

RELACIÓN DE LAS VARIANTES A y B DE LA β -LACTOGLOBULINA CON LA PRODUCCIÓN Y COMPOSICIÓN DE LA LECHE DE VACAS HOLSTEIN Y CRIOLLO LECHERO TROPICAL

ASSOCIATIONS BETWEEN VARIANTS A AND B OF β -LACTOGLOBULIN AND MILK PRODUCTION AND COMPOSITION OF HOLSTEIN AND MILKING TROPICAL CRIOLLO COWS

Martín A. Meza-Nieto^{1,2}, Aarón F. González-Córdova¹, Carlos M. Becerril-Pérez³, Adalberto Rosendo-Ponce³, Pablo Díaz-Rivera³, Felipe de J. Ruíz-López⁴, Belinda Vallejo-Cordoba^{1*}

¹Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A. C. (CIAD). Carretera a La Victoria, Km. 0.6, 83304. Hermosillo, Sonora, México. (vallejo@ciad.mx). ²Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CICYTA), Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Abasolo 600. Colonia Centro, 43600. Pachuca, Hidalgo, México. ³Campus Córdoba, Colegio de Postgraduados. Carretera Federal México-Veracruz, Km. 348, 94946. Amatlán de los Reyes, Veracruz, México. ⁴Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). Carretera a Colón. Km. 1, 76280. Ajuchitlán, Querétaro, México.

RESUMEN

Las variantes genéticas de la β -lactoglobulina (β -LG) A y B se han asociado con la producción y composición de la leche, lo que puede variar entre razas lecheras. El objetivo del presente estudio fue determinar la relación de las variantes genéticas de β -LG con la composición y producción de la leche de vacas Holstein (H) y Criollo Lechero Tropical (CLT). Se caracterizaron 350 muestras de leche de vacas H y 64 de CLT. La información individual de los registros productivos y reproductivos de ambas razas fue recopilada. En cada muestra se determinó la composición química por espectroscopía de infrarrojo medio y el recuento de células somáticas (CCS) por citometría de flujo. Se realizó un análisis de varianza con modelos mixtos para estudiar el efecto del fenotipo de la β -LG sobre la composición química de la leche, CCS, producción de leche, grasa y proteína ajustada a 305 d y producción de leche al día del muestreo. En el modelo estadístico se incluyó el efecto aleatorio del padre de la vaca y los efectos fijos de ható-año-estación, fenotipo y número de parto, además de las covariables días en leche y edad de la vaca. Se encontró efecto significativo del fenotipo de la β -LG sobre la composición química de la leche. Los porcentajes de grasa, proteína, sólidos no grasos y sólidos totales fueron significativamente ($p \leq 0.05$) mayores en el fenotipo BB en

ABSTRACT

Genetic variants of β -lactoglobulin (β -LG) A and B have been associated with milk production and composition, which can vary between dairy breeds. The aim of this study was to determine the relationship of genetic variants of β -LG with milk composition and production of Holstein cows (H) and Tropical Milking Criollo (TMC). Three hundred and fifty milk samples of H cows and 64 of TMC were characterized. Individual information on production and reproduction records of both breeds was collected. The chemical composition of each sample was determined by mid-infrared spectroscopy and somatic cell count (SCC) by flow cytometry. An analysis of variance was conducted with mixed models to study the effect of β -LG phenotype on the chemical composition of milk, SCC, milk production, fat and protein adjusted to 305 d and milk yield at the day of sampling. In the statistical model, the random effect of the cow's father and the fixed effects herd-year-season, phenotype and number of birth were included, besides the covariates days in milk and cow age. β -LG phenotype was found to have a significant effect on chemical composition of milk. The percentage of fat, protein, nonfat and total solids were significantly ($p \leq 0.05$) higher in BB phenotype for both breeds. The milk yield/production fitted to 305 d was higher ($p \leq 0.05$) for AA phenotype of H cows.

*Autor responsable ❖ Author for correspondence.

Recibido: febrero, 2011. Aprobado: diciembre, 2011.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 46: 15-22. 2012.

Key words: β -lactoglobulin, variants A and B, milk, Holstein cows, Tropical Milking Criollo.

ambas razas. La producción de leche ajustada a los 305 d fue superior ($p \leq 0.05$) en el fenotipo AA de vacas H.

Palabras clave: β -lactoglobulina, variantes A y B, leche, vacas Holstein y Criollo Lechero Tropical.

INTRODUCCIÓN

Técnicas de separación electroforética han mostrado variantes genéticas en las proteínas caseicas y séricas (Ng-Kwai-Hang, 1997). Después del descubrimiento de las 30 variantes genéticas en las proteínas de la leche, se encontró una asociación entre las variantes genéticas con las características de producción y composición de la leche (Hill, 1993; Ng-Kwai-Hang, 1997; Caroli *et al.*, 2004). Por tanto, es interesante usar los genes relacionados con las proteínas de la leche como marcadores genéticos para incrementar la producción y mejorar la composición de la leche (Ng-Kwai-Hang, 1997). También se detectaron nuevos polimorfismos del gen de la β -LG con efectos en la concentración de la β -LG en la leche (Ganai *et al.*, 2008).

Según McLean *et al.* (1984), Haenlein *et al.* (1987) y Bonfatti *et al.* (2010) hay una relación entre las variantes genéticas de α_{s1} -caseína (α_{s1} -CN), β -caseína (β -CN), κ -caseína (κ -CN), β -lactoglobulina (β -LG) y la producción o composición de la leche. Sin embargo, los resultados han variado en relación al tamaño de la muestra estudiada, raza de ganado utilizada, frecuencias bajas de algunas variantes, métodos para determinar la producción y los tipos de análisis estadísticos usados para corregir los factores que afectan la producción y composición de la leche (Ng-Kwai-Hang, 1997; Bobe *et al.*, 1999).

El efecto de las variantes genéticas sobre la composición de la leche se ha determinado mediante modelos de efectos fijos con análisis de mínimos cuadrados, estimando el efecto de un sólo gen particular e ignorando los efectos poligénicos (Bobe *et al.*, 1999). El uso de modelos mixtos permite analizar los datos con variabilidad aleatoria de otros efectos no incluidos en el error experimental (Kennedy *et al.*, 1992). Los modelos mixtos permiten mostrar el efecto de los genotipos de las proteínas de la leche en su rendimiento y composición en vacas Holstein y Jersey (Lunden *et al.*, 1997; Ojala *et al.*, 1997; Bobe *et al.*, 1999). Sin embargo, no se han realizado

INTRODUCTION

Electrophoretic separation techniques have shown genetic variants in casein and serum proteins (Ng-Kwai-Hang, 1997) have been shown. After the discovery of 30 genetic variants in milk proteins, an association was found between genetic variants with production and milk composition traits (Hill, 1993; Ng-Kwai-Hang, 1997; Caroli *et al.*, 2004). Therefore, it is interesting to use the genes related to the milk proteins as genetic markers for increasing production and improving milk composition (Ng-Kwai-Hang, 1997). New gene polymorphisms of the β -LG were also detected with effects on the concentration of β -LG in milk (Ganai *et al.*, 2008).

According to McLean *et al.* (1984), Haenlein *et al.* (1987) and Bonfatti *et al.* (2010) there is a relationship between genetic variants of α_{s1} -casein (α_{s1} -CN), β -casein (β -LN), κ -casein (κ -CN) and β -lacto globulin (β -LG) and the production or composition of milk. However, the results have varied in relation to the size of the sample studied, breed of cattle used, low frequencies of some variants, methods to determine production and types of statistical analysis used to correct factors affecting the production and composition of milk (Ng-Kwai-Hang, 1997; Bobe *et al.*, 1999).

The effect of the genetic variants on milk composition has been determined by the fixed-effects models with least squares analysis estimating the effect of a particular gen only and ignoring the polygenic effects (Bobe *et al.*, 1999). The use of mixed models allows analyzing the data with random variability from other effects not included in the experimental error (Kennedy *et al.*, 1992). The mixed models allow to show the effect of the genotypes of milk proteins on their yield and composition in Holstein and Jersey cows (Lunden *et al.*, 1997; Ojala *et al.*, 1997; Bobe *et al.*, 1999). However, there have not been similar studies with data from cattle raised in México, where Holstein (H) is the most numerous milk-producing breed. An alternative to produce milk in the tropical region is to raise Tropical Milking Criollo breed (TMC), consisting of the descendants of animals brought to América during the conquest and have evolved in the tropics. In these cattle, there are frequencies of 0.14, 0.33 and 0.53 for genotypes AA, AB and BB of the β -LG, while in H there are

estudios similares con datos de ganado criado en México, donde la Holstein (H) es la raza productora de leche más numerosa. Una alternativa para producir leche en la región tropical es la raza Criollo Lechero Tropical (CLT), constituida por animales descendientes de los traídos a América durante la conquista y que han evolucionado en el trópico. En este ganado hay frecuencias de 0.14, 0.33 y 0.53 para los genotipos AA, AB y BB de la β -LG, mientras que en H hay frecuencias de 0.19, 0.57 y 0.24 (Meza-Nieto *et al.*, 2010). El objetivo de esta investigación fue relacionar el efecto de las variantes genéticas A y B de la β -LG con la producción y composición de la leche de vacas H y CLT de México.

MATERIALES Y MÉTODOS

Fuente de datos

Se recolectaron muestras de leche de 350 vacas H y 64 CLT. Las vacas CLT pertenecían a un hato localizado a 20 km al sur del puerto de Veracruz, México (clima cálido subhúmedo con lluvias en verano), las vacas H estaban en dos hatos del estado de Querétaro (clima templado). Los datos fueron proporcionados por el Colegio de Postgraduados y la Asociación Holstein de México.

Muestras de leche

Para la raza H cada muestra consistió en una mezcla de leche de la ordeña matutina (50 mL) y vespertina (50 mL) y para la CLT una muestra de la mañana (100 mL). Se utilizó bronopol 2-bromo-2-nitro-1, 3 propanediol como conservador. Las muestras fueron transportadas a una temperatura de 4 °C y almacenadas en el laboratorio a -20 °C hasta su análisis. De cada muestra se tomaron 50 mL para su análisis químico (grasa, proteína, sólidos totales y lactosa) por espectroscopía en el infrarrojo medio (EIRM) en un equipo Bentley 2000 y recuento de células somáticas (CCS) por citometría de flujo en un equipo Somacount 300. Los análisis se realizaron en el laboratorio de la Asociación Holstein de México.

Determinación del fenotipo y la variante genética de la β -LG

La separación de las variantes genéticas de la β -LG se efectuó por electroforesis capilar en zona libre (ECZ) con la metodología de Olguin-Arredondo y Vallejo-Cordoba (1999). La identificación de la β -LG para la fenotipificación de las muestras de leche se realizó mediante la adición de estándares

frecuencias de 0.19, 0.57 and 0.24 (Meza-Nieto *et al.*, 2010). The aim of this research was to relate the effect of genetic variants A and B of β -LG on the production and composition of milk of H and TMC cows in México.

MATERIALS AND METHODS

Source of data

Milk samples were collected from 350 H cows and 64 TMC cows. The TMC cows belonged to a herd located 20 km south of the port of Veracruz, México (warm subhumid climate with summer rains), H cows were from two herds in the State of Querétaro (temperate climate). Data were provided by the Colegio de Postgraduados and the Holstein Association of México.

Milk samples

For breed H, each sample consisted of a mixture of milk from the morning (50 mL) and evening (50 mL) milking and for the TMC, a morning sample (100 mL). Bronopol 2-bromo-2-nitro-1, 3 propanediol were added as a preservative. The samples were transported at a temperature of 4 °C and stored in the laboratory at -20 °C until their analysis. From each sample, 50 mL were taken for chemical analysis (fat, protein, total solids and lactose) by mid-infrared spectroscopy (Mid-IR) on a 2000 Bentley equipment and a somatic cell count (SCC) by flow cytometry on equipment Somacount 300. The analyses were performed in the laboratory of the Holstein Association of México.

Determination of β -LG phenotype and genetic variant

The separation of genetic variants of the β -LG was made by capillary electrophoresis in free zone (ECZ) with the methodology Olguin-Arredondo and Vallejo-Cordoba (1999). The identification of the β -LG for the phenotypification of milk samples was performed by the addition of analytical standards. A HP 3D system was used, provided with an uncovered silica capillary of 72 cm length \times 50 μ m inside diameter and effective length of 63.5 cm to the window. The samples were injected under pressure with nitrogen (50 mbar by 10 s). The capillary was maintained at a constant temperature of 40 °C. The separation was made by applying 25 KV in a borate run buffer of borates 50.0 mM, 0.1 % of Tween 20, pH 8.0. The detection of the variants was at 214 nm by means of a diode arrangement detector. The capillary was washed between samples with: HPLC

analíticos. Se utilizó un sistema HP 3D, provisto de un capilar de sílice no recubierto de 72 cm de longitud \times 50 μ m de diámetro interno y longitud efectiva de 63.5 cm a la ventana. Las muestras fueron inyectadas a presión con nitrógeno (50 mbar por 10 s). El capilar se mantuvo a temperatura constante de 40 °C. La separación se llevó a cabo aplicando 25 KV en una solución amortiguadora de boratos 50.0 mM con 0.1 % de Tween 20 a pH 8.0. La detección de las variantes fue a 214 nm con un detector con arreglo de diodos. El capilar tuvo una secuencia de lavado entre muestras y muestra con: agua grado HPLC, solución capilar limpiadora (NaOH 0.1 M), agua HPLC y nitrógeno por 360 s cada una. Todas las soluciones se filtraron (0.22 μ m) antes de ser introducidas al capilar.

Análisis estadístico

En ambas razas las variables estudiadas fueron la concentración de grasa (%), proteína (%), lactosa (%), sólidos no grasos (%), sólidos totales (%), recuento de células somáticas (Log_{10}) y producción de leche al día del muestreo (kg); además para la H se incluyó producción de leche (kg), grasa (kg) y proteína (kg) ajustada a los 305 d de lactancia. Para cada raza se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) con modelos mixtos para estudiar el efecto del fenotipo de las variantes de la β -LG presente en la leche. En el modelo se incluyó el efecto aleatorio del padre de la vaca y los efectos fijos de hato, año y estación de parto, número de parto, fenotipo y concentración total de β -LG, β -LG A y β -LG B. Además se incluyeron los días en lactación y la edad de la vaca como covariables lineales y cuadráticas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Relación del fenotipo de la β -LG con la composición de la leche

No hubo efecto significativo de la concentración total de β -LG, concentración de β -LG A y β -LG B, número de parto y hato-año-estación en la composición de la leche de las dos razas. El efecto aleatorio del padre de la vaca tampoco fue significativo ($p > 0.05$). Sin embargo, hubo un efecto significativo ($p \leq 0.05$) del fenotipo de la β -LG en la composición de la leche de vacas H y cantidad de células somáticas. La leche de vacas con fenotipo BB presentó mayor concentración de sólidos totales, aunque con mayor número de células somáticas que el fenotipo AB (Cuadro 1). Destacaron las diferencias de proteína y sólidos totales del fenotipo BB con respecto al AA de 0.5 y 0.8 %.

water, capillary cleaning solution (NaOH 0.1 M), HPLC water and nitrogen for 360 s each one. All solutions were filtered (0.22 μ m) before being introduced to the capillary.

Statistical analysis

In both breeds, the variables studied were fat concentration (%), protein (%), lactose (%), non-fat solids (%), total solids (%), count of somatic cells (Log_{10}) and milk yield at sampling day (kg); in addition for H milk yield (kg), fat (kg) and protein (kg) adjusted to 305 d of lactation were included. For each breed a variance analysis (ANOVA) with mixed models was performed to study the effect of β -LG phenotype variants in milk. In the model, the random effect of cow's father was considered as well as the fixed effect of herd, year and birth season, number of birth, phenotype and total concentration of β -LG, β -LG A and β -LG B. Lactation days and cow's age were also considered as linear and quadratic covariables.

RESULTS AND DISCUSSION

Relationship of β -LG phenotype on milk composition

There was no significant effect of β -LG total concentration, β -LG A and B concentration, calving number and herd-year-season on milk composition from the two breeds. The random effect of cow's father was neither significant ($p > 0.05$). However, there was a significant effect ($p \leq 0.05$) of the β -LG phenotype on milk composition of H cows and the somatic cells numbers. Milk from cows with BB phenotype had higher total solids concentration, although presented a greater number of somatic cells than the AB phenotype (Table 1). Outstanding differences in protein and total solids of 0.5 and 0.8 % were found for BB phenotype when compared to AA.

β -LG phenotype had an effect ($p \leq 0.05$) on the percentage of fat, protein, nonfat solids and total solids, but not for the lactose content and somatic cell count (Table 2).

The percentages of fat, protein, nonfat and total solids were higher in BB phenotype than in AA and AB, with a higher content of fat, protein and total solids (1.2, 1.0 and 1.6 %) in BB phenotype. There were no differences ($p > 0.05$) in fat, protein, lactose and somatic cells number between AA and BB phenotypes.

Cuadro 1. Efecto del fenotipo de la β -LG en la composición química de la leche de vacas Holstein.
Table 1. Effect of β -LG phenotype on the chemical composition of milk from Holstein cows.

Fenotipo	Grasa (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)	SNG (%)	ST (%)	CCS (Log _n)
AA	3.5±0.1 ^b	3.3±0.1 ^b	4.7±0.1 ^a	8.8±0.2 ^b	12.3±0.2 ^b	5.7±0.2 ^a
AB	3.4±0.1 ^b	3.3±0.1 ^b	4.4±0.1 ^b	8.6±0.1 ^b	12.0±0.2 ^b	5.3±0.2 ^b
BB	3.8±0.1 ^a	3.8±0.1 ^a	4.8±0.1 ^a	9.2±0.1 ^a	13.1±0.2 ^a	5.7±0.2 ^a

^{a,b}: Medias con diferente literal en una columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$). SNG: sólidos no grasos; ST: sólidos totales; CCS: logaritmo natural de células somáticas \diamond ^{a,b}: Means with different letter in a column are statistically different ($p \leq 0.05$). SNG: nonfat solids; ST: total solids; CCS: natural logarithm of somatic cells.

El fenotipo de la β -LG tuvo efecto ($p \leq 0.05$) en el porcentaje de grasa, proteína, sólidos no grasos y sólidos totales, pero no para el contenido de lactosa y el conteo de células somáticas (Cuadro 2).

Los porcentajes de grasa, proteína, sólidos no grasos y sólidos totales fueron mayores en el fenotipo BB que en AA y AB, con mayor contenido de grasa, proteína y sólidos totales (1.2, 1.0 y 1.6 %) en el fenotipo BB. No hubo diferencias ($p > 0.05$) en grasa, proteína, lactosa y cantidad de células somáticas entre los fenotipos AA y AB.

Los porcentajes de grasa mayores en ambas razas se presentaron en el fenotipo BB, lo que concuerda con reportes anteriores (Farmir *et al.*, 1994; Hill y Paterson, 1994; Hill *et al.*, 1995) y contrasta con el estudio realizado por Kim (1994) con vacas Ayrshire, Jersey y Suizo Pardo, en el que las leches con el fenotipo AA de la β -LG presentaron mayor contenido de grasa. En el fenotipo BB en H y CLT se observó mayor porcentaje de proteína, como lo reportado en la raza Polish Black-and-White (Strzalkowska *et al.*, 2002) y difiere de otros resultados, en los que

The highest percentages of fat in both breeds were in BB phenotype, consistent with previous reports (Farmir *et al.*, 1994; Hill and Paterson, 1994; Hill *et al.*, 1995) and contrasts with the study by Kim (1994) with Ayrshire, Jersey and Brown Swiss cows, in which milks with the AA β -LG phenotype had a higher fat content. In BB phenotype in H and TMC a higher protein percentage was observed, as reported in the Polish Black-and-White breed (Strzalkowska *et al.*, 2002) and differ from other results, in which the AA phenotype was higher (McLean *et al.*, 1984; Ng-Kwai-Hang *et al.*, 1986; Ng-Kwai-Hang *et al.*, 1990). The results of the percentage of nonfat and total solids by the effect of the BB phenotype, in both dairy breeds, are consistent with those reported by Hill (1993) and Strzalkowska *et al.* (2002).

The higher frequency of BB genotype in TMC (Meza-Nieto *et al.*, 2010, associated with the highest percentage of solids, suggests that milk of this cattle may have physicochemical properties and technological advantages for the elaboration of dairy products, such as cheeses and fermented milks.

Cuadro 2. Efecto del fenotipo de la β -LG en la composición química de la leche de vacas Criollo Lechero Tropical.

Table 2. Effect of β -LG phenotype on the chemical composition of milk from Tropical Milking Criollo cows.

Fenotipo	Grasa (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)	SNG (%)	ST (%)	CCS (Log _n)
AA	3.2±0.2 ^b	3.9±0.2 ^b	4.8±0.1 ^a	9.7±0.2 ^a	12.8±0.3 ^b	5.1±0.6 ^a
AB	3.4±0.2 ^b	3.6±0.2 ^b	4.8±0.1 ^a	8.9±0.2 ^b	12.3±0.3 ^c	4.5±0.5 ^a
BB	4.4±0.2 ^a	4.6±0.2 ^a	4.8±0.1 ^a	9.5±0.2 ^a	13.9±0.3 ^a	4.6±0.4 ^a

^{a,b,c}: Medias con diferente literal en una columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$). SNG: sólidos no grasos; ST: sólidos totales; CCS: conteo de células somáticas en logaritmo natural \diamond ^{a,b,c}: Means with different letters in a column are statistically different ($p \leq 0.05$). SNG: nonfat solids; ST: total solids; CCS: count of somatic cells in natural logarithm.

el fenotipo AA fue superior (McLean *et al.*, 1984; Ng-Kwai-Hang *et al.*, 1986; Ng-Kwai-Hang *et al.*, 1990). Los resultados del porcentaje de sólidos no grasos y sólidos totales por efecto del fenotipo BB, en ambas razas lecheras, concuerdan con lo reportado por Hill (1993) y Strzalkowska *et al.* (2002).

La mayor frecuencia del genotipo BB en CLT (Meza-Nieto *et al.*, 2010), asociado al mayor porcentaje de sólidos, sugiere que la leche de esta ganado puede presentar propiedades fisicoquímicas y tecnológicas ventajosas para la elaboración de derivados lácteos, como quesos y leches fermentadas. En concordancia con lo señalado por Demeter *et al.* (2010), la selección adecuada del ganado en función de la composición de la leche, para la manufactura de derivados lácteos, puede incrementar las ganancias de la industria.

Relación del fenotipo de la β -LG con producción de la leche

Sólo la producción de leche ajustada a 305 d de lactancia de vacas H se afectó ($p \leq 0.05$) por el fenotipo. La mayor producción de leche se presentó para el fenotipo AA (Cuadro 3).

Los resultados concuerdan con los de algunos autores (Ng-Kwai-Hang *et al.*, 1982; Aleandri *et al.*, 1990; Bovenhuies *et al.*, 1992) que indican que las vacas H con fenotipo AA produjeron más leche. Sin embargo, Yebrowski y Komissarenko (1982) y Jairam y Nair (1983) indican mayor producción de leche por el fenotipo BB, mientras que Cerbulis y Farrell (1975), McLean *et al.* (1984) y Ng-Kwai-Hang *et al.* (1984) no encontraron efecto del fenotipo.

According to Demeter *et al.* (2010), the proper selection of cattle in terms of milk composition for manufacturing dairy products, can increase industry profits.

Relationship of β -LG phenotype on milk production

Milk production adjusted to 305 d of lactation of H cows was affected ($p \leq 0.05$) by the phenotype. The highest milk production was for the AA phenotype (Table 3).

These results agree with those of some authors (Ng-Kwai-Hang *et al.*, 1982; Aleandri *et al.*, 1990; Bovenhuies *et al.*, 1992) indicating that H cows with AA phenotype produced more milk. However, Yebrowski and Komissarenko (1982) and Jairam and Nair (1983) reported higher milk production by BB phenotype, while Cerbulis and Farrell (1975), McLean *et al.* (1984) and Ng-Kwai-Hang *et al.* (1984) did not find effect of the phenotype. In addition, there was no effect of β -LG phenotype on milk yield at sampling day in both breeds (Table 4), which is consistent with results in H cows (Ng-Kwai-Hang *et al.*, 1986) and Polish Black-and-White (Strzalkowska, 2002).

CONCLUSIONS

β -LG phenotype affected milk composition, with higher percentages for BB phenotype, in fat, protein and total solids in Holstein and Tropical Milking Cattle. In the Holstein breed the AA phenotype produced more milk per lactation in

Cuadro 3. Efecto del fenotipo de la β -LG en la producción de leche, grasa y proteína ajustada a 305 d de vacas Holstein.

Table 3. Effect of β -LG phenotype of the on milk, fat and protein production adjusted to 305 d of Holstein cows.

Fenotipo	Producción		
	Leche ajustada 305 d (kg)	Grasa ajustada a 305 d (kg)	Proteína ajustada a 305 d (kg)
AA	13 455 ± 503 ^a	373 ± 23 ^a	333 ± 16 ^a
AB	11 718 ± 315 ^b	399 ± 14 ^a	367.69 ± 10 ^a
BB	11 413 ± 515 ^b	402 ± 23 ^a	364.00 ± 16 ^a

^{a,b} Medias con diferente literal en una columna son estadísticamente diferentes ($p \leq 0.05$) ❖

^{a,b} Means with different letter in a column are statistically different ($p \leq 0.05$).

Además, no hubo efecto del fenotipo de la β -LG en la producción de leche al día del muestreo en ambas razas (Cuadro 4), lo que coincide con resultados en vacas H (Ng-Kwai-Hang *et al.*, 1986) y Polish Black-and-White (Strzalkowska, 2002).

CONCLUSIONES

El fenotipo de la β -LG afectó la composición de la leche, con porcentajes mayores para el fenotipo BB, en grasa, proteína y sólidos totales en Holstein y Criollo Lechero Tropical. En la raza Holstein el fenotipo AA produjo más leche por lactancia en 305 d, pero no en la producción del día de muestreo. Considerando que la leche de vacas Criollo Lechero Tropical presentó mayor porcentaje de sólidos que la leche de vacas Holstein, la primera podría presentar ventajas para la elaboración de derivados lácteos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por el apoyo a los proyectos de investigación: “Conservación, mejora genética y aprovechamiento del ganado Criollo Lechero Tropical (CLT) en México” (SAGARPA-CONACYT), “Polimorfismo genético de las proteínas de la leche determinado por electroforesis capilar y espectrometría de masas: Impacto en la producción, composición y propiedades fisicoquímicas de la leche” (CONACYT Ciencia Básica G 26490-B) y “La proteómica como un campo emergente en la ciencia de la leche: Un nuevo enfoque para conocer y entender el comportamiento de las proteínas lácteas y sus interacciones” (CONACYT Ciencia Básica 42340 Z).

LITERATURA CITADA

- Aleandri, R., L. G. Buttazzoni, J. C. Schneider, A. Caroli, and R. Davoli. 1990. The effects of milk proteins polymorphisms on milk components cheese producing ability. *J. Dairy Sci.* 73: 241-255.
- Bobe, G., D. C. Beitz, A. E. Freeman, and L. Lindberg. 1999. Effect of milk proteins genotypes on milk protein composition and its genetic parameter estimates. *J. Dairy Sci.* 82: 2797-2808.
- Bonfatti, V., G. Di Martino, A. Cecchinato, D. Vicario, and P. Carnier. 2010. Effects of b-k-casein (CSN2-CSN3) haplotypes and β -lactoglobulin (BLG) genotypes on milk production traits and detailed protein composition of individual milk of Simmental cows. *J. Dairy Sci.* 93: 3797-3808.
- Bovenhuis, H., M. van Arendonk, and S. Korver. 1992. Associations between milk protein polymorphisms and milk production traits. *J. Dairy Sci.* 72: 2549-2559.

Cuadro 4. Efecto del fenotipo de la β -lactoglobulina en la producción de leche al día del muestreo en las razas Holstein y Criollo Lechero Tropical.

Table 4. Effect of β -LG phenotype of the in milk production at the day of sampling in Holstein and Tropical Milking Criollo breeds.

Fenotipo	Raza	
	H	CLT
	Producción leche al día del muestreo (kg)	
AA	28.785 \pm 1.58	5.307 \pm 1.84
AB	29.171 \pm 1.32	5.102 \pm 1.20
BB	27.775 \pm 1.35	4.594 \pm 0.85

305 d, but not in the milk yield at sampling day. Since Tropical Milking Criollo cows milk presented higher percentage of solids than milk of Holstein cows, the first may present advantages for the production of dairy products.

—End of the English version—



- Caroli, A., S. Chessa, P. Bolla, E. Budelli, and G. C. Gandini. 2004. Genetic structure of milk protein polymorphisms effects on milk production traits in local dairy cattle. *J. Anim. Breed. Genet.* 121: 119-127.
- Cerbulis, J., and H. M. Farell. 1975. Composition of milks of dairy cattle. I. Protein, lactose and fat contents and distribution of protein fraction. *J. Dairy Sci.* 58: 817-827.
- Demeter, R. M., K. Markiewicz, J. A. M. van Arendonk, and H. Bovenhuis. 2010. Relationships between milk protein composition, milk protein variants, and cow fertility traits in Dutch Holstein-Friesian cattle. *J. Dairy Sci.* 93: 5495-5502.
- Farmir, F. P., J. Laloux, M. Georges, P. L. Leroy, and J. M. Beduin. 1994. Association of milk protein polymorphisms with milk production traits in two Belgium dairy breeds using an animal model. *Proc. 5th World Congr. Genetics Appl. Livestock Prod.* 19: 337-340.
- Ganai, N. A., Bovenhuis, H., van Arendonk, J. A. M., and H. P. W. Visker. 2008. Novel polymorphisms in the bovine β -lactoglobulin protein concentration in milk. *Anim. Genet.* 40: 127-133.
- Haenlein, C. F. W., D. S. Goyon, R. E. Mather, and H. C. Hines. 1987. Associations of bovine blood and milk polymorphisms with lactation traits: Guernseys. *J. Dairy Sci.* 70: 2599-2606.
- Heck, J. M. L., A. Schennink, H. J. F. van Valenberg, M. H. P. W. Visker, H. Bovenhuis, J. A. M. van Arendonk, A. C. M. van Hooijdonk. 2009. Effects of milk protein variants on

- the protein composition of bovine milk. *J. Dairy Sci.* 92: 1192-1202.
- Hill, J. P. 1993. The relationship between β -Lactoglobulin phenotypes and milk composition in New Zealand dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 76: 281-286.
- Hill, J. P., and G. R. Paterson. 1994. The variation in milk composition from individual beta-lacto-globulin AA and BB phenotype cows. *Proc. N. Z. Soc. Anim. Prod.* 54: 293-295.
- Hill, J. P., G. R. Paterson, G. R. Lowe, and M. Wakelin. 1995. The effect of season and beta-lactoglobulin phenotype on milk composition cows. *N. Z. Soc. Anim. Prod.* 55: 95-96.
- Jairam, B. T., and P. G. Nair. 1983. Genetics polymorphism of milk proteins and economic characters in dairy animals. *Indian J. Anim. Sci.* 53: 1-8.
- Kennedy, B. W., M. Quinton, and J. A. M. van Arendonk. 1992. Estimation of effects of single genes on quantitative traits. *J. Anim. Sci.* 70: 2000-2012.
- Kim, S. 1994. Genetics polymorphism of milk proteins and their association with production traits in Ayrshire, Jersey, Brown and Canadiense cows. McGill University, Montreal, Canada. 166 p.
- Lunden, A., M. Nilson, and L. Janson, L. 1997. Marked effect of β -lactoglobulin polymorphism on the ration of casein to total protein in milk. *J. Dairy Sci.* 80: 2996-3005.
- McLean, D. M., E. R. B. Graham, R. W. Ponzoni, and H. A. McKenzie. 1984. Effects of milk protein genetic variants on milk yield and composition. *J. Dairy Res.* 51: 531-546.
- Meza-Nieto, M., A. F. González-Córdova, C. M. Becerril-Pérez, F. J. Ruíz-López, P. Díaz-Rivera, y B. Vallejo-Cordoba. 2010. Polimorfismo genético de la β -lactoglobulina en la leche de vacas Holstein y criollo lechero tropical. *Agrociencia* 44: 531-539.
- Ng-Kwai-Hang, K. F., J. F. Hayes, J. E. Moxley, and H. G. Normandes. 1982. Environmental influences on protein content and composition of bovine milk. *J. Dairy Sci.* 65: 1993-1998.
- Ng-Kwai-Hang, K. F., J. F. Hayes, J. E. Moxley, and H. G. Normandes. 1984. Variability of test-day milk production and composition and relation of somatic cell counts with yield and compositional changes of bovine milk. *J. Dairy Sci.* 67: 361-366.
- Ng-Kwai-Hang, K. F., J. F. Hayes, J. E. Moxley, and H. G. Normandes. 1986. Relationships between milk protein polymorphism and major milk constituents in Holstein-Friesian cows. *J. Dairy Sci.* 69: 22-26.
- Ng-Kwai-Hang, K. F., H. G. Monardes, and J. F. Hayes. 1990. Association between genetic polymorphism of milk proteins and production traits during three lactations. *J. Dairy Sci.* 73: 3414-3420.
- Ng-Kwai-Hang, K. F. 1997. A review of the relationship between milk protein polymorphism and milk composition/milk production. *In: Milk protein polymorphism. International Dairy Federation. Brussels Belgium.* pp: 22-33.
- Ojala, M., T. R. Famula, and J. F. Medrano. 1997. Effects of milk proteins genotypes on the variation for milk production traits of Holstein and Jersey cows in California. *J. Dairy Sci.* 80: 1776-1785.
- Olguin-Arredondo, H., and B. Vallejo-Córdova. 1999. Separation and determination of β -lactoglobulin variants A and B in cow's milk by capillary free zone electrophoresis. *J. Capillary Electrophoresis and Microchip Technol.* 006: 5/6 145-149.
- Strzalkowska, N., J. Krzyzewski, L. Zwierzchowski, and Z. Ryniewicz. 2002. Effects of k-casein and β -lactoglobulin loci polymorphism, cow's age, stage of lactation and somatic cell count on daily milk yield and milk composition in Polish Black-and-White cattle. *Anim. Sci. Papers and Reports* 20(1): 21-35.
- Yebrovski, L. S., and A. Komissarenko. 1982. Effect of genotype on intra-breed variation in the amino acid content of milk proteins. *Proc. XXI Int. Dairy Congr. Moscow. Vol. 1, Book 1.* pp: 46.