

**Determination of calcium concentration in raw and commercial milk
using the atomic spectroscopy technique**

**Determinación de la concentración de calcio en leche cruda y comercial
empleando la técnica de espectroscopia atómica**

Autores:

Jiménez-Jumbo, Luis David
UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
Técnico docente
Santa Clara – Ecuador
 ld.jimenezj@uea.edu.ec

 <https://orcid.org/0009-0000-0862-2048>

Silva-Díaz, Marco Vinicio
UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
Técnico docente
Santa Clara – Ecuador
 mv.silvad@uea.edu.ec

 <https://orcid.org/0009-0004-7382-9511>

Guamán-Cali, Andrea Yessenia
UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
Técnica docente
Santa Clara – Ecuador
 ay.guamanc@uea.edu.ec

 <https://orcid.org/0009-0008-1130-1526>

Arellano-Reinoso, Katheryn Gabriela
UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
Técnico docente
Santa Clara – Ecuador
 kg.arellanor@uea.edu.ec

 <https://orcid.org/0009-0003-6162-4458>

Fechas de recepción: 10-FEB-2024 aceptación: 12-MAR-2024 publicación: 15-MAR-2024

 <https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>
<http://mqrinvestigar.com/>

Resumen

El estudio ha examinado los métodos utilizados para determinar la concentración de calcio en leche cruda (la vaca Brown Swiss y la vaca mestiza) y comercial. Para llevar a cabo este análisis, se utilizó la técnica de espectroscopia de absorción atómica. El estudio abarcó todos los pasos, desde la recolección de muestras hasta el análisis y comparación de resultados. Los resultados mostraron que la leche comercial presentaba una concentración significativamente mayor de calcio en comparación con la leche cruda de ambas especies de vacas. Estos hallazgos sugieren que los procesos y tratamientos a los que se somete la leche pueden influir en su contenido de calcio. La diferencia en la concentración de calcio entre la leche comercial y la leche cruda de las vacas Brown Swiss y mestizas resalta la importancia de considerar el origen y el procesamiento de la leche al evaluar su valor nutricional. Cabe mencionar también la factibilidad del método habiendo tenido un coeficiente de determinación de 0.99, demostrado que el modelo estadístico ajustado es altamente preciso para predecir los valores de la variable dependiente basados en los valores de la variable independiente. No obstante, se necesitan más investigaciones para comprender completamente las causas de estas diferencias y sus implicaciones para la salud y la nutrición.

Palabras clave: Calcio; Leche cruda; Leche comercial; Espectroscopia; Absorción atómica; Concentración; Coeficiente de determinación

Abstract

The study has examined the methods used to determine the concentration of calcium in raw (Brown Swiss cow and crossbred cow) and commercial milk. To carry out this analysis, the atomic absorption spectroscopy technique was used. The study covered all steps, from sample collection to analysis and comparison of results. The results showed that commercial milk had a significantly higher concentration of calcium compared to raw milk from both cow species. These findings suggest that the processes and treatments to which milk is subjected can influence its calcium content. The difference in calcium concentration between commercial milk and raw milk from Brown Swiss and crossbred cows highlights the importance of considering the origin and processing of milk when evaluating its nutritional value. It is also worth mentioning the feasibility of the method, having had a coefficient of determination of 0.99, demonstrating that the adjusted statistical model is highly accurate in predicting the values of the dependent variable based on the values of the independent variable. However, more research is needed to fully understand the causes of these differences and their implications for health and nutrition.

Keywords: Calcium; Raw milk; Commercial milk; Spectroscopy; Atomic absorption; Concentration; Coefficient of determination

Introducción

El calcio es un mineral esencial para la salud y el desarrollo óptimo del ser humano. En la leche, el calcio desempeña un papel fundamental en la formación y fortaleza de los huesos y dientes, además de contribuir a la coagulación de la sangre y la función nerviosa y muscular. La presencia adecuada de calcio en la alimentación es especialmente importante durante las etapas de crecimiento, embarazo y vejez, ya que ayuda a prevenir enfermedades como la osteoporosis. Por lo tanto, determinar la concentración de calcio en la leche es de gran importancia para evaluar su calidad nutricional y su adecuación como fuente de este mineral para el consumo humano. (Sinchipa et al.2023)

Existen varios métodos para determinar la concentración de calcio en muestras de leche. Uno de los métodos más utilizados es la espectrofotometría de absorción atómica, que se basa en la absorción de radiación electromagnética por parte de los átomos de calcio presentes en la muestra. Para llevar a cabo este método, se realiza una digestión de la muestra de leche, seguida de la preparación de los patrones de calcio para la curva de calibración. Posteriormente, se realiza el análisis de la muestra en un espectrofotómetro de absorción atómica de calcio. Otra técnica comúnmente empleada es la espectroscopia de fluorescencia de rayos X, que permite la determinación directa de la concentración de calcio sin necesidad de una digestión previa de la muestra. Además de estas técnicas, también se pueden utilizar métodos gravimétricos, colorimétricos y titulométricos para determinar la concentración de calcio en la leche. (Trulls et al.2023)

La finalidad de este trabajo es determinar la concentración de calcio en leche cruda y comercial utilizando la espectroscopia atómica. Esta técnica nos permitirá obtener datos precisos y confiables sobre la cantidad de calcio presente en diferentes tipos de leche, lo cual es importante para evaluar su calidad y valor nutricional. Además, la determinación de la concentración de calcio en la leche comercial nos ayudará a identificar posibles variaciones en el contenido de calcio y compararlo con el de la leche cruda, lo que nos permitirá evaluar la efectividad de los procesos de pasteurización y homogenización utilizados en la producción de la leche comercial. (Ortega Coronel & Solis Siguencia, 2023)

El objetivo principal de este estudio es determinar la concentración de calcio en leche cruda y comercial mediante el uso de la espectroscopia atómica. Para lograr esto, se recolectarán muestras de leche cruda de las razas Brown Swiss y Mestizas, así como también muestras de leche comercial. Estas muestras serán sometidas a un proceso de digestión y posteriormente se prepararán patrones de calcio para realizar una curva de calibración. Luego, se llevará a cabo el análisis de las muestras en el espectrofotómetro de absorción atómica de calcio, obteniendo así los resultados que nos permitan determinar la concentración de calcio en cada tipo de leche.

Los objetivos específicos de este trabajo incluyen: 1) recolectar las muestras de leche cruda de las razas Brown Swiss y Mestizas, así como también muestras de leche comercial, siguiendo los protocolos establecidos; 2) llevar a cabo el proceso de digestión de las muestras de leche, utilizando los reactivos y las condiciones adecuadas para descomponer las matrices

y liberar el calcio presente; 3) preparar los patrones de calcio necesarios para la curva de calibración, utilizando soluciones de concentraciones conocidas; 4) realizar el análisis de las muestras en el espectrofotómetro de absorción atómica de calcio, siguiendo el procedimiento establecido, para obtener los valores de concentración de calcio; 5) comparar los resultados obtenidos para cada tipo de leche y para la leche comercial, evaluando las posibles diferencias y variaciones en la concentración de calcio; y 6) analizar los factores que pueden influir en la concentración de calcio en la leche, como la raza de las vacas, la alimentación y el procesamiento.

Material y métodos

La metodología utilizada en este estudio consta de varios pasos para determinar la concentración de calcio en la leche cruda y comercial empleando espectroscopia atómica. En primer lugar, se llevó a cabo la recolección de las muestras de leche, tanto de la variedad Brown Swiss como de las Mestizas. Posteriormente, se realizó la digestión de las muestras de leche para obtener el calcio en forma soluble. A continuación, se procedió a preparar los patrones de calcio necesarios para construir la curva de calibración. Por último, se llevó a cabo el análisis de las muestras en el espectrofotómetro de absorción atómica de calcio, utilizando los patrones de calibración previamente preparados. Este procedimiento permite obtener los datos necesarios para determinar la concentración de calcio en la leche analizada de manera precisa y confiable.

Recolección de las muestras de leche

Una vez que se ha identificado la vaca, se procede a preparar la ubre. Es crucial asegurarse de que los pezones estén limpios y libres de cualquier tipo de contaminante antes de la recolección de la muestra. Para ello, se sigue un estricto protocolo de higiene, utilizando toallas desechables o paños limpios para eliminar cualquier suciedad o microorganismo que pueda afectar la calidad de la muestra. Además, se aplica la práctica de desechar las primeras corrientes de leche para obtener una muestra más representativa, sin posibles contaminantes externos. Durante el proceso de recolección, se utilizan guantes desechables como medida de precaución para minimizar la posibilidad de que la muestra se contamine. La botella de recolección se coloca debajo del pezón y se ejerce una presión controlada para obtener la leche de manera sistemática. Este proceso garantiza una recolección uniforme y precisa de la muestra, evitando la contaminación y asegurando la integridad de los datos. Es fundamental obtener una muestra representativa de la leche procedente de cada cuarto de la ubre. Por ello, se lleva a cabo un procedimiento meticuloso de recolección con este objetivo en mente, asegurándose de capturar todas las posibles variaciones en la composición de la leche. También se implementan medidas adicionales para prevenir la contaminación de las muestras, como evitar el contacto directo de las manos o guantes en el interior de las botellas y sellarlas herméticamente después de la recolección. Las muestras se almacenan temporalmente en un entorno refrigerado para garantizar su preservación a bajas temperaturas hasta que se complete la recolección total. Cada botella se etiqueta adecuadamente con información crítica, como la fecha, hora y la identificación única de la

vaca correspondiente. Este etiquetado riguroso asegura la trazabilidad y permite una gestión eficiente de las muestras durante todo el proceso. Finalmente, las muestras, que se mantienen refrigeradas para su preservación, se transportan al laboratorio para realizar los análisis correspondientes. Este transporte se lleva a cabo siguiendo protocolos estrictos para garantizar la integridad de las muestras y la precisión de los resultados. (Quezada et al.)

Digestión de la muestra de leche

El equipo de digestión por microondas es una herramienta específica utilizada para llevar a cabo el proceso de digestión de muestras de leche cruda. Este equipo utiliza un método químico que permite liberar el calcio presente en la leche y convertirlo en una forma soluble que puede ser cuantificada. Durante el proceso de digestión, se siguen estrictas medidas de seguridad para garantizar la integridad de la muestra y se utilizan reactivos de alta pureza para evitar cualquier tipo de contaminación o interferencia en los resultados. La utilización de un equipo de digestión por microondas es fundamental en el análisis de la concentración de calcio, ya que permite la disponibilidad del ion calcio para su posterior cuantificación mediante espectroscopia atómica. Este proceso garantiza una mayor precisión en los resultados obtenidos, asegurando así la calidad y confiabilidad de los datos analíticos. (Henríquez Aedo, 2020)

En el proceso de digestión de la leche, es posible añadir sustancias reactivas a la muestra. Por ejemplo, para determinar la presencia de minerales, se pueden utilizar ácidos como el ácido nítrico (HNO_3) y el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) para oxidar los componentes orgánicos y disolver los elementos inorgánicos. Una vez que la muestra y los reactivos se encuentran en el tubo de digestión, se sella herméticamente para evitar la pérdida de la muestra y contener los vapores corrosivos liberados durante la digestión ácida. El tubo sellado se coloca en un digestor de microondas, que cuenta con un sistema de control de temperatura y potencia. Durante la digestión, se aplican microondas a la muestra, generando calor y elevando la temperatura de la solución en el tubo. Este aumento de temperatura acelera la descomposición de los componentes orgánicos y la disolución de los elementos inorgánicos en la solución ácida. Los parámetros de temperatura y tiempo de digestión se establecen de acuerdo a la naturaleza de la muestra y los componentes a analizar. Es esencial controlar cuidadosamente estos parámetros para lograr una digestión eficiente y completa de la muestra. Una vez que se ha completado la digestión, se permite que el tubo se enfríe antes de abrirlo. Los residuos sólidos que quedan en el tubo después de la digestión pueden ser eliminados de manera segura siguiendo los procedimientos adecuados para el manejo de residuos químicos. (Varela Collia, 2023)

Preparación de los patrones de calcio para la curva de calibración

Si los patrones que se hicieron fueron de 100, 200, 300 y 400 a partir de una solución patrón de 1000 ppm, se realizaron diluciones adecuadas de estas concentraciones conocidas de calcio con el fin de obtener varios puntos de calibración. Cada punto de calibración se sometió a análisis en el espectrofotómetro de absorción atómica para determinar la absorbancia correspondiente. La preparación cuidadosa de estos patrones de calcio es indispensable para asegurar la construcción adecuada de la curva de calibración y lograr una correcta cuantificación de la concentración de calcio en las muestras de leche analizadas.

Procedimiento de análisis en el espectrofotómetro de absorción atómica de calcio

El análisis realizado en el espectrofotómetro de absorción atómica de calcio consistió en la introducción de las muestras y patrones de calcio previamente preparados en el aparato. Durante el procedimiento, se registró la absorción de las muestras a una longitud de onda específica correspondiente al calcio. Estos datos de absorción se utilizaron para crear una curva de calibración y determinar la concentración de calcio en las muestras de leche analizadas. Se siguieron cuidadosamente los protocolos y estándares establecidos para manejar el espectrofotómetro, asegurando así la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos. El análisis en el espectrofotómetro de absorción atómica es un método eficiente y preciso para determinar la concentración de calcio en muestras de leche sin procesar y comercial a través de la utilización de la técnica de espectroscopia atómica. (Masotti et al.2020)

Verifique la correcta conexión a una fuente de energía y encendido del espectrofotómetro. Asegúrese que el instrumento esté limpio y en óptimas condiciones antes de comenzar. Encaje la lámpara de cátodo hueco en el compartimento correspondiente del espectrofotómetro. Asegúrese de que esté debidamente colocada y alineada para asegurar un rendimiento óptimo durante la medición. Seleccione la longitud de onda deseada en el espectrofotómetro mediante los controles o el software proporcionado. Ajuste la longitud de onda acorde al análisis a realizar y las características del analito de interés. Previo a las mediciones, realice una calibración del espectrofotómetro utilizando soluciones conocidas de absorbancia de referencia. Esto garantizará una lectura precisa y confiable de las muestras. Prepare las muestras según el método de análisis específico a utilizar. Asegúrese que las muestras estén limpias y correctamente preparadas para evitar interferencias en la medición. De ser necesario, abra los gases requeridos para el análisis. Por ejemplo, para la técnica de absorción atómica con lámpara de cátodo hueco, puede ser necesario utilizar acetileno u otros gases como gas de arrastre o gas de combustión, dependiendo del tipo de análisis a realizar. Coloque la muestra en la celda de muestra del espectrofotómetro y verifique que esté correctamente alineada. Inicie la medición utilizando los controles o el software del espectrofotómetro. Una vez finalizada la medición, registre los datos obtenidos, incluyendo la absorbancia o intensidad de la señal medida a la longitud de onda seleccionada.

Resultados

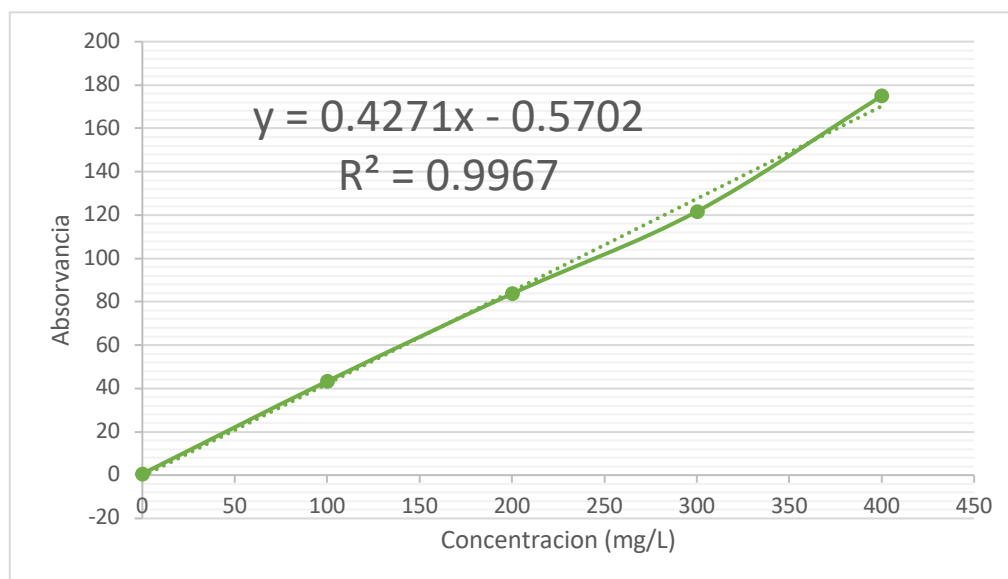
Los resultados obtenidos en esta investigación muestran la concentración de calcio en distintas clases de leche. La leche Bron Swiss tiene una concentración promedio de calcio de 125 mg/L. En contraste, la leche mestiza tiene una concentración promedio de calcio de 139 mg/L. Finalmente, la leche comercial tiene una concentración promedio de calcio de 144 mg/L. Estos datos son significativos para entender la cantidad de calcio presente en cada tipo de leche, lo que resulta fundamental para la calidad y nutrición de los productos lácteos; esta información esta resumida en la Tabla 2.

Tabla 1: Resultados parámetros de suelos agrícolas del CEIPA

Muestra	Concentración	Absorbancia
Blanco	0	0,5962
Patrón 1	100	43,3156
Patrón 2	200	83,6952
Patrón 3	300	121,6329
Patrón 4	400	174,9658
Brown Swiss	125,1697	294,4039
Mestizas	139,641	328,2866
Comercial	144,0938	338,7122

Fuente: Autor

Ilustración 1: pH vs Materia Orgánica en suelos agropecuarios del CEIPA

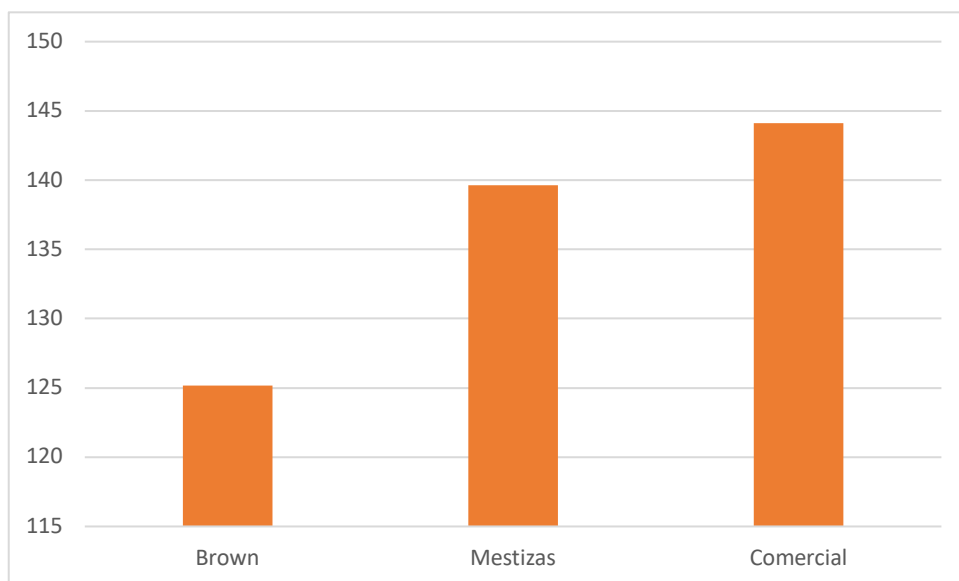


Fuente: Autor

En el análisis de la leche cruda de la raza Brown Swiss, se obtuvo una concentración promedio de calcio de 125 mg/L. Este valor refleja la cantidad de calcio presente en esta leche en particular, lo cual es fundamental para evaluar su valor nutricional y determinar su calidad. Es importante destacar que la concentración de calcio puede variar ligeramente entre diferentes muestras de leche cruda de esta raza, debido a factores como la alimentación de las vacas y las condiciones de producción. El examen de la leche sin procesar de vacas de raza mixta reveló que contiene una cantidad promedio de calcio de 139 mg/L. Esta cantidad de calcio es relevante para evaluar la calidad y el valor nutricional de la leche sin procesar de este tipo de vacas.

La concentración promedio de calcio en la leche comercial obtenida en este estudio fue de 144 mg/L. Este valor refleja la cantidad de calcio presente en la leche que se encuentra disponible en el mercado. La determinación de la concentración de calcio en la leche comercial es importante para evaluar su calidad y su contribución nutricional. Además, estos resultados permiten comparar la concentración de calcio en la leche comercial con la de la leche cruda de diferentes razas, proporcionando información relevante para consumidores y productores; por lo cual se comparan estos valores en la Ilustración 2. Es importante destacar que la concentración de calcio puede variar entre diferentes marcas y lotes de leche comercial debido a factores como el procesamiento y almacenamiento.

Ilustración 2: pH vs Materia Orgánica en suelos agropecuarios del CEIPA



Discusión

Los resultados resaltan la eficacia y versatilidad de la espectrofotometría de absorción atómica en la cuantificación precisa del calcio en muestras de leche cruda y comercial. Su alta sensibilidad y selectividad permitieron detectar incluso concentraciones traza, lo que asegura la precisión y confiabilidad en la determinación de nutrientes. Además, al ser una técnica no destructiva, garantiza la integridad de las muestras y la posibilidad de repetir mediciones, crucial tanto en la investigación científica como en el control de calidad. (Muñoz Sandoval, 2022)

La capacidad de la espectrofotometría de absorción atómica para realizar análisis rápidos y eficientes la hace valiosa tanto en entornos industriales como de investigación. Su simplicidad operativa y accesibilidad la hacen apta para diversos laboratorios, ampliando su aplicabilidad. No obstante, se deben reconocer las limitaciones inherentes a esta técnica. La

posible interferencia de otros elementos puede afectar la precisión de las mediciones, aunque métodos de corrección y preparación de muestras pueden mitigar estos efectos. Además, al proporcionar información solo sobre la concentración total de calcio, sin distinguir entre formas o biodisponibilidad, puede limitar su capacidad para ofrecer una visión completa de la composición mineral de la leche. Es fundamental considerar tanto las ventajas como las limitaciones de la espectrofotometría de absorción atómica al evaluar la concentración de calcio en muestras lácteas. (Santisteban Rojas, 2021)

Es crucial resaltar la alta precisión y fiabilidad de la curva de calibración obtenida. Un valor de R^2 tan cercano a 1 indica que el modelo utilizado para ajustar los datos de la curva de calibración es altamente predictivo y que la mayoría de la variabilidad en la absorbancia puede explicarse por las diferencias en las concentraciones de calcio. Esto sugiere que la relación entre la concentración de calcio y la absorbancia sigue una relación lineal muy cercana, lo que facilita la cuantificación precisa de calcio en muestras desconocidas mediante interpolación de la curva de calibración. Además, un R^2 de 0.996 proporciona una validación sólida de la técnica de espectrofotometría de absorción atómica para la determinación de calcio en muestras de leche cruda y comercial. Indica que la técnica es altamente confiable y que los resultados obtenidos son altamente precisos y reproducibles. Esto es esencial para garantizar la calidad y la integridad de los datos en estudios de investigación y aplicaciones industriales. (Pérez Orero, 2023)

La leche comercial tiene una mayor concentración de calcio debido a la dieta que reciben las vacas que la producen. Estas vacas son alimentadas con una dieta rica en fuentes de calcio, como alimentos balanceados o suplementos minerales. Debido a esta alimentación, su organismo absorbe más calcio y esto se refleja en la leche que producen, que cuenta con mayor cantidad de este mineral. Por otro lado, la mestiza tiene una concentración de calcio menor que la leche comercial, ya que su dieta no es tan rica en fuentes de este mineral. Por último, la Brown Swiss tiene la concentración de calcio más baja, debido a que su dieta es menos abundante en calcio en comparación con las otras dos razas de vacas. Es por ello que la leche comercial es la que presenta la mayor concentración de calcio, seguida por la mestiza y, finalmente, la Brown Swiss. (Burgos-Castro et al.2023)

Además, los métodos de manejo del ganado y la gestión de la producción de leche pueden variar significativamente entre las operaciones de producción de leche comercial y las granjas lecheras que suministran leche cruda. Por ejemplo, las vacas de leche comercial suelen estar sujetas a prácticas de alimentación y cuidado más controladas y optimizadas, con el objetivo de maximizar la producción de leche y su calidad nutricional. Este enfoque puede resultar en un contenido de calcio más alto en la leche, lo que resalta la importancia de la gestión efectiva en la producción de alimentos de origen animal. (ANGULO-ARIZALA et al.2022)

Asimismo, los productores de leche comercial pueden recurrir a la suplementación de la dieta de las vacas con aditivos o suplementos nutricionales diseñados específicamente para aumentar el contenido de calcio en la leche. Estos suplementos pueden incluir fuentes de calcio adicionales, como carbonato de calcio o fosfato de calcio, que se agregan directamente a la alimentación del ganado. Esta práctica muestra cómo la intervención humana puede influir directamente en la composición nutricional de la leche producida. (ANGULO-ARIZALA et al.2022)

Por lo tanto, las diferencias genéticas entre las diferentes razas de vacas también pueden desempeñar un papel importante en la composición nutricional de su leche, incluido el contenido de calcio. Algunas razas pueden tener una predisposición genética a producir leche con un mayor contenido de calcio que otras, lo que destaca la complejidad de los factores que influyen en la calidad de la leche producida por diferentes especies de vacas. En conjunto, estos aspectos resaltan la importancia de una gestión nutricional y genética adecuada en la producción lechera, así como la necesidad de entender y abordar los diversos factores que pueden afectar el contenido de calcio en la leche para garantizar su calidad y contribuir a la nutrición humana. (Jaramillo et al.2023)

Las vacas de raza Brown Swiss se encuentran en el tercer tercio de lactación y están gestando por tal razón existe una redistribución de nutrientes hacia el desarrollo del feto en gestación. La vaca prioriza los recursos nutricionales disponibles para asegurar un crecimiento saludable del ternero, lo que puede afectar la cantidad de nutrientes disponibles para la producción de leche. Durante el tercer tercio de la lactación, la vaca puede estar gestando un ternero. En este período, existe una redistribución de nutrientes hacia el desarrollo del feto en gestación. La vaca prioriza los recursos nutricionales disponibles para asegurar un crecimiento saludable del ternero, lo que puede afectar la cantidad de nutrientes disponibles para la producción de leche. (Arapa Salas, 2022)

Conclusiones

En definitiva, la espectrofotometría de absorción atómica es una herramienta eficaz y versátil para la cuantificación precisa del calcio en muestras de leche. Su alta sensibilidad y selectividad permiten la detección de concentraciones traza, asegurando la precisión y confiabilidad en la determinación de nutrientes. Además, al ser una técnica no destructiva, garantiza la integridad de las muestras y la repetibilidad de las mediciones, aspecto fundamental tanto en la investigación científica como en el control de calidad. La espectrofotometría de absorción atómica es valiosa tanto en entornos industriales como en la investigación debido a su capacidad de realizar análisis rápidos y eficientes. Aunque presenta limitaciones como la posible interferencia de otros elementos y la falta de distinción entre diferentes formas de calcio, su alto coeficiente de determinación (R^2) valida su robustez y precisión en la determinación de calcio en muestras de leche. Además, la dieta de las vacas, el manejo del ganado, la suplementación y las diferencias genéticas entre las razas pueden influir en el contenido de calcio en la leche, resaltando la importancia de una gestión nutricional y genética adecuada en la producción lechera.

En resumen, es importante destacar que la leche que se encuentra en el mercado puede contener más calcio debido a que se le agrega intencionalmente este nutriente durante su proceso de elaboración. Además, los procedimientos de pasteurización, homogeneización y control de calidad también pueden afectar la cantidad y disponibilidad del calcio en comparación con la leche cruda.

Referencias bibliográficas

ANGULO-ARIZALA, J. O. A. Q. U. Í. N., NEMOCÓN-COBOS, A. N. A., POSADA-OCHOA, S. L., & MAHECHA-LEDESMA, L. I. L. I. A. N. A. (2022). Producción, calidad de leche y análisis económico de vacas Holstein suplementadas con ensilaje de botón de oro (*Tithonia diversifolia*) o ensilaje de maíz. *Biotechnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 20(1), 27-40. [scielo.org.co](https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.4346-4358)

Arapa Salas, L. A. (2022). Curvas de lactación en ganado Brown Swiss bajo dos sistemas de crianza en Huancavelica e Ica. [lamolina.edu.pe](https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.4346-4358)

Burgos-Castro, D., Rojas-Bourrillon, A., & Campos-Grandos, C. M. (2023). Suplementación con un núcleo nutricional y su efecto sobre variables productivas y metabólicas en vacas jersey. *Nutrición Animal Tropical*, 17(2), 24-62. [ucr.ac.cr](https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.4346-4358)

Henríquez Aedo, K. A. (2020). Optimización de la digestión enzimática asistida por microondas para la obtención de péptidos bioactivos a partir de α -caseína de la leche. [udec.cl](https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.4346-4358)

Jaramillo, M. M., Acosta, P. L. I., Palacios, S. C. D., & Coronado, M. D. L. A. A. (2023). Implicaciones sobre la salud humana del consumo de leche de vaca. *Revista de la Facultad de Ciencias de la Salud Universidad del Cauca*, 25(2), e2225-e2225. [unicauca.edu.co](https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.4346-4358)

Masotti, F., Cattaneo, S., Stuknytė, M., Pica, V., & De Noni, I. (2020). Analytical advances in the determination of calcium in bovine milk, dairy products and milk-based infant formulas. *Trends in Food Science & Technology*, 103, 348-360. [unimi.it](https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.4346-4358)

Muñoz Sandoval, M. J. (2022). Nuevos sistemas de microextracción dispersiva combinados con espectrometría de absorción atómica para la especiación de trazas de metales. Proyecto de investigación. [um.es](https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.4346-4358)

Ortega Coronel, F. S. & Solis Siguencia, M. C. (2023). Determinación de la presencia de microplásticos y plomo en muestras de leche cruda. [ups.edu.ec](https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.4346-4358)

Pérez Orero, L. (2023). Predicción de tiempo en rango terapéutico para pacientes con fibrilación auricular no valvular (FANV) anticoagulados con antivitamina k (AVK). [upv.es](https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.4346-4358)

Quezada, O., Lorena, E., & Toapanta Canchignia, J. A. (). Evaluación de la calidad física química y conteo de células somáticas (mastitis) de la leche cruda como base para la aplicación de un programa de repositorio.espe.edu.ec. [espe.edu.ec](https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.4346-4358)

Santisteban Rojas, O. P. (2021). ... en mercados, supermercados y ambulatoriamente en la región Lima, mediante espectrofotometría de absorción atómica y espectrometría de plasma acoplado [unmsm.edu.pe](https://doi.org/10.56048/MQR20225.8.1.2024.4346-4358)

Sinchipa, O. A., Cárdenas, F. R., & Paspuel, C. F. R. (2023). Valor nutricional y producción de los principales cultivos forrajeros en el cantón Guaranda-Bolívar-Ecuador. Tesla Revista Científica, 3(2), e192-e192. puertomaderoeditorial.com.ar

Trulls, H. E., Ortiz, M. L., Picot, J. A., Zach, A., & Brem, J. C. (2023). Bioaccesibilidad in vitro y concentraciones totales de minerales esenciales en carne de dorado (Salminus brasiliensis) crudo y cocido. Revista Veterinaria, 34(2), 111-116. unne.edu.ar

Varela Collia, L. (2023). Variaciones de la expresión de miARN en leche cruda de tanque de explotaciones localizadas cerca o lejos de focos de contaminación. uniovi.es

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

Le agradecemos a la Universidad Estatal Amazónica y a la gestión del Dr. David Sancho por proporcionar los equipos, insumos y especies para poder llevar a cabo esta investigación

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.