

COMUNICACIÓN CORTA

COMPOSICIÓN DE LA LECHE ENTERA CRUDA DE BOVINOS ANTES Y DESPUÉS DEL FILTRADO¹

Rodolfo WingChing-Jones², Esteban Mora-Chaves³

RESUMEN

Composición de la leche entera cruda de bovinos antes y después del filtrado. El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto del filtrado con membrana mixta en la leche de bovinos. Esta investigación se realizó en el Módulo Lechero-SDA de la Universidad de Costa Rica, entre el 10 de mayo del 2010 y febrero del 2011, en el cual se realiza el ordeño automático con ayuda de un sistema de recipientes recolectores. En 112 ocasiones, se tomaron muestras de 100 ml de leche del recipiente recolector, antes y después del filtrado. La determinación de los componentes de la leche se realizó por medio de la metodología descrita por la FOSS Electric A/S para el equipo MilkoScan™ FT 120 Type 71200, mientras que los conteos de células somáticas se realizó según la metodología descrita para el equipo Fossomatic Serie 400. Los contenidos de proteína, lactosa y el conteo de células somáticas no variaron significativamente, mientras que, el contenido de grasa y el porcentaje de sólidos totales sí se afectaron por la práctica del filtrado. Esta reducción, provocó una disminución del 3,04% del ingreso total por la venta de leche.

Palabras clave: grasa en la leche, sólidos totales en la leche, ganado Jersey, práctica de manejo, proteína en la leche.

ABSTRACT

Milk quality and somatic cell count comparison in raw whole milk before and after the filtering. The purpose of this work was to evaluate the effect of filtering raw cattle milk with a mixed membrane. This research was conducted in the Dairy-SDA Module at the University of Costa Rica, between May 10th and February 2011, where milking is performed automatically with aid of a system of jar collectors. Samples of 100 ml of milk were taken from 112 jars before and after filtering using a funnel. Milk components determinations were performed using the FOSS Electric A/S for the MilkoScan™ Type 71200 FT 120 equipment, while a somatic cell count was performed according to the methodology described for Fossomatic Series 400. Protein, lactose and somatic cell milk content did not change significantly, while fat milk content and milk total solids percentage were affected by the filtering practice. This reduction resulted in a decrease of 3.04% of total revenue from the sale of milk.

Key words: milk fat, milk total solid, Jersey cattle, management practice, milk protein.

¹ Recibido: 20 de febrero, 2012. Aceptado: 1 de abril, 2013. Proyecto de Investigación VI-510-A7-805 Módulo Lechero. Sede del Atlántico Universidad de Costa Rica.

² Escuela de Zootecnia. Centro de Investigación en Nutrición Animal (CINA). Módulo Lechero-SDA. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. rodolfo.wingching@ucr.ac.cr

³ Laboratorio de Calidad de la Leche. Cooperativa Productores de Leche Dos Pinos R.L, Alajuela, Costa Rica. esmora@dospinos.com



INTRODUCCIÓN

La leche cruda (LC) está compuesta por agua, proteína, grasa, lactosa, vitaminas y minerales (Walstra *et al.* 2006). Estos componentes, determinan la calidad de la LC (Philpot y Nickerson 2000), van a variar según la raza y el tipo de alimentación que se le ofrezca al animal (Jenkins y McGuire 2005). La proporción de agua en la LC ronda entre el 85,3 y 88,7% (p/p), la proteína equivale entre 2,3 y 4,4 % (p/p) y la lactosa entre 3,8 y 5,3% (p/p) (Walstra *et al.* 2006). La grasa fluctúa entre 2,5 a 5,5% (p/p), y es considerada la variable más importante para la industrialización de la leche (Augustin y Versteeg 2006); un porcentaje más alto de grasa, indica que LC es de alta calidad, además es una variable que incrementa el valor económico de la LC (Michalski *et al.* 2006).

La inocuidad de la LC, se mide según el número de bacterias por mililitro de leche, ausencia de inhibidores microbiales y el conteo de células somáticas (Philpot y Nickerson 2000). Con respecto a la contaminación de la leche por bacterias, esta inicia con una flora que se encuentra adherida a la pared del canal del pezón y concluye con los microorganismos presentes en el ambiente que entran en contacto con la leche después de ser extraída de la ubre; estos inhiben su crecimiento a los 4°C (Magariños 2000). Por último, el contenido de células somáticas en la leche, se relaciona con la inflamación de la glándula mamaria, producto de un golpe, desarrollo de patógenos o a un mal manejo del ordeño, instalaciones no adecuadas y al proceso en general del ordeño (Philpot y Nickerson 2000).

Dentro de los sistemas de producción láctea, existen prácticas rutinarias de alimentación durante el ordeño (Bramley 1992) y de manejo de los animales (Lock 2010), que favorecen la composición bromatológica de la leche, y reducen los factores que afectan su inocuidad (Early 1998). Pero todo el esfuerzo establecido en la cadena de producción para obtener calidad e inocuidad en la LC se podría minimizar en el momento de toma de la muestra, que sirve para estimar el precio que se debe de pagar; por ejemplo, leche sin un buen proceso de agitación, recolección en caliente, aplicación de líquido con acción bactericida, equipo de frío mal calibrado y un proceso de filtrado grueso (retención de partículas visibles) con un filtro no apropiado. Por tal motivo, el objetivo del presente trabajo

fue determinar el efecto del filtrado con membrana mixta en la leche de bovinos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación de la prueba. La prueba se realizó en el Módulo Lechero de la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica, ubicado en el cantón de Turrialba, provincia de Cartago. Esta investigación se inició el 7 de mayo de 2010 y finalizó el 25 de febrero de 2011. El sistema de producción ocupa un área de 6 ha, distribuidas en potreros, caminos, instalaciones y bosque secundarios. Tiene un total de 35 animales, de los cuales quince se encontraron en su periodo de lactancia, trece son hembras menores de 24 meses, tres hembras adultas en periodo seco (no están en lactancia) y cuatro machos castrados. Es un sistema dedicado a la investigación, acción social y la docencia; basa la alimentación de los semovientes en el aprovechamiento del pasto estrella africana cosechado a 25 días de rebrote, con un suplemento energético y proteico, pre mezcla mineral y sal blanca. Se realizan dos ordeños por día con ayuda de un sistema de vacío y un tarro recolector de leche con capacidad de 41 litros.

Toma de la muestra. La muestra se obtuvo de forma directa del tarro recolector, previo a un ciclo de agitación de un minuto para evitar la separación de sus componentes. Posterior a la recolección de la muestra de 100 ml en una bolsa plástica, se identificó y se selló, se colocó en una hielera con hielo, para ser transportada al Laboratorio de Calidad de la Leche de la Cooperativa Productores de Leche R.L. ubicado en Coyol de Alajuela. En cada ciclo de muestreo, se recogió tres muestras por semana de LC sin filtrar y posterior al filtrado, para un total de 112 muestras analizadas para cada proceso.

Posterior al ordeño de tres vacas en promedio, se distribuyó de forma aleatoria 30 litros de leche contenida en el tarro recolector en dos recipientes, de uno se tomó la muestra de leche que no se le aplicó filtrado, mientras que, con ayuda de un embudo, con un diámetro mayor de 28 cm, uno menor de 16 cm y una altura de 20 cm, se filtró la LC del otro recipiente. El filtrado se realizó con un filtro para leche que se empleó una única vez, presentó un diámetro de 17,5 cm, un gramaje de 58 g/m² y una composición química de 23% de celulosa y 77% de politereftalato de etileno, el cual se

fijó a la parte de menor diámetro del embudo por medio de dos mallas con una densidad de 11 orificios de 1 mm de diámetro por cm^2 y una prensa. Después de vaciar dos terceras partes de la LC del tarro recolector en el embudo y ser recolectada en otro recipiente, se procedió a agitar por un minuto, luego, se recolectó la muestra con ayuda de un muestreador de leche, la cual se consideró LC filtrada.

Análisis de la muestra. Para la determinación de los componentes de la LC (proteína, grasa, lactosa y sólidos totales) se empleó la metodología descrita por la FOSS Electric A/S para el equipo MilkoScan™ FT 120 Type 71200, en donde se utilizó 8 ml de LC para la determinación automática de las variables bromatológicas. Mientras que los conteos de células somáticas (CS) se realizaron según la metodología descrita para el equipo Fossomatic Serie 400, en donde, 10 ml de leche cruda, con la adición automática del colorante buferizado básico (Bromuro de etidio (0,05 % p/v) y Tritón X-100 concentrado (1% p/v)) son calentados por quince minutos entre 37 a 42°C y analizado de forma automática por el equipo. Este contabiliza los impulsos eléctricos que produce cada célula por medio de una reacción de fluorescencia del complejo célula-colorante, posterior a la estimulación por medio de una lámpara.

Análisis de los datos. La información obtenida del laboratorio de calidad de la leche sobre la concentración de CS, grasa, proteína, lactosa y ST en las muestras, se organizó en una hoja electrónica de Microsoft Excel, para tal fin, se consideró la fecha de recolección, el resultado obtenido para cada variable en la LC no filtrada y el de la LC posterior al filtrado y el porcentaje de cambio debido al proceso de filtrado para cada variable evaluada. Este cambio porcentual, se calculó mediante la aplicación de la siguiente ecuación: $[(\text{Contenido de la VE en LC sin filtrar} - \text{Contenido VE en LC filtrada}) / \text{Contenido VE en LC sin filtrar}] * 100$, donde VE, es la variable evaluada en la LC. Con ayuda del procedimiento Proc GLM de SAS 9.1 (2003), se probó la hipótesis (H_0) de que el filtrado no afecta la composición bromatológica, ni el contenido de CS de la LC.

Con relación al análisis económico, se utilizó el histórico de producción láctea del Módulo Lechero para el año 2009 de 78 204 litros de LC, también se asumió para la realización del mismo, un conteo bacteriano promedio en ambas muestras de 20 000 UFC/ml,

lo cual se refleja en un incremento del 2% en el pago por concepto de grasa, lactosa y proteína, un pago por kilogramo de grasa y de proteína de US\$ 4,60 para cada uno y por kilogramo de lactosa de US\$ 3,74. En el caso del contenido de CS en la LC, se asume una bonificación del 3% en las variables de pago de la LC, en conteos por ml de LC menores a 200 000 CS, mientras que en conteos superior a 200 000 CS/ml e inferiores 400 000 CS/ml la bonificación se reduce en 50%, es decir, a 1,5% (Dos Pinos 2007).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Características bromatológicas de la leche cruda

Sólidos totales (ST). Se detectó diferencias significativas en el contenido de ST ($p=0,03$) debidas a la aplicación del filtrado de la LC, esta diferencia de 0,20% (Cuadro 1), se debe a la disminución que se obtuvo en el contenido de la grasa. Esta reducción porcentual fue de 156,41 kg de ST de la leche, los cuales durante los 730 ordeños que se realizan en el sistema de producción, se quedan adheridos en la pared del filtro, constituido por celulosa y politereftalato de etileno.

Lactosa. No se determinaron diferencias significativas debidas a la práctica del filtrado de la leche para esta variable ($p \geq 0,05$) (Cuadro 1). Los valores promedios obtenidos para la lactosa se encuentran dentro de los rangos informados por Walstra *et al.* (2006) para LC entera.

Proteína cruda (PC). De forma similar a la lactosa, en esta investigación el contenido de PC de la LC entera, no se afectó al implementar la práctica del filtrado ($p > 0,05$), lo que permitió la entrega de 2,79 t de compuestos nitrogenados (caseína y proteínas del suero), sin que se afectara el ingreso por pago de esta variable (Cuadro 1).

Grasa. Con respecto a esta variable, se obtuvieron diferencias significativas ($p \leq 0,01$) por la aplicación del filtrado (Cuadro 1). Reducción que afectó el precio de venta de la LC y es responsable del 55,47% de la reducción en el ingreso total en el sistema de producción (Cuadro 2). Aunque en este trabajo no se presenta apoyo fotográfico, después de cada proceso de filtrado, en el filtro se observaron impurezas retenidas (pasto, tierra y pelo) y una sustancia viscosa de color amari-

Cuadro 1. Variación en el contenido bromatológico y conteo de células somáticas (CCS) en la leche cruda (LC) de bovino debida al filtrado. Turrialba, Cartago, Costa Rica. 2010.

VARIABLES EVALUADAS	NÚMERO DE OBSERVACIONES	Leche cruda sin filtrar	Leche cruda filtrada	p≤0
Sólidos totales	208	13,45±0,70a	13,25±0,63b	0,03
Lactosa	208	4,39±0,19	4,41±0,18	0,53
Proteína	208	3,57±0,25	3,57±0,24	0,98
Grasa	208	4,73±0,62a	4,52±0,53b	0,01
Conteo células somáticas	224	172 053±187 307	219 553±353 488	0,21

Filas con diferente letra, difieren significativamente ($p \leq 0,05$).

lenta. Esta sustancia, podría ser el resultado de una interacción entre los componentes polares presentes en la membrana de los glóbulos de la grasa en la leche cruda (fosfolípidos y esfingolípidos) (Rombaut y Dewettinck 2006), con otros glóbulos de grasa, lo que forma un glóbulo de mayor tamaño, o que interactúe con los componentes del filtro empleado (celulosa y politereftalato de etileno). También esta acción recíproca se puede favorecer por el efecto mecánico que provocó la succión del vacío en el proceso de conducción de las pezoneras hasta el tarro recolector de la leche, lo que debilita la membrana de los glóbulos de grasa, y expone los sitios de interacción (Early 1998).

Conteo de células somáticas de la leche cruda (CCS). El cambio obtenido en el CCS debido a la aplicación del filtrado no fue significativo ($p \leq 0,05$), pero afecta de forma negativa el precio de la leche, ya que el incremento de 47.500 CS en la muestra de LC filtrada, hace que se sobrepase el límite mayor para obtener la bonificación del 3% en el valor de las variables de pago, situación que permite sólo obtener el 50% de la bonificación (1,5%) (Cuadro 1). Se desconoce, el por qué se da un incremento promedio en el conteo de las CS posterior al filtrado, se descarta la hipótesis de un efecto de concentración, producto de la reducción en el contenido de grasa, debido a que ambas fracciones se

Cuadro 2. Relación entre el pago de la leche cruda (LC) de bovino antes y después de filtrada según su contenido bromatológico, conteo bacteriano y el conteo de células somáticas (CCS). Turrialba, Cartago, Costa Rica. 2010.

VARIABLES EVALUADAS	Leche cruda sin filtrar	Leche cruda filtrada	Diferencia debida al filtrado
Kilogramos de grasa	3699,05	3534,82	-164,23
Kilogramos de lactosa	3433,15	3448,79	+15,64
Kilogramos de proteína	2791,88	2791,88	0
Pago por kilos de grasa (\$)*	17 016,96	16 261,44	-755,52
Pago por kilos de lactosa (\$)	12 857	12 915,58	+58,58
Pago por kilos de proteína (\$)	12 843,65	12 843,65	0
Pago por conteo bacteriano (\$)	854,35	840,41	-13,94
Pago por conteo células somáticas (\$)	1281,53	630,31	-651,22
Ingreso por venta de la leche (\$)	44 853,50	43 491,40	-1362,10

*US\$1 dólar= ¢500 colones.

determinan con principios diferentes, tampoco se considera un problema de muestreo después del filtrado, ya que la PC en leche no se ve afectada. Lo que se observó, es que entre cada muestreo, la intensidad del cambio fue irregular, lo que se justifica con los valores de la desviación estándar obtenidos en esta investigación.

Impacto económico del filtrado en el sistema de producción. Según los cálculos por pago de la LC equivalente a los kg de grasa, kg de proteína y kg de lactosa, contenidos en el volumen de LC total, entregado en el año 2009 y al incremento en precio por la bonificación debida al conteo bacteriano y el de células somáticas, el valor de cada litro de LC fluctuó entre \$286,77 (US\$0,57) y \$278,06 (US\$0,56) para la LC sin filtrar y LC filtrada, respectivamente. Tal diferencia, provocó que el sistema de producción dejara de percibir el 3,04% del ingreso total (Cuadro 2), debido a la disminución del contenido de grasa ($p < 0,05$) y a la tendencia obtenida de incrementar las células somáticas en la LC, al aplicar el proceso de filtrado (Cuadro 1). Esta reducción en el ingreso total por venta de leche, podría ser equivalente a 68 quintales de alimento balanceado, 30 bolsas de 23 kg de premezcla mineral y de 76 bolsas de 20 kg de grasa sobrepasante, insumos que podrían mejorar el perfil de nutrimentos en dietas de animales con un nivel de producción láctea superior al promedio o para corregir problemas reproductivos o de condición corporal de animales presentes en la finca.

Se requiere de más investigación sobre el uso del filtro de leche y de su composición, debido a que es una práctica recomendable en los almacenes de insumos agropecuarios en los sistemas de producción, y provocan, según la investigación, una retención en sus paredes de los componentes de la leche, que se utilizan para establecer el precio de la misma.

AGRADECIMIENTOS

A Roberto Ugalde y Oscar Garita funcionarios del Módulo Lechero de la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica y al Laboratorio de Calidad de la Leche de la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos R.L, por el apoyo brindado durante la realización de esta investigación.

LITERATURA CITADA

- Augustin, M; Versteeg, C. 2006. Milk fat: physical, chemical and enzymatic modification. In Fox, P; McSweeney, P. eds. *Advanced Dairy Chemistry*. Vol. 2, 3 ed, Springer, New York, USA. p. 293-332.
- Bramley, A. 1992. Milking hygiene and mastitis control. p. 457-463. In Van Horn, H; Wilcox, C. eds. *Large dairy herd management*. Management Services. American Dairy Science Association. Champaign, IL, USA. 826 p.
- Dos Pinos. 2007. Reglamento de recibo de leche. Cooperativa de productores de leche Dos Pinos R.L. Aprobado en la sesión N° 3205 del Consejo de Administración del 10 de abril del 2007. Costa Rica. 24 p.
- Early, R. 1998. Tecnología de los productos lácteos. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España. 459 p.
- Jenkins, T; McGuire, M. 2005. Effects of nutrition on milk composition: A 25 year review of research reported in the *Journal of Dairy Science*. Proceeding Tri-State Dairy Nutrition Conference (May 2 and 3):51-60.
- Lock, A. 2010. Update on dietary and management effects on milk fat. Proceeding Tri-State Dairy Nutrition Conference (April 20 and 21):15-26.
- Magariños, H. 2000. Producción higiénica de la leche cruda. Una guía para la pequeña y mediana empresa. Producción y Servicios Incorporados S.A. Guatemala. 96 p.
- Michalski, M; Leconte, N; Briard-Bion, V; Fauquant, J; Maubois, J; Goudédranceche, H. 2006. Microfiltration of raw whole milk to select fractions with different fat globule fat size distributions: Process optimization and analysis. *Journal Dairy Science* 89:3778-3790.
- Philpott, W; Nickerson, S. 2000. Ganando la lucha contra la mastitis. Westfalia Surge Inc. IL, USA. 192 p.
- Rombaut, R; Deewettinck, K. 2006. Properties, analysis and purification of milk polar lipids. Review. *International Dairy Journal* 16:1362-1373.
- SAS. STATA. 2003. Stata tm 9.1 Statistics/Data analysis. Special edition. Copyright 1984-2003. Stata Corporation 4905 Lakeway Drive College Station, Texas 77845. USA. sp.
- Walstra, P; Wouters, J; Geurts, T. 2006. *Dairy science and technology*. 2 ed. Taylor & Francis Group. LLC, USA. 782 p.

