

Accepted Manuscript / Manuscrito Aceptado

Title Paper/Título del artículo:

**Composición y contenido de aflatoxina M1 y antibióticos en leches
ultrapasteurizadas orgánicas y convencionales**

**Composition and content of aflatoxin
M1 and antibiotics in organic and conventional ultrapasteurized milks**

Authors/Autores: Ramírez-Hernández, K.G., Radilla-Vázquez, C.C., Schettino-Bermúdez, B.S., Ortiz-Cortes, J.O., Salazar-López, O.I., Pérez-González, J.J., Gutiérrez-Tolentino R.

ID: e1965

DOI: <https://doi.org/10.15741/revbio.13.e1965>

Received/Fecha de recepción: May 07th 2025

Accepted /Fecha de aceptación: April 13th 2026

Available online/Fecha de publicación: May 25th 2026

Please cite this article as/Como citar este artículo: Ramírez-Hernández, K.G., Radilla-Vázquez, C.C., Schettino-Bermúdez, B.S., Ortiz-Cortes, J.O., Salazar-López, O.I., Pérez-González, J.J., Gutiérrez-Tolentino R. (2026). Composition and content of aflatoxin M1 and antibiotics in organic and conventional ultrapasteurized milks. *Revista Bio Ciencias*, 13, e1965. <https://doi.org/10.15741/revbio.13.e1965>

This is a PDF file of an unedited manuscript that has been accepted for publication. As a service to our customers we are providing this early version of the manuscript. The manuscript will undergo copyediting, typesetting, and review of the resulting proof before it is published in its final form. Please note that during the production process errors may be discovered which could affect the content, and all legal disclaimers that apply to the journal pertain.

Este archivo PDF es un manuscrito no editado que ha sido aceptado para publicación. Esto es parte de un servicio de Revista Bio Ciencias para proveer a los autores de una versión rápida del manuscrito. Sin embargo, el manuscrito ingresará a proceso de edición y corrección de estilo antes de publicar la versión final. Por favor note que la versión actual puede contener errores de forma

Artículo original

Composición y contenido de aflatoxina M1 y antibióticos en leches ultrapasteurizadas orgánicas y convencionales

Composition and content of aflatoxin M1 and antibiotics in organic and conventional ultrapasteurized milks

Calidad de la leche / Quality of milk

Ramírez Hernández, K.G. ([0009-0009-1626-1153](https://doi.org/10.15741/revbio.13.e1965)), Radilla Vázquez, C.C. ([0000-0001-9161-1904](https://doi.org/10.15741/revbio.13.e1965)), Schettino Bermúdez, B.S. ([0000-0002-9216-156X](https://doi.org/10.15741/revbio.13.e1965)), Ortiz Cortes, J.O. ([0009-0000-8341-3596](https://doi.org/10.15741/revbio.13.e1965)), Salazar López, O.I. ([0009-0008-1325-6087](https://doi.org/10.15741/revbio.13.e1965)), Pérez González, J.J. ([0000-0002-9667-4522](https://doi.org/10.15741/revbio.13.e1965)), Gutiérrez Tolentino R.* ([0000-0002-5361-5637](https://doi.org/10.15741/revbio.13.e1965))

Unidad Xochimilco Universidad Autónoma Metropolitana. División de Ciencias Biológicas y de la Salud.
Maestría en Ciencias Agropecuarias. Calzada del Hueso 1100, Coapa, Villa Quietud, Coyoacán, 04960
Ciudad de México, México.

*Corresponding Author:

Rey Gutiérrez-Tolentino. Unidad Xochimilco, Universidad Autónoma Metropolitana. Calzada del Hueso
1100, Coapa, Villa Quietud, Coyoacán, 04960 Ciudad de México, México.
E-mail: reygut60@gmail.com

RESUMEN

En la realización de este estudio las muestras de leche entera se tomaron del estante del supermercado durante los meses de enero a diciembre de 2024, en intervalos de 30 días, el objetivo fue evaluar la calidad nutricional, presencia de aflatoxina M1 y antibiótico. Se analizaron 24 muestras de leche orgánica entera ultrapasteurizadas y 36 muestras de leche convencional entera ultrapasteurizadas, haciendo un total de 60 muestras. Todas las muestras de leche colectadas fueron analizadas en el laboratorio de análisis de lácteos de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Ciudad de México, México. La composición se obtuvo en cada muestra de leche mediante espectroscopía infrarroja, utilizando un Milkoscan minor (FOSS Electric, Hilleroed, Dinamarca). Para la determinación de antibióticos y aflatoxina M1 se utilizó el método rápido basado en la tecnología de inmunocromatografía de oro coloidal. Los datos obtenidos en este estudio evidencian que las muestras de leche (orgánicas y convencionales) cumplen con la legislación mexicana en términos de composición. Las pruebas analizadas de antibióticos y aflatoxinas M1 en todas las leches analizadas resultaron negativas. Un alimento orgánico o convencional en particular puede ser superior, inferior o igual en un nutriente, residuo y contaminante específico en comparación con su alimento equivalente.

PALABRAS CLAVE:

Proteína, grasa, lactosa, residuos, contaminantes

ABSTRACT

In this study, whole milk samples were collected from supermarket shelves from January to December 2024, at 30-day intervals. The objective was to assess the nutritional quality, as well as, the presence of aflatoxin M1 and antibiotics. A total of 60 samples were analyzed: 24 of ultrapasteurized organic whole milk and 36 of ultrapasteurized conventional whole milk. All samples were analyzed at the dairy analysis laboratory of the Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco in Mexico City, Mexico. The composition of each milk sample was determined using infrared spectroscopy with a Milkoscan Minor (FOSS Electric, Hilleroed, Denmark). Antibiotics and aflatoxin M1 levels were measured using a rapid colloidal gold immunochromatography method. The data show that both organic and conventional milk samples comply with Mexican legislation regarding composition. Tests for antibiotics and aflatoxin M1 in all samples were negative. An organic or conventional product may be superior, inferior, or equivalent to its counterpart in specific nutrients, residues, and contaminants.

KEY WORDS:

Protein, fat, lactose, residues, contaminants.

Introducción

La leche es un fluido biológico complejo, generado por las glándulas mamarias de los mamíferos, que sirve como principal fuente de sustento para el recién nacido (Yang *et al.*, 2020; Han *et al.*, 2022). La definición de leche sin otro término se reserva para la leche de vaca. De acuerdo con la normatividad mexicana se define el término leche, a la secreción natural de las glándulas mamarias de las vacas sanas o de cualquier otra especie animal, excluido el calostro (NOM-243-SSA1-2010).

En general, la leche bovina se compone del 87 % de agua, 4-5 % de lactosa, 3 % de proteínas, 3-4 % de grasas, 0.8 % de minerales y 0.1 % de vitaminas, con variaciones según la raza (Marangoni *et al.*, 2019; Lambrini *et al.*, 2020).

A nivel mundial, el ganado bovino produce del 80 al 82 % de la leche total, seguida de la de búfala, cabra, oveja y camella en un 15 %, 2 %, 1 % y 0.5 % respectivamente (Maity *et al.*, 2020; Gama *et al.*, 2022; Gonzales *et al.*, 2023). Se estima que la producción mundial de este alimento crecerá de 716 a 997 millones de toneladas para el 2029 (OECD, 2020; Bórawski *et al.*, 2021; Brodziak *et al.*, 2021; Zuba *et al.*, 2023). Los países que más producen en el mundo son la India, Estados Unidos de América, Nueva Zelanda, Suiza y Brasil (Gurtu *et al.*, 2023; Kona *et al.*, 2025). México se ubica en el decimocuarto lugar como productor de leche, al aportar un volumen de 13 mil 332 millones 738 mil litros (SADER, 2023).

La producción de leche a nivel mundial se obtiene principalmente en sistema convencional, aunque este suele ser altamente productivo, los costos ambientales para lograr dicha productividad son elevados debido al uso de fertilizantes sintéticos, plaguicidas y antibióticos. El uso de estas prácticas provoca contaminación de los recursos naturales y resistencia a los antibióticos (Boschiero *et al.*, 2023; Linehan *et al.*, 2024).

Las repercusiones ambientales de la agricultura convencional, junto con un mayor seguimiento de las personas sobre el bienestar animal y búsqueda de opciones alimentarias seguras ha dado lugar a prácticas respetuosas con el medio y los animales, como la agricultura orgánica (Knorr, 2024), esta, conforme a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) la define como "un sistema que se basa en la gestión de los ecosistemas en lugar de insumos agrícolas externos" (Knorr, 2024; Linehan *et al.*, 2024). A diferencia de la producción convencional, el uso de fertilizantes sintéticos, plaguicidas, organismos genéticamente modificados (GMOs) y antibióticos están restringidos en la producción agrícola orgánica (Giampieri *et al.*, 2022).

De acuerdo con la Fundación Internacional para la Agricultura Ecológica (IFOAM), desde el 2021, se practica la agricultura orgánica en 191 países, en más de 76 millones de hectáreas de

tierras agrícolas, con 3.7 millones de agricultores (Linehan *et al.*, 2024), México se sitúa dentro del mercado competitivo en materia de producción orgánica con 246 mil 899 hectáreas en todo el territorio, con 48 mil 874 productores (SENASICA, 2025). La ingesta de la leche orgánica y productos lácteos sigue creciendo a nivel mundial, hoy en día, son los productos orgánicos más demandados después de las frutas y verduras (Kumar *et al.*, 2023).

En general, se piensa que los alimentos orgánicos tienen mayor calidad nutricional como consecuencia de su manejo respetuoso con el ambiente en comparación con los alimentos convencionales (Thaise, 2024). Sin embargo, para llegar a conclusiones objetivas sobre la calidad nutricional de estos alimentos se requieren estudios rigurosos. Investigaciones realizadas en leche orgánica y convencional reportan presencia de aflatoxinas, unos reportan niveles similares de aflatoxinas M1 (AfM1) y en otros superiores en la leche convencional y, viceversa (Brodziak *et al.*, 2021; Saha & Wu, 2021; Matias *et al.*, 2024). Esta micotoxina, derivada principalmente del género *Aspergillus*, causa efectos perjudiciales en los seres humanos, como hepatotoxicidad, mutagenicidad, carcinogenicidad, neurotoxicidad y citotoxicidad (Fakhri *et al.*, 2019; Pour *et al.*, 2020). Desde el 2002, la AfM1 está clasificada en el grupo 1 como cancerígeno para los humanos por la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) (Alahlah *et al.*, 2020; Mollayusefian *et al.*, 2021).

Además de las aflatoxinas M1, los residuos de antibióticos en la leche también representan un riesgo relevante para la salud de los seres humanos. La exposición prolongada a residuos de antibióticos presentes en la leche puede generar diversos efectos adversos, entre ellos reacciones alérgicas, alteraciones del equilibrio microbiano intestinal, sobrecrecimiento de especies, desarrollo de resistencia y efectos tóxicos asociados. Además de modificar la microbiota intestinal, favorecer la proliferación de microorganismos patógenos y disminuir la síntesis de vitaminas esenciales (Matailo & Zaruma, 2023). Tanto las AfM1 como los residuos de antibióticos se reconocen como contaminantes de preocupación, por lo tanto, representan un problema de salud pública (Alahlah *et al.*, 2020; Matailo & Zaruma, 2023).

Se han reportado diferencias en la composición entre la leche orgánica y convencional y algunos estudios avalan que la leche orgánica tiene mayor contenido de proteína y grasa en comparación con la convencional (Galgano *et al.*, 2016; Kiczorowska *et al.*, 2017; Smigic *et al.*, 2017; Brodziak *et al.*, 2018; Kasapidou *et al.*, 2023). En cuanto a residuos de antibióticos, investigaciones los han encontrado en ambos tipos de leche y otros solo en la leche convencional y viceversa (Urkek *et al.*, 2017; Brodziak *et al.*, 2021).

En México la leche es un producto de la canasta básica y se consume de distintas marcas comerciales provenientes de industrias lácteas locales, nacionales y transnacionales las cuales ofrecen en el mercado diferentes tipos de leche, como entera, semidescremada, desnatada, hidrolizada, entre otras, obteniéndose en sistemas de producción convencionales y, en menor cantidad, en sistemas de producción orgánica (Rendón *et al.*, 2019).

En México la producción de leche orgánica es de 22 millones de litros, lo que representa el 0.2 % de la producción nacional (Gutiérrez *et al.*, 2022), no obstante, se encuentra en constante crecimiento y los estudios de composición de nutrientes y de residuos son escasos, además, no existe una norma oficial mexicana para leche orgánica, por lo que este estudio podría contribuir al conocimiento de la composición nutricional.

La evaluación integral de la composición nutricional, la presencia de contaminantes como la aflatoxina M1 y residuos de antibióticos, en leches ultrapasteurizadas (UP) orgánicas y convencionales permite obtener una visión completa de su calidad e inocuidad. Este estudio representa una de las primeras investigaciones sistemáticas realizadas en México que compara simultáneamente estos parámetros en leches enteras ultrapasteurizadas orgánicas y convencionales comercializadas en la Ciudad de México. A diferencia de investigaciones previas, que suelen centrarse en leches crudas y en un solo aspecto, esta investigación aporta datos representativos y actualizados del producto final consumido por la población.

La calidad de la leche debe evaluarse no solo por lo que contiene (nutrientes), sino también por lo que no debería contener (residuos y contaminantes). Por lo que el objetivo de este estudio fue evaluar la calidad nutricional, presencia de aflatoxina M1 y antibiótico en leches enteras UP de

dos marcas de leches orgánicas y tres marcas de leches convencionales comercializadas en la Ciudad de México.

Material y Métodos

Selección de supermercados

Se visitaron diferentes supermercados de la Ciudad de México para identificar la oferta de leches enteras orgánica y convencional (UP). Se identificaron cuatro industrias lácteas que ofrecen leche entera UP, una de ellas ofrece leche entera orgánica y convencional (Industria 1a y 1b), otra industria ofrece leche entera orgánica (Industria 2) y las otras dos leches enteras convencionales (Industrias 3 y 4). Se seleccionó el supermercado que garantizó el suministro de muestras de leche de las cuatro industrias lácteas durante el estudio.

Obtención de muestra

En la realización de este estudio, las muestras de leche entera UP se tomaron del estante del supermercado durante los meses de enero a diciembre de 2024, en intervalos de 30 días. De cada industria láctea se colectó un L de leche. Se analizaron 24 muestras de leche orgánica entera UP (12 muestras de cada industria) y 36 muestras de leche convencional entera UP (12 muestras de cada industria), haciendo un total de 60 muestras.

Análisis de muestra

Todas las muestras de leche colectadas fueron trasladadas a temperatura ambiente y analizadas en el laboratorio de análisis de lácteos de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, Ciudad de México, México.

Determinación de grasa, lactosa, proteína, sólidos no grasos, minerales y densidad

El contenido en porcentaje de proteína, grasa, lactosa, sólidos no grasos (NFS), minerales y la determinación de la densidad se obtuvo en cada muestra de leche a 40 ± 0.5 °C mediante espectroscopía infrarroja, utilizando un Milkoscan minor (FOSS Electric, Hilleroed, Dinamarca).

Determinación de antibióticos

La determinación de antibióticos se realizó mediante el método rápido basado en la tecnología de inmunocromatografía de oro coloidal para la detección de betalactámicos (<1.5 µg/L, resultado negativo), sulfonamidas (<25 µg/L, resultado negativo) y tetraciclinas (<20 µg/L, resultado negativo) (Bioeasy, YRM1026, China).

Determinación de aflatoxina M1

Para la determinación de la aflatoxina M1 se utilizó el método rápido basado en la tecnología de inmunocromatografía de oro coloidal (<0.5 µg/L resultado negativo) (Bioeasy, YRF1004-3, China).

Análisis estadístico

Para el análisis de las variables bajo estudio se utilizó un diseño experimental factorial de 5 x 2 con tres repeticiones. Se presenta a continuación:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} Variable respuesta (porcentaje de grasa, proteína, lactosa, sólidos no grasos, minerales y densidad)

μ Es la media global de la respuesta

α_i Efecto de la industria láctea (1a, 2, 1b, 3 y 4).

β_j Efecto de la época (seca, húmeda).

$\alpha\beta_j$ Efecto de la interacción entre los factores industrias y época.

ε_{ijk} es el error aleatorio.

Los datos obtenidos fueron procesados mediante análisis exploratorio, estadística descriptiva, análisis de varianza y en los casos donde se detectó diferencia estadística ($p < 0.05$) se utilizó una prueba de Tukey al 95 %. Se obtuvo el coeficiente de correlación de Pearson al 95 %.

Se utilizó el programa estadístico IBM® SPSS® versión 24.0 para Windows (Armonk NY, USA).

Resultados y Discusión

En general las etiquetas en los envases de Tetra Pak de las leches analizadas proporcionaron información con respecto al sistema de producción, tipo de leche, y composición, además de incluir información sobre la presencia de antibióticos y leyendas como “sin organismos genéticamente modificados” (GMOs). En la tabla 1 se describen las cuatro industrias lácteas analizadas, la industria 1, ofrece al consumidor leche orgánica y leche convencional (1a, 1b) la industria 2, ofrece sólo leche orgánica y las industrias 3 y 4 solo leche convencional. Todas las industrias informaron acerca del tipo de leche y composición, sin embargo, no todas indicaron en sus etiquetas la presencia de antibióticos y/o AfM1, ni tampoco si es o no producida con organismos genéticamente modificados.

La declaración en las etiquetas de las muestras de leches analizadas, independientemente del sistema de producción, dieron a conocer la composición nutrimental, el contenido de los macronutrientes fue muy próximo en las leches orgánicas, en cambio, al comparar el tipo de sistema de producción, las leches convencionales reportaron valores mayores de proteína (3.1 %) y grasa (3.3-3.4 %) respecto a la leche orgánica (Tabla 1). Esto puede atribuirse a diferencias en la alimentación del ganado. Estudios reportan que en los sistemas de producción convencional se suelen utilizar dietas energéticamente densas, lo que incrementa el contenido de grasa y proteína en la leche (Magan *et al.*, 2021; Vicente *et al.*, 2017). Por otro lado, los sistemas basados en pastoreo generan leches con perfiles lipídicos más saludables, aunque con menor contenido graso total (Lopez *et al.*, 2024). La información con respecto al contenido de proteína, grasa y lactosa encontrado en las etiquetas de las leches cumplió con los valores indicados en la normatividad oficial mexicana (NOM-155-SCFI-2012). Pero al comparar el contenido de proteína y grasa, fue menor que lo declarado en el etiquetado de leches orgánicas y convencionales pasteurizadas y UP de la ciudad de Florida, Grecia (3.2-3.4 %; 3.5-3.9 %) (Kasapidou *et al.*, 2023).

Además de la información sobre el contenido de macronutrientes declarado en las etiquetas de las leches analizadas, se identificaron leyendas haciendo referencia al bienestar animal por ejemplo: “Nuestras vacas son de libre pastoreo y viven en un entorno de bienestar animal”, confirmación de calidad como: “Producimos leche orgánica de alta calidad gracias a nuestras prácticas sostenibles” o “Calidad que se distingue por su delicioso sabor, cremosidad y consistencia”, por lo general estas leyendas fueron identificadas en las etiquetas de las leches orgánicas (Tabla 2). Esto se debe probablemente a que los consumidores muestran una mayor disposición a pagar por alimentos orgánicos con atributos éticos adicionales (Thaise *et al.*, 2024). Se ha reportado que la información y el formato de la etiqueta son importantes, al convertirse en una herramienta para las elecciones alimentarias de los consumidores (Thiene *et al.*, 2018; Rihn *et al.*, 2019). La leyenda “bienestar del animal” ha mostrado un impacto positivo y fuerte en este tipo de información, además de leyendas como “producido orgánicamente” o “prácticas sostenibles”. De hecho, los consumidores con estas características suelen ser conscientes del

medio y del problema de la sostenibilidad, y pueden estar más inclinados a pagar un precio superior (Katt & Meixner, 2020; Wang *et al.*, 2020).

Un estudio contrasta sus hallazgos con los etiquetados en países europeos, donde se incluye información adicional sobre frescura, localidad e impacto ambiental. Esta divergencia refleja diferencias regulatorias y demandas de los consumidores. Mientras en México el etiquetado se centra en aspectos básicos, en Europa existe un impulso hacia etiquetados integrales que incluyen confirmación de calidad, información sobre la frescura, cuidado del ambiente, valor nutrimental, condiciones de procesamiento de la leche, localidad del producto y bienestar animal (Woó *et al.*, 2022). Adoptar enfoques similares en México fortalecería la transparencia y competitividad de la industria láctea nacional. La falta de estandarización en el etiquetado limita la capacidad del consumidor para tomar decisiones informadas. Aunque las leches orgánicas suelen percibirse como más saludables, la evidencia científica sobre sus beneficios nutricionales significativos frente a las convencionales sigue siendo un tema de debate (Suciu *et al.*, 2019; Thaise *et al.*, 2024). Es esencial que las autoridades fomenten etiquetados basados en evidencia que prioricen información relevante para la salud, como la presencia de contaminantes y residuos, así como el contenido nutrimental (López & Celis, 2024).

Tabla 1. Información en las etiquetas de macronutrientes, residuos y contaminantes de leches ultrapasteurizadas orgánicas y convencionales de la Ciudad de México.

Industria	Tipo	Proteína (%)	Grasa (%)	Lactosa (%)	Sin antibióticos	Sin AfM1	Sin GMOs
Orgánicas							
1a	Entera	3.0	3.0	4.8	Indicado	Ni	Indicado
2	Entera	3.0	3.0	4.3	Ni	Ni	Indicado
Convencionales							
1b	Entera	3.1	3.3	4.8	Ni	Ni	Ni
3	Entera	3.1	3.4	4.8	Ni	Ni	Ni
4	Entera	3.1	3.3	5.0	Ni	Ni	Ni

AfM1: Aflatoxina M1; GMOs: organismos genéticamente modificados; Ni: no indicado.

Tabla 2. Información en las etiquetas sobre el bienestar animal y calidad de leches ultrapasteurizadas orgánicas y convencionales de la Ciudad de México.

Criterios	Leyendas	Industrias				
		1a (orgánica)	2 (orgánica)	1b (convencional)	3 (convencional)	4 (convencional)
Bienestar animal	«Libre pastoreo»	✓	✓			
Sin GMOs	«Producido sin GMOs»	✓	✓			
Confirmación de Calidad	«Relacionado con prácticas sostenibles»	✓	✓			
	«Relacionado con el sabor, cremosidad, consistencia»	✓	✓	✓	✓	✓

GMOs: organismos genéticamente modificados.

Grasa, proteína y lactosa

En la tabla 3 se observan los datos obtenidos de las variables analizadas en este estudio. La industria 1a (orgánica) registró el valor más elevado de grasa (3.54 %), comparado con las industrias lácteas convencionales (industria 1b, 3 y 4), siendo significativo ($p < 0.05$) para las industrias 1b, 4 (convencionales) e industria 2 (orgánica). Para el caso de proteína, las industrias 1b y 3 (convencionales) alcanzaron la cifra más alta (3.18 %) para ambas, estas industrias tuvieron

valores significativos ($p < 0.05$) respecto a las industrias 1a, 2 (orgánicas) y 4 (convencional) (3.08 %, 3.04 y 3.11 %, respectivamente). Mientras que, para el componente de lactosa, las industrias 1b y 3 (convencionales) arrojaron el valor de 4.88 % para ambas, siendo significativo ($p < 0.05$) con respecto a las industrias 1a, 2 (orgánicas) e industria 4 (convencional). En términos de grasa, proteína y lactosa las industrias lácteas comercializadas en México deben cumplir con lo estipulado en la normatividad nacional, para el caso de grasa y proteína se indica un valor mínimo de 3.0 %, para el caso de lactosa se determina el valor mínimo de 4.3 % y un valor máximo de 5.2 % (NOM-155-SCFI-2012); los datos obtenidos en este estudio evidencian que las muestras de leche (orgánicas y convencionales) cumplen con la legislación mexicana. Sin embargo, cabe destacar que los valores establecidos en la Norma para grasa, proteína y lactosa hace referencia a la leche obtenida en sistema de producción convencional, dado que, en México no existe una Norma para leche orgánica se empleó NOM-155-SCFI-2012 como indicador de referencia.

Los valores de proteína y grasa encontrados son menores a lo informado para leches enteras pasteurizadas y UP orgánicas y convencionales comercializadas en Florida, Grecia, en donde los contenidos de proteína (3.38 vs 3.39 %) y grasa (3.75 vs 3.85 %) fueron ligeramente mayores en convencional (Kasapidou *et al.*, 2023), sin embargo, se halló una característica similar a este estudio, el contenido de proteína fue mayor en las leches convencionales comparada con las leches orgánicas (3.18 % vs 3.08 % respectivamente). Otro estudio realizado en leches enteras pasteurizadas convencionales comercializadas en el Reino Unido, reportan valores mayores de grasa y proteína comparados con valores encontrados en este estudio (3.49 vs 3.42, 3.27 vs 3.18 respectivamente) (Stergiadis, *et al.*, 2019). Este patrón también se observa en estudios realizados en leches crudas orgánicas de Letonia y convencionales del norte de Italia, se obtuvieron contenidos mayores de proteína y grasa con intervalos de 3.13-3.43 %, 3.18-3.21 % y 3.79-4.21 %, 3.65-3.84 %, respectivamente (Lakstiņa *et al.*, 2023; Pastorelli *et al.*, 2023). Las granjas convencionales suelen usar concentrados ricos en energía y proteína, lo que favorece la síntesis proteica, mientras que las orgánicas dependen más del forraje verde, con menor densidad proteica. Otros factores, como raza, etapa de lactancia, salud animal y estacionalidad, también influyen en el contenido proteico (Tunick *et al.*, 2016; Smigic *et al.*, 2017; Lakstiņa *et al.*, 2023).

Los resultados obtenidos en este estudio indican que las leches convencionales presentan mayor contenido de proteína y lactosa, con excepción del contenido de grasa que fue mayor en la leche orgánica de la industria 1a, inclusive por arriba del mínimo requerido estipulado en la normatividad mexicana (3.54 % vs 3.0 %), sin embargo, dado que el contenido de los macrocomponentes en la leche puede variar de acuerdo a los factores internos y externos del ganado, la diferencia observada no se puede atribuir al tipo de sistema de producción. Una de las explicaciones radica en la composición de la dieta en dos sistemas de cultivo. La dieta en las granjas convencionales consiste en un mayor porcentaje de concentrados, lo que se asocia con la disminución de la concentración de grasa láctea (Smigic *et al.*, 2017). Un estudio realizado en leches enteras pasteurizadas orgánicas y convencionales comercializadas en el Reino Unido, reportaron valores mayores de grasa en la leche orgánica (40.0 g/kg vs 34.9 g/kg respectivamente), sin embargo, los autores aclaran que esto puede ser un efecto de la estandarización de la grasa en las plantas de procesamiento más que un efecto del sistema de producción, un comportamiento similar que se encontró a este estudio, es el mayor contenido de lactosa en las leches convenciones contrastada con la leches orgánicas con diferencia significativa ($p < 0.05$) (Stergiadis, *et al.*, 2019), quienes atribuyen las diferencias a la mayor densidad energética de las dietas convencionales, sin embargo, otros estudios mencionan que la lactosa es menos sensible al tipo de sistema productivo, reportando contenidos similares entre leche orgánica y convencional (Manuelian *et al.*, 2022; Kasapidou *et al.*, 2023).

En otro estudio realizado en muestras de leche cruda obtenidas de granjas orgánicas y convencionales en Serbia, reportaron que la leche convencional fue significativamente más baja en contenido de grasa que las muestras de granjas orgánicas ($p < 0.05$), mas no así en el contenido de proteína, la diferencia encontrada de este componente entre las leches orgánicas y convencionales no fue estadísticamente significativa ($p > 0.05$) (Smigic *et al.*, 2017).

Es importante mencionar que la variabilidad observada entre las leches orgánicas 1a y 2 sugiere que factores estacionales y prácticas de manejo, más que el sistema productivo en sí,

influyen en la grasa. Investigaciones reportan que la leche orgánica presenta mayor contenido de grasa en otoño-invierno que en primavera-verano (4.04 % vs 3.56 %) (Tunick *et al.*, 2016).

Tabla 3. Medias y desviaciones estándares (\pm) de la composición en leches ultrapasteurizadas orgánicas y convencionales consumidas en la Ciudad de México.

Industrias	n	Variables											
		Grasa (%)		Proteína (%)		Lactosa (%)		NFS (%)		Minerales(%)		Densidad(m/v)	
		\bar{X}	S.D	\bar{X}	S.D	\bar{X}	S.D	\bar{X}	S.D	\bar{X}	S.D	\bar{X}	S.D
Orgánicas													
Industria 1a	12	3.54a \pm 0.21		3.08bc \pm 0.03		4.73bc \pm 0.05		8.52bc \pm 0.04		0.69bc \pm 0.00		1.029a \pm 0.00	
Industria 2	12	3.05d \pm 0.16		3.04c \pm 0.05		4.67c \pm 0.08		8.41c \pm 0.04		0.68c \pm 0.01		1.028b \pm 0.00	
Convencionales													
Industria 1b	12	3.28bc \pm 0.11		3.18a \pm 0.03		4.88a \pm 0.05		8.77a \pm 0.04		0.71a \pm 0.00		1.029a \pm 0.00	
Industria 3	12	3.42ab \pm 0.12		3.18a \pm 0.05		4.88a \pm 0.05		8.79a \pm 0.04		0.71a \pm 0.00		1.029a \pm 0.00	
Industria 4	12	3.19cd \pm 0.06		3.11b \pm 0.04		4.77b \pm 0.06		8.60b \pm 0.04		0.70b \pm 0.00		1.029a \pm 0.00	
NOM-155-SCFI-2012		3.0% mín		3.0% mín		4.3 a 5.2% máx		8.3% mín		N/E		1.029 mín	

NFS: sólidos no grasos; \bar{X} : media; S.D: desviación estándar; mín: mínimo; máx: máximo; N/E: no especificado. Los niveles con diferentes letras en la misma columna son significativamente distintos al 95%.

Si bien la leche orgánica de la Industria 2 alcanzó el valor mínimo requerido de grasa y proteína mencionado en la NOM-155-SCFI-2012 (Tabla 3), al observar la tendencia del comportamiento de las variables grasa, proteína y lactosa en las leches orgánicas y convencionales comercializadas (Figura 1), la leche orgánica de la industria 2 en los meses de febrero, abril, junio, julio y septiembre registró valores de grasa ligeramente menores de lo establecido en la Norma mexicana (2.87, 2.96, 2.97, 2.98 y 2.98 % vs 3.0 % respectivamente), en los meses de septiembre y octubre los valores de proteína fueron muy ligeramente menores que lo indicado en la Norma en mención (2.99 % vs 3.0 %). Para el caso de la lactosa, todas las industrias lácteas analizadas registraron valores dentro del intervalo que establece la Norma (4.3 a 5.2 %).

La industria 1a (orgánica), Industrias 1b, 3 y 4 (convencionales) mantuvieron valores por arriba del 3.0 % tanto para grasa como proteína, la leche orgánica de industria 1a presentó menos grasa durante julio a noviembre, el resto de los meses los valores de este componente fueron elevados. Las leches convencionales de las industrias 1b, 3 y 4 registraron concentraciones bajas de grasa en junio, septiembre y octubre, y concentraciones altas en noviembre, las concentraciones de proteína y lactosa en las leches convencionales fueron mayores en los meses de noviembre, diciembre, marzo, mayo, los meses restantes registraron valores intermedios, sin ser significativamente diferente. La tendencia de los valores obtenidos en las leches analizadas describen la variabilidad del contenido de grasa, proteína y lactosa a través del tiempo con valores bajos en época húmeda (mayo-octubre), esto coincide con lo informado por una investigación en leches crudas orgánica y convencional de Pensilvania, Estados Unidos, en donde reportaron menores contenidos de grasa en primavera-verano que en otoño-invierno para ambos tipos de leche, siendo 3.56 vs 4.04 % para leche orgánica y 3.6 vs 3.73 % para convencional, informaron mayor contenido de proteína en otoño-invierno que en primavera-verano (3.38 vs 3.26 % orgánica; 3.30 vs 3.21 % convencional) y mayor contenido de lactosa en otoño-invierno que en primavera-verano solo para la leche convencional (Tunick *et al.*, 2016).

Otro estudio en leche orgánica cruda de Letonia se encontró menor contenido de grasa en primavera-verano que en otoño-invierno (4.0 vs 4.2 %), mayor contenido de proteína en otoño-invierno que en primavera-verano sin alcanzar diferencia significativa ($p > 0.05$) (Lakstiņa *et al.*, 2023). Sin embargo, se ha informado que no se registra diferencia en el contenido de lactosa entre la leche orgánica y convencional; en una investigación en leche orgánica y convencional producida en el norte de Italia, no se encontró diferencia estadística (4.81 vs 4.83 %) (Manuelian *et al.*, 2022).

En otra investigación realizada en leches enteras pasteurizadas y UP orgánicas y convencionales comercializadas en Florida, Grecia, tampoco se encontró diferencia significativa en el contenido de lactosa entre las leches orgánicas y convencionales (4.66 % para ambos tipos de leche) (Kasapidou *et al.*, 2023).

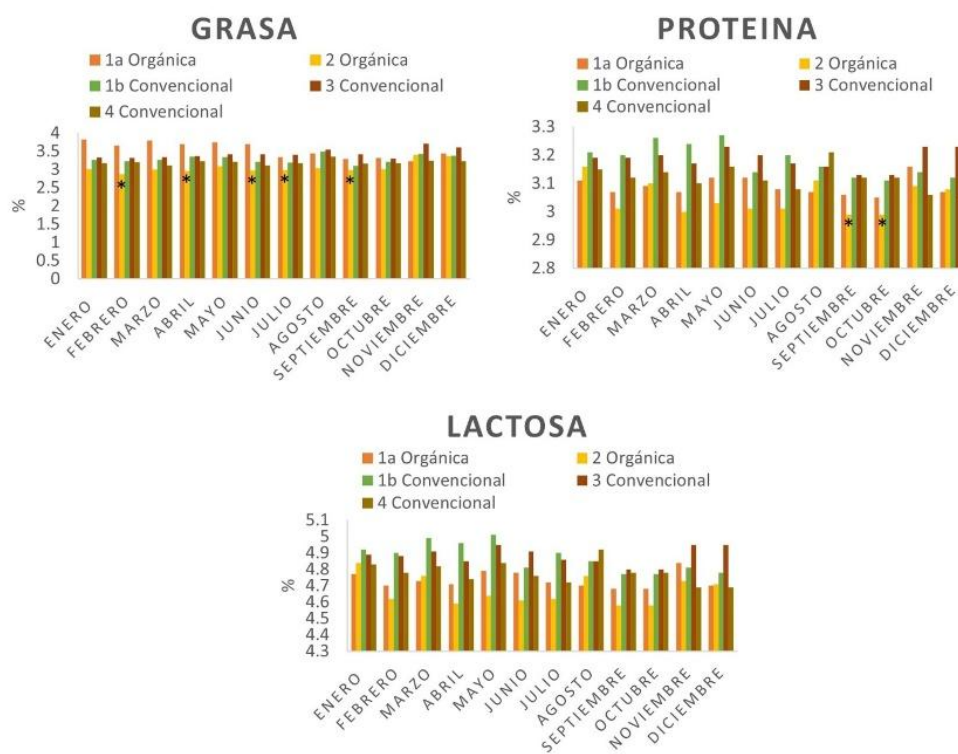
Los resultados de este estudio, a lo largo de los meses, evidencian que la alimentación estacional y el manejo ganadero son factores determinantes sobre los macrocomponentes lácteos. En zonas templadas, el contenido de grasa y proteína aumenta en invierno debido al mayor consumo de alimento conservado y menor temperatura ambiental (Tunick *et al.*, 2016; Lakština *et al.*, 2023).

Todos los valores se encuentran dentro de los parámetros de la NOM-155-SCFI-2012, lo que respalda la calidad composicional de las leches comercializadas en México. No obstante, la normatividad mexicana no contempla específicamente leche orgánica, limitando la comparación directa entre sistemas.

Sólidos no grasos

Las cifras de NFS alcanzaron el valor mínimo de 8.41% para la industria 2 (orgánica) y máximo de 8.79 % para la industria 3 (convencional), seguido de la industria 1b con el 8.77 % (convencional), ambas lograron diferencia significativa ($p < 0.05$) respecto a las industrias 1a, 2 (orgánicas) e industria 4 (convencional), 8.52 %, 8.41 % y 8.60 % respectivamente.

Figura 1. Comportamiento de porcentaje de grasa, proteína y lactosa de leches ultrapasteurizadas orgánicas y convencionales de la Ciudad de México.



* Valores registrados por debajo del valor mínimo requerido en la NOM-155-SCFI-2012

Es importante destacar que todas las industrias lácteas cumplieron con el mínimo requerido por la normatividad mexicana de 8.3 % (Tabla 3), si bien las leches orgánicas alcanzaron valores menores que la leche convencional (8.41-8.52 % vs 8.60-8.79 %); ambas confirmaron la conformidad con los parámetros regulatorios locales. La leche convencional presentó mayor contenido de NFS, lo cual se comprende por la correlación que existe entre el contenido de proteína y lactosa, estos componentes dependen de la genética del animal, la etapa de lactancia, el nivel de producción (mayor producción suele asociarse con dilución de sólidos). Además, la alimentación, por ejemplo, mayor aporte de proteína y energía en la ración, la proporción de pasto vs concentrado, y la suplementación proteica influyen directamente sobre la proteína y, por ende, sobre los NFS (Azevedo *et al.*, 2023). En una revisión se concluye que, aunque la leche orgánica puede tener un perfil de ácidos grasos más favorable, las diferencias en sólidos no grasos tienden a ser modestas (Linehan *et al.*, 2024). Esto sugiere que la diferencia observada de NFS en las leches orgánicas de este estudio puede reflejar diferencias en el tipo de alimentación (mayor pastoreo y menor uso de concentrados proteicos en orgánico), la genética y etapa de lactancia promedio de las vacas, más que un efecto intrínseco de la producción orgánica.

Los resultados de NFS de esta investigación son menores a lo informado por una investigación en leches crudas orgánica (8.78 a 8.83 %) y convencional (8.78 a 8.92 %) realizada en Pensilvania, Estados Unidos, pero mayores a lo informado para leches orgánicas y convencionales comercializadas en Bangkok, Tailandia (7.39 a 7.71 %, 7.46 a 8.02 % respectivamente) (Tunick *et al.*, 2016; Phuenpong *et al.*, 2021).

Otro estudio realizado en leches enteras pasteurizadas y UP orgánicas y convencionales comercializadas en Florida, Grecia, informaron valores mayores a lo reportado en este trabajo (8.72 % vs 8.41 a 8.52 %), pero, menor a lo reportado para la leche convencional (8.72 % vs 8.77 a 8.79 % de las industrias 1b y 3 respectivamente) (Kasapidou *et al.*, 2023). Por otra parte, un estudio realizado en leches crudas orgánicas de Letonia, reportaron valores de NFS mayores (8.72 a 9.05 % vs 8.41 a 8.52 %) a lo encontrado en este estudio (Lakstiņa *et al.*, 2023), seguramente estas diferencias se deben al tipo de ganado lechero de cada país. Por ejemplo, un estudio realizado en leche cruda convencional obtenida de ganado Holstein-Frisona, de Tasmania, Australia, reportaron valores entre 9.4 y 9.8 % (Dias *et al.*, 2019). Estas discrepancias concuerdan con lo esperado dada la influencia multifactorial sobre los NFS (raza, manejo, sistema de alimentación) documentada en la literatura (Kashongwe *et al.*, 2017; Mayberry *et al.*, 2017; Mukasafari *et al.*, 2025).

Minerales

Las cifras registradas estuvieron en un intervalo de 0.68-0.71 %, el valor mínimo fue para la industria 2 con 0.68 % (orgánica), mientras que las industrias 1b e industria 3 (convencionales) arrojaron un valor de 0.71 %, ambas fueron significativas ($p < 0.05$) con las industrias lácteas 1a, 2 (orgánicas) e industria láctea 4 (convencional). Las leches convencionales alcanzaron ligeramente mayores valores que las leches orgánicas (0.70-0.710 % vs. 0.68-0.69 %).

Los valores de minerales registrados en esta investigación (Tabla 3) fueron similares a lo reportado en leches enteras pasteurizadas y UP orgánicas (0.68 %) y mayores que las leches enteras convencionales (0.68 % vs 0.70 a 0.71 %) comercializadas en Florida, Grecia (Kasapidou *et al.*, 2023).

Los valores reportados de esta variable fueron similares en leches crudas orgánica (0.67 a 0.69 % vs 0.68 a 0.69 %) y mayor que la convencional de Pensilvania, Estados Unidos, en donde reportaron 0.68 a 0.69 % vs 0.70 a 0.71 % (Phuenpong *et al.*, 2021), pero menores a lo reportado en leche orgánica de Letonia (0.75 a 0.82 % vs 0.68 a 0.69 %) (Lakstiņa *et al.*, 2023).

El contenido de minerales en las leches estudiadas permitió observar que fue ligeramente elevado en las leches convencionales alcanzando diferencia significativa ($p < 0.05$) lo que le da reconocimiento a esta, pues los minerales son importantes para el crecimiento y desarrollo, además son importantes para el desarrollo de huesos fuertes y prevención de la osteoporosis. La leche contiene minerales diferentes, principalmente el calcio (Ca), magnesio (Mg), sodio (Na), potasio (K), fósforo (P), zinc (Zn), hierro (Fe), cobre (Cu), manganeso (Mn), entre otros; la leche es

la fuente más importante de Ca y P biodisponibles en la dieta (Singh *et al.*, 2019). Investigaciones confirman que la leche convencional presenta mayores concentraciones de calcio (Ca), fósforo (P) y magnesio (Mg), lo cual se asocia con la suplementación alimentaria y la menor variabilidad estacional en los sistemas intensivos (Ren *et al.*, 2021; Manuelian *et al.*, 2022).

La leche convencional mostró una ligera ventaja en el contenido mineral, probablemente asociada con suplementación dietética, mientras que la leche orgánica destaca por su mayor aporte de ácidos grasos insaturados y antioxidantes, que contribuyen a un perfil más saludable (German *et al.*, 2022; Walther *et al.*, 2022).

Densidad

Las cifras estuvieron dentro de los valores establecidos en la NOM-155-SCFI-2012 (1.029 mínimo), confirmando la autenticidad del producto, sin embargo, la industria 2 (orgánica) registró ligeramente cifra por debajo del valor mínimo requerido para la densidad (1.028 vs 1.029).

De todas las leches analizadas en este estudio se observó que el valor de densidad fue el mismo en las leches convencionales (Industria 1b, 3 y 4) y en la leche orgánica de la industria 1a (1.029 m/v para cada una), alcanzando diferencia significativa entre estas industrias y la industria 2 (orgánica) ($p < 0.05$). De acuerdo a los resultados obtenidos, las industrias de leches convencionales y la industria 1a (orgánica) cumplen con lo mencionado en la Norma NOM-155-SCFI-2012 (NOM-155-SCFI-2012), mientras que la industria 2 (orgánica) registró un valor de 1.028 m/v, de acuerdo a este dato no cumple con la normatividad (1.028 vs 1.029 m/v respectivamente), sin embargo, la literatura menciona valores tolerables de 1.028 a 1.033 (Singh *et al.*, 2019), por lo tanto el dato anterior se encuentra dentro de los datos aceptables a nivel internacional, esto llega a ocurrir a causa de los componentes diluidos en la leche.

Estudios recientes han demostrado que la densidad de la leche está estrechamente relacionada con los sólidos no grasos, la concentración proteica, principalmente caseína (Parmar *et al.*, 2020; Huaraca *et al.*, 2024). Además, las leches orgánicas tienden a presentar una mayor variabilidad composicional y menor grado de estandarización industrial, lo que explica ligeras desviaciones como la observada (Nyokabi *et al.*, 2022). Esto indica que las diferencias en densidad entre leche orgánica y convencional suelen ser mínimas y no comprometen la calidad del producto final.

Antibióticos y Aflatoxina M1

Los análisis de pruebas de antibióticos y AfM1 para leche dieron resultados negativos en todas las muestras analizadas (industrias lácteas 1a y 2 -orgánicas- e industrias 1b, 3 y 4 -convencionales-) (Tabla 4).

Tabla 4. Presencia de antibióticos y aflatoxina M1 en leches ultrapasteurizadas orgánicas y convencionales consumidas en la Ciudad de México.

Variables	Industria 1a Leche orgánica (n=12)	Industria 2 Leche orgánica (n=12)	Industria 1b Leche convencional (n=12)	Industria 3 Leche convencional (n=12)	Industria 4 Leche convencional (n=12)	NOM-243-SSA1-2010
Antibióticos	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo
Aflatoxina M1	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo	≤0.5 µg/L (Negativo)

Las pruebas realizadas de antibióticos (betalactámicos, sulfonamidas y tetraciclinas) y AfM1 en todas las leches (orgánicas y convencionales) analizadas resultaron negativas, por lo tanto, cumplieron con lo determinado en la Norma Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010 (Tabla 4), muy

probable sea consecuencia al control de calidad e inocuidad que tiene cada industria láctea en sus unidades de producción. La ausencia de residuos antibióticos podría atribuirse a un cumplimiento riguroso de los periodos de retiro de medicamentos veterinarios y a la adopción de sistemas de aseguramiento de calidad en la producción. Estudios recientes en México han reportado resultados concordantes, evidenciando la ausencia de antibióticos en leche comercial, sugiriendo una mejora en las estrategias de vigilancia y autocontrol industrial (Radilla *et al.*, 2025). Sin embargo, estos hallazgos contrastan con lo reportado en Estados Unidos de Norte América, donde se detectaron residuos de betalactámicos (amoxicilina), sulfonamidas (sulfatiazol, sulfadimetoxina y sulfametazina) y tetraciclina (oxitetraciclina) en leches convencionales, al igual que en el presente estudio, no reportan residuos de estos antibióticos en las leches orgánicas (Welsh *et al.*, 2019). Resultados similares fueron encontrados en Colombia, donde se reportó residuos de betalactámicos en leche convencional comercializada en ese país (Londono *et al.*, 2024).

En contraste, con los resultados de esta investigación, en los que no se detectó AfM1 en ninguna de las muestras analizadas, diversos estudios han reportado la presencia de esta micotoxina en leches comercializadas en diferentes regiones. Por ejemplo, un estudio realizado en leches enteras pasteurizadas y UP convencionales comercializadas en Monterrey, México, se informó que el 39 % de las muestras evaluadas estuvieron por encima del límite establecido (con una cantidad de AfM1 superior a 0.5 µg/L) (Quevedo *et al.*, 2018), lo que pone de relieve la variabilidad regional y las diferencias en las condiciones de manejo de alimento para ganado y almacenamiento de granos. Esta variabilidad podría explicarse por factores ambientales, el tipo de forraje y la presencia de hongos del género *Aspergillus* en los alimentos del ganado (Min *et al.*, 2021).

Resultados similares fueron reportados en Brasil, donde se detectó AfM1 tanto en leche pasteurizada orgánica como convencional, con concentraciones de 0.061 y 0.064 µg/L respectivamente (Sifuentes *et al.*, 2016). Aunque la producción orgánica presenta menor riesgo de contaminación, no está exenta de ella, ya que las esporas fúngicas pueden desarrollarse durante el almacenamiento del alimento, independientemente del sistema productivo (Bento *et al.*, 2024).

Los resultados de este estudio resaltan la importancia de mantener sistemas de control de calidad robustos y de continuar fortaleciendo la vigilancia sanitaria, especialmente frente a los riesgos de posible contaminación de micotoxinas en cadenas de producción láctea. Además, la comparación entre sistemas orgánicos y convencionales sugiere que, si bien ambos pueden alcanzar altos estándares de inocuidad, el modelo orgánico tiende a ofrecer mayor seguridad frente a residuos, alineándose con los objetivos de producción sostenible y consumo responsable, sin embargo, los datos de presencia de AfM1 en leches orgánica y convencional son diversos y una definición al respecto resulta riesgosa.

Correlaciones

El análisis de correlación bivariada de Pearson registró correlación positiva ($p < 0.01$) entre las variables grasa, proteína, lactosa, NFS, minerales y densidad (Tabla 5). Se registró una correlación alta entre todas las variables ($p < 0.01$).

Tabla 5. Correlaciones entre las variables analizadas de las muestras de leche orgánica y convencional.

	Grasa	Proteína	Lactosa	NFS	Minerales	Densidad
Grasa	1					
Proteína	0.336**	1				
Lactosa	0.341**	0.999**	1			
NFS	0.341**	0.998**	0.999**	1		
Minerales	0.348**	0.983**	0.982**	0.983**	1	
Densidad	0.337**	0.991**	0.993**	0.996**	0.978**	1

NFS: sólidos no grasos. **: La correlación es significativa al nivel 0.01 (bilateral).

La alta correlación significativa y positiva entre las proteínas de la leche y NFS es completamente esperada, ya que las proteínas de la leche tienen una contribución significativa en este componente. Este hallazgo coincide con estudios que demuestran que el contenido de proteína es un buen predictor de la proporción de NFS y, por tanto, de la calidad nutricional del producto (Azevedo *et al.*, 2023). Asimismo, la correlación positiva entre lactosa y NFS resalta la contribución de este carbohidrato como principal componente no graso, lo cual influye directamente en la densidad de la leche (Parmar *et al.*, 2020; Portnoy & Barbano, 2021).

La densidad mostró correlaciones altas con casi todos los componentes, especialmente con NFS y proteína. Esto se debe a que la densidad está asociada a la concentración de sólidos totales, ya que una mayor proporción de componentes disueltos incrementa la masa volumétrica (Montero *et al.*, 2021; Parmar *et al.*, 2020). En este sentido, las variaciones en la densidad pueden reflejar diferencias en la composición nutricional de la leche, vinculadas al sistema de producción (orgánico vs. convencional) y al manejo alimenticio del ganado (Manuelian *et al.*, 2022).

En términos comparativos, las correlaciones observadas indican una homogeneidad composicional tanto en leche orgánica como convencional, lo que sugiere que, si bien pueden existir diferencias individuales en concentración de ciertos componentes, las relaciones entre ellos se mantienen estables. Sin embargo, para establecer si la leche orgánica posee una composición de mayor calidad, es necesario integrar otras variables, como el perfil de ácidos grasos, la relación caseína/suero y la presencia de compuestos bioactivos antioxidantes (Mordak *et al.*, 2020; Manuelian *et al.*, 2022).

Conclusiones

Las muestras analizadas provenientes de ambos sistemas de producción cumplen, en su mayoría, con lo establecido en la normatividad mexicana (NOM-155-SCFI-2012 y NOM-243-SSA1-2010) en términos de composición, incidencia de antibióticos betalactámicos, sulfonamidas, tetraciclinas y AfM1 por debajo de los límites de detección.

Se identificaron variaciones significativas ($p < 0.05$) en los componentes proximales entre distintas marcas. Las leches convencionales presentaron valores significativamente mayores en proteína (3.18 %), lactosa (4.88 %) y minerales (0.71 %), mientras que una marca orgánica registró el contenido de grasa más elevado (3.54 %). Estas diferencias parecen estar asociadas a factores específicos de cada empresa más que al sistema de producción en sí.

Las pruebas de AfM1 y antibióticos para leche demostraron la ausencia de residuos y niveles detectables de AfM1 en todas las muestras analizadas, lo que refleja la efectividad de los sistemas de control de calidad implementados por las plantas procesadoras.

Los hallazgos confirman que la calidad de la leche debe evaluarse mediante un enfoque multifactorial que considere tanto parámetros nutricionales como indicadores de inocuidad. No se puede establecer una superioridad generalizada de un sistema de producción sobre otro, sino que las diferencias observadas son específicas para cada componente analizado y varían entre fabricantes.

En consecuencia, este estudio evidencia que las leches ultrapasteurizadas disponibles en el mercado mexicano cumplen con los estándares regulatorios establecidos, y que las diferencias composicionales entre productos orgánicos y convencionales responden a variaciones particulares más que a patrones generalizados asociados al sistema de producción.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco, a la Maestría en Ciencias Agropecuarias, al Laboratorio de Análisis de Lácteos, a todos los integrantes del comité tutorial y a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (Secihti) No. CVU: 1322446.

Conflicto de interés

“Los autores declaran no tener conflicto de interés”.

Referencias

- Alahlah, N., El Maadoudi, M., Bouchriti, N., Triqui, R., & Bougtaib, H. (2020). Aflatoxin M1 in UHT and powder milk marketed in the northern area of Morocco. *Food Control*, 114, Article 107262. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107262>
- Azevedo, R. A., Lage, C. F. A., Silper, B. F., Diniz Neto, H. C., Quigley, J. D., & Coelho, S. G. (2023). Invited review: Total solids concentration in milk or milk replacer for dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 106(11), 7341–7351. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23372>
- Bento de Carvalho, T., Silva, B. N., Tomé, E., & Teixeira, P. (2024). Preventing Fungal Spoilage from Raw Materials to Final Product: Innovative Preservation Techniques for Fruit Fillings. *Foods*, 13(17), Article 2669. <https://doi.org/10.3390/foods13172669>
- Bórawski, P., Bórawski, M. B., Parzonko, A., Wicki, L., Rokicki, T., Perkowska, A., & Dunn, J. W. (2021). Development of Organic Milk Production in Poland on the Background of the EU. *Agriculture*, 11(4), Article 323. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040323>
- Boschiero, M., De Laurentiis, V., Caldeira, C., & Sala, S. (2023). Comparison of organic and conventional cropping systems: A systematic review of life cycle assessment studies. *Environmental Impact Assessment Review*, 102, Article 107187. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107187>
- Brodziak, A., Król, J., Litwińczuk, Z., & Barłowska, J. (2018). Differences in bioactive protein and vitamin status of milk from certified organic and conventional farms. *International Journal of Dairy Technology*, 71(2), 321–332. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12462>
- Brodziak, A., Wajs, J., Zuba-Ciszewska, M., Król, J., Stobiecka, M., & Jańczuk, A. (2021). Organic versus Conventional Raw Cow Milk as Material for Processing. *Animals*, 11(10), Article 2760. <https://doi.org/10.3390/ani11102760>
- Dias, K., Garcia, S., Islam, M. & Clark, C. (2019). Milk Yield, Milk Composition, and the Nutritive Value of Feed Accessed Varies with Milking Order for Pasture-Based Dairy Cattle. *Animals*, 9(2), 60. <https://doi.org/10.3390/ani9020060>
- Fakhri, Y., Ghorbani, R., Taghavi, M., Keramati, H., Amanidaz, N., Moradi, B., Nazari, S. H., Shariatifar, N., & Khaneghah, A. M. (2019). Concentration and Prevalence of Aflatoxin M1 in Human Breast Milk in Iran: Systematic Review, Meta-Analysis, and Carcinogenic Risk Assessment: A Review. *Journal of Food Protection*, 82(5), 785–795. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-18-367>
- Galgano, F., Tolve, R., Colangelo, M. A., Scarpa, T., Caruso, M. C., & Yildiz, F. (2016). Conventional and organic foods: A comparison focused on animal products. *Cogent Food & Agriculture*, Article 1142818. <https://doi.org/10.1080/23311932.2016.1142818>
- Gama, L. S., Amante, E. R., Rodrigues, A., & Meller, L. H. (2022). World scenario for the valorization of byproducts of buffalo milk production chain. *Journal of Cleaner Production*, 364, Article 132605. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132605>

- German, J. B., Lebrilla, C., & Mills, D. A. (2022). Milk: A Scientific Model for Diet and Health Research in the 21st Century. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.922907>
- Giampieri, F., Mazzoni, L., Cianciosi, D., Alvarez-Suarez, J. M., Regolo, L., Sánchez, C., Capocasa, F., Xiao, J., Mezzetti, B., & Battino, M. (2022). Organic vs conventional plant-based foods: A review. *Food Chemistry*, 383, Article 132352. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132352>
- Gonzales, J. A., Tirado, V. A., Abanto, M. S., Aldana, W. L., & Palacios, C. M. (2023). Worldwide research on the health effects of bovine milk containing A1 and A2 β -casein: Unraveling the current scenario and future trends through bibliometrics and text mining. *Current Research in Food Science*, 7, Article 100602. <https://doi.org/10.1016/j.crf.2023.100602>
- Gurtu, A., Salunke, P., & Debnath, T. K. (2023). Bird's eye view of the global dairy industry: overview of milk-producing countries, dairy processes and cost comparison. *International Journal of Agricultural Resources, Governance and Ecology*, 19(1), 22–40. <https://doi.org/10.1504/IJARGE.2023.133330>
- Gutiérrez, R., Vega, S., Schettino, B., Pérez, J. J., Ruíz, J. L., Radilla, C. C., & Del Muro, R. (2022). Ácidos grasos y ácido linoleico conjugado en leche orgánica producida en el sureste de México. *Revista MVZ Córdoba*, 27(2), Article e2541. <https://doi.org/10.21897/rmvz.2541>
- Han, B., Zhang, L., & Zhou, P. (2022). Comparison of milk fat globule membrane protein profile among bovine, goat and camel milk based on label free proteomic techniques. *Food Research International*, 162, Article 112097. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112097>
- Huaraca, R., Tapia, F., Mescco, E., Mamani, G., & Alarcón, J. (2024). Calidad nutricional y oligoelementos en la leche de vaca e ható libre en zonas rurales altoandinos del sur de Perú. *Revista Alfa*, 8(24), 1082–1097. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i24.325>
- Kasapidou, E., Stergioudi, R.A., Papadopoulos, V., Mitlianga, P., Papatzimos, G., Karatzia, M.A., Amanatidis, M., Tortoka, V., Tsiftsi, E., Aggou, A., & Basdagianni, Z. (2023). Effect of Farming System and Season on Proximate Composition, Fatty Acid Profile, Antioxidant Activity, and Physicochemical Properties of Retail Cow Milk. *Animals*, 13(23), Article 3637. <https://doi.org/10.3390/ani13233637>
- Kashongwe, O. B., Bebe, B. O., Matofari, J. W., & Huelsebusch, C. G. (2017). Effects of feeding practices on milk yield and composition in peri-urban and rural smallholder dairy cow and pastoral camel herds in Kenya. *Tropical Animal Health and Production*, 49(5), 909–914. <https://doi.org/10.1007/s11250-017-1270-3>
- Katt, F., & Meixner, O. (2020). A systematic review of drivers influencing consumer willingness to pay for organic food. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 374–388. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.04.029>
- Kiczorowska, B., Samolińska, W., Marczuk, J., Winiarska, A., Klebaniuk, R., Kowalczyk, E., Kiczorowski, P., & Zasadna, Z. (2017). Comparative effects of organic, traditional, and intensive production with probiotics on the fatty acid profile of cow's milk. *Journal of Food Composition and Analysis*, 63, 157–163. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.08.002>
- Knorr, D. (2024). Organic agriculture and foods: advancing process-product integrations. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(23), 8480–8492. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2200829>

- Kona, S. S., Ravikiran, G., Sasidhar, P. V., Sivakumar, A. V., & Rao, V. H. (2025). Perspectives in milk production in India. *Theriogenology*, 231, 116–126. <https://doi.org/10.1016/j.theriogenology.2024.10.001>
- Kumar, D., Ravisankar, N., & Panghal, A. (2023). Transforming Organic Agri-Produce into Processed Food Products. *Apple Academic Press*. <https://www.appleacademicpress.com/transforming-organic-agri-produce-into-processed-food-products-post-covid-19-challenges-and-opportunities/9781774911921>
- Lakstiņa, J., Ciproviča, I., & Zagorska, J. (2023). Macroelement Seasonal Variations in Latvian Organic Milk. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences. Section B. Natural, Exact, and Applied Sciences*, 77(3–4), 199–203. <https://doi.org/10.2478/prolas-2023-0028>
- Lambrini, K., Frantzana, A., Koukourikos, K., Iliadis, C., Papathanasiou, V., & Tsaloglidou, Areti. (2020). Milk Nutritional Composition and Its Role in Human Health. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 9(1). <https://doi.org/10.17265/2328-2150/2021.01.002>
- Linehan, K., Patangia, D., Ross, R., & Stanton, C. (2024). Production, Composition and Nutritional Properties of Organic Milk: A Critical Review. *Foods*, 13(4), Article 550. <https://doi.org/10.3390/foods13040550>
- Londono, J., Blandon, S., Montoya, J., Betancourt, P., Castillo, S., Arboleda, C., & Vallejo, D. (2024). Antibiotic residues and microbial contamination in pasteurized whole milk intended for human consumption. *Veterinary World*, 720–727. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2024.720-727>
- Lopez, A., Moretti, V. M., Demartini, E., Rossi, R., Ratti, S., & Bellagamba, F. (2024). Fat quality, sensory properties and consumers preference towards different commercial labels for bovine milk from retail market. *International Journal of Food Science and Technology*, 59(7), 4738–4754. <https://doi.org/10.1111/ijfs.17201>
- López, M. P., & Celis, E. E. (2024). Evolución del Etiquetado Nutricional y Frontal: Hitos históricos en Colombia y el mundo. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 11(2), 1–31. <https://doi.org/10.23850/24220582.5994>
- Magan, J. B., O'Callaghan, T. F., Kelly, A. L., & McCarthy, N. A. (2021). Compositional and functional properties of milk and dairy products derived from cows fed pasture or concentrate-based diets. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(3), 2769–2800. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12751>
- Maity, S., Bhat, A. H., Giri, K., & Ambatipudi, K. (2020). BoMiProt: A database of bovine milk proteins. *Journal of Proteomics*, 215, Article 103648. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2020.103648>
- Manuelian, C. L., Vigolo, V., Burbi, S., Righi, F., Simoni, M., & De Marchi, M. (2022). Detailed comparison between organic and conventional milk from Holstein-Friesian dairy herds in Italy. *Journal of Dairy Science*, 105(7), 5561–5572. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21465>
- Marangoni, F., Pellegrino, L., Verduci, E., Ghiselli, A., Bernabei, R., Calvani, R., Cetin, I., Giampietro, M., Perticone, F., Piretta, L., Giacco, R., La Vecchia, C., Brandi, M. L., Ballardini, D., Banderali, G., Bellentani, S., Canzone, G., Cricelli, C., Faggiano, P., ... Poli, A. (2019). Cow's Milk Consumption and Health: A Health Professional's Guide. *Journal of the American College of Nutrition*, 38(3), 197–208. <https://doi.org/10.1080/07315724.2018.1491016>

- Matailo, S. R., & Zaruma, J. A. (2023). Determinación de antibióticos en leche cruda bovina en el centro de acopio de la parroquia Ludo, cantón Sígsig. *Anatomía Digital*, 6(3.1), 74–91. <https://doi.org/10.33262/anatomiadigital.v6i3.1.2658>
- Matias, M., Corrêa, R. M., Seraphin, S. H., Corrêa, T. C., De Castro, M. F., De Oliveira, L., Farias, A. L., Bovo, F., Fernandes, A. M., & Moro de Sousa, R. L. (2024). Occurrence of Aflatoxin M1 and Estimate of Dietary Exposure in Cheeses from Organic and Conventional Production Systems. *Journal of Food Protection*, 87(5), Article 100261. <https://doi.org/10.1016/j.jfp.2024.100261>
- Mayberry, D., Ash, A., Prestwidge, D., Godde, C. M., Henderson, B., Duncan, A., Blummel, M., Ramana Reddy, Y., & Herrero, M. (2017). Yield gap analyses to estimate attainable bovine milk yields and evaluate options to increase production in Ethiopia and India. *Agricultural Systems*, 155, 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.04.007>
- Min, L., Fink, J., Li, D., Tong, X., Tang, J., Nan, X., Yu, Z., Chen, W., & Wang, G. (2021). An overview of aflatoxin B1 biotransformation and aflatoxin M1 secretion in lactating dairy cows. *Animal Nutrition*, 7(1), 42–48. <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2020.11.002>
- Mollayusefian, I., Ranaei, V., Pilevar, Z., Cabral, M. M. S., Rostami, A., Nematollahi, A., Khedher, K. M., Thai, V. N., Fakhri, Y., & Mousavi, A. (2021). The concentration of aflatoxin M1 in raw and pasteurized milk: A worldwide systematic review and meta-analysis. *Trends in Food Science & Technology*, 115, 22–30. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.06.033>
- Montero, P., Ruiz, G. A., & Fossatti, A. (2021). Physicochemical characterization and correlation of raw cow's milk according to classification assigned in Panama. *Agronomía Mesoamericana*, 939–948. <https://doi.org/10.15517/am.v32i3.45471>
- Mordak, R., Kupczyński, R., Kuczaj, M., & Nizański, W. (2020). Analysis of Correlations Between Selected Blood Markers of Liver Function and Milk Composition in Cows During Late Lactation Period. *Annals of Animal Science*, 20(3), 871–886. <https://doi.org/10.2478/aoas-2020-0020>
- Mukasafari, M. A., Mpatswenumugabo, J. P., Ndahetuye, J. B., Wredle, E., & Båge, R. (2025). Management factors affecting milk yield, composition, and quality on smallholder dairy farms. *Tropical Animal Health and Production*, 57(2), 41. <https://doi.org/10.1007/s11250-025-04294-x>
- NORMA Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012. (2025, marzo 18). Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. [NORMA Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012, Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba](#)
- NORMA Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010. (2025, marzo 24). Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba. <https://dof.gob.mx/normasOficiales/4156/salud2a/salud2a.htm>
- Nyokabi, N. S., Luning, P. A., Phelan, J. E., Creemers, J., Lukuyu, B., Bebe, B. O., & Oosting, S. J. (2022). Intra-annual variation in feed and milk composition in smallholder dairy farms in Kenya. *NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences*, 94(1), 137–155. <https://doi.org/10.1080/27685241.2022.2135391>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020, octubre 13). Perspectivas agrícolas

2020-2029. https://www.oecd.org/es/publications/ocde-fao-perspectivas-agricolas-2020-2029_a0848ac0-es.html

Parmar, P., Lopez, N., Tobin, J. T., Murphy, E., McDonagh, A., Crowley, S. V., Kelly, A. L., & Shalloo, L. (2020). The Effect of Compositional Changes Due to Seasonal Variation on Milk Density and the Determination of Season-Based Density Conversion Factors for Use in the Dairy Industry. *Foods*, 9(8), Article 1004. <https://doi.org/10.3390/foods9081004>

Pastorelli, G., Scarano, M., Speroni, M., & Attard, E. (2023). Milk quality determined using chemical analysis and microwave plasma atomic emission spectrometry as a function of seasonality in two conventional Italian dairy farms. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 22(1), 5–12. <https://doi.org/10.17306/J.AFS.1099>

Phuenpong, T., Kongboonkird, M., Duangmal, K., Lerdvorasap, W., Suksawwawimon, M., Mekboonsonglar, W., Nuamchit, J., Chantaprasarn, N., & Settachaimongkon, S. (2021). Molecular Discrimination between Organic and Conventional Liquid Milk Products in Thailand Using 1H-NMR Metabolomics Approach. *Tropical Animal Science Journal*, 44(4), 478–488. <https://doi.org/10.5398/tasj.2021.44.4.478>

Portnoy, M., & Barbano, D. M. (2021). Lactose: Use, measurement, and expression of results. *Journal of Dairy Science*, 104(7), 8314–8325. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18706>

Pour, S. H., Mahmoudi, S., Masoumi, S., Rezaie, S., Barac, A., Ranjbaran, M., Oliya, S., Mehravar, F., Sasani, E., Noorbakhsh, F., & Khodavaisy, S. (2020). Aflatoxin M1 contamination level in Iranian milk and dairy products: a systematic review and meta-analysis. *World Mycotoxin Journal*, 13(1), 67–82. <https://doi.org/10.3920/WMJ2019.2485>

Quevedo, P. A., Amador, G. G., Cantú, P. C., & Trujillo, J. A. (2018). Aflatoxin M 1 occurrence in fluid milk commercialized in Monterrey, Mexico. *Journal of Food Safety*, 38(6), Article e12507. <https://doi.org/10.1111/jfs.12507>

Radilla, C. C., Schettino, B. S., Pérez, J. J., Peña, E. M., Del Muro, R., González, M., & Gutiérrez, R. (2025). Calidad de leche orgánica comercializada en la Ciudad de México, México. *Revista MVZ Córdoba*, 30(1), Article e3575. <https://doi.org/10.21897/rmvz.3575>

Ren, G., Ran, X., Zeng, R., Chen, J., Wang, Y., Mao, C., Wang, X., Feng, Y., & Yang, G. (2021). Effects of sodium selenite spray on apple production, quality, and sucrose metabolism-related enzyme activity. *Food Chemistry*, 339, Article 127883. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127883>

Rendón, M. C., Núñez, J. F., Soriano, R., Espinosa, V. E., Chávez, L. M., & Jiménez, R. A. (2019). The Social Fabric of Cheese Agroindustry: Cooperation and Competition Aspects. *Sustainability*, 11(10), Article 2921. <https://doi.org/10.3390/su11102921>

Rihn, A., Wei, X., & Khachatryan, H. (2019). Text vs. logo: Does eco-label format influence consumers' visual attention and willingness-to-pay for fruit plants? An experimental auction approach. *Journal of Behavioral and Experimental Economics*, 82, Article 101452. <https://doi.org/10.1016/j.socec.2019.101452>

Saha Turna, N., & Wu, F. (2021). Aflatoxin M1 in milk: A global occurrence, intake, & exposure assessment. *Trends in Food Science & Technology*, 110, 183–192. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.093>

Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. (2023, mayo 31). Impulsan Agricultura, ganaderos e industria fomento al consumo de leche de producción nacional.

<https://www.gob.mx/agricultura/prensa/impulsan-agricultura-ganaderos-e-industria-fomento-al-consumo-de-leche-de-produccion-nacional?idiom=es>

- Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. (2025, enero 3). Producción de alimentos orgánicos mantiene dinamismo en México. <https://www.gob.mx/senasica/prensa/produccion-de-alimentos-organicos-mantiene-dinamismo-en-mexico-387242?idiom=es>
- Sifuentes, J., Granella, V., Pigatto, G. M., Reiniger, L. R. S., & Costabeber, I. H. (2016). Aflatoxin M1 in pasteurized and raw milk from organic and conventional systems. *Journal Für Verbraucherschutz Und Lebensmittelsicherheit*, 11(4), 299–304. <https://doi.org/10.1007/s00003-016-1039-z>
- Singh, M., Sharma, R., Ranvir, S., Gandhi, K., & Mann, B. (2019). Profiling and distribution of minerals content in cow, buffalo and goat milk. *Indian Journal of Dairy Science*, 72(05), 480–488. <https://doi.org/10.33785/IJDS.2019.v72i05.004>
- Smigic, N., Djekic, I., Tomasevic, I., Stanisic, N., Nedeljkovic, A., Lukovic, V., & Miocinovic, J. (2017). Organic and conventional milk – insight on potential differences. *British Food Journal*, 119(2), 366–376. <https://doi.org/10.1108/BFJ-06-2016-0237>
- Stergiadis, S., Berlitz, C. B., Hunt, B., Garg, S., Ian Givens, D., & Kliem, K. E. (2019). An update to the fatty acid profiles of bovine retail milk in the United Kingdom: Implications for nutrition in different age and gender groups. *Food Chemistry*, 276, 218–230. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.165>
- Stergiadis, S., Nørskov, N. P., Purup, S., Givens, I., & Lee, M. R. F. (2019). Comparative Nutrient Profiling of Retail Goat and Cow Milk. *Nutrients*, 11(10), Article 2282. <https://doi.org/10.3390/nu11102282>
- Suciu, N. A., Ferrari, F., & Trevisan, M. (2019). Organic and conventional food: Comparison and future research. *Trends in Food Science & Technology*, 84, 49–51. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.12.008>
- Thaise, D., Dalzotto, F., Augusto, J., Rogério, C., Dewes, H., & Talamini, E. (2024). Are organics more nutritious than conventional foods? A comprehensive systematic review. *Heliyon*, 10(7), Article e28288. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28288>
- Thiene, M., Scarpa, R., Longo, A., & Hutchinson, W. G. (2018). Types of front of pack food labels: Do obese consumers care? Evidence from Northern Ireland. *Food Policy*, 80, 84–102. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2018.09.004>
- Tunick, M. H., Van Hekken, D. L., Paul, M., Ingham, E. R., & Karreman, H. J. (2016). Case study: Comparison of milk composition from adjacent organic and conventional farms in the USA. *International Journal of Dairy Technology*, 69(1), 137–142. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12284>
- Urkek, B., Sengul, M., Erkaya, T., & Aksakal, V. (2017). Prevalence and Comparing of Some Microbiological Properties, Somatic Cell Count and Antibiotic Residue of Organic and Conventional Raw Milk Produced in Turkey. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(2), 264–273. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.2.264>
- Vicente, F., Santiago, C., Jiménez, J. D., & Martínez, A. (2017). Capacity of milk composition to identify the feeding system used to feed dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 84(3), 254–263. <https://doi.org/10.1017/S0022029917000383>

- Walther, B., Guggisberg, D., Badertscher, R., Egger, L., Portmann, R., Dubois, S., Haldimann, M., Kopf, K., Rhyn, P., Zoller, O., Veraguth, R., & Rezzi, S. (2022). Comparison of nutritional composition between plant-based drinks and cow's milk. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.988707>
- Wang, J., Pham, T. L., & Dang, V. T. (2020). Environmental Consciousness and Organic Food Purchase Intention: A Moderated Mediation Model of Perceived Food Quality and Price Sensitivity. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(3), Article 850. <https://doi.org/10.3390/ijerph17030850>
- Welsh, J. A., Braun, H., Brown, N., Um, C., Ehret, K., Figueroa, J., & Boyd Barr, D. (2019). Production-related contaminants (pesticides, antibiotics and hormones) in organic and conventionally produced milk samples sold in the USA. *Public Health Nutrition*, 22(16), 2972–2980. <https://doi.org/10.1017/S136898001900106X>
- Woś, K., Borghoff, L. M., Horvat, A., Paoletti, F., Civitelli, E. S., & Rembiałkowska, E. (2022). Preliminary Analysis of Voluntary Information on Organic Milk Labels in Four European Union Countries. *Sustainability*, 14(24), Article 16901. <https://doi.org/10.3390/su142416901>
- Yang, M., Deng, W., Cao, X., Wang, L., Yu, N., Zheng, Y., Wu, J., Wu, R., & Yue, X. (2020). Quantitative Phosphoproteomics of Milk Fat Globule Membrane in Human Colostrum and Mature Milk: New Insights into Changes in Protein Phosphorylation during Lactation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(15), 4546–4556. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b06850>
- Zuba, M., Kowalska, A., Brodziak, A., & Manning, L. (2023). Organic Milk Production Sector in Poland: Driving the Potential to Meet Future Market, Societal and Environmental Challenges. *Sustainability*, 15(13), Article 9903. <https://doi.org/10.3390/su15139903>