

INOCUIDAD MICROBIOLÓGICA DE LOS PRODUCTOS LÁCTEOS

M. Belén Vargas-Salas^{1,2} y Magaly Toro¹

¹Laboratorio de Microbiología y Probióticos, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

²Programa de Magister en Ciencias Veterinarias y Animales, Facultad de Cs. Veterinarias y Pecuarias, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

Resumen

La contaminación microbiológica es el aspecto más relevante en la inocuidad de productos lácteos y se han reportado múltiples brotes de enfermedades asociadas a ellos en todo el mundo. Los lácteos son ricos en nutrientes, muchos poseen un pH cercano a neutro y tienen una alta actividad de agua. Estas características son adecuadas para permitir la sobrevivencia y sustentar la proliferación de bacterias capaces de causar enfermedad en los seres humanos. El origen de estas bacterias es variado, pudiendo provenir del mismo animal productivo (vacas, cabras, ovejas, etc.), de procesos a los cuales los productos son sometidos, etc. El objetivo de este capítulo es entregar una visión general de la inocuidad microbiológica de los productos lácteos con el fin de que el lector conozca los potenciales riesgos que estos podrían representar para el consumidor en el caso de fallas en la producción y el procesamiento del producto. Dentro de los temas a tratar en el capítulo están las características que hacen a los lácteos alimentos de riesgo, el origen de la contaminación de los productos lácteos, los microorganismos transmitidos por los lácteos que han sido asociados a enfermedades humanas, cómo prevenir la contaminación de este tipo de productos y algunas tecnologías emergentes para el tratamiento de lácteos a baja temperatura.

Palabras claves:

Inocuidad, lácteos, leche cruda, patógenos transmitidos por los alimentos, contaminación microbiológica, enfermedades transmitidas por los alimentos.

1. Introducción

Los productos lácteos constituyen una importante fuente de nutrientes para la población

humana, contribuyendo a suplir requerimientos nutricionales y se les considera vitales para el desarrollo y crecimiento humano [1]. Sin embargo, estos productos son alimentos de riesgo

dado que diversos peligros pueden afectar su inocuidad y se han asociado a múltiples brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA) [1-3].

El *Codex Alimentarius* define inocuidad como “la garantía de que un alimento no causará daño al consumidor cuando el mismo sea preparado o ingerido de acuerdo con el uso a que se destine” [4]. Esto implica que los alimentos no deben contener peligros en niveles que puedan afectar la salud del consumidor. Los peligros alimentarios se clasifican, según su naturaleza, en químicos, físicos o biológicos [5]. La mayoría de estos peligros no son observables a simple vista: bacterias (peligro biológico), residuos de medicamentos veterinarios (peligro químico) y otros pueden estar presentes en los lácteos [1,5]. Los peligros pueden contaminar los alimentos en cualquier etapa de la cadena productiva. En el caso de los lácteos, la contaminación puede provenir desde el alimento de los animales (piensos), de los propios animales, de malos manejos en los procesos de ordeña, almacenamiento y transporte de leche, del ambiente, etc. [1,2,5]. Dentro de los peligros biológicos, bacterias patógenas mesófilas pueden multiplicarse en los alimentos contaminados durante su exposición a temperaturas de abuso (o “zona de peligro”), incrementando el riesgo para la población.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que 600.000 personas enferman cada año por enfermedades transmitidas por los alimentos (ETA) y 1,8 millones mueren, motivo por el cual las ETA son consideradas un problema de salud pública de relevancia mundial [6]. Desde este punto de vista, la leche y sus derivados son considerados alimentos de alto riesgo, especialmente para grupos susceptibles como niños pequeños, mujeres embarazadas, pacientes inmunocomprometidos, enfermos crónicos y adultos mayores [7]. Considerando estos antecedentes, este capítulo se enfocará en distintos aspectos asociados a la contaminación e inocuidad microbiológica de la leche y productos lácteos.

2. Factores intrínsecos de los productos lácteos que influyen en su contaminación

Muchos microorganismos viven normalmente en los alimentos [8] y una combinación favorable de factores intrínsecos permite un óptimo desarrollo bacteriano en los lácteos, determinando que estos productos sean perecederos y de rápido deterioro a temperatura ambiente [1]. Las bacterias patógenas también se multiplican en lácteos, asociándose frecuentemente a ETA aunque sin causar alteración en los alimentos [3,8]. Dentro de los factores intrínsecos más relevantes asociados a la multiplicación de microorganismos en los lácteos están:

2.1. Contenido de nutrientes

Las bacterias necesitan nutrientes básicos para su desarrollo y proliferación, y los lácteos contienen nutrientes en cantidades óptimas para sustentar la multiplicación bacteriana. Por lo tanto, no existe limitación nutritiva para la multiplicación bacteriana en este tipo de alimento [1,8].

2.2. Actividad de agua (A_w)

En términos prácticos, la actividad de agua es el agua libre, no ligada, disponible en los alimentos. La A_w va desde 0 a 1, y alimentos con baja A_w ($A_w=0-0,69$) no permiten la proliferación de microorganismos [8]. Los microorganismos patógenos no proliferan en la leche en polvo ($A_w=0,2$) [8,9]. Sin embargo, bacterias como *Cronobacter sakazakii* y *Salmonella* spp., pueden sobrevivir por meses a baja A_w y han sido recuperados desde leche y fórmulas infantiles en polvo [10, 11]. Los alimentos con A_w intermedia (0,7 a 0,89) permiten la multiplicación de mohos (desde $A_w>0,82$) y de levaduras (desde $A_w>0,86$). La leche condensada azucarada ($A_w=0,83$), el dulce de leche ($A_w=0,79$), y los quesos duros como el parmesano ($A_w= 0,88-0,69$) entran en esta categoría [9]. Algunas bacterias patógenas (*Staphylo-*

coccus aureus y *Listeria monocytogenes*) se pueden multiplicar a $A_w \geq 0,89$, por lo que alimentos de A_w intermedia pueden ser riesgosos [8,9]. Los alimentos con alta A_w ($A_w > 0,91$) permiten la proliferación de la mayoría de los microorganismos, especialmente de bacterias [8]. La leche líquida ($A_w = 0,99$), la crema ($A_w = 0,98$), y la mayoría de los quesos ($A_w = 0,96$) son alimentos que permiten la multiplicación de microorganismos y son considerados los más riesgosos [9].

2.3. pH

El pH indica cuán ácida o alcalina es una solución. Sus valores van de 1 a 14, siendo 1 extremadamente ácido y 14 extremadamente alcalino; valores de 7 indican neutralidad [8]. Los microorganismos patógenos proliferan bien a pH neutro, y pH bajo 4,4 hace más difícil su desarrollo y sobrevivencia [8]. La leche tiene un pH de 6,7-6,9, y el pH de los quesos varía dependiendo de su variedad, pudiendo ir desde 4,1 a 6,5. Algunos alimentos fermentados como el yogurt y el kéfir pueden llegar a pH de 2,0-4,5 [8,12]. Los lácteos fermentados poseen microorganismos adicionados intencionalmente que producen ácido láctico como parte de su metabolismo, bajando el pH e inhibiendo el metabolismo de muchos microorganismos patógenos [8]. Dado que la mayoría de los lácteos presentan pH superiores a 4,5, estos no impiden la multiplicación bacteriana y los patógenos proliferan en ellos.

3. Origen de contaminación de los productos lácteos

Las características intrínsecas de los lácteos y su alta manipulación favorecen la presencia de virus, mohos, levaduras y bacterias [1,13]. Estos microorganismos tienen roles clave en la manufactura de lácteos, ya sea como productores del alimento (bacterias fermentadoras del yogurt, mohos que conceden propiedades organolépticas deseadas a los quesos, etc.), alterantes (deterioran y reducen vida útil) o patógenos (causan

enfermedades en la población humana) [14]. Al respecto, diversos factores influyen en la contaminación durante la cadena productiva láctea, incluyendo condiciones agrícolas, salud de los animales, condiciones higiénicas a lo largo del proceso, procesos tecnológicos, etc. [1, 2,13,15].

A continuación, revisaremos algunas de las etapas que influyen en la contaminación biológica de los lácteos:

3.1. Contaminación durante el ordeño

La leche es prácticamente estéril dentro de la glándula mamaria de animales productivos sanos. Sin embargo, microorganismos patógenos pueden contaminar la leche durante el ordeño [1,13]. Esta contaminación procede de varias fuentes: el epitelio alveolar de la glándula mamaria puede tener adheridos microorganismos comensales y patógenos, principalmente aquellos causantes de mastitis como *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, etc. [2,16]. La piel de la ubre y la superficie de los pezones están en contacto directo con microorganismos ambientales del suelo y camas, incluyendo deposiciones, y pueden transportar elevadas cargas bacterianas (108-1010 ufc/g) [2]. La inadecuada limpieza e higiene de equipos de ordeña y del agricultor o manipulador de leche también influyen en la contaminación de la leche y se asocian a fallas en las buenas prácticas ganaderas [2,15,17].

3.2. Contaminación durante el almacenamiento y transporte de leche cruda

Puede ocurrir por fallas en las buenas prácticas ganaderas como, por ejemplo, higiene deficiente en equipos o en áreas de almacenamiento de leche [17]. La calidad del agua utilizada también puede ser una importante fuente de contaminación, en especial de *Pseudomonas spp.* [18]. Por otro lado, la leche se obtiene a la temperatura corporal del animal (38,5°C), temperatura ideal para la multiplicación de bacterias mesófilas (incluyendo patógenos), aumentando así el número de microorganismos de la leche y promoviendo la rápida alteración de la calidad y posiblemente

de la inocuidad del alimento, por lo tanto, es fundamental bajar la temperatura de la leche inmediatamente después del ordeño [1,8,13,15].

3.3. Contaminación durante el procesamiento

El procesamiento de los productos lácteos incluye una serie de pasos, muchas veces específicos para cada producto. Un paso común para muchos es la pasteurización, la que tiene por objeto destruir los patógenos vegetativos presentes en la leche [1,14]. Existen diversos tipos de pasteurización: la pasteurización de baja temperatura por largo tiempo (LTLT, 60°-65°C por 30 min), la pasteurización de alta temperatura por corto tiempo (HTST, 72°-73°C por 15 a 20 s), y la ultrapasteurización o esterilización de la leche (UHT) la que se realiza a temperaturas muy altas por pocos segundos (130°C -154°C por 2 a 8 s). El método UHT permite una esterilización comercial de la leche y entrega vida útil de meses sin necesidad de refrigeración [8,14]. La pasteurización u otro proceso de descontaminación de la leche se consideran puntos críticos de control en la industria láctea dado que es el proceso que asegura la inocuidad del alimento. Sin embargo, es posible que los productos se re-contaminen luego de la pasteurización, lo que se asocia a malas prácticas de higiene o manufactura durante el procesamiento, tales como una mala higiene de los manipuladores o fallas en los procesos de higienización de la planta de procesamiento, entre otras [1,17]. Una de las bacterias frecuentemente asociadas a la contaminación post pasteurización de los lácteos es *Listeria monocytogenes*, la que es capaz de vivir en biopelículas en las plantas de procesamiento de alimentos y se multiplica a temperaturas tan bajas como -1°C [14,19]. Una vez que esta bacteria se ha establecido en un área es muy difícil de eliminar, por lo que su relevancia es crítica en la industria de alimentos [1].

4. Zoonosis de importancia en el ganado lechero

Se define zoonosis como una enfermedad o infección que es transmitida desde los animales vertebrados al hombre y pueden ser provocadas por virus, parásitos, bacterias, etc. [5]. Los lácteos y, en especial, los no pasteurizados, han sido históricamente vehículos de zoonosis. Antes de los programas masivos de erradicación y control de enfermedades zoonóticas en el ganado lechero y de la masificación de la pasteurización de la leche, las bacterias zoonóticas más importantes asociadas a lácteos eran *Mycobacterium bovis*, *Brucella abortus* y *Coxiella burnetii*. Estas 3 bacterias están bajo control en países desarrollados, pero son endémicas en algunos países latinoamericanos [1]. Actualmente, la lista de patógenos transmitidos por la leche consideran microorganismos que viven normalmente en el intestino del ganado lechero sin causarles enfermedad o microorganismos ambientales [2].

A continuación, se revisan brevemente los aspectos más relevantes de las bacterias patógenas transmitidos por lácteos.

***Brucella spp.*:** La brucelosis es una enfermedad causada por bacterias de la Familia *Brucella spp.*, en especial por *B. abortus* (bovinos) y *B. melitensis* (cabras) y también es conocida como "Fiebre de Malta" [20]. Los síntomas incluyen fiebre ondulante, con debilidad muscular y malestar extremos, pérdida de peso, entre otros [20-22]. Los casos humanos se producen principalmente por la ingesta de productos contaminados como leche no pasteurizada y productos elaborados con ésta [22,23]. Se le considera una zoonosis endémica de países de África, Asia y América Latina [24-26]. En México se reportan 2.200 casos humanos nuevos al año atribuidos principalmente al consumo de queso fresco o leche cruda [27]. Una revisión reciente informó valores de detección de *Brucella spp.* en bovinos en países de América Latina; menos de 1% en Uruguay y Chile; entre 2 y 4% en Argentina, Bolivia y Paraguay; y, en Brasil entre 0,06% en el sur y 10,20% en el nor-

te [26]. La brucelosis caprina también está presente en varios países latinoamericanos [26]: en Ecuador, 11,2% de los caprinos estudiados tenía anticuerpos contra *B. melitensis* [21].

***Mycobacterium bovis* (Tuberculosis zoonótica):** Actualmente, un bajo porcentaje de las tuberculosis humanas se producen por *Mycobacterium bovis* (1,4% a nivel mundial), el agente de la tuberculosis bovina [28]. Los síntomas son similares a la tuberculosis humana: fiebre, pérdida de peso y otros signos dependiendo de dónde se aloje la bacteria [28]. Se le considera erradicada en países desarrollados gracias a los controles de animales y a la masificación de la pasteurización de la leche. Recientemente se han detectado casos humanos asociados a la exposición laboral y al consumo de leche cruda en Brasil [29]. Existen planes de erradicación en varios países latinoamericanos, incluyendo Uruguay, Chile y Argentina. A pesar de ello, aún se detecta *Mycobacterium bovis* en animales de producción de países latinoamericanos [24,29-32].

***Coxiella burnetii* (Fiebre Q):** Causante de la Fiebre Q, endémica en ganado bovino, caprino y ovino en la mayor parte del mundo [33]. Produce síntomas como diarrea, fiebre, mialgia, debilidad muscular, cefalea, neumonía, endocarditis crónica, etc. [34]. La transmisión a humanos se asocia al contacto directo con animales infectados, pero existe un riesgo menor asociado al consumo de lácteos no pasteurizados [34-36]. La bacteria puede permanecer viable más de 8 meses en queso en maduración en condiciones de acidez (4,9-5,4) y baja Aw (0,91-0,95) [36]. *C. burnetii* es el microorganismo vegetativo que es más resistente a las altas temperaturas en leche, por lo que se requiere una reducción de 5 log de *C. burnetii* para la validación de procesos de descontaminación de la leche [2,17]. Si bien no hay reportes recientes de *C. burnetii* asociada al consumo de lácteos, estudios latinoamericanos han detectado el agente en rebaños y leche. En 2015, el 55,1% de los animales de una lechería caprina en Brasil tenían anticuerpos contra la bacteria [37]. Entre 2010 y 2014, un estudio en Ecuador

determinó una prevalencia del 12,6% de *C. burnetii* en el ganado bovino de leche y multipropósito [38] y en 2017, un brote de fiebre Q afectó a trabajadores ganaderos del sur de Chile y la bacteria se aisló en leches de tanque [39].

Los antecedentes entregados muestran que estas tres zoonosis aún estarían presentes en Latinoamérica. Por lo tanto, un adecuado tratamiento de la leche es esencial para mantener los casos humanos bajo control. Además de los patógenos mencionados, existen otros microorganismos relevantes que son transmitidos por los alimentos y asociados frecuentemente a lácteos:

***Escherichia coli* diarreogénica:** *E. coli* es parte de la microbiota intestinal de animales sanos, por lo que su presencia en la leche cruda es un indicador de contaminación fecal y de higiene deficiente durante la producción pero también es causante de mastitis [40]. Algunas *E. coli* son patógenas para los humanos, destacando *E. coli* productora de toxinas Shiga (STEC), de gran impacto en la salud pública dado que causa brotes de ETA y es la principal causa del síndrome hemolítico urémico (SHU) en niños [41]. El ganado bovino es el principal reservorio de STEC y se han descrito brotes de enfermedad asociado al consumo de leche no pasteurizada contaminada [42]. En Francia, STEC O26 causó un brote con 16 casos de SHU en niños. La enfermedad se asoció a queso blando de leche cruda [43]. En Argentina, un estudio retrospectivo indicó que 10% de los casos de SHU habían consumido leche sin pasteurizar [41]. En Brasil, se ha aislado STEC desde alimentos: 0% a 31% en leche y de 0 a 14% en queso [42].

***Salmonella* spp.:** Se encuentra frecuentemente en el intestino de animales, por lo que es posible la contaminación de la leche cruda con heces del ganado [44]. La *Salmonellosis* cursa con gastroenteritis que puede llegar ser grave en grupos vulnerables y es una de las principales causas de ETA del planeta [6]. Se han descrito brotes ocasionados por *Salmonella* y asociados a lácteos en distintos países. Destaca un brote en el que

206 personas enfermaron entre 2018 y 2019 por el consumo de queso fresco importado desde México con *Salmonella* Newport [45]. Entre 2015-2016, quesos de leche cruda causaron un brote por *Salmonella* Dublín en Francia [46].

Listeria monocytogenes: Se ha encontrado en diversos productos lácteos convirtiéndose en un problema de salud pública debido a la gravedad de sus síntomas en mujeres embarazadas, lactantes, pacientes inmunocomprometidos y personas de la tercera edad [40,47,48]. La enfermedad cursa con fiebre, cefalea, meningoencefalitis, aborto en embarazadas, muerte, etc. [49,50]. En 2008, un brote causó 60 casos de listeriosis por consumo de quesos Brie y Camembert de cabra pasteurizados, con una letalidad de 34% en Chile [50] y en Perú se reportaron casos asociados al consumo de quesos no pasteurizados en niños en 2015, los cuales quedaron con secuelas neurológicas [49]. *L. monocytogenes* es un desafío para las empresas de alimentos ya que tiene la capacidad de proliferar a bajas temperaturas (se multiplica hasta temperaturas de -1°C) y persiste en el ambiente de las plantas de procesamiento gracias a la formación de biopelículas [19]. Se reporta frecuentemente que contaminan productos listos para el consumo, incluyendo lácteos. En Costa Rica, se reportó en 2009 el aislamiento de *L. monocytogenes* desde queso “tierno” [51]. En Chile, se encontró *L. monocytogenes* en helados (3,5%) y queso blando (0,8%) en 2001 [52], y en 2015 se reportó la presencia de la bacteria en 40% de muestras de queso analizadas (n=46) [53].

Campylobacter spp.: *C. jejuni* es la especie que se detecta con mayor frecuencia en la leche debido a su presencia habitual en el tracto intestinal del ganado bovino [2,54]. La bacteria causa una gastroenteritis dolorosa, que puede llevar a la muerte en pacientes inmunodeprimidos y dejar secuelas como el Síndrome de Guillain-Barré. El patógeno no prolifera en la leche cruda, pero la leche cruda o insuficientemente tratada ha sido causa frecuente de brotes masivos de campylobacteriosis en humanos [2,55]. Por ejemplo,

un brote de campylobacteriosis causó 69 casos en 2016 y el microorganismo se aisló desde una máquina expendedora de leche no pasteurizada en Inglaterra [55], y en Estados Unidos, 99 casos de campylobacteriosis fueron asociados al consumo de leche cruda de una lechería en Utah en 2014 [56].

Staphylococcus aureus: Esta bacteria puede causar mastitis subclínica, por lo que no se observan signos ni cambios en leche o el animal. Su toxina causa enfermedad en humanos y esta se produce y transmite a través de los alimentos, causando intoxicación alimentaria [57]. Además, se estima que el 30% de la población humana es portadora del patógeno. En 2007 ocurrió un brote de *S. aureus* atribuido a leche ultra pasteurizada, que afectó a 3 ciudades de Paraguay con 400 afectados y 60 hospitalizaciones. Se identificó a la leche como fuente de intoxicación y a un operario de la línea de producción como origen de la contaminación [58] y en 2014, se detectó *S. aureus* coagulasa positivo por sobre los niveles permitidos por norma paraguaya en 79,2%, y 38,5% de los lotes de queso estudiados [59].

Bacillus cereus: Microorganismo esporulado, ampliamente distribuido en el ambiente. Ha sido frecuentemente encontrado en alimentos en polvo, se ha encontrado en leche en polvo y quesos [60,61]. Produce tanto infección como intoxicaciones alimentarias debido a su producción de toxinas. En 2018 se reportó el aislamiento de *B. cereus* desde productos lácteos como bebidas UHT, queso, queso Requeijão, latas de leche y leche cruda en Brasil [62] y en Chile se detectó su presencia en un alto porcentaje de las premezclas destinadas a los niños a través del sistema de alimentación escolar: leche en polvo (34,5%), sustituto lácteo (51,5%), budín de leche (46,3%), etc. [61].

Cronobacter sakazakii: Patógeno emergente que puede causar enfermedades mortales principalmente en lactantes, cursando con encefalitis y meningitis. A la fecha, se ha asociado principalmente a ingestión de fórmulas infantiles re-

constituídas [2]. Sobrevive a muy baja actividad de agua y forma biopelículas en condiciones ambientales estresantes [10,63]. Esta es una bacteria ambiental que contamina los alimentos una vez procesados [2]. La bacteria ha sido aislada desde lácteos en Brasil [10] y en Chile se detectó su presencia en dos muestras de fórmulas infantiles importadas en polvo en 2017. Ambas marcas eran distribuidas en la mayoría de los países de América [64].

Existen otros patógenos que también se han asociado al consumo de lácteos, en especial a los producidos con leche sin pasteurizar. Por ejemplo: *Yersinia paratuberculosis* y *Yersinia enterocolitica*, esta última se ha aislado desde leche cruda bovina en Ciudad de México con prevalencia por establo del 25% [65,66]. *Leptospira* spp. también podría transmitirse por la leche y el patógeno se ha aislado desde animales en el sur de Chile y se ha detectado un alto número de animales con anticuerpos en algunos predios (75%) [67,68]. *Arcobacter* spp. es un patógeno emergente, que se transmite por los alimentos y el agua. Se ha encontrado en granjas lecheras y en dispensadoras automáticas de leche cruda en Italia [69]. Otras bacterias que se podrían transmitir por el consumo de lácteos son *Clostridium botulinum*, *Cryptosporidium* spp. (parásito unicelular) [7] y *Mycobacterium avium* subsp. paratuberculosis causante de la paratuberculosis en bovinos y posible causa de enfermedad de Crohn en humanos [8,70]. Por último, se debe destacar que se han aislado bacterias resistentes a los antimicrobianos desde lácteos: *E. coli* resistente en leche de granja y quesos en Alemania [71], *S. aureus* resistente a la meticilina (MRSA) en leche cruda del norte de Grecia y en tanques de leche de cabras y vacas en Republica Checa [72,73]. Estos hallazgos sugieren que, dado que la resistencia a los antimicrobianos es un problema de salud pública trascendental para todo el planeta y a que se han encontrado este tipo de bacterias en lácteos, debiera evaluarse el riesgo de este tipo de contaminación en alimentos.

Si bien no hay muchos estudios acerca de la contaminación de lácteos en Latinoamérica, los

siguientes estudios publicados en revistas científicas entregan una visión de la contaminación multipatógeno de lácteos en la zona:

- San José, Costa Rica (2008) Estudio de la calidad microbiológica de leche cruda (n=25) y queso de cabra de leche pasteurizada (n=15). Se encontró *S. aureus* en bajos recuentos, y *Salmonella* y *Listeria monocytogenes* estaban ausentes [74].
- Guadalajara, México (2012). Los resultados indicaron que muestras de queso Panela (fresco) estaban contaminadas con *Salmonella* spp. (34%), *E. coli* O157:H7 (16%), *L. monocytogenes* (6%), mientras que los porcentajes de contaminación del queso Adobera (fresco) eran 20% para *Salmonella* spp., 4% con *E. coli* O157 O157:H7, y 12% con *L. monocytogenes*. Casi la mitad de los quesos analizados en este estudio (46%) estaba contaminado con al menos uno de los patógenos estudiados [75].
- Tunja, Boyacá, Colombia (2019). Se analizaron 31 muestras de queso campesino y de hoja. Se encontró *L. monocytogenes* (3,6%), *Salmonella* Typhi (3,1%) presentes y *S. aureus* (38,7%) fue detectada en niveles superiores a lo aceptado por la norma técnica del país. Según parámetros de calidad, sólo 6% de las muestras analizadas resultaron aptas para el consumo humano [76].

5. Prevención de enfermedades transmitidas por lácteos

Si bien, la contaminación de los lácteos es multifactorial, a continuación se entregan puntos clave con impacto sobre la inocuidad de lácteos.

5.1. Evaluación de la salud del animal

Primero, es necesario que la leche se obtenga desde animales sanos y, en especial, se debe evaluar la salud de la ubre ya que los microorganismos que causan mastitis también contaminan la leche. Por esto es necesario que el ordeñador evalúe la salud del animal y, en especial, de la glándula mamaria [1,17]. Esto va a disminuir

las posibilidades de contaminación de la leche. Aunque la mastitis clínica es evidente, la mastitis subclínica no lo es, ya que ni la ubre ni la leche presentan cambios visibles a simple vista [77]. Por lo tanto, es difícil asegurar que la leche no esté contaminada.

5.2. Buenas prácticas ganaderas y de higiene (BPG y BPH)

Mucha de la contaminación de la leche puede ser evitada a través de BPG y BPH, en las que se considere una limpieza adecuada de los trabajadores, de los implementos, del ambiente de ordeño y procesamiento, etc. [15,17]. En las plantas de procesamiento, la leche y otros productos lácteos se pueden volver a contaminar luego de los tratamientos para eliminar patógenos, por lo que la prevención es fundamental [2]. Recordemos que existen bacterias patógenas que están en variados ambientes y que pueden contaminar la leche. Para esto es necesario que se cumpla con adecuados planes de aseo y sanitización del lugar de elaboración de los alimentos, entre otros. El uso de agua de buena calidad para es-

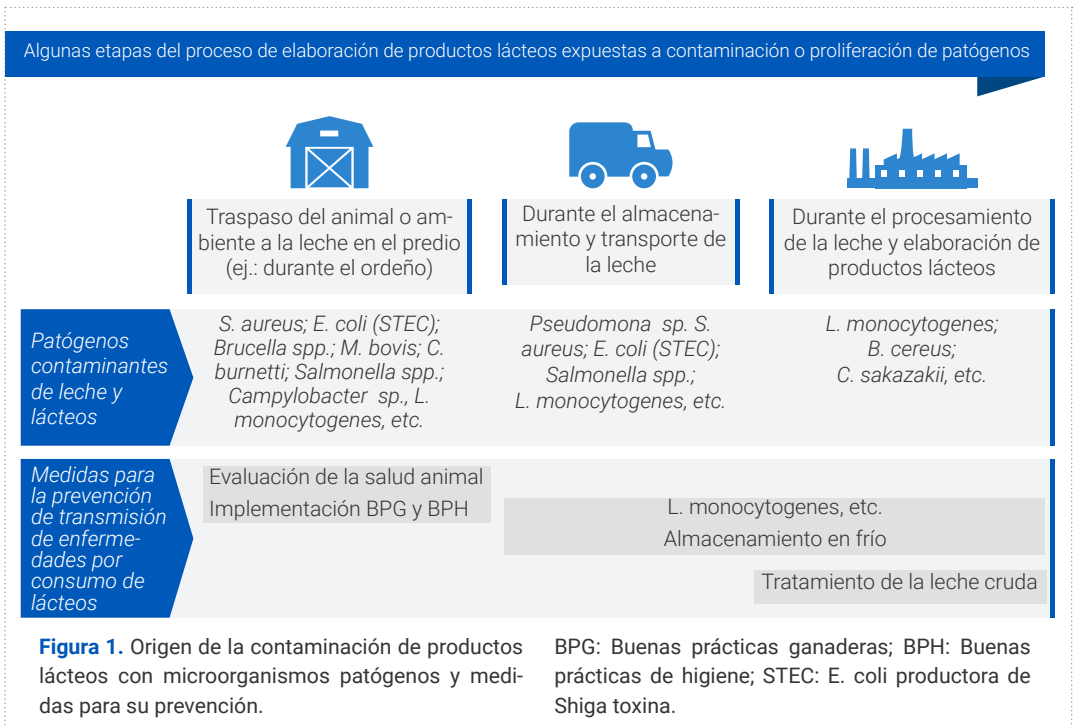
tas actividades es fundamental [17].

5.3. Almacenamiento en frío

La mayoría de los productos lácteos necesitan ser envasados y almacenados a temperaturas que restrinjan la multiplicación bacteriana, por lo que es fundamental para su inocuidad, tanto a nivel de producción primaria como a nivel del consumidor ya que los lácteos expuestos a temperaturas de abuso pueden deteriorarse rápidamente [15]. En el hogar, un almacenamiento según las instrucciones del fabricante ayudará a mantener la inocuidad de estos productos [1,13].

5.4. Tratamiento de la leche cruda

como se explicó anteriormente, no es posible asegurar que la leche ordeñada sea inocua, por lo tanto, la pasteurización y otras tecnologías equivalentes que aseguren una eliminación efectiva de los patógenos son la única forma de asegurar la inocuidad de los lácteos [1]. A continuación, se mencionan algunas de las tecnologías no térmicas para el tratamiento de leche cruda.



6. Tecnologías no térmicas para el tratamiento de leche cruda

Aunque las tecnologías térmicas han demostrado su efectividad asegurando la inocuidad de los lácteos, algunos consumidores prefieren lácteos que no hayan sido tratados por calor, ya que piensan que éstos últimos son más saludables [1]. Sin embargo, el consumo de lácteos no tratados no es seguro para la salud humana. A consecuencia, se está investigando la utilidad de tecnologías no térmicas para la obtención de leche segura. Dentro de ellas, existen dos tecnologías emergentes que están siendo masificadas o evaluadas para su implementación en la industria láctea:

6.1. Altas presiones hidrostáticas (HPP)

En esta tecnología se aplican altas presiones dañando irreversiblemente la membrana de células vegetativas en la leche, pero no destruye esporas, por lo que la leche tratada por HPP no es completamente segura y pueden existir riesgos a la salud de las personas [17,78]. Aumenta la vida útil de la leche de manera similar a la leche pasteurizada y logra 10 días de vida útil. Sin embargo, el equipo es costoso y requiere de una gran cantidad de energía, por lo que no se le considera práctica para su uso en industrias pequeñas ni medianas [79]. Un estudio reciente demostró la utilidad de HPP para reducir la carga de patógenos (*E. coli* patogénica, *Salmonella* y *L. monocytogenes*) en 5 log (requerido para validación del método) y con calidad organoléptica similar a la de la leche cruda. El tratamiento también extendió la vida útil al reducir el recuento total de bacterias causantes de deterioro y mantuvo los atributos de calor y textura [78].

6.2. Luz UV

Permite obtener alimentos mínimamente procesados y que son a la vez seguros microbiológicamente, con efectos menores sobre sus pro-

piedades nutricionales y sensoriales. Tiene bajo costo operativo, de mantención e instalación por lo que es una buena opción para algunos alimentos. Sin embargo, la luz UV posee un bajo poder de penetración restringiendo su uso [80,81]. Estudios en lácteos indican que logra bajar la concentración de patógenos en más de 5 log en leche descremada [82] y que extiende significativamente la vida útil de quesos [81]. Además, también ha sido utilizada con fines diferentes a la reducción de patógenos, como el desarrollo de nuevos productos lácteos ricos en vitamina D3, eliminación o control de contaminación posterior al procesamiento, desinfección de superficies en contacto con alimentos, etc. [83,84].

7. Conclusión

Los lácteos, además de aportar diversos nutrientes, son considerados beneficiosos para el ser humano durante todo el ciclo vital. Sin embargo, estos alimentos podrían estar contaminados con microorganismos (principalmente bacterias) patógenos y generar ETA. Los programas de erradicación de enfermedades animales y el uso de tratamientos térmicos de la leche han permitido una dramática disminución de la transmisión de enfermedades como la tuberculosis y la brucelosis. Sin embargo, los lácteos se pueden contaminar con patógenos humanos que no causan enfermedades en animales o que están en el ambiente. Estas bacterias pueden ser controladas, mas no erradicadas, a través de programas de buenas prácticas higiénicas en la producción primaria de la leche. A la fecha, solo tratamientos tecnológicos que aseguren la destrucción de patógenos pueden asegurar la inocuidad de los lácteos, por lo tanto, el consumo de leche cruda y productos elaborados con ella son de riesgo. El desarrollo de nuevas tecnologías para la eliminación de patógenos de la leche sin el uso de altas temperaturas permitiría la entrega de un producto inocuo, sin embargo, estas técnicas necesitan ser validadas antes que la industria pueda adoptar su uso.

Referencias

1. FAO [Food and Agriculture Organisation]. Milk and milk products in human nutrition. E. Muehlhoff, A. Bennett and D. McMahon. Rome. Food and Agriculture Organisation of the United Nations. 2013. www.fao.org/docrep/018/i3396e/i3396e.pdf [accedido el 07/05/2019]
2. Van Asselt E.D. y cols. Overview of food safety hazards in the European dairy supply chain. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*. 2017;16:59-75.
3. Gould L.H. y cols. Outbreaks attributed to cheese: differences between outbreaks caused by unpasteurized and pasteurized dairy products, United States, 1998-2011. *Foodborne Pathog. Dis.* 2014;11:545-551.
4. FAO [Food and Agriculture Organisation]. Inocuidad Alimentaria. <http://www.fao.org/food-safety/es/> [accedido el 04/02/2020].
5. FAO [Food and Agriculture Organisation]. Peligros para la salud. <http://www.fao.org/dairy-production-products/products/peligros-para-la-salud/es/> [accedido el 03/02/2020].
6. PLOS collections. WHO estimates of the global burden of foodborne diseases. 2015. <http://collections.plos.org/ferg2015>. [Accedido el 28/12/2019].
7. CDC [Centers for Disease Control and Prevention]. Leche cruda (sin pasteurizar). 2019. <https://www.cdc.gov/spanish/especialescdc/lechecruda/index.html>. [Accedido el 03/02/2020].
8. Jay J.M. y cols. *Modern Food Microbiology*, 7th ed. 2004. Corr. 2nd printing 2006 ed. New York, NY, United States: Springer-Verlag New York Inc.; 2006.
9. Schmidt SJ, Fontana AJ, Jr. Appendix E: Water Activity Values of Select Food Ingredients and Products. In: G.V. Barbosa-Cánovas AJF, S.J. Schmidt and T.P. Labuza, editor. *Water Activity in Foods*. 2008.
10. Scudeller Umeda N. y cols. Phenotypic characterization of *Cronobacter* spp. strains isolated from foods and clinical specimens in Brazil. *Food Res. Int.* 2017;102:61-67.
11. Gunn L. y cols. Molecular characterization of *Salmonella* serovars Anatum and Ealing associated with two historical outbreaks, linked to contaminated powdered infant formula. *Front Microbiol.* 2016;7:1664-1664.
12. Dairy Food Safety Victoria. Technical Information note: measuring pH. <https://www.dairysafe.vic.gov.au/publications-media/technical-information-notes/product/410-measuring-ph/file> [Accedido el 03/02/2020]
13. Alonso Lebrero E. y cols. Informe del comité científico de la agencia española de consumo, seguridad alimentaria y nutrición (AECOSAN) sobre los riesgos microbiológicos asociados al consumo de leche cruda y productos lácteos elaborados a base de leche cruda. *Revista del comité científico AECOSAN*. 2015 (21).
14. Boor K.J. y cols. A 100-Year Review: Microbiology and safety of milk handling. *J. Dairy Sci.* 2017;100:9933-9951.
15. Ledo J. y cols. A customized assessment tool to differentiate safety and hygiene control practices in emerging dairy chains. *Food Control.* 2020;111:107072.
16. Reyes-Jara A. y cols. Antibacterial Effect of Copper on Microorganisms Isolated from Bovine Mastitis. *Front Microbiol.* 2016;7:626.
17. Joint FAO/WHO Codex Alimentarius Commission. Code of hygienic practice for milk and milk products CAC/RCP-57. 2009. Rome :World Health Organization: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
18. Nucera D.M. y cols. Dissemination and Persistence of *Pseudomonas* spp. in small-scale dairy farms. *Ital. J. Food Saf.* 2016;5:5652-5652.
19. Quesille-Villalobos A.M. y cols. The combined effect of cold and copper stresses on the proliferation and transcriptional response of *Listeria monocytogenes*. *Front Microbiol.* 2019;10:612.
20. Dadar M. y cols. Human brucellosis caused by raw dairy products: A review on the occurrence, major risk factors and prevention. *Int. J. Food Microbiol.* 2019;292:39-47.
21. Ron-Román J. y cols. The unexpected discovery of *Brucella abortus* Buck 19 vaccine in goats from Ecuador underlines the importance of biosecurity measures. *Trop. Anim. Health Prod.* 2017;49:569-574.
22. Olivares R. y cols. Brucellosis in Chile: Description of a series of 13 cases. *Rev. Chilena Infectol.* 2017;34:243-247.
23. Saddique A. y cols. Acute febrile illness caused by *Brucella abortus* infection in humans in Pakistan. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2019;16.
24. Servicio Nacional de Sanidad y Calidad Agroalimentaria [SENASA]. La prevención de zoonosis en bovinos adiciona calidad e inocuidad a la leche producida en los tambos argentinos. 2015. <http://www.senasa.gov.ar/senasa-comunica/infografias/la-prevencion-de-zoonosis-en-bovinos-adiciona-calidad-e-inocuidad-la-leche-producida-en-los-tambos> [Accedido el 03/02/2020].
25. Negrón M.E. y cols. Notes from the Field: Human *Brucella abortus* RB51 Infections Caused by Consumption of Unpasteurized Domestic Dairy Products - United States, 2017-2019. *MMWR Morb. Mortal. Wkly. Rep.* 2019;68:185-185.
26. Aznar M.N. y cols. Bovine brucellosis in Argentina and bordering countries: update. *Transbound Emerg. Dis.* 2014;61:121-133.
27. Guzmán-Hernández R.L. y cols. Brucellosis: zoonosis de importancia en México. *Rev. Chilena Infectol.* 2016;33:656-662.
28. CDC [Centers for Disease Control and Prevention]. *Mycobacterium bovis* (tuberculosis bovina) en seres humanos. 2013. https://www.cdc.gov/tb/esp/publications/factsheets/pdf/m-bovis_spanish_mcb.pdf. [Accedido el 03/02/2020].

29. Silva M.R. y cols. Risk factors for human Mycobacterium bovis infections in an urban area of Brazil. Mem. I. Oswaldo Cruz 2018;113:e170445-e170445.
30. Bigi M. y cols. Analysing nonsynonymous mutations between two Mycobacterium bovis strains with contrasting pathogenic profiles. Vet. Microbiol. 2019;239:108482-108482.31.
31. Echeverría G. y cols. Prevalence of bovine tuberculosis in slaughtered cattle identified by nested-PCR in abattoirs from two dairy areas of Ecuador. Trop. Anim. Health Prod. 2014;46:1015-1022.
32. Picasso C. y cols. Epidemiological investigation of bovine tuberculosis outbreaks in Uruguay (2011-2013). Prev. Vet. Med. 2017;138:156-161.
33. Galiero A. y cols. Occurrence of Coxiella burnetii in goat and ewe unpasteurized cheeses: Screening and genotyping. Int. J. Food Microbiol. 2016;237:47-54.
34. Roest H.I.J. y cols. Clinical microbiology of Coxiella burnetii and relevant aspects for the diagnosis and control of the zoonotic disease Q fever. Vet. Q. 2013;33:148-160.
35. Gale P. y cols. Q fever through consumption of unpasteurised milk and milk products - a risk profile and exposure assessment. J. Appl. Microbiol. 2015;118:1083-1095.
36. Barandika J.F. y cols.. Viable Coxiella burnetii in hard cheeses made with unpasteurized milk. Int. J. Food Microbiol. 2019;303:42-45.
37. de Oliveira J.M.B. y cols.Coxiella burnetii in dairy goats with a history of reproductive disorders in Brazil. Acta Trop. 2018;183:19-22.
38. Carbonero A. y cols.Coxiella burnetii seroprevalence and associated risk factors in dairy and mixed cattle farms from Ecuador. Prev. Vet. Med.. 2015;118:427-435.
39. Cornejo J. y cols. Identification of Coxiella burnetii in tank raw cow milk: first findings from Chile. Vector Borne Zoonotic Dis. 2019;10.1089/vbz.2019.2535.
40. Jansen W. y cols. Foodborne diseases do not respect borders: Zoonotic pathogens and antimicrobial resistant bacteria in food products of animal origin illegally imported into the European Union. Vet. J. 2019;244:75-82.
41. Rivero M. y cols. Epidemiology of hemolytic uremic syndrome in two regions of Buenos Aires Province. Medicina-Buenos Aire. 2013;73:127-135.
42. Castro V.S. y cols. Shiga-Toxin Producing Escherichia coli in Brazil: A Systematic Review. Microorganisms. 2019;7:137.
43. Jones G. y cols. Outbreak of Shiga toxin-producing Escherichia coli (STEC) O26 paediatric haemolytic uraemic syndrome (HUS) cases associated with the consumption of soft raw cow's milk cheeses, France, March to May 2019. Euro Surveill. 2019;24:1900305.
44. Ferrari R.G. y cols. Worldwide epidemiology of Salmonella serovars in animal-based foods: a meta-analysis. Appl. Environ. Microbiol. 2019;85:e00591-00519.
45. Plumb I.D. y cols. Outbreak of Salmonella Newport infections with decreased susceptibility to azithromycin linked to beef obtained in the united states and soft cheese obtained in Mexico - United States, 2018-2019. MMWR Morb. Mortal. Wkly. Rep.2019;68:713-717.
46. Ung A. y cols. Disentangling a complex nationwide Salmonella Dublin outbreak associated with raw-milk cheese consumption, France, 2015 to 2016. Euro Surveill. 2019;24:1700703.
47. Nichols M. y cols. Short communication: Multi-state outbreak of Listeria monocytogenes infections retrospectively linked to unpasteurized milk using whole-genome sequencing. J. Dairy Sci. 2020;103:176-178.
48. Toledo V. y cols. Genomic diversity of Listeria monocytogenes isolated from clinical and non-clinical samples in Chile. Genes. 2018;9.
49. Valdivia-Tapia MdC y cols . Meningitis por Listeria monocytogenes en niñas inmunocompetentes: queso no pasteurizado como probable causa de infección. Rev. Chil. Infectol. 2015;32:464-466.
50. Costa M. y cols. Inocuidad microbiológica de quesillos comerciales y artesanales expendidos en Chillán. Rev. Chil. Nutr. 2016;43:172-179.
51. Chaves C. y Arias M.L. Characterization of Listeria monocytogenes isolates obtained from raw cheese samples acquired from different Costa Rican producer zones. Arch. Latinoam. Nutr. 2009;59:66-70.
52. Cordano A.M. y Rocourt J. Occurrence of Listeria monocytogenes in food in Chile. Int. J. Food Microbiol.. 2001;70:175-178.
53. Montero D. y cols. Molecular epidemiology and genetic diversity of Listeria monocytogenes isolates from a wide variety of ready-to-eat foods and their relationship to clinical strains from listeriosis outbreaks in Chile. Front Microbiol. 2015;6:384-384.
54. Fernández H. y Hirschfeld M. Occurrence of Campylobacter jejuni and Campylobacter coli and their biotypes in beef and dairy cattle from the south of Chile. Braz. J. Microbiol. 2009;40:450-454.
55. Kenyon J. y cols. Campylobacter outbreak associated with raw drinking milk, North West England, 2016. Epidemiol. Infec. 2020;148:e13-e13.
56. Davis K.R. y cols. Campylobacter jejuni infections associated with raw milk consumption – Utah, 2014. MMWR Morb. Mortal. Wkly. Rep. 2016;65:301-305.
57. Thongratsakul S. y cols. Prevalence and characterization of Staphylococcus aureus isolated in raw milk from cows in Hokkaido, Japan. Trop. Anim. Health Prod. 2019;10.1007/s11250-11019-02169-11256.
58. Weiler N. y cols. Brote de intoxicación alimentaria asociado al consumo de leche ultrapasteurizada en la República del Paraguay. Rev. Argent. Microbiol. 2011;43:33-36.
59. Sosa L. Y Giménez G. Recuento de Staphylococ-

- cus coagulasa positiva en el queso Paraguay comercializado en el mercado municipal de la ciudad de San Lorenzo y su sensibilidad a tres antimicrobianos, año 2014. Compendio de Ciencias Veterinarias. 2016;6:24-30.
60. Adame-Gómez R. y cols. Prevalence of the strains of *Bacillus cereus* group in artisanal Mexican cheese. *Foodborne Pathog. Dis.* 2020;17:8-14.
 61. Reyes J.E. y col. Prevalence of *Bacillus cereus* in dried milk products used by Chilean School Feeding Program. *Food Microbiol.* 2007;24:1-6.
 62. Rossi G.A.M. y cols. Comparative genomic survey of *Bacillus cereus sensu stricto* isolates from the dairy production chain in Brazil. *FEMS Microbiol. Lett.* 2018;365:10.1093/femsle/fnx1283.
 63. Aly M.A. y cols. Whole genome sequencing-based comparison of food isolates of *Cronobacter sakazakii*. *Front Microbiol.* 2019;10:1464-1464.
 64. Parra-Flores J. y cols. *Cronobacter sakazakii* and microbiological parameters in dairy formulas associated with a food alert in Chile. *Front Microbiol.* 2018;9:1708-1708.
 65. Castro H. y cols. Genomic epidemiology and phenotyping reveal on-farm persistence and cold adaptation of raw milk outbreak-associated *Yersinia pseudotuberculosis*. *Front Microbiol.* 2019;10:1049-1049.
 66. Bernardino-Varo L. y cols. Prevalence of *Yersinia enterocolitica* in raw cow's milk collected from stables of Mexico City. *J. Food Prot.* 2013;76:694-698.
 67. Salgado M. y cols. Isolation of *Leptospira interrogans* serovar Hardjoprajitno from a calf with clinical leptospirosis in Chile. *BMC Vet. Res.* 2015;11:66-66.
 68. Salgado M. y cols. A cross sectional observational study to estimate herd level risk factors for *Leptospira* spp. serovars in small holder dairy cattle farms in southern Chile. *BMC Vet. Res.* 2014;10:126-126.
 69. Traversa A. y cols. *Arcobacter* spp. in raw milk from vending machines in Piedmont and occurrence of virulence genes in isolates. *Ital. J. Food Saf.* 2019;8:7859-7859.
 70. Espeschit I.F. y cols. Paratuberculosis in Latin America: a systematic review. *Trop. Anim. Health Prod.* 2017;49:1557-1576.
 71. Kaesbohrer A. y cols. Diversity in prevalence and characteristics of ESBL/pAmpC producing *E. coli* in food in Germany. *Vet. Microbiol.* 2019;233:52-60.
 72. Papadopoulos P. y cols. *Staphylococcus aureus* and methicillin-resistant *S. aureus* (MRSA) in bulk tank milk, livestock and dairy-farm personnel in north-central and north-eastern Greece: Prevalence, characterization and genetic relatedness. *Food Microbiol.* 2019;84:103249-103249.
 73. Tegegne H.A. y cols. Detection and molecular characterization of methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* isolated from bulk tank milk of cows, sheep, and goats. *Foodborne Pathog. Dis.* 2019;16:68-73.
 74. Araya V. y cols. Bacteriological evaluation of goat milk and cheese distributed in the Metropolitan Area of San José, Costa Rica. *Arch. Latinoam. Nutr.* 2008;58:182-186.
 75. Torres-Vitela M.R. y cols. Incidence of *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7, and *Staphylococcal enterotoxin* in two types of Mexican fresh cheeses. *J. Food Prot.* 2012;75:79-84.
 76. Merchán N. y cols. Determinación de la inocuidad microbiológica de quesos artesanales según las normas técnicas colombianas. *Rev. Chil. Nutr.* 2019;46:288-294.
 77. Royster E. y Wagner S. Treatment of mastitis in cattle. *Vet. Clin. North Am. Food Anim. Pract.* 2015;31:17-46, v.
 78. Stratakos A.C. y cols. Effect of high pressure processing on the safety, shelf life and quality of raw milk. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 2019;52:325-333.
 79. Mukhopadhyay S. y Ukuku D.O. The role of emerging technologies to ensure the microbial safety of fresh produce, milk and eggs. *Curr. Opin. Food Sci.* 2018;19:145-154.
 80. Gunter-Ward D.M. y cols. Efficacy of ultraviolet (UV-C) light in reducing foodborne pathogens and model viruses in skim milk. *J. Food Process. Pres.* 2018;42:e13485.
 81. Lacivita V. y cols. Surface UV-C light treatments to prolong the shelf-life of Fiordilatte cheese. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 2016;36:150-155.
 82. Ward D.M. y cols. UV-C treatment on the safety of skim milk: Effect on microbial inactivation and cytotoxicity evaluation. *J. Food Process. Eng.* 2019;42:e12944.
 83. EFSA Panel on Dietetic Products, Nutrition and Allergies (NDA). Safety of UV-treated milk as a novel food pursuant to Regulation (EC) No 258/97. *EFSA J.* 2016;14:4370.
 84. Lim W. y Harrison M.A. Effectiveness of UV light as a means to reduce *Salmonella* contamination on tomatoes and food contact surfaces. *Food Control.* 2016;66:166-173.