

## Impacto de los procesos de conservación en el valor nutricional de la leche materna donada en bancos de leche humana

### Impact of preservation processes on the nutritional value of donated breast milk in human milk banks

Carla Estefanía Martín <sup>a</sup>, Ayelén Magalí Jaime <sup>b</sup>, Ricardo Alejandro Fogar <sup>c</sup>,  
Mara Cristina Romero <sup>d</sup>

---

**Abstract:**

Breast milk (BM) is a living tissue specifically designed to meet the needs of the newborn. It is the essential food during the first six months of life, a period in which feeding should be exclusive and appropriate; subsequently, a safe complementary feeding is introduced, continuing breastfeeding until 24 months of age, according to the recommendations of the World Health Organization (WHO). In situations that hinder breastfeeding, such as long working hours, illness, or breastfeeding difficulties, human milk banks (HMB) play a fundamental role. These specialized centers are responsible for processing and ensuring the quality of donated breast milk, preserving its safety. This study aimed to analyze the effect of different preservation processes on the nutritional value of donated breast milk. The methodology included an exhaustive literature review in various academic libraries, using filters and Boolean operators to optimize the search. The results showed that certain preservation methods, such as Holder pasteurization, may affect the concentration of some nutrients in breast milk. It is concluded that, although preservation processes can modify the nutritional profile, they are necessary to ensure the safety of donated breast milk and protect the newborn's health. Further research is recommended to identify the most suitable preservation techniques.

**Keywords:**

*Breast milk preservation, nutritional value, breastfeeding, preservation treatments, food safety in infants.*

---

**Resumen:**

La leche materna (LM) es un tejido vivo, diseñado específicamente para satisfacer las necesidades del recién nacido. Es el alimento esencial durante los primeros seis meses de vida, período en el cual la alimentación debe ser exclusiva y adecuada; posteriormente, se introduce una alimentación complementaria segura, continuando la lactancia hasta los 24 meses de edad, según las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud (OMS). En situaciones que dificultan la lactancia materna, como las largas jornadas laborales, enfermedades o problemas para lactar, los bancos de leche humana (BLH) desempeñan un papel fundamental. Estos centros especializados se encargan de procesar y garantizar la calidad de la leche materna donada, preservando su inocuidad. Este estudio tuvo como objetivo analizar el efecto de los diferentes procesos de conservación en el valor nutricional de la leche materna donada. La metodología incluyó una revisión exhaustiva de la literatura en diversas bibliotecas académicas, utilizando filtros y operadores booleanos para optimizar la búsqueda. Los resultados mostraron que ciertos métodos de conservación, como la pasteurización Holder, pueden afectar la concentración de algunos nutrientes en la leche materna. Se concluye que, aunque los procesos de conservación pueden modificar el perfil nutricional, son necesarios para garantizar la seguridad de la leche materna donada y proteger la salud del recién nacido. Se recomienda continuar investigando para identificar las técnicas de conservación más adecuadas.

**Palabras Clave:**

*Conservación de la leche materna, valor nutricional, lactancia materna, tratamientos de conservación, seguridad alimentaria en lactantes.*

---

<sup>a</sup>Universidad Nacional del Chaco Austral, Presidencia Roque Sáenz Peña –Provincia del Chaco, Argentina, <https://orcid.org/0000-0002-1984-513X>, Email: [martincarla@uncaus.edu.ar](mailto:martincarla@uncaus.edu.ar).

<sup>b</sup>Universidad Nacional del Chaco Austral, Presidencia Roque Sáenz Peña –Provincia del Chaco, Argentina, <https://orcid.org/0000-0002-6478-0208>, Email: [ayelenjaime@uncaus.edu.ar](mailto:ayelenjaime@uncaus.edu.ar).

<sup>c</sup>Universidad Nacional del Chaco Austral, Presidencia Roque Sáenz Peña –Provincia del Chaco, Argentina, <https://orcid.org/0000-0002-4990-7012>, Email: [rfogar@uncaus.edu.ar](mailto:rfogar@uncaus.edu.ar).

<sup>d</sup>Universidad Nacional del Chaco Austral, Presidencia Roque Sáenz Peña –Provincia del Chaco, Argentina, <https://orcid.org/0000-0001-9624-9051>, Email: [mara@uncaus.edu.ar](mailto:mara@uncaus.edu.ar).

## Introducción

La leche materna (LM) o también comúnmente denominada leche humana (LH) es el estándar de oro para la alimentación infantil debido a los nutrientes y otros componentes no nutritivos esenciales para el crecimiento y desarrollo de los recién nacidos (Chang et al., 2013; Leite et al. 2019). Además, la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020) considera a la LM como un tejido vivo, diseñado específicamente para el neonato como alimento esencial para éste en los primeros seis meses de vida, momento en el que se inicia la alimentación complementaria adecuada y segura, continuando hasta los 24 meses de edad. La LM se va adaptando a las necesidades del bebé, incluso si es pretérmino, permitiendo así una óptima neuromaduración. Además, protege al infante de enfermedades como la enterocolitis necrosante, enfermedad inflamatoria intestinal, diabetes insulino dependiente, optimiza la maduración del sistema inmune y antioxidante del recién nacido (Labbok et al. 2004). Existen diferentes clasificaciones de la LH según el periodo de lactancia, la primera leche obtenida por el recién nacido es el calostro y abarca los primeros 5 días después del parto, es un líquido amarillento espeso con 67 Kcal/100 ml, con un volumen de 2 a 20 ml, el color amarillo es el resultado de *B*-caroteno, es rico en inmunoglobulinas y proteínas con menor concentración en lactosa que la leche madura. Se continúa con la leche de transición, la concentración de inmunoglobulinas y proteínas disminuye en esta etapa, aumentando lactosa y grasa, por consiguiente, el contenido de calorías totales. Finalmente, la LH madura contiene una gran variedad de elementos, siendo la composición básica agua (87-88%), carbohidratos, proteínas, grasa, vitaminas, minerales y componentes bioactivos, el volumen promedio de la leche madura producida por una mujer es de 700-900 ml/día durante los 6 primeros meses postparto, y 600 ml/día en el segundo semestre, con un aporte de entre 68-74 Kcal /100 ml (Mosca y Gianni, 2017; Lamb et al., 2021; Yi y Kim, 2021).

El contenido de macronutrientes y componentes bioactivos de la LH es importante desde el punto de vista conceptual en el que es considerada la "nutrición perfecta" para los recién nacidos y lactantes, incluyendo el recién nacido prematuro. De este modo la alimentación infantil está cubierta desde su nacimiento y hasta los primeros seis meses de vida, en el que inicia la alimentación complementaria (Castro-Albarrán et al., 2017; Tirano et al. 2018). Es importante destacar que la composición nutricional de la leche humana varía entre madres y, en cada mujer, puede cambiar a lo largo del día e incluso durante una misma toma, siendo el contenido graso el componente con mayor variabilidad. Algunos factores que influyen en la composición son la edad

gestacional y el índice de masa corporal (IMC) materno (Suarez et al., 2020; Salamanca-Grosso et al., 2019).

La concentración de hidratos de carbono en la leche humana es de 6,7 g/100 ml (60-70 g/l), representando aproximadamente el 40% de la reserva calórica total, ejerciendo también un efecto probiótico promoviendo el desarrollo de bifidobacterias en el intestino del lactante. La lactosa y galactosa son importantes para promover el desarrollo del sistema nervioso central (Macías et al., 2006; Mosca y Gianni, 2017; Yi y Kim, 2021).

Las proteínas están compuestas por una mezcla de suero de leche, caseína y varios péptidos, proporcionando aminoácidos indispensables para el crecimiento y el desarrollo del lactante (Yi y Kim, 2021), su concentración es de 0,9 a 1,2 g/dl. La caseína y las proteínas del suero en la LM, están presentes en una relación de 40:60. Las micelas de caseína están formadas por subunidades proteicas; predomina la  $\beta$ -caseína y es minoritaria la  $\kappa$ -caseína; la  $\alpha$ -caseína estaría ausente (Macías et al. 2006). Entre las proteínas que se pueden destacar encontramos la lactoferrina, el receptor de inmunoglobulinas poliméricas (IgA e IgM), la  $\alpha$ -antitripsina, la lipasa estimulada por las sales biliares (BSSL), la proteína transportadora de vitamina D y la haptocorrina (también llamada transcobalamina-1 y proteína ligadora de vitamina B12) (Zhang et al., 2013). Las caseínas de la LH se ensamblan en micelas, mientras que las proteínas del suero están presentes en solución. Las principales proteínas del suero están representadas por alfa-lactoalbúmina, lactoferrina, lisozima e IgA secretora (Mosca y Gianni, 2017). En este sentido, debemos destacar que las proteínas desempeñan un papel importante en la prevención de enfermedades crónicas o transmisibles (ECN) o sepsis de aparición tardía en recién nacidos prematuros y reducen el riesgo de desarrollar morbilidades, particularmente infecciones, contribuyen al desarrollo del tracto gastrointestinal, el sistema nervioso central, la inmunidad y la maduración de sus órganos (Mosca y Gianni, 2017; Beck et al., 2015).

Las grasas de la LH representan casi el 50% del aporte nutricional del lactante, la LM contiene un 3,5-4,5% de grasa (Yi y Kim, 2021). Son una fuente importante de nutrientes esenciales como ácidos grasos poliinsaturados (PUFA), vitaminas liposolubles, lípidos complejos y compuestos bioactivos lipídicos, principalmente triglicéridos, los cuales representan el 98% de la grasa de la leche humana. La leche humana contiene más de 200 compuestos ácidos grasos (Mosca y Gianni, 2017). Es decir que el calostro, que es la primera leche producida después del nacimiento, contiene 15-20 g/l de grasa, siendo los ácidos grasos mayoritarios el mirístico, palmítico, esteárico, oleico y linoleico, la cual va a ir aumentando gradualmente alcanzando los 40 g/l en la leche madura (Yi y Kim, 2021; Martín et al., 2022).

Dentro de los componentes de la LH se encuentran los factores o componentes bioactivos, entre los cuales se destacan las inmunoglobulinas (especialmente en el calostro); la principal es la IgA secretoria, IgG e IgM. Se sintetiza en la glándula mamaria y su función es la de formar anticuerpos capaces de unirse a virus y bacterias, impidiendo la penetración en la mucosa intestinal, lo que se logra gracias a su resistencia a la proteólisis y su estabilidad a pH bajo (Macías et al., 2006). La leche humana muestra una complejidad y variabilidad de oligosacáridos no encontrada en la leche de otras especies, además de citocinas, hormonas, factores antimicrobianos, entre otros (Baró et al., 2001).

Cuando no es posible alimentar al niño nacido a término o prematuro directamente del seno materno, se recomienda el uso de leche materna, ya sea extraída de la madre o de una donante, como prioridad a la fórmula, por sus beneficios nutricionales. La leche materna extraída donada (LMED) de un banco de leche se somete a procesos de almacenamiento, que pueden implicar la pasteurización y ciclos repetidos de congelación y descongelación, lo que puede afectar la integridad de la LMED (Chang et al., 2013). Los bancos de leche humana o materna (BLH - BLM), son centros especializados y responsables del procesamiento, control de calidad (color, presencia de suciedad, acidez expresada en grados Dornic, proteínas, crematocritos, etc.), pasteurización y distribución de la leche materna donada, previamente clasificada en leche calostrada, de transición y madura. Las principales prácticas consisten en la selección de donantes, la aprobación de la donante mediante pruebas sanitarias, luego recolección de leche congelada en el domicilio de la donante (o bien extracción en el lugar asignado a tal fin), la entrega de leche congelada a los BLH y el almacenamiento congelado. Antes de la pasteurización, la leche se descongela, se vierte en matraces y se mezcla cuidadosamente para homogeneizarla. Antes y después de la pasteurización, se toma una muestra de leche para el control de calidad microbiana (Leite et al., 2019). La leche debe pasar por procesos de conservación para desactivar los microorganismos patógenos y la microbiota saprófita, mediante la pasteurización Holder, LTLT (low-temperature, long-time). Esta técnica es la más aceptada mundialmente y usada por los BLH, ya que mejora el equilibrio entre seguridad microbiológica y preservación de componentes importantes de la leche (Tenisi, 2019). Los tratamientos de conservación previenen el crecimiento bacteriano y retrasan la oxidación de grasa extendiendo la vida útil del producto, permitiendo mayor facilidad en cuanto al transporte y almacenamiento de la leche materna (Vázquez-Román et al., 2018). Sin embargo, actualmente se están estudiando otros procesos de conservación para la leche humana donada en bancos de leche como altas presiones, liofilización,

atomización (secado spray), termo- procesamiento ultrasónico y el uso de microondas.

Este artículo de revisión analiza el efecto de distintos métodos de conservación de leche materna donada sobre la preservación de la calidad de macronutrientes y compuestos bioactivos de la leche materna donada en los bancos de leche humana (BLH).

## Metodología

A los fines de obtener artículos lo más actualizados posibles para la revisión del efecto de distintos métodos de conservación de leche materna donada sobre la preservación de la calidad de macronutrientes y compuestos bioactivos, se realizó una búsqueda sistemática de artículos y tesis en bases de datos de Google académico, PubMed, y bibliotecas electrónicas como Scielo, Dialnet, Biblioteca MINCYT y Cochrane, tomándose como fecha de corte para la construcción de resultados actualizados se tomaron aquellos que artículos que fueran publicados desde 2017 en adelante. La estrategia de búsqueda involucró el uso de "MeSH (Medical Subject Headings)", tesauros y de términos en "título/resumen". Las primeras búsquedas se realizaron por separado, y estas fueron seguidas por otra búsqueda que combinó los resultados de las primeras búsquedas en cada base de datos para obtener los artículos que iban a ser seleccionados para detectar relevancia y posterior revisión según lo propuesto por (Peila et al., 2017). La primera búsqueda fue sobre las siguientes palabras: leche humana o leche materna o leche materna donada y calidad nutricional; el segundo fue tratamientos de conservación y/o leche materna o leche humana o leche materna donada o banco de leche, human milk processing and nutrition quality, bioactive components o human milk o conservación, processing technologies for human milk Banks and nutritional quality.

Los criterios de inclusión para construcción de resultados fueron investigación original publicada desde 2017 en adelante, en una revista revisada por pares; estudios que incluyan solo leche materna (calostro, de transición o madura). Excepcionalmente cuando los resultados fueron destacables se consideró la inclusión de artículos publicados desde 2011. Además, para la construcción de las demás secciones se consideraron artículos publicados sobre el tema desde 2001. Los criterios de exclusión fueron que el diseño del estudio fuera una revisión, carta al editor o documento de conferencia y/ estuviera publicado sin revisión por pares.

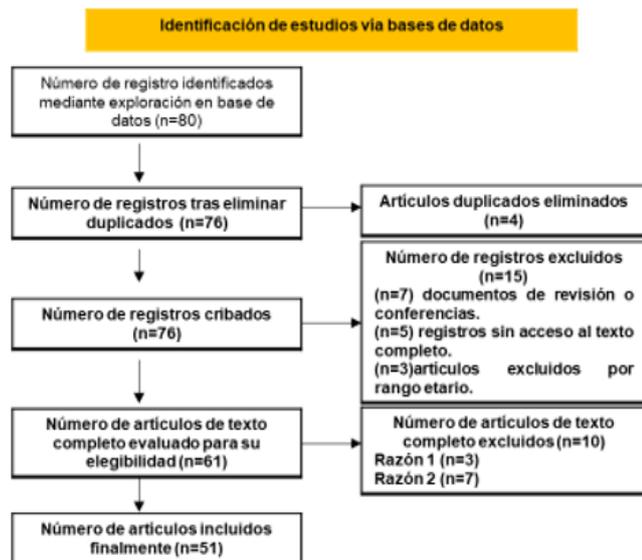
Cuando la información estuviera disponible se extrajo de cada artículo el número de madres donantes incluidas en la experimentación; procesamiento de muestras agrupadas o individuales; tipo de LM; parámetros de procesamiento (tratamiento, duración,

intensidad, equipo); comparación con LM pasteurizada y/o crudo.

## Resultados

El diagrama de flujo de metaanálisis de la búsqueda se informa en la figura 1. Se excluyeron 15 artículos, porque eran documentos de revisión o conferencias, o bien solo informaban composición de LM en cualquiera de sus estadios.

Figura 1: Diagrama de flujo de la revisión sistemática realizada.



Nota. Esta figura muestra los aspectos que se tuvieron en cuenta para la recolección de información. En cuanto a los criterios de elección de artículos para su elegibilidad se consideró: Razón 1: calidad metodológica insuficiente; Razón 2: incumplimiento de criterios de inclusión (artículos sobre leche de vaca, búfala o que solo informaban composición de LM en cualquiera de sus estadios).

## Métodos de conservación

### 1. Método tradicional

El procedimiento de referencia empleado para el procesamiento de leche materna donada en los bancos de leche, a nivel global, es la pasteurización Holder, siendo esta la técnica más usada hace muchos años.

#### 1.1 Pasteurización Holder

La pasteurización Holder (HoP), requiere un calentamiento rápido de la leche hasta alcanzar los 62,5

°C, seguido de una etapa «meseta» a 62,5 °C de 30 minutos y de una fase de enfriamiento rápido hasta alcanzar los 4 °C, ofrece un buen equilibrio entre la seguridad microbiológica y la preservación de la calidad nutricional/biológica de la leche. Para que el proceso se considere efectivo y seguro, los cambios de temperatura han de ser homogéneos independientemente de la distribución de los frascos en el pasteurizador y el volumen de leche que contengan (Caballero et al., 2022). En la Tabla 1 se destacan los principales hallazgos.

Tabla 1

Efectos de la Pasteurización Holder (HoP) sobre los componentes de la Leche materna.

Artículo	Autor y año	Cantidad de muestras (n)	Parámetro estudiado: Componentes nutricionales y calidad microbiológica	Impacto del método
Efectos de la pasteurización y el procesamiento a alta presión sobre los ácidos grasos, el perfil de triacilglicerol, la acidez dórnic y los macronutrientes en la leche humana madura	Manin et al., (2023)	n=21	Perfil lipídico: Ácidos grasos  Coliformes	No afectado  Ausencia
El efecto de la pasteurización de Holder en la composición lipídica y metabólica de la leche humana	Ten-Doménech et al., (2022)	n=12	Ácidos Grasos  Lactosa y oligosacáridos  Proteínas	Afectado en 10%  No afectados
Un método de pasteurización Holder modificado para donante	Capriati et al. (2019)	n=25	Calcio y Aminoácidos  Triglicéridos	No afectados  Afectado en 10%

					bioactivos y nutricionales.				en 3,92- log <sup>10</sup> hasta su eliminación.	
Efecto de la pasteurización de Holder sobre los macronutrientes y el perfil de inmunoglobulinas de la leche materna donada	Adhisivam et al., (2018)	n=30	Bacillus cereus	Detectado				faecalis (ATCC 29212)		
			Carbohidratos	No afectado					Escherichia coli	Reducido en 7-log <sup>10</sup>
			Proteínas totales	Reducido en 12,5%						
			Grasas totales	Reducido en 25%					Citomegalovirus y virus de la hepatitis A.	Reducido en 3,9- log <sup>10</sup>
Los oligosacáridos de la leche humana no se ven afectados por la pasteurización y la liofilización.	Hahn et al., (2017)	n=9	Lactosa y Oligosacáridos	No afectado				Ácidos grasos libres (DPA, EPA y DHA)		
								Metabolitos de fosfolípidos y esfingomielinas	Afectados en distintos valores	
Estudio de calidad de la pasteurización Holder de leche materna donada en una unidad de nutrición personalizada neonatal	Caballero Martín et al., (2022)	n=45	Grasas totales	Reducido en 6,5%				Lípasa estimulada por sales biliares		
			Proteínas totales	No afectado				Lactoferrina	Afectados en distintos valores	
Perfil lipídico de la leche humana en diferentes etapas de la lactancia sometido a Procesos de pasteurización, liofilización y secado por aspersión	Neia et al., (2023)	n=9	Lactosa y Oligosacáridos	No afectado				Componentes del sistema inmunológico		
			Perfil lipídico	No afectado				Propiedades antioxidantes	No afectado	
Conservación de la leche materna: procesos térmicos y no térmicos y su efecto en la inactivación de microorganismos y el contenido de compuestos	Núñez-Delgado et al., (2024)		Staphylococcus aureus (ATCC 6538)	Reducido en 4,9- log <sup>10</sup>						
			Staphylococcus aureus (ATCC 25923).	Reducido en de 7- log <sup>10</sup>						
			Enterococcus	Reducido						

*Nota. Esta tabla muestra el impacto del tratamiento térmico HoP en los componentes de la LM de acuerdo con diferentes autores. Se considera "afectado o no afectado" según criterios biológicos o funcionales del parámetro estudiado sobre el impacto en la calidad de la LM. Elaboración propia.*

## 2. Tratamientos emergentes

En los últimos años, se han investigado otros métodos alternativos para el tratamiento de la leche materna donada (LMD), con el fin de lograr una máxima

conservación de los componentes nutricionales de la LH, los cuales se mencionan a continuación.

### 2.1. Pasteurización de alta temperatura y corto tiempo

La pasteurización de alta temperatura y corto tiempo (HTST), se aplica con el fin de asegurar una inactivación microbiana adecuada, al tiempo que se mejora la conservación de sus componentes bioactivos, se realiza a 72°C durante, al menos, 10 segundos, empleando placas de metal y agua caliente para elevar rápidamente la temperatura de la leche, seguido de un enfriamiento rápido, de esta manera se logra suprimir rápidamente los patógenos sin alterar significativamente los atributos sensoriales y nutricionales de la leche materna. Además, logra retener niveles significativamente más altos de inmunoglobulinas y lactoferrina que la pasteurización HoP. Se puede decir que permite lograr una conservación alta de IgA 87–101%, una conservación media de IgM y IgG 54–88%; 25–73% respectivamente. Con respecto al control microbiológico reduce entre 2.4-log<sup>10</sup> y 5.15-log<sup>10</sup> al *Staphylococcus aureus* entre 1.1 y 5.1-log<sup>10</sup> al *Enterococcus faecalis* y con una reducción significativa a la *Escherichia coli* y *citomegalovirus* (Escuder-Vieco et al., 2018; Núñez-Delgado et al., 2024). Además, se determinó que este método preservó la integridad de la lipasa estimulada por sales biliares, la lactoferrina y, en cierta medida, de las IgA, parece retener mejor el perfil proteico (Baró et al., 2001).

### 2.2 Liofilización

El proceso de liofilización consiste en congelar el contenido de agua del producto y, posteriormente, hacer que el hielo se sublime, el mismo se lleva a cabo congelando la leche materna fresca a -20 °C (bajo presión) y luego liofilizándola a 30-40 °C durante 24-72 días en condiciones de vacío. Como resultado se obtiene un producto seco en forma de polvo, mediante una importante reducción de temperatura y presión, se consigue un alto grado de vacío. En este entorno, el agua presente pasa casi directamente a un estado gaseoso y puede eliminarse fácilmente. Permite conservar la leche materna durante seis meses a temperatura ambiente o en frío estándar sin afectar su calidad nutricional (Jarzynka et al., 2021; Cortez y Soria, 2016). La liofilización, también es conocida como deshidratación en frío, es un método recomendado para conservar la leche humana, prevenir la contaminación microbiológica y preservar sus propiedades antibacterianas (Salcedo et al., 2015).

Esta técnica está libre de conservantes o productos químicos y se utiliza para prolongar la vida útil del producto, suprimiendo el crecimiento microbiano y

retardando el proceso de oxidación de lípidos. El producto final que se obtiene es de poco peso y fácil almacenamiento (Manin et al., 2019). La liofilización de la LH retiene mejor las proteínas sensibles al calor, incluida la lipasa estimulada por sales biliares que es necesaria para la digestión adecuada de los lípidos en los recién nacidos. Así, se puede aumentar la vida útil y mejorar el almacenamiento de la leche materna, ya que se puede conservar a temperatura ambiente (5 a 25 °C), permitiendo además la reconstitución con la adición de agua segura. Esto puede abrir la posibilidad de crear almacenamiento a granel de LH, lo que tendría ventajas para brindar acceso a esta fuente de alimento nutritivo a los recién nacidos en zonas de crisis y/o vulnerables (Blackshaw et al., 2022).

Por otro lado, el proceso de liofilización afecta la actividad de la superóxido dismutasa, el perfil de ácidos grasos o el contenido de lactoferrina de la leche materna donada, pero puede disminuir la capacidad antioxidante total de la misma en un 22.1%. Por otro lado, se pudo determinar que el almacenamiento de leche liofilizada no mostró una influencia significativa en los niveles de los nutrientes antes mencionados. Estos hallazgos implican que la liofilización puede ser un método útil para almacenar la leche humana (Martysiak-Zurowska et al., 2022).

### 2.3 Secado por atomización

El secado por atomización también conocido como secado spray es el proceso de pulverizar una solución o suspensión en una corriente de aire caliente, la cual deshidrata en forma casi instantánea, obteniéndose partículas de polvo, con muy bajo contenido de agua, que contienen al compuesto en cuestión. Es un proceso que permite la formación de partículas y el secado, también permite producir sólidos en forma de polvo de forma continua. El proceso de secado spray ofrece como resultado productos que cumplen con altos estándares de calidad y puede formar tanto polvo como aglomerados y granulados a partir de una materia prima líquida, como la leche materna. Presenta la ventaja de contener todo el extracto seco en un volumen reducido, lo que supone un importante ahorro de almacenamiento y transporte, además de conservar el mayor porcentaje de nutrientes (Borges et al., 2017).

El perfil de ácidos grasos y triglicéridos no se vio modificado por la técnica de secado spray aplicada en las diferentes muestras de leche materna (calostro, transición y madura), por lo que se puede decir que es considerada una alternativa prometedora para mejorar la calidad de los procesos de conservación de lípidos en leche materna donada, además de reducir el volumen de almacenamiento y facilitar el transporte de la misma (Neia et al., 2023). Asimismo, los perfiles de citocinas, catalasa,

superóxido dismutasa y glutatión reducido se conservaron después del procesamiento de secado por aspersión en todas las fases de la leche materna donada (Neia et al., 2022).

## 2.4. Calentamiento por microondas

El calentamiento asistido por microondas puede considerarse como una alternativa para pasteurizar LM en los bancos de leche humana. Por lo tanto, el equipo debe estar bien dimensionado para garantizar la seguridad microbiológica de la LH, evitando la formación de puntos fríos y calientes, que pueden degradar los atributos vitales de calidad sensorial y nutricional del producto (Leite et al., 2019). Este equipo permite el calentamiento rápido de un pequeño volumen de leche y un control riguroso de la temperatura y el tiempo de proceso. Las muestras se calentaron a una temperatura de 62,5 a 72 °C durante 1, 3, 5 y 10 min, y luego se enfriaron automáticamente a unos 15 °C (Malinowska-Pańczyk et al., 2019). Durante el calentamiento por microondas, el calor se genera volumétricamente dentro de los alimentos mediante la conversión de la energía del campo eléctrico alterno en energía térmica, y el aumento rápido es responsable de las ventajas presentadas por este tratamiento (Leite et al., 2019).

El calentamiento asistido por microondas permite mantener los valores de ciertos nutrientes como ácidos grasos y  $\alpha$ -lactoalbúmina dentro de los rangos normales, es decir que no se observaron cambios en el nivel de estos nutrientes, mantuvieron una concentración en un nivel similar al de la leche cruda. Esto indica que el calentamiento por microondas en condiciones controladas puede ser un método prometedor de pasteurización de la leche materna en los bancos de leche humana ya que preservara sus nutrientes, además de garantizar la seguridad biológica de la misma (Martysiak-Zurowska et al., 2022).

La pasteurización asistida por microondas ha demostrado ser efectiva contra una amplia gama de microorganismos, con la ventaja de no destruir nutrientes y compuestos inmunológicos de manera significativa, con cambios sensoriales mínimos y una mayor vida útil del alimento (Leite et al., 2019). El calentamiento por microondas permite inactivar todas las cepas bacterianas inoculadas en la leche humana y su microbiota, notándose la inactivación total de todas las cepas termosensibles como, *E. coli*, *P. aeruginosa*, *S. aureus*, *S. epidermidis* y *E. faecalis* PCM896 (Malinowska-Pańczyk et al., 2019). Por lo que representa una alternativa para el tratamiento de leche cruda en zonas críticas o vulnerables, y que tengan la posibilidad de contar con este equipamiento.

## 2.5 Procesamiento a alta presión

El procesamiento a alta presión, también conocido como procesamiento a ultra alta presión (UAP y procesamiento a alta presión hidrostática, normalmente se aplica de 100 a 1000 MPa durante 15 minutos a 21°C, es una tecnología novedosa que garantiza la seguridad alimentaria y conserva la calidad de la leche materna. Como alternativa a los métodos tradicionales de conservación térmica de alimentos, la UAP puede producir productos pasteurizados sin la gran pérdida de calidad que suele asociarse con el calentamiento. Se pudo establecer que el HPP fue el mejor método para inactivar las formas vegetativas y esporulantes de los patógenos presentes en muestras de leche humana (Jarzynka et al., 2021; Núñez-Delgado et al., 2024).

## Discusión

De los resultados obtenidos en la búsqueda, se encontraron datos similares en los valores nutricionales de las leches luego de los procesos de conservación. En la revisión sistemática de Tenisi (2019) se mencionó los efectos de la pasteurización sobre la lactosa, azúcar principal de la leche, formando el 70% de su composición, cuya función aumenta la absorción del calcio y del fósforo, y disminuye el pH, reduciendo la posibilidad del crecimiento bacteriano entre un 0.2-4.7% (Díaz-Arguelles, 2005). Por otro lado, tras la pasteurización, no se observaron diferencias significativas en la composición de otros azúcares de importancia, como los oligosacáridos. Estos compuestos desempeñan un papel clave en la estimulación de la flora bifida, la prevención de infecciones bacterianas, virales y por protozoarios, la modulación de la respuesta inmunológica en el epitelio intestinal y la reducción de la infiltración y activación de leucocitos (Garza, 2017).

En cuanto a las proteínas, que cumplen funciones antiinfecciosas específicas, antimicrobianas, tróficas para el crecimiento intestinal, anti adhesivas frente a la flora bacteriana y antiinflamatorias (Rodríguez-Aviles et al., 2020), se registró una disminución dentro de un rango del 0.1 % al 17.4 % tras el proceso de pasteurización.

Por último, los lípidos, fundamentales tanto por su aporte nutricional como por su papel en el desarrollo del encéfalo (González y Visentin, 2016), experimentaron una reducción del 3 % al 8.9 % (Tenisi, 2019).

En las revisiones de Marousez et al., (2023) y Manin et al. (2023) sobre los procesos de conservación, la pasteurización Holder, no afectó el contenido de lípidos de la leche, ni el contenido de ácidos grasos de cadena corta especialmente, nutrientes primordiales en el recién

nacido por ser fuente de energética (Koletzko et al., 2001). Las vitaminas liposolubles no se vieron afectas, pero si las hidrosolubles, así como las proteínas que se desnaturalizan perdiendo su actividad, como estimulantes de la lipasa por las sales biliares, la lactoferrina, la lisozima y la lactoperoxidasa (García Lara, 2015); también disminuyen por el proceso las inmunoglobulinas, citoquinas y algunas hormonas.

Dentro de los tipos de pasteurización Holder hubo un estudio que utilizó una técnica diferente a la convencional, la cual consistió en un calentamiento rápido de 62,5°C durante 30 minutos, seguido de un ciclo de enfriamiento rápido hasta alcanzar los 4°C. Este método se realizó sin agua, utilizando conducción por contacto en lugar de convección por aire caliente. En los resultados no hubo modificación de lactosa, pero sí de proteínas y de lípidos con una pérdida del 1.49% y 6.2%, respectivamente (Martín et al., 2022), cuyos valores son similares a los reportados en la revisión e incluso en un rango intermedio.

El proceso liofilización se basa en la sublimación del agua donde ocurre una etapa de congelación, desecación primaria (sublimación) y desecación secundaria (desorción). Como lo soporta la bibliografía, con buen control de calidad, los productos liofilizados podrían tener un vida útil hasta de 2 años (Ramírez-Navas J., 2006). Si bien es una tecnología innovadora aplicada en este producto, en leche de vaca se implementó con buenos resultados para su conservación y consumo (Miranda y Velasquez, 2019). Luego de aplicar el proceso de conservación, las proteínas disminuyeron un 3.8% (Castro-Albarrán et al., 2017), la composición lipídica se mantuvo (posterior a la pasteurización), así como las vitaminas C y E (Campos Castro et al., 2021) y no se encontraron resultados de los efectos sobre lactosa.

El liofilizado o deshidratación por frío es un método de conservación recomendable para almacenar la leche humana, evitando la contaminación microbiológica y preservando sus propiedades antibacterianas (Salcedo, 2015). Implica colocar la leche materna previamente congelada en un equipo (liofilizador) que, gracias a una reducción importante de la temperatura y la presión, alcanza un alto grado de vacío. En ese ambiente, el agua presente pasa casi directamente al estado gaseoso y puede ser extraída fácilmente. Permite mantener la leche materna durante seis meses, a temperatura ambiente o heladera común, sin afectar su calidad nutricional (Cortez y Soria, 2016).

### ***Nuestros aportes al tema***

El efecto de procesos de conservación (pasteurización y liofilización) sobre la calidad de la leche materna donada en el lactario de la Universidad Nacional del Chaco Austral arrojaron leves diferencias en algunos

de los parámetros analizados de las muestras crudas y tratadas térmicamente. Estos resultados son similares a lo reportado por Castro-Albarrán et al., (2017) quienes indican que la temperatura de pasteurización a 62,5 °C no afecta el contenido de sólidos de la leche materna. Los valores de humedad y densidad son menores que lo reportado por Salamanca-Grosso et al., (2019). No se observaron diferencias significativas en la densidad de las muestras crudas y pasteurizadas, siendo el valor promedio de las mismas 1.15±0.07 g/ml. Así como tampoco en los contenidos de proteínas en leches crudas y pasteurizadas, calostrales y maduras siendo sus valores mínimos y máximos 2.74±0.09%, 2.90±0.4%; y 3.06±0.94% y 3.46±0.24% respectivamente. Sin embargo, se observaron cambios en los valores de extracto seco de la leche madura cruda 12.05±0.45% y en madura pasteurizada 11.51±0.4%, lo cual puede atribuirse a la pérdida de agua y alteración de la membrana del glóbulo graso por los procesos aplicados. En cuanto a las muestras liofilizadas, crudas y pasteurizadas el valor promedio de la actividad de agua para las leches calostrales fue de 0.209±0.01 y para las muestras maduras fue de 0.182±0.03, observándose diferencias significativas (p<0.05). El tenor graso (g/100g) obtenido para las muestras calostrales crudas y pasteurizadas fue de 6.90 ± 0.22 y 7.32 ± 0.38 respectivamente (p>0.05). Por su parte, la leche madura presentó un tenor graso de 7.01 ± 0,40 (cruda) y 7.36 ± 0.83 (pasteurizada) (p>0.05). Se pudo detectar que las fracciones lipídicas (mono, di y triglicéridos, fosfolípidos, colesterol y ácidos grasos libres) de las muestras de leches calostroal y madura, tanto crudas como pasteurizadas no sufrieron modificaciones por el tratamiento térmico. Finalmente, en cuanto a la calidad microbiológica básica de la LM donada, los resultados de Plate Count Agar (PCA) de las leches crudas fueron 3,49-3,6 X 10<sup>3</sup> de las leches pasteurizadas 2.61-3.1 x10<sup>3</sup> y de las leches liofilizadas 2.8-3.1x10<sup>3</sup> UFC/ml respectivamente, se determinó la presencia de Bacterias Aerobias Mesófilas y Enterobacterias (del grupo coliformes). Los efectos de los tratamientos de conservación no fueron significativos sobre la calidad de la leche materna.

### **Conclusiones**

Los procesos de conservación analizados no solo prolongan la vida útil de la leche materna, sino que también son fundamentales para garantizar su inocuidad. La leche materna debe ser siempre la primera opción de alimentación para el neonato debido a los múltiples beneficios nutricionales e inmunológicos que aporta al binomio madre-hijo. Como se ha mencionado, esta puede provenir de la propia madre o de los Bancos de Leche

Humana (BLH), evitando así el uso de sucedáneos, los cuales carecen de anticuerpos y proteínas de alto valor biológico. Su administración incrementa el riesgo de infecciones respiratorias altas, episodios de diarrea aguda y alergias alimentarias, afectando negativamente el estado nutricional del niño. Los BLH representan una fuente esencial de leche materna para recién nacidos hospitalizados y desempeñan un papel clave en situaciones de emergencia, proporcionando una respuesta rápida ante desastres naturales. En este contexto, es fundamental reducir la mortalidad y morbilidad neonatal. Por ello, se están llevando a cabo estudios sobre la liofilización de la leche materna como alternativa para extender su vida útil, optimizar su almacenamiento y facilitar su distribución a hospitales y centros de salud, garantizando así un mayor acceso a este recurso vital. Cabe destacar que los procesos de conservación aplicados a la leche materna donada han demostrado un impacto mínimo en su calidad nutricional. Además es importante destacar el efecto de otros procesos no térmicos para la leche materna como el procesamiento de alta presión (HPP), radiación UV y campos eléctricos pulsados (PEF) los que son más eficientes en cuanto a calidad microbiológica. Sin embargo, es importante considerar que su composición varía entre madres según su alimentación y evoluciona a lo largo de la toma, el día y las diferentes etapas de la lactancia. Por esta razón, no es viable establecer un porcentaje exacto para su valor nutricional, sino más bien definir un rango de variabilidad que permita asegurar su calidad y conservación óptima. Finalmente, este estudio abre nuevas líneas de investigación destinadas a mejorar y profundizar el conocimiento sobre la conservación de la leche materna, con el objetivo de optimizar su disponibilidad y beneficios para la población neonatal.

temperatura ambiente y mejora de la vida útil de leche materna mediante deshidratación por liofilización o aspersión, RESOL-2021-289-APN-MCT.

### **Agradecimientos**

Agradecemos a la Universidad Nacional del Chaco Austral (PI-UNCAUS N° 101 y N° 188), miembros de la Unidad Médica Educativa y al Espacio Amigo de la Lactancia por permitirnos llevar a cabo la investigación. Al Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MINCyT), que financió el proyecto A91: Conservación a

## Referencias

- Adhisivam B., Vishnu Bhat B., Krishna Rao, Kingsley S. M., Nishad Plakkal & Palanivel C. (2018). Effect of Holder pasteurization on macronutrients and immunoglobulin profile of pooled donor human milk. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, 32,3016-3019 <https://doi.org/10.1080/14767058.2018.1455089>
- Baro, C., Giribaldi, M., Arslanoglu, S., Giuffrida, M.G., Dellavalle, G., Conti, A., Tonetto, P., Biasini, A., Coscia, A., Fabris, C., Moro, G.E., Cavallarin, L., & Bertino E. (2011). Effect of two pasteurization methods on the protein content of human milk. *Frontiers in Bioscience E3*, 818-829. [file:///C:/Users/ale\\_b/Downloads/bioscience.pdf](file:///C:/Users/ale_b/Downloads/bioscience.pdf)
- Baró, L., Jiménez, J., Martínez-Férez, A., & Boza, J.J. (2001). Componentes biológicamente activos de la leche materna. *Ars Pharmaceutica*, 42(1), 21-38. <https://www.ugr.es/~ars/abstract/42-21-01.pdf>
- Beck, K.L., Weber, D., Phinney, B.S., Smilowitz, J.T., Hinde, K., Lönnerdal, B., Korf, I., & Lemay, D.G. (2015). Comparative proteomics of human and macaque milk reveals species-specific nutrition during postnatal development. *Journal of Proteome Research*, 14(5),2143-57. <https://doi.org/10.1021/pr501243m>
- Blackshaw K., Wu J., Proschogo N., Davies J., Oldfield D., Schindeler A., Banati R., Dehghani F., & Valtchev P. (2022). The effect of thermal pasteurization, freeze-drying, and gamma irradiation on donor human milk. *Food Chemistry*, 373(Pt B),131402. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.131402>
- Borges, M.V., Alves, M.F., Chaves, M.A., Egito, A.S., Gross, E., & Ferrao, S.P.B. (2017). Chemical, structural and proteomic profile of buffalo milk powder produced in mini spray dryer. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 16(1), 67-76. <https://www.redalyc.org/pdf/620/62049878008.pdf>
- Caballero Martín S., Sánchez Gómez de Orgaz M., & Sánchez Luna M. (2022). Estudio de calidad de la pasteurización Holder de leche materna donada en una unidad de nutrición personalizada neonatal. *Anales de Pediatría*, 6(4). <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2021.01.019>
- Chang J., Chen C., Fang L., Tsai C., Chang Y., & Wang T. (2013). Influence of Prolonged Storage Process, Pasteurization, and Heat Treatment on Biologically-active Human Milk Proteins. *Pediatrics and Neonatology*, 54, 360-366. <https://doi.org/10.1016/j.pedneo.2013.03.018>
- Campos Castro, M., Silva Alves, E., Saqueti, B., Souza, P., Pelissari Manin, L., Silveira, R., Scaramal Madrona G., Oliveira Santos, O., & Vergilio Visentainer, J. (2021). Human milk: processing and conservation – a review. *Research, Society and Development*, 10(12). <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i12.20118>
- Capriati, T., Goffredo, B. M., Argentieri, M., Vivo, L. D., Bernaschi, P., Cairolì, S., Laureti F., Reposi M.P., Marino D., Benedetti S., & Diamanti, A. (2019). A Modified Holder Pasteurization Method for Donor Human Milk: Preliminary Data. *Nutrients*, 11(5), 1139. <https://doi.org/10.3390/nu11051139>
- Cortez, M., & Soria, E. (2016). The Effect of Freeze-Drying on the Nutrient, Polyphenol, and Oxidant Levels of Breast Milk. *Breastfeeding Medicine*, 11, 551-554. <https://doi.org/10.1089/bfm.2016.0102>
- Castro-Albarrán, J., Navarro-Hernández, R.E., Solís-Pacheco, J.R., Salazar-Quiñones, I.C., Macías-López, G.G., Barrera-De León, J.C., & Aguilar-Uscanga, B.R. (2017). Impacto de la pasteurización/liofilización en el contenido disponible de inmunoglobulinas en leche humana madura: estudio de aplicación en bancos de leche humana en hospitales. *Nutrición Hospitalaria*, 34(4), 899-906. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.627>
- Díaz-Arguelles, V. (2005). Lactancia materna: evaluación nutricional en el recién nacido. *Revista Cubana de Pediatría*, 77(2). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75312005000200005](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75312005000200005)
- Escuder-Vieco D., Espinosa-Martos I., Rodríguez J.M., Fernández L., & Pallás-Alonso C.R. (2018) Effect of HTST and Holder Pasteurization on the Concentration of Immunoglobulins, Growth Factors, and Hormones in Donor Human Milk. *Frontiers in Immunology*, 9, 2222. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2018.02222>
- Fioroti Lorençoni M., Sampaio Silva R., Azevedo Júnior R., & Fronzaa M. (2021). Effect of pasteurization on the antioxidant and oxidant properties of human milk. *Revista Paulista de Pediatría*, 39,e2019165. <https://doi.org/10.1590/19840462/2021/39/2019165>
- García Lara N.R. (2015). Cambio en la composición de la leche materna secundario a la conservación en frío, pasteurización y administración. [Tesis doctoral inédita]. Universidad Complutense de Madrid. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/26424>
- Garza, J. (2017). Oligosacáridos de la leche humana. Crecimiento y desarrollo. *Acta de Pediatría México* 38(5),295–98. <https://doi.org/10.18233/APM38No5pp295-2981468>
- González H., & Visentin S. (2016). Nutrientes y neurodesarrollo: Lípidos. Actualización. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 114(5),472–76. <https://dx.doi.org/10.5546/aap.2016.472>
- Hahn, WH, KimJ., Song, S., Park, S., & Kang, NM. (2017). The human milk oligosaccharides are not affected by pasteurization and freeze-drying. *The Journal of Maternal-Fetal & Neonatal Medicine*, 32,985991. <https://doi.org/10.1080/14767058.2017.1397122>
- Jarzynka, S., Strom, K., Barbarska, O., Pawlikowska, E., Minkiewicz-Zochniak, A., Rosiak, E., Oledzka, G., & Wesolowska, A. (2021). Combination of High-Pressure Processing and Freeze-Drying as the Most Effective Techniques in Maintaining Biological Values and Microbiological Safety of Donor Milk. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 2147. <https://doi.org/10.3390/ijerph18042147>
- Koletzko B., Rodríguez-Palmero M., Demmelmair H., Fiedler N., Jensen R., & Sauerwald T. (2001). Physiological aspects of human milk lipids. *Early Human Development*, 65(2), S3-S18 [https://doi.org/10.1016/s0378-3782\(01\)00204-3](https://doi.org/10.1016/s0378-3782(01)00204-3)
- Labbok, M.H., Clark D., & Goldman A.S. (2004). Breastfeeding: Maintaining an irreplaceable immunological resource. *Nature Reviews Immunology* 4(7),565–72. <https://doi.org/10.1038/nri1393>
- Lamb R., Haszard J., Little H., Franks A., & Meeks M. (2021). Macronutrient Composition of Donated Human Milk in a New Zealand Population. *Journal of Human Lactation*, 37(1), 114–121.
- Leite J., Migotto A., Landgraf M., Quintal V., Gut J., & Tadini C. (2019). Pasteurization efficiency of donor human milk processed by microwave heating. *LWT - Food Science and Technology*, 115 -108466
- Macías S., Rodríguez S., & Ronayne de Ferrer P. (2006). Leche materna: composición y factores condicionantes de la lactancia. *Archivos Argentinos de Pediatría*, 104(5).
- Malinowska-Pañczyk E., Królik K., Skorupska K., Puta M., Martysiak-Żurowska D., & Kiełbratowska B. (2019). Microwave heat treatment application to pasteurization of human milk. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 52, 42-48. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.11.005>
- Manin L., Rydlewski A., Galuch M., Pizzo, J., Zappiello C., Senes C., Santos O., & Visentainer J. (2019). Evaluation of the Lipid Quality of Lyophilized Pasteurized Human Milk for Six Months by GC-FID and ESI-MS. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 30(8), 1579-1586. <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20190045>
- Manin, L.S., Rydlewski, A.A., Pizzo, J. S., Maldonado da Cruz, V. H., Alves, E. S., Santos, S.A., Mikcha, J. M. G., Cristianini, M.,

- Santos, O. O., & Visentainer, J. V. (2023). Effects of pasteurization and high-pressure processing on the fatty acids, triacylglycerol profile, Dornic acidity, and macronutrients in mature human milk. *Journal of Food Composition and Analysis*, 115, 104918. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104918>
- Marousez L., Ichou F., Lesnik P., Tran L.C., De Lamballerie M., Gottrand F., Ley D & Lesage J. (2023). Short-chain fatty acids levels in human milk are not affected by holder pasteurization and high hydrostatic pressure processing. *Frontiers in Pediatrics*, 11, 1120008. <https://doi.org/10.3389/fped.2023.1120008>
- Martín C., Fogar R., Jaime A., Barriales V., Sturla M., & Romero M. (2022). Análisis fisicoquímico de leche materna calostroal donada en el lactario de la Unidad Médica Educativa de una Universidad pública de Argentina. *Sapienza: International Journal of Interdisciplinary Studies*, 3(2). <https://doi.org/10.51798/sijs.v3i2.296>
- Martín Caballero S., Sánchez Gomez De Orgaz M., & Sánchez Luna M. (2022). Estudio de calidad de la pasteurización Holder de leche materna donada en una unidad de nutrición personalizada neonatal. *Anales de Pediatría*, 96(4),294–99. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2021.01.019>
- Martysiak-Zurowska D., Malinowska-Panczyk E., Orzolek M., Kusznierewicz B., & Kiełbratowska B. (2022). Effect of microwave and convection heating on selected nutrients of human milk. *Food Chemistry*, 1,369,130958. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130958>
- Miranda Chambilla, M., & Velásquez Medina, M. P. (2019). Diseño y construcción de una Unidad Liofilizadora y su aplicación en la obtención de la leche en polvo. [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín] Repositorio Universidad Nacional de San Agustín. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10065>
- Mosca F., & Gianni M. (2017). Human milk: composition and health benefits. *La Pediatría Médica e Chirúrgica - Medical and Surgical Pediatrics*, 39,155. <https://doi.org/10.4081/pmc.2017.155>
- Neia V., Santos P., Tavares C., Paula M., Costa S., Zacarias J., Alencar J., Silveira R., Santos O., Visentainer J., & Visentainer J. (2023). Lipid Profile of Human Milk in Different Lactation Stages Submitted to Pasteurization, Lyophilization and Spray-Drying Processes. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 34(1), 54–62. <https://dx.doi.org/10.21577/0103-5053.20220087>
- Neia V., Zacarias J., Alencar J., Silva dos Santos P., Tavares C., Paula M., Costa S., Oliveira M., Nakamura C., Santos O., Visentainer J. & Visentainer J. (2022). Effect of lyophilization and spray-drying on cytokine levels and antioxidant capacity in human milk. *Drying Technology*, 40(15), 3149–3159. <https://doi.org/10.1080/07373937.2021.2005086>
- Núñez-Delgado A., Mizrachi-Chávez V., Welti-Chanes J., Macher-Quintana S., & Chuck-Hernández C. (2024). Breast milk preservation: thermal and non-thermal processes and their effect on microorganism inactivation and the content of bioactive and nutritional compounds. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1325863. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1325863>
- Organización Mundial de la Salud. (agosto 2020). Temas de salud/ Lactancia materna. Recuperado el día mes año de [https://www.who.int/es/health-topics/breastfeeding#tab=tab\\_3](https://www.who.int/es/health-topics/breastfeeding#tab=tab_3)
- Peila C., Emmerik N.E., Giribaldi M., Stahl B., Ruitenber J.E., Elburg R.M., Moro G.E., Bertino E., Coscia A., & Cavallarin L. (2017). Human Milk Processing: A Systematic Review of Innovative Techniques to Ensure the Safety and Quality of Donor Milk. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 64(3), 353-361. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000001435>
- Ramírez-Navas, J. (2006). Liofilización de alimentos. *Revista ReCiTeIA*, 6(2),1-39.
- Rodríguez-Aviles, D., Rivera-Barrera M., Arreaga-Tibnquizza, L., & Villavicencio- Montenegro A. (2020). Beneficios Inmunológicos de la leche materna. *Reciamuc*, 4(1),93–104. <https://doi.org/10.26820/reciamuc/4>
- Salamanca-Grosso, Osorio-Tangarife & Romero-Acosta. (2019). Calidad fisicoquímica y microbiológica de la leche materna de madres donantes colombianas. *Revista Chilena de Nutrición*, 46(4),409419. <http://dx.doi.org/10.4067/S071775182019000400409>.
- Salcedo, J., Gormaz, M., López-Mendoza, M., Nogarotto, E., & Silvestre, D. (2015). Human Milk Bactericidal Properties: Effect of Lyophilization and Relation to Maternal Factors and Milk Components. *Journal of Pediatric Gastroenterology and Nutrition*, 60(4),527-532. <https://doi.org/10.1097/MPG.0000000000000641>
- Suárez Rodríguez M., Iglesias García V., Ruiz Martínez P., Lareu Vidal S., Caunedo Jiménez M., Martín Ramos S., & García López E. (2020). Composición nutricional de la leche materna donada según el periodo de lactancia. *Nutrición Hospitalaria*, 37(6),1118-1122. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.03219>
- Ten-Doménech, I., Ramos-García, V., Moreno-Torres, M., Parra-Llorca, A., Gormaz, M., Vento, M., kuligowski J., & Quintás G. (2022). The effect of Holder pasteurization on the lipid and metabolite composition of human milk. *Food Chemistry*, 384,132581. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132581>
- Tenisi, S. (2019). Revisión sistemática de los cambios químicos producidos en la composición de la leche humana luego de la pasteurización Holder. Bases para adecuar la fortificación y/o suplementación de nutrientes. [Tesis doctoral, Universidad Nacional de La Plata]. Repositorio institucional de la Universidad Nacional de La Plata. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/79064>
- Tirano Bernate D., Pinzón Espitia O., & Gonzales Rodriguez J. (2018). Risk factors and barriers to implementation of breastfeeding: review. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 22(4). <https://dx.doi.org/10.14306/renhyd.22.4.442>
- Tran, L.C., Marousez, L., De Lamballerie, M., McCulloch, S., Hermann E., Gottrand F., Ley D., & Lesage J. (2023). The metabolome of human milk is altered differentially by Holder pasteurization and high hydrostatic pressure processing. *Frontiers in Nutrition*, 10,1107054. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1107054>
- Vázquez-Román, S., Escudero-Vieco, D., Martín-Pelegrina, Muñoz-Amat B., Fernández-Álvarez, L., Brañas-García, P., Lora-Pablos D., Beceiro Mosquera J., & Pallás-Alonso C.R. (2018). Short communication: Effect of refrigerated storage on the pH and bacterial content of pasteurized human donor milk. *Journal of Dairy Science*, 101,10714–10719. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14984>
- Yi, D.Y. & Kim, S.Y. (2021). Human Breast Milk Composition and Function in Human Health: From Nutritional Components to Microbiome and MicroRNAs. *Nutrients*, 13(9), 3094. <https://doi.org/10.3390/nu13093094>
- Zhang, Q., Cundiff, J.K., Maria, S.D., McMahon, R.J., Woo J.G., Davidson, B.S., & Morrow, A.L. (2013). Quatitative analysis of the human whey proteome reveals developing milk and mammary gland functions across the first year of lactation. *Proteomes*, 1(2),128-58. <https://doi.org/10.3390/proteomes1020128>