

13. Estudios sobre la calidad y bioactividad de quesos genuinos mexicanos para su revalorización



BELINDA VALLEJO-CÓRDOBA*

AARÓN FERNANDO GONZÁLEZ-CÓRDOVA**

ADRIÁN HERNÁNDEZ MENDOZA***

LILIA MARÍA BELTRÁN-BARRIENTOS****

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.360.13>

Resumen

Este capítulo presenta información relevante sobre la calidad y bioactividad de los quesos genuinos mexicanos para contribuir a su revalorización y rescate. Estos, al ser mayormente artesanales, forman parte del patrimonio cultural y reflejan el saber hacer de los pueblos en las diferentes regiones del país. Para lograrlo, se realizó una síntesis de las investigaciones científicas de nuestro grupo de investigación y otros trabajos nacionales e internacionales obtenidos de tres bases de datos en el periodo del 2000 a la fecha, utilizando como palabras únicas “Mexican cheeses”, “artisanal Mexican cheeses”, “quesos mexicanos” y “quesos artesanales mexicanos”. Los resultados mostraron que 55% de las publicaciones reportaron calidad microbiológica, 22% estudiaron métodos de producción y caracterización físico-química de diferentes variedades, 17% presentaron el aislamiento y la caracterización de bacterias ácido-lácticas (BAL) y 6% reportaron el potencial bioactivo de los quesos. La situación actual de los quesos artesanales

* Doctorado en Filosofía. Profesora-investigadora titular en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8312-7039> ; correspondencia: vallejo@ciad.mx

** Doctor en Ciencias en Alimentos. Profesor-investigador titular en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0674-4217>

*** Doctor en Ciencias de los Alimentos. Profesor-investigador titular en el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2360-7484>

**** Doctora en Ciencias por el Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0976-6216>

mexicanos ha presentado retos importantes para asegurar su calidad microbiológica que ha sido abordado por medio del uso de BAL específicas, productoras de antimicrobianos naturales en los diferentes tipos de quesos sin afectar su tipicidad. Otro reto ha consistido en potencializar la producción de compuestos bioactivos por medio de la selección y adición de BAL específicas para probar su efecto benéfico en la salud por medio de estudios *in vitro* e *in vivo*. En conclusión, es importante rescatar y preservar la genuinidad que caracteriza a los quesos artesanales mexicanos a través de estudios relacionados con su inocuidad, tipicidad y beneficios a la salud.

Palabras clave: *quesos genuinos mexicanos, bacterias ácido-lácticas, inocuidad y compuestos bioactivos.*

Introducción

En México, la producción anual de queso en el año 2022 fue de 632 895 toneladas. En específico, la mayor producción industrial fue de queso fresco (125 602 toneladas), seguido por queso doble crema (108 697 toneladas) y queso chihuahua (75 568 toneladas) (Canilec, 2023). Hasta el momento, se desconoce la producción anual de quesos artesanales genuinos mexicanos. No obstante, en el país existen más de 40 tipos de estos quesos. Los quesos genuinos mexicanos forman parte del patrimonio cultural y son un ingrediente importante de la gastronomía tradicional reconocida por la UNESCO en 2010 como Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad (Vallejo-Córdoba et al., 2023); sin embargo, algunos se encuentran en riesgo de desaparecer debido a la competencia frente a los quesos de imitación (Cuevas-González et al., 2017). Los quesos genuinos mexicanos, mayormente artesanales, representan el saber hacer, heredado de generación en generación, de las pequeñas queserías que se encuentran en las diferentes regiones de México y se elaboran desde épocas coloniales (Villegas et al., 2016).

Estos quesos son elaborados a partir de leche fluida, de vaca o cabra; generalmente solo contienen cuajo y sal como ingredientes y, en gran proporción, se elaboran con leche cruda, lo que pudiera tener implicaciones en la inocuidad (Villegas et al., 2016). No obstante, la Norma Oficial Mexicana

NOM-243-SSA1-2010 (Secretaría de Salud, 2010) incorpora en su definición que la leche debe ser pasteurizada y estandarizada, por lo que excluye a los quesos elaborados de leche cruda y añejados, y da lugar a la inclusión de otros ingredientes comestibles presentes en los productos de imitación. De acuerdo con esta normativa, lo relevante es que el producto sea estandarizado y elaborado a partir de leche pasteurizada.

Aunque el requerimiento de la pasteurización en dicha Norma Oficial Mexicana contribuye a la inocuidad del producto, particularmente de los quesos frescos, ésta no garantiza que pueda haber contaminación post-pasteurización, como ha sido reportado para varios casos específicos de listeriosis. Por lo que se han propuesto los antimicrobianos naturales como biocontrol (Ibarra-Sánchez et al., 2018).

Por lo anterior, y debido a que los quesos frescos son los más consumidos, se ha estudiado la calidad microbiológica y la composición de los mismos (Torres-Llenez et al., 2006; Cuevas-González et al., 2017; de la Rosa-Alcaraz et al., 2020; Méndez-Romero et al., 2021), incluyendo los métodos de producción y caracterización de los quesos frescos y semi madurados (González-Córdova et al., 2016), la producción de queso fresco a partir de leche pasteurizada y BAL capaces de producir bacteriocinas (Heredia-Castro et al., 2015). Todo esto les confiere características sensoriales únicas típicas del queso fresco artesanal mexicano (Gutiérrez-Méndez et al., 2008; Reyes-Díaz et al., 2019). Además, recientemente se reportó cómo el proceso de manufactura de quesos artesanales mexicanos específicos determina la composición física, química y microbiológica de los mismos, así como su potencial como alimentos funcionales por generar compuestos bioactivos durante la fermentación con BAL (Vallejo-Córdova et al., 2023).

Por lo que este capítulo presenta información relevante relacionada con esta temática generada a partir de la investigación de nuestro grupo, la cual ha sido complementada con la de otros grupos para contribuir al rescate y la revalorización de los quesos genuinos mexicanos.

Métodos

Para alcanzar este objetivo, se realizó una síntesis de las investigaciones científicas de nuestro grupo de investigación y otros trabajos nacionales e internacionales obtenidos de tres bases de datos (Science Direct, Scopus y PubMed) en el periodo del 2000 a la fecha, utilizando como palabras únicas “Mexican cheeses”, “artisanal Mexican cheeses”, “quesos mexicanos” y “quesos artesanales mexicanos”.

Resultados relevantes

Generalidades

Del total de artículos analizados (172), 55% evaluaron la calidad microbiológica de los quesos mexicanos, indicando que su inocuidad es la problemática principal. Por otro lado, el 22% de los artículos reportaron los métodos de producción y la caracterización de al menos 40 variedades; la mayoría de estos fueron regionales y, en gran proporción, elaborados con leche cruda, lo que permitió clasificarlos en quesos frescos, semimaduros y maduros, siendo los frescos los de mayor consumo en México (González-Córdova et al., 2016). Además, 17% de los artículos se enfocaron en el aislamiento y la caracterización de las BAL (Gutiérrez-Méndez et al., 2008; Santiago-López et al., 2018a) y solo 6% se relacionaron con la presencia de compuestos bioactivos (Santiago-López et al., 2017).

Calidad microbiológica de los quesos genuinos mexicanos

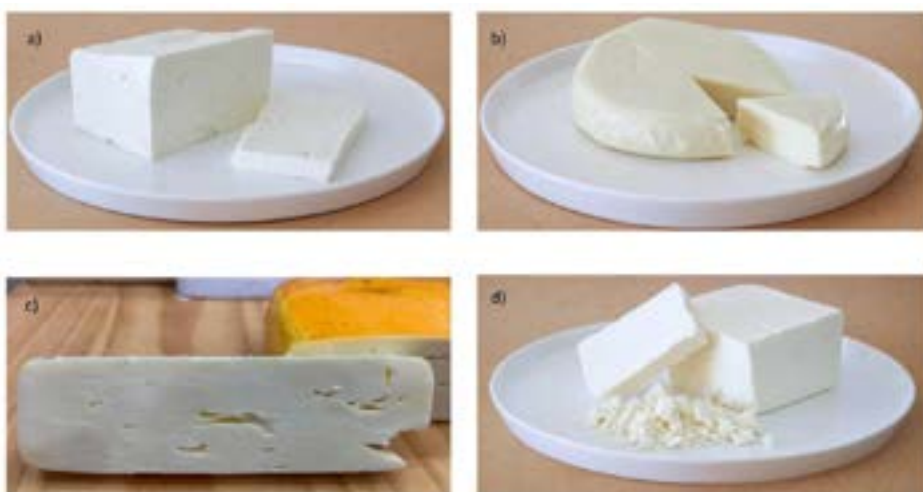
Los casos de listeriosis asociados al consumo de queso fresco por la población hispana en los Estados Unidos de Norteamérica han sido ampliamente reportados (Ibarra-Sánchez et al., 2017; Holle et al., 2018). No obstante, los antimicrobianos naturales, tales como bacteriocinas producidos por bacterias ácido-lácticas (BAL), ácidos orgánicos y otros fermentados fueron propuestos como biocontrol (Ibarra-Sánchez et al., 2018).

El queso fresco, por ser un queso no madurado y contener un alto contenido de humedad y por ser bajo en sal y acidez, es susceptible a la contami-

nación con patógenos, particularmente *Listeria monocytogenes*, que puede sobrevivir a temperaturas de refrigeración. Si bien el primer caso de listeriosis documentado en 1985 fue atribuido a una pasteurización insuficiente o a la introducción de leche cruda en leche pasteurizada durante el proceso de manufactura, el segundo caso de listeriosis, en 2000-2001, fue atribuido al consumo de quesos elaborados con leche cruda contaminada. Los últimos casos de listeriosis reportados fueron atribuidos a la producción de quesos frescos bajo condiciones que permitieron contaminación post-pasteurización (Ibarra-Sánchez et al., 2017).

Por lo anterior, con la finalidad de abordar esta problemática relacionada con la calidad microbiológica e inocuidad de los quesos, nuestro grupo de investigación caracterizó microbiológicamente los quesos frescos de Sonora (Figura 1a) (Torres-Llánez et al., 2006), el cocido de Sonora (Figura 1b) (Cuevas- González et al., 2017), y el poro de Tabasco (Figura 1c) (De la Rosa Alcaraz et al., 2020) por técnicas dependientes de cultivo. Además, los quesos crema de Chiapas (Figura 1d) y el queso fresco de Sonora se caracterizaron por técnicas no dependientes de cultivo, por electroforesis en gel con gradiente desnaturizante (DGGE, por sus siglas en inglés) (Rangel, 2011) y por secuenciación masiva (Méndez-Romero et al., 2021), respectivamente.

Figura 13.1. Quesos artesanales mexicanos: a) queso fresco artesanal de Sonora; b) queso cocido artesanal de Sonora; c) queso poro artesanal de Tabasco; d) queso crema artesanal de Chiapas



Fuente: imágenes propias.

Los estudios en queso fresco presentaron cuentas altas en mesófilos aerobios, hongos y levaduras, *Staphylococcus spp.* y organismos indicadores como coliformes. Sin embargo, BAL tales como *Lactococcus spp.*, *Lactobacillus spp.* y *Streptococcus spp.*, incrementaron durante el almacenamiento, reduciendo el pH y los microorganismos indeseables (Torres-Llenez et al., 2006). Además, el análisis por secuenciación masiva de queso fresco muestreado de 18 queserías en Sonora mostró una gran diversidad de bacterias pertenecientes a más de 80 géneros, dentro de los cuales BAL tales como *Lactococcus spp.*, *Lactobacillus spp.*, *Streptococcus spp.* y *Leuconostoc spp.* fueron los más abundantes.

Además, se detectaron altas concentraciones de coliformes fecales y totales, hongos y levaduras, así como *Salmonella*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, pero no se detectó *Listeria monocytogenes* (Méndez-Romero et al., 2021). Resultados similares se obtuvieron para el queso cocido de Sonora, no obstante, las cuentas disminuyeron significativamente después del proceso de cocimiento, que es parte del proceso de elaboración (Cuevas-González et al., 2017).

Por otro lado, también se estudiaron quesos artesanales del sureste del país, tales como el queso poro de Tabasco y crema de Chiapas, que tienen menor contenido de humedad, mayor acidez y contenido de sal que los quesos fresco o cocido de Sonora. En el queso poro de Tabasco con Marca Colectiva, durante un muestreo de 6 queserías, se detectó *Staphylococcus aureus* y su toxina, pero no presentó *Escherichia coli*, *Salmonella* o *Listeria monocytogenes*. Por su parte, el queso crema de Chiapas, que también posee Marca Colectiva, presentó *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, pero no presentó *Salmonella* o *Listeria monocytogenes*. Además, la dinámica poblacional de BAL por DGGE, de productos PCR obtenidos de DNA extraído a los 15 y 30 días de maduración, fue diferente tanto en estructura como en diversidad, y estuvo relacionada con la región de producción y estación del año. Los géneros de BAL dominantes en todos los quesos muestreados fueron *Lactococcus*, *Lactobacillus* y *Streptococcus* (Vallejo-Córdoba et al., 2023).

Si bien la presencia de microorganismos indicadores, tales como los coliformes fecales y totales, así como la presencia de patógenos, depende del tipo de queso y de las prácticas de producción, es evidente que tanto los quesos fresco y cocido de Sonora, como los quesos de poro de Tabasco y

crema de Chiapas, presentan un potencial riesgo para la salud. Como se mencionó anteriormente, la pasteurización podría no ser suficiente para asegurar la inocuidad de los quesos, ya que podría presentarse contaminación post-pasteurización, por lo que se ha explorado el potencial de las BAL como bioconservadores naturales.

Actualmente, continuamos trabajando con la problemática relacionada con la calidad microbiológica e inocuidad de los quesos genuinos mexicanos a través de nuestra participación en la Red para el Fomento de la Calidad e Inocuidad en Queserías Artesanales en Iberoamérica (QuesArte Iberoamérica 122RT0126). Ésta tiene como objetivo añadir valor a la producción artesanal de quesos, fomentando la implementación de buenas prácticas de manufactura para la producción de alimentos seguros y bajo una perspectiva de comercio justo.

Bacterias ácido-lácticas aisladas de quesos genuinos mexicanos

Con la finalidad de preservar la tipicidad de los quesos genuinos mexicanos, se aislaron y caracterizaron 23 cepas de *Lactococcus lactis*, a las cuales se les evaluó su capacidad de producción de aromas al ser inoculadas en leche por medio de una nariz electrónica y una evaluación sensorial. En general, las cepas provenientes de lácteos artesanales presentaron aromas a yogurt y queso fresco, particularmente una de ellas, y las provenientes de vegetales, presentaron aromas a yogurt, mientras que las aisladas de cultivos comerciales presentaron una baja intensidad en ambos descriptores (Gutiérrez-Méndez et al., 2008).

Si bien la producción de queso fresco a partir de leche pasteurizada resulta en un producto de mejor calidad sanitaria, la pasteurización afecta a los atributos sensoriales del producto, ya que ésta inactiva a la microflora nativa en la leche que es la que confiere el sabor y aroma característicos. Por lo que se utilizaron algunas de estas cepas nativas de *Lactococcus* aisladas y caracterizadas para la producción de queso fresco a partir de leche pasteurizada con el objetivo de obtener un producto con un sabor y aroma similar al elaborado con leche cruda (Reyes-Díaz et al., 2019).

Para lograr este objetivo, el aroma del queso fresco comercial elaborado a partir de leche cruda fue por primera vez estudiado con un análisis sensorial descriptivo, dando lugar a diferentes descriptores que se utilizaron posteriormente para caracterizar a los quesos elaborados a partir de leche pasteurizada y cepas específicas de *Lactococcus lactis*. Los grupos de volátiles identificados en los quesos fueron ésteres, ácidos, alcoholes, cetonas y aldehídos; sin embargo, las diferencias principales se debieron a las abundancias relativas totales. Por lo que se concluyó que la selección de cepas nativas con características tecnológicas y de aroma específicas, tales como las presentadas por *Lactococcus lactis* R7, podría mantener la tipicidad del queso fresco artesanal mexicano (Reyes-Díaz et al., 2019).

Por otro lado, nuestra investigación también ha estado dirigida hacia el estudio de BAL que, además de aportar sabor y aroma a los quesos (Gutiérrez-Méndez et al., 2008; Reyes-Díaz et al., 2019), contribuyen a su conservación debido a la producción de diversos metabolitos como el ácido láctico, peróxido de hidrógeno, diacetilo, dióxido de carbono y bacteriocinas, siendo estas últimas las que mayor interés han despertado (Heredia-Castro et al., 2015). En este sentido, se realizó una caracterización genómica de *Lactococcus lactis* NRRL B-50571 y se encontró que esta cepa tiene la capacidad de producir bacteriocinas y metabolitos secundarios, particularmente *lactococcins* (Méndez-Romero et al., 2023).

Por otro lado, se evaluaron cepas de *Lactobacillus* aisladas de queso cocido artesanal por su capacidad para producir bacteriocinas contra *Staphylococcus aureus*, *Listeria innocua*, *Escherichia coli* y *Salmonella typhimurium* usando el método de difusión en disco. Los extractos crudos de *Lactobacillus fermentum* mostraron una fuerte inhibición contra *Staphylococcus aureus*, *Listeria innocua*, *Escherichia coli* y *Salmonella cholerae*, no solo contra bacterias Gram positivas, sino también contra bacterias Gram negativas (Heredia-Castro et al., 2015). No obstante, aún es necesario evaluar la capacidad de estas cepas para ser utilizadas como bioconservadores en estudios de reto microbiano en diferentes quesos artesanales mexicanos.

Compuestos bioactivos en quesos genuinos mexicanos

Durante la elaboración y maduración de los quesos genuinos mexicanos resultan diferentes compuestos del metabolismo de las BAL presentes, los cuales son responsables del aroma, sabor y la textura característicos. Además, también se producen compuestos bioactivos tales como péptidos (Santiago-López et al., 2017), ácido linoleico conjugado (CLA) (Sosa-Castañeda et al., 2023) y ácido gamma aminobutírico (GABA) (Santos-Espinosa et al., 2020), entre otros. Los péptidos bioactivos son fragmentos de proteína que se encuentran encriptados en su secuencia nativa, que son liberados durante la fermentación de la leche por las BAL a través del sistema proteolítico presente en su pared y que ejercen un efecto benéfico a la salud (Rendón-Rosales et al., 2019). Por lo que la presencia de péptidos bioactivos, así como BAL productoras de CLA y GABA en los quesos mexicanos genuinos los revaloriza, ya que le aporta beneficios a la salud, más allá del aporte nutricional.

En específico, nuestro grupo de investigación ha evaluado la actividad antioxidante de quesos artesanales mexicanos tales como el crema de Chiapas y el fresco y cocido de Sonora. En este sentido, la actividad antioxidante *in vitro* del queso tipo crema de Chiapas, así como el fresco y cocido de Sonora; mostraron tener mayor actividad antioxidante a los 15 días de almacenamiento. Incluso la actividad antioxidante fue atribuida a 9, 6 y 16 nuevos péptidos identificados en los quesos tipo crema, fresco y cocido; respectivamente (Aguilar-Toalá et al., 2022).

Por otro lado, se elaboró queso fresco a partir de leche pasteurizada y cepas específicas previamente aisladas de queso fresco artesanal (Torres-Llana et al., 2006); y posteriormente, se determinó el efecto antihipertensivo *in vitro* (inhibición de la enzima convertidora de angiotensina-I (ECA)). Finalmente, se identificaron 11 nuevos péptidos inhibidores de la ECA liberados a partir de la elaboración del queso fresco con estas cepas específicas (Torres-Llana et al., 2011). Aunado a lo anterior, se han estudiado leches fermentadas por cepas aisladas de queso mexicanos artesanales, las cuales han mostrado un potencial efecto cardioprotector, antioxidante, inmunomodulador, anti diabetogénico, antiobesogénico y neuroprotector (Rendón-Rosales et al., 2019; Zambrano-Cervantes et al., 2023; Beltrán-Barrientos

et al., 2018; Santiago-López et al., 2018b; Manzanarez-Quin et al., 2023; Castro, 2023).

Con este mismo enfoque; y con la finalidad de rescatar y revalorizar a los quesos genuinos mexicanos, nuestro grupo está trabajando en un proyecto de Ciencia de Frontera (CF-2023-G-1129) apoyado por el Consejo Nacional de Humanidades, Ciencia y Tecnología (CONAHCYT) intitulado “Rescate y revalorización de saberes tradicionales ligados a los alimentos fermentados mexicanos: coadyuvando a la salud neurológica”. El objetivo de este proyecto es estudiar el efecto benéfico de componentes bioactivos presentes en alimentos tradicionales fermentados mexicanos, tales como el queso fresco artesanal, entre otros, para su revalorización como coadyuvantes en la salud neurológica. Para lograr el objetivo se están realizando estudios *in vitro* e *in vivo* para determinar el efecto neuro protector de la leche y quesos inoculados con BAL específicas y su relación con la microbiota intestinal. En este sentido, recientemente, se determinó el potencial efecto neuro protector de leches fermentadas por cepas aisladas de quesos artesanales mexicanos (Castro, 2023).

Perspectivas y retos

La falta de reconocimiento y revalorización de los quesos genuinos mexicanos, aunada a la industrialización, ha contribuido a la pérdida de su identidad y tipicidad. Por lo que nuestro mayor interés ha sido rescatar y preservar la genuinidad de los quesos artesanales mexicanos a través de nuestros trabajos relacionados con su inocuidad, tipicidad y beneficios a la salud. En este aspecto, la información generada en nuestros trabajos, y por otros grupos de investigación, podría establecer las bases para revalorizarlos a través de una protección legal que permita obtener la Denominación de Origen (DO) para aquellos quesos semi madurados que ya cuentan con Marca Colectiva (MC), o bien, una Marca Colectiva para aquellos quesos que aún no cuentan con esta protección.

Asimismo, esta revalorización permitiría salvaguardar las tradiciones y costumbres de nuestra cultura gastronómica y, a su vez, evitaría la competencia desleal de los quesos de imitación que hoy en día se encuentran en

el mercado. Una DO o MC permitiría diferenciar a los quesos genuinos mexicanos, posicionándolos en el mercado, logrando su reconocimiento, manteniendo su calidad y promoviendo la colaboración entre los miembros productores. Asimismo, una DO o una MC promueve el desarrollo económico de las regiones, generando bienestar social. No obstante, el asegurar la inocuidad de los quesos artesanales continúa siendo el reto más importante para promover su comercialización más allá de sus regiones de origen. Adicionalmente, debido a que la NOM-243-SSA1-2010 establece que los quesos deben ser forzosamente elaborados a partir de leche pasteurizada, es necesario que se desarrollen normas específicas para los quesos artesanales con potencial para lograr una DO o MC.

Conclusiones

La producción de quesos genuinos mexicanos que utilizan la fermentación por BAL confiere características únicas típicas del queso artesanal mexicano, además de presentar un potencial efecto benéfico a la salud, como resultado de la producción de compuestos bioactivos. No obstante, la situación actual de los quesos artesanales mexicanos enfrenta retos importantes tales como asegurar su inocuidad por medio del uso de BAL específicas productoras de antimicrobianos naturales en los diferentes tipos de quesos, sin afectar su tipicidad. Además, otro reto consiste en potencializar la producción de compuestos bioactivos por medio de la selección de BAL específicas y probar su efecto benéfico en la salud por medio de estudios *in vivo*. Finalmente, la Marca Colectiva para los quesos artesanales que no cuentan con esta protección, así como la Denominación de Origen para los quesos semimaduros que ya cuentan con una Marca Colectiva, permitiría lograr su rescate y reconocimiento con una protección legal para posicionarlos en el mercado como un alimento diferenciado de los quesos de imitación.

Agradecimientos

Los autores agradecen al CONAHCYT por el financiamiento de los proyectos de Ciencia Básica y de Frontera 240338 (2014), FOINS-308-2018 (FC-2016-2-2757) y CF-2023-G-1129, así como de la Red para el fomento de la calidad e inocuidad en queserías artesanales en Iberoamérica —QuesArte Iberoamérica (122RT0126)— del Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED).

Referencias

- Aguilar-Toalá, J. E., M. J. Torres-Llanaez, A. Hernández-Mendoza, R. Reyes-Díaz, B. Vallejo-Córdova y A. F. González-Córdova (2022). Antioxidant capacity and identification of radical scavenging peptides from Crema de Chiapas, Fresco and Cocido cheeses. *Journal of Food Science and Technology*, 59(7), 2705-2713. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05291-2>
- Beltrán-Barrientos, L. M., A. F. González-Córdova, A. Hernández-Mendoza, E. H. Torres-Inguanzo, H. Astiazarán-García, J. Esparza-Romero y B. Vallejo-Córdova. (2018). Randomized Double-Blind Controlled Clinical Trial of the Blood Pressure-Lowering Effect of Fermented Milk with *Lactococcus lactis*: A Pilot Study. *Journal of Dairy Science*, (101), 2819–2825. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13189>.
- Cámara Nacional de la Industria Lechera/Canilec. (2023). Estadísticas del sector lácteo 2013-2023. www.canilec.org.mx/estadísticas 2013-2023.
- Castro Salomón, M. (2023). Potencial efecto neuro protector de leches fermentadas con cepas específicas de *Lactococcus* y *Lactobacillus*. [Tesis de Maestría en Ciencias, Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C., Hermosillo, Sonora].
- Cuevas-González, P. F., P. Y. Heredia-Castro, J. I. Méndez-Romero, A. Hernández-Mendoza, R. Reyes-Díaz, B. Vallejo-Córdova y A. F. González-Córdova. (2017). Artisanal Sonoran cheese (Cocido cheese): an exploration of its production process, chemical composition and microbiological quality. *Journal of Science and Food Agriculture*, (97), 4459-4466. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8309>.
- De la Rosa-Alcaraz, M. A., A. M. Ortiz-Estrada, P. Y. Heredia-Castro, A. Hernández-Mendoza, R. Reyes-Díaz, B. Vallejo-Córdova y A.F. González-Córdova. (2020). Poro de Tabasco cheese: Chemical composition and microbiological quality during its artisanal manufacturing process. *Journal of Dairy Science*, (103), 3025-3037. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17363>.
- González-Córdova, A. F., C. Yescas, A. M. Ortiz-Estrada, M. A. de la Rosa-Alcaraz, Her-

- nández-Mendoza y B. Vallejo-Córdoba. (2016). Artisanal Mexican cheeses. *Journal of Dairy Science*, (99), 3250- 3262. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10103>.
- Gutiérrez-Méndez, N., B. Vallejo-Córdoba, A. F. González-Córdova, G. V. Nevárez-Moori-llón y B. Rivera-Chavira. (2008). Evaluation of Aroma Generation of *Lactococcus lactis* with an Electronic Nose and Sensory Analysis. *Journal of Dairy Science*, (91), 49-57. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0193>.
- Heredia-Castro, P. Y., J. I. Méndez-Romero, A. Hernández-Mendoza, E. Acedo-Félix, A. F. González-Córdova y B. Vallejo-Córdoba. (2015). Antimicrobial activity and partial characterization of bacteriocin-like inhibitory substances produced by *Lactobacillus* spp. isolated from artisanal Mexican cheeses. *Journal of Dairy Science*, (98), 8285-8293. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10104>.
- Holle, M. J., L. A. Ibarra-Sánchez, X. Liu, J. Stasiewicz y M. J. Miller. (2018). Microbial analysis of commercially available US Queso Fresco. *Journal of Dairy Science*, (101), 7736-7745. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-14037>.
- Ibarra-Sánchez, L. A., M. L. Van Tassell y M. J. Miller. (2017). Hispanic-style cheeses and their association with *Listeria monocytogenes*. *Journal of Dairy Science*, (100), 2421-2432. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12116>.
- Ibarra-Sánchez, L. A., M. L. Van Tassell y M. J. Miller. (2018). Antimicrobial behavior of phage endolysin PlyP100 and its synergy with nisin to control *Listeria monocytogenes* in Queso Fresco. *Food Microbiology*, (77), 128-134. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.11.013>.
- Manzanarez-Quin, C. G., J. S. García-Romo, L. M. Beltrán-Barrientos, M. J. Torres-Llanaez, M. A., Mazorra-Manzano, A. Hernández-Mendoza, A. F. González- Córdoba, y B. Vallejo-Córdoba. (2023). Novel Peptides in Fermented Milk with Specific *Lactobacillus* Strains Potential Antiobesity Effect: *In Vitro* and *in Silico* Analysis. *ACS Food Science & Technology*, (3), 428–438. <https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.2c00347>.
- Méndez-Romero, J. I., R. Reyes-Díaz, L. Santiago-López, A. Hernández-Mendoza, Vallejo-Cordoba, S. G., Sáyo-Ayerdi, B. Gómez-Gil y A. F. González-Córdova. (2021). Artisanal Fresco cheese from Sonora: Physicochemical composition, microbial quality, and bacterial characterization by high-throughput sequencing. *International Journal of Dairy Technology*, (74), 359-370. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12751>.
- Méndez-Romero, J. I., P. Y. Heredia-Castro, A. Hernández-Mendoza, A. F. González-Córdova y B. Vallejo-Cordoba. (14 de noviembre, 2023). Estudio de la capacidad para producir bacteriocinas por cepas de *Lactococcus lactis* NRRL B-50571 y NRRL B-50572 mediante análisis *in silico* e *in vitro*. 2023. 6to Congreso Internacional de Alimentos Funcionales y Nutracéuticos. Nuevo Vallarta, Nayarit.
- Rendon-Rosales, M. A., M. J. Torres-Llanaez, A. F. González-Córdova, A. Hernández-Mendoza, M. A. Mazorra-Manzano y B. Vallejo-Córdoba. (2019). *In vitro* Antithrombotic and Hypocholesterolemic Activities of Milk Fermented with Specific Strains of *Lactococcus lactis*. *Nutrients*, (11), 2150. <https://doi.org/10.3390/nu11092150>.
- Reyes-Díaz, R., A. F. González-Córdova, M. C. Estrada-Montoya, J. I. Méndez-Romero, M. A. Mazorra-Manzano, H. Soto-Valdez y B. Vallejo-Córdoba. (2019). Volatile and

- sensory evaluation of Mexican Fresco cheese as affected by specific wild *Lactococcus lactis* strains. *Journal of Dairy Science*, (103), 242-253. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17188>.
- Santiago-López, L., A. Hernández-Mendoza, V. Mata-Haro, B. Vallejo-Cordoba y A. F. González-Córdova. (2018a). Immune response induced by fermented milk with potential probiotic strains isolated from artisanal Cocido cheese. *Food and Agricultural Immunology*, 29(1), 911-929. <https://doi.org/10.1080/09540105.2018.1485632>.
- Santiago-López, L., A. Hernández-Mendoza, V. Mata-Haro, B. Vallejo-Córdova, A. Wall-Medrano, H. Astiazarán-García, M. C. Estrada-Montoya y A. F. González-Córdova. (2018b). Effect of Milk Fermented with *Lactobacillus fermentum* on the Inflammatory Response in Mice. *Nutrients*, (10), 1039; <https://doi.org/10.3390/nu10081039>.
- Santiago-López, L., J. E. Aguilar-Toalá, A. Hernández-Mendoza, B. Vallejo-Córdova, A. M. Liceaga y A. F. González-Córdova. (2017). *Invited review*: Bioactive compounds produced during cheese ripening and health effects associated with aged cheese consumption. *Journal of Dairy Science*, (101), 3742-3757. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13465>.
- Santos-Espinosa, A., L. M. Beltrán-Barrientos, R. Reyes-Díaz, M. A. Mazorra-Manzano, A. Hernández-Mendoza, G. A. González-Aguilar, S. G. Sáyo-Ayerdi, B. Vallejo-Cordoba y A. F. González-Córdova. (2020). Gamma-aminobutyric acid (GABA) production in milk fermented by specific wild lactic acid bacteria strains isolated from artisanal Mexican cheeses. *Annals of Microbiology*, (70), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s1213-020-01542-3>.
- Secretaría de Salud, (2010). NORMA Oficial Mexicana NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
- Sosa-Castañeda, J., R. Reyes-Díaz, P. Y. Heredia-Castro, L. Bínitez-Romero, J. I. Méndez-Romero, A. Hernández-Mendoza, A.F. González-Córdova y B. Vallejo-Córdova. (2023). Screening of lactobacilli strains isolated from artisanal poro de Tabasco cheese for their ability to biosynthesize conjugated linoleic acid under simulated gastrointestinal conditions. *International Journal of Food Science and Technology*, (58), 6806-6816. <https://doi.org/10.1111/ijfs.16665>.
- Torres-Llanez, M. J., B. Vallejo-Córdova, M. E. Díaz-Cinco, M. A. Mazorra-Manzano y A. F. González-Córdova. (2006). Characterization of the natural microflora of artisanal Mexican Fresco cheese. *Food Control*, (17), 683-690. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.04.004>.
- Torres-Llanez, M. J., A. F. González-Córdova, A. Hernández-Mendoza, H. S. García y B. Vallejo-Córdova. (2011). Angiotensin-converting enzyme inhibitory activity in Mexican Fresco cheese. *Journal of Dairy Science*, (94), 3794- 3800. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4237>.
- Vallejo-Córdova, B., R. Reyes-Díaz, L. M. Beltrán-Barrientos, A. F. González-Córdova y A. Hernández-Mendoza. (2023). Artisanal Cheese Chemistry. *Food Chemistry, Function and Analysis*. En: Michael H. Tunick. *Handbook of Cheese Chemistry*. (pp. 223-249). UK: The Royal Society of Chemistry.

- Villegas de Gante, A., A. Santos Moreno y F. Cervantes Escoto. (2016). Los quesos mexicanos tradicionales. México: Juan Pablo Editor.
- Zambrano-Cervantes, M., A. F. González-Córdova, A. Hernández-Mendoza, L. M. Beltrán-Barrientos, M.A. Rendón-Rosales, C.G. Manzanares-Quin, M.J. Torres-Llanez y B. Vallejo-Córdoba. (2023). Fermented milks with specific *Lactobacillus* spp. with potential cardioprotective effects. *Journal of Food Science and Technology*, (60), 6, 1749-1760. <https://doi.org/10.1007/s13197-023-05715-1>.