

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA
UNIDAD XOCHIMILCO
DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD
DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y ANIMAL
LICENCIATURA EN MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL

Estandarización de los métodos de prueba fisicoquímicos e higiénico-sanitarios para determinar la calidad de la leche cruda.

Prestadora de servicio Social:
DANIELLA DE JESÚS GARCÍA SÁNCHEZ
MATRÍCULA 2153026587

Asesora Interna:
Dra. Esmeralda Mónica Peña González
No. Eco. 41632



Firma: _____

LUGAR DE REALIZACIÓN: Laboratorio Veterinario de Ciencia de la Carne y Salud Pública (LVCCySP)

Fecha de inicio y término: 02-mayo-2022 a 02-noviembre-2022.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	1
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	1
METODOLOGÍA UTILIZADA	1
ACTIVIDADES REALIZADAS	4
METAS ALCANZADAS	5
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	5
CONCLUSIÓN	13
RECOMENDACIONES	15
BIBLIOGRAFÍA	15
ANEXOS	17

INTRODUCCIÓN

La leche es un alimento insustituible en la canasta básica, por lo tanto, su calidad e inocuidad es imprescindible para la salud pública (Brousett-Minaya *et al.*, 2015); en el 2020 la producción anual nacional ascendió a 12mil 554 millones de litros, incrementando 2.3% con respecto al 2019; por lo que, la producción lechera representa el tercer lugar en el valor de la producción pecuaria nacional con el 17.6% (CANILEC, 2019; SIAP, 2021).

Uno de los principales factores que intervienen en la calidad del producto final es la composición de las materias primas utilizadas (LICONSA, 2007), por lo que es imprescindible la determinación de la calidad de la leche cruda para conocer las condiciones higiénico-sanitarias y tecnológicas de su obtención y para asegurar su rendimiento en la elaboración de subproductos.

OBJETIVO GENERAL

Estandarizar los métodos de prueba fisicoquímicos e higiénico-sanitarios para determinar la calidad de la leche cruda.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Implementar los métodos de prueba fisicoquímicos e higiénico-sanitarios utilizados para determinar la calidad de la leche cruda.
- Validar los métodos de prueba fisicoquímicos e higiénico-sanitarios para determinar la calidad de la leche cruda.
- Determinar la calidad de la leche cruda obtenida de la producción pecuaria muestreada.

MATERIAL Y MÉTODOS

El proyecto de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio Veterinario de Ciencia de la Carne y Salud Pública (LVCCySP) de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. Para realizar los métodos de prueba para determinación de la calidad de la leche se empleó leche cruda fresca de vaca obtenida de la Cuenca

Lechera Xochimilco ubicada en Canal de Chalco, Ampliación los Olivos, Villa Centroamericana I, Xochimilco, CDMX. La leche fue almacenada en un recipiente estéril hermético a 4°C y rotulada con el nombre de la producción, cantidad de leche, hora y día de ordeña y temperatura a la que fue almacenada. El envase primario se almacenó en un contenedor térmico con hielos para disminuir su temperatura y se transportó directamente al laboratorio LVCCySP, se realizó el procedimiento de recepción de la materia prima y se colocó en la cámara de refrigeración (4°C) hasta que se analizaron sus características fisicoquímicas. El muestreo se realizó diariamente durante diez días durante el mes de agosto de 2022.

Los métodos de prueba que se estandarizaron fueron: prueba de determinación de temperatura, prueba de sedimentos en leche, prueba de pH, prueba de densidad, prueba de índice de refracción, prueba de alcohol, prueba de estabilidad al calor, prueba de acidez real o titulable y prueba de identificación de almidón.

Para la implementación de la prueba de temperatura, de sedimentos en leche, de pH y de estabilidad al calor se tomó como referencia las metodologías establecidas por Villegas y Santos (2010).

Para la determinación de temperatura se requirió de un termómetro digital de vástago para manejo de alimentos y se introdujo en la muestra de leche (300 mL) previamente recolectada.

La prueba de sedimento en leche se realizó utilizando discos de papel filtro previamente pesados y colocados durante 24 h en desecador, posteriormente se realizó la filtración de la leche con el papel filtro y se dejó escurrir sobre una sanita por 30 min aproximadamente, enseguida el disco con la muestra filtrada se colocó en el desecador por 24 h; transcurrido ese tiempo se pesó y por diferencia de peso se obtuvo el valor del sedimento.

En el caso de la prueba de pH, se realizó la medición con un potenciómetro (Hanna Instruments®, HI 2210) previamente ajustado en soluciones buffer pH 4 y 7, se introdujo la sonda en la muestra (300 mL) hasta que el valor en el display fue estable, se realizaron mediciones por triplicado y se enjuagó la sonda con agua destilada entre mediciones.

Para la implementación de las pruebas de densidad, de alcohol, índice de refracción e identificación de almidón se tomaron como referencia los procedimientos abordados por González *et al.* (2020). Para la determinación de la densidad en leche se requirió

de un lactodensímetro ajustado a 15°C, se emplearon 180 mL de leche a 15°C que fueron colocados en una probeta de 250 mL, se introdujo el lactodensímetro y se registraron los valores obtenidos. Para la obtención del índice de refracción se utilizó un refractómetro portátil marca Axiovet® modelo VML727 con sistema ATC (Automatic Temperature Compensation, por sus siglas en inglés), se ajustó con agua destilada hasta que la medición fue 0%, posteriormente, se tomó una muestra de leche, se colocó en el prisma del refractómetro, se bajó la tapa y se observó el valor obtenido, manteniendo en todo momento el equipo en posición horizontal y en dirección directa a la luz.

Para la prueba de alcohol se colocaron las muestras (2 mL) en tubos de ensayo y se les adicionó alcohol etílico (2 mL) al 68-72%, se homogenizaron durante diez segundos en el vórtex y se observó si hubo o no formación de precipitado (floculo).

Para la prueba de estabilidad al calor, se colocaron muestras de leche (3 mL) en tubos de ensayo, se homogenizaron por diez segundos en el vórtex y se llevaron al punto de ebullición (85 - 89 °C) en baño maría, se observó si hubo presencia de precipitado (floculo) en los tubos, lo cual sería indicativo de una muestra positiva.

En el caso de la prueba de identificación de almidón, se colocaron muestras de leche (5 mL) en tubos de ensayo, al tubo control se agregaron 0.5g de harina de trigo y en cada tubo se agregaron 6 gotas de yodopovidona al 11%, después se homogenizaron por 10 segundos en el vórtex y se observó la coloración; la coloración amarilla es indicativo de una muestra negativa, mientras que una muestra positiva viraba a una tonalidad morada-grisácea.

La prueba de acidez real o titulable se implementó de acuerdo con lo establecido en la Norma Mexicana NMX-F-716-COFOCALEC-2014 "Determinación de acidez en leche fluida – métodos de prueba"; se agregaron 0.65mL de fenolftaleína al 1% como marcador a las muestras de leche (20 mL) y se titularon con hidróxido de sodio al 0.1N, para las muestras control, se agregó 0.65mL de acetato de rosanilina.

Para la validación de los métodos de prueba, se aplicó el proceso mencionado por Lazos y Hernández (2004) conocido como ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Ajustar), en el que se desglosaron 6 pasos:

- 1) Identificación de la herramienta u objeto de la validación. En este caso correspondió a cada uno de los métodos de prueba.
- 2) Identificación de la función o uso previsto. En este caso fue la determinación de la calidad de la leche cruda.

- 3) Especificar los requisitos de la función y las características de la herramienta.
Se estableció el alcance de la medición de cada método de prueba.
- 4) Determinar el desempeño de las características de la herramienta.
Se realizó cada método de prueba por triplicado. Los resultados de los muestreos realizados diariamente durante diez días se analizaron utilizando un gráfico de control de Media-Rango (X-R) para una variable independiente, considerando como variables la temperatura, la densidad relativa, índice de refracción, pH y acidez titulable. Así mismo, se determinó el coeficiente de correlación entre las variables de densidad relativa e índice de refracción y de pH y acidez titulable, además se obtuvieron los gráficos de dispersión correspondientes. Los análisis de datos se realizaron en la hoja de cálculo de Excel® 2016.
- 5) Comparar los resultados del desempeño con los requisitos.
Los resultados se contrastaron con los parámetros establecidos en la Norma Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2007 “Leche cruda de vaca – especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba”.
- 6) Expresar el resultado del proceso.

La determinación de la calidad de la leche cruda de vaca obtenida se realizó con la interpretación de los resultados obtenidos de las pruebas fisicoquímicas e higiénico-sanitarias y se contrastaron con los valores establecidos por la norma mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2007.

ACTIVIDADES REALIZADAS

Se llevó a cabo la selección de los métodos de prueba para su estandarización.

Se realizó búsqueda bibliográfica, clasificación de la información, lectura de análisis e interpretación de las técnicas para su desarrollo.

Se obtuvieron muestras de leche cruda de vaca de la Cuenca Lechera Xochimilco.

Se estandarizaron los métodos de prueba fisicoquímicos e higiénico-sanitarios y se analizaron las muestras de leche cruda de vaca.

Se validaron los métodos de prueba mediante el uso de gráficos de control de Media-Rango (X-R) y se determinó la calidad de la leche muestreada.

Se colaboró como asistente del docente del módulo Calidad de los Productos de Origen animal, en la planeación y desarrollo de las prácticas modulares

Implementación de Procedimientos, Procesamiento de productos de origen animal bajo los estándares del Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control y en la práctica Determinación de la calidad de Carne, leche y huevo.

Así mismo se participó como miembro del comité organizador del 1er. Coloquio de Reproducción animal, Genética y Ciencia de la Carne, realizado en la Universidad Autónoma Metropolitana los días 28 y 29 de noviembre de 2022.

METAS ALCANZADAS

Se logró la recopilación, clasificación, análisis e interpretación de información relacionada con las metodologías empleadas para la determinación de la calidad de la leche cruda de vaca

Se adaptaron e implementaron los métodos de prueba fisicoquímicos e higiénico-sanitarios para determinar la calidad de la leche cruda, para el Laboratorio Veterinario de Ciencia de la Carne y Salud Pública.

Se hizo el ejercicio de la estandarización de las pruebas fisicoquímicas e higiénico sanitarias aplicadas a leche cruda de vaca.

Se consiguió obtener competencias complementarias a la formación académica que se pueden emplear en el inmediato futuro profesional como son el manejo de personal, diseño y organización de prácticas de calidad de los productos de origen animal, planeación, organización y ejecución de actividades de difusión de la información en eventos especializados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos después de la realización de las pruebas fisicoquímicas e higiénico sanitarias en leche cruda de vaca se presentan en la Tabla 1. Se abordan los pasos referentes al ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Ajustar) para la validación de los métodos de prueba.

Tabla 1. Ciclo PHVA para la validación de los métodos de prueba, identificación de la función o uso previsto en la determinación de la calidad de leche cruda de vaca.

Objeto de validación	Requisitos de la función, características de la herramienta y alcance de la medición
Determinación de temperatura	<p>Contar con termómetro digital de vástago para manejo de alimentos</p> <p>De ser posible, hacer la determinación de la temperatura en el sitio de obtención de leche</p> <p>Alcance: -10 a 110 °C</p>
Prueba de sedimento	<p>Que la muestra se encuentre homogenizada y en una temperatura de 30 a 35°C</p> <p>Los discos de papel filtro deben ser del diámetro adecuado para el embudo</p> <p>Contar con patrones fotográficos para la comparación de los discos filtrados</p> <p>Alcance: presencia o ausencia de materia extraña</p>
Prueba de pH	<p>Que la muestra se encuentre en una temperatura de 10 a 25°C</p> <p>El equipo para la medición del pH (potenciómetro) debe estar calibrado previamente, para ello se utilizan soluciones buffer de pH 4 y 7</p> <p>Alcance: pH 3 a 10</p>
Índice de refracción	<p>Que la muestra se encuentre filtrada, homogenizada y con una temperatura de 10 a 25°C</p> <p>El equipo para la medición del índice de refracción (refractómetro) debe estar calibrado previamente</p> <p>Alcance: 0-20 %</p>
Prueba de densidad	<p>Que la muestra se encuentre en una temperatura de 15°C, de no ser el caso, se realizará el ajuste del resultado mediante la fórmula presentada en el Anexo 1 (Villegas y Santos, 2010)</p> <p>Alcance: 15 – 40°Q (Grados Quevenne)</p>
Prueba de estabilidad al calor	<p>Que la muestra sea de 3 mL y se encuentre en una temperatura de 10 a 25°C</p> <p>Que la temperatura del agua a punto de ebullición se encuentre en un rango de 85-89°C</p> <p>Que la muestra sea centrifugada en el vórtex durante 10 segundos antes de introducirla al baño maría</p> <p>Que el tiempo de baño maría de la muestra sea de 3 minutos</p> <p>Alcance: presencia o ausencia de flóculo</p>
Prueba de alcohol	<p>Que la muestra sea de 2mL y se encuentre en una temperatura de 10 a 25°C</p> <p>Que el etanol empleado en la prueba sea del 68 al 72% y la cantidad empleada sea de 2mL</p>

	Que la muestra sea centrifugada en el vórtex durante 10 segundos después de agregar el alcohol
Prueba de acidez real o titulable (por titulación)	Alcance: presencia o ausencia de flóculo Que la muestra sea de 20mL y se encuentre en una temperatura de 10 a 25°C La fenolftaleína tenga una concentración de 1% y se empleen 0.65ml, misma cantidad empleada para el acetato de rosanilina Que el hidróxido de sodio (NaOH) tenga una normalidad de 0.1
Prueba de presencia de almidón	Alcance: Desde 0.45g/L Que la muestra sea de 5mL y se encuentre en una temperatura de 10 a 25°C Se emplean 6 gotas de yodopovidona al 11% Que la muestra sea centrifugada en el vórtex durante 10 segundos después de agregar la yodopovidona. Alcance: identificación de color amarillo o morado-grisáceo

Fuente:

A continuación, se presentan los gráficos de control de Medias-Rango (X-R) para las variables de temperatura (C°) (Gráfico 1), densidad relativa (g/mL) (Gráfico 2), índice de refracción (IR%) (Gráfico 3), pH (Gráfico 4) y acidez titulable (g/mL) (Gráfico 5). El promedio de los datos se presenta en color azul, mientras que los límites críticos promedio (color anaranjado), límite crítico superior (color gris) e inferior (color amarillo). Se observaron los mismos valores para el caso de temperatura y densidad relativa, esto debido a que los valores en las repeticiones tuvieron muy poca variabilidad (Anexo 2); en el caso de índice de refracción, pH y acidez titulable, tienen diferentes valores los límites críticos promedio, superior e inferior, por lo tanto, se presentaron diferentes valores para estas variables.

De acuerdo con las cinco gráficas de control, todos los datos superan los límites críticos superiores e inferiores, en especial en los promedios de los cinco primeros muestreos de cada variable. Esto puede deberse a que las muestras de leche obtenidas se recolectaron en diferentes días y se llevaron a cabo solo tres repeticiones de cada variable, además, en el caso de la variable de temperatura, el primer muestreo se realizó después de la refrigeración de la muestra y no previo a su almacenamiento y transporte al laboratorio.

En el caso de los últimos 5 muestreos en todas las variables, se observan valores con una menor diferencia entre éstos y menor variabilidad a pesar de que superan los límites críticos superiores e inferiores para cada variable; esto puede deberse a una mayor consistencia en la aplicación de los métodos de prueba por parte del operario, dando a entender, que la variabilidad de los datos tiende más por el manejo de las muestras que del método de prueba.

Además, Navarrete (2021) recomienda que al realizar las pruebas de calidad de la leche se debe considerar tener una muestra de valor conocido con la cual se contrasten los valores de los muestreos y que entre estos solo haya una variación menor al 5%.

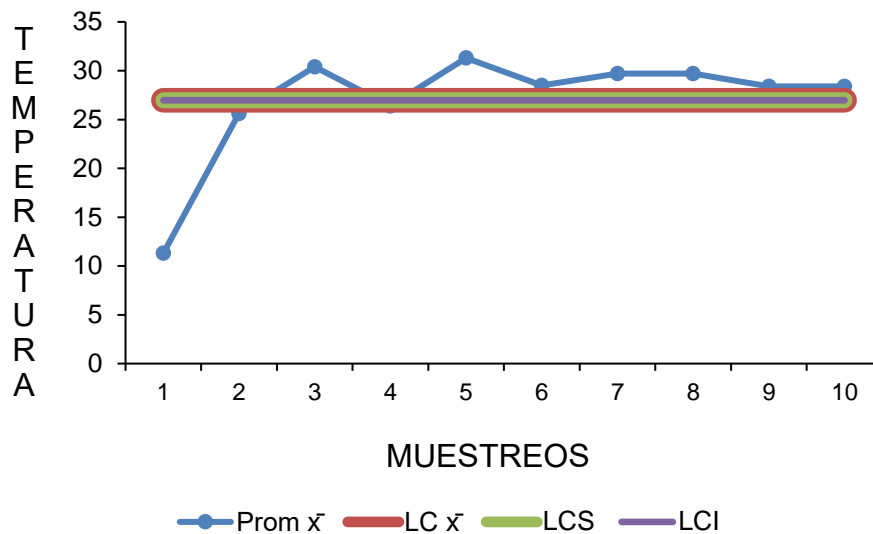


Gráfico 1. Se presenta el promedio de temperatura °C de la leche cruda de vaca muestreada durante 10 días consecutivos. (LCx)= Los límites críticos promedio, (LCS) límite crítico superior e inferior (LCI).

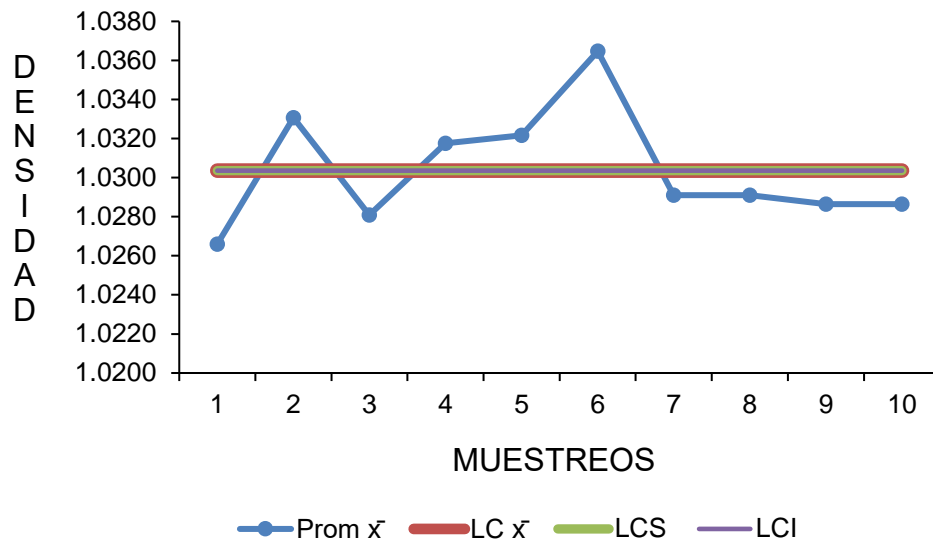


Gráfico 2. Se presenta el control de densidad relativa en leche cruda de vaca muestreada durante 10 días consecutivos. (LCx)= límites críticos promedio, (LCS)= límite crítico superior e inferior (LCI).

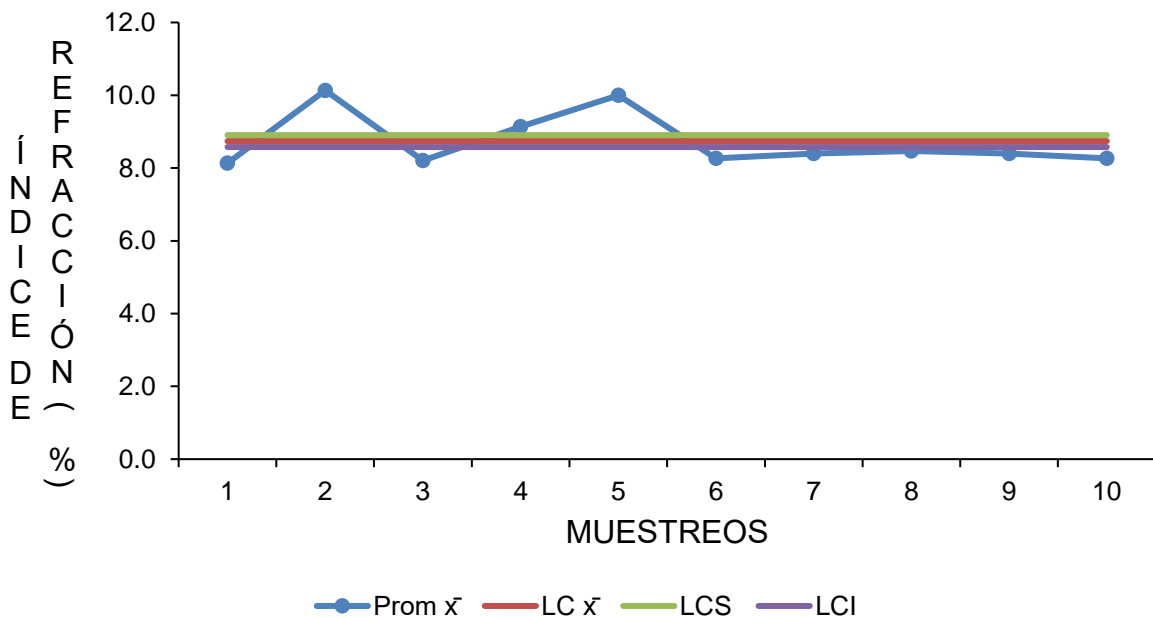


Gráfico 3. Se presenta el control de índice de refracción de la leche de vaca cruda muestreada durante 10 días consecutivos. (LCx)= límites críticos promedio, (LCS)= límite crítico superior e inferior (LCI).

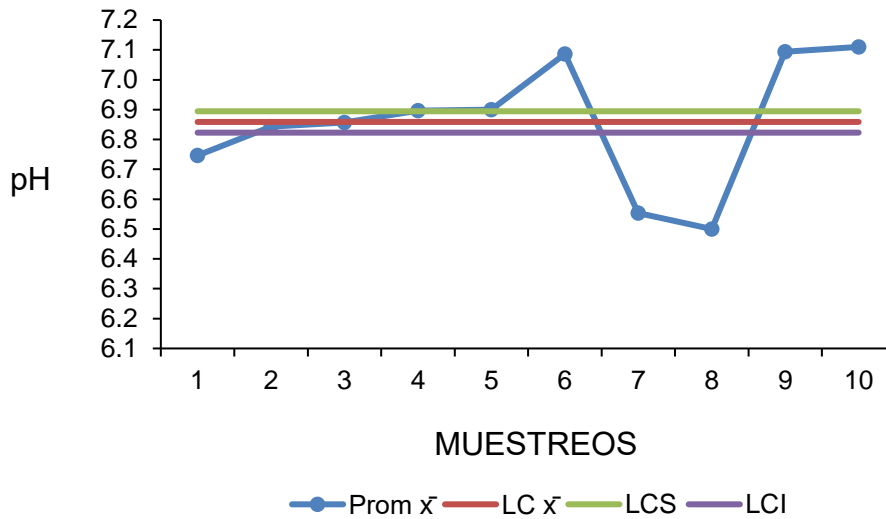


Gráfico 4. Se presenta el control de pH de la leche cruda de vaca muestreada durante 10 días consecutivos. (LCx)= límites críticos promedio, (LCS)= límite crítico superior e inferior (LCI).

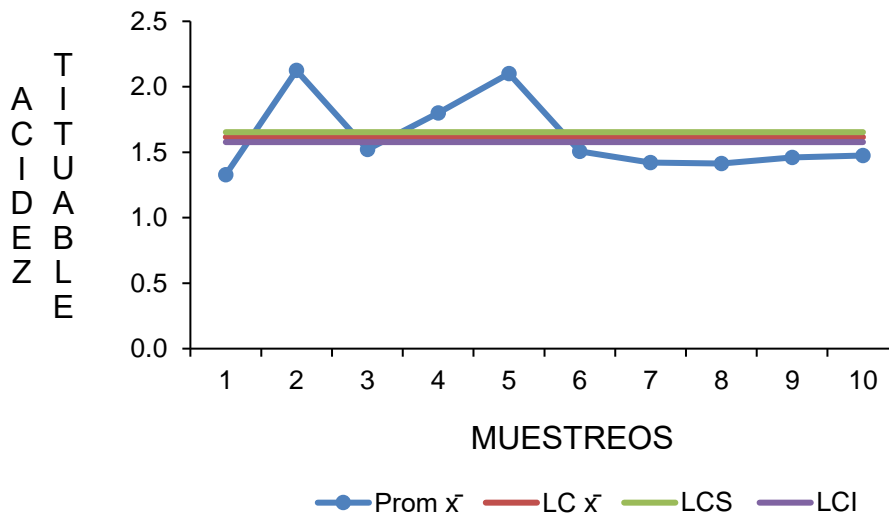


Gráfico 5. Se presenta el control de acidez titulable de la leche de vaca cruda muestreada durante 10 días consecutivos. (LCx)= límites críticos promedio, (LCS)= límite crítico superior e inferior (LCI).

A continuación, se presentan los resultados del coeficiente de correlación entre densidad relativa e índice de refracción, así mismo del pH y acidez titulable, con respecto a la correlación entre la densidad relativa y el índice de refracción se observó

una correlación baja como se presenta en la Tabla 2, esta correlación tiene una tendencia positiva, en este sentido se puede observar que cuando una de las variables se ve disminuida, la otra variable se ve afectada por el comportamiento de la primera como se puede observar en la Gráfica 6.

Tabla 2. Coeficiente de correlación entre densidad relativa e índice de refracción.

	Densidad relativa	Índice de refracción
Densidad relativa	1	
Índice de refracción	0.47	1

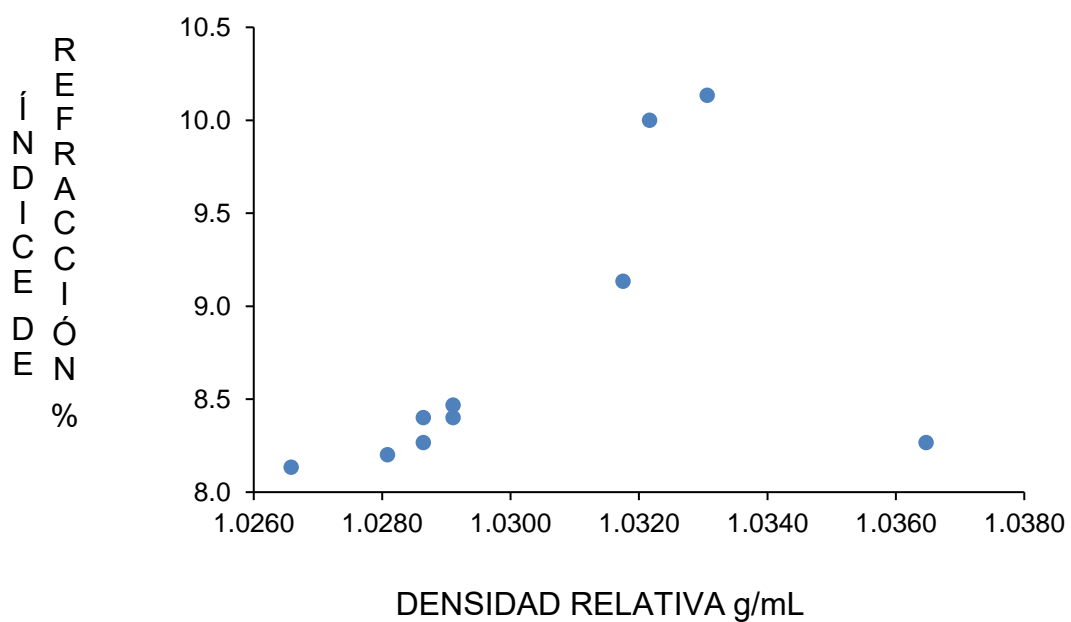


Gráfico 6. Correlación entre densidad relativa e índice de refracción de leche de vaca cruda analizada.

Navarrete (2021) menciona que cuando existe una alteración en la composición de la leche, ya sea en materia grasa u otro analito, el valor del índice de refracción varía por lo que la densidad relativa también puede verse afectada y es necesario aplicar otros métodos de análisis de calidad de la leche para determinar si existe algún tipo de alteración. Debido a esto, se esperaba que hubiese una correlación positiva mayor a 0.469 entre las variables de índice de refracción y densidad relativa.

Con respecto a la correlación que se evaluó entre el pH y la acidez titulable los resultados indicaron que se presenta una correlación negativa baja entre las variables (Tabla 3).

Tabla 3. Coeficiente de correlación entre pH y acidez titulable.

	pH	Acidez titulable g/L
pH	1	
Acidez titulable g/L	-0.33	1

Esta correlación existe ya que el pH representa la concentración de hidrógenos libres de la leche y la acidez titulable busca liberar los grupos H^+ al medio para cuantificarlos. En contraste, la correlación negativa obtenida fue de -0.332, es decir, una correlación negativa baja, esto puede deberse a las condiciones en el manejo de las muestras o a la calibración del potenciómetro.

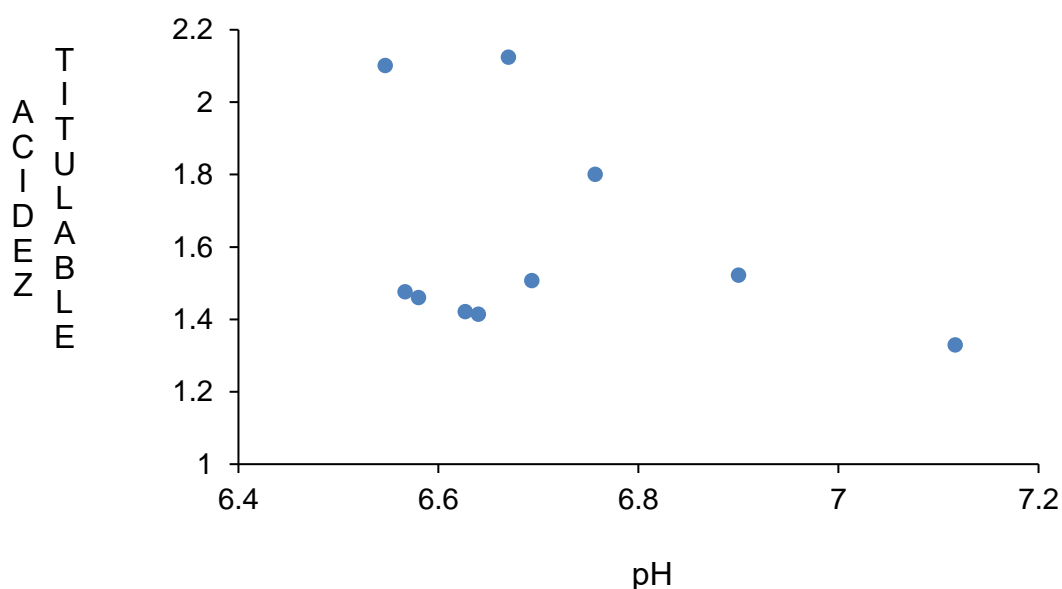


Gráfico 7. Correlación de la acidez titulable y pH de la leche cruda de vaca analizada.

En un análisis realizado por Santillán (2021) utilizando leche ultra pasteurizada (UTH), obtuvo una correlación negativa alta (-0.86116) entre la variable de acidez titulable y pH y menciona que a medida que incrementa el tiempo de análisis de la muestra, los valores de pH disminuyen y los de acidez titulable aumentan.

En la siguiente tabla se muestran los valores promedio de los parámetros realizados en los muestreos consecutivos y en la última fila se aprecian los valores de los parámetros establecidos en la Norma Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2007 “Leche cruda de vaca – especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba”.

De acuerdo con la Tabla 4, el muestreo promedio seis (M6) es el único que presenta valores que cumplen con los parámetros de calidad de la leche establecidos por la Norma Mexicana NMX-700-COFOCALEC-2007.

Los demás muestreos presentan valores que cumplen con algunos de los parámetros de la norma, no obstante, al evaluarse como un conjunto, no cumplen con los valores aceptables para calidad de la leche cruda.

Estos valores pueden estar influidos por factores previos a la recolección de las muestras (condiciones higiénico-sanitarias de ordeño, estado nutricional y de salud de las vacas, entre otras) o factores correspondientes a la recolección, manejo y procesamiento de las muestras.

De acuerdo con Fuentes *et al.* (2019) quienes mencionan que un pH cercano a 7 en la leche puede corresponder a “leches mastíticas” (clínicas o subclínicas) y que poseen una composición modificada lo que conlleva a un alargamiento en el tiempo de coagulación. No obstante, en la Tabla 4 se puede apreciar que los muestreos 1 y 3 se encuentran por encima del rango aceptable conforme a las normas mexicanas y aun así los resultados fueron negativos en las pruebas de alcohol y estabilidad al calor. Esto puede deberse a factores relacionados con el manejo de las muestras (tiempo de procesamiento, condiciones de almacenamiento de las muestras, entre otras).

CONCLUSIÓN

Los métodos de prueba fisicoquímicos e higiénico-sanitarios utilizados para la determinación de la calidad de la leche cruda se implementaron adecuadamente, no obstante, no pudieron validarse debido a la variación de los resultados de cada muestreo y la cantidad reducida de repeticiones para cada variable. Por lo tanto, la determinación de la calidad de la leche cruda podría verse influida por esta variación.

Tabla 4. Valores promedio de los parámetros evaluados en los muestreos consecutivos y valores de los parámetros establecidos en la NMX-700-COFOCALEC-2007.

Muestreos	Temperatura °C	Densidad relativa g/mL	Índice de refracción %	pH	Acidez titulable (g/L)	Alcohol	Estabilidad al calor	Almidón
M1	11.3	1.0266	8.1	7.1	1.3	negativo	negativo	negativo
M2	25.6	1.0331	10.1	6.7	2.1	negativo	negativo	negativo
M3	30.4	1.0281	8.2	6.9	1.5	negativo	negativo	negativo
M4	26.4	1.0318	9.1	6.8	1.8	negativo	negativo	negativo
M5	31.3	1.0322	10.0	6.5	2.1	negativo	negativo	negativo
M6	28.5	1.0365	8.3	6.7	1.5	negativo	negativo	negativo
M7	29.7	1.0291	8.4	6.6	1.4	negativo	negativo	negativo
M8	29.7	1.0291	8.5	6.6	1.4	negativo	negativo	negativo
M9	28.4	1.0286	8.4	6.6	1.5	negativo	negativo	negativo
M10	28.4	1.0286	8.3	6.6	1.5	negativo	negativo	negativo
NMX	S/D	Mínimo 1.02995	Mínimo 8.3	6.6-6.8	1.3 – 1.6	negativo	negativo	negativo

Fuente: Elaboración propia, comparando resultados con la NMX-700-COFOCALEC-2007

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar nuevamente el análisis de la leche con estos métodos de prueba utilizando un muestreo y realizando varias repeticiones con éste. Además, se debe tener mayor control en los contenedores de almacenamiento de las muestras, su refrigeración en el transporte y en el tiempo de su procesamiento para disminuir los posibles factores que generan la variabilidad en los resultados.

BIBLIOGRAFÍA

- Brousett-Minaya, M., Torres, A., Chambi, A., Mamani, B., & Gutiérrez, H. (2015). Calidad fisicoquímica, microbiológica y toxicológica de leche cruda en las cuencas ganaderas de la región Puno-Perú. *Scientia Agropecuaria*, 6(3), 165-176.
- CANILEC. (2019). Estadísticas del sector lácteo 2010-2018. Cámara Nacional de Industriales de la Leche.
- Fuentes, F.Z., Mancía, B.E., Portillo, B.C., Torres-de-Ortiz, B.E., Corea-Guillén, E.E. (2019). Relación entre el resultado de la prueba de California para mastitis y las características físicoquímicas y microbiológicas de la leche en seis ganaderías lecheras en Sonsonate, El Salvador. *Revista Agrociencia*, 2(10).
- González, J.F., Barrera, A., Peña, E.M., Coviellas, J., & León, S. (2020). Manual de prácticas para el módulo calidad de los productos de origen animal. Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Xochimilco.
- Lazos, R., & Hernández, I. (2004). La validación de métodos: un enfoque práctico. Simposio de metrología, CENAM.
- LICONSA. (2007). Manual de normas de control de calidad de leche cruda. Secretaria de Desarrollo Social.
- Navarrete, A. (2021). Manual de pruebas rápidas en laboratorios lácteos. Agrosavia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Norma Mexicana NMX-F-700-COFOCALEC-2007 “Leche cruda de vaca – especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba”.
- Norma Mexicana NMX-F-716-COFOCALEC-2014 “Determinación de acidez en leche fluida – métodos de prueba”.
- Santillán, V.P. (2021). Determinación de la vida de anaquel de leche ultra pasteurizada basada en parámetros de calidad de la leche cruda [Tesis de Licenciatura]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.
- SIAP. (2021). Escenario mensual de productos agroalimentarios, Leche de bovino. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera.

Villegas, A., & Santos, A. (2010). Calidad de la leche cruda. Trillas, México.

ANEXOS

Anexo 1. PRUEBAS FISICOQUÍMICAS E HIGIÉNICO-SANITARIAS PARA DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE LA LECHE CRUDA FRESCA DE VACA.

1. PRUEBA DE DETERMINACIÓN DE TEMPERATURA
2. PRUEBA DE SEDIMENTOS EN LECHE
3. PRUEBA DE pH
4. PRUEBA DE DENSIDAD
5. PRUEBA DE ÍNDICE DE REFRACCIÓN
6. PRUEBA DE ALCOHOL
7. PRUEBA DE ESTABILIDAD AL CALOR
8. PRUEBA DE ACIDEZ REAL O TITULABLE
9. PRUEBA DE IDENTIFICACIÓN DE ALMIDÓN

INTRODUCCIÓN

La determinación de la calidad de la leche es imprescindible para asegurar su transformación y consumo, exento de agentes patógenos, sustancias tóxicas y/o sustancias extrañas a su composición natural (LICONSA, 2007; Brousett-Minaya, 2015). También nos da información acerca de las condiciones sanitarias para el ordeño y almacenamiento de la leche.

La composición general de la leche y las propiedades que tiene cada uno de los elementos que la constituyen son los siguientes: agua 905g/L (90.5%), lactosa 43-50g/L (4.9%), lípidos (grasas) 32g/L (3.2%), proteínas 31g/L (3.1%), caseína mínima 23g/L (2.3%), sales minerales 9g/L (0.9%), extracto seco total 127g/L (12.7%), extracto seco desengrasado 92g/L (9.2%), sólidos no grasos mínimo 83g/L (8.3%) (NOM-155-SCFI-2012 Y NMX-F-700-COFOCALEC-2012). A continuación, se presenta en la Tabla 1 las características sensoriales y especificaciones fisicoquímicas y sanitarias que debe tener la leche cruda fresca de vaca de acuerdo con la normativa vigente (LICONSA, 2007, NMX-F-700-COFOCALEC-2012; Santander, 2021):

TABLA 1. Características sensoriales de la leche cruda fresca de vaca

Característica	Descripción
Color	Blanco a blanco-amarillento
Aspecto	Homogéneo
Olor	<i>Sui generis</i>
Sabor	Ligeramente dulce
Especificaciones fisicoquímicas y sanitarias	
Prueba de alcohol 68-72% v/v	Negativa
Acidez (como ácido láctico) g/L	mínimo 1.3 – máx. 1.6 g/L

pH	6.6 – 6.8
Densidad 15°C g/mL	mínimo 1.0295 g/mL (29.5°Q)
Prueba de limpieza	Ausente
Prueba de cocción	Negativa, sin coagulación
Punto crioscópico °C	Entre -0.515 y -0.536
Determinación de presencia de almidón	Negativa

1) PRUEBA DE DETERMINACIÓN DE TEMPERATURA

INTRODUCCIÓN

La temperatura influye en la conservación y deterioro de la leche cruda mientras es almacenada y transportada para su transformación, teniendo en cuenta que la temperatura de extracción de la leche es cercana a los 37°C (Villegas y Santos, 2010).

El enfriamiento es necesario para la conservación de la leche y evitar el desarrollo de los microorganismos, por lo que, es necesario reducir la temperatura a 4°C (LICONSA, 2007).

MATERIA PRIMA

300mL leche cruda fresca

MATERIAL DE LABORATORIO

Termómetro digital para manejo de alimentos (-10°C a 110°C)

Vaso de precipitado de 400mL

PROCEDIMIENTO

Previo a la prueba: especificar el tipo de almacenamiento de las muestras, el día y hora de su obtención. Determinar la temperatura de la muestra en el punto de venta de la leche.

Homogenizar la leche cruda en el recipiente de almacenamiento.

Depositar 300mL de leche cruda mezclada en el vaso de precipitado.

Sumergir el vástago del termómetro y mantenerlo en posición vertical durante la lectura de la temperatura.

Evitar manipular el vástago del termómetro.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Considerando la temperatura obtenida, determinar si las condiciones de almacenamiento de la muestra son adecuadas.

Mencionar cómo la temperatura modifica las características sensoriales y fisicoquímicas de leche cruda.

2) PRUEBA DE SEDIMENTOS/MATERIA EXTRAÑA EN LECHE

INTRODUCCIÓN

La leche cruda puede contener materia extraña macroscópica en suspensión debido a condiciones antihigiénicas de la ubre o a la contaminación del fluido durante o luego de la ordeña. Esto resulta más notorio cuando la ordeña se efectúa a mano (Villegas y Santos, 2010).

MATERIA PRIMA

300mL leche cruda fresca, homogénea y a 30-35°C

MATERIAL DE LABORATORIO

Embudo Buchner de porcelana de 90mm de diámetro interno

Disco de papel filtro (con diámetro apropiado al interno del embudo; pesados y colocados en el desecador un día antes de la prueba)

Termómetro digital para manejo de alimentos (-10°C a 110°C)

Vaso de precipitado de 600 mL

Olla metálica

Charola de plástico

Sanitas

Agua potable

EQUIPO DE LABORATORIO

Desecador

Parrilla eléctrica

Báscula analítica

PROCEDIMIENTO

Previo a la prueba:

Cortar el disco de papel filtro, pesarlo en la báscula analítica y colocarlo en el desecador durante un día (evitar abrir completamente la tapa).

Sacar el papel filtro del desecador y pesarlo, registrar los pesos.

*Si la temperatura de la leche es menor a 30°C, será necesario calentarla a baño maría hasta alcanzar los 30-35°C.

Colocar el embudo sobre el vaso de precipitado.

Colocar el disco de papel filtro (rotulado) dentro del embudo.

Verter lentamente la muestra dentro del embudo Buchner y filtrar completamente.

Retirar el papel filtro y colocarlo sobre una charola con sanitas para absorber el restante de leche.

Esperar a que el disco no esté húmedo y colocarlo en el desecador durante un día.

24 horas después, pesar el disco y registrar el dato.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

$$\text{Fórmula: } PS = PF - (PI - PD)$$

Donde:

PS (Peso de Sedimentos de muestra)

PF (Peso de disco Filtrado)

PI (Peso de Disco antes de colocarlo en el desecador)

PD (Peso de Disco después de 24 horas en el desecador)

Colocar el papel filtro de las diferentes muestras sobre una superficie de color contrastante.

Establecer si hay presencia de materia extraña en la muestra al comparar los discos de papel filtro.

3) PRUEBA DE pH

INTRODUCCIÓN

El potencial de hidrógeno (pH) es un indicador de la acidez real de la leche. Para su medición se emplea un potenciómetro, éste registra los iones de hidrógeno procedentes de los ácidos que generan los microorganismos presentes en la leche (Villegas y Santos, 2010).

MATERIA PRIMA

100mL de leche cruda fresca (10-25°C)

100mL de leche ácida (10-25°C)

MATERIAL DE LABORATORIO

3 vasos de precipitado de 250mL

Agua destilada (100mL)

Sanitas

Piseta (capacidad de 100mL)

REACTIVOS

Solución Buffer pH 7

Solución Buffer pH 4

EQUIPO DE LABORATORIO

Potenciómetro (pHmetro)

Electrodo para líquidos

PROCEDIMIENTO

Previamente, calibrar el potenciómetro.

Colocar la muestra de leche cruda fresca y la leche ácida en cada vaso de precipitado.

Introducir el electrodo del potenciómetro en la muestra y determinar la lectura final.

Enjuagar el electrodo con agua destilada entre cada lectura, colocar el sobrante que cae en el tercer vaso de precipitado y secar con sanitas.

Apagar el equipo y anotar las lecturas.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Hay que recordar que el rango de valores correspondiente al pH en la leche cruda fresca de vaca es de 6.6-6.8.

*Las caseínas son un conjunto de polipéptidos (gluco-fosfoproteínas), forman la fracción más importante de la leche y precipitan a pH de 4.6 a 20°C (NOM-155-SCFI-2012).

4) PRUEBA DE DENSIDAD POR AEROMETRÍA

INTRODUCCIÓN

La densidad en la leche cruda es mayor que la del agua a la misma temperatura debido a su contenido de sólidos disueltos y suspendidos, por tanto, se considera densidad relativa, esto es, respecto del agua pura. Existen tres importantes factores que afectan la densidad relativa: el porcentaje de sólidos totales, si suben éstos, aumenta; el porcentaje de grasa, si aumenta, la densidad disminuye; la temperatura, si la leche se enfría, su densidad incrementa y viceversa (Villegas y Santos, 2010). La determinación de la densidad es una prueba que permite conocer en primera instancia algún posible fraude, como la adulteración de la leche con agua (aunque constituye un indicador presuntivo) (Zamorán, 2014). Para su determinación, se requiere un lactodensímetro Quevenne o "pesa-leche" que se encuentra ajustado a una temperatura de referencia de 15°C o 20°C (Villegas y Santos, 2010).

MATERIA PRIMA

180mL de leche cruda fresca a 15°C

MATERIAL DE LABORATORIO

Termómetro digital para manejo de alimentos (-10°C a 110°C)

Probeta de 250mL

Vaso de precipitado de 250mL

EQUIPO DE LABORATORIO

Lactodensímetro ajustado a 15°C

PROCEDIMIENTO

Consideraciones previas: si la leche no está a 15°C, calentar o enfriar según sea el caso. La determinación de la densidad da un valor mayor cuando se calienta una leche fría hasta la temperatura de medida que cuando se enfría una leche caliente hasta esa misma temperatura. Este fenómeno se llama "Efecto Recknagel" y se debe a los cambios que se producen en el agua ligada a las proteínas, a la precipitación de las sales y a las variaciones en el estado de la grasa.

Homogenizar suavemente la muestra en el vaso de precipitado para evitar la incorporación de aire.

Colocar la leche en la probeta a través de las paredes para evitar la entrada de aire y formación de espuma.

Introducir el lactodensímetro dentro de la probeta de forma lenta y hacer un pequeño giro sobre su eje para evitar que toque el fondo y se rompa. El equipo debe flotar libremente.

Realizar la lectura en la parte superior del menisco.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

La obtención de los datos en grados Quevenne (°Q) deben transformarse a densidad relativa con tres cifras decimales y dada en g/mL (ejemplo: 27°Q = 1.027g/mL) (Rentería, 2016). Si la muestra no se encuentra a una temperatura de 15°C, deben ajustarse los resultados de acuerdo con la siguiente fórmula (Corredor, 2022):

Densidad real o corregida si está por encima de la temperatura de referencia del lactodensímetro =
Densidad leche + 0.0002(T-15)

Densidad real o corregida si está por debajo de la temperatura de referencia del lactodensímetro =
Densidad de la leche – 0.0002(T-15)

(T=temperatura de la leche) (Villegas y Santos, 2010).

(Otra forma de hacer la corrección de la densidad relativa de la leche es utilizando las tablas de AOAC).

Al incrementarse la temperatura la densidad disminuye y viceversa. Esto se debe a que las sustancias presentes en la leche se pueden contraer o expandir con los cambios de temperatura. Por lo tanto, la lectura de la densidad se refiere siempre a una temperatura fija.

La adición de agua baja la densidad de la leche entera.

La adición de agua + sólidos regula la densidad.

La adición de agua + descremado parcial puede igualar la densidad.

La adición de agua + descremado + sólidos iguala la densidad.

Si los resultados de grasa son bajos y la densidad es alta, entonces la leche pudo ser descremada.

Si los resultados de la prueba de grasa son bajos al igual que el valor de la densidad, entonces pudo adicionarse agua a la leche (Villegas y Santos, 2010).

5) PRUEBA DE ÍNDICE DE REFRACCIÓN

INTRODUCCIÓN

Con esta prueba se determina el grado de concentración de solutos no grasos de la leche. La finalidad de esta prueba es detectar si la leche está adulterada con agua o sólidos extraños (Corredor, 2022). Para esta prueba se utiliza un refractómetro portátil (Bertuzzi), el cual se expresa directamente en porcentaje de sólidos no grasos (proteínas, vitaminas, minerales y cenizas); esperando valores de grados lactométricos (°L) entre 8.4 y 9.2, valores por debajo de este rango indican presencia de agua en la leche y valores por encima generan sospecha de adición de sólidos extraños (Bayona y Echeverry, 2017).

MATERIA PRIMA

leche cruda fresca filtrada y homogénea (10-25°C)

MATERIAL DE LABORATORIO

Piseta (capacidad de 100mL)

Agua destilada (100mL)

Sanitas

Pipeta Pasteur (incluida en el estuche del equipo)

EQUIPO DE LABORATORIO

Refractómetro Bertuzzi para leche con escala de 0-20%.

PROCEDIMIENTO

Calibrar el equipo (léase manual de uso).

Colocar el refractómetro en posición horizontal frente a la vista del manipulador, levantar la cubierta difusora y colocar 3 gotas de leche cruda fresca (previamente homogenizada) desde la parte superior del prisma y permitir que deslice hacia el centro, sin formar burbujas, bajar la cubierta suavemente, esperar 30 segundos y realizar la lectura (el refractómetro siempre en posición horizontal y con el prisma hacia la luz).

Realizar dos mediciones más y registrar los datos.

Absorber con sanitas el remanente de leche del prisma en cada lectura.

Al término, eliminar restos de muestras con gotas de agua destilada y sanitas.

Lavar y enjuagar la pipeta del estuche.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Para la evaluación del índice de refracción se toma en cuenta el valor de porcentaje de sólidos no grasos presente en la leche.

Si existe la alteración de un componente de la leche, entonces cambia el valor del índice de refracción porque se modifica la concentración de los solutos por el aguado, entonces el valor del índice de refracción se acercará al del agua.

6) PRUEBA DE ALCOHOL (González *et al.*, 2020)

INTRODUCCIÓN

La prueba de alcohol se utiliza para determinar la termo-estabilidad de la leche cruda. La adición de alcohol al 68-72% en la leche produce la deshidratación parcial de las micelas de caseína, desnaturalizándolas y favoreciendo su precipitación (Flores, 2002; Villegas y Santos, 2010; González *et al.*, 2020). Además, el alcohol afecta la estabilidad de la suspensión coloidal, sobre todo con presencia de ácido láctico o de una elevada (anormal) concentración de sales en la leche. La leche con un contenido alto de calcio al final de la lactancia, pueden coagular con el alcohol, sin ser ácidas (Molina, 2007).

MATERIA PRIMA

6mL de leche cruda fresca (10-25°C)

2mL de leche ácida (10-25°C)

MATERIAL DE LABORATORIO

4 tubos de ensayo con taparroscas de 20mL

3 pipetas volumétricas 10mL

3 pipeteadores

Gradilla para tubo de ensayo

REACTIVOS

Alcohol etílico al 68-72%, 8 mL

EQUIPO DE LABORATORIO

Vórtex

PROCEDIMIENTO

Colocar 2mL de alcohol etílico en cada tubo de ensayo.

Agregar 2mL de leche cruda fresca a 3 tubos de ensayo.

Agregar 2mL de leche ácida al tubo de ensayo control.

Homogenizar los tubos de ensayo.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Expresar el resultado como NEGATIVO o POSITIVO.

Leche cruda fresca no flocula (prueba negativa).

La prueba es positiva cuando se observa la formación de grumos o coagulación de la leche en la pared del tubo de ensayo. Esto puede ser debido a varias causas y no necesariamente a que la leche esté ácida. Leches acidificadas, con mastitis, el calostro, leche con deficiencia de sales minerales y el exceso de albúminas generan floculación. Por lo tanto, no resistirá el proceso térmico de la pasteurización (Molina, 2007; NMX-F-700-COFOCALEC-2012).

7) PRUEBA DE ESTABILIDAD AL CALOR (Villegas y Santos, 2010)

INTRODUCCIÓN

Esta prueba aprecia la estabilidad de la leche cruda ante el calor, simulando las condiciones de tratamiento térmico de un proceso. Si existe cierto grado de acidez en la leche, las micelas de caseína sensibilizadas (debido a la neutralización de las cargas negativas micelares por los iones de hidrógeno del ácido láctico generado por fermentación) tenderán a precipitar (Villegas y Santos, 2010). Esta prueba puede dar positiva con 0.22 o 0.23% de acidez (Molina, 2007).

MATERIA PRIMA

9mL de leche cruda fresca (10-25°C)

3mL de leche ácida (10-25°C)

MATERIAL DE LABORATORIO

4 tubos de ensayo con taparrosca de 20mL

2 gradillas metálicas

2 pipetas volumétricas 10mL

2 pipeteadores

Olla metálica con tapa (donde quepa la gradilla de metal)

Termómetro digital para manejo de alimentos (-10°C a 110°C)

EQUIPO DE LABORATORIO

Parrilla eléctrica

Vórtex

PROCEDIMIENTO

Pasos previos:

Conectar la parrilla.

Agregar agua a la olla con la gradilla hasta que sea cubierta y dejar tapado.

Colocar la olla sobre la parrilla.

Calentar el agua a punto de ebullición (85-89°C).

En 3 tubos de ensayo colocar 3 mL de leche cruda fresca en cada uno y taparlos.

En el tubo de ensayo control colocar 3 mL de leche ácida y taparlo.

Homogenizar los tubos de ensayo.

Mantener a baño maría los tubos durante 3 minutos (el agua debe cubrir por lo menos la parte que contenga la leche).

Sacar los tubos de ensayo, colocarlos en la otra gradilla y observar si hay presencia de un precipitado blanco.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Si se forma un flóculo en las muestras de leche cruda fresca, la prueba es POSITIVA.

8) PRUEBA DE ACIDEZ REAL O TITULABLE

INTRODUCCIÓN

La acidez titulable de la leche se expresa generalmente como ácido láctico. Incluye la acidez natural o inicial de la muestra y la acidez desarrollada. La acidez normal de la leche se debe principalmente a su contenido de caseína (0.05-0.08%) y de fosfatos. También contribuyen el bióxido de carbono (0.01-0.02%). Los citratos (0.01%) y la albúmina (menos de 0.001%). La acidez desarrollada, que incrementa el valor de la acidez natural, es el resultado de la conversión de lactosa en ácido láctico por la fermentación de las bacterias (NMX-F-COFOCALEC-2014). La acidez en la leche nos indica la carga microbiana de la leche, el cuidado en cuanto a higiene y conservación, un valor de acidez alto indica la presencia de microorganismos (Zamorán, 2014).

MATERIA PRIMA

60mL de leche cruda fresca homogenizada (10-25°C)

REACTIVOS

NaOH 0.1N (2g para 500mL de agua destilada)

Acetato de rosanilina 0.65mL

Fenolftaleína 1% (disolver 1g del reactivo en 100mL de alcohol etílico al 96%, almacenar en frasco ámbar de 100mL)

Utilizar un recipiente de vidrio y una espátula para pesar la fenolftaleína en la báscula analítica. Medir el alcohol con una probeta y colocar en un frasco ámbar, utilizar un embudo de vidrio para agregar la fenolftaleína al frasco y mezclar. Utilizar un poco del etanol medido si queda restante en el embudo.

Preparación de NaOH 0.1N

Material de laboratorio

Matraz aforado con tapa de 1L

Vaso de precipitado de 600mL

Probeta graduada de 250mL

Espátula de plástico, no de metal

Recipiente plástico para pesar

Embudo de vidrio

Frasco de plástico con tapa de 500mL

Agua destilada desionizada (500mL)

Procedimiento

Pesar 2.0g de NaOH utilizando el recipiente y espátula de plástico. (Mantener bien cerrado el frasco para que las lentejas no absorban humedad).

Medir 500mL de agua destilada desionizada, utilizando el vaso de precipitado y la probeta y depositar el agua en el matraz.

Agregar el NaOH pesado y homogenizar haciendo movimientos circulares lentos (se generará una reacción térmica).

Transferir la solución a un frasco de plástico con tapa de 500mL.

Valoración de la normalidad del NaOH por titulación con HCl (prueba por triplicado)

Reactivos

NaOH preparada con anterioridad

HCl concentrado 30mL

Anaranjado de metilo 1%

Material de laboratorio

Bureta de 10mL

Pipeta volumétrica de 5mL

Pipeteador

3 matraces Erlenmeyer de 50mL

2 pipetas

Vaso de precipitado de 50mL

Soporte universal

Procedimiento

Colocar 10mL de HCl concentrado en la bureta.

Colocar la bureta en el soporte universal.

Colocar 5mL de NaOH en cada matraz y agregar 5 gotas de anaranjado de metilo 1%

Titular con el HCl hasta que vire a una coloración rosácea-anaranjada.

Interpretación de resultados

Fórmula:

$$\text{Normalidad: } \frac{(\sum \text{cantidad empleada de HCl}) \div 3}{5 \text{ml empleados de NaOH}}$$

3= Cantidad de repeticiones

EQUIPO DE LABORATORIO

4 matraces Erlenmeyer de 125mL

Pipeta volumétrica de 20mL

2 pipetas volumétricas de 1mL

Bureta graduada automática de 10mL

3 pipeteadores

PROCEDIMIENTO

Colocar 20mL de leche en cada uno de los matraces.

Agregar a la muestra control 0.65mL de la disolución de acetato de rosanilina y mezclar. El color observado será estable y similar al que debe llegar al final de la titulación.

Agregar a los demás matraces 0.65mL de fenolftaleína. Mezclar y titular con la disolución de NaOH hasta la aparición de un color rosado que persista por lo menos 1 minuto, utilizando como guía la muestra control.

Nota: registrar en el momento los mL de NaOH empleados para la titulación.

*La titulación de leche ácida debe hacerse con previo calentamiento de la muestra (30°C), de lo contrario solo las partes precipitadas se teñirán, tanto en la muestra control como las que serán tituladas.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados se expresan como ácido láctico en g/L, utilizando la siguiente fórmula.

$$\text{Acidez (g/L): } \frac{(V * N * 0.090 * 1000)}{m}$$

V= Volumen de NaOH empleado

N= Normalidad del NaOH

0.090= mEq del ácido láctico

m= Volumen de la muestra en mL

Si se desea obtener la acidez en porcentaje de ácido láctico, se realiza la siguiente fórmula:

$$\% \text{ ácido láctico} = (\text{g de ácido láctico/mL de leche}) * 10$$

La leche cruda fresca debe cumplir con un valor de acidez titulable mínimo de 1.3 y máximo de 1.6 g/L (LICONSA, 2007; NMX-F-COFOCALEC-2014).

*Un grado Dórníc equivale a 0.1g/L de ácido láctico ó 0.01% en peso de ácido láctico en la leche, aunque éste no se halle. Por ejemplo, una leche de 16°D contiene el equivalente a 0.16% en peso de ácido láctico, aunque no necesariamente se halle presente, de hecho, en una leche cruda fresca no existe ácido láctico (Villegas y Santos, 2010).

9) PRUEBA DE IDENTIFICACIÓN DE ALMIDÓN

INTRODUCCIÓN

Esta es una prueba que se basa en el hecho de que el yodo evidencia la presencia del almidón dando un color azul oscuro intenso (Zamorán, 2014). El yodo se introduce en la hélice de la amilasa dando el efecto óptico de color azul-morado mientras que con la amilopectina da el color rojo propio del yodo (González *et al.*, 2020).

MATERIA PRIMA

20mL de leche cruda fresca (10-25°C)

MATERIAL DE LABORATORIO

Pipeta Pasteur

4 tubos de ensayo con taparrosca de 20mL

Gradilla

Pipeta volumétrica de 10mL

Pipeteador

Charola pequeña para pesaje

Espátula

0.5 gramos de harina de trigo

REACTIVOS

Yodo (Yodopovidona) Solución 11g/100mL

EQUIPO DE LABORATORIO

Báscula analítica

Vórtex

PROCEDIMIENTO

Pesar 0.5 gramos de harina de trigo usando la cuchara de plástico y la charola pequeña para pesaje.

Colocar en cada tubo de ensayo 5 mL de leche cruda fresca.

Agregar la harina a un tubo de ensayo (control) y homogenizar.

Agregar a cada tubo de ensayo 6 gotas de yodo, tapar y homogenizar.

El tubo control deberá virar a un color morado-azuloso.

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Si la muestra se ve de color morado-azuloso, indica la presencia de almidón en la leche, por lo tanto, la prueba es POSITIVA.

BIBLIOGRAFÍA

- Bayona, J., & Echeverry, J. (2017). Caracterización de la calidad de la leche entregada por los productores lecheros al centro de acopio de Panamá de Arauca. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Bayona, J., & Echeverry, J. (2017). Caracterización de la calidad de la leche entregada por los productores lecheros al centro de acopio de Panamá de Arauca. Universidad Tecnológica de Pereira.
- Brousett-Minaya, M., Torres, A., Chambi, A., Mamani, B., & Gutiérrez, H. (2015). Calidad fisicoquímica, microbiológica y toxicológica de leche cruda en las cuencas ganaderas de la región Puno-Perú. *Scientia Agropecuaria*, 6(3), 165-176.
- Corredor, A. (2022). Calidad de la leche cruda en la recepción. Universidad Industrial de Santander. Disponible en: https://tic.uis.edu.co/users/ipred/repositorio/OVAs/OVA%20Leche%20cruda/OVA%20leche%20Cruda/ova_lechecruda/descargable/ova_lechecruda.pdf
- Flores, E. (2002). Manual para el control de calidad sanitaria de la leche cruda destinada al procesamiento de sus productos en lecherías tipo familiar del municipio de Almoloya de Juárez, Estado de México [Tesis de Licenciatura]. Universidad Nacional Autónoma de México.
- González, J.F., Barrera, A., Peña, E.M., Coviellas, J., & León, S. (2020). Manual de prácticas para el módulo calidad de los productos de origen animal. Universidad Autónoma Metropolitana – Unidad Xochimilco.
- LICONSA. (2007). Manual de normas de control de calidad de leche cruda. Disponible en: <http://www.liconsa.gob.mx/wp-content/uploads/2012/01/man-nor-cont-cal-lec-cruda-hist.pdf>
- Molina, J. (2007). Calidad física de la leche en M. Olivera (Ed.), Buenas prácticas de producción primaria de leche (pp. 107-114). Biogénesis, Universidad de Antioquía.
- Norma Mexicana NMX-F-716-COFOCALEC-2014 “Sistema producto leche – alimentos – lácteos – determinación de acidez en leche fluida – métodos de prueba”.
- Norma Mexicana NMX-F-COFOCALEC-2012 “Sistema producto leche – alimento – lácteo – leche cruda de vaca – especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba”.
- Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012, “Leche-denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba”.
- Rentería, I. (2016). Manual de prácticas de aseguramiento de la calidad de los productos pecuarios I. Universidad Veracruzana.
- Santander, M.J. (2021). Validación de un software electrónico para el conteo de unidades formadoras de colonias y determinación de sensibilidad bacteriana en muestras de leche cruda [Tesis de Licenciatura]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Villegas, A., & Santos, A. (2010). Calidad de la leche cruda. Trillas, México.
- Zamorán, D.J. (2014). Manual de Procesamiento para la industria láctea. Instituto Nicaragüense de Apoyo a la Pequeña y Mediana Empresa (INPYME).

Anexo 2. Tablas con valores de muestreos y promedios de límites críticos para gráficos de control de X-R para variables de temperatura (C°), densidad relativa (g/mL), índice de refracción (%), pH, acidez titulable (g/mL).