

Homogenization of Milk and its Substitutes by High Pressure Technologies: A Systematic Review

Alexia Mendoza, Bach¹, Lenin Lozada, Bach¹, Tatiana Sangay, Bach¹, Yamile Alejo, Bach¹ and Meliza Lindsay Rojas, Dr.^{2*}

¹Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú.

alexiamendozad@gmail.com, leninlr1708@gmail.com, sangaytatiana@gmail.com, mila2040@gmail.com

²Dirección de Investigación, Innovación y Responsabilidad Social, Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú.
meliza.rojas@upn.edu.pe

*Corresponding author: meliza.rojas@upn.edu.pe (M.L. Rojas); Av. Del Ejército 920, Trujillo, 13001.

Abstract - This review shows an analysis of the most recent studies on the applications of high pressures for homogenization processing of milk and its substitutes (milk alternatives from vegetable origin). In the production of beverages, conventional thermal processes are traditionally applied for its treatment and sanitization, thus causing an alteration in its composition. The search for innovative technologies for food processing is the main reason that has led to the use of high pressures, in this process the food does not lose its nutritional composition and its organoleptic characteristics, in addition, microbial activity is eliminated. Selected investigations in the last 11 years show that ultra-high pressure (UHPH) and high pressure homogenization (HPH) are applied in milk of animal and vegetable origin. Therefore, the application of high pressure is an interesting alternative that ensures quality and food safety. For this, a correct search of the articles was carried out by following the PRISMA methodology where the literature was selected following inclusion and exclusion criteria, it was search in reliable sources such as: Scielo, Redalyc, ScienceDirect and the google scholar meta search. In the selected investigations, promising results have been shown, where the high pressure homogenization technology promotes the physical stability of the product, reduction of the particle size, decrease of the microbial load and change in the protein structure.

Keywords—Homogenization, UHPH, HPH, milk, milk substitutes.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.105>
ISBN: 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

Homogenización de Leche y sus Sustitutos por Tecnologías de Altas Presiones: Una Revisión Sistemática

Alexia Mendoza, Bach¹, Lenin Lozada, Bach¹, Tatiana Sangay, Bach¹, Yamile Alejo, Bach¹ and Meliza Lindsay Rojas, Dr.^{2*}

¹Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú.

alexiamendoza@gmail.com, leninlr1708@gmail.com, sangaytatiana@gmail.com, mila2040@gmail.com

²Dirección de Investigación, Innovación y Responsabilidad Social, Universidad Privada del Norte (UPN), Trujillo, Perú.
meliza.rojas@upn.edu.pe

*Corresponding author: meliza.rojas@upn.edu.pe (M.L. Rojas); Av. Del Ejército 920, Trujillo, 13001.

Resumen - Esta revisión muestra un análisis de los estudios más recientes sobre las aplicaciones de altas presiones para el procesamiento de homogeneización de leche y sus sustitutos (alternativas de leche de origen vegetal). En la elaboración de bebidas se aplican tradicionalmente procesos térmicos convencionales para su tratamiento y sanitización, provocando así una alteración en su composición. La búsqueda de tecnologías innovadoras para el procesamiento de alimentos es el principal motivo que ha llevado al uso de altas presiones, en este proceso el alimento no pierde su composición nutricional y sus características organolépticas, además, se elimina la actividad microbiana. Investigaciones seleccionadas en los últimos 11 años muestran que la ultra alta presión (UHPH) y la homogeneización de alta presión (HPH) se aplican en la leche de origen animal y vegetal. Por lo tanto, la aplicación de alta presión es una alternativa interesante, que asegura calidad y seguridad alimentaria. Para ello se realizó una correcta búsqueda de los artículos siguiendo la metodología PRISMA donde se seleccionó la literatura siguiendo criterios de inclusión y exclusión, se buscó en fuentes confiables como: Scielo, Redalyc, ScienceDirect y el metabuscador Google académico. En las investigaciones seleccionadas se han mostrado resultados prometedores, donde la tecnología de homogeneización a alta presión promueve la estabilidad física del producto, reducción del tamaño de partícula, disminución de la carga microbiana y cambio en la estructura de la proteína.

Palabras clave—Homogeneización, UHPH, HPH, leche, sustitutos de la leche.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el consumidor busca productos de calidad que siendo procesados preserven sus propiedades sensoriales y nutricionales. Por su alto valor nutricional, la leche es uno de los alimentos más importantes, por lo que se debe preservar su composición nutricional al aplicar tratamientos para su inocuidad y conservación.

En la producción de leche se aplican comúnmente procesos térmicos para su conservación, los cuales producen alteraciones en su composición. Se ha demostrado que los procesos térmicos provocan algunos cambios en las propiedades fisicoquímicas, reológicas, microestructurales y sensoriales de leche fluida y, en consecuencia, de otros productos lácteos [1].

La búsqueda de tecnologías innovadoras para el proceso de alimentos es el principal motivo que ha llevado a emplear altas presiones, en este proceso el alimento no pierde su composición nutricional, sus características organolépticas y se elimina la actividad microbiana. Por lo tanto, la aplicación de altas presiones resulta una alternativa interesante, conjugando calidad y seguridad alimentaria [2].

Asimismo, en esta revisión se está estudiando la aplicación de estas tecnologías en leche alternativa, en la industria alimentaria se está elaborando productos a base de vegetales debido a que existe un grupo de consumidores intolerantes a la lactosa [3]. Existen desafíos para la conservación de estos productos durante su almacenamiento y se requiere tecnologías innovadoras para obtener un producto estable y viable, la homogeneización de alta presión (HPH) es una alternativa para reemplazar el procesamiento térmico [4], o por lo menos mejorar su eficiencia mediante procesos combinados.

Con respecto a las tecnologías basadas en la aplicación de presión durante el procesamiento de productos fluidos como bebidas, se encuentran no solamente la homogeneización a alta presión (HPH), sino también la ultra-alta presión (UHPH). El principio de funcionamiento se basa en que durante la HPH la mezcla no homogénea pasa a través de un pequeño orificio con un rápido aumento de la velocidad y una disminución de la presión. La intensa energía provoca turbulencia o cavitación que descompone la emulsión gruesa en partículas uniformes y estables. La tecnología de HPH se encuentra aplicándose a nivel industrial, sin embargo, no garantiza al 100% la esterilización. En cuanto a la tecnología de UHPH, su funcionamiento es similar al HPH, pero implica utilizar presiones considerablemente más altas (hasta 400 MPa). Aún no se ha implementado en la industria alimentaria debido a que no se garantiza la esterilización y posterior envasado de los alimentos en condiciones asépticas [5].

Por lo que se requieren más estudios para explorar mejor la posibilidad de aplicación de estas tecnologías para cada caso particular dependiendo de los objetivos de proceso. A pesar de ello, hasta la fecha se han conseguido resultados promisorios en

productos fluidos. Por ejemplo, la homogenización estabiliza la emulsión de la grasa y la mantiene dispersa de forma uniforme en el líquido, produciendo una modificación en la estabilidad en las gotas de grasa [6]. Este proceso aplicado a altas presiones reduce el tamaño de las partículas por debajo del micrómetro, generando nano emulsiones y también es una tecnología utilizada para encapsular los compuestos bioactivos con el fin de introducirlos posteriormente en matrices alimentarias.

Recientemente en una revisión realizada por Mayta-Hancco et al., [7] muestran una visión general de estudios más recientes de la aplicación de la tecnología a homogenización a ultra-alta presión (UHPH) en el tratamiento de leche y en la fabricación de quesos, determinado que la UHPH es una tecnología emergente capaz de reemplazar la homogenización convencional y los tratamientos térmicos. Asimismo, aplicar este tratamiento para fabricar quesos, ha mostrado resultados prometedores al obtener una estabilidad física debido a la reducción del tamaño de la partícula, eliminando la carga microbiana, la inactivación de enzimas. Sin embargo, esta revisión ha sido enfocada particularmente en aplicación de UHPH a leche para producir queso, por lo que aún no se ha recopilado información sobre el efecto de ambas tecnologías (HPH y UHPH) en leche y leches alternativas a esta.

En virtud de lo expuesto, se realizó la presente revisión sistemática con el fin de responder la pregunta de investigación ¿Cuál es el impacto de aplicar altas presiones en el proceso de homogenización de la leche y sustitutos?

Por lo tanto, en base a literatura científica seleccionada mediante la metodología PRISMA, el objetivo de la presente investigación es analizar y describir el impacto generado por las altas presiones en las características y propiedades de la leche y sus sustitutos considerando las condiciones de proceso, así como el tipo de producto obtenido.

II. METODOLOGÍA

Se realizó una revisión sistemática de la literatura científica con base en la adaptación de la metodología PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and MetaAnalyses). El resultado nos permite evaluar e interpretar todos los artículos relevantes que responden a la pregunta de investigación [7]. La interrogante establecida en este estudio es: ¿Cuál es el impacto de aplicar altas presiones en el proceso de homogenización de la leche y sustitutos en los últimos 11 años?

A. Búsqueda bibliográfica

Se inició con la búsqueda de estrategias y herramientas para la recopilación de artículos científicos, para así poder identificar los estudios más relevantes relacionados al tema principal y responder la incógnita planteada. La búsqueda se realizó en repositorios digitales como: Scielo, Redalyc Science Direct y el metabuscador google académico. Asimismo, se consideró el año de publicación de las investigaciones, desde el año 2010 hasta el año 2021

B. Estrategias de búsqueda

Para la recopilación de investigaciones, en primera instancia se definieron como descriptores a los siguientes términos relacionados con la pregunta de investigación: "Homogenización", "Leche", "Alta presión". De tal modo, para especificar y garantizar la búsqueda de artículos científicos se utilizaron operadores booleanos, las cuales fueron: "High Pressure Homogenization or Ultra-High pressure homogenization", "Homogenización a alta presión OR homogenización a ultra alta presión", "Homogenización a alta presión AND homogenización a ultra alta presión", HPH AND milk, UHPH AND milk.

C. Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron artículos de investigación publicados desde el año 2010 hasta el año 2021 en idioma español e inglés. Las fuentes recopiladas fueron adjuntas en una matriz Excel, especificando el autor, título, fuente, año de publicación, país, objetivo, palabras claves y link. Asimismo, fueron rechazados los artículos que no estaban publicados dentro del rango especificado, se excluyeron tesis, libros y artículos que no aportaban información relevante a la investigación

D. Procedimiento de selección y análisis de la información

En el proceso de selección de los artículos en una primera etapa, se estableció la relevancia de los estudios por medio de la revisión del título y resumen. En una segunda etapa, se analizó el texto completo de los estudios que cumplen con los criterios de inclusión.

En una matriz, la información extraída de los estudios previamente seleccionados se organizó según el origen de la leche, la tecnología aplicada (UHP o UHPH), condiciones de proceso (presión y temperatura de entrada), el principal impacto en la muestra al aplicar las tecnologías mencionadas, el tipo de producto obtenido a partir de la materia prima procesada por altas presiones y finalmente la referencia bibliográfica

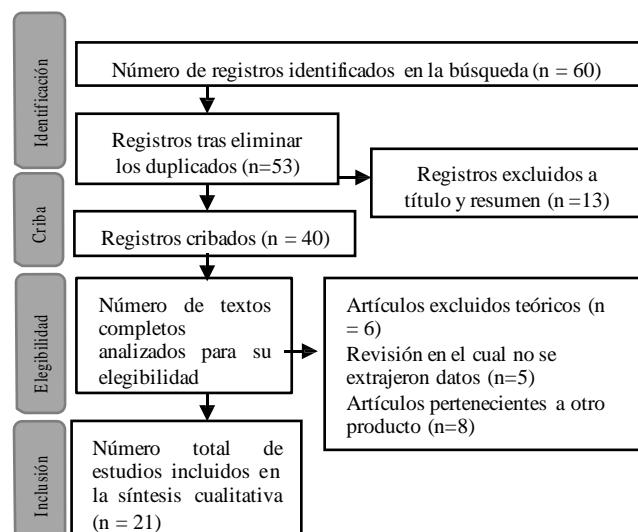


Fig. 1 Diagrama de flujo de revisión sistemática

TABLA I
CLASIFICACIÓN DE LOS DATOS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS

| Origen | UHPH/UHP | Condición de proceso (Presión y Temperatura de entrada) | Principales impactos en la muestra | Producto obtenido | Referencia |
|------------------------|----------|---|---|--|------------|
| Vaca | UHPH | 350 a 400 MPa. (0° y 40°) | Reduce el tamaño de partícula, carga bacteriana e inactivación de enzimas | Quesos | [7] |
| Cabra | UHPH | (200 MPa, 30 °C) | Mostró mayor contenido de ácidos grasos después del procesamiento. | Quesos | [9] |
| Cabra | UHPH | (200 MPa, 30 °C) | Presentaron mayor hidrólisis de péptidos hidrófobos e hidrófilos | Queso | [10] |
| Vaca | UHPH | 300 MPa a 30°C | Los quesos de leches homogeneizadas eran más firmes. | Queso fresco | [11] |
| Vaca | UHPH | 300 MPa a 30 °C | Las propiedades de coagulación de la leche se mejoraron. | Queso | [12] |
| Vaca | HPH | 0, 5, 20 o 60 MPa | Disminución del tamaño de los glóbulos de grasa. | Queso crema | [13] |
| Vaca | HPH | 0, 100, 200 y 300 MPa | Mayor rendimiento de queso a 300 MPa. | Queso fresco | [14] |
| Bovino | UHPH | 0, 100, 200 y 300 MPa | Disminución en el tamaño de partícula de la leche entera. | Leche con bajo contenido de colesterol | [15] |
| Arroz | UHPH | 300 MPa | Reducción del tamaño de partículas. | Leche de arroz | [16] |
| Vaca | UHPH | (200- 300 MPa) 55, 65, 75 y 85 °C | Se obtuvo alto nivel de reducción microbiana | Leche esterilizada | [17] |
| Vaca | HPH | 100, 250, 350 MPa | Disminución de la actividad microbiana de 10-20%. | - | [18] |
| Soja | UHPH | 200 y 300 MPa (55, 65 y 75 °C) | Los tocoferoles disminuyeron | - | [19] |
| Almendra | UHPH | 200 y 300 MPa (55, 65 y 75 °C) | Bebida de almendra de mayor calidad comparado con el control. | - | [20] |
| Avellana | HPH | 0.114 MPa (38.1 °C) | Atributos de calidad de la leche de avellana optimizada. | Leche de avellana | [21] |
| Sésamo | HPH | 6 MPa | Para la producción de leche de sésamo estable, se recomienda 1,81 MPa | Leche de sésamo | [22] |
| Almendra y avellana | HPH | 62, 103 y 172 MPa | La combinación de un tratamiento de baja temperatura con una alta presión de homogeneización mejoró en gran medida la estabilidad física y el aspecto de las leches. | - | [3] |
| Soja | HPH | 100 MPa | Mejora la textura y estabilidad del yogur. | Yogurt de soja | [23] |
| Vaca | HPH | 300 MPa | El esfuerzo cortante debido al flujo del líquido en el interior y la cavitación al salir, son los mecanismos más probables de inactivación microbiana. | - | [24] |
| Vaca | UHPH | 400 MPa | No se observó germinación. Esporas de <i>G. stearothermophilus</i> fueron inactivadas por los tratamientos más duros (> 300 MPa – válvula T > 145 °C durante ~ 0.24 s) | - | [25] |
| Vaca | HPH | Leche entera concentrada (WMC): 0- 150 MPa; 40 °C. Leche descremada concentrada (SMC): 0- 40 MPa; 40 °C. | HPH a presiones superiores a 120 MPa inactivó por completo la carga microbiana de SMC. Hasta una presión de 50 MPa, HPH disminuyó el tamaño medio de partícula. | Concentrados de leche entera y descremada | [26] |
| Soja | UHPH | 200 MPa (55 y 75 °C) and 300 MPa (80 °C) | Leche de soja tratada a 200 MPa y 55 °C logró una mejor aceptación sensorial que la leche de soja pasteurizada | - | [27] |

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la búsqueda se muestran en la Fig. 1. La primera búsqueda general presentó 60 investigaciones, luego de excluir 7 artículos duplicados quedaron 53 registros,

de cribado y posterior fase de elegibilidad, el número se redujo a 21 registros.

Con los 21 artículos obtenidos se extrajeron datos de las investigaciones clasificándolo según: origen de la muestra, tecnología aplicada en el proceso, el impacto que da el proceso en la muestra, aplicación de la tecnología para obtención de un producto y referencia, tal como se muestra en la TABLA I.

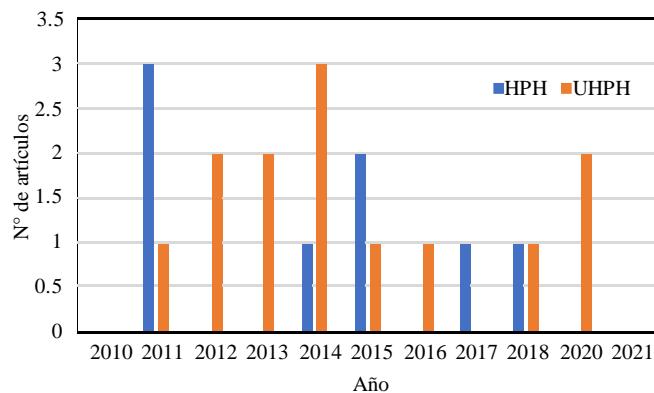


Fig. 1 Investigaciones realizadas aplicando UHP y UPH en los últimos 11 años

Las investigaciones seleccionadas en los últimos 11 años muestran que se aplica homogenización de la leche a ultra-alta presión (UUPH) y homogenización de alta presión (HPH) (Fig. 1). En su investigación [7], indica que tecnología de HPH Y UUPH, son tratamientos no térmicos y mejora las propiedades de los alimentos líquidos.

La aplicación del tratamiento de homogenización a altas presiones se aplica en la industria láctea para obtener los mejores procesos de esterilización de la leche, al aplicar este proceso se obtiene un producto con mejores características en cuanto a color, tamaño de la partícula, viscosidad y propensión a la hidrolisis de la proteína [17]. Se realizaron investigaciones de la aplicación de esta tecnología en leche de vaca [7], [11], [12], [13], [14], [17], [18], [24], [25] y [26], en leche de cabra [9] y [10]. Además, se aplicó altas presiones en leche de bovino para la obtención de una leche entera con bajo contenido de colesterol [15].

Asimismo, dentro de esta clasificación se consideraron leches alternativas de origen vegetal. La leche alternativa a base de vegetales son productos en las que la grasa se dispersa en una fase acuosa y el resto de los componentes forman parte de la estabilidad del producto, lo que provoca modificaciones en el tamaño de la partícula, color y viscosidad [3].

En leches alternativas, de manera similar al de la leche de origen animal, el tratamiento de HPH y UUPH se aplica para lograr la estabilidad de la emulsión y la aceptabilidad sensorial

del producto [28]. La materia prima más utilizada es la soja para la obtención de leche alternativa (Fig.2), al aplicar UUPH se obtiene un producto seguro y de alta calidad [19].

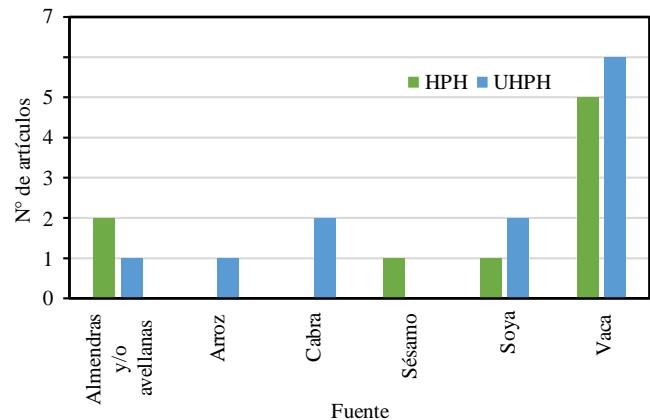


Fig. 2 Aplicación de HPH y UUPH en leches de origen vegetal y animal

En su investigación Poliseli-Scope et al., [27] demostró que la leche de soja tratada con UUPH a 200 MPa a 55 °C de temperatura de entrada logra una mejor aceptación sensorial y presenta una mayor reducción microbiológica que la leche pasteurizada. Por otro lado, Mei et al., [23] aplica HPH en la leche de soja para la obtención de yogurt, concluyendo que la presión menor a 200 MPa puede aumentar la cantidad de partículas y desnaturalizar las proteínas que interactúan entre sí, lo que provoca un yogurt más firme y estable

En la producción de leche de sésamo se logra la estabilidad con un pretratamiento de pasteurización 74.40 °C y presión 1.81MPa [22]. En la estabilidad de leche de arroz, la aplicación de UUPH estabiliza y preserva la leche de arroz al reducir el tamaño de las partículas, favoreciendo la estabilidad fisicoquímica de la bebida [16]. De tal modo, Bernat et al., [3] aplicó tratamiento térmico (85 °C / 30 min o 121 °C / 15 min) y HPH a sus muestras de leche de almendras y avellanas, determinando que las propiedades físicas y estructurales se vieron afectadas por el tratamiento térmico y al aplicar HPH aumentó la viscosidad y provocó cambios en la conformación de proteínas de la leche. Por lo tanto, el tratamiento de UUPH en leche de almendras provoca una disminución significativa del tamaño de partícula, estabilizando físicamente al producto en comparación con los tratamientos térmicos convencionales [20].

A. Efectos sobre el componente de la leche

Al aplicar homogenización altera los glóbulos grasos de la leche, provocando una reducción de su tamaño y aumenta concomitante su superficie específica, la leche tratada con UUPH, tiene una mayor adsorción de moléculas de caseína unidas directamente, en cambio cuando la muestra es tratada con HPH las micelas de caseína se adsorben en menor grado a la membrana [12]. El diámetro de la gota de leche sometida a

estos procesos es de 1 μm , reflejando longitudes de ondas largas [13].

La aplicación de UPHH demuestra ser eficaz y actúa como pasteurizador al estabilizar microbiológicamente la leche. Asimismo, Zamora et al., [11] indica que el efecto de UPHH en su investigación fue mayor a la HPH en la composición para la obtención de queso, la tipología del agua, el contenido de proteínas y la microestructura afectaron a las características sensoriales del producto aplicando HPH.

B. Efectos en el producto obtenido

En su investigación Coutouly et al., [13] determinó que las propiedades reológicas del queso crema dependían de la presión de homogenización permitiendo una disminución de los glóbulos grados y obteniendo una mejor firmeza del producto.

Los quesos elaborados con UPHH presentan un nivel de lipólisis similar a una leche pasteurizada en su investigación Zamora et al., [11] evaluaron las características texturales de quesos frescos producidos a partir de leches tratadas por UPHH (300 MPa, a 30 °C) en comparación a los quesos procedentes de leche tratadas convencionalmente, tales como la pasteurización (80 °C, 15 s) y pasteurización-homogeneización (15±3 MPa a 60 °C, y 80 °C por 15 s). Los resultados mostraron que tanto la homogeneización convencional y la UPHH produjeron cambios en las características texturales de los quesos. Sin embargo, en ambos procesos las propiedades del queso pueden alterarse, dificultando en el proceso de cuajada debido al desmenuzamiento, la leche con UPHH mostró una calidad microbiológica superior [12].

En la investigación de Escobar et al., [15] estudiaron el efecto de combinar UPHH y β -ciclodextrina (β -CD) para obtener una leche entera con bajo contenido de colesterol, la mayor eliminación se obtuvo aplicando β -CD al 0.6% y 200-300 MPa alcanzando el 87% -89%. La combinación de ambas tecnologías logra obtener una disminución del tamaño de la partícula y un producto con bajo contenido de colesterol, permitiendo controlar el riesgo de enfermedades cardiovasculares.

El efecto de las condiciones de UPHH (temperatura y presión) sobre los glóbulos grados de la leche y las proteínas superficiales en comparación con los tratamientos de HPH, tiene mejores resultados tanto en calidad microbiológica, distribución del tamaño de la partícula, estructura de la proteína y actividad enzimática, permite obtener un producto de con mejores características fisicoquímicas. Se recomienda aplicar esta tecnología a otros fluidos, evaluando el efecto de ambas tecnologías, las propiedades reológicas y analizando la estabilidad física del producto obtenido en el proceso.

IV. CONCLUSIONES

La homogenización de ultra alta presión en la industria láctea se aplica con el fin de reducción de glóbulos grados, para la inactivación de microrganismos, creación de emulsiones y seguridad alimentaria. El proceso sustituye los tratamientos

térmicos tradicionales en las que el alimento pierde sus propiedades nutricionales, esta tecnología se aplica para el tratamiento de la leche; sin embargo, aún no se garantiza que sea efectiva con fines de esterilidad comercial.

La literatura científica indica que mejora las propiedades y la estabilidad del producto tratados con HPH y UPHH. Asimismo, el tratamiento de UPHH en la leche para la fabricación de quesos ha mostrado resultados prometedores, estabilidad física del producto, reducción del tamaño de la partícula, disminución de la carga microbiana y cambio en la estructura de proteínas.

Considerando condiciones específicas de proceso, revisadas durante la presente investigación, se puede por ejemplo aplicar UPHH a 300 MPa con temperaturas iniciales de entrada del producto a 55, 65, 75 y 85 °C presentando un alto nivel de reducción microbiana por debajo del límite de detección, en el caso de leches alternativas se logra una esterilidad comercial a 300 MPa a 75 °C, sin la aplicación de tratamiento térmicos los que modifican las propiedades físicas y estructurales. Para la obtención de quesos frescos firmes, más granulosos y con mayor retención de agua se debe aplicar UPHH a 300 MPa a 30 °C. Finalmente, se recomienda continuar con los estudios en la aplicación de estas tecnologías a alimentos fluidos, así como su aplicación combinada con otras tecnologías emergentes y/o compuestos que promuevan su efectividad frente a los microorganismos y enzimas.

REFERENCIAS

- [1] Ruiz Espinosa, H., "Homogeneización de Leche a Alta Presión y Su Efecto Sobre Características Físico-Químicas, Microbiológicas y Sensoriales de Queso Fresco", 2017.
- [2] Guignon, B., "Altas presiones en tecnología de alimentos", 2011.
- [3] Bernat, N., Cháfer, M., Rodríguez-García, J., Chiralt, A. y González-Martínez, C., "Efecto de la homogeneización a alta presión y el tratamiento térmico sobre las propiedades físicas y la estabilidad de las leches de almendras y avellanas," *LWT-Ciencia y tecnología de los alimentos*, vol. 62, pp. 488-496, 2015.
- [4] Sethi, S. y Anurag, RK. Leche vegetal probiótica y prebiótica Alimentos lácteos. Prensa académica, 2021.
- [5] U. Roobab, M. A. Shabbir, A. W. Khan, R. N. Arshad, A. E.-D. Bekhit, X.-A. Zeng, et al., "High-pressure treatments for better quality clean-label juices and beverages: Overview and advances," *LWT*, vol. 149, p. 111828, 2021/09/01/ 2021.
- [6] Naranjo, N. J. "Efecto de la presión de homogenización de la leche en las propiedades físicas-quináticas y sensoriales del queso crema Zamorano," *Universidad Zamorano Biblioteca Wilson Popenoe*, 2008.
- [7] Mayta-Hancco, J., Trujillo, A. J., & Juan, B. "La homogeneización a ultra-alta presión (UPPH): Efectos en la leche y aplicaciones en la fabricación de quesos," *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, vol. 31, 2020.
- [8] Benet Rodríguez, M., Zafra, S. L., & Quintero Ortega, S. P. "La revisión sistemática de la literatura científica y la necesidad de visualizar los resultados de las investigaciones," *Revista Logos, Ciencia & Tecnología*, vol. 7, 2015.
- [9] Juan, B., Quevedo, JM, Zamora, A., Guamis, B. y Trujillo, AJ, "Lipólisis de quesos elaborados a partir de leche de cabra tratados mediante homogeneización a ultra alta presión," *LWT-Ciencia y tecnología de los alimentos*, vol. 60, pp. 1034-1038, 2015.
- [10] Juan, B., Zamora, A., Quevedo, JM y Trujillo, AJ., "Proteólisis de queso elaborado a partir de leche de cabra tratado mediante homogeneización a ultra alta presión," *LWT-Ciencia y tecnología de los alimentos*, vol. 69 , pp. 17-23, 2016.

- [11] Zamora, A., Ferragut, V., Juan, B., Guamis, B. y Trujillo, AJ., “Efecto de la homogeneización de la leche a ultra alta presión sobre la textura y tipología de agua de un queso fresco sin iniciador. Ciencia de los alimentos innovadores y tecnologías emergentes”, vol. 12, pp. 484-490, 2011.
- [12] Zamora, A., Ferragut, V., Guamis, B. y Trujillo, AJ., “Cambios en la proteína de superficie de los glóbulos grasos durante la homogeneización a ultra alta presión y los tratamientos convencionales de la leche,” *Hidrocoloides alimentarios*, vol. 29, pp. 135-143, 2012.
- [13] Coutouly, A., Riaublanc, A., Axelos, M., & Gaucher, I., “Effect of heat treatment, final pH of acidification, and homogenization pressure on the texture properties of cream cheese,” *Dairy Science & Technology*, vol. 94, pp. 125-144, 2014.
- [14] Escobar, D., Clark, S., Ganesan, V., Repiso, L., Waller, J. y Harte, F. “La homogeneización a alta presión de la leche cruda y pasteurizada modifica el rendimiento, la composición y la textura del queso fresco,” *Revista de ciencia láctea*, vol. 94, pp. 1201-1210, 2011.
- [15] Escobar Gianni, D., Jorcín, S., Lema, P., Olazabal, L., Medrano, A., & Lopez-Pedemonte, T. “Effect of ultra-high pressure homogenization combined with β -cyclodextrin in the development of a cholesterol-reduced whole milk,” *Journal of Food Processing and Preservation*, vol. 44, e14845, 2020.
- [16] Jorcín, S., Guamis, B., & López, T., “Influencia de la aplicación de ultra alta presión de homogeneización (UAPH) y de la [Ca⁺⁺] en la estabilidad de la leche de arroz,” *Innotec*, (7 ene-dic), pp. 16-20, 2012.
- [17] Amador-Espejo GG, Suárez-Berencia A, Juan B, Bárcenas ME, Trujillo AJ., “Efecto de temperaturas de entrada moderadas en tratamientos de homogeneización de ultra alta presión sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de la leche”. *J Dairy Sci*, Vol. 97: pp. 659–671, 2014.
- [18] Pinho CRG, Franchi MA, Tribst AAL, Cristianini M., “Efecto de la homogeneización a ultra alta presión sobre la actividad de la fosfatasa alcalina y lactoperoxidasa en leche cruda desnatada,” *Procedia Food Sci*, vol. 1, pp. 874–878, 2011.
- [19] Toro-Funes, N., Bosch-Fusté, J., Veciana-Nogués, MT y Vidal-Carou, MC., “Efecto del tratamiento de homogeneización a ultra alta presión sobre los compuestos bioactivos de la leche de soja,” *Química de los alimentos*, vol. 152, pp. 597-602, 2014.
- [20] Valencia - Flores, DC, Hernández - Herrero, M., Guamis, B. y Ferragut, V., “Comparar los efectos de la homogeneización a presión ultra alta y los tratamientos térmicos convencionales sobre la calidad microbiológica, física y química de las bebidas de almendras,” *Revista de ciencia de los alimentos*, 78 (2), pp. E199-E205, 2013.
- [21] Gul, O., Atalar, I., Saricaoglu, F. T., & Yazici, F., “Effect of multi-pass high pressure homogenization on physicochemical properties of hazelnut milk from hazelnut cake: An investigation by response surface methodology,” *Journal of food Processing and Preservation*, vol. 42, pp. e13615, 2018.
- [22] Ahmadian-Kouchaksaraei, Z., Varidi, M., Varidi, M. J., & Pourazarang, H., “Study of stability characteristics of sesame milk: effect of pasteurization temperature, additives, and homogenisation pressure,” *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, vol. 7, pp. 677-686, 2015.
- [23] Mei, J., Feng, F., & Li, Y., “Effective of different homogeneous methods on physicochemical, textural and sensory characteristics of soybean (*Glycine max L.*) yogurt,” *CyTA-Journal of Food*, vol. 15, pp. 21-26, 2017.
- [24] Pinho, C. R. G., Franchi, M. A., Augusto, P. E. D., & Cristianini, M., “Avaliação do escoamento de leite desnatado durante homogeneização a alta pressão (HAP) por meio de fluidodinâmica computacional (CFD)”. *Brazilian Journal of Food Technology*, vol. 14, pp. 232-240, 2011.
- [25] Georget, E., Miller, B., Aganovic, K., Callanan, M., Heinz, V., & Mathys, A., “Bacterial spore inactivation by ultra-high pressure homogenization. Innovative,” *Food Science & Emerging Technologies*, vol. 26, pp. 116-123, 2014.
- [26] Mercan, E., Sert, D., & Akin, N., “Effect of high-pressure homogenisation on viscosity, particle size and microbiological characteristics of skim and whole milk concentrates,” *International Dairy Journal*, vol. 87, pp. 93-99, 2018.
- [27] Poliseli-Scopel, F. H., Gallardo-Chacón, J. J., Juan, B., Guamis, B., & Ferragut, V., “Characterisation of volatile profile in soymilk treated by ultra-high pressure homogenisation,” *Food chemistry*, vol. 141, pp. 2541-2548, 2013.
- [28] Sethi, S., Tyagi, S. K., & Anurag, R. K. (2016)., “Plant-based milk alternatives an emerging segment of functional beverages: a review,” *Journal of food science and technology*, vol. 53, pp. 3408-3423, 2016.