

Artículo original

Preservación de leche cruda en sistemas de producción familiar (Altos de Jalisco) mediante el uso campos magnéticos

González-Ruiz S. (1), Milián-Suazo F. (3) y Herrera-Rodríguez S.E. (2)

(1) Maestría en Salud y Producción Animal Sustentable, U.A.Q., (2), Investigador Titular, Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C. (3) Coordinador de la Maestría en Salud y Producción Animal Sustentable, U.A.Q.
e-mail: sherrera@ciatej.mx

Resumen

La industria láctea se ha interesado por encontrar alternativas innovadoras para la conservación de los alimentos con el objeto de mejorar la higiene e inocuidad, aumentar la vida útil y mantener el sabor natural de productos lácteos. Por razones económicas y/o geográficas, no siempre es posible el uso de la refrigeración como método de conservación de la leche, ya sea por la no existencia de los sistemas, porque se encuentren defectuosos o por el elevado costo, lo que lleva a buscar métodos alternativos para la preservación de la leche. **Objetivo:** El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de los campos magnéticos como método alternativo para la preservación de la leche cruda de ranchos de producción familiar (no tecnificados) de los Altos de Jalisco. **Metodología:** Se realizaron muestreos en tres ranchos productores de leche de cadena “caliente” (no refrigeración). El factor de interés fue la aplicación de dos tratamientos con campos magnéticos de diferente intensidad durante 3 horas: alta intensidad (11,700 Gauss), baja intensidad (3,800 Gauss), y un control sin tratamiento de campos magnéticos. Los parámetros a determinar fueron: pH, acidez ($^{\circ}\text{D}$) y unidades formadoras de colonias bacterianas por mililitro (UFC's/mL). **Resultados:** De acuerdo a un análisis estadístico general, no se encontró diferencia significativa ($p>0.05$) entre los tratamientos para el conteo de UFC/ml, a pesar de que algunos tratamientos si mostraron disminución de las cuentas totales bacterianas. En cuanto al pH, si hubo diferencia significativa ($p<0.05$), lo que indica cambios en la leche durante el tiempo de transporte de la unidad de producción al centro colector. **Conclusiones:** Este trabajo abre la puerta a nuevos estudios, quizás con diferentes dosis de magnetismos, tiempo de tratamiento y otras variables de respuesta que puedan ser útiles para la preservación de leche de cadena caliente.

Palabras clave: Campos magnéticos, leche cruda, Gauss, lechería familiar

Abstract

The dairy industry has been always interested in finding new methods to preserve milk and milk-derived products in good conditions. These methods are required to—improve hygiene and safety, to increase shelf life and to keep natural flavor. Due to economic and/or geographic reasons, it is not always possible to use refrigeration for milk preservation, either by the lack of cooling systems, defective systems or high cost. Therefore, new methods to preserve raw milk are always required. **Objective:** The aim of this study was to evaluate the effect of magnetic fields as an alternative method to preserve raw milk on family-run low-technology dairy farms from Los Altos de Jalisco, Mexico. **Methodology:** Three milk samples were taken from three different herds. Each sample was split into three aliquots and a different treatment of magnetic field was applied to each: one with no treatment as a control, one with a high intensity doses of magnetic field (11,700 G) and one with a low intensity (3,800 G). Treatment was for three hours. The response variables were: pH, acidity ($^{\circ}\text{D}$) and bacterial colony forming units per milliliter (UFC's/mL). **Results:** No significant difference ($p>0.05$) between treatments for CFU's/mL was observed; however, some treatments showed considerable less CFU's after treatment. Significant difference ($p<0.05$) between treatments was observed for pH, suggesting changes in some of the milk characteristics during treatment. **Conclusions:** This study opens the opportunity for new studies in which adjustments to the different treatments could provide better results.

Keywords: magnetic fields, raw milk, Gauss, family dairy.

Recibido: 11/03/2015

Aceptado: 06/07/2015

Introducción

Actualmente la industria alimenticia y, la láctea en particular, se han interesado por encontrar alternativas innovadoras para la conservación de los alimentos, con el objeto de mejorar la higiene e inocuidad del producto final, aumentar su vida útil y mantener un sabor natural (Aguilar *et al.*, 2007). En nuestro país, por razones económicas y/o geográficas, no siempre es posible el uso de la refrigeración durante la cadena de producción y conservación de la leche, ya sea por la no existencia de los sistemas, porque los mismos están defectuosos o por tener que pagar un precio elevado de electricidad, lo cual nos lleva a experimentar métodos alternativos para la conservación de la leche (Martínez y Ponce, 1992).

La obtención y preservación de la leche va desde procesos especializados con todos los insumos y garantías de la cadena fría, hasta pequeños ranchos de tipo familiar con bajo nivel de infraestructura, lo que pueden influir al incremento de la carga bacteriana presente en la leche y contribuir a que se disminuya la calidad de aspectos esenciales como: composición, características organolépticas, fisicoquímicas y el valor nutritivo, que deben encontrarse de acuerdo a las especificaciones del Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus derivados (COFOCALEC) y basados en la Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2003, Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado – Denominaciones, especificaciones físico-químicas, información comercial y métodos de prueba.

Las características de los ranchos de tipo familiar de “cadena caliente”: 1) son manejados por los integrantes de la familia; 2) es un manejo semi-estabulado, es decir, los animales son alimentados en el corral y también salen a los potreros a pastorear; y 3) el número de vacas es bajo, de entre 10 y 90 vacas. En este tipo de ranchos existen diversos factores que pueden contribuir a la producción de leche que no cumplen con una buena calidad. Las principales fuentes de contaminación microbiana son por manejo no adecuado de cántaras; lavado poco efectivo; además, existe la posibilidad de contaminación por las manos de los ordeñadores (no higienizadas de manera correcta). Otro factor puede ser las instalaciones de baja infraestructura, aunado a la decadente salud de las vacas, ya que pueden presentar mastitis subclínica, enfermedad caracterizada por la inflamación de la glándula mamaria y sus tejidos secretores, lo que resulta en la disminución de la producción de leche y la posible alteración de su composición, incluso el sabor de la misma (Signorini *et al.*, 2003). De manera general, en

estos ranchos, después del ordeño la leche es depositada en cántaras de acero inoxidable (40 litros), los cuales se mantienen a temperatura ambiente y a pie de carretera hasta ser transportadas a los centros de acopio para su procesamiento. El tiempo promedio de transporte es de aproximadamente tres horas. Las acopiadoras se rigen bajo las normas de calidad de leche según la Norma Oficial Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2012, Sistema producto leche – alimento lácteo – leche cruda de vaca – Especificaciones físico-químicas, sanitarias y métodos de prueba, en donde se evalúan los parámetros que deben cumplir los productores, para que así suministren su productos en las mejores condiciones y al mismo tiempo se les incentive a fin de que logren mejor rendimiento y un pago justo (Román *et al.*, 2003).

La aplicación de campos magnéticos en la industria alimenticia data desde el siglo XX, ya que aunque la esterilización es eficaz para la destrucción de microorganismos, también causa bajas en la calidad de los alimentos, como en las propiedades organolépticas o físicas de los mismos; es por ello que se han buscado métodos alternativos para evitar este problema. Uno de estos métodos es la aplicación de campos eléctricos pulsantes de alta intensidad (CEPAI), que consiste en el uso de pulsos eléctricos de alto voltaje al alimento colocado entre dos electrodos. Esta tecnología reduce significativamente los cambios en las propiedades organolépticas (Fernández *et al.*, 2001; Quass, 1997). Otra tecnología de importancia son los campos magnéticos oscilantes (CMO), los cuales se aplican en forma de pulsos, y los campos magnéticos estáticos (CMS), donde la intensidad del campo magnético es constante con el tiempo. Los CMO son utilizados para la inactivación de los microorganismos, así como para la mejora en la calidad y en la vida de anaquel de los alimentos.

En el caso particular de la leche, los campos magnéticos se han empleado para obtener leches fermentadas de mejor calidad (1200-1800 gauss), ya que aumentan la viscosidad de la misma y disminuyen la tensión superficial. Esto sugiere en que se mejora la homogeneidad de la leche y que se logra prevenir pérdidas de proteínas por control de la acidez y de los microorganismos, logrando así su preservación por mucho más tiempo (Insua *et al.*, 2010). Así mismo Guzmán *et al.*, (2009) demostraron el efecto de los campos magnéticos en bacterias ácido lácticas para potenciar su efecto bioconservante en quesos debido a la estimulación de bacteriocinas (proteínas o péptidos producidos por algunas bacterias y que poseen actividad antimicrobiana, letal o inhibidora), todos bajo condiciones de laboratorio.

Por lo anterior, el presente estudio se realizó para evaluar el efecto de los campos magnéticos (de alta y baja intensidad) en la preservación de la leche cruda de cadena caliente en condiciones de campo como método alterno de conservación de la calidad de la leche, a la fecha no existe un trabajo de esta naturaleza en campo.

Material y métodos

Las muestras se obtuvieron de tres ranchos productores de leche de cadena caliente del municipio de San Ignacio Cerro Gordo, en el Estado de Jalisco. Estos ranchos fueron seleccionados debido a que colectan y entregan su leche al Centro Lechero Cooperativo de los Altos de Jalisco (CECOPAL). CECOPAL es una empresa formada por socios ganaderos que caracteriza por pagar “calidad y no cantidad” de leche. Los muestreos se realizaron durante el mes de julio, por ser el mes con las más altas temperaturas, en un periodo de 4 semanas cada uno. Arbitriariamente fueron identificados como: Rancho No. 1 azul, rancho No. 2 rosa y rancho No. 3 verde. Un total de 108 muestras fueron analizadas por triplicado después del ordeño. Las variables de respuesta fueron: pH, acidez (grados Dornic) y unidades formadoras de colonias (UFC's). Los tratamientos se aplicaron durante el tiempo transcurrido entre la colecta en rancho (tiempo 0) y su llegada al centro de acopio (tiempo 1), por aproximadamente 3 horas.

Muestras y tratamientos en la leche cruda

De cada rancho se tomó una muestra representativa de 6 litros de leche cruda, misma que fue dividida en tres alícuotas de 2 litros/cada una. Estas alícuotas fueron distribuidas respectivamente en los tres tratamientos en cántaras de 2 litros: 1.- Testigo, leche sin aplicación de campos magnéticos, 2.- leche expuesta a 11,700 Gauss (Tx1) y 3.- Leche expuesta a 3,800 Gauss (Tx2). Los tratamientos se aplicaron durante el trayecto del rancho al centro de acopio a temperatura ambiente. Las variables de respuesta fueron: acidez, grados Dornic ($^{\circ}\text{D}$), pH y UFC's.

Determinación de pH

Para la determinación del pH se utilizó un potenciómetro (calibrado), la medición de pH para cada uno de los tratamientos (Testigo, Tx1 y Tx2), se realizó tomando 9 mL de leche, por triplicado, para posteriormente obtener la diferencia de pH entre el tiempo 0 y tiempo 1.

Determinación de grados Dornic $^{\circ}\text{D}$

Se tomaron 9 mL de leche por triplicado por cada uno de los tratamientos, posteriormente se les adicionaron cinco gotas del indicador fenolftaleína (1%) y se hizo la titulación agregando gotas de Hidróxido de Sodio (0.1N) con agitación constantemente hasta cambio de color (rosado). Cabe señalar que se realizaron ambos análisis (pH y acidez), ya que la acidez $^{\circ}\text{D}$, se realiza de manera rutinaria en CECOPAL, aunque esta es una prueba subjetiva porque la titulación está basada en un viraje de color (rosa), en cambio, los valores de pH son más confiables porque, aunque se tenga la misma acidez en grados Dornic pueden tener diferente pH, (Alais, 1985).

Cultivos bacterianos para cuenta de unidades formadoras de colonias (UFC)

Para determinar el crecimiento de las bacterias de la leche cruda bajo el efecto de los campos, se realizaron cultivos bacterianos (totales) en placa petri con medio de cultivo (Agar triptono-extracto de levadura). En estos cultivos se determinaron las unidades formadoras de colonias (UFC's), se utilizó el protocolo de Camacho et al., (2009), considerada la “prueba de oro” para evaluar calidad higiénica, según la Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Se contaron las colonias en la placa y el resultado se expresó en unidades formadoras de colonias (UFC/mL). Los cultivos bacterianos de cada tratamiento fueron sembrados por duplicado, contados y promediados (12 muestras) por cada rancho.

Resultados y Discusión

Los resultados de las variables de pH y acidez fueron analizadas en el programa estadístico IBM SPSS statistics, versión 21. En el cuadro 1 se muestra el resumen de los valores descriptivos de cada grupo de estudio para las variables pH y acidez $^{\circ}\text{D}$ durante el t0 (ordeña) y t1 (acopiadora). Se obtuvo un total de 108 observaciones, para pH y acidez. Por cada rancho se obtuvieron 72 mediciones. Se calculó la diferencia entre el t1 y t0 de cada uno de los análisis por rancho, dando como resultado 36 datos de pH y 36 datos para acidez.

Cuadro 1.

**Resumen de valores de pH y acidez (°D) durante los tiempos de evaluación (t0-t1)
en muestras de leche cruda sometidas a tratamiento de campos magnéticos**

Variables de respuesta	Rancho	N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza de 95%	Límite superior
						Límite inferior	
pH (t0)	1	36	6.513	.093	.015	6.482	6.545
	2	36	6.477	.098	.016	6.444	6.511
	3	36	6.486	.063	.010	6.464	6.507
pH (t1)	1	36	6.552	.193	.032	6.487	6.618
	2	36	6.661	.204	.034	6.591	6.730
	3	36	6.661	.110	.018	6.623	6.698
Acidez (t0)	1	36	18.277	.566	.094	18.086	18.469
	2	36	18.361	.487	.081	18.196	18.525
	3	36	18.250	.554	.092	18.062	18.437
Acidez (t1)	1	36	18.388	.494	.082	18.221	18.556
	2	36	18.194	.467	.077	18.036	18.352
	3	36	18.305	.467	.077	18.147	18.463

El cuadro 2 muestra los valores de la diferencia que hubo entre los pH y grados Dornic, durante los tiempos de evaluación: tiempo 0 y tiempo 1. La comparación de grupos se hizo a través de análisis de varianza de un camino, con un post hoc tukey y un nivel de confianza del 95%; el cual mostró que el rancho 1 es

estadísticamente diferente ($p<0.05$) a los ranchos 2 y 3; lo cual puede ser asociado a que el manejo de cada grupo de estudio es distinto, además de la salud de las vacas o inclusive el sistema de lavado tanto del equipo de ordeño como de las cántaras para la recolección de la leche.

Cuadro 2.

Promedio de la diferencia de las variables pH y grados Dornic, durante los tiempos de evaluación (t1-t0), por rancho en muestras de leche sometidas a un tratamiento con campos magnéticos

Variables de respuesta	Rancho	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza de 95%	Límite superior
					Límite inferior	
pH	1	.038 ^a	.201	.033	-.029	.107
	2	.183b	.214	.035	.110	.255
	3	.175b	.120	.020	.134	.215

Variables de respuesta	Rancho	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza de 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Acidez °D	1	.111 ^a	.784	.130	-.154	.376
	2	-.166 ^a	.696	.116	-.402	.069
	3	-.222 ^a	1.806	.301	-.833	.389

Medias con literales iguales no son estadísticamente diferentes ($p>0.05$).

De igual manera se realizó el análisis de varianza para la comparación del grupo testigo y los grupos tratados con alta y baja intensidad de campos magnéticos; no se observó

diferencia significativa ($p>0.05$), lo que indica que las intensidades de magnetismo utilizadas no modifican el pH de la leche cruda en un período de 3 horas (Cuadro 3).

Cuadro 3.
Promedio de la diferencia de las variables pH y grados Dornic, durante los tiempos de evaluación (t1-t0), en los diferentes tratamientos con campos magnéticos

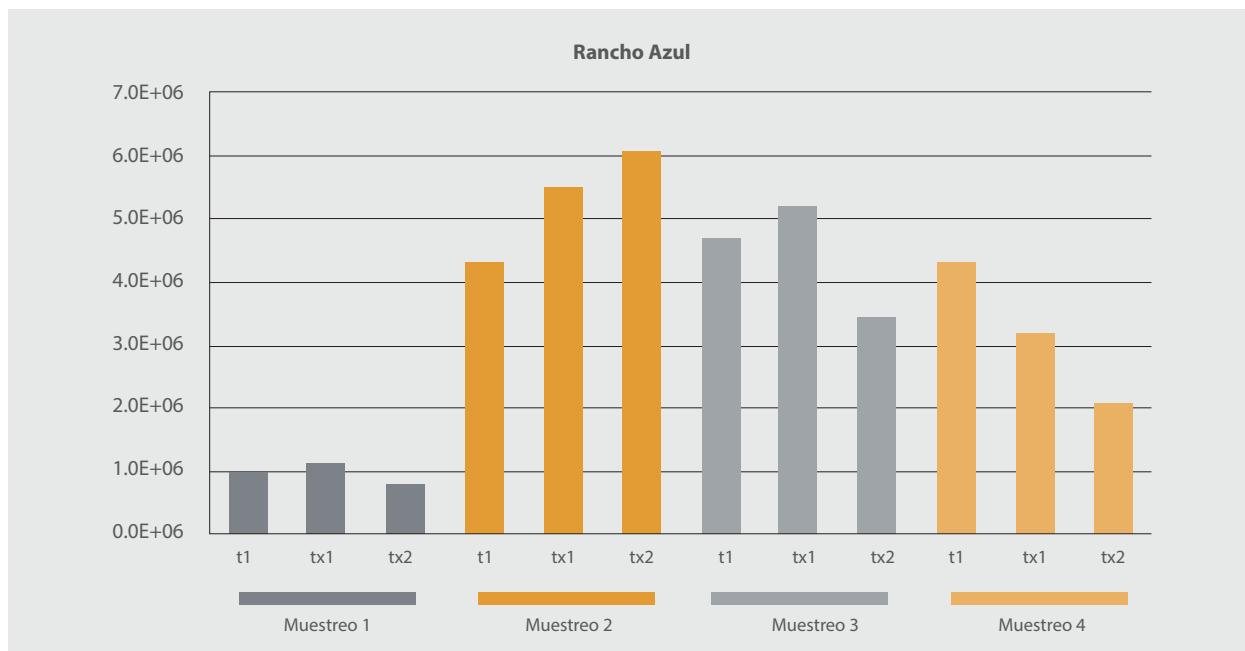
Variables de respuesta	Tratamiento	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza de 95%	
					Límite inferior	Límite superior
pH	Testigo	.175 ^a	.255	.042	.088	.261
	11,700 G	.111 ^a	.180	.030	.050	.172
	3,800 G	.111 ^a	.118	.019	.070	.151
Acidez °D	Testigo	-.250 ^a	1.841	.306	-.873	.373
	11,700 G	.222 ^a	.637	.106	.006	.437
	3,800 G	-.250 ^a	.691	.115	-.484	-.015

Medias con literales iguales no son estadísticamente diferentes ($p>0.05$).

No se observó diferencia significativa ($p>0.05$) entre los tratamientos para la variable UFC's, el valor mínimo obtenido posterior a la ordeña en algunos casos fue de 7.0×10^4 UFC's, valor aceptable de acuerdo a NMX-F-700-COFOCALEC-2012, que señala que el conteo de UFC's/mL para la clase 1 debe ser $\leq 100\,000$; sin embargo, el valor máximo obtenido después de transcurridas 3 horas indica un aumento considerable de UFC's: 1.1×10^7 , el cual sobrepasa en relación a la clase 4 que señala la NMX-F-700-COFOCALEC-2012.

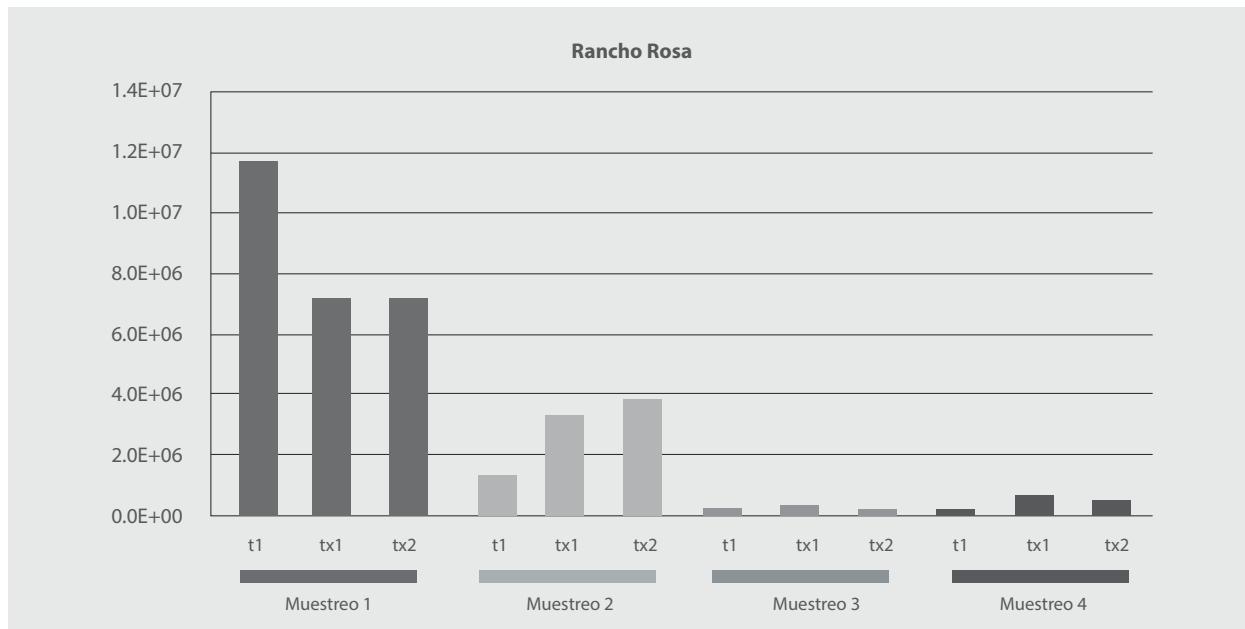
A pesar de que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, sí mostraron disminución en las UFC's, por lo que se muestra un resumen de estas para cada rancho por separado, para los diferentes muestreos. En la figura 1; se puede observar en el rancho azul, el muestreo 1, y 3, las UFC's del Tx2 fueron menores que Tx1, en el muestreo 4 las UFC's, tanto para el Tx1 como Tx2 fueron menores que en el grupo Testigo (T1).

Figura 1.
Unidades Formadoras de Colonias (UFC's), en leche cruda con tratamientos magnéticos, durante los cuatro muestreos en el rancho azul



En el rancho rosa (Figura 2), en el muestreo 1 las UFC's, tanto para el Tx1 como para el Tx2 fueron menores que en el T1, y en el muestreo 4 las UFC's del Tx2 fueron menores que el Tx1.

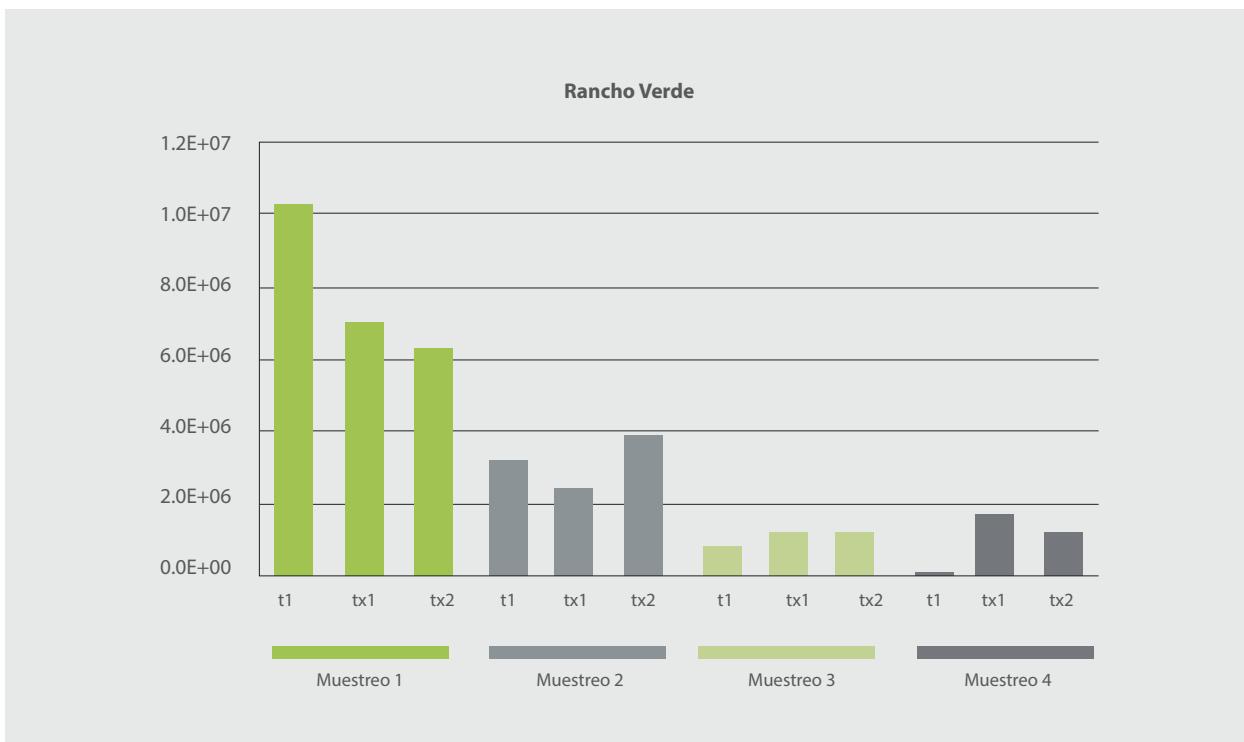
Figura 2.
Unidades Formadoras de Colonias (UFC's), en leche cruda con tratamientos magnéticos durante los cuatro muestreos en el rancho rosa



Los resultados del rancho verde muestran que en el muestreo 1 las UFC's, tanto para el Tx1 como para el Tx2 fueron menores.

Figura 3.

Unidades Formadoras de Colonias (UFC's), en leche cruda con tratamientos magnéticos, durante los cuatro muestreos en el rancho verde



Conclusiones

Aunque no en todos los casos hubo diferencia significativa entre los tratamientos para las variables estudiadas, los campos magnéticos muestran potencial como método alternativo de conservación de la leche en sistemas de producción de “leche caliente” ya que se observó que el tratamiento de baja intensidad (3,800 G), aparentemente tiene mejores resultados en la disminución de las UFC's en relación al de alta intensidad (11,700 G). Esto sugiere que ajustes en las dosis de los tratamientos

pueden proporcionar mejores resultados, en beneficio de conservar la calidad de la leche cruda.

Con los resultados obtenidos se concluye que la leche cruda al estar expuesta a temperatura ambiente, sin refrigeración, sufre cambios en el pH, lo que puede repercutir en la disminución de la calidad. Estos cambios pueden estar asociados a la salud de las vacas y al manejo que se le da tanto al equipo de ordeño como el lavado de las cántaras en donde es depositada la leche.

Referencias bibliográficas

1. Aguiar, J, Pérez, I, Cepero, O. 2007. Efecto de los campos magnéticos en la conservación de la leche cruda sin refrigerar. REDVET. Vol. VII, núm. 4, pp. 1-9. España.
2. Alais, C. 1985. Ciencia de la leche: principios de técnica lechera. Editor Reverte. Pag. 53.
3. Camacho, A, Giles, M, Ortegón, A, Serrano, B, Velázquez, O. 2009. Técnicas para el análisis microbiológico de alimentos. 2^a ed. Facultad de Química, UNAM. México.
4. Fernández, JJ, Barbosa, GV, Swanson, BG. 2001. Tecnologías emergentes para la conservación de alimentos sin calor. Consejo superior de investigaciones científicas. Rev. Arbor pp. 155-170.
5. Guzmán, TM, Anaya, VM, Abreu, J, Duquesne, F, Guerra, G, Valdés, O. 2009. Efecto del campo magnético en la calidad microbiológica del queso Telita. Cienc. Tecnol. Vol. 19. Núm. 3.
- 6.- Insua, DA, Cepero, O, Silveira, EA Pérez, I. 2010. Magnetización: una alternativa en la leche cruda sin refrigerar. REDVET. Vol. 11. Núm. 03. Cuba.
7. Martínez, S, Ponce, P. 1992. Influencia del ordeño mecánico sobre la calidad de la leche y la salud de la ubre. CENLAC/CENSA. Habana.
8. Norma Oficial Mexicana. Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado, Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. NOM-155-SCFI-2003. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 12 de septiembre de 2003.
9. Norma oficial mexicana. Sistema producto leche – alimento lácteo – leche cruda de vaca – Especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba. NMX-F-700-CFOCALEC-2012. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 20 de marzo de 2014.
10. Norma Oficial Mexicana (NOM-092-SSA1-1994). Bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Fecha de publicación en el DOF: 12 de diciembre de 1995.
11. Quass, DW. 1997. Pulsed electric field processing in the food industry. A status report. Electric Power Institute. Palo Alto California.
12. Román, S, Guerrero, L, Pacheco, L. 2003. Evaluación de la calidad fisicoquímica, higiénica y sanitaria de la leche cruda almacenada en frío. Rev. Cient. FCV-LUZ, 13.
13. Signorini, ML, Sequeira, GJ, Bonazza, JC, Dalla-Santina, R, Otero, JL, y Rosmini, MR. 2003. Variación estacional en los principales indicadores de higiene en leche cruda de un tambo de la cuenca central. Departamento de Salud Pública Veterinaria, Facultad de Ciencias Veterinarias. Revista FAVE-Ciencias Veterinarias 2 (2) ISSN.