

INCIDENCIA DE ADULTERANTES EN LECHE CRUDA Y PASTEURIZADA EN EL ESTADO DE JALISCO, MÉXICO

Adulterants incidence in raw and pasteurized milk in the state of Jalisco, Mexico

Mario Noa- Pérez*, Patricia Landeros-Ramírez, Zoila Gómez-Cruz, Delia Guillermina González-Aguilar, Mario Real-Navarro, Miriam Susana Medina-Lerena y Ramón Reynoso Orozco

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad de Guadalajara Departamento de Salud Pública, Departamento de Biología Celular y Molecular. Camino Ramón Padilla Sánchez 2100 Nextipac, 45200 Zapopan, Jal.

*Autor de correspondencia: mario.noa@academicos.udg.mx

Resumen

La normatividad mexicana actual en materia de leche cruda y leche pasteurizada resulta aún incompleta en aspectos relativos a la detección de adulterantes y contaminantes, representando un riesgo a la salud del consumidor en muchos casos. El trabajo consistió en la realización de un monitoreo de 10 centros de acopio de leche cruda y 12 marcas de leche pasteurizada comercializadas en la zona metropolitana de Guadalajara, Jalisco, con el fin de detectar la presencia de adulterantes (formaldehído, almidón, peróxido de hidrógeno, sacarosa, derivados clorados, residuos de inhibidores, agentes neutralizantes, adición de agua y suero de quesería), con una duración de 12 meses, el trabajo se efectuó utilizando las metodologías analíticas descritas en las Norma Mexicanas vigentes. No se detectó presencia de formaldehído y almidón en las muestras evaluadas, se encontró en leche cruda y pasteurizada, incidencia de sacarosa (2.5% y 0.7%); derivados clorados (0.8% y 14.7%), residuos de inhibidores (11.7% y 23.8%); acidez superior a 1.7g/L de ácido láctico (34.2% y 7.8%), agentes neutralizantes (5.4% y

9.9%), agua adicionada (2.7% y 27%) y suero de quesería (40% y 25%); sólo el 37.5% de leche cruda y 31.5% de leche pasteurizada, cumplen con la normatividad correspondiente. Sobre la base de los datos obtenidos en el presente estudio, se puede llegar a la conclusión de que la calidad de la leche cruda y pasteurizadas no cumplen en la mayoría de los casos con los estándares mínimos de calidad, y que la adulteración en la leche todavía está en práctica ampliamente, en particular en la industria lechera.

Palabras clave: Leche, adulterantes, Jalisco.

Abstract

The current Mexican regulations on raw and pasteurized milk, are still incomplete in aspects related to the detection of adulterants and contaminants, representing in many cases, a risk to consumer health. The present work consisted in a monitoring of 10 raw milk collection centers and 12 brands of pasteurized milk collected monthly. All the brand were commercialized in the metropolitan area of Guadalajara, Jalisco, in order to detect the presence of

adulterants (formaldehyde, starch, hydrogen peroxide, sucrose, chlorinated derivatives, inhibitor residues, neutralizing agents, added water and cheese whey). The monitoring was carried out during 12 months using the analytical methodologies described in the current Mexican Standards. No formaldehyde and starch were detected in any of the evaluated samples. On the other side, it was found sucrose in raw and pasteurized milk, (incidence 2.5% and 0.7%; chlorinated derivatives (0.8% and 14.7%); inhibitor residues (11.7% and 23.8%); acidity higher than 1.7 g/L acid lactic (34.2% and 7.8%); neutralizing agents (5.4% and 9.9%); added water (2.7% and 27%) and cheese whey (40% and 25%); only 37.5% of raw milk and 31.5% of pasteurized milk comply with the corresponding regulations. On the basis of the data obtained in this study, it can be concluded that the quality of raw and pasteurized milk does not meet the minimum quality standards in most cases, and that adulteration in milk it is still widely practiced, particularly in the dairy industry.

Keywords: Milk, adulterants, Jalisco.

Introducción

La leche es una fuente importante de nutrientes necesarios para el crecimiento de lactantes y niños y para mantener una buena salud en los adultos, es un alimento que aporta proteínas de alta calidad, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales los cuales son fácilmente digeridos y absorbidos (Kamthania et al., 2014).

La normatividad mexicana actual define que la leche cruda de vaca es la

secreción natural de las glándulas mamarias, sin calostro y sin sustracción alguna de sus componentes, que no ha sido sometida a tratamientos térmicos (PROY-NMX-F-700-COFOCALEC-2012), mientras que la NOM-155-SCFI-2012 define como leche pasteurizada a aquella que ha sido sometida a tratamientos térmicos, consistente en una relación de temperatura y tiempo que garantice la destrucción de microorganismos patógenos y la inactivación de algunas enzimas; además de cumplir con las especificaciones establecidas en dichas normas.

Por otra parte, de acuerdo al Reglamento de la Ley General de Salud (1998) se considera adulterado un producto cuando su naturaleza o composición no corresponde a aquella con que se etiquete, anuncie, expendan o suministre, o cuando no corresponde a las especificaciones de su autorización o haya sido objeto de tratamiento que disimule su alteración, se encubran defectos en su proceso o en la calidad sanitaria de las materias primas utilizadas.

Los alimentos o ingredientes con más probabilidades de ser adulterados incluyen aquellos que son de alto valor nutricional y que se someten a una serie de procesamientos antes de salir al mercado, los productos lácteos son de particular interés, ya que son un grupo de alimentos que juegan un papel importante en la alimentación de la población (Souza et al., 2011), las adulteraciones de la leche, además de constituir un engaño, reducen considerablemente los costos de producción, constituyendo un serio riesgo para el consumidor.

Los principales adulterantes conocidos que son incorporados a la leche y que constituyen fraudes para el

consumidor se pueden dividir en dos grupos, los que se adicionan directamente, como: agua, sales neutralizantes, sacarosa, glucosa y urea; y los que sustituyen a los constituyentes propios de la leche (proteínas y grasa) como: suero de quesería y grasa no láctea (Vega et al., 1999), por lo que el objetivo del presente trabajo fue determinar la presencia de algunos adulterantes en leche cruda y pasteurizada del estado de Jalisco, México.

Material y métodos

El muestreo se llevó a cabo durante un año, con una frecuencia mensual, se recolectaron muestras de leche cruda de 10 centros de acopio (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10) (n=120) localizados en los municipios de Zapotlanejo, San Gabriel, San Isidro, Matatlán, Tepatlán y Capilla de Guadalupe, todos en el estado de Jalisco, además se analizaron 12 marcas comerciales de leche pasteurizada (A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L) (n=144), éstas se obtuvieron de tiendas de autoservicio de la Zona Metropolitana de Guadalajara, Zapotlán El Grande y Lagos de Moreno, Jalisco. Las muestras se transportaron en hieleras, en frío (3-5°C) al laboratorio y se analizaron dentro de las 24 horas siguientes a su recolección, el muestreo se realizó de acuerdo a lo establecido en la Norma Mexicana NMX-F-718-COFOCALEC-2006.

Las muestras se trasladaron al Laboratorio de Fisicoquímica Alimentaria del Departamento de Salud Pública del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara, donde se realizaron las determinaciones de formaldehído, peróxido de hidrógeno, sacarosa, almidón, derivados clorados, presencia de inhibidores, acidez, crioscopía y suero de quesería, los

métodos de análisis utilizados se muestran en la tabla 1.

La prueba cualitativa de formaldehído se basa en la reacción del formaldehído con la sal disódica del ácido cromotrópico para formar un color púrpura. El método de prueba cualitativa de los agentes oxidantes se basa en la formación de un compuesto coloreado haciendo reaccionar el agente oxidante (generalmente peróxido de hidrógeno) que contiene en la muestra con pentóxido de vanadio en presencia de ácido sulfúrico al 6%. Derivados clorados, es una prueba cualitativa; este método detecta muestras positivas cuando la muestra se trata con ácido sulfúrico concentrado: el cloro liberado reacciona con yodo de potasio y solución de almidón, desarrollando un color azul cuya intensidad depende de la cantidad de cloro contenido en la muestra (NOM-243-SSA1-2010).

El método para la determinación de sacarosa se basa en la coloración violeta que se produce al reaccionar la sacarosa en alfa-naftol en presencia de ácido clorhídrico (NMX-F-026-1997).

El método de prueba de almidón se basa en la identificación cualitativa de la presencia de almidón por la aparición de un color azul cuando la muestra se combina con unas pocas gotas de Lugol. La prueba debe ser negativa debido a que la leche no contiene almidón de forma natural (NMX-F-374-1983).

Tabla 1. Métodos de prueba utilizados en el análisis de leche cruda y pasteurizada

Adulterante	Método de Prueba	Especificaciones para leche cruda/leche pasteurizada	Referencia
Formaldehído	Reacción de Zif	Negativo	NOM-243-SSA1-2010
Peróxido de hidrógeno (H ₂ O ₂)	Colorimétrico	Negativo	NOM-243-SSA1-2010
Derivados clorados	Colorimétrico	Negativo	NOM-243-SSA1-2010
Sacarosa	Método del alfa-naftol	Negativo	NMX-F-026-1997
Almidón	Prueba del Lugol	Negativo	NMX-F-374-1983
Presencia de inhibidores	Prueba del yogur	Negativo	NMX-F-719-COFOCALEC-2008
TwinSensor (confirmatoria)	Prueba para β lactámicos y tetraciclinas		
Acidez	Titulación	1.3- 1.6/1.3- 1.7 ácido láctico en g/L	NOM-155-SCFI-2012
Agua y Neutralizantes	Crioscopía	-0.515 a -0.536°C/ -0.510 a -0.536 °C	NOM-155-SCFI-2012
Suero de quesería	HPLC	Ausencia (N.I*)	REGLAMENTO (CE) No 2799/1999

N.I*: No incluido en la legislación mexicana

La presencia de inhibidores se detectó cualitativamente usando la prueba de inhibición del yogur (FIL / IDF, 1991). Las muestras de leche a examinar se calentaron durante 5 min. a 80-90 ° C y se inoculó con un cultivo de yogur (cultivo mixto de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*), y se incubó a 45 °C durante 2,5 h. El aumento de la acidez de la leche (expresado en g de ácido láctico / L) se compara con el de la leche de control libre de sustancias inhibidoras (leche estándar). Se considera que las sustancias inhibidoras están presentes cuando el aumento de la muestra es menos de la mitad del aumento de la acidez de la leche estándar (NMX-F-719-COFOCALEC-2008).

Para confirmar la presencia de residuos de antibióticos en muestras positivas para inhibidores, se utilizó un TwinSensor, esta prueba competitiva involucra receptores específicos con alta afinidad por las moléculas de β -lactámicos y tetraciclinas. Tanto los β -lactámicos como las tetraciclinas son los antibióticos más utilizados para el tratamiento de infecciones bacterianas en el ganado lechero. La prueba requiere el uso de dos componentes: el primero de ellos es un micropozo que contiene cantidades predeterminadas de receptores y anticuerpos unidos a partículas de oro. El segundo es una varilla de medición compuesta por un conjunto de membranas con líneas de captura específicas. Cuando la muestra no contiene antibióticos, se produce un desarrollo de color en las líneas de captura específicas, lo que indica la ausencia de analitos específicos en la muestra de leche. Por el contrario, la presencia de antibióticos en la muestra no hará que la señal coloreada aparezca en las

líneas de captura específicas (NMX-F-719-COFOCALEC-2008).

El punto de congelación de la leche cruda es -0.510 ° C (-0.530 ° H) a -0.536 ° C (-0.560 ° H) con un valor promedio de -0.526 ° C (0.545 ° H). Para valores superiores a -0.510 ° C, se sospecha la adición de agua. Por otro lado, hay diferentes sustancias que se pueden agregar a la leche con el objetivo principal de prolongar la vida útil de la leche cruda de otra manera. Por lo tanto, estas sustancias se consideran adulterantes, incluidos los detergentes, conservantes, formaldehído, peróxido de hidrógeno, carbonato de sodio y peróxido de hidrógeno. Valores de punto de congelación inferiores a -0.536 ° C, se sospecha la adición de sales neutralizantes. La acidez de la leche se midió titulando 9 ml de muestra de leche con hidróxido de sodio 0,1 N usando fenolftaleína como indicador (NOM-155-SCFI-2012).

La determinación del suero de quesería se realizó de acuerdo con el Reglamento CE7 y se basa en la acción de la quimosina del cuajo sobre la κ -caseína durante la fase de coagulación enzimática de la leche para la producción de queso. Esta acción libera una fracción conocida como caseinomacropeptido (CMP) y su presencia en la leche no está permitida. El CMP se encuentra en el suero de quesería desechado y su adición a la leche, constituye una adulteración común, se utiliza para aumentar su volumen a un costo menor (REGLAMENTO (CE) No 2799/1999). Este tipo de adulteración no es fácilmente detectable utilizando métodos analíticos convencionales, por lo tanto, requiere la aplicación de técnicas analíticas más costosas, como la cromatografía líquida de alto rendimiento (HPLC), como lo describen Noa y Ruvalcaba (2011). La presencia de suero

de quesería no está regulada en el presente Reglamento mexicano.

Los resultados obtenidos se compararon estadísticamente mediante Análisis de Varianza y Prueba de X^2 utilizando el programa SPSS (IBM, Armonk, Nueva York).

Resultados

Del total de muestras analizadas, 120 fueron de leche cruda y 144 de leche pasteurizada. El 100 % de los centros de acopio de leche cruda que tributan su materia prima a la marca J, principal productor de leche pasteurizada en el Estado, mientras que tres marcas analizadas no se expenden en la zona metropolitana de Guadalajara, pero si en otros municipios del estado de Jalisco.

Formaldehído, almidón y agentes oxidantes

No se detectó la presencia de formaldehído y almidón ni en leche cruda ni en pasteurizada, los agentes oxidantes en las muestras de leche cruda fueron negativos, sin embargo, la marca "A" de leche pasteurizada resultó positiva en marzo, abril y octubre, lo que representa el 2.1%. Se detectó sacarosa en los centros de acopio "3, 6 y 7" en abril, junio y noviembre lo que representa el 2.5% de leche cruda.

Derivados clorados

Se encontraron derivados clorados en el 0.8% de la leche cruda (sólo en el centro de acopio número "4" en el mes de julio) con diferencia estadística significativa ($p < 0.001$) y en 14.7% de leche pasteurizada, presentándose una mayor frecuencia (83%) en leche pasteurizada de la marca "A" durante todos

los meses analizados excepto en enero y noviembre, mostrando diferencia estadística significativa ($p < 0.001$).

Presencia de inhibidores

La presencia cualitativa de inhibidores según la prueba del yogur mostró positivas el 11.7% y 23.8% de leche cruda y pasteurizada respectivamente. Se detectaron muestras positivas de inhibidores en todos los centros de acopio de leche, excepto en el número "8", con una frecuencia más alta (28%) durante abril, julio, agosto y septiembre. También se encontraron resultados positivos a inhibidores en la leche pasteurizada excepto la marca B, con frecuencias más altas para las marcas A (58.3%), F (41.7%) y K (50%)

Acidez elevada

El 65.8% de la leche cruda y el 92.2% de las leches pasteurizadas estaban dentro del rango establecido para acidez (1.3 a 1.6 ácido láctico g/L) provisto por NMX-F-700-COFOCALEC -20121 y NOM-155- SCFI-2012. El centro de acopio de leche número "10" mostró la mayor frecuencia ($p < 0.05$) de alteración de la acidez.

Adición de agua

Los valores del punto de congelación (crioscopía) por debajo del rango normal (-0.510°C a -0.536°C) se encontraron en el 27% del total de muestras de leche pasteurizada ($n=141$), significativamente mayor ($p < 0.05$) que en la leche cruda (2.7%). La marca "K" de leche pasteurizada mostró un bajo punto de congelación (agua adionada) durante todos los meses de muestreo, con un promedio de $-0.463^{\circ} \text{C} \pm 0.043$.

Según el punto de congelación y la acidez desarrollada en la leche, del total de la leche cruda (n=111) y de la leche pasteurizada (n=141), el 5.4% y el 9.9% respectivamente, contenían agentes neutralizantes.

Adición de suero de quesería

La presencia de CMP se detectó como un indicador de adulteración con suero de quesería en leche cruda (40 %) y leche pasteurizada (25%), con una mayor frecuencia en los centros de acopio de

leche "4" y 9 "y leche pasteurizada de las marcas "C, F y L".

De las muestras analizadas, solamente el 37.5 % de la leche cruda y el 31.5 % de la leche pasteurizada cumplieron completamente con la normativa correspondiente. Al comparar la frecuencia positiva de los adulterantes (peróxido de hidrógeno, derivados clorados, inhibidores, neutralizantes y adición de agua) con excepción del suero de quesería, existe una mayor adulteración en la leche pasteurizada en comparación con la leche cruda (Figura 1).

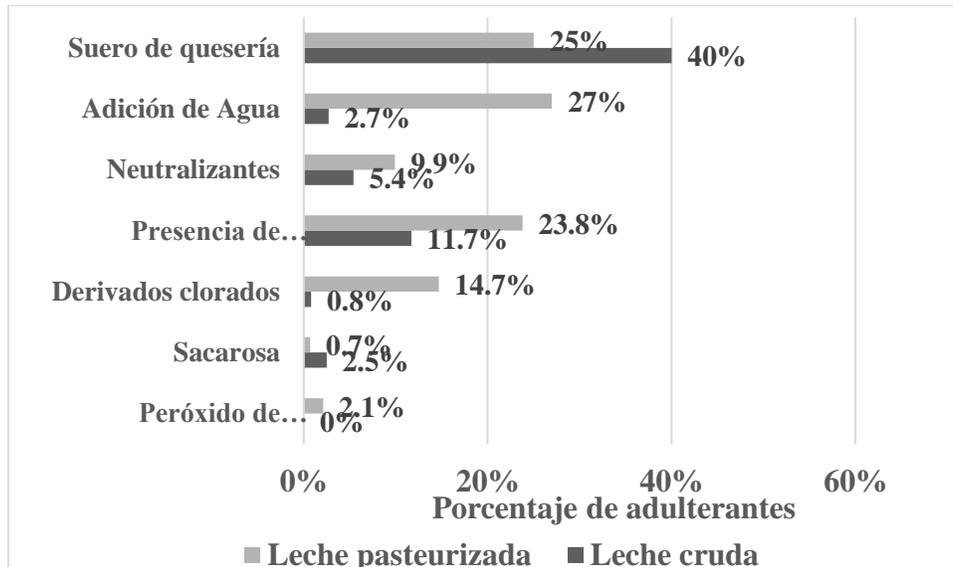


Figura 1. Porcentaje de incidencia de muestras positivas de adulterantes en leche cruda y pasteurizada del estado de Jalisco, México.

Los porcentajes totales de adulteración por mes, considerando al menos un criterio de adulteración positivo,

tanto para leche cruda como pasteurizada, se muestran en la figura 2.

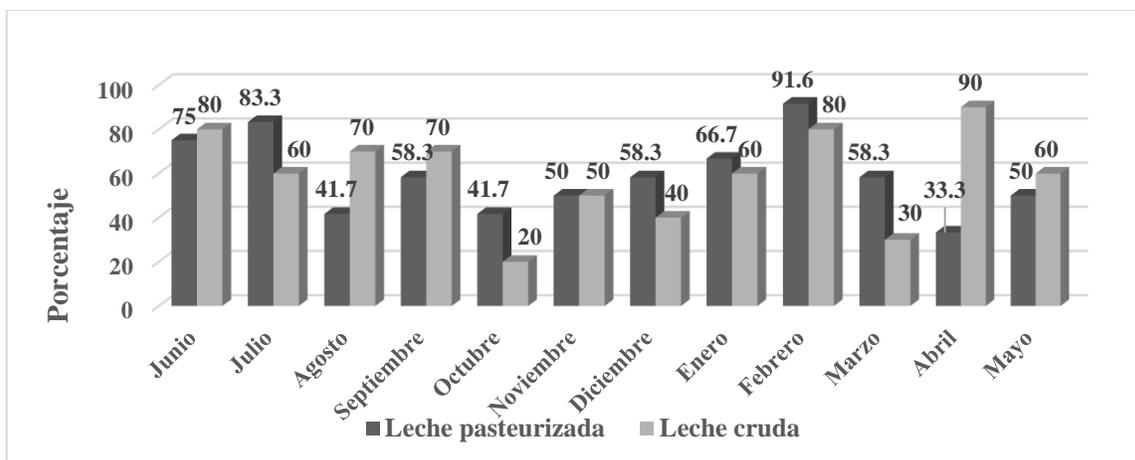


Figura 2. Comparación de las frecuencias de adulteración por meses en leche cruda y pasteurizada.

Discusión

La leche es uno de los alimentos más completos que consume el hombre y suministra nutrientes de buena calidad (Nirwal et al., 2013; Shabir et al., 2014) sin embargo es un alimento que puede ser fácilmente adulterado, lo cual es un problema bastante común en la comercialización de la leche y sus derivados (Rodríguez-Pérez et al., 2011).

Los resultados negativos para formaldehído y almidón en el total de las muestras concuerdan con Nirwal, Pant y Rai (2013) y Swetha, Sukumar y Sudhanthirakodi (2014) quienes reportaron ausencia de estas sustancias en leche cruda, sin embargo, Singuluri y Sukumaran (2014) y Souza et al., (2011) encontraron altos porcentajes de leche adulterada con formaldehído (32 % y 44 % respectivamente).

Los agentes oxidantes, especialmente el peróxido de hidrógeno, son ampliamente utilizados en la industria alimentaria para la esterilización de equipos relacionados con la mezcla, el transporte y el envasado (Ivanova et al., 2019). Sin embargo, la presencia de oxidantes puede traer efectos nocivos sobre el valor nutricional de la leche, como la degradación del ácido fólico. La adición de oxidantes en la leche en cualquier concentración no está permitido, de tal manera que si la contiene, se considera un producto adulterado (Silva et al., 2012). Swetha, Sukumar y Sudhanthirakodi (2014) informaron resultados similares (3.3 %) de oxidantes a los encontrados en este trabajo, sin embargo Ramya, Swetha, Venkateswara, Tirupathi y Jagadeeshbabu (2015), Wanjala,

Mathooko, Kutima y Mathara (2018) así como Souza et al., (2011) encontraron una mayor adulteración con este compuesto (26 % en leche cruda, 24.5 % en leche pasteurizada y 30 % en leche ultrapasteurizada, respectivamente).

En el presente estudio, se encontraron oxidantes en 2 muestras de la marca K de leche pasteurizada, lo que se puede atribuir al uso de este compuesto en la limpieza y desinfección de contenedores y líneas de llenado durante el procesamiento de la leche, o adición directa, ya que estos productos se volatilizan al momento de la pasteurización. El consumo de leche contaminada con oxidantes puede contribuir a problemas digestivos ya que estos tienen efectos sobre la microbiota intestinal (Wanjala et al., 2018).

El bajo porcentaje de leche adulterada con sacarosa concuerda con lo reportado (4.1%) por Arrieta, Gomezcaceres, Albis, Calderón-Rangel y Rodríguez (2019) y difiere de lo informado por Chanda, Debnath, Hossain, Islam, y Begum (2012) quienes encontraron adulteración en 26% de la leche cruda. La sacarosa se agrega comúnmente a la leche para aumentar la densidad y enmascarar el efecto de la dilución con agua (Kamthania et al., 2014; Shabir et al., 2014).

Con respecto a los derivados clorados, el porcentaje de muestras positivas en leche pasteurizada es similar a los valores (12 %) reportados por Souza et al., (2011) indicando que el cloro encontrado en las muestras analizadas sugiere que el procedimiento de saneamiento de los equipos utilizados durante el procesamiento de la leche se realizó de manera inapropiada.

Las muestras que mostraron resultados positivos para la prueba del yogur no confirmaron la presencia de β -lactámicos o tetraciclinas usando la prueba de Twinsensor. De un total de 244 muestras analizadas, 27 (45 %) dieron positivo a la prueba del yogurt y también a la presencia de derivados clorados. El 10 % de las muestras analizadas mostraron un alto contenido de acidez (> 1.8 g de ácido láctico / L). Las muestras restantes no pudieron relacionarse con los inhibidores analizados mencionados anteriormente (derivados clorados y agentes oxidantes). Sin embargo, es posible que los resultados positivos estén relacionados con la presencia positiva de otros residuos de antibióticos, no analizados en el presente estudio (NMX-F-719-COFOCALEC-2008, NOM-243-SSA1-2010).

En relación a la acidez, Calderón-Rangel, Rodríguez y Martínez (2013) informaron 63.63% de muestras dentro del rango normal para este parámetro, resultados que fueron similares a los encontrados en este estudio; los valores de acidez > 1.7 g/L que se encontraron en las muestras analizadas, puede deberse a diversos factores como la falta de refrigeración de la leche (4°C), almacenamiento en recipientes no apropiados y una inadecuada manipulación que puede propiciar la contaminación con microorganismos en cualquier paso de la cadena de recolección (Calderón-Rangel et al., 2013; Chamorro et al., 2010; Martínez y Díaz, 2016). La leche cruda con alta acidez no es adecuada para procesos industriales debido a la posibilidad de coagulación dentro del equipo de

pasteurización. Eso podría causar serias dificultades en la industria láctea. Por lo tanto, es rechazada para procesarla industrialmente durante la recepción en plantas de procesamiento de lácteos (Noa y Ruvalcaba, 2011).

El porcentaje de muestras positivas para la presencia de neutralizantes concuerda con Swetha, Sukumar y Sudhanthirakodi (2014), ellos reportaron adulteración en el 8.7% mientras que Ramya, Swetha, Venkateswara, Tirupathi y Jagadeeshbabu (2015) y Souza et al., (2011) encontraron mayores porcentajes de adulteración en leche cruda (26 %) y leche ultrapasteurizada (30 %) en la India y Brasil. La adición a la leche de agentes neutralizantes como la sosa cáustica, el carbonato y el bicarbonato de sodio, es utilizada para neutralizar la acidez desarrollada por microorganismos (Kamthania et al., 2014; Gondim et al., 2017).

El punto de congelación es un indicador importante de la calidad de la leche, se utiliza para detectar adulteración con agua (Zagorska y Ciprova, 2013), mediante la determinación de este parámetro se evidenció la adición de agua en leche pasteurizada y en menor proporción en leche cruda. En muchos países, el agua se usa con frecuencia en la adulteración de la leche (Shabir et al., 2014; Singuluri y Sukumaran, 2014; Rondón et al., 2003). Esta es una práctica común, especialmente en la leche cruda, lo que reduce significativamente el valor nutricional, reduce el rendimiento industrial, aumenta el riesgo de contaminación con microorganismos y por lo tanto causa pérdidas económicas (Souza et al., 2011).

Los niveles de caseinomacropéptidos encontrados en

leche cruda y leche pasteurizada coinciden con los reportados por Reyes, Bon, Rubio y Valdivia (2007), quienes realizaron un estudio en la ciudad de Aguascalientes, México, y encontraron adulteración con suero de quesería, en leche pasteurizada (31.6 %), mientras que Ramírez, Vega, Prado, Gutiérrez y Pérez (2008) reportaron 36.7 % de leche ultrapasteurizada positiva. La adición de suero de quesería a la leche no constituye un peligro para la salud del consumidor, pero representa un fraude siempre que no se indique en la etiqueta de la leche, de acuerdo con los estándares de calidad (Alcázar et al., 2000).

En México, la leche es un producto cuyo precio no oscila significativamente con la oferta y la demanda, la industria lechera recurre a ciertas alternativas para compensar la época donde disminuye la producción, una forma es utilizar suero de quesería para completar los volúmenes de venta, la industria láctea aprovecha las dificultades instrumentales para detectar este tipo de adulteración (Reyes et al., 2007) y a la fecha no existe ninguna normatividad mexicana que lo incluya expresamente como adulterante, o método de prueba. La presencia de agregados de suero de quesería en leche fluida representa un problema grave y causa pérdidas económicas para los productores que elaboran sus productos sólo con leche cruda (Ramírez et al., 2008).

Aunque las ganancias financieras se consideran una de las principales razones para la adulteración de la leche, el suministro inadecuado para la creciente población en todo el mundo también ha allanado el terreno para esto. Este problema es más agudo en los países en

desarrollo y subdesarrollados debido a la falta de supervisión y aplicación de la ley adecuadas (Tanzina y Shoel, 2016).

El consumo de leche de baja calidad puede conducir a graves problemas de salud humana. Para erradicar esta mala se deben tomar medidas por parte de los consumidores, pero es importante contar con un sistema de vigilancia de la calidad que verifique regularmente y garantice que sólo se venda leche de buena calidad (Nirwal et al., 2013), o se castigue a quienes deliberadamente violen la normatividad.

En el caso de Jalisco, como mayor productor de leche en México, este esfuerzo redundaría en una mejora en la calidad del abasto de leche pasteurizada a otros Estados del país.

Sobre la base de los datos obtenidos en el presente estudio, se puede llegar a la conclusión de que la calidad de la leche no cumple con los estándares mínimos de calidad, y que la adulteración en la leche todavía está en práctica ampliamente, en particular en la industria lechera.

Conclusiones

Los resultados mostraron que la leche cruda recolectada de los centros de acopio, así como la leche pasteurizada de las marcas comerciales analizadas, contienen diversos adulterantes como suero de quesería, agua agregada, presencia de inhibidores, derivados clorados, neutralizantes, sacarosa y peróxido de hidrógeno, lo que afecta la calidad de la leche y puede ocasionar efectos negativos en la salud de los consumidores. Además, la presencia de adulterantes en la leche constituye una competencia desleal que afecta

significativamente la economía y el prestigio de muchos de los productores industriales de lácteos.

Literatura citada

- Alcázar, C., Rosas, J., Jaramillo, C., y Peña, S. (2000). Detección de glucomacropéptido (GMP) como indicador de adulteración con suero de quesería en leche deshidratada. *Vet. Méx.*, 31(3), 217-222.
- Arrieta, G., Gomezcaceres, L., Albis, D., Calderón-Rangel, A., y Rodríguez, V. (2019). Calidad de la leche cruda para consumo humano en dos localidades de Sucre, Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 24(3):7355-7361. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1829>.
- Calderón-Rangel, A., Rodríguez, V., y Martínez, N. (2013). Determinación de adulterantes en leches crudas acopiadas en procesadoras de quesos en Montería (Córdoba). *Revista Orinoquia*, 17(2), 202-206.
- Chamorro, J., López, E., Astaiza, J., Benavides, C., y Hidalgo, A. (2010). Determinación de la calidad composicional y de residuos de antibióticos betalactámicos en leche cruda expandida en el sector urbano del municipio de Epiales. *Revista Centro de Estudios en Salud*, 1 (12), 89-101.
- Chanda, T., Debnath, G., Hossain, M., Islam, M., y Begum, M. (2012). Adulteration of raw milk in the rural areas of Barisal district of Bangladesh. *Bang. J. Anim. Sci.*, 41 (2), 112- 115.
- Gondim, C., Junqueira, R., Souza, S., Ruisánchez, I., y Callao, P. (2017). Detection of several common adulterants in raw milk by MID-infrared spectroscopy and one-class and multi-class multivariate

- strategies. *Food Chemistry*, 230,68-75.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.022>
- Ivanova, A., Merkulova, A., Andreev, S., y Sakharov, K. (2019). Method for determination of hydrogen peroxide in adulterated milk using high performance liquid chromatography. *Food Chemistry*, 283, 431-436.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.051>
- Kamthania, M., Saxena, J., Saxena, K., y Sharma, D. (2014). Milk Adulteration: Methods of Detection & Remedial Measures. *International Journal of Engineering and Technical Research*, 15-19.
- Martínez, M y Díaz, F. (2016). Evaluación de la calidad de la leche cruda recibida en industrias lácteas de Manizales. *Revista Producción + Limpia*, 11 (1), 75-84.
- Nirwal, S., Pant, R., y Rai, N. (2013). Analysis of Milk Quality, Adulteration and Mastitis in Milk Samples Collected from different Regions of Dehradun. *Int. J. of PharmTech Res*, 5(2), 359-364.
- NMX-F-026-1997. Leche. Denominación. Especificaciones Comerciales y Métodos De Prueba. Dirección General De Normas. Disponible en <http://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-026-1997.PDF>. Consultado 11 mayo 2018.
- NMX-F-374-1983. Alimentos. Almidón. Determinación Cualitativa (Prueba del Lugol). Método de Prueba. Disponible en <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-374-1983.PDF>. Consultado 11 mayo 2018.
- NMX-F-718-COFOCALEC-2006. Norma Mexicana. Sistema Producto Leche Alimentos Lácteos. Guía Para el Muestreo de Leche y Productos Lácteos, Consejo para el Fomento de la Calidad de la Leche y sus Derivados A.C.
- NMX-F-719-COFOCALEC-2008. Norma Mexicana. Sistema Producto Leche. Alimentos. Lácteos. Proyecto de Norma Mexicana para Métodos de prueba para la determinación de antibióticos en leche.
- Noa, M., y Ruvalcaba, S. (2011). Propiedades fisicoquímicas de la leche. En *Ciencia de la leche, una visión integral para México*. Editorial Universitaria. Universidad de Guadalajara. Guadalajara, México, pp 11-70.
- NOM-155-SCFI-2012. Norma Oficial Mexicana. Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. Disponible en <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4692/seeco/seeco.htm>. Consultado 01 junio 2018.
- NOM-243-SSA1-2010. Norma Oficial Mexicana. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. Disponible en <http://dof.gob.mx/normasOficiales/4156/salud2a/salud2a.htm>. Consultado 11 mayo 2018.
- PROY-NMX-F-700-COFOCALEC-2012. Sistema producto leche – alimento – lácteo – leche cruda de vaca – especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba. Disponible en https://www.academia.edu/28656574/PROYECTO_DE_NORMA_MEXICANA_PROY-NMX-F-700-COFOCALEC-2012. Consultado 01 junio 2018.
- Ramírez, A., Vega, S., Prado, G., Gutiérrez, R., y Pérez, C. (2008). Detección de suero de quesería en

- leches ultrapasteurizadas mexicanas mediante la cuarta derivada del espectro de absorción. *Vet. Méx.*, 29 (1), 17-27.
- Ramya, P., Swetha, C., Venkateswara, R., Tirupathi, R., y Jagadeeshbabu, A. (2015). Detection of adulterants in retail milk Samples procured in Proddatur Town, YSR Kadapa (DT), Andhra Pradesh. *Int. J. Agric. Sc y Vet. Med.*, 3 (1), 104-109.
- Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Control Sanitario de Actividades, Establecimientos, Productos y Servicios (1988). Disponible en <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/compi/rlgsmcsaeps.html>. Consultado 01 junio 2018.
- Reglamento (CE) 2799/1999 de la Comisión de la Unión Europea. (1999). Disponible en <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7bb59f08-9547-4a9f-aa97-348fa1c17257/language-es>. Consultado 16 febrero 2018.
- Reyes, J., Bon, F., Rubio, C., y Valdivia, A. (2007). Adulteración de leche pasteurizada con suero de quesería en la ciudad de Aguascalientes. *Avances en Investigación Agropecuaria*, 11(2), 23-34.
- Rodríguez-Pérez, W., Guanga-Lozano, W., y García-Rincón, P. (2011). Variación de parámetros fisicoquímicos en leche cruda adulterada. *Revista Momentos de Ciencia*, 8 (1), 110-117.
- Rondón, L., Lara, E., y González, I. (2003). Agentes adulterantes y conservadores en leche fluida. *Revista de la Facultad de Farmacia*, 45 (2), 45-50.
- Shabir, G., Khaskheli, M., Hussain, A., y Nizamani, Z. (2014). Extent of extraneous water and detection of various adulterants in market milk at Mirpurkhas, Pakistan. *Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 7 (3), 83-89.
- Silva, R., Montes, R., Richter, E., y Munoz, R. (2012). Rapid and selective determination of hydrogen peroxide residues in milk by batch injection analysis with amperometric detection. *Food Chemistry*, 133, 200-204. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.003>
- Singuluri, H., y M, Sukumaran. (2014). Milk Adulteration in Hyderabad, India – A Comparative Study on the Levels of Different Adulterants, Present in Milk. *J Chromatograph Separat Techniq*, 5: 212.
- Souza, S., Cruz, A., Walter, E., Faria, J., Celeghini, R., Ferreira, M., Grant, D., y De Sant'Ana, A. (2011). Monitoring the authenticity of Brazilian UHT milk: A chemometric approach. *Food Chemistry*, 124, 692-695.
- Swetha, C., Sukumar, B., y Sudhanthirakodi, S. (2014). The Study on Detection of Adulteration in Milk Samples Supplied by Local Vendors in Tirupathi Region, India. *Shanlax International Journal of Veterinary Science*, 2 (2), 4-11.
- Tanzina Azad y Shoeb Ahmed (2016): Common milk adulteration and their detection techniques. *International Journal of Food Contamination* (2016) 3:22: 1- 9.
- Vega, S., Pérez, N., y Pinto, M. (1999). Calidad de leche y algunos problemas de adulteración. En: E, Martínez., A, Álvarez., L, García, y M Del Valle (Coord.) *Dinámica del sistema lechero mexicano en el marco regional y global*. Editorial Plaza y Valdés. México, pp 359-376.
- Wanjala, G., Mathooko, F., Kutima, P. y

Mathara, J. (2018). Prevalence of Adulteration and Inhibitory Substances in Raw and Pasteurized Milk Marketed in Nairobi Region. *Asian Food Science Journal*, 3(2): 1-8,
<https://doi.org/10.9734/AFSJ/2018/42382>

Zagorska, J., y Ciprova, I. (2013). Evaluation of Factors Affecting Freezing Point of Milk. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering*, 7 (2), 106-110.