

Leche cruda de vaca destinada a la elaboración de productos artesanales: calidad microbiológica y fisicoquímica

Raw cow's milk used for the production of artisanal products: microbiological and physicochemical quality

Iñiguez-Muñoz LE¹, Valencia-Botín AJ², Anaya-Esparza LM³, Anzaldo-Ortega RE¹, Pliego-Sandoval JE¹, Reyes-Nava LA¹, Méndez-Robles MD^{3*}

¹ División de Ciencias Exactas, Naturales y Tecnológicas. Centro Universitario del Sur. Universidad de Guadalajara. Av. Enrique Arreola Silva No. 883, Colón, Cd Guzmán Centro, C.P. 49000. Cd Guzmán, Jalisco.

² División de Desarrollo Biotecnológico. Centro Universitario de la Ciénega. Universidad de Guadalajara. Av. Universidad N° 1115, Col. Lindavista, C.P. 47820. Ocotlán, Jalisco.

³ División de Ciencias Agropecuarias. Centro Universitario de los Altos. Universidad de Guadalajara. Av. Rafael Casillas Aceves No. 1200, C.P. 47600. Tepatlán de Morelos, Jalisco.

RESUMEN

La leche cruda de vaca se utiliza como materia prima sin pasteurizar para elaborar productos artesanales; sin embargo, es necesario analizar su calidad antes de la transformación al producto final. El objetivo del presente estudio fue evaluar la calidad de leche cruda utilizada para elaborar productos artesanales respecto a los límites fisicoquímicos y microbiológicos establecidos en la normatividad mexicana. Los factores de estudio fueron tipo de ordeño y tratamiento post-ordeño que recibe la leche. El análisis de la calidad de las muestras recolectadas se efectuó acorde a metodologías oficiales. Respecto a la calidad microbiológica, los resultados demostraron que la mayoría de las muestras no cumplen con los criterios establecidos para células somáticas (80 %), bacterias mesofílicas (90 %) y organismos coliformes totales (83 %). Contrariamente, los resultados del análisis fisicoquímico de la leche mostraron que el contenido de proteína, grasa, lactosa y sólidos no grasos cumplen con las especificaciones que dicta la normatividad (91 %, 80 %, 96 % y 93 % de las muestras respectivamente). Los resultados reflejaron la mala calidad microbiológica de la leche utilizada para la elaboración de productos artesanales; siendo esto la consecuencia de prácticas higiénicas deficientes que repercuten en el producto final.

Palabras clave: Leche cruda, productos artesanales, normatividad, calidad microbiológica y fisicoquímica.

ABSTRACT

Raw cow's milk is widely used as an unpasteurized raw material for artisanal products; however, it is necessary to analyze its quality before obtaining the final product. Thus, the objective of this study was to evaluate the quality of raw milk used to produce artisanal products with regard to the physicochemical and microbiological limits established in Mexican regulations. The factors studied were the milking method and post-milking treatment used to assure milk quality. All analyses of the collected samples were carried out according to the official methodologies. Regarding microbiological criteria, the results showed that the majority of

the samples do not meet the established criteria for somatic cells (80%), mesophilic bacteria (90%), and total coliform organisms (83%). Conversely, the physicochemical analysis of milk samples showed that the content of protein, fat, lactose, and non-fatty solids met the specifications stipulated by national regulations (91%, 80%, 96%, and 93%, respectively). In general, results reflected the poor microbiological quality of the milk used for artisanal products; this being the consequence of poor hygienic practices, impacting the final product quality.

Keywords: Raw milk, artisanal products, regulation, microbiological and physicochemical quality

INTRODUCCIÓN

La leche cruda de vaca y sus derivados son considerados productos de necesidad básica en la alimentación humana (FAO, 2011; Martínez-Vasallo *et al.*, 2017). Al ser utilizada como materia prima para la elaboración de productos artesanales como yogur, queso, crema, helado, mantequilla y dulces (Álvarez-Fuentes *et al.*, 2012), la leche debe de cumplir con las disposiciones y especificaciones sanitarias que establece la normatividad mexicana vigente (NOM-092-SSA1-1994, NOM-243-SSA1-2010, NMX-F-700-COFOCALEC-2012).

Fuentes-Coto *et al.* (2013) y Ríos-Muñoz *et al.* (2019) afirman que la leche cruda de vaca y sus derivados, proporcionan una fuente de crecimiento de microorganismos asociados a diversos factores; los cuales dependen de las características fisicoquímicas, los estándares higiénicos y aspectos nutricionales. En el mismo sentido, Villoch (2010) lo atribuye a la práctica de cría de animales, la recolección y el procesamiento antihigiénico. La pasteurización es un proceso térmico y convencional que busca conservar las propiedades fisicoquímicas de la leche y evitar el crecimiento de microorganismos patógenos o deterioradores (Chombo-Morales y Ramírez-Cerda, 2017). Por lo que, el no pasteurizar la leche puede ocasionar daños a la salud del consumidor (Lan *et al.*, 2017). En este orden de ideas, la Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO, 2018) reafirma que con la finalidad de prolongar la vida útil de la leche es necesario que se pas-

*Autor para correspondencia: María Dolores Méndez Robles
Correo electrónico: mdmendez@cualtos.udg.mx

Recibido: 6 de diciembre de 2021

Aceptado: 2 de mayo de 2022

teurice, antes de llegar a la mesa del consumidor. El aspecto negativo que se les atribuye a los productos lácteos artesanales es que no son garantes de inocuidad, ya que una buena parte de ellos se elaboran con leche cruda sin pasteurizar; lo anterior, con el propósito de mantener las características organolépticas que los hacen muy preciados en cada región (Villegas de Gante *et al.*, 2016). De acuerdo a Monroy (2018) en México alrededor del 40 % de la leche que se consume, así como sus derivados, no se pasteurizan; por lo tanto, son causantes de Enfermedades de Transmisión de Alimentos [ETA] como brucelosis o tuberculosis. La contaminación con patógenos bacterianos en alimentos lácteos puede presentar un riesgo para la salud pública, lo que genera eventuales brotes de enfermedades (Fox *et al.*, 2019). A pesar de ello, existen consumidores que prefieren productos artesanales con leche no pasteurizada, sin considerar el control de calidad de la materia prima, procesos y productos obtenidos a partir de ella (Villegas de Gante *et al.*, 2016; Licitra *et al.*, 2019).

La calidad fisicoquímica y microbiológica de la leche se ha estudiado por diversos investigadores, entre ellos Gwandu *et al.* (2018) y Ríos-Muñiz *et al.* (2019) quienes analizaron las características bacteriológicas y fisicoquímicas de la leche cruda de vaca y exhibieron microorganismos indicadores de mala higiene con potencial patógeno como Bacterias Mesófilas Aerobias (BMA), coliformes totales y fecales, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y micobacterias; por tanto, su consumo podría ser perjudicial para la salud. En otra investigación realizada en Venezuela, se analizó la calidad higiénico-sanitaria de leche cruda y pasteurizada; en leche cruda, 72.5 % de las muestras se encontraron por encima de los límites para bacterias aerobias mesófilas (2×10^4 UFC/mL), indicando condiciones higiénico-sanitarias deficientes (Luigi *et al.*, 2013).

En México se evaluó la calidad microbiológica de la leche cruda de vaca y el efecto del tiempo de residencia de la leche durante la ordeña (aproximadamente dos horas); se tomaron muestras al inicio y al final de la ordeña y se encontró que en el 80 % de estas hubo un aumento significativo de microorganismos. El promedio de aumento de mohos y levaduras fue de 300 %, mientras que *Salmonella* y *Shigella* fueron el conteo que individualmente alcanzó mayor aumento (1000 %) (Rojas-Ronquillo *et al.*, 2014). En el estado de Hidalgo se comparó la calidad sanitaria y fisicoquímica en 1416 muestras de la leche producida en tres cuencas; los resultados sobre el Conteo de Células Somáticas (CCS) demostró que la leche fue de mala calidad, tanto en México como en el ámbito internacional; contrariamente, el valor de sólidos no grasos indicó que la leche es de buena calidad desde el punto de vista fisicoquímico (Cervantes *et al.*, 2013). Por otro lado, Fuentes-Coto *et al.* (2013) evaluó la calidad e inocuidad de la leche cruda, el conteo de BMA alcanzó 135×10^6 UFC/mL y de coliformes 150×10^6 NMP/mL en el tanque de almacenamiento, valores por encima del límite permitido por la NOM-243-SSA1-210 para leche (100 UFC/g de no patógenos); adicionalmente, se identificó *E. coli* y *S. aureus* en leche bronca que no deben estar presentes de acuerdo a

la norma. En el mismo trabajo se evaluó la temperatura, pH, densidad y alcohol; cuyos valores se encontraron en el intervalo normal de la prueba.

En cuanto a la calidad fisicoquímica, los productores lácteos buscan leche con altos contenidos de sólidos totales, en donde destaque el porcentaje de proteína total (dentro de ella la caseína) y la grasa butírica, ya que son indicadores que infieren alto valor industrial (Villegas de Gante *et al.*, 2016); existe una correlación positiva entre los porcentajes de grasa y proteína de la leche con el rendimiento de queso y otros productos lácteos (Mejía-López *et al.*, 2017).

De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2021), la producción nacional de leche de bovino fue de 12 mil 554 millones de litros en el año 2020. Jalisco es el principal productor con dos mil 626 millones de litros, lo que representa el 21 % del total nacional; mientras que el municipio de Tepatlán de Morelos es el mayor productor estatal del lácteo desde 2018 con un aporte de 370 mil litros, lo que equivale al 14 %. Tomando en cuenta lo anterior, se planteó el objetivo de determinar la calidad de la leche cruda de este municipio, la cual es utilizada para la elaboración de productos artesanales con respecto a los límites fisicoquímicos y microbiológicos establecidos en la normatividad mexicana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Recolección de muestras

Se realizó un muestreo no probabilístico aleatorio, seleccionando 100 productores de leche cruda de vaca, de localidades del municipio de Tepatlán de Morelos, Jalisco. Fueron recolectadas en la recepción de una cooperativa de productos lácteos artesanales (200 mL en frasco estéril) siguiendo las recomendaciones de la NOM-109-SSA1-1994. Las muestras se trasladaron conservando la cadena de frío (4°C) al Laboratorio de Microbiología de Alimentos del Departamento de Ciencias Pecuarias y Agrícolas del Centro Universitario de los Altos (CUAltos) de la Universidad de Guadalajara.

Análisis microbiológico

El CCS se realizó con el equipo NucleoCounter SCC-100 (Astori Técnica®, Italia), siguiendo las instrucciones del fabricante, cuyo intervalo de mediciones es de 10 000 a 2 000 000 CCS/mL. La preparación y dilución de las muestras para conteos microbiológicos se realizó según indicaciones de la NOM-110-SSA1-1994. Las metodologías aplicadas para la determinación de BMA, mohos y levaduras se llevaron a cabo de acuerdo con la NOM-243-SSA1-2010; por su parte, los organismos coliformes totales (OCT), *Staphylococcus aureus* y *Salmonella* spp. fueron identificados mediante los apéndices H, B y A respectivamente, como lo establece la NOM-210-SSA1-2014.

Análisis fisicoquímicos

El contenido de grasa, proteína, caseína, lactosa, sólidos totales, sólidos no grasos y punto crioscópico se cuan-

tificó por duplicado en todas las muestras con un equipo MilkoScanTM (Foss, FT 120, tipo 71200, Hillerod, Dinamarca). Previó al análisis de la muestra el equipo se acondicionó siguiendo las instrucciones del fabricante. La preparación de la muestra (50 mL) consistió en calentar la leche a 40 °C en un baño de agua, seguido de un enfriamiento a 20 °C.

Análisis estadísticos

Los factores de estudio fueron el ordeño, el cual podía ser manual o mecánico y el tratamiento, considerando si la leche es transportada y entregada fría (4 °C) o caliente (temperatura ambiente) a la empresa. Las variables microbiológicas fueron transformadas a Log10 para su análisis estadístico. Se comprobó normalidad y homogeneidad de varianza en todas las variables, las cuales mostraron distribución normal con un valor $P > 0.01$ utilizando la prueba de Anderson-Darling. Fue requerida la transformación Johnson para tratar los datos de las variables grasa, proteína, lactosa, punto crioscópico, ácidos grasos libres y levaduras. Posteriormente se realizó un ANOVA simple sobre las variables fisicoquímicas y microbiológicas con los factores estudiados (ordeño y tratamiento) comparadas con un valor $P < 0.05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis microbiológico

Las características nutricionales de la leche, el contenido de agua y pH cercano a la neutralidad, hacen de este alimento un sustrato ideal para el desarrollo de microorganismos (Gómez y Mejía, 2005; Quigley *et al.*, 2011). En este contexto, el Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus derivados (COFOCALEC) propuso una clasificación aplicable para determinar el grado de cumplimiento de calidad en leche cruda de vaca destinada a la fabricación e industrialización de productos para consumo humano (NMX-F-700-COFOCALEC-2012). En la Tabla 1 se muestran los resultados de CCS y BMA comparando contra los criterios que establece COFOCALEC; en lo referente al CCS, la mayoría de las muestras se clasificaron como clase 4 y superior ($>7.5 \times 10^5$ CCS/mL); lo cual representa el 37.9 % de las muestras de leche fría y el 59.1 % de leche caliente. Por otra parte, solo el 20.69 % de leche fría y el 19.72 % de caliente se clasificaron como clase uno ($\leq 4 \times 10^5$ CCS/mL). A pesar de las diferencias matemáticas, no se encontraron diferencias significativas de esta variable respecto a los factores ordeño y tratamiento (ver Tabla 2). De acuerdo con la norma NMX-F-700-COFOCALEC-2012 solo la leche clasificada como clase 1 se debería de utilizar en la producción de alimentos para consumo humano, ya que conteos elevados de CS afectan negativamente a la producción y composición de la leche (Citalan *et al.*, 2016). Resultados similares fueron observados en siete regiones representativas de Puno, Perú (Brousett-Minaya *et al.*, 2015), en dicho trabajo se concluyó que las inadecuadas prácticas de ordeño provocan problemas de mastitis en el ganado, lo que influye en la calidad e inocuidad de la leche.

En lo concerniente a las BMA, la mayoría de las muestras se clasifican dentro de la clase cuatro o superior ($>6 \times 10^5$

Tabla 1. Cumplimiento de especificaciones sanitarias para leche cruda de vaca de células somáticas y bacterias mesófilas, respecto al factor tratamiento.

Table 1. Raw cow's milk compliance with regulatory specifications for somatic cells and mesophilic bacteria, regarding the treatment factor.

Parámetro/ Cumplimiento	CCS (células/mL) Límite*	Resultados Células somáticas (%)	
		Fría	Caliente
Clase 1	$\leq 400,000$	6*** (20.69)	14 (19.72)
Clase 2	401,000-500,000	2 (6.90)	2 (2.82)
Clase 3	501,000-749,000	10 (34.48)	13 (18.31)
Clase 4	750,000-1,000,000	5 (17.24)	15 (21.13)
>Clase 4	$>1,000,000$	6 (20.69)	27 (38.03)
Parámetro/ Cumplimiento	BMA (UFC/mL)**	Bacterias mesófilas (%)	
		Fría	Caliente
Clase 1	$\leq 100,000$	8 (27.59)	2 (2.82)
Clase 2	101,000-300,000	8 (27.59)	6 (8.45)
Clase 3	301,000-599,000	0 (0)	2 (2.82)
Clase 4	600,000-1,200,000	3 (10.34)	3 (4.23)
>Clase 4	$>1,200,000$	10 (34.48)	58 (81.69)

Fuente: *NOM-092-SSA1-1994 y **NMX-F-700-COFOCALEC-2012. *** Número de productores se muestra fuera del paréntesis. Abreviaciones; CCS: Conteo de células somáticas y BMA: Bacterias mesófilas aerobias.

Tabla 2. Análisis de varianza para las variables fisicoquímicas y microbiológicas comparadas con un valor $P < 0.05$.

Table 2. Analysis of variance for physicochemical and microbiological variables compared at a P -value < 0.05 .

Factor	Variable FisQuím.	Valor P	Variable FisQuím.	Valor P	Variable Microbiol.	
					Valor P	Valor P
Ordeño	Grasa	0.0327*	Ác. grasos libres	0.416 ^{ns}	Levaduras	0.896 ^{ns}
Ordeño	Proteína	0.244 ^{ns}	Sólidos totales	0.359 ^{ns}	Células somáticas	0.303 ^{ns}
Ordeño	Lactosa	0.726 ^{ns}	Sólidos no grasos	0.031*	Bacterias mesófilas	0.0987 ^{ns}
Ordeño	Punto crioscópico	0.599 ^{ns}	Caseína	0.600 ^{ns}	Mohos	0.064 ^{ns}

Ordeño: manual/mecánico. Tratamiento: leche fría/caliente. Simbología: ns "no significativo"; * "significativo" con $\alpha=0.05$. FisQuím.= Fisicoquímica, Microbiol.= Microbiológica

UFC/mL); lo cual representa el 44.82 % de leche fría y el 85.92 % de leche caliente. Por otro lado, solo el 27.59 % de leche fría y el 2.82 % de leche caliente correspondieron a la clase uno ($\leq 1 \times 10^5$ UFC/mL). El análisis estadístico mostró que existen diferencias significativas ($P < 0.05$) en el factor tratamiento (leche fría/caliente) (Tabla 2).

Ríos-Muñoz *et al.* (2019) y Hajmohammadi *et al.* (2021) reportaron que el CCS y BMA en leche cruda de vaca obtenida de la provincia de Irán y de granjas familiares de México, respectivamente; superaron los límites máximos permitidos para ingresar a un proceso de pasteurización o transformación. Por otro lado, la capacitación de los productores tiene impacto positivo en la mejora de la calidad microbiológica de la leche, tal como lo reportaron Silva-Paz (2020), quienes informaron que el 64 % de las unidades de

Tabla 3. Agrupamiento de parámetros fisicoquímicos para leche cruda de vaca en cantidad de productores.

Table 3. Grouping of physicochemical parameters for raw cow's milk by number of producers.

Parámetro	Especificación*	Resultados	
		No. de productores (%)	
		Fría	Caliente
Proteína (g/L)			
Clase A	≥31	27 (93.1)	64 (90.14)
Clase B	30 a 30.9	0 (0)	6 (8.45)
Clase C	28 a 29.9	2 (6.9)	1 (1.41)
Grasa (g/L)			
Clase A	≥32	23 (79.32)	57 (80.28)
Clase B	31-31.9	3 (10.34)	9 (12.68)
Clase C	30-30.9.	3 (10.34)	5 (7.04)
Lactosa (g/L)			
Deseable	43 a 50	28 (96.55)	68 (95.77)
No deseable	<43	1 (3.45)	3 (4.23)
Sólidos no grasos (g/L)			
Deseable	≥83	25 (86.21)	68 (88.73)
No deseable	<83	4 (13.79)	8 (11.27)

Fuente: *NMX-F-700-COFOCALEC-2012. Clase A es deseable, Clase B y C son considerados valores mínimos.

producción de leche para la elaboración de queso artesanal obtuvieron promedios deseables (50 %) y aceptables (14 %) con respecto a la NMX-F-700-COFOCALEC para mesófilos aerobios.

También en la presente investigación se evaluó el grado de cumplimiento de leche cruda sobre la presencia de OCT. Para este grupo bacteriano, la NOM-243-SSA1-2010 establece un máximo de 20 UFC/mL en leche pasteurizada, usándose como referencia muy estricta si se considera que la leche analizada aquí no ha recibido ningún tratamiento térmico. Se encontró que el 86 % de muestras de leche fría y el 80 % para leche caliente incumplen con lo estipulado en la normatividad (Figura 1). Tassew y Seifu (2011) reportaron la presencia de OCT en la etapa de producción de leche, posiblemente influenciada por la falta de higiene en los contenedores de almacenamiento y la salud de los animales en cooperativas lecheras.

Adicionalmente, la presencia de microorganismos patógenos representa un riesgo a la salud del consumidor, por lo que la normatividad mexicana a través de la NOM-243-SSA1-2010 ha establecido un límite máximo para *S. aureus* (≤10 UFC/ mL) y establece que *Salmonella* spp. esté ausente en 25 g de muestra. De nuevo es importante aclarar que son criterios para leche pasteurizada y se utilizan como referencia.

Con respecto a los recuentos de *S. aureus* en este estudio, se observaron incumplimientos en el 31 % de muestras para leche fría y 35 % para leche caliente; en lo que respecta a *Salmonella* spp. no se detectó su presencia (Figura 1). Ríos-Muñiz *et al.* (2019) analizaron un total de 96 muestras de leche cruda de tres granjas lecheras familiares de México

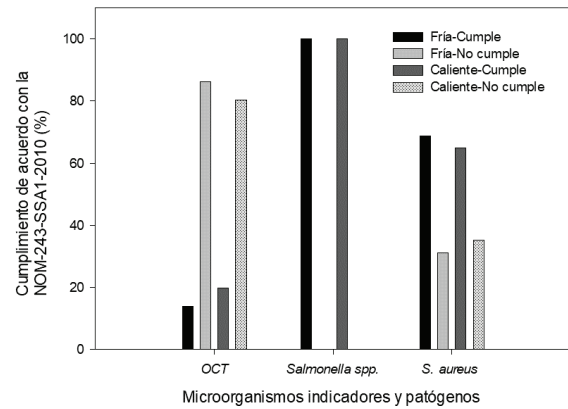


Figura 1. Cumplimiento de OCT, *Salmonella* spp. y *S. aureus* de acuerdo con los límites establecidos por la NOM-243-SSA1-2010, respecto al factor tratamiento.

Figure 1. Compliance of OCT, *Salmonella* spp. and *S. aureus* according to the NOM-243-SSA1-2010 limits, regarding the treatment factor.

durante dos años consecutivos, reportando que 83 % de las muestras fueron positivas para OCT, 54 % para OCF y 46 % para *E. coli*, no obstante; ninguna de las muestras evaluadas fue positiva para *Salmonella enterica*, *Listeria monocytogenes*, o enterotoxina estafilocócica. Sin embargo, los autores aislaron e identificaron *S. aureus* en nueve muestras. Aunado a lo anterior, Lan *et al.* (2017) evaluaron 160 muestras de leche cruda, de las cuales el 52.5 % resultaron positivas para *S. aureus*, 45% a *E. coli* y 1.25 % a *Salmonella* spp. Concluyeron que la frecuencia de ordeño (2 o 3 veces al día) y la frecuencia de desinfección de la ordeñadora (1, 2 o 3 veces al día), son factores que influyen en el recuento total bacteriano y representan fuentes potenciales para la contaminación de la leche.

Es importante mencionar que no siempre se encuentra presencia de *Salmonella* spp. y *L. monocytogenes* en muestras de leche no pasteurizada, en este sentido se salvaguarda a los consumidores de enfermedades causadas por estos patógenos y se demuestra que la leche se encuentra libre de patógenos desde el punto de vista sanitario (Agarwal *et al.*, 2012; Vázquez-Ojeda *et al.*, 2014).

En lo que respecta a la determinación de mohos y levaduras, en la normatividad mexicana no se establecen los límites permisibles para estos microorganismos en leche. Por lo anterior, se decidió tomar como referencia los criterios de la norma NOM-243-SSA1-2010 para quesos frescos, madurados y quesos de suero (500 UFC/g); asumiendo que, si la materia prima utilizada no cumple con los límites establecidos, el producto final elaborado a partir de ella tampoco lo hará. Lo anterior repercutirá directamente en la vida de anaquel, ya que el deterioro por hongos se encuentra entre uno de los principales desafíos para la industria láctea (Awasti y Anand, 2020).

En relación con el recuento de levaduras, se obtuvieron incumplimientos de 65.52 % en leche fría y 63.38 % en leche caliente, mientras que en mohos se observaron incumplimientos del 41.38 % y 36.62 % en el mismo orden. El

deterioro por mohos en los productos lácteos es más prominente que el causado por levaduras, se han identificado 100 especies de mohos y 60 especies de levaduras que provocan deterioro en los productos lácteos, de las cuales destacan los mohos *Moniliella suaveolens*, *Cladosporium herbarum*, *Penicillium glabrum*, *Penicillium expansum*, *Penicillium chrysogenum* y *Cladosporium cladosporioides*; en cuanto a las levaduras sobresalen *Galactomyces geotrichum*, *Yarrowia lipolytica* y *Candida* spp (Garnier *et al.*, 2017). Respecto al análisis estadístico, no se observaron diferencias significativas entre las variables levaduras y mohos respecto a los factores ordeño (manual/mecánico) y tratamiento (leche fría/caliente) como se puede observar en la Tabla 2.

De manera general, los resultados microbiológicos muestran un mayor porcentaje de incumplimiento en leche caliente; esto se debe a que la temperatura de conservación es un factor importante para acelerar o controlar la reproducción microbiana, según sea el caso. El incremento de microorganismos alterantes y patógenos tiene un efecto directo sobre la calidad y la vida útil del queso o derivados lácteos (Montes de Oca-Flores *et al.*, 2019), por lo que es importante cuidar que los conteos no sobrepasen los límites establecidos para cada grupo en la materia prima. Sin embargo, es importante recalcar que la normatividad mexicana no cuenta con límites máximos permisibles para los microorganismos mohos, levaduras y mesófilos aerobios para leche utilizada como materia prima y en el resto de los microorganismos indicadores y patógenos se asume que la leche es pasteurizada; por ende, al no establecer estos rangos repercute en la vida útil y de anaquel de los productos lácteos elaborados con leche cruda.

Análisis fisicoquímico

En cuanto al contenido bromatológico de la leche analizada (Tabla 3); en el caso de proteína, existe incidencia en la clase A, tanto para leche fría (93.1 %) como en caliente (90.1 %) observándose diferencias estadísticamente significativas en el factor tratamiento. Lo anterior concuerda con lo argumentado por Ajmal *et al.* (2018), en donde señala que el contenido de proteína de la leche cruda disminuye de manera significativa entre la leche que es refrigerada inmediatamente a 4 °C con respecto a la que se deja reposar a temperatura ambiente y que después de dos horas se enfría. De igual manera, en grasa la mayor ocurrencia se agrupó en la clase A, con el 79.3 % y 80.3 % para leche fría y caliente correspondientemente; por su parte el análisis estadístico mostró diferencias significativas respecto al factor tratamiento (leche fría/caliente) y el factor ordeño (manual/mecánico). Paralelamente, Guevara-Freire *et al.* (2019) menciona que las diferencias en la calidad composicional de grasa de la materia prima, pueden ser causadas principalmente por la alimentación y el hato ganadero.

Por otra parte, la mayoría de los productores cumplieron con los límites establecidos en la normatividad para lactosa (43 a 50 g/L); además, no se observaron diferencias significativas respecto a ningún factor estudiado. Contra-

riamente, si se observaron diferencias en la variable sólidos totales respecto al factor tratamiento (leche fría/caliente), en los sólidos no grasos respecto al factor ordeño (manual/mecánico) y la caseína respecto al factor tratamiento como se observa en la Tabla 2. Los resultados de la presente investigación coinciden con otros trabajos, como el realizado en tres subregiones de Colombia donde analizaron 150 muestras de leche cruda; los parámetros fisicoquímicos se encontraron con valores aceptables lo que indica excelente calidad (Romero *et al.*, 2018). En otra publicación se encontró que el contenido de grasa (33.11 g/L), lactosa (deseable) y proteína (39.89 g/L) permaneció dentro de los parámetros de la normatividad en 21 muestras de leche y queso (Montes de Oca-Flores *et al.*, 2019).

Contrariamente, autores como Gwandu *et al.* (2018), reportaron valores por debajo de lo establecido en grasa y de sólidos totales de 98 muestras de leche cruda, en la isla de Pemba, Zanzíbar, Tanzania. Los sólidos totales en la leche cruda de vaca son un indicador importante del valor nutricional, ya que determina los niveles de carbohidratos, grasas, proteínas, vitaminas y minerales. El cumplimiento de los parámetros fisicoquímicos es de gran importancia en la transformación de la materia prima; por ejemplo, el rendimiento del queso está directamente relacionado con el nivel de grasa y caseína; y se ha demostrado que la proteína es la que influye directamente en el rendimiento (Montes de Oca-Flores *et al.*, 2019).

CONCLUSIONES

En el conocimiento de este estudio se integra la determinación de la calidad de leche cruda para la elaboración de productos lácteos artesanales en Jalisco y en específico para la región alteña de Tepatlán de Morelos. En general y de acuerdo con los límites establecidos en la normatividad mexicana, la calidad microbiológica de la leche cruda para la elaboración de productos artesanales fue deficiente; mientras que, la calidad fisicoquímica fue buena. A pesar de que *Salmonella* spp. se mantuvo ausente en todas las muestras analizadas, el conteo de células somáticas, bacterias mesófilas aerobias, organismos coliformes totales, *S. aureus*, mohos y levaduras; reflejan mala calidad microbiológica de la leche que se entrega a la fábrica transformadora; siendo esto posiblemente la consecuencia de malas prácticas de higiene durante el ordeño, almacenamiento y transporte de la materia prima. Por otro lado, la calidad fisicoquímica de la leche analizada fue buena y cumple con las especificaciones establecidas en la normativa mexicana. Es imperativo que los productores de leche de donde provienen las muestras en estudio, implementen mejoras en las prácticas de ordeño adecuadas que garanticen la calidad sanitaria de la leche con la finalidad de obtener productos transformados artesanales de calidad aceptable para su comercialización. Finalmente, es imperativo señalar que, aunque los resultados fisicoquímicos son buenos, la mala calidad microbiológica afecta gravemente la vida de anaquel de la materia prima y los productos lácteos elaborados con esta leche; además, se

pueden afectar ciertos parámetros fisicoquímicos específicos como pH, acidez, proteólisis, entre otros.

REFERENCIA

- Agarwal, A., Awasthi, V., Dua, A., Ganguly, S., Garg, V. y Marwaha, S. 2012. Microbiological profile of milk: Impact of household practices. *Indian Journal of Public Health*. 56: 88-94.
- Ajmal, M., Nadeem, M., Imran, M., Abid, M., Batool, M., Khan, I.T., Gulzar, N. y Tayyab, M. 2018. Impact of immediate and delayed chilling of raw milk on chemical changes in lipid fraction of pasteurized milk. *Lipids in Health and Disease*. 17: 190-200.
- Álvarez-Fuentes, G., Herrera-Haro, J.G., Alonso-Bastida, G. y Barreras-Serrano, A. 2012. Calidad de la leche cruda en unidades de producción familiar del sur de Ciudad de México. *Archivos de Medicina Veterinaria*. 44: 237-242.
- Awasti, N. y Anand, S. 2020. The role of yeast and molds in dairy industry: An update. En: *Dairy processing: advanced research to applications*. pp 243-262. Springer, Singapur.
- Brousett-Minaya, M., Torres, A., Chambi, A., Mamani, B. y Gutiérrez, H. 2015. Physicochemical, microbiological and toxicological quality of raw milk in cattle basins of the region Puno-Peru. *Scientia agropecuaria*. 6: 165-176.
- Cervantes, F., Cesín, A. y Mamani, I. 2013. La calidad estándar de la leche en el estado de Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 4: 75-86.
- Chombo-Morales, M.P. y Ramírez-Cerda, E.L. 2017. Producción y manejo inocuo de leche y productos de leche en México. En: *Inocuidad y trazabilidad en los alimentos mexicanos*. Lugo-Melchor, O.Y., Alvarado-Ozuna, C., Ramírez-Cerda, E.L. y CONACYT/Ciatej (ed.), pp. 68-70. Guadalajara, México.
- Citalan, L.H., Ramos, J.A., Salinas, R., Bucio, A., Herrera, J.G. y Orantes, M.A. 2016. Análisis sensorial de leche de vacas suplementadas con un alimento fermentado a base de pollinaza. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 3: 181-191.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). CODEX Alimentarius: Leche y productos lácteos [Consultado 22 Noviembre 2021] 2011. Disponible en: <https://www.fao.org/3/i2085s/i2085s.pdf>
- Fox, E.M., Jiang, Y. y Gobius, K.S. 2018. Key pathogenic bacteria associated with dairy foods: On-farm ecology and products associated with foodborne pathogen transmission. *International Dairy Journal*. 84: 28-35.
- Fuentes-Coto, G., Ruiz-Romero, R.A., Sánchez-Gómez, J.I., Ávila-Ramírez, D.N. y Escutia-Sánchez, J. 2013. Análisis microbiológico de leche de origen orgánico: atributos deseables para su transformación. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*. 10: 419-432.
- Garnier, L., Valence, F. y Mounier, J. 2017. Diversity and control of spoilage fungi in dairy products: An update. *Microorganisms*. 5: 42-65.
- Gómez, A.A. y Mejía, O.B. 2005. Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. *Revista Lasallista de Investigación*. 2: 38-42.
- Guevara-Freire, D., Montero-Recalde, M., Valle, L. y Avilés-Esquivel, D. 2019. Calidad de leche acopiada de pequeñas ganaderías de Cotopaxi, Ecuador. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*. 30: 247-255.
- Gwandu, S.H., Nonga, H.E., Mdegela, R.H., Katakweba, A.S., Suleiman, T.S. y Ryoba, R. 2018. Assessment of raw cow milk quality in smallholder dairy farms in Pemba Island Zanzibar, Tanzania. *Veterinary Medicine International*. 2018: 1-9.
- Hajmohammadi, M., Valizadeh, R., Ebdalabadi, M.N., Naserian, A. y Fernandes de Olivera, C.A. 2021. Seasonal variations in some quality parameters of milk produced in Khorasan Razavi Province, Iran. *Food Science and Technology*. 41: 718-722.
- Lan, X.Y., Zhao, S.G., Zheng, N., Li, S.L., Zhang, Y.D., Liu, H.M., McKillip, J. y Wang, J.Q. 2017. Short communication: Microbiological quality of raw cow milk and its association with herd management practices in Northern China. *Journal of Dairy Science*. 100: 4294-4299.
- Licitra, G., Caccamo, M. y Lortal, S. 2019. Artisanal products made with raw milk. En: *Raw Milk*. Nero L.A. y Fernandes de Carvalho A. (ed.), pp 175-121. Academic Press. Cambridge, Massachusetts, United States.
- Luigi, T., Rojas, L. y Valbuena, O. 2013. Evaluación de la calidad higiénico-sanitaria de leche cruda y pasteurizada expendida en el estado de Carabobo, Venezuela. *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud: Salus*. 17: 25-33.
- Martínez-Vasallo, A., Ribot-Enríquez, A., Villoch-Cambas, A., Montes de Oca, N., Remón-Díaz, D. y Ponce-Ceballos, P. 2017. Calidad e inocuidad de la leche cruda en las condiciones actuales de Cuba. *Revista de Salud Animal*. 39: 51-61.
- Mejía-López, A., Rodas, S. y Baño, D. 2017. La desnaturalización de las proteínas de la leche y su influencia en el rendimiento del queso fresco. *Enfoque UTE*. 8: 121-130.
- Monroy, F. 2018. En México, 40 por ciento de la leche que se consume no es pasteurizada. *Boletín UNAM-DGCS-062 Ciudad Universitaria. Dirección General de la Comunicación Social*. Ciudad de México.
- Montes de Oca-Flores, E., Espinoza-Ortega, A. y Arriaga-Jordán, C.M. 2019. Propiedades tecnológicas y fisicoquímicas de la leche y características fisicoquímicas del queso Oaxaca tradicional. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*. 10: 367-378.
- Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA-1994, bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. [Consultado 10 Noviembre 2021] 1994. Disponible en: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/110ssa14.html>.
- Norma Oficial Mexicana NOM-243- SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. [Consultado 12 Noviembre 2021] 2010. Disponible en: <http://dof.gob.mx/normasOficiales/4156/salud2a/salud2a.htm>
- Norma Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014, Productos y servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores. Determinación de microorganismos patógenos. [Consultado 15 Noviembre 2021] 2015. Disponible en: <http://www.economia-noms.gob.mx/normas/noms/2010/210ssa12015.pdf>
- PROFECO, No todo lo que parece leche lo es. Leche, fórmulas lácteas y productos lácteos combinados. [Consultado 20 Noviembre de 2021] 2018. Disponible en: http://sil.gobernacion.gob.mx/Archivos/Documentos/2018/09/asun_3740694_20180925_1537904094.pdf
- Proyecto de norma mexicana PROY-NMX-F-700-COFOCALEC-2012, Sistema producto leche-Alimento-

- Lácteo-Leche cruda de vaca-Especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba., Organismo Nacional de Normalización del COFOCALEC. [Consultado 6 Agosto 2021] 2012. Disponible en: <https://pdfcookie.com/documents/proy-nmx-f-700-cofocalec-2012-110212-1pdf-w5lqjezn0q27>
- Proyecto de Norma Oficial Mexicana NOM-109-SSA1-1994, bienes y servicios. Procedimientos para la toma, manejo y transporte de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. [Consultado 26 Noviembre 2021] 1994. Disponible en: <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/ssa1/ssa1109p.pdf>
- Quigley, L., O'Sullivan, O., Beresford, T.P., Ross, R.P., Fitzgerald, G.F y Cotter, P.D. 2011. Molecular approaches to analysing the microbial composition of raw milk and raw milk cheese. *International Journal of Food Microbiology*. 150: 81-94.
- Ríos-Muñiz, D., Cerna-Cortes, J.F., López-Saucedo, C., Angeles-Morales, E., Bobadilla-Del Valle, M., Ponce-de León, A. y Estrada-García, T. 2019. Longitudinal analysis of the microbiological quality of raw cow's milk samples collected from three small family dairy farms in Mexico over a 2-year period. *Journal of Food Protection*. 82: 2194-2200.
- Rojas-Ronquillo, M.R., Cruz-Bautista, E., Daniel-Rentería, I.C. y Lammoglia-Villagómez, M.A. 2014. Determinación de la calidad microbiológica de la leche de vaca durante la temporada invernal en Tuxpan, Veracruz. *Academia Journals*. 1-5.
- Romero P, A., Calderón R, A. y Rodríguez R, V. 2018. Evaluación de la calidad de leches crudas en tres subregiones del departamento de Sucre, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*. 10: 43-50.
- Servicio de Información Agropecuaria (SIAP), Producción Ganadera: Leche. [Consultado 18 Noviembre 2021] 2021. Disponible en: <https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/produccion-pecuaria>
- Silva-Paz, L.E. 2019. Caracterización microbiológica y fisicoquímica del queso de Ojos Negros, B. C. México con respecto a la maduración en dos periodos estacionales. Tesis de doctorado. Universidad Autónoma de Baja California, Mexicali, Baja California.
- Tassew, A. y Seifu, E. 2011. Microbial quality of raw cow's milk collected from farmers and dairy cooperatives in Bahir Dar Zuria and Mecha district, Ethiopia. *Agriculture and Biology Journal of North America*. 2: 29-33.
- Vázquez-Ojeda, E. Pérez-Morales, E., Hurtado-Ayala, L. y Alcántara-Jurado, L. 2014. Evaluación de la calidad microbiológica de la leche. *Iberoamericana de Ciencias*. 1: 1-9.
- Villegas de Gante, A., Santos, A. y Cervantes, F. 2016. Los quesos mexicanos tradicionales. 1ra edición. Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, Estado de México.
- Villoch, A. 2010. Buenas prácticas agropecuarias para la producción de leche: sus objetivos y relación con los códigos de higiene. *Revista de Salud Animal*. 32: 137-145.