

PROTEÍNAS DEL SUERO, SÉRICAS O SOLUBLES

DEFINICIÓN.–

Son proteínas globulares que permanecen en el suero tras la acidificación de la leche a pH = 4,6 o por la acción del cuajo, no interviniendo en la formación de la cuajada, razón por la que también se las denomina proteínas séricas. Y se detectan en el suero de quesería una vez separado del gel por tecnologías clásicas.

Las proteínas del suero lácteo representan una mezcla variada de proteínas secretadas, las cuales tienen una serie de efectos biológicos. Que van desde un efecto anticancerígenos hasta efectos en la función digestiva.

Las principales propiedades son:

- Emulsificantes muy efectivas.
- Solubles a pH bajos.
- Apropriadas en productos acidificados (bebidas a base de jugos, aderezos para ensaladas y cremas para untar)
- Buena capacidad de gelatinización.
- Aumentan la viscosidad (lo que permite estabilizar emulsiones en productos horneados)
- Termolabilidad, precipitando progresivamente con los tratamientos térmicos propios de las distintas tecnologías.

Las proteínas solubles **se distinguen de las caseínas** por:

- **composición**

(contenido elevado en lisina, triptófano y cisterna (aminoácido azufrado) que les confieren un excelente valor nutricional y una composición equilibrada en aminoácidos. Ausencia de fósforo)

- **estructura**

(su riqueza en prolina es inferior a la de las caseínas y su estructura es más compacta, que conlleva a una menor fijación de iones y a una mayor resistencia a las proteasas de las proteínas nativas sin desnaturalizar)

- **desnaturalización térmica.**

Son proteínas mucho más sensibles al calor que las caseínas. El calentamiento a temperaturas inferiores a 100°C desnaturaliza su estructura globular, a excepción de la fracción proteosa-peptona. El calor, al desnaturalizarlas, desordena la estructura de sus moléculas que se agregan bajo la acción del agua formando flóculos, es decir el calor provoca la insolubilización de las proteínas solubles. Dentro de las proteínas solubles su sensibilidad al calentamiento, su velocidad de desnaturalización y de insolubilización depende de su naturaleza y varía según el grado de calentamiento, duración y pH del medio. La solubilidad de las proteínas depende también del contenido en sales de la solución. Presentan propiedades espumantes y emulsionantes que las adecuan para su utilización en la industria cárnica y en panadería.

CLASIFICACIÓN.–

Albúminas: son el 75% de las proteínas del suero y el 11% de las proteínas totales, solubles en presencia de SO₄Na₂ al 20%. Hay 3 tipos:

–lactoglobulina

–lactoalbumina

seroalbuminas

Globulinas: 10–12% de las proteínas solubles, siendo una fracción heterogénea con actividad inmunológica significativa

Proteosas–peptonas: son el 10 % de las proteínas solubles. Siendo un grupo muy heterogéneo.

Otras

Forman un grupo complejo con **características físico–químicas** propias.

CARACTERÍSTICAS FISICO–QUIMICAS

	δ -Lg	δ -La	SA	Ig	PP
Residuos de aminoácidos*	162	123	582		
Peso molecular (Da)	18300	14200	66300	152000–1.106	4000–40000
PH isoelectrico	5,2–5,30	4,3	4,8	5,6–7,3	3,3–3,7
Carga a pH 6,6	–11,0	–2,6			
Origen	Mamario	Mamario	Sanguíneo	Mamario sanguíneo	

ALBUMINAS

b–lactoglobulina (beta)

Constituye la proteína soluble más abundante (3 g.l–1 ÷ 50%) en la leche. Se conocen 7 variantes genéticas siendo las variantes A y B las más frecuentes.

Es característica de la leche de los rumiantes y de los suídos.

ESTRUCTURA.–

Se presenta bajo la forma de dímero entre valores de pH de 7 a 3,5, constituido por dos monómeros, unidos por enlaces no covalentes. La disociación en los correspondientes monómeros tiene lugar a un pH inferior a 3,5.

Está formada por una sola cadena de 162 residuos de aminoácidos, de los cuáles 5 son de cisteína estableciendo dos puentes disulfuro , intramoleculares que estabilizan la estructura terciaria compacta, quedando un grupo tiol (–SH) libre muy activo.

El grupo tiol libre tiene una gran importancia tecnológica en los cambios que tienen lugar en la leche durante el calentamiento debido a su implicación en reacciones con **otras proteínas** (caseína K y –lactoalbumina), y al desenmascaramiento de estos grupos por el calor, responsables del llamado sabor a "cocido" y de las propiedades antioxidantes en leches calentadas. Siendo la principal consecuencia de la formación de este complejo la estabilización por precalentamiento.

El corazón de la proteína es muy hidrofóbico por lo que es capaz de fijar moléculas hidrófobas como el colesterol, retinol.

PROPIEDADES.-

- Bastante fácil de aislar en estado de pureza elevada.
- Se sitúa entre las albúminas, debido a su bajo peso molecular
- Gran solubilidad, movilidad electroforética y su naturaleza holoproteica.
- Efecto regulador sobre el metabolismo de los fosfatos de la glándula mamaria
- A temperaturas ordinarias no está ligada a otras fracciones proteicas.
- Forma un fuerte complejo con el benzopireno, compuesto cancerígeno contenido en el humo de tabaco.
- El descenso de la proporción de b-lactoglobulina (beta) en las leches anormales, procede del aumento de la infiltración de las proteínas de la sangre.

a-Lactoalbúmina (alfa)

La δ -lactoalbúmina (0,7 g.l⁻¹) es, al igual que la δ -lactoglobulina, una proteína globular, y junto con esta son las dos más importantes del lactosuero. Es una proteína muy sensible a la temperatura, desnaturizándose fácilmente aunque de modo reversible.

Está presente en la leche de todos los mamíferos.

Existen 2 variantes genéticas, A y B(es la que se presenta en la leche de vaca de razas europeas), que se diferencian en un único aminoácido y con unas particularidades:

- **Síntesis de lactosa** Interviene en la reacción enzimática implicada en la síntesis de la lactosa. Va a existir por lo tanto una relación directa entre el contenido en lactosa y el contenido en -lactoalbúmina.
- **Fijación de calcio** Gran afinidad por el Ca²⁺ en las zonas con gran cantidad de ác. aspártico, de modo que liga 1 átomo de Ca por molécula, que dan lugar a interacciones iónicas aportando gran estabilidad a la estructura y haciéndola más resistente a la desnaturización irreversible por el calor.
- **Desde un punto de vista estructural** Es una proteína muy próxima a la lisozima de otras especies, con pesos moleculares próximos, aminoácidos terminales idénticos, presencia de puentes disulfuro (4), amplia correspondencia en la secuencia de los aminoácidos, etc.
- De bajo peso molecular

Seroalbúmina

Esta proteína, uno de los componentes mayores del suero sanguíneo. Supone solamente el 5% de las proteínas solubles de la leche.

Se trata de una proteína globular cuya estructura presenta numerosos repliegues estabilizados por 17 puentes disulfuro, algunos de los cuáles son dobles, lo que da lugar a una fuerte aproximación entre los segmentos de la cadena, configurando una estructura multirizada.

Y como característica, tiene la facultad de ligarse reversiblemente a sustancias muy variadas.

GLOBULINAS

Inmunoglobulinas

Las inmunoglobulinas, son las moléculas más grandes de todas las presentes en la leche, encontrándose en pequeña cantidad y proceden de la sangre o son sintetizadas en la propia glándula mamaria.

Se trata de anticuerpos sintetizados en respuesta al estímulo de antígenos macromoleculares extraños al animal. Son capaces de aglutinar numerosos tipos de bacterias y esporas y se consideran dentro del grupo de las principales sustancias antibacterianas de la leche cruda.

Las inmunoglobulinas son proteínas capaces de reconocer y unirse específicamente a las estructuras contra las que están dirigidas (antígenos), permitiendo su reconocimiento y facilitando su destrucción por el conjunto del sistema inmune. Son importantes por su efecto protector.

Son las más termorresistentes.

La leche perfecta contiene muy poca cantidad de estas globulinas; un promedio de 0.6 g/l en la leche de vaca, 2% de las proteínas totales.

En la leche y en el calostro las inmunoglobulinas principales son:

- **IgG**

Es la que se encuentra presente en mayor cantidad (80–90%), con un peso molecular de 150000. Contiene pocos glúcidos

- **IgA**

2 moléculas de IgG con un peso molecular de 385000. Contienen del 8 al 10 % de glúcidos.

- **IgM**

Asociación de 5 a 6 unidades básicas con un peso molecular de 900000

Se encuentran en escasa proporción (7%)

Estos compuestos constituyen escasamente el 2% de las proteínas totales, excepto en el calostro donde son abundantes tras el parto para el aporte de defensas inmunológicas al lactante, descendiendo rápidamente en los días siguiente al mismo.

Contenido en inmunoglobulinas en g.l-1				
COMPUESTOS	<i>IgG1</i>	<i>IgG2</i>	<i>IgA</i>	<i>IgM</i>
Suero sanguíneo	14	13	0,39	3,8
Lactosuero calostrál	65	2,5	4,7	5,4
Lactosuero de la leche	0,4	0,06	0,11	0,09

Ej.

Las inmunoglobulinas

	IgG (1)	IgA	IgM
Peso molecular	160.000	(160.000)x2	960.000
Constante de sedimentación	7 S	11 S	19 S
Glúcidos (%)	3	8	11
Cadena H característica (2)	γ	α	μ
Papel biológico principal	función normal de anticuerpos	especificidad de grupo sanguíneo	isoaglutininas

- (1) Subdivididas en subclases: IgG₁ (seudoglobulina) e IgG₂, ampliamente predominante en la leche.
- (2) Cadena pesada (H) PM = 60.000; cada monómero comprende dos cadenas H y dos cadenas ligeras (L) PM = 20.000; estas últimas pueden ser las mismas en las diferentes clases.

Proteasas-peptona.-

Constituyen una fracción compleja formada por una mezcla heterogénea de polipéptidos que permanecen solubles después del calentamiento de la leche a 95°C durante 20-30 minutos seguido de una acidificación a pH 4,6. Alta estabilidad térmica.

A pesar de poseer masas moleculares relativamente pequeñas se las incluye en el grupo de las proteínas porque precipitan en gran parte bajo la acción del ácido tricloroacético (TCA) a la concentración de 12%.

CARACTERÍSTICAS.-

- Efecto deprimente en el volumen del pan adicionado de lactosuero.
- Fracción nitrogenada de la leche que posee la mayor actividad de superficie (descenso de la tensión superficial)
- Sustrato de la reacción activada por la luz solar que conduce a la producción de sabores anormales
- Inhibidas por la lipólisis en la leche de vaca.

OTRAS

Lactoferrina

Constituye, junto con la lisozima y el sistema lactoperoxidasa, las llamadas proteínas protectoras de la leche. Son proteínas no inmunológicas que aumentan y complementan el sistema inmune.

En la especie humana es uno de los componentes de la leche que participan en la protección del recién nacido frente a los microorganismos. Es de color rojo.

En condiciones fisiológicas, tiene muy poco Fe unido y es capaz de fijar el que se encuentra en el medio, de tal forma, que los microorganismos no disponen de él para su proliferación.

Es una glicoproteína (0,2 g.l⁻¹) sencilla de peso molecular de 80000–92000 que liga 2 átomos de Fe 3+ por molécula, segregada por la glándula mamaria, mucosas lacrimal, bronquial, salivar, renal.

Posee 2 funciones importantes:

- **Proteína transportadora de Fe** ya que se introduce este mineral en la leche a partir de la sangre
- **Acción bacteriostática** Debido a su gran afinidad por el Fe, que limita el desarrollo de los microorganismos en la leche por una reducción de la disponibilidad. Su concentración en la leche es tan baja que no ejerce efecto antibacteriano alguno.

PORQUE SON IMPORTANTES:

El suero representa una rica y variada mezcla de proteínas secretadas, que poseen **amplio rango de propiedades químicas, físicas y funcionales**. Concretamente, las proteínas del suero suponen alrededor del 20 % de las proteínas de la leche de vaca.

Otra principal actividad a destacar, es su actividad anticancerosa, teniendo un papel estimulador de la respuesta inmune, tanto humoral como celular.

Estas proteínas no sólo juegan un importante **papel nutritivo**, con una rica y balanceada fuente de aminoácidos, sino que además, en muchos casos, parecen ejercer determinados **efectos biológicos y fisiológicos**, *in vivo*. Estas proteínas están implicadas en un gran número de efectos biológicos, observados en estudios en animales y humanos, resumidos algunos en la siguiente tabla:

Proteína	Efecto funcional
Proteína del suero total	Anticancerígeno, inmunoestimulador, longevidad, hipocolesterol
<u>b-lactoglobulina (beta)</u>	Función digestiva, sustrato común para trabajos enzimáticos y estudios referentes al enlace de los iones a las proteínas y su desnaturalización Sabor a cocido. Sistema reductor. Flocculación. Dificultades para la formación de la nata
<u>a-Lactoalbúmina (alfa)</u>	Anticancerígeno
Lactoferrina	Antimicrobiano, transporte y regulación del Fe, inmunoestimulador, antiinflamatorio, crecimiento y proliferación celular y anticancerígeno
Inmunoglobulinas	Inmunidad pasiva
Séricas	Diferenciación y crecimiento celular, reparación y protección de la mucosa intestinal, y reparación de lesiones.

Asimismo, una vez parcialmente hidrolizadas, sirven de fuente de numerosos péptidos, que poseen actividades biológicas y fisiológicas.

En los últimos años se están llevando acabo numerosas investigaciones, con dos objetivos claros:

- Evaluar de forma científica los posibles efectos fisiológicos de estas proteínas en ensayos clínicos.
- Desarrollo de productos alimenticios, donde las proteínas del suero y fracciones de la misma formen parte de la composición, actuando como ingredientes promotores de la salud.

Se halló que:

- ◆ Factor muy importante para la producción de algunos productos reducidos en grasa, ya que es posible gelatinizar las proteínas derivadas del suero sin la presencia de calor alterando el ambiente iónico (por Ej.: agregando Ca u otras sales o modificando el pH)
- ◆ Afectan a la retención o liberación del sabor, mediante la manipulación de las estructuras de gelatinización, siendo posible elaborar alimentos modificados, tales como productos bajos en grasa que sean comparables a productos similares con grasa.
- ◆ Portador de materiales de grasa solubles, vitaminas y ácidos grasos esenciales, eliminando el inconveniente de conservar concentraciones adecuadas de estos componentes en sistemas bajos en grasa.
- ◆ Muy útiles para la estabilización de moléculas de grasas solubles.
- ◆ Estabilización de alimentos congelados, retardando el crecimiento de los cristales de hielo, debido a la forma en que las proteínas derivadas del suero estructuran el agua.
- ◆ Estabilización de emulsiones de soja mediante concentrados proteínicos de suero con lípidos y Ca reducidos.

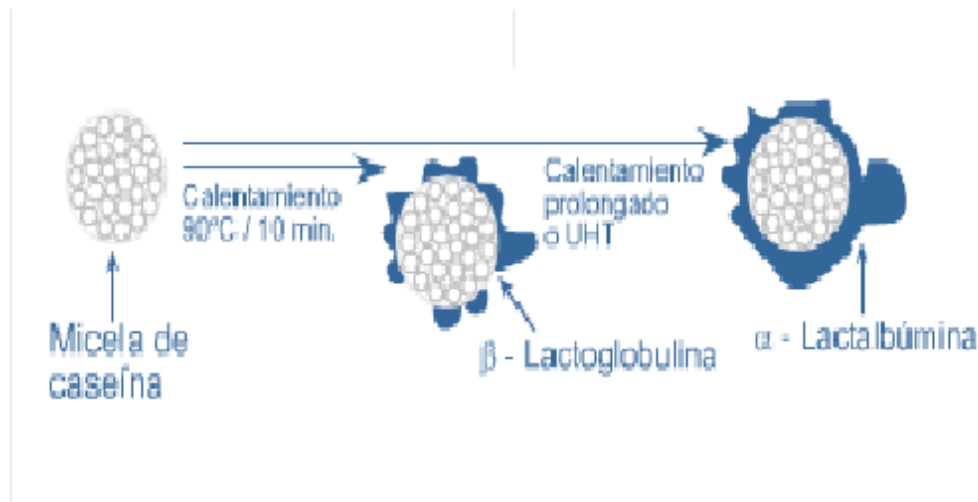
EFFECTOS TECNOLÓGICOS:

NOTA.-La asociación entre δ -lactoglobulina y la caseína δ se produce gracias a un intercambio entre sus grupos sulfhidrilo y la formación de puentes disulfuro, al pH natural de la leche, o por interacciones hidrófobas si el pH es inferior a 6,5, que dan lugar a una serie de protuberancias en la superficie de las micelas.

Cuánto menor es el pH, el fenómeno de asociación es más fuerte.

Provocando la desnaturalización de la δ -lactoglobulina, el calentamiento conlleva a la aparición de grupos -SH que pueden reaccionar con los de la caseína δ . Parece ser que la asociación de estas dos proteínas resulta de la formación de enlaces disulfuro -S-S- entre sus grupos sulfidrilo.

La δ -lactoalbúmina forma también complejos con la caseína δ ,



PROTEÍNAS SOLUBLES.- Tratamiento térmico

Calentamiento.-

COMPONENTE	MODIFICACIONES	CONSECUENCIA
Sobre las proteínas solubles	CALENTAMIENTO	% PROTEINAS SOLUBLES DESNATURALIZADAS
	60°C / 30 min.	Despreciable
	72°C / 15-20 seg.	Despreciable
	80°C / 1 min.	20%
	145°C / 1-2 min.	60%
	80°C / 30 min.	90%
	90°C / 5 min.	100%
	115°C / 15 min.	100%

Tratamiento mecánico.–

FILTRACIÓN TANGENCIAL

Las técnicas de filtración tangencial permiten separar los distintos componentes en función de su tamaño molecular.

Por todo ello, el retenido o concentrado y el permeado tendrá una composición diferente a la de la leche de partida y la mayor parte de los componentes de la leche se verán más o menos afectados.

Se debe tener en cuenta que a los efectos del tratamiento de filtración tangencial debemos unir los efectos previos sufridos por la leche debido a los tratamientos térmicos, al ajuste de pH y sobre todo debido a los procesos de bombeo que la leche sufrirá durante todo el proceso de filtración.

TRATAMIENTO	MODIFICACIONES	APLICACIONES
Ultrafiltración	- Se emplean membranas con tamaño de poro de 10 - 100 nm (nanómetros) - Concentración de caseínas, proteínas solubles, y materia grasa. (y los minerales asociados a estas fracciones). - Deja pasar parte del agua, sales minerales, lactosa y materias nitrogenadas no proteicas.	- Estandarización proteica de las leches de quesería. - Cracking del lactosuero. - Fabricación de queso a partir de leches concentradas. - Desuerado de quesos.

Las moléculas proteicas son encadenamientos de más de 100 residuos de una veintena de clases de aminoácidos diferentes.

Las distintas proteínas se diferencian por el número total de aminoácidos, su frecuencia y localización dentro de la cadena proteica, ofreciendo de este modo una gran variabilidad. Sus propiedades se derivan a la vez de su composición y de su particular estructura espacial.

Las proteínas, junto con las sales minerales, constituyen la parte más compleja e importante de la leche tanto por su composición como por el estado físico-químico en el que se encuentran.

PROTEÍNAS

Las proteínas son encadenamientos de más de 100 residuos de una veintena de clases de aminoácidos diferentes.

Las distintas proteínas se diferencian por el número total de aminoácidos, su frecuencia y localización dentro de la cadena proteica, ofreciendo de este modo una gran variabilidad. Sus propiedades se derivan a la vez de su composición y de su particular estructura espacial.

Las proteínas, junto con las sales minerales, constituyen la parte más compleja e importante de la leche tanto por su composición como por el estado físico-químico en el que se encuentran.

IMPORTANCIA DE LOS COMPONENTES PROTEICOS

La importancia de los componentes proteicos de la leche radica en:

- Ser uno de los componentes mayoritarios de la leche, después del agua, lactosa y materia grasa.
- Componente más importante desde el punto de vista nutritivo. Las proteínas lácteas presentan un valor biológico semejante al de las del huevo.
- Del contenido en proteínas depende el valor tecnológico de la leche. Cuanto mayor sea la tasa de proteínas en la leche cruda, mejor será el rendimiento de la transformación tecnológica.
- Las propiedades físico-químicas más importantes de la leche, especialmente las relacionadas con su estabilidad, derivan de la presencia de proteínas en forma micelar (caseínas).

Ciertas proteínas séricas poseen actividades enzimáticas e inmunológicas (anticuerpos de importancia biológica y específicos para cada especie) fundamentales.