0</b>          |
| β-Lactoglobulin          | 3.2                 |
| α-Lactalbumin            | 1.2                 |
| Immunoglobulins          | 0.8                 |
| Bovine serum albumin     | 0.4                 |
| Lactoferrin              | 0.2                 |
| Lactoperoxidase          | 0.03                |
| Enzymes                  | 0.03                |

| Component            | Concentration (g/L) |
|----------------------|---------------------|
| <b>Whey proteins</b> | <b>6.0</b>          |
| β-Lactoglobulin      | 3.2                 |
| α-Lactalbumin        | 1.2                 |
| Bovine serum albumin | 0.4                 |
| Immunoglobulins      | 0.8                 |
| Lactoferrin          | 0.2                 |
| Lactoperoxidase      | 0.03                |
| Enzymes              | 0.03                |



Proteínas lácteas que no están asociadas con las micelas de caseína sino con la fase de solución. Se desnaturalizan con calor.

No contienen P, y sí más Cys que las caseínas.



Reduced SDS-PAGE gel of bovine whey proteins. 1 = dialyzed whey (pH 4.6); 2 = lactoferrin; 3 = bovine serum albumin; 4 = IgG, heavy chain (top) and light chain (bottom); 5 =  $\beta$ -lactoglobulin; 6 =  $\alpha$ -lactalbumin; 7 = dialyzed whey (pH 4.6); 8 = protein standards. From Farrell *et al.*, 2004.

### $\beta$ -Lactoglobulin B<sup>c</sup>

L I V T Q T M K G L D I Q K V A G T W Y  
 S L A M A A S D I S L L D A Q S A P L R K  
 V Y V E E L K P T P E G D L E I L L Q K  
 W E N G E C A Q K K I I A E K T K I P A  
 V F K I D A L N E N K V L V L D T D Y K  
 K Y L L F C M E N S A E P E Q S L A C Q  
 C L V R T P E V D D E A L E K F D K A L  
 K A L P M H I R L S F N P T Q L E E Q  
 H I

### $\alpha$ -Lactalbumin B<sup>c</sup>

E Q L T K C E V F R E L K D L K G Y G G  
 V S L P E W V C T T F H T S G Y D T E A  
 I V E N N Q S T D Y G L F Q I N N K I W  
 C K N D Q D P H S S N I C N I S C D K F  
 L N N D L T N N I M C V K K I L D K V G  
 I N Y W L A H K A L C S E K L D Q W L C  
 E K L

# PROTEÍNAS DEL SUERO

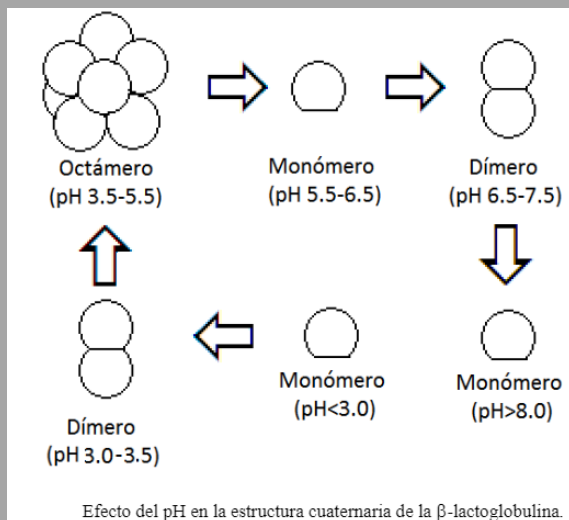


| Protein, lactose and mineral contents of whey products |                     |             |             |              |
|--|---------------------|-------------|-------------|--------------|
| Product  | DM <sup>b</sup> (%) | Protein (%) | Lactose (%) | Minerals (%) |
| Skim milk  | 9.0                 | 36          | 53          | 7            |
| Whey (from coagulating with rennet)                    | 6.0-6.4             | 13          | 75          | 8            |
| Whey (from coagulating with acid)                      | 5.8-6.2             | 12          | 67          | 14           |
| Demineralized whey powder                              |                     | 12-13       | 85          | 1-2          |
| Whey protein powder <sup>c</sup>                       |                     |             |             |              |
| I  |                     | 47          | 44          | 9            |
| II   |                     | 74          | 20          | 6            |

<sup>a</sup> Average values are expressed as % of dry matter.  
<sup>b</sup> Dry matter.  
<sup>c</sup> After one (I) and two (II) ultrafiltrations.

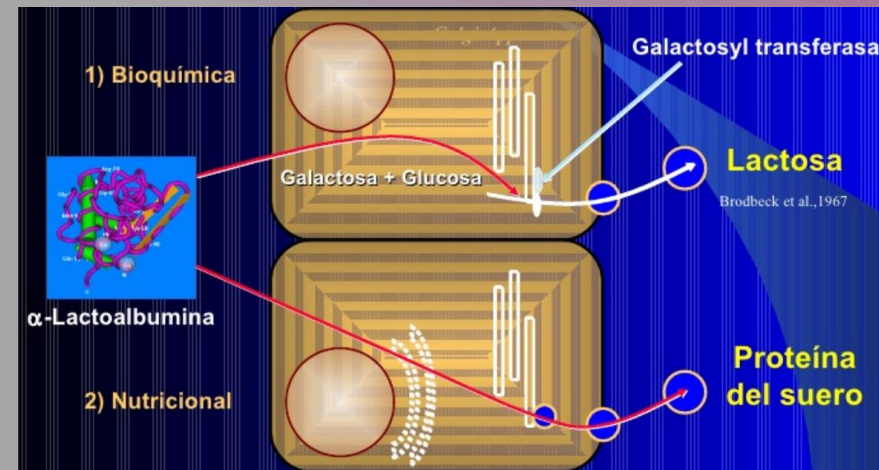
## $\beta$ -lactoglobulina (162 aa)

- Presente en leche de rumiantes ( $\sim 50\%$  seroproteínas).
- Su [ ] depende de la dieta, lactación y estación del año.
- Se sintetiza en las células apicales.
- Hay variantes genéticas con diferente pI ( $\sim 5.13$ ).
- Contiene 2 R-S-S-R y 1 Cys oculta.
- En condiciones fisiológicas, se encuentra como dímero, lo que depende de su concentración, pH, T, I.
- Se disocia y sufre cambios reversibles hasta  $60^\circ\text{C}$ ; a  $T > 70^\circ\text{C}$  se agrega irreversiblemente y/o forma S-S.
- Posee Val, Leu e Ile que estimulan la síntesis proteínica.
- Sus dominios apolares enlazan vitamina A y D.
- Transporta minerales a través de las paredes intestinales y puede estimular la actividad lipolítica láctea.



## $\alpha$ -lactoalbúmina (123 aa)

- ▶  $\sim 20\%$  de las seroproteínas. Presente en leche de  $\sim$  todas las mamíferas. Disminuye con  $\uparrow$  lactación.
- ▶ Es una metaloproteína que enlaza Ca; alta [ ] de aa esenciales (como Trp), y 4 R-S-S-R.
- ▶ Más estable térmicamente que  $\beta$ -lactoglobulina
- ▶ Hay variantes genéticas ( $\sim$ pI 4.2-4.5).
- ▶ Actividad apoptótica *vs.* células cancerosas.
- ▶ Principal de la proteína suero lácteo humano.
- ▶ Regula la síntesis de lactosa; modula la afinidad de la  $\beta$ -1,4-galactosil-1-transferasa por glucosa.



# IMG's (crio)aglutininas

- ▶ IMG's: IgG<sub>1-2</sub>, (IgA)<sub>2</sub>, (IgA)<sub>4</sub> y (IgM)<sub>5</sub>
- ▶ Glucoproteínas (man, gal, glu, fucosa, hexosamina); presentan Cys-Cys
- ▶ Se aglutinan en frío y espesan la nata
- ▶ Algunas están asociadas con GG y caseína
- ▶ Son ~ estables sólo frente a la pasteurización
- ▶ Pueden combatir rotavirus y otras infecciones
- ▶ Se adicionan a leches industrializadas

# Albúmina sérica (583 aa)

- ▶ 8% de las seroproteínas (0.4 g/L)
- ▶ 76% de homología con la humana
- ▶ 17 R-S-S-R; 1 Cys; no contiene P; Pi 4.7-4.9
- ▶ Se transfiere de la sangre a la GM
- ▶ Compleja compuestos apolares como ácidos grasos y iones (3 Ca<sup>2+</sup>/molécula)
- ▶ Dicha complejación aumenta su estabilidad térmica e hidrolítica
- ▶ Se puede usar como indicador de mastitis
- ▶ Leche de camella > leche de vaca

| Immunoglobulin       | Colostrum   | Milk            |
|----------------------|-------------|-----------------|
| Total IgG            | 60 (20–200) | 0.47 (0.15–0.8) |
| IgG1                 | 15–180      | 0.35 (0.3–0.6)  |
| IgG2                 | 1–3         | 0.02–0.12       |
| IgA                  | 3.5 (1–6)   | 0.05–0.4        |
| IgM                  | 5 (3–9)     | 0.04–1.0        |
| Total immunoglobulin | Up to 200   | 0.6–1.0         |

From Marnila, P., & Korhonen, H. (2011). Immunoglobulins. In (2nd ed). J. W. Fuquay, P. F. Fox, & P. L. H. McSweeney (Eds.), *Encyclopedia of dairy sciences (Volume 2)*. San Diego, CA:Academic Press, pp 807–815.

