

PROCESOS APLICADOS EN LA INDUSTRIA LÁCTEA

ANDREA VÁSQUEZ GARCÍA

INTRODUCCIÓN

Este capítulo examina en detalle los procesos utilizados en la producción de derivados lácteos, con un enfoque particular en la composición y propiedades de la leche. Se inicia con una descripción de la leche de vaca, destacando su papel como ingrediente esencial en productos lácteos tradicionales y modernos. Se profundiza en la estructura compleja de la leche y en sus componentes principales, como las caseínas y las proteínas del suero, así como en sus propiedades físicas y químicas. Además, se analizan productos lácteos tradicionales como la leche pasteurizada, leche UHT, crema de leche, mantequilla, yogur, kumis y queso, abordando sus procesos de producción y características distintivas. El capítulo también explora el desarrollo de nuevos productos, como opciones para consumidores intolerantes a la lactosa, productos con probióticos y alimentos especializados para niños y lactantes. Finalmente, se discuten nuevas tecnologías aplicables al procesamiento de la leche, incluyendo innovaciones en equipos, modificaciones en el procesamiento, certificaciones de origen, producción orgánica, robótica, empaque innovador, y el uso de tecnología 5.0, todo con el objetivo de crear productos diferenciados y de alto valor agregado, alineados con las necesidades del mercado actual.

La importancia de los procesos aplicados en la industria láctea radica en varios aspectos clave como: calidad y seguridad alimentaria, conservación de nutrientes, innovación y diversificación de productos, optimización de la producción, sostenibilidad, y respuesta a las tendencias del mercado. En conjunto, estos procesos son esenciales para asegurar que la industria láctea continúe siendo una fuente confiable de alimentos nutritivos, innovadores y accesibles para una población en constante crecimiento. Con el contenido propuesto en este capítulo, se pretende dar una visión integral y detallada de cómo estos procesos contribuyen al desarrollo y perfeccionamiento de productos lácteos, ofreciendo soluciones que satisfacen tanto las demandas actuales como las futuras, al tiempo que se promueve la innovación y se responde a los retos emergentes en la industria.

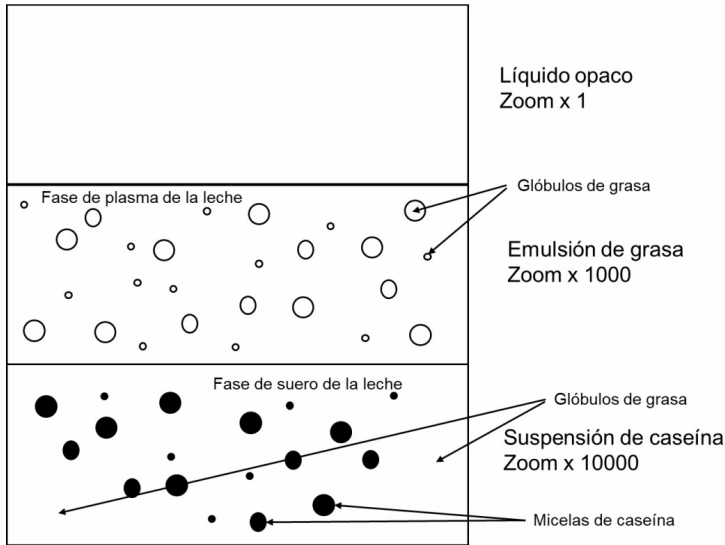
4.1. COMPOSICIÓN DE LA LECHE

Las leches de varias especies de mamíferos difieren en la cantidad, valor nutricional y calidad para la industria de alimentos (Saxelin et al., 2003). Este capítulo se centra en la leche de vaca y en aquellos productos en los que la leche de vaca constituye un ingrediente destacado, mencionando tanto a los productos tradicionales como las nuevas tendencias. El principal componente de la leche de vaca es el agua (cerca del 87 %), seguido por 4,8 % de lactosa, 3,7 % de grasas, 3,2 % de proteínas, 0,19 % de nitrógeno no proteico y 0,7 % de cenizas (Cerón y Correa, 2005). Las principales familias de proteínas de la leche son las caseínas (α S1-caseína, α S2-caseína, β -caseína y κ -caseína) (Calvache y Navas, 2012), las proteínas del suero que constituyen el 20 % de la fracción de proteína (β -lactoglobulina (β -LG), α -lactoalbúmina (α -LA), inmunoglobulinas (IgG), glicomacropéptidos (GMP), albúmina sérica bovina (BSA) y proteínas menores, como: lactoperoxidasa, lisozima y lactoferrina y las inmunoglobulinas (Padilla Doval y Zambrano Arteaga, 2021). Alrededor del 80 % de las proteínas de la leche son caseínas (Cimmino et al., 2023).

En cuanto a la estructura de la leche, es considerada compleja y heterogénea, como se puede observar en la figura 4.1. En este líquido se encuentran más de cien sustancias en un sistema coloidal de tres fases: estado de solución, suspensión y emulsión. Como solución verdadera en el suero se encuentran la lactosa (azúcar de la leche), vitaminas hidrosolubles y diferentes sales minerales (Anand et al., 2013). Como suspensión se encuentra la proteína caseína dispersa como un gran número de partículas sólidas, tan pequeñas que no sedimentan y permanecen en suspensión (micelas de caseína), las proteínas del suero y el fosfato de calcio (Corredig et

al., 2019). Finalmente, como emulsión, se encuentran los glóbulos de grasa, vitaminas solubles y otros lípidos.

Figura 4.1. Estructura de la leche



Fuente: elaboración propia.

La principal función de la leche es nutrir a los consumidores, gracias a su excelente composición nutricional, ser una fuente importante de energía, proteínas de alta calidad y grasas, además de contribuir a la salud metabólica, regulando los procesos de obtención de energía, en especial el metabolismo de la glucosa y la insulina (Park y Haenlein, 2013).

4.2. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

La leche en su aspecto físico es un líquido que presenta un sabor ligeramente dulce; es de color opaco. Sin embargo, en un determinado volumen parece blanca, aspecto que se debe a la dispersión de la luz producida por las micelas de fosfocaseinato de calcio (Estrada Martínez, 2011). La leche contiene dos pigmentos principales: el primero conocido como caroteno, colorante amarillo que proviene de la fracción lipídica, por lo cual la leche entera rica en crema presenta esa coloración (Stephenson et al., 2021). En cuanto a la leche descremada, presenta un color blanco-azulado

por carecer de caroteno. El segundo pigmento, la riboflavina (vitamina B12), genera un color amarillo-verdoso fluorescente que se encuentra en el suero de la leche.

Algunas propiedades físicas de la leche, como su densidad, viscosidad y tensión superficial, dependen de sus componentes; otras, como el índice de refracción y el punto crioscópico, dependen de las sustancias en solución. Finalmente, otras propiedades, como el pH y la conductividad eléctrica, dependen únicamente de los iones o de los electrones, como es el caso del potencial de óxido-reducción. Los valores medios de estas propiedades pueden ser visualizados en la tabla 4.1. A continuación, se describen brevemente las propiedades más importantes de la leche.

Densidad: es un parámetro que no tiene un valor constante en el caso de la leche, sino que varía con la temperatura y depende de dos factores: concentración de elementos disueltos y en suspensión (la densidad de la leche aumenta cuando el contenido de sólidos aumenta) y de la cantidad de grasa (la densidad de la leche disminuye cuando el contenido de grasa aumenta) (Mahony y Fox, 2014).

Tensión superficial: la presencia de sustancias orgánicas en la leche explica la disminución de su tensión superficial con relación a la del agua. Es importante tener en cuenta que la tensión superficial disminuye al aumentar la temperatura (McCarthy y Singh, 2009).

Viscosidad: la leche es mucho más viscosa que el agua, debido a los glóbulos de grasa y a las macromoléculas. De esta forma, cualquier modificación en el porcentaje de grasa o de proteínas en la leche se refleja en un cambio en la viscosidad. Esta propiedad disminuye con el aumento de la temperatura; además, aumenta cuando el pH de la leche disminuye debajo de 6,0. La viscosidad depende también de la presión: la leche normal es un líquido newtoniano por lo cual la velocidad de flujo es proporcional a la presión (Corredig et al., 2019).

Índice de refracción: el aumento del índice de refracción en la leche es la suma de los aumentos dados por cada constituyente. La contribución de las sales es despreciable y la grasa que se encuentra fuera de la fase continua no interviene, por lo que se prepara un suero para medir este índice (Estrada Martínez, 2011).

Punto de congelación: la leche congela a menos de 0 °C, ya que las sustancias disueltas disminuyen el punto de congelación del solvente. El punto de congelación de la leche es la propiedad menos variable y es una de las medidas más constantes de la leche (Fox et al., 2015).

Conductividad eléctrica: se da en la leche por la presencia de electrolitos, principalmente cloruros, fosfatos, citratos y luego por iones coloidales, este parámetro disminuye la resistencia al paso de corriente. La adición de agua disminuye la conductividad mientras que la acidificación de la leche la aumenta (Ashoorirad et al., 2021).

Acidez y pH: la acidez o cantidad de ácido láctico de la leche se debe principalmente a su contenido de caseína (0,05 - 0,08 %) y de fosfatos. También contribuyen a la acidez el dióxido de carbono (0,01 - 0,02 %), los citratos (0,01 %) y la albúmina (menos de 0,001 %). Su valor a 20 °C se encuentra en promedio entre 0,15 % y 0,16 %.

La acidez se mide con base en una titulación alcalina con hidróxido de sodio 0,1 N, utilizando fenolftaleína como indicador o, en su caso, un potenciómetro para detectar de forma automática el pH. El pH promedio de la leche es de 6,6 a 6,8 a 20 °C, lo que indica que es ligeramente ácida. Las leches pueden tener el mismo pH y por lo tanto la misma estabilidad en los tratamientos industriales y tener el mismo grado de “frescura”, sin embargo, presentar diferente grado de acidez y viceversa (Estrada Martínez, 2011).

Potencial de óxido-reducción (redox): diversos factores intervienen en las propiedades óxido-reductoras de este producto, como el oxígeno disuelto, la xantino-oxidación o la aldehído-reducción; la desnaturalización de las proteínas del suero de leche con la aparición de compuestos sulfurados; el ácido ascórbico, la riboflavina, la cisteína, el pH y probablemente la lactosa y la caseína. La leche fresca tiene un potencial redox positivo entre + 0,20 y + 0,30 V; esta propiedad se emplea para evaluar las cualidades microbiológicas y organolépticas de la leche (Schreyer et al., 2008).

Tabla 4.1. Principales propiedades físicas de la leche

Propiedades físicas	Valores típicos
pH	6,5 - 6,7
Acidez titulable	0,14 - 0,16 %
Densidad	1030 kg m ⁻³
Capacidad calorífica específica	3880 - 4000 Jkg ⁻¹

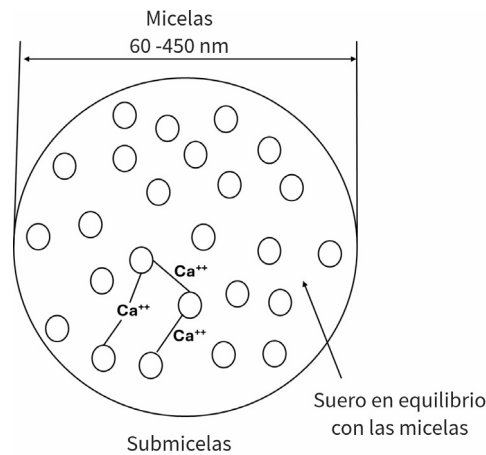
Propiedades físicas	Valores típicos
Conductividad térmica	0,548 Wm ⁻¹ K ⁻¹
Difusividad térmica	1,34 veces 10 ⁻⁷ m ² .s ⁻¹
Tensión superficial	52 mNm
Conductividad eléctrica	0,460 Sm ⁻¹
Punto de congelación	-0,512 a -0,550 °C

Fuente: elaboración propia.

Fase micelar y lipídica

Las caseínas (αs1-, αs2-, β- y κ-) ocupan el 80 % de la fracción proteica de la leche y son de gran importancia para la tecnología de derivados lácteos (Hassanin et al., 2022). El 20 % restante corresponde a proteínas del suero que difieren en sus propiedades fisiológicas y biológicas. Las caseínas interaccionan entre sí, formando complejos llamados micelas, esa interacción se da gracias a los iones de calcio, y su diámetro suele variar entre 60 y 450 nm, con un promedio de 130 nm (Bauland et al., 2022). En la figura 4.2 se presenta el modelo que permite observar cómo las submicelas se enlazan entre sí, gracias a los iones de calcio.

Figura 4.2. Modelo propuesto de la micela de la leche



Fuente: elaboración propia.



La α -lactoalbúmina y la β -lactoglobulina globulares son las principales proteínas del suero (Chatterton et al., 2006), constituyen el 70-80 % del total de proteínas de suero, siendo el resto inmunoglobulinas, glicomacropéptidos, albúmina sérica, lactoferrina y numerosas enzimas. Las proteínas de la leche son una rica fuente de precursores de péptidos biológicamente activos (Korhonen y Pihlanto, 2006). Los péptidos bioactivos se forman por la hidrólisis enzimática de proteínas o por la actividad proteolítica de las bacterias del ácido láctico en fermentaciones microbianas. Muchos de los péptidos sobreviven a través del tracto intestinal. Los péptidos bioactivos también se forman in vivo por hidrólisis enzimática de las enzimas digestivas (Feijó Corrêa et al., 2023).

La grasa de la leche es un complejo de lípidos y existe en glóbulos microscópicos en una emulsión de aceite en agua en la leche que varían en tamaño entre 0,1 y 22 μm y está compuesta por una variedad de fracciones de lípidos (Early, 2012). La mayoría de los lípidos de la leche son triglicéridos o ésteres de ácidos grasos combinados con glicerol (97-98 %), y la minoría son fosfolípidos (0,2-1 %), esteroides libres (0,2-0,4 %) y trazas de ácidos grasos libres. Aproximadamente el 62 % de la grasa de la leche es saturada, el 30 % monoinsaturada (ácido oleico), el 4 % poliinsaturada y el 4 % de otros ácidos grasos. (Verma et al., 2020).

4.3. PRODUCTOS LÁCTEOS TRADICIONALES

Leche pasteurizada

Es un producto de consumo masivo en el cual la leche se somete a un proceso de aumento de temperatura hasta los 63 °C durante 30 minutos (esta sería la LTLT – *low temperature long time* – baja temperatura alto tiempo), este método es el que conserva mejor el valor nutritivo de la leche, pero su efecto germicida es bajo en leches con alto contenido de microorganismos (Valbuena et al., 2004).

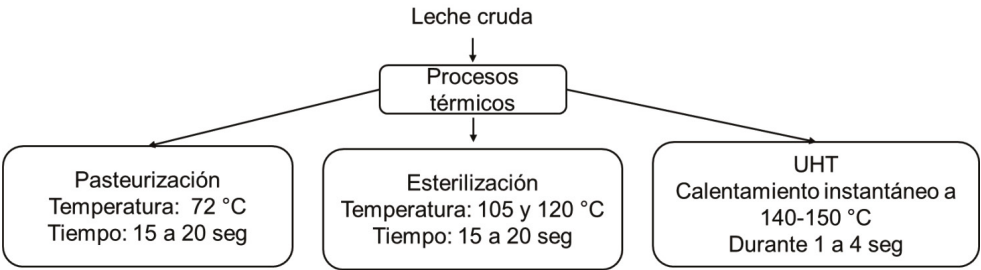
Otro tipo de pasteurización es HTLT (*high temperature long time* – alta temperatura alto tiempo), en el cual se somete la leche durante 15 a 30 segundos a una temperatura de 72 °C, siendo este el método más utilizado y adecuado de pasteurización (eliminando mohos, levaduras y la mayor parte de las formas vegetativas de las bacterias). Posterior a este proceso se baja la temperatura hasta los 6 °C, siendo su periodo máximo de utilización de una semana; esta leche es más conocida como “leche fresca” (Watts, 2016).

Leche ultra alta temperatura (UHT, *Ultra High Temperature*)

Aplicación de temperaturas entre 135 °C y 150 °C durante un segundo (mínimo legal exigido) hasta los cuatro segundos normalmente, posteriormente se baja la temperatura y se envasa en condiciones asépticas. Prácticamente no se producen modificaciones en la composición de la leche, pudiendo notarse no obstante ligeras modificaciones en el sabor (dejando un sabor especial debido a la caramelización de parte de los azúcares de la leche) (Malmgren, 2007). Esta leche tiene una alta fecha de caducidad y es conocida también como “leche de caja”.

Una síntesis de los diferentes procesos térmicos a los que puede ser sometida la leche es relacionada en la figura 4.3.

Figura 4.3. Diagrama de los diferentes tratamientos térmicos de la leche

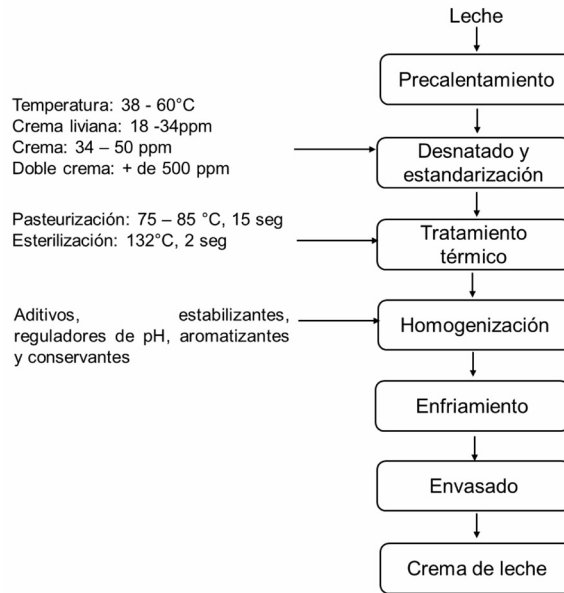


Fuente: elaboración propia.

Crema de leche

Es el producto en el que se ha reunido una fracción determinada de grasa y sólidos no grasos de la leche, por lo cual es considerada una emulsión de crema en agua, ya sea por reposo, por centrifugación o por reconstitución, sometida a pasteurización o a cualquier otro tratamiento térmico que asegure su inocuidad, que puede llegar a contener aproximadamente 27 % de sólidos totales, 19 % de grasa, 2,9 % de proteínas, 4 % de lactosa, 0,6 % de cenizas y 3 % de agua, siendo posible encontrar en el comercio cremas con diferentes contenidos composicionales de acuerdo con la NTC 930 de 2008. En la figura 4.4 se puede observar el esquema de elaboración de este producto.

Figura 4.4. Diagrama de elaboración de la crema de leche

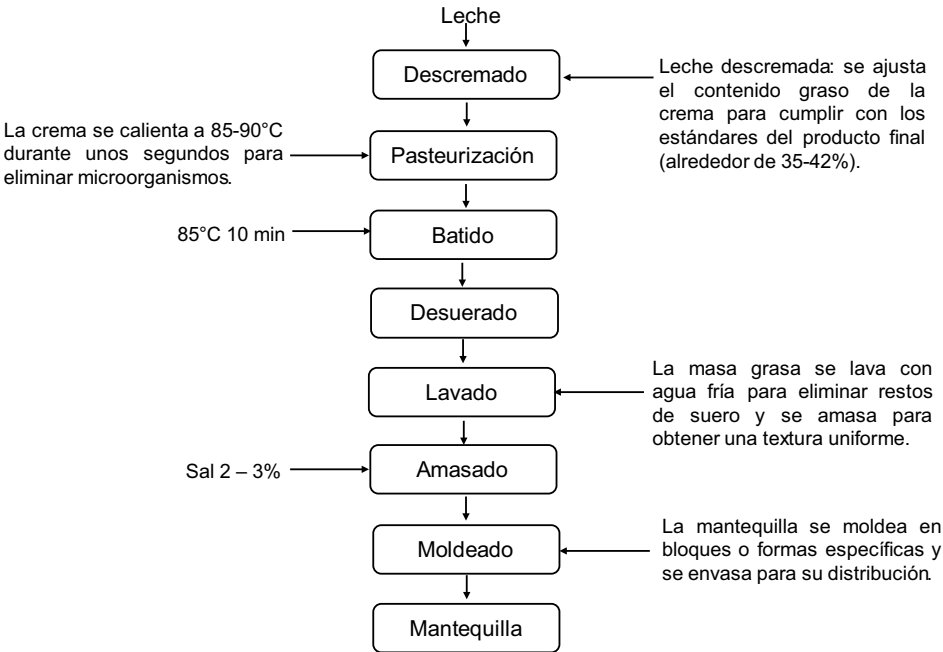


Fuente: elaboración propia.

Mantequilla

Es un producto que se obtiene a partir de la maduración de la crema de leche higienizada y tras la eliminación de gran parte de la fase acuosa, presenta un color de blanco amarillento al amarillento oro (McCarthy, 2011). Por tanto, la mantequilla es una emulsión de agua en crema, que es pasteurizada para inhibir las lipasas; se somete a maduración, fermentación por bacterias como *Lactococcus lactis*, *Streptococcus diacetylactis*, *Streptococcus heterofermentativus* y *Leuconostoc* spp o acidificación, batido o amasado, pudiendo adicionársele o no sal (cloruro de sodio), en cuyo caso no debe superar el 3 % (Cuadros Hernández, 2015). Es un producto con un contenido de grasa de 80 % o más y sólidos no grasos cerca del 2 %. El producto puede presentarse a temperatura ambiente en estado sólido o semisólido. El procedimiento se basa en las disposiciones del NTC 734 de 1996 “Productos lácteos: Mantequilla”, en la figura 4.5 se puede observar.

Figura 4.5. Diagrama de elaboración de la mantequilla

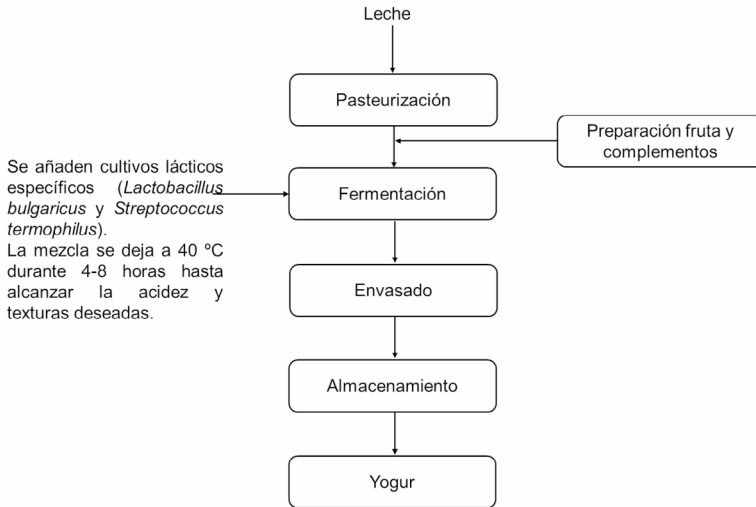


Fuente: elaboración propia.

Yogur

Es un producto lácteo fermentado que se obtiene por la multiplicación de bacterias ácido lácticas (BAL). Todos los yogures tienen esto en común: que la leche está fermentada con *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* viables que crecen en sinergia en la leche (Yeboah et al., 2023). En el proceso de fermentación se puede usar leche pasteurizada entera, parcialmente descremada o descremada y se lleva a cabo a 30-43 °C durante 2,5-20 horas, como se puede observar en la figura 4.6. Las BAL se alimentan de la lactosa (azúcar de la leche) y la transforman en ácido láctico (Sfakianakis y Tzia, 2014). El incremento de la acidez produce la modificación de las proteínas, lo que genera la coagulación y cambio en la textura. Existe una gran variabilidad de tipos de yogur en función de su consistencia (coagulados, líquidos, *mousse*), composición (desnatados, semidesnatados, normales, enriquecidos), sabor (natural, con azúcar, miel, con sabores, con fruta, etcétera), o adicionados (colorantes y estabilizadores permitidos), es regulado por la NTC 805 de 2005.

Figura 4.6. Diagrama de elaboración de yogur



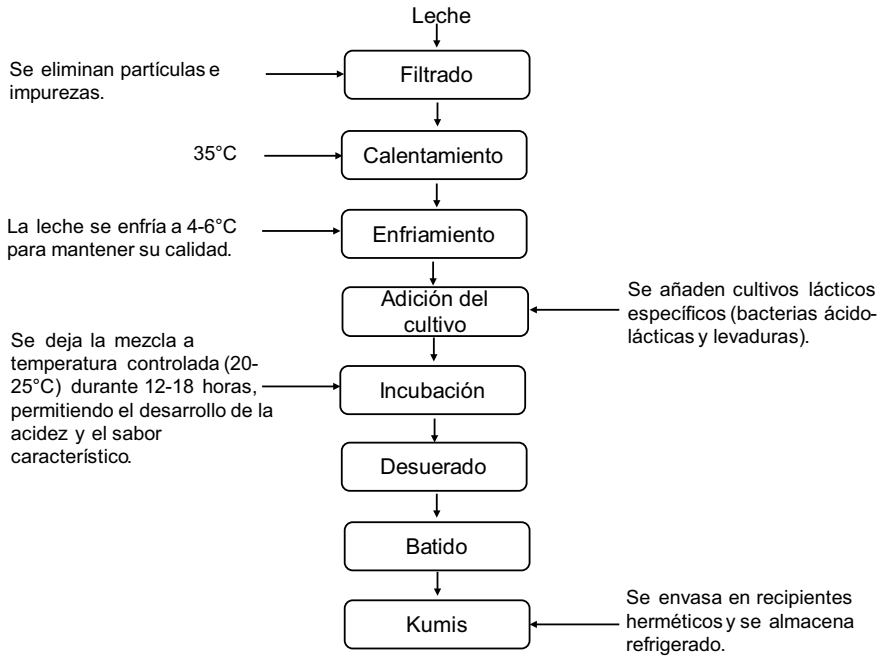
Fuente: elaboración propia.

Kumis

Lo definen como una bebida tradicional y una de las más consumidas en Colombia, se considera un probiótico (Chaves-López et al., 2011), y proporciona vitaminas, proteínas y minerales en cantidades considerables, contiene microorganismos capaces de multiplicarse y mantenerse en el interior del intestino, donde contribuyen con la flora local a eliminar toxinas y a digerir los alimentos, además de que mejoran la absorción de nutrientes y reducen en forma importante el riesgo de generar enfermedades en el colon, incluso cáncer (Chiliquinga Yugcha, 2017), es regulado por la NTC 805 de 2005 para leches fermentadas - kumis. El esquema de elaboración de este producto se muestra en la figura 4.7.

El incremento de la acidez produce la modificación de las proteínas, lo que genera la coagulación y cambio en la textura. Existe una gran variabilidad de tipos de yogur en función de su consistencia (coagulados, líquidos, mousse), composición (desnatados, semidesnatados, normales, enriquecidos), sabor (natural, con azúcar, miel, con sabores, con fruta, etcétera), o adicionados (colorantes y estabilizadores permitidos), es regulado por la NTC 805 de 2005.

Figura 4.7. Diagrama de producción del kumis



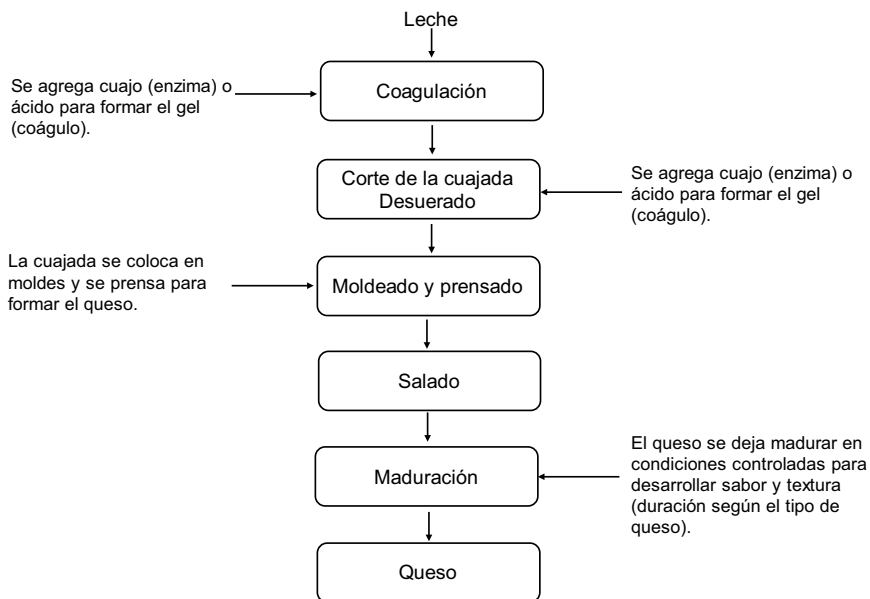
Fuente: elaboración propia.

Queso

Es un producto que se elabora con leche entera, crema, leche descremada o con mezclas de estos productos. De forma general, el queso se produce por coagulación de las proteínas de la leche, a partir de fermentos lácteos o cuajo (renina) o pepsinas extraídas del estómago de bovinos y porcinos, seguida del desuerado del coágulo obtenido (Czyżak-Runowska et al., 2020). Este proceso se puede favorecer añadiendo enzimas apropiadas (de *Bacillus cereus*, *Endothia parasitica*, *Mucor miehei*, *Mucor pusillus*; quimosina derivada de *Escherichia coli* K12 y *Kluyveromices marxianus* subesp. *lactis*), acidificando o calentando (Romero del Castillo Shelly y Mestres Lagarriga, 2004). A continuación, se moldea, se sala, se prensa y, en algunos tipos de queso, se siembra con cultivos fúngicos o bacterianos (Zhao, 2011). En algunos casos también se le añaden colorantes, especias u otros alimentos no lácteos. Se consume en fresco o con distintos grados de maduración, las principales etapas de elaboración de este producto se relacionan en la figura 6. Se conocen más de 2000 tipos de quesos diferentes en todo el mundo, presentan características muy distintas y que requieren para su elaboración una serie de procedimientos más o menos diferenciados (Ong et al., 2017). La fabricación del queso se hace con

la leche, bien sea descremada, semidescremada o entera que ya ha sido tratada térmicamente y homogenizada (Singh y Waungana, 2001). Una vez lista, antes del proceso de coagulación se adecua la temperatura y se añaden los fermentos o enzimas encargados de la formación del gel o coágulo, este gel está constituido de una parte de la proteína de la leche, la caseína, que retiene la materia grasa y una parte más o menos grande de la fase acuosa de la leche, llamada lactosuero (Sbodio y Revelli, 2012). Terminada la coagulación se corta la cuajada en pequeños cubos para favorecer la separación del suero; después de separar el suero, la cuajada se pasa a los moldes y, en algunos casos, se prensa (González et al., 2016). Una vez estabilizada la forma del queso, se sala y se procede a la maduración, para adquirir características organolépticas específicas. En algunos quesos el proceso termina con el desuerado y envasado sin que tenga lugar la etapa de maduración (categoría quesos frescos) (Ramírez-López y Vélez-Ruiz, 2012). El esquema de elaboración de este producto se relaciona en la figura 4.8.

Figura 4.8. Diagrama de elaboración del queso



Fuente: elaboración propia.

Kéfir

Salazar et al. (2019) mencionan que el kéfir es una bebida láctea fermentada que se originó en Europa del Este y se ha elaborado durante siglos.

El término se deriva de la palabra kefir, que significa “sabor agradable” en turco. Kéfir también se conoce como Kefyr, Kéfir, Kefer, Kia-phur, Knapon, Kepi o Kippi. Si bien ha sido ampliamente consumido en Rusia y en Asia central, como Kazajistán, Kirguistán durante siglos, ahora es cada vez más popular en Países europeos, Japón y Estados Unidos debido a sus efectos nutricionales y terapéuticos.”.

Esta bebida tradicional se produce mediante un cultivo iniciador que contiene diversas especies de *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus*, *Acetobacter* y levaduras, que confieren al producto su sabor y aroma especiales (Toulouse, 2004). El kéfir tiene efectos beneficiosos sobre la inmunidad y el sistema digestivo/gastrointestinal, además de su reducción de colesterol, alergia, curación de heridas, prevención de intolerancia a la lactosa, anticancerígeno y antimicrobiano (Ahtesh et al., 2018).

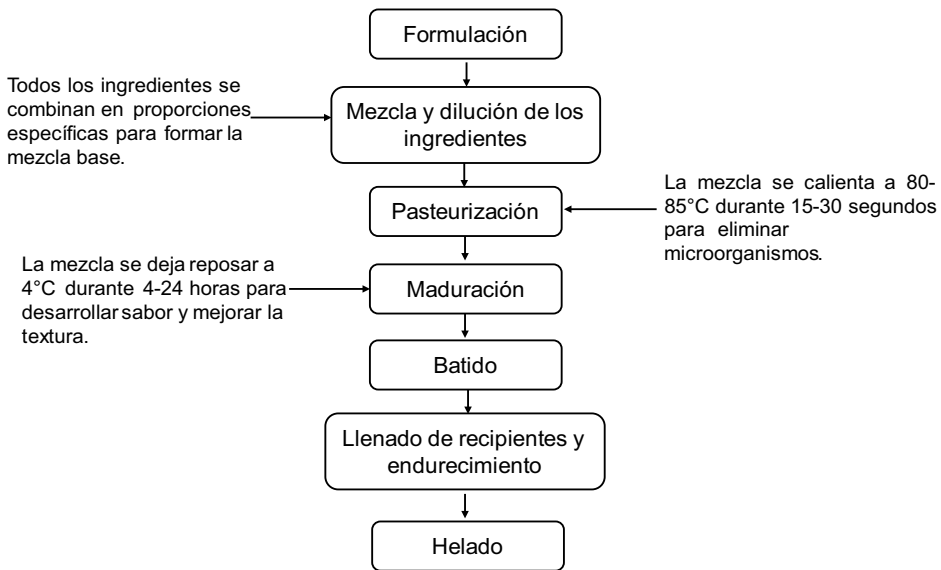
Helado

Es una dispersión coloidal que consiste en una emulsión-espuma congelada que se mantiene homogénea durante su almacenamiento (Pintor y Totosa, 2013). El helado consta de una fase dispersa (con tres principales constituyentes estructurales: burbujas de aire, cristales de hielo y glóbulos de grasa emulsionados y dispersados) que se encuentra inmersa en una fase continua (fase líquida de alta viscosidad con azúcares, proteínas de leche e hidrocoloides disueltos en agua no congelada, fase denominada suero) (Pintor et al., 2017). Es elaborado mediante la congelación con agitación de una mezcla pasteurizada compuesta por una combinación de ingredientes lácteos que pueden contener grasas vegetales, frutas, huevo, sus derivados y aditivos (Pérez Sánchez et al., 2023). Los helados no deben tener una densidad menor de 475 g/l y deben tener una proporción de grasa, una de sólidos no grasos

Los helados no deben tener una densidad menor de 475 g/l y deben tener una proporción de grasa, una de sólidos no grasos y otra de sólidos totales específicas según la normatividad de cada país (López y Sepúlveda, 2012).

y otra de sólidos totales específicas según la normatividad de cada país (López y Sepúlveda, 2012), en la figura 4.9 se puede observar el esquema de elaboración de este producto.

Figura 4.9. Diagrama de elaboración del helado

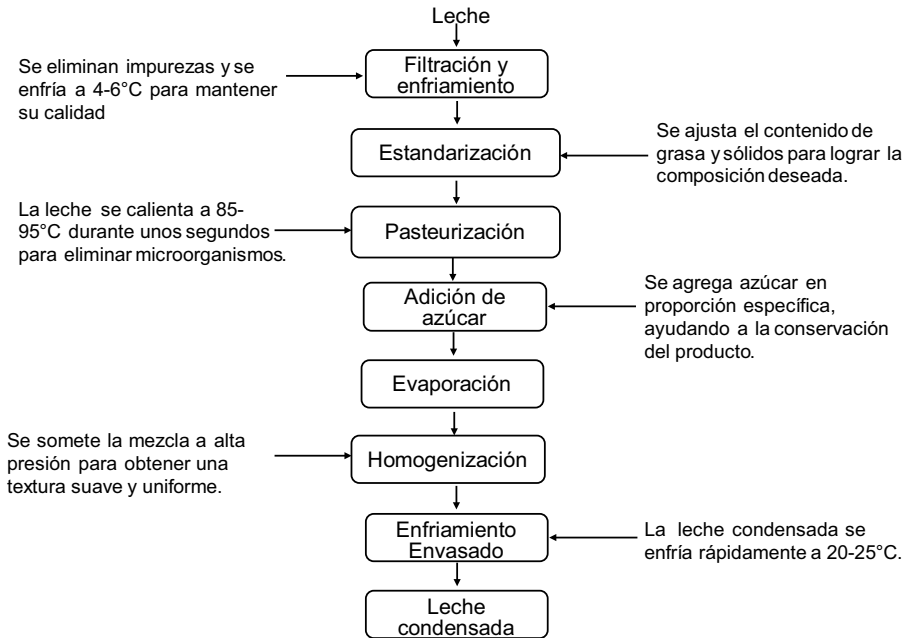


Fuente: elaboración propia.

Leche condensada

Se obtiene mediante la evaporación parcial del agua de la leche, en operaciones conocidas como espesamiento, concentración y condensación (Hess, 2003). Después se le añade azúcar, en una proporción que va desde el 30 %, si la materia prima es leche entera, hasta el 50 %, si es leche descremada (NTC 879). La alta concentración de azúcar debe impedir por sí sola el desarrollo de los gérmenes que queden en la leche después del precalentamiento (Jouki et al., 2021). Este producto es una fuente rica en carbohidratos, proteínas, calcio y vitaminas que puede ser usado en la alimentación humana. Entre sus beneficios encontramos que es un energizante, revitalizante, disminuye la ansiedad. Sin embargo, al ser un producto con una alta concentración de carbohidratos, su uso desmedido puede ocasionar grave alteración en el control de la glicemia en el cuerpo (Renhe et al., 2017). El esquema de elaboración de este producto se relaciona en la figura 4.10.

Figura 4.10. Diagrama de elaboración de la leche condensada

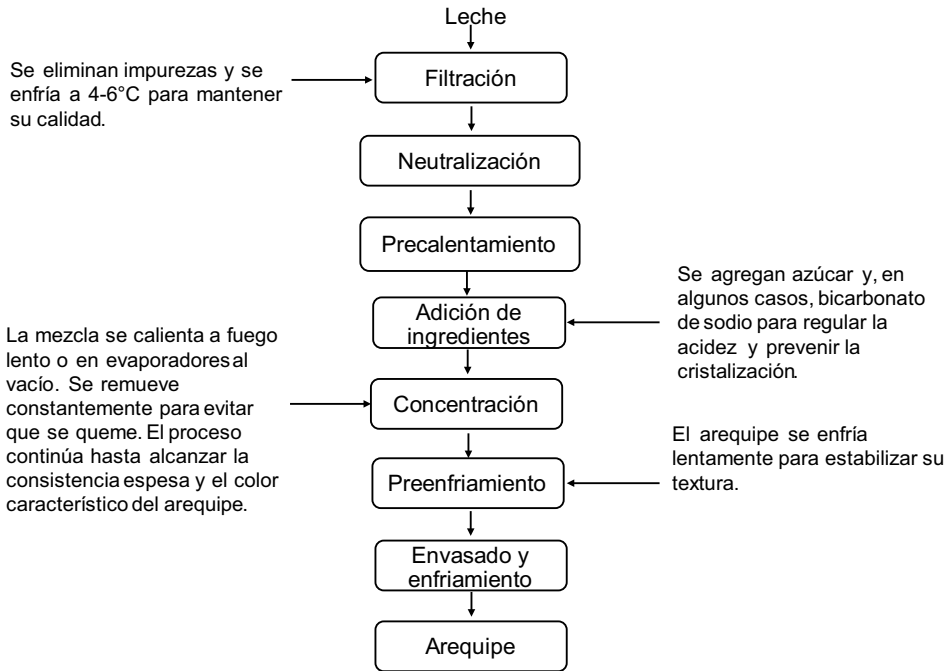


Fuente: elaboración propia.

Arequipe

El arequipe es un dulce tradicional de varios países latinoamericanos, principalmente Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, México, Perú y Uruguay (Román Ramírez, 2021). Es un alimento de textura blanda y pegajosa, elaborado a partir del proceso de concentración térmica de los sólidos propios de la leche, junto con los aportados por el azúcar, principalmente la sacarosa (Olarte Ríos, 2023). En cada uno de los países tiene una denominación diferente, en Chile se conoce como manjar, manjar de leche o manjar blanco; en Argentina y Brasil se denomina dulce de leche; en Centroamérica es conocido como cajeta y en Colombia y Venezuela como arequipe (Penci y Marín, 2016). El esquema de elaboración de este producto se relaciona en la figura 4.11.

Figura 4.11. Diagrama de elaboración del arequipe



Fuente: elaboración propia.

Manjar blanco

Es un producto que se caracteriza por adicionar a la leche almidón de arroz. Sin embargo, se ha evaluado otro tipo de almidones, como el de fríjol y el de almendras. El procedimiento se basa en la NTC 3757 (Novoa y Ramírez-Navas, 2012).

Productos industriales modificados

Actualmente el sector de los lácteos se enfrenta al desafío de generar alimentos innovadores de forma sustentable para una población en crecimiento, manteniendo un nivel de confianza y calidad en toda la cadena de suministro, y a su vez con la posibilidad de generar nuevas oportunidades económicas mediante el desarrollo de productos con alto valor agregado. Es importante resaltar los cambios en los hábitos alimenticios de los consumidores de derivados lácteos, como, por ejemplo: productos con bajo contenido de lactosa, bajos en edulcorantes, incorporación de compuestos bioactivos o compuestos como vitaminas y minerales, incorporación

de probióticos y prebióticos, que refuercen el sistema inmunitario, entre otros. En cuanto a las políticas públicas de Colombia de bioeconomía, se busca aplicar herramientas tecnológicas y biotecnológicas para el aprovechamiento de subproductos generados durante la obtención de los derivados lácteos para diversos usos como: creación de productos innovadores, producción de microorganismos, incorporación en otras matrices alimentarias. A continuación, se presentan innovaciones desde los microorganismos, productos a base de leche en polvo, fermentos lácteos, quesos, desarrollo de nuevos productos, nuevas tecnologías en el procesamiento de alimentos y tecnologías 5.0 aplicadas a la industria de alimentos.

Microorganismos

- Aislamiento de nuevas bacterias ácido lácticas como *Lactococcus lactis* (Goa et al., 2022).
- Productos dietéticos que incluyen microorganismos (principalmente probióticos del género *Lactobacillus* sp y *Bifidobacterium* sp) (Ağagündüz et al., 2021).
- Desarrollo de medios de cultivos para el crecimiento de microorganismos (especialmente para *Lactococcus lactis* y *Lactobacillus casei*) (García Montes et al., 2024).
- Métodos novedosos de elaboración y composiciones (yogures con *Lactobacillus* y *Bifidobacterium*) (Salama y Bhattacharya, 2022).
- Preparaciones lácteas con microorganismos y diversos ingredientes, como endulzantes y edulcorantes bajos en calorías, proteína de suero y extractos de planta (Kiełczewska et al., 2020).
- Obtención de mantequilla con adición de BAL para mejorar sus propiedades organolépticas (Banerjee y Qamar, 2022).
- Nuevas alternativas de cultivo iniciadores en procesos de fermentación (Shori y Al Zahrani, 2022).
- Nuevas cepas bacterianas productoras de ácido fólico pertenecientes al género *Bifidobacterium* (*B. adolescentis*, *B. brevis*, *B. pseudocatenolatum*) (Sharma et al., 2021).

- Cultivos probióticos utilizados para mejorar el sistema inmune (Mazziotta et al., 2023).

Leche en polvo

- Leche en polvo aplicada como estabilizante de bebidas (Song et al., 2023).
- Nuevos métodos de obtención por microfiltración, ultrafiltración de leche y suero, así como por diálisis y ósmosis reversa (Da Cunha et al., 2022).

Fermentos lácteos

- Métodos de obtención de los productos lácteos fermentados en los que se modifican variables como pH (Da Silva Leal et al., 2022).
- Incorporación de coagulantes y enzimas para la disminución de lactosa (Mir Khan y Selamoglu, 2020).
- Lácteos fermentados para cuidar la salud inmunitaria (Illikoud et al., 2022).
- Yogur con ácidos grasos omega-3 y probióticos (Macedo y Ramírez y Vélez-Ruiz, 2015).
- Yogur cuchareable descremado *light + fit* con colágeno, antioxidantes y vitaminas A y E y sin gluten (Dini, 2019).
- Yogur griego con colágeno (Dini, 2019).
- Yogur con kombucha, una bebida milenaria, tendencia en los últimos meses por sus propiedades antioxidantes, mejoramiento del sistema inmune y funcionamiento intestinal (Batista et al., 2022).

Quesos

- Quesos con diversos aditivos (Şahin et al., 2024).
- Métodos de obtención de quesos (microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, ósmosis reversa (Kumar Sachan y Karnwal, 2022).

- Quesos madurados, rellenos y salados con adición de diferentes agentes de coagulación (Soleimani et al., 2024).
- *Snacks* saludables de queso (Chuck-Hernandez et al., 2022).
- Quesos *wellness* de primera calidad, enriquecidos con probióticos, vitamina D y omega-3 (Stratulat et al., 2015).

Desarrollo de nuevos productos

- Formulación nutricional que incluye péptidos de la leche de vaca para inducción de la tolerancia (D'auria et al., 2021).
- Productos lácteos para el control de peso (Zemel, 2005).
- Productos infantiles con probióticos (Lükewille y Uhlig, 2007).
- Fórmulas hipoalergénicas con hidrolizado de proteínas para lactantes hipersensibles a la leche, productos lácteos enriquecidos con Ca, vitaminas, etcétera (Moneret-Vautrin et al., 2001).
- Productos derivados del suero de leche (suero lácteo desproteinizado, suero lácteo modificado, cremas de untar, licores, etcétera) (Mollea et al., 2013).
- Mezcla de polvo que contiene pulpa de fruta deshidratada, fibra prebiótica y cultivos probióticos para preparar bebida láctea enriquecida (Rahman, 2022).
- Bebidas lácteas, productos sin lactosa o bajos en lactosa, con propiedades nutracéuticas y funcionales, vienen ganando terreno en la preferencia del consumidor, son ricas en proteínas, teniendo en cuenta que la proteína está siendo altamente valorada (Singh et al., 2022).
- Fórmulas infantiles de calidad superior (Talbot, 2015).
- Productos libres de lactosa o con incorporación de la enzima lactasa para mejorar el bienestar digestivo (Capcanari et al., 2021).
- Productos lácteos con prebióticos de alta calidad.

- Proteína de leche como suplemento dietario en el mercado deportivo y energético.
- Desarrollo de alimentos funcionales a base de lácteos enriquecidos en ácido linoleico conjugado con especial referencia al ácido ruménico (Hennesy et al., 2007).
- Aislado de proteína de suero de leche, siendo un agua sin azúcar con sabores naturales, pero con la funcionalidad de las proteínas.
- Derivados lácteos *on the go*: lácteos a toda hora y en todo lugar. Se debe a las propiedades de estos, como son: el bajo contenido de grasa, la eliminación de la lactosa y el azúcar y la alta presencia de proteína.
- Leches combinadas con frutas y helados de yogur.
- La leche de búfalo, queso de cabra u otros lácteos y derivados lácteos son apetecidos en otros países. En el mercado nacional se ha visto una tendencia a su consumo; no obstante, se requiere mayor comunicación y educación para que el consumidor los conozca y los incluya en su dieta.
- Leche de origen y de pastoreo, ultrafiltradas y concentradas.
- Productos saludables como lácteos funcionales y productos híbridos, debido al incremento en la demanda de bebidas lácteas de origen vegetal, se convierte en un reto para la industria.

4.4. NUEVAS TECNOLOGÍAS EN EL PROCESAMIENTO DE LECHE

- Máquina y proceso para elaborar alimentos extruidos a base de quesos procesados.
- Sistema de pasteurización de leche y calostro.
- Equipo para la preparación de queso o productos de queso que contienen al menos un compuesto sensible al calor.

- Método para producir automáticamente espuma de leche y aparato para hacer espuma de leche.
- Producción orgánica en la cadena de producción de lácteos (calidad de la leche, bienestar animal, sustentabilidad, no uso de plaguicidas, tratamientos veterinarios nativos o complementarios, prevención y control de enfermedades).
- Sobreenfriamiento, transporte internacional de productos frescos, teniendo en cuenta que los mercados solicitan productos refrigerados, de sabor fresco y naturales, en lugar de productos congelados y con conservantes.
- Innovaciones ambientales: envases sostenibles (elaborados a partir de otros materiales que no son plásticos), etiquetas removibles (se separa del envase sin dejar residuos en el empaque, facilitando los procesos de reciclaje), eliminando el solo uso (llenado de sus recipientes o bien el uso de materiales como el acero), sin envase (el uso de máquinas expendedoras que permitan a los consumidores utilizar sus propios recipientes es cada vez más frecuente), bioempaques (lactosuero como materia prima para la elaboración de empaques sostenibles).
- Nuevas tecnologías y equipos de última generación que optimicen el consumo energético en las etapas de procesamiento, envasado y almacenamiento, conscientes de la importancia de reducir la huella de carbono, la eficiencia energética se ha convertido en una prioridad para las empresas del sector lácteo.
- Certificaciones de origen, producto orgánico, alimentación ética y responsable de las vacas y el respeto por el medio ambiente serán una prioridad para el consumidor.
- Etiqueta y sabores limpios son cada vez más valoradas en el mercado lácteo, con desarrollo tecnológico en el sector de ingredientes que se centra en mejorar la textura y la experiencia de sabor.
- Sistemas de información en tiempo real. Con estos datos, los ingenieros de alimentos pueden monitorear y ajustar las condiciones de producción al instante, mejorando así la eficiencia energética y reduciendo los costos operativos.

- Integración y conversión de datos: es importante verificar cómo se interpretan los datos que vienen de distintas corrientes de la cadena, como la producción en el sector primario, las operaciones unitarias de la manufactura, la logística y el consumidor. El foco aquí es la integración y la interpretación de las distintas formas en que se presentan los datos, con el fin de priorizar la comunicación y la transferencia de datos.
- *Track & Trace*: es la tecnología que desarrolla la lectura y el registro automático de productos en movimiento de forma simultánea, es decir capturar en qué parte de la cadena de valor se encuentra el producto. Por ejemplo, los códigos QR y el sistema *distributed ledger technology* (DLT), que permiten ver la trazabilidad de la leche de origen hasta su consumo.
- Robótica ayuda a reducir el desperdicio de alimentos, al tiempo que mejora la seguridad de los trabajadores.
- Capacidad de acceder a una conexión *wi fi* y a internet, para conectar mediante plataformas digitales a lo largo de toda la cadena láctea.
- Transformación de datos mediante test analíticos, mediante el uso de la espectroscopía infrarrojo MID y NIR para el análisis de nutrientes (proteínas, grasa, lactosa, etcétera). Mediante estas metodologías se puede analizar la composición de la leche y correlacionarla con la funcionalidad y salud animal. También hay algunos modelos predictivos basados en MIR para el procesamiento de la leche.
- Identificación del microbioma: sirve para fomentar la seguridad alimentaria y la trazabilidad de los productos lácteos. Tecnologías como *next-generation sequencing* (NGS) son rápidas y es una herramienta efectiva para identificar precisamente los microorganismos presentes en toda la cadena láctea y los cambios que se dan en la población microbiana de la materia prima hasta llegar al producto final.

Tecnologías 5.0 en la industria láctea

- Lácteos derivados de la fermentación de precisión son una importante alternativa nutricional con similares sabores y texturas de los productos convencionales, sin descuidar el impacto climático y los desafíos de costos que tienen los lácteos.

- Optimización de los procesos de producción de queso mediante la mejora en la toma de decisiones para mejorar la consistencia, la calidad y el rendimiento del producto en menor tiempo.
- Inteligencia artificial para adquirir los productos y recibir información actualizada sobre el bienestar animal. También para automatizar tareas, mejorar el control de calidad, reducir el desperdicio de alimentos y predecir la demanda.
- Biotecnología: empleo de biosensores para recopilar datos sobre los procesos de fabricación, lo que permite mejorar la eficiencia y calidad. Además de incluir la inteligencia artificial, también se puede emplear la biotecnología para la generación de nuevas cepas de microorganismos que generen en su desarrollo una mayor cantidad de compuestos bioactivos, crezcan de una forma más rápida y en diferentes sustratos. Otra aplicación de la biotecnología en la industria de alimentos es el desarrollo de fermentadores especializados para cada uno de los productos que pretenden ser elaborados, con control de temperatura, aireación, agitación, entre otras variables.
- *Blockchain* es una tecnología que permite realizar diagnósticos avanzados en seguridad alimentaria y genómica animal. En el ámbito alimentario, facilita la trazabilidad y transparencia en la cadena de suministro, permitiendo verificar el origen y las condiciones de los productos desde su producción hasta el consumidor final. En cuanto a la genómica animal, el perfil genético de una vaca lechera puede asociarse con diversos factores, como su alimentación, historial médico, ambiente de crianza y calidad de la leche que produce. Esta información se integra en un registro digital inmutable, mejorando la gestión sanitaria y la calidad del producto final.

Por lo relacionado anteriormente, se puede visualizar que el futuro para los derivados lácteos es prometedor con un amplio portafolio de productos y tecnologías para desarrollar productos novedosos de alto valor agregado, que revolucionarán ese sector y permitirán la incursión de nuevas industrias y empresas, acorde con las nuevas necesidades y exigencias de los consumidores.