

REDVET. Revista electrónica de Veterinaria 1695-7504  
2007 Volumen VIII Número 1



REDVET Rev. electrón. vet. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet> - <http://www.redvet.es>  
Vol. VIII, Nº 1, Enero/2007- <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010107.html>

## Genética de la caseína de la leche en el bovino Frisón (Milk of casein of genetic in the Frison bovine).

**Requena, F.D.:** Departamento de Biología Celular, Fisiología e Inmunología. Sección de Fisiología Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba. Córdoba, España. |  
**Agüera, E.I.:** Departamento de Biología Celular, Fisiología e Inmunología. Sección de Fisiología Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba. Córdoba, España. |  
**Requena, F.:** Departamento de Biología Celular, Fisiología e Inmunología. Sección de Fisiología Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad de Córdoba. Córdoba, España. |

\* Para contactar : [requenaman@hotmail.com](mailto:requenaman@hotmail.com)

REDVET: 2007, Vol. VIII Nº 1

Recibido: 13 Diciembre 2005    Referencia: 010702    Aceptado: 30 Diciembre 2006    Publicado: 01 Enero 2007

Este artículo está disponible en <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n010107.html> concretamente en <http://www.veterinaria.org/revistas/recvet/n010107/010702.pdf>

REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria está editada por Veterinaria Organización®. Se autoriza la difusión y reenvío siempre que enlace con Veterinaria.org® <http://www.veterinaria.org> y con RECNET® - <http://www.veterinaria.org/revistas/recvet> - <http://www.redvet.es>

### Resumen

Hoy en día la Industria Alimentaria tiene un importante objetivo buscar una mejora en la composición de la leche para elaborar productos de mayor calidad, puesto que es lo que demanda el consumidor. Para conseguir esta mejora, es necesario incrementar la proteína de la leche, especialmente la caseína, que se considera la de mejor calidad. El ganado bovino produce una media de 3,5% de proteína en la leche, del cual, el 80% son caseínas (&#945;, &#946; y ) y el 20% proteínas séricas (&#945;-lactoalbúmina y &#946;-lactoglobulina). En la producción de caseínas de un animal intervienen varios factores, como la alimentación, la edad del animal, número de lactación, número de ordeños, genética del animal, etc. Por lo tanto la producción de caseína se ajusta a un carácter cuantitativo genético en el que intervienen factores ambientales, genéticos

y la interacción de ambos. Esto indica que conociendo los genes (locus, estructura, transmisión) y los genotipos a los que dan lugar, se puede analizar la variabilidad genética y parámetros genéticos, como la heredabilidad y la correlación con otros caracteres cuantitativos, para elaborar un programa de mejora genética en una determinada población bovina; o incluso conseguir animales transgénicos que produzcan más caseína de lo normal. Conseguir leche con alto % de caseína es importante porque la caseína es útil para obtener una mayor calidad lechera, preparar productos alimenticios y farmacéuticos, elaborar soluciones adhesivas, elaborar quesos y productos lácteos de mejor calidad.

**Palabras clave:** Variabilidad genética | caseína | heredabilidad | genes de la caseína bovina | genotipos de la caseína | proteínas de la leche | calidad lechera.

## Abstract

At present Nourishing Industry has an important objective, to look for one improvement in composition of milk to elaborate products of greater quality, since it is what the consumer demands. In order to obtain this improvement, it's necessary to increase the milk protein, specially the casein, which is considered as the best quality protein. The bovine cattle produces an average 3,5% of protein in milk, of which, the 80% are caseins (α, β, γ) and the 20% proteins of the serum (α-lactoalbumen y β-lactoglobulin). In the caseins production of one animals several factors take part, like feeding, age, number of suckling, number of milkings, genetic of the animal, etc. Therefore casein production adjusts to a genetic quantitative character, in which, environmental, genetic factors take part, and the interaction of both. This indicates that knowing the genes (locus, structure, transmission) and the genotypes to which they give rise, can be analyzed the genetic variability and genetic parameters, like the heredability and the correlation with other quantitative characters, to elaborate a program of genetic improvement in a certain bovine population, or to even obtain transgenic animals that they produce more casein of the normal thing. To obtain milk with a high percentage of casein is important because it's useful to obtain a greater milk quality, to prepare nutritional and pharmaceutical products, to elaborate sticky solutions, to elaborate cheeses and milky products of better quality.

**Keywords:** Genetic variability | casein | heredability | bovine casein genes | casein genotypes | milk proteins | milk quality.

---

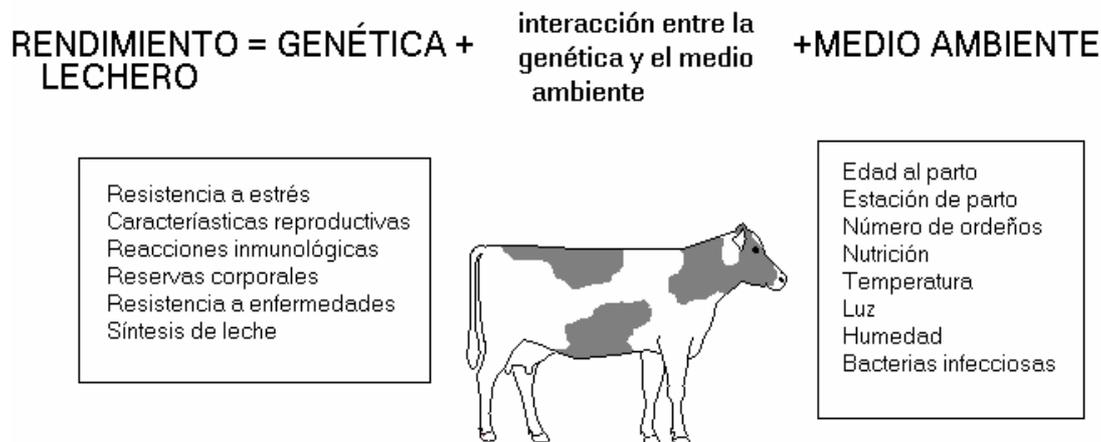
## Introducción

Uno de los aspectos o características buscadas en la mejora genética del vacuno lechero es la mejora de su leche, es decir, conseguir una alta calidad lechera. Esto es así porque hoy en día, la Industria Alimentaria precisa de una mejora en la composición de la leche para elaborar y conseguir diversos productos de mayor calidad y valor nutritivo que es lo que demanda el consumidor; lo que se traduce en que el ganadero debe obtener leche de alta calidad para competir en el mercado, maximizar sus beneficios y satisfacer la demanda de la sociedad.

La Industria Alimentaria obtiene el máximo beneficio cuando emplea como materia prima producciones de leche con los valores de proteína incrementados, lo que demuestra que el componente de la leche más valioso es la proteína, y en concreto un tipo de proteína, la caseína.

Aunque una apropiada alimentación es esencial para obtener una producción de leche máxima y para limitar la variación estacional de la composición de la leche, la manipulación de la dieta no es el único factor que interviene. Intervienen también otros factores ambientales como: manejo, velocidad de ordeño, resistencia a enfermedades como la mastitis, edad del animal y etapa de lactación. Y por último, también interviene un factor muy importante, la genética. Basada en ella, se han empleado programas de reproducción que han usado una selección genética basada en las pruebas de progenie, y los resultados han sido, un pequeño, pero acumulativo, mejoramiento de la producción y composición de la leche, así como también se han llevado a cabo estudios con marcadores genéticos para identificar genes que aumentan la calidad de la leche; de esta forma se abre el campo de los animales transgénicos.

Por lo tanto, la genética es un factor que interviene en la variabilidad del contenido proteico en leche. Entonces, como cualquier carácter cuantitativo genético, la cantidad de proteína en leche sigue la ecuación general de la genética cuantitativa que podemos representar como:



De esta forma, como aparece en la figura anterior, el rendimiento lechero, entendiendo éste como producción de leche y calidad lechera (traduciendo la calidad en este caso en incremento de proteína en leche) está influido por la composición genética del animal y por los efectos del medio ambiente. La genética le da a la vaca la oportunidad de producir leche de una determinada calidad; el medio ambiente provee las condiciones para producirla. Esta producción es el resultado de la combinación de la genética con el medio ambiente, así como la interacción entre estos dos factores.

La concentración de la proteína en la leche es distinta en las diferentes especies domésticas, pero de forma general se encuentra entre el 3% - 4%, siendo en la especie bovina la media alrededor del 3,5%. Las proteínas de la leche se dividen en dos grandes grupos: las séricas, que constituyen un 20% de la proteína total, y las caseínas, que constituyen un 80% del total. Hay tres tipos de caseínas:

- $\alpha$ -caseína. Tiene dos variedades,  $\alpha_{s1}$  y  $\alpha_{s2}$ .
- $\beta$ -caseína.
- $K$ -caseína.

Las proteínas séricas o del suero de la leche son:

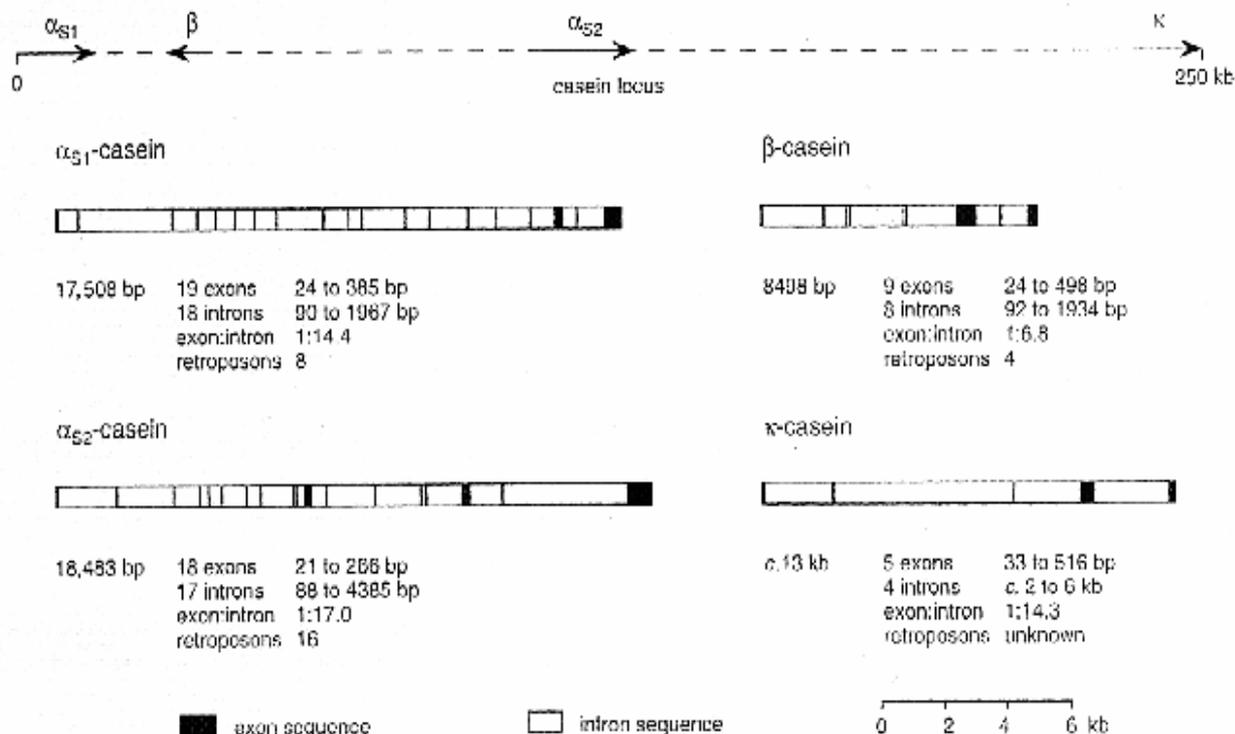
- $\alpha$ -Lactoalbúmina ( $\alpha$ -LA)
- $\beta$ -lactoglobulina ( $\beta$ -LG)

Estas dos proteínas están relacionadas con la producción de proteína y con algunas caseínas.

## Características de los genes de las caseínas

Los genes que codifican estas 4 variedades o tipos de caseínas se encuentran en el cromosoma 6 (concretamente en la región 6q31) del ganado bovino, en un locus de 250 kilobases (kb) y organizados uno tras otro en el siguiente orden:  $\alpha_{S1}$ ,  $\beta$ ,  $\alpha_{S2}$  y  $\kappa$ . Los genes de las tres primeras se encuentran dentro del locus en una región de unas 140 kb, mientras que el gen de la  $\kappa$ -caseína se encuentra en una región de unas 95-120 kb. La  $\kappa$ -caseína se encuentra en una región de unas 95-120 kb.

Las caseínas poseen estructuras genéticas similares. En general, contienen muchos exones pequeños y una baja proporción entre exones e intrones. También cabe destacar que poseen múltiples copias de repetición denominadas transposones. Los genes de las caseínas  $\alpha_{S1}$  y  $\alpha_{S2}$  poseen unidades transcripcionales relativamente largas, de aproximadamente 17,5 y 18,5 pares de kb respectivamente, y con un número de exones similar. El gen de la  $\beta$ -caseína tiene una secuencia génica que es más o menos la mitad de la longitud de las otras caseínas. El número de exones que contiene también es la mitad que el que poseen las demás. El estudio del mapa del locus del gen de la caseína ha demostrado que a diferencia del resto de los otros tipos de caseínas, la  $\beta$ -caseína se transcribe de forma divergente.



**Fig. 19.1.** The bovine casein genes. Schematic representation of the bovine casein genes depicting their exon structure (including number and size range of exons and introns, exon to intron ratio and number of transposons), as well as their organization within the casein locus. (Derived from sequence data reported by Alexander *et al.* (1988), Bonsing *et al.* (1988), Kuczaj *et al.* (1991), Groenen *et al.* (1993) and gene mapping performed by Rijnkels *et al.* (1997).)

## Variabilidad genética y parámetros genéticos

No hay que olvidar un concepto importante antes de elaborar un plan de mejora, la variabilidad. Si no hay variabilidad, no podemos hacer mejora, porque los individuos que componen esa población son desde el punto de vista genético homogéneos para ese carácter. Lo mismo ocurre cuando encontramos poblaciones con una variabilidad baja. No es rentable ni tiene sentido

llevar a cabo un plan de mejora con unos animales que son muy parecidos genéticamente para ese carácter, porque la mejora que conseguiríamos sería mínima.

Para cuantificar la variabilidad en un núcleo poblacional (granja, rebaño, manda...) nos basamos en la heredabilidad ( $h^2$ ). A continuación podemos observar una serie de valores de heredabilidades y su correlación con los kilos de leche producidos:

RASGOS	$h^2$	relación con kgs. leche
Producción de leche	0,25	1
Producción de grasa	0,25	0,75
Producción de proteína	0,25	0,82
Producción de sólidos totales	0,25	0,92
% grasa	0,5	-0,4
% proteína	0,5	-0,22

Es importante apreciar que encontramos que la producción de proteína (caseína fundamentalmente) tiene una heredabilidad de 0,25, la cual podemos considerar como una  $h^2$  moderada puesto que a partir de 0,3 la consideramos como alta. Vemos también que la producción de proteína se correlaciona fuertemente con la producción de leche, lo que significa que ambos caracteres son compatibles. En cambio, podemos apreciar que el % de proteína en leche tiene una  $h^2$  de 0,5 y una correlación negativa baja con la producción de leche. Esto se traduce en que el % de proteína es mejor para seleccionar, puesto que su  $h^2$  es el doble de la que tiene el carácter producción de proteína, y que seleccionar a favor del % de proteína conlleva una reducción en la producción de leche; con lo cual tenemos dos maneras de incrementar la caseína en leche, incrementando su producción o incrementando su % en leche. En el primer caso, obtendríamos mayor cantidad de caseína pero dispersa en una mayor cantidad de leche por lo que su % no variaría o si lo hace sería muy poco, y en el segundo caso, obtendríamos un mayor % por kg de leche producido en un volumen menor de leche. Sólo habría que preguntar al ganadero lo que le sería más rentable, o bien producir más leche con más proteína, o conservar prácticamente el volumen de leche que produce pero con un índice mayor de caseína.

La razón final de buscar variabilidad en una población y analizar las heredabilidades y correlaciones con otros caracteres cuantitativos es poder asociar valores fenotípicos con un determinado material genético, es decir, asignar y descubrir los genotipos. De hecho, existen evidencias bien documentadas que permiten correlacionar algunas de las variantes de las proteínas de la leche con el rendimiento y la composición del producto obtenido.

### **Importancia de los genes de la caseína y de sus genotipos.**

Se han realizado varios estudios que han encontrado asociaciones entre determinados tipos de caseínas que están relacionados con determinados rendimientos lecheros. También se han encontrado que las proteínas del suero de la leche (alfa-lactoalbúmina y beta-lactoglobulina) también tienen repercusión en la cantidad de proteína y en la calidad de la leche final. A continuación se comentarán algunas características de las proteínas de la leche más relevantes.

- La  $\kappa$ -caseína (CAS $\kappa$ )

Constituye aproximadamente el 13 % de las caseínas totales y mediante corridas electroforéticas, así como también a nivel de ADN, se han descrito dos variantes alélicas mayoritarias: A y B. La leche producida por animales de genotipo BB contiene mayores niveles de proteínas, grasa y sólidos totales. Además este genotipo se ha correlacionado con un mayor rendimiento en litros de leche. Se calcula que esta variante puede ofrecer un promedio de 2.000 Kg más de leche durante toda la vida productiva del animal. Estas observaciones fueron confirmadas además de la raza Frisona en diferentes razas como Holstein, Jersey, Ayrshire, Guemeys y otras.

Sin embargo, en las diferentes razas, no siempre se presentan las mismas asociaciones marcador - QTL (Quantitative Trait Loci). Si tenemos en cuenta que el ligamiento entre el QTL y el marcador genético es incompleto, podrían existir en la población diferentes haplotipos marcador-QTL. De este modo, el alelo B de CAS $\kappa$  podría estar ligado al alelo de alta producción del QTL en algunos animales, mientras que en otros estaría ligado a la variante de baja productividad. Por lo tanto, los efectos estimados del QTL sobre el rasgo cuantitativo se verán sesgados por efecto de la recombinación. Así por ejemplo, se ha observado que el alelo B de CAS $\kappa$  estaba asociado a una disminución en el porcentaje de grasa. Y otros autores no encontraron asociación entre los alelos de CAS $\kappa$  y los caracteres de producción lechera.

La leche producida por animales con genotipo CAS $\kappa$  BB posee propiedades superiores para la manufacturación de queso. La leche de tipo BB tienen menor tiempo de renina, cuajo más firme, y un mayor contenido en proteínas y sólidos totales.

La leche derivada de animales CAS $\kappa$  AA tiene menor porcentaje de  $\kappa$ -caseína ( $\kappa$ -CN), y como consecuencia de esto, una mayor proporción de micelas grandes. Por el contrario, la leche de animales CAS $\kappa$  BB presenta mayor proporción de  $\kappa$ -caseína y micelas más pequeñas. Esta característica explica la formación de un cuajo más firme y una mayor retención de sólidos, lo que resulta en un rendimiento superior durante la producción de queso, comparada con la leche producida por animales con genotipo CAS $\kappa$  AA.

Van Eenennaam y Medrano (1991) demostraron que la leche de los animales con genotipo CAS $\kappa$  AB contiene una mayor proporción de  $\kappa$ -CN B. Esto sugeriría que dicho alelo tiene un mayor nivel de expresión con respecto a la variante A en la glándula mamaria de los bovinos. La diferencia en la expresión de los alelos, explicaría las observaciones hechas previamente, que evidenciaban que la proporción de  $\kappa$ -CN en la leche depende del genotipo del animal (BB > AB > AA).

Las diferencias en el contenido proteico de la leche, entre los animales CAS $\kappa$  AA y CAS $\kappa$  BB, se estimó en aproximadamente un 3%. Este locus puede explicar alrededor del 4% de la variación total en el contenido proteico.

- $\alpha_{S1}$ -caseína (CAS $\alpha_{S1}$ )

Esta proteína constituye el 38 % de las caseínas totales presentes en la leche. Se han identificado en base a la migración electroforética, así como por técnicas moleculares, dos variantes principales denominadas B y C. Estudios de comportamiento realizados en animales caracterizados genéticamente para esta proteína, evidenciaron que los individuos CAS $\alpha_{S1}$  BB tenían un rendimiento en litros de leche significativamente mayor que los animales CAS $\alpha_{S1}$  BC. Estas observaciones indicarían la existencia de una fuerte correlación entre el alelo B y una mayor producción lechera. Sin embargo otros autores como no hallaron asociaciones significativas entre los genotipos de CAS $\alpha_{S1}$  con producción lechera en vacas de la raza Holstein.

En las razas lecheras más difundidas, como las Holstein-Friesian, el alelo B se encuentra próximo a la fijación; este hecho podría haber sido consecuencia de la fuerte presión de selección ejercida sobre dichas razas durante el último siglo. Por esta razón se ha hecho difícil llevar a cabo los estudios de asociación entre los genotipos de CAS $\alpha_{S1}$  y los caracteres de producción lechera.

- $\beta$ -lactoglobulina ( $\beta$ -LG)

La  $\beta$ -LG es la principal proteína del suero en la leche de los rumiantes, constituyendo el 50% de las proteínas presente en el suero. Aunque todavía no está clara su función fisiológica, se supone que prodría participar en el transporte y metabolismo del retinol y los ácidos grasos. En cuanto a su función genética hay que hablar de ella puesto que guarda relaciones con varios caracteres de la producción lechera.

Al igual que en el caso de  $\kappa$ -caseína, se han descrito dos variantes alélicas mayoritarias: A y B. La expresión diferencial de los alelos A y B de  $\beta$ LG ha sido observada en diferentes poblaciones de ganado bovino lechero.

Numerosos autores han reportado el efecto cuantitativo de las variantes alélicas en la composición de la leche, así como en la producción de queso. Por ejemplo, observaron un efecto significativo de  $L\beta$  sobre la cantidad de proteínas; Haenlin y col. (1987) hallaron una asociación entre  $L\beta$  y el porcentaje de grasa en la leche; Cowan y col. (1992), al estudiar dos familias de medias hermanas paternas de raza Holstein, reportaron un efecto de sustitución cromosómica significativos para el alelo A en una de ellas; van der Berg y col. (1992) encontraron que la variante B estaba asociada con una mayor cantidad de caseínas, lo cual causaba un incremento en la conversión de leche en queso. Finalmente, cabe mencionar que no todos los autores han hallado correlaciones estadísticamente significativas entre los genotipos de  $L\beta$  y los caracteres de producción lechera.

Podría resumirse que la variante A está asociada con un mayor nivel de  $\beta$ -LG y proteínas totales del suero de la leche, y con un menor contenido de caseínas y grasa. Por otra parte, los animales con genotipo  $\beta$ -LG BB tienen un menor contenido de  $\beta$ -LG y un mayor contenido de caseínas, proteínas totales y grasa en la leche, lo que resulta en mejores propiedades para la producción de queso. Además, este genotipo ha sido correlacionado con un mayor rendimiento en litros de leche con respecto al genotipo AA, habiéndose observado para el genotipo AB un rendimiento intermedio.

El estudio de la región promotora de este loci evidenció la presencia de 13 sustituciones nucleotídicas entre ambas variantes alélicas. Estas sustituciones que ocurren en los sitios específicos de unión de los factores de transcripción, serían las causantes de las diferencias observadas en la expresión de las variantes alélicas de  $L\beta$ . En los animales heterocigotos aproximadamente el 60% de la  $\beta$ -LG corresponde a la variante A, mientras que el 40% restante está constituida por la variante B. Se han reportado polimorfismos en la región promotora de la  $L\beta$  en cinco razas bovinas. Dentro de la región promotora han sido reportados diez sitios polimórficos, lo que fueron asociados a las variantes alélicas.

Las distintas regiones promotoras evidenciaron diferente grado de afinidad al factor de transcripción AP-2, lo que podría llevar a formar un complejo de transcripción más o menos eficiente, que causaría diferencias cuantitativas en la expresión de  $\beta$ LG. Por lo tanto, el factor de transcripción AP-2 podría actuar como un modulador de la expresión de la  $L\beta$ .

- $\alpha$ -Lactoalbúmina ( $\alpha$ -LA)

La  $\alpha$ -LA constituye el 20% de las proteínas presentes en el suero de la leche. Hasta el momento han sido detectadas tres variantes: A, B y C correlacionaron, en la raza Holstein, la variante A con una mayor cantidad de leche, proteínas y grasa. La variante B fue asociada con mayores porcentajes de proteína y grasa, observándose valores intermedios en los animales heterocigotos.

Asociaciones entre los haplotipos de las proteínas de la leche y caracteres de producción: Muchos de los estudios realizados incluyeron, no sólo el análisis del efecto individual de las proteínas de la leche sobre la producción, sino también su efecto en forma conjunta. Así por ejemplo, se observó en una familia de medias hermanas paternas de la raza Frisona, que los haplotipos  $CAS_{\alpha_{S1}}$ - $CAS_{\beta}$  evidenciaban un efecto de sustitución significativo sobre la producción lechera. El efecto de la interacción entre las proteínas de la leche era de 8,9% sobre la varianza fenotípica en la producción lechera, 8,6% y 5% en la cantidad de proteínas y grasa respectivamente.

## Aplicaciones reales

La caseína se emplea en numerosas actividades debido a sus propiedades y características físico-químicas. La caseína es un fosfo-prótido, es decir, una sustancia orgánica nitrogenada cuya molécula también posee el elemento fósforo. La caseína es un sólido blanco-amarillento, sin sabor ni olor, insoluble en agua. En la leche se encuentra asociada con sales inorgánicas de calcio. Se obtiene coagulando leche descremada con ácido clorhídrico diluido. Así se imita la acidificación espontánea.

Los coágulos se decantan, se lavan con agua, se desecan y finalmente se muelen. La caseína industrial se vende en grano, fino o grueso. La "harina de caseína" está muy finamente molida.

Se dispersa bien en un medio alcalino, como una solución acuosa de hidróxido de sodio: NaOH, formando caseinatos de sodio. Como esta solución es espesa y adhesiva encuentra aplicaciones en:

- Colas de carpintería, recomendadas para maderas terciadas. Otras colas para papel, vidrio y porcelana han sido reemplazadas por adhesivos vinílicos.
- Pinturas "al agua".
- Plásticos que imitan al cuerno y al carey, como el "galalit", consistente en caseína endurecida con formol. Solo o mezclado con otros plásticos se emplea en botonería, peines y mangos de utensilios.
- Preparados alimenticios y farmacéuticos.
- También se elaboran recubrimientos con la caseína:

Se han desarrollado cubiertas protectoras para brownies, cubos de chocolate y donuts a partir de caseinato de sodio, aceite de algodón, soya o maíz y un plastificante. Los caseinatos forman fácilmente películas en soluciones acuosas debido a su estructura desordenada y a la capacidad para formar gran número de puentes de hidrógeno e interacciones y puentes hidrofóbicos. La naturaleza anfílica de los caseinatos hace de ellos excelentes candidatos para la formación de películas emulsionadas. Las películas de caseinato puro son atractivas para uso en alimentos debido a su transparencia, flexibilidad y naturaleza blanda. Las películas de caseinato también son solubles en agua.

El potencial de las emulsiones comestibles para películas basadas en caseína han sido estudiadas en la preservación de frutas y vegetales frescos. La proteína matriz mejora resistencia, integridad, característica de barrera al oxígeno y adherencia a la superficie de los alimentos.

La caseína también se emplea de forma importante en:

- Mejora genética de la calidad de la leche. Las diferentes variantes genéticas de caseína son controladas por genes autosómicos, los cuales son transmitidos desde los padres a la descendencia en forma mendeliana. En el caso de la  $\kappa$ -caseína, los bovinos heredan de cada progenitor un alelo A o B, conformándose así los genotipos homocigotos AA o BB, y el genotipo heterocigoto AB. Para poder seleccionar los toros en base a estos genotipos se utilizan pruebas de progenie muy extensas y, que en general, demandan entre 6 y 7 años.
- Animales transgénicos. Por ejemplo se han hecho estudios en vacas transgénicas. Las vacas tenían copias adicionales de los genes que codificaban para dos proteínas: beta y kappa caseína. Como resultado, su leche contenía casi el 20% de beta caseína y el

100% de kappa caseína más que la leche de las vacas comunes. Esto permitiría a los fabricantes de queso producir más queso a partir del mismo volumen de leche.

- La Industria Alimentaria: La caseína es una excelente materia prima para obtener derivados lácteos y quesos de mayor calidad. Como anteriormente hemos dicho, La función de la  $\kappa$ -caseína es mantener la estabilidad micelar de las caseínas durante el proceso de coagulación y gelificación del queso. Tecnológicamente, en la elaboración de quesos, en base a leche con la variante alélica B de la  $\kappa$ -caseína, se produce una cuajada más firme, hay un menor tiempo de coagulación y un mayor rendimiento bruto de queso.

## Bibliografía

M. A. Pérez y R. Alenda. Relación **Genética entre los caracteres de tipo y rentabilidad de las vacas de leche**. Departamento de Producción Animal – E.T.S.I. Agrónomos (UPM).

Disponible en URL: [http://www.dcam.upv.es/acteon/CONGRESOS/Aida2001/docs/itea\\_2001.PDF](http://www.dcam.upv.es/acteon/CONGRESOS/Aida2001/docs/itea_2001.PDF)

Alberto Xepa. **Mejora genética en ganado vacuno frisón**.

Disponible en URL:

<http://perso.wanadoo.es/albertoxepa/IntroGen.html>

Agostina Gentile. Lácteros, Capítulo 14. Producción comercial de yogurt a pequeña escala: **Caseína: propiedades y aplicaciones**. Mar de Plata, Argentina.

Disponible en URL:

<http://www.monografias.com/trabajos6/lacte/lacte2.shtml#esca>

W. S. Bawden and K. R. Nicholas. Genetics of cattle, CAB International 1999 (eds R. Fries and A. Ruvinsky), Chapter 19: **Molecular Genetics of Milk Production**. Victorian Institute of Animal Science, Lactation Department, 475 Mickleham Road, Attwood, Victoria 3049, Australia.

Morales S., María Sol. **Factores que afectan la composición de la leche**. TECNO VET (Chile): Año 5 N°1, marzo 1999.

Disponible en URL:

[http://www.tecnovet.uchile.cl/CDA/tecnovet\\_articulo/0,1409,SCID%253D9670%2526ISID%253D459,00.html](http://www.tecnovet.uchile.cl/CDA/tecnovet_articulo/0,1409,SCID%253D9670%2526ISID%253D459,00.html)

R. Felmer, B. Q.; N. Butendieck, M. V. Dr med. Vet. **Allelic frequency of the bovine  $\kappa$ -casein gen in a Frisón Negro Chileno dairy herd**. Centro Regional de Investigación Carillanca, Instituto de investigaciones Agropecuarias, INIA, Casilla 58-D, Temuco, Chile. Arch. med. vet. vol.30 n.2 Valdivia 1998.

Hettinga, D. H. 1989. **Why alter milk composition?** J. Dairy Sci. 72:2790 – 2800.

Pedro Ochoa Galván. **Mejoramiento genético del ganado bovino productor de leche**.

Departamento de Genética y Bioestadística. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-UNAM C. Universitaria, 04510, México, D.F. Ciencia Vet (México) Vol. 5 1991: 72-76.

Disponible en URL:

<http://www.fmvz.unam.mx/fmvz/cienciavet/revistas/CvVol5/Cvindv5.pdf>

ALEXANDER, L.J., A.F. STEWART, A.G. MACKINLAY, T.V. KAPELINSKAYA, T.M. TKACH, S.I. GORODETSKY. 1988. **Isolation and characterization of the bovine  $\kappa$ -casein gen**, Eur. J. Biochem. 178: 395-401.

**REDVET® Revista Electrónica de Veterinaria** (ISSN n° 1695-7504) es medio oficial de comunicación científico, técnico y profesional de la Comunidad Virtual Veterinaria de Veterinaria.org que se edita en Internet ininterrumpidamente desde 1996. Es una revista científica veterinaria referenciada, arbitrada, online, mensual, interactiva y con acceso a los artículos íntegros. Publica trabajos científicos, de investigación, de revisión, tesis, tesis doctorales, casos clínicos, artículos divulgativos, de opinión, técnicos u otros de cualquier especialidad en el campo de las **Ciencias Veterinarias** o relacionadas a nivel internacional. Se puede acceder vía web a través del portal [Veterinaria.org](http://www.veterinaria.org). <http://www.veterinaria.org> o en desde **RECNET®** <http://www.veterinaria.org/revistas/recvet> -<http://www.redvet.es> Se dispone de la posibilidad de recibir el Sumario de cada número por correo electrónico solicitándolo a [redvet@veterinaria.org](mailto:redvet@veterinaria.org). Si deseas postular tu artículo para ser publicado en **REDVET®** contacta con [redvet@veterinaria.org](mailto:redvet@veterinaria.org) o con [redaccion@veterinaria.org](mailto:redaccion@veterinaria.org) después de leer las Normas de Publicación en <http://www.veterinaria.org/normas.html> Se autoriza la difusión y reenvío de esta publicación electrónica siempre que se cite la fuente, enlace con [Veterinaria.org](http://www.veterinaria.org) <http://www.veterinaria.org> y **REDVET®** <http://www.redvet.es>

Veterinaria Organización S.L.® - (Copyright) 1996-2007 - E\_mail: [info@veterinaria.org](mailto:info@veterinaria.org)