

Calidad de la leche cruda en unidades de producción familiar del sur de Ciudad de México

Raw milk quality produced in small dairy farms in the South of Mexico City

G Álvarez-Fuentes^b, JG Herrera-Haro^a, G Alonso-Bastida^a, A Barreras-Serrano^{c*}

^aPrograma en Ganadería, Colegio de Postgraduados, Montecillos, México.

^bInstituto de Investigaciones de Zonas Desérticas, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, México.

^cInstituto de Investigaciones en Ciencias Veterinarias, Universidad Autónoma de Baja California, México.

SUMMARY

The small-scale dairy farms are challenged to produce milk in a specific quantity and quality that encourages greater consumer demand and an appropriate transformation into cheese, yoghurt and candy, ensuring profitability. A study to assess the quality of raw milk stored in containers without cooling system was carried out in 30 production units located in the south of Mexico City, according to the standard PROY-NOM-155-SCFI-2003. The production units were evaluated during three seasons (dry, rainy and winter) and classified by the type of procedures for cleaning the udder, before milking (traditional, full and partial). The results showed that the milk component (fat, protein, casein, pH, acidity and cryoscopic point) were different depending on the time of sampling ($P < 0.05$), as well as mesophilic bacteria and somatic cell count (CCS), while lactose, total solids, non fat solids, density and reductase time showed no change ($P > 0.05$). During winter, a deep cleaning produced lower CCS and higher reductase time ($P < 0.05$) compared to the dry and rainy seasons. In conclusion, the nutritional components and physicochemical parameters of raw milk in household production units are within the Mexican standard range for raw milk, but the hygienic quality is deficient resulting from inadequate milking practices.

Palabras clave: leche cruda, calidad, prácticas de ordeño.

Key words: raw milk, quality, milking practices.

INTRODUCCIÓN

En México, la leche cruda que se oferta en forma caliente o fría, directamente al consumidor, al autoconsumo o queserías artesanales, se abastece de un sistema de producción basado en pequeñas granjas lecheras periurbanas con amplia variación en el nivel de producción, manejo de la ordeña y prácticas sanitarias (Cervantes y col 2001). La calidad de la leche cruda puede deteriorarse debido a un manejo inadecuado de los utensilios de ordeño, transporte o adulteración (grasas, sales, agua, entre otros), aumentando la carga bacteriana y propiciando propiedades indeseables de acidez, rancidez o agriado (Alaís 1985, Bath y col 1985, Jensen 1995). Los conteos bacterianos altos en leche pueden afectar su calidad y aceptación por el consumidor. Incluso organismos no patógenos pueden alterar la calidad de la leche pasteurizada o descremada en polvo, crema y queso (Barbano y col 2006, Jayarao y col 2006). Algunos países establecen normas estrictas en relación al total de bacterias permitido en leche cruda, para asegurar la calidad y seguridad de los derivados de la leche (Elmoslemany y col 2009).

La elaboración de productos artesanales usando leche cruda sigue siendo una realidad en Latinoamérica, sobre todo en México, tanto en las comunidades rurales como en las áreas periurbanas de las ciudades. Es común el complemento del ingreso económico familiar con la fabricación de productos artesanales, como quesos, yogures, natillas, nata, dulces, asimismo, como el consumo de leche cruda. En México, según datos de INEGI (1999), en las áreas rurales existen 100.250 unidades de producción que poseen 554.911 cabezas de ganado lechero y ofertan 1.462.256 litros diarios de leche y es principalmente leche cruda. Las pequeñas granjas de la región sureste de Ciudad de México poseen un gran potencial para una eventual expansión hacia el mercado de esta ciudad, como consecuencia de la creciente demanda de leche de consumo doméstico, condicionado a ofrecer un producto de buena calidad. Por lo anterior, se planteó un estudio para conocer la calidad nutricional, fisicoquímica y sanitaria de la leche cruda producida en granjas familiares del sur de Ciudad de México.

MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en 30 granjas lecheras en pequeña escala del sur de Ciudad de México, cuyo tamaño de hato fue de 6 a 21 vacas en producción y con un promedio de

Acceptado: 24.05.2012.

* abarreras@uasbc.edu.mx

producción de 17,3 kg de leche vaca/día, la cual varió de 12,5 a 20,3 kg leche vaca/día; los equipos para el ordeño mecánico son para ordeñar dos vacas al mismo tiempo, y la actividad se realiza dos veces al día. Se obtuvieron muestras de leche cruda una vez terminado el ordeño (el cual se realiza en 40 a 60 min.), la cual es almacenada en recipientes sin refrigeración; las muestras fueron del total de la producción de ese ordeño, la temperatura de la leche varió de 20 °C a 22 °C. El muestreo de leche se realizó en tres épocas, de acuerdo a las temperaturas predominantes en el año y al régimen de lluvias: seca (mayo-julio, período identificado con baja precipitación 40 a 60 mm y temperatura de 14 °C mínima y 22 a 29 °C máxima), lluvias (agosto-octubre, con precipitación de 150 mm por mes y temperatura de 12 °C mínima y 22 a 24 °C máxima) e invierno (diciembre-febrero, período con temperaturas de 0 a 2 °C por la mañana con presencia de heladas y 20 °C máxima y 0 a 50 mm precipitación); la limpieza de la ubre al momento de la ordeña se clasificó como: tradicional (únicamente remueve basura, polvo o residuos de estiércol de la ubre, con toallas de papel individuales y en algunos casos una toalla de tela que es usada para todas las vacas, sin utilizar agua), parcial (usa una toalla y agua para limpiar la ubre, la misma para todas las vacas) y completa (limpieza de la ubre y equipo, utilizando sanitizantes para ubres y toallas de papel individuales). La limpieza de utensilios y equipo de ordeño se realiza con agua y jabón para trastos, el ordeñador se lava las manos únicamente al inicio de la actividad, no usan guantes y no es común realizar pruebas de mastitis. La leche es almacenada sin enfriar en botes de acero inoxidable de 40 L o bidones de plástico de 20 L, en el que permanece durante tres horas antes de su venta al consumidor.

La recolección de las muestras se realizó de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana NOM-184-SSA1-2002¹, para bienes y servicios, incluyendo la leche para consumo humano, que establece el uso de frascos de vidrio provistos de tapón con cierres herméticos, libres de fenol y limpios. La muestra de leche se tomó una vez concluida la ordeña directamente de los recipientes de almacenamiento, previo mezclado de la leche por 3 min con un cucharón esterilizado. Para el análisis nutricional de la leche se tomó una muestra de 750 mL, mientras que para el análisis bacteriológico fue de 200 mL, éstas se identificaron y se colocaron en una hielera con cubos de hielo a una temperatura menor de 4 °C para su transporte y posteriormente se refrigeraron a 2 °C hasta su análisis, 12 a 14 horas después. Las muestras destinadas para el análisis bacteriológico se tomaron en frascos previamente esterilizados en autoclave, por 30 minutos a 110 °C, como lo marca la norma de referencia.

CALIDAD NUTRICIONAL

Para juzgar la calidad nutricional de la leche se tomó como modelo el proyecto de norma oficial mexicana PROY-NOM-155-SCFI-2003². La determinación de proteína total, caseína, lactosa, grasa, sólidos totales y sólidos no grasos se realizó mediante espectroscopía infrarroja en el Milko-Scan 133/B (Foss Electric, Denmark).

CALIDAD FÍSICOQUÍMICA

La valoración de la acidez se realizó mediante titulación alcalimétrica (Pinto y col 1996); el punto de congelación mediante crioscopio termistor utilizando el Advanced Crioscope model 403 (Advanced Instruments, Norwood, MA). La densidad de la leche se determinó con un lactodensímetro (Quevenne).

CALIDAD HIGIÉNICA

La carga o contenido microbiano de la leche se realizó mediante la prueba de la reductasa con el método de reducción por azul de metileno. El tiempo de acción de la reductasa se determinó al añadir 1 mL de solución de azul de metileno a 10 mL de leche. Los tubos con las muestras se sumergieron hasta el nivel de la leche en baño María a 36 °C por 10 min y se volvieron a mezclar al invertir los tubos y se registró el tiempo inicial de incubación; después los tubos se devolvieron al baño y se mantuvieron a una temperatura de 36 °C. Se hicieron las lecturas cada 30 min para observar la decoloración de la leche (se consideró incoloro cuando 4/5 partes del tubo cambiaran de color) y se retiraron aquellos que se decoloraron y se mezclaron nuevamente los restantes hasta la siguiente lectura según lo describen Pinto y col (1996).

Para el conteo total de bacterias mesofílicas aerobias mediante la técnica de recuento en placa a 30 °C, cada muestra de leche se calentó a 30 °C y se agitó en forma de arcos, para asegurar una distribución homogénea de los microorganismos. Una vez mezclada se prepararon tres diluciones por muestra (10^{-1} , 10^{-2} y 10^{-3}) por duplicado, para sembrarse en cajas de Petri y obtener con esto placas con una cuenta total de colonias entre 10 y 100 colonias. Una vez que se prepararon las diluciones se adicionaron 10-12 mL de medio de cultivo, fundido a una temperatura de 45 °C a cada caja de Petri y se dejaron secar hasta que solidificaran y posteriormente se invirtieron y se pasaron a una estufa para incubarlas a 30 °C. El conteo de cada placa se efectuó en el microscopio y se utilizaron los recuentos de las placas que tuvieron entre 10 y 300 colonias para calcular el número de microorganismos por mililitro (Pinto y col 1996).

¹ <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/184ssa12.html>, consultada el 25 de noviembre de 2010.

² <http://www.dof.gob.mx/documentos/4340/seeco2/seeco2.htm>, consultada el 25 de noviembre de 2010.

El conteo de células somáticas (CCS) se realizó a través del recuento microscópico directo, con dos frotis por muestra de 0.01 mL de leche (mezclada y a una temperatura de 37 °C), sobre una superficie de 1 cm² en un portaobjeto, el cual se secó y se sumergió en una solución colorante (azul de metileno, alcohol etílico al 95%, tetracloroetano y ácido acético glacial) por 10 min y se dejó secar, posteriormente se lavó con agua corriente para eliminar el exceso de colorante y se dejó secar para el recuento al microscopio; se contaron en 60 campos las células que tuvieran núcleo bien definido y se multiplicó el resultado por el factor de microscopio, para obtener el número de células somáticas por mililitro de leche (Pinto y col 1996).

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de las variables nutricionales y fisicoquímicas se realizó con el PROC GLM de SAS (SAS, 1999), con un diseño completamente al azar. Se utilizó la prueba de Tukey para comparación de medias entre épocas de muestreo. Los datos de los conteos de bacterias y células somáticas de la leche fueron analizados utilizando un diseño completamente al azar con medidas repetidas, usando el PROC MIXED de SAS (SAS 1999). El modelo incluyó los efectos fijos de tipo de manejo de la vaca en la ordeña, época e interacción tipo de manejo de la vaca en la ordeña x época. Se obtuvieron las medias de Mínimos Cuadrados ± EEM y se compararon con la prueba de Tukey, cuando los efectos principales o interacciones fueron significativos (P < 0,05).

RESULTADOS

CALIDAD NUTRICIONAL

En las variables asociadas con calidad nutricional de leche cruda, el contenido de grasa varió de 35,71 g/L en la época seca a 40,49 g/L en la época de lluvias, siendo diferentes entre épocas (P < 0,05); el contenido de proteína

también fue mayor (P < 0,05) en las épocas de lluvias e invierno de 32,91 y 32,94 g/L respectivamente; la concentración de lactosa fue de 47,38, 46,24 y 47,24 g/L; sólidos totales 12,8, 12,53 y 12,62%; sólidos no grasos 85,25, 86,55 y 87,23 g/L, para época seca, lluvias e invierno respectivamente pero no hubo diferencias (P < 0,05); el contenido de caseína fue similar para las épocas de lluvias e invierno (P > 0,05) con un contenido de 73,34 y 73.82% respectivamente y para la época seca fue la mayor (P < 0,05) 75,34% (cuadro 1).

CALIDAD FISICOQUÍMICA

El pH fue de 6,57 en la época de lluvias mayor (P < 0,05) que en las épocas seca e invierno 6,47; la acidez, en la época seca fue de 1,54 mayor (P < 0,05) que en las épocas de lluvias e invierno; la densidad no cambió durante el año cuyo valor fue de 1,029; el punto crioscópico fue -0.555 en la época seca, mayor que en las épocas de lluvias e invierno (P < 0,05), cuyo valor fue de -0,544, -0,549, respectivamente y no hubo diferencias entre ellas (P < 0,05) (cuadro 2).

CALIDAD HIGIÉNICA

En la prueba de reductasa no hubo diferencias con la época de muestreo (P < 0,05), cuyos valores en las épocas de lluvias e invierno fueron de 410,3 y 435,1 minutos, respectivamente. Los resultados de la prueba de la reductasa (figura 1) fueron mayores (P < 0,05) con limpieza completa de la ubre (465 minutos) comparado con limpieza parcial (443 minutos) y tradicional (401 minutos); el manejo de la limpieza parcial de la ubre en la época seca presentó una menor carga microbiana, ya que la lectura en minutos fue mayor (P < 0,05) que con las otras dos prácticas de limpieza de la ubre. En las épocas de lluvias e invierno, la limpieza tradicional de la ordeña presentó lecturas menores (P < 0,05) que en la limpieza parcial y completa, lo que indica mayores conteos bacterianos (100.000 ufc/mL) y

Cuadro 1. Calidad nutricional de la leche cruda según época de muestreo, en unidades de producción familiar del sur de Ciudad de México.

Nutritional quality of raw milk according to sampling time in household production units in the south of Mexico City.

Calidad nutricional	n*	Época de muestreo			EEM
		Seca	Lluvias	Invierno	
Grasa g L-1	30	35,71 ^b	40,49 ^a	39,65 ^a	1,14
Proteína g L-1	30	30,85 ^b	32,91 ^a	32,94 ^a	0,44
Lactosa g L-1	30	47,38 ^a	46,24 ^a	47,24 ^a	0,41
Sólidos totales (ST) %	30	12,18 ^a	12,53 ^a	12,62 ^a	0,13
Sólidos no grasos (SNG) g L-1	30	85,25 ^a	86,55 ^a	87,23 ^a	0,76
Caseína %	30	75,88 ^a	73,34 ^b	73,82 ^b	0,63

^{a, b} = Medias con distinta letra en hilera son diferentes (P < 0,05). Se obtuvieron 30 muestras en cada época de muestreo.

* n = tamaño de muestra.

Cuadro 2. Calidad fisicoquímica de la leche cruda según épocas del año, en unidades de producción familiar de Ciudad de México.
Physicochemical quality of raw milk according to season in family production units in the south of Mexico City.

Calidad fisicoquímica	n*	Época de muestreo			EEM
		Seca	Lluvias	Invierno	
pH	30	6,54 ^b	6,65 ^a	6,54 ^b	0,030
Acidez g L ⁻¹	30	1,54 ^a	1,45 ^b	1,47 ^b	0,020
Densidad g L ⁻¹	30	1,029 ^a	NE	1,029 ^a	0,001
Punto crioscópico °H	30	-0,555 ^a	-0,544 ^b	-0,549 ^b	0,003

^{a, b} = Medias con distinta letra en hilera son diferentes ($P < 0,05$). Se obtuvieron 30 muestras en cada época de muestreo.

* n = Tamaño de muestra.

donde las únicas diferencias ($P < 0,05$) ocurren en la época de invierno, en la cual la limpieza de la ubre es completa. El manejo de la limpieza tradicional presentó la lectura más alta (450 minutos) con respecto al manejo parcial y tradicional (430 y 372 minutos, respectivamente). No se presentaron diferencias en las medias de ufc entre las épocas de lluvias e invierno (agosto-noviembre y diciembre-enero), ni en la limpieza de la ubre.

Los conteos de bacterias mesofílicas aerobias (expresadas como unidades formadoras de colonias, ufc) sí presentaron efecto por la época de muestreo ($P < 0,05$), donde se puede apreciar que el mayor número de ufc se presenta en la época seca (13.152 ufc/ mL) y disminuye en las épocas de lluvias (7.220 ufc/mL) y de invierno (8.197 ufc/mL).

El CCS reflejó efecto de época ($P < 0,05$), presentando conteos más bajos durante la época seca (244.190 células/mL), mientras que los conteos más altos se presentaron en la época de lluvias (568.457 células/mL) y la de invierno (724.348 células/mL), que son las épocas cuando se presentan mayores problemas de mastitis (cuadro 3).

El CCS no varió con la limpieza de la ubre en la época seca ($P < 0,05$). Sin embargo, éste varió ($P < 0,05$) en las épocas de lluvias e invierno, en las cuales, con una limpieza completa de la ubre se obtuvieron los conteos más bajos

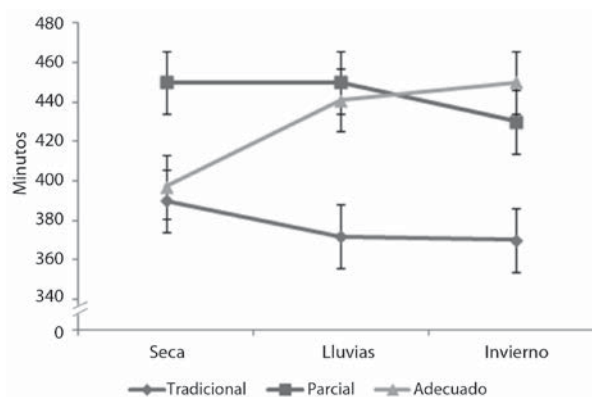


Figura 1. Lectura de la prueba de reductasa según tipo de limpieza de la ubre y época de muestreo, en unidades de producción familiar del sur de Ciudad de México.

Reading time of the reductase test by type of cleaning of the udder and sampling time, in family production units in the south of Mexico City.

410.471 células/mL (en época de lluvias) y 267.857 células/mL (en invierno) respecto a una limpieza tradicional 926.618 células/mL (en época de lluvias) y 1.172.175 células/mL (en invierno) y parcial 442.785 células/mL (en época de lluvias) y 1.125.528 células/mL (en invierno).

Cuadro 3. Calidad higiénica de la leche cruda según época de muestreo, en unidades de producción familiar de Ciudad de México.
Sanitary quality of raw milk according to sampling time in household production units in the south of Mexico City.

Calidad sanitaria	n*	Época de muestreo			EEM
		Seca	Lluvias	Invierno	
Reductasa	30	NS	410,3 ^a	435,1 ^a	11,851
UFC*	30	4,02 ^a (13.152)	3,64 ^b (7.720)	3,42 ^b (8.197)	0,100
CCS*	30	2,33 ^b (244.190)	2,60 ^a (568.457)	2,76 ^a (724.348)	0,075

^{a, b} = Medias con distinta letra en hilera son diferentes ($P < 0,05$).

UFC* = Log de unidades formadoras de colonias de bacterias mesofílicas aerobias.

CCS* = Log de conteo de células somáticas.

n* = Se obtuvieron 30 muestras en cada época de muestreo.

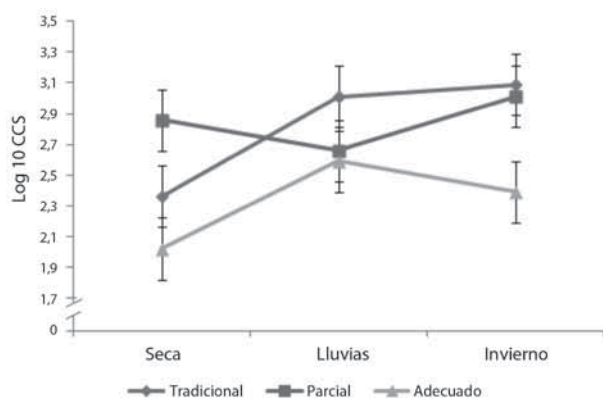


Figura 2. Conteos de células somáticas según tipo de limpieza de la ubre y época de muestreo, en unidades de producción familiar del sur de Ciudad de México.

Somatic cell counts by type of cleaning of the udder and sampling time, in family production units in the south of Mexico City.

El CCS en las unidades de producción (figura 2) con una limpieza parcial en la época seca fue mayor ($P < 0,05$) que con una limpieza tradicional y completa de la ubre; en la época de lluvias no hubo diferencias ($P > 0,05$); en el invierno, con una limpieza completa de la ubre, se encontró un menor CCS ($P < 0,05$), 280.000 células/mL; con una limpieza parcial se encontraron CCS de 1.070.100 células/mL) y con una limpieza tradicional 1.358.900 células/mL.

DISCUSIÓN

La calidad nutricional de la leche producida en el sur del DF está dentro de los valores considerados como aceptables para leche cruda de vaca y coincide con lo reportado por Chombo (1999) y Cervantes y col (2001), debido a que la dieta del ganado incluye forrajes de buena calidad que le proveen de suficientes precursores de ácidos grasos en la leche. Sin embargo, la proteína y caseína presentan cambios con la época ($P < 0,05$), lo cual probablemente pueda ser atribuido a la mayor frecuencia de mastitis (durante las épocas de lluvias e invierno) en estos hatos, lo que hace suponer que el aumento en los valores de proteína corresponde con el aumento de proteínas séricas, consecuencia de un alto conteo somático que genera enzimas proteolíticas que provocan una disminución en el porcentaje de caseína (Harmon 1994, Philpot 2001). Sin embargo, la calidad nutricional y fisicoquímica de la leche cruda en las unidades de producción familiares cumple con la norma de referencia señalada, sin variaciones durante el año.

Las diferencias ($P < 0,05$) en acidez y pH encontradas en este estudio se podrían explicar por efecto de la temperatura, puesto que en la época seca los días son más calurosos y la leche tiende a acidificarse debido a la carencia de un proceso adecuado de enfriamiento, que en las unidades de producción no se cuenta con tanques

enfriadores; estos resultados coinciden con los reportados en otros estudios realizados en México (Chombo y col 1999, Cervantes y col 2001).

No se evidenciaron casos de adulteración de la leche con adición de agua, atribuyendo las diferencias en el punto crioscópico a razones de origen fisiológico, ya que la presencia de mastitis propicia el paso de iones sodio y cloro hacia la leche, que modifican su punto de congelación (Philpot 2001).

El recuento de organismos mesofílicos es una medida de las condiciones de higiene en la producción de leche, donde 10.000 ufc/mL se considera leche de buena calidad. Solo en la época seca se obtuvo una carga microbiana muy elevada, lo que indica que la leche no tiene buena calidad higiénica; sin embargo, en el resto del año la leche es de buena calidad higiénica, por debajo de lo que reportan Revelli y col (2004) y Parra y col (1998), al muestrear inmediatamente después del ordeño. Los recuentos de ufc coinciden con lo que reportan Elmoslemany y col (2009) quienes encontraron los mayores conteos bacterianos durante el verano. Los conteos de ufc obtenidos en el presente estudio superan lo deseable, de acuerdo a los estándares de higiene en el manejo de la leche que describen Harrigan y McCance (1976), pero no es posible afirmar que sean satisfactorios. Los conteos de bacterias mesofílicas aerobias (ufc) reportados en el estudio cumplen con el estándar de referencia (100.000 ufc/mL máximo) y coinciden con los resultados de Chombo y col (1999), pero son mayores a lo que reportan Ávila y col (2002). El conteo de unidades formadoras de colonias de bacterias mesofílicas aerobias está dentro de lo que señala la norma de referencia, existiendo diferencias con el tipo de limpieza de la ubre y la época de muestreo.

El CCS se vio afectado por la época de muestreo y la limpieza de la ubre; así, los productores que tienen una limpieza parcial o inadecuada de la ubre producen leche de baja calidad sanitaria. La limpieza de la ubre en la ordeña disminuyó los conteos somáticos durante las épocas de lluvias y de invierno, cumpliendo con el estándar de referencia. Se encontraron menores conteos durante la época seca (244.190 cel./mL) con respecto a las épocas de lluvias e invierno ($P < 0,05$) (568.457 cel./mL y 724.348 cel./mL respectivamente), épocas donde se presentan mayores problemas de mastitis, lo que coincide con lo que reportan autores como Berry y col (2006), Perkins y col (2009), quienes señalan que en la época de lluvias y fría, los CCS son más elevados y se correlacionan con la presencia de *E. coli*, lo cual se atribuye a una inadecuada limpieza de la ubre y del equipo de ordeño.

El CCS promedio (512.335) es superior a lo reportado por Elmoslemany y col (2009) y Pantoja y col (2009), lo cual es indicador de que la mayor parte del año se tienen problemas de mastitis en los hatos, lo que afecta la calidad de la leche cruda y que ésta es menor a los estándares de calidad exigidos para este tipo de leche, que actualmente establecen un límite máximo de 400.000 cel./mL (Nightingale y col

2008). En la región de estudio los conteos demasiado altos y que sobrepasan lo que permite la norma también pueden atribuirse a un mal manejo y mal funcionamiento de los equipos de ordeño.

RESUMEN

Las explotaciones lecheras en pequeña escala enfrentan el desafío de producir leche en cantidad y calidad que propicie una mayor demanda del consumidor y una adecuada transformación en quesos, dulces o yogures, asegurando su rentabilidad. Se realizó un estudio para evaluar la calidad de la leche cruda, según la norma PROY-NOM-155-SCFI-2003, tomada de los recipientes de almacenamiento sin refrigeración, basado en una muestra de 30 unidades de producción localizadas en el sur de Ciudad de México, las cuales fueron evaluadas en tres épocas del año (seca, lluvias e invierno) y clasificadas por el tipo de manejo de la limpieza de la ubre (tradicional, parcial y completo). Los resultados mostraron que los componentes nutricionales (grasa, proteína, caseína) y propiedades fisicoquímicas de la leche (pH, acidez, punto crioscópico) fueron diferentes según la época de muestreo ($P < 0,05$), al igual que las bacterias mesofílicas (ufc) y el conteo de células somáticas (CCS); mientras que la lactosa, sólidos totales, sólidos no grasos, densidad y reductasa no mostraron cambios ($P < 0,05$). Durante el invierno, la limpieza completa propició un menor conteo de células somáticas y mayores lecturas de reductasa ($P < 0,05$) comparadas con las épocas seca y de lluvias. Se concluye que los componentes nutricionales y fisicoquímicos de la leche en las unidades de producción familiar se encuentran dentro de los valores establecidos por la norma oficial mexicana para leche cruda, pero su calidad higiénica es deficiente, consecuencia de inadecuadas prácticas de higiene de la ordeña.

REFERENCIAS

- Alaís Ch. 1985. *Ciencia de la leche, Principios de técnica lechera*. 10ª ed. Editorial Reverte S.A., Sevilla, España.
- Ávila TS, ChA Gutiérrez, GJ Sánchez, JE Canizal. 2002. Comparación del estado de salud de la ubre y la calidad sanitaria de la leche de vacas ordeñadas manual o mecánicamente. *Vet Méx* 33, 387-394.
- Barbano D, MY Ma, MV Santos. 2006. Influence of raw milk quality on fluid milk shelf life. *J Dairy Sci* 89(E Suppl.), E15-E19.
- Bath LD, NF Dickinson, AH Tucker, DR Appleman. 1985. *Dairy Cattle: Principles, Practices, Problems, Profits*. 2ª ed. Lea & Febiger, Philadelphia, PA, USA, Pp 309-362.
- Berry DP, B O'Brien, EJ O'Callaghan, KO Sullivan, WJ Meaney. 2006. Temporal trends in bulk tank somatic cell count and total bacterial count in Irish dairy herds during the past decade. *J Dairy Sci* 89, 4083-4093.
- Cervantes EF, CH Santoyo, MA Álvarez. 2001. *Lechería Familiar: factores de éxito para el negocio*. Plaza y Valdés Editores S.A. de C.V., México D.F., México, Pp 165-188.
- Chombo MP. 1999. El reto que sobre la calidad enfrentan los productores de la leche en Jalisco y Michoacán, como consecuencia de la apertura comercial. En: Martínez BE, Álvarez MA, García HL, Del Valle MC (eds). *Dinámica del Sistema Lechero Mexicano en el Marco Regional y Global*. Plaza y Valdés Editores S.A. de C.V., México D.F., México, Pp 325-359.
- Elmoslemany AM, GP Keefe, IR Dohoo, RT Dingwell. 2009. Microbiological quality of bulk tank raw milk in Prince Edward Island dairy herds. *J Dairy Sci* 92, 4239-4248.
- Harmon RJ. 1994. Physiology of mastitis and factors affecting somatic cell counts. *J Dairy Sci* 77, 2103-2112.
- Harrigan W, C McCance. 1976. *Laboratory methods in food and dairy microbiology*. Academic Press, London, UK.
- Inegi CP. 1999. *La Ganadería Familiar en México*. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, Colegio de Postgraduados, México.
- Jayarao BM, SC Donalson, BA Straley, AA Sawant, NV Hegde, JL Brown. 2006. A survey of foodborne pathogens in bulk tank milk and raw milk consumption among farm families in Pennsylvania. *J Dairy Sci* 89, 2451-2458.
- Jensen GR. 1995. *Handbook of Milk Composition*. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Nightingale C, K Dhuyvetter, R Mitchell, Y Schukken. 2008. Influence of variable milk quality premiums on observed milk quality. *J Dairy Sci* 91, 1236-1244.
- Pantoja JC, DJ Reinemann, PL Ruegg. 2009. Associations among milk quality indicators in raw bulk milk. *J Dairy Sci* 92, 4978-4987.
- Parra AJL, M Martínez, H Pardo, S Vargas. 1998. Mastitis y calidad de la leche en el piedemonte del Meta y Cundinamarca. *Boletín de Investigación* N° 2, CORPOICA-PRONATTA. Villavicencio, Meta, Colombia.
- Perkins NR, DF Kelton, KJ Hand, G MacNaughton, O Berke, KE Leslie. 2009. An analysis of the relationship between bulk tank milk quality and wash water quality on dairy farms in Ontario, Canada. *J Dairy Sci* 92, 3714-3722.
- Philpot WN. 2001. Importancia de la cuenta de células somáticas y los factores que la afectan. *Memorias del III Congreso Nacional de Control de Mastitis y Calidad de la Leche*, León, México, Pp 14-26.
- Pinto M, S Vega, N Pérez. 1996. *Métodos de análisis de la leche y derivados - Garantía de Calidad*. Ediciones Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, Pp 100-128.
- Revelli GR, OA Sbodio, EJ Tercero. 2004. Recuento de bacterias totales en leche cruda de tambos que caracterizan la zona noroeste de Santa Fe y sur de Santiago del Estero. *Revista Argentina de Microbiología* 36, 145-149.
- SAS. 1999. SAS 8.2. Institute Inc. Cary, North Carolina, University of Minnesota, Minnesota, USA.