

Aplicaciones y Tecnologías Utilizadas para el Aprovechamiento del Suero Lácteo, la Producción del Suero en Polvo, Derivados y sus Aplicaciones en la Industria en General y de Alimentos.

Ana Silvia Bernal Aldana

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD
Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería
Ingeniería de Alimentos
Agosto 2022

Agradecimientos

Agradezco a Dios por haberme permitido llegar a la finalización de mi carrera mediante la realización este trabajo, y a mis hijos por su apoyo moral que me imprimieron entusiasmo para culminarlo.

Resumen

En este documento se hace una revisión y compilación de las investigaciones acerca del uso, aplicaciones y tecnologías para el aprovechamiento del suero lácteo o lactosuero. El lactosuero es un subproducto de la fabricación de quesos, representa el 85-90% del volumen de la leche y retiene más del 50% de los nutrientes de la leche, contiene importantes componentes orgánicos como la proteína, lactosa y grasas que se pueden aprovechar en la fabricación de suplementos alimenticios o materia prima para derivados de interés industrial. Existen dos tipos de suero, suero dulce y suero ácido. El desaprovechamiento del suero lácteo en general, representa un problema serio de contaminación debido a que para su descomposición requiere alta demanda biológica debido a su gran contenido de nutrientes. En los países desarrollados se procesa el 70% del lactosuero producido y el 30% se destina para alimento animal, en Colombia más del 59% del lactosuero producido es arrojado directamente al alcantarillado y solo el 19% es utilizado por la industria. En Colombia solo una pequeña parte del lactosuero es destinado para producir sueros dulces en polvo, sin embargo actualmente se están adelantando investigaciones en procesos químicos y biológicos por parte de universidades y centros de desarrollo del país, con el fin de lograr mayor aprovechamiento del lactosuero producido en el país. Mediante la fermentación del lactosuero; previo fraccionamiento de sus componentes, se obtienen diferentes bioproductos para uso en diferentes industrias. Entre ellos están: ácidos grasos y orgánicos, alcohol, insecticidas, bacteriocinas, biogases, Vitaminas, etc. Así mismo, la fermentación del lactosuero desproteinizado y suplementado, permite obtener innumerables productos entre los que se cuentan: ácidos grasos, ácidos orgánicos, alcoholes, bacteriocinas, bebidas, biomasa, biogases, biopolímeros, enzimas, insecticidas, solventes, tensoactivos, vitaminas y otros. El uso de técnicas de procedimientos y técnicas de extracción sofisticadas como el fraccionamiento,

microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, osmosis inversa, diafiltración, electrodiálisis y cromatografía permite la separación de fracciones de alto valor como (lactoalbúmina, lactoglobulina, inmunoglobulinas, lactoferrina, lactoperoxidasa, lactosa, proteína, minerales, iones monovalentes). Del lactosuero se puede obtener subproductos como proteínas concentradas de suero (WPC) y los aislados proteicos de suero (WPI).

Las propiedades funcionales que poseen las proteínas del suero son ampliamente apetecidas en la industria alimenticia. El WPC es usado en productos bajos en grasa, en productos cárnicos procesados, mejorando la textura y la sensación al paladar. Mientras que los derivados proteicos son utilizados en postres y productos de confitería. Las proteínas del suero se pueden unir al calcio, interviniendo en su biodisponibilidad, Aportando grandes beneficios a la salud humana, entre otros, mejora la capacidad cognitiva, otorga beneficios en la salud cardiovascular, en el tratamiento de diabetes, regula la ingesta de alimentos, combate la desnutrición. La multifuncionalidad de la proteína de suero de leche tiene una amplia opción de aplicaciones en productos como: Nutrición infantil, nutrición deportiva, panadería, confitería, postres, obtención de bioplástico, películas antimicrobianas.

Palabras clave: Suero lácteo, contaminación, fermentación, suero en polvo, nutrición, biotecnología, industria, bioenergía, patente. Suero lácteo, usos, aplicaciones y tecnologías.

Abstract

A review of scientific articles, theses and reports of sectors of the dairy industry in Colombia and leading countries in the production of whey derived from the cheese industry, of the last 5 years, is carried out. The world's largest milk producer is currently India followed by the European Union, in Latin America, the main milk producing countries: Brazil, Argentina and Mexico. For the year 2017, the production of cheese worldwide was estimated at 20,015,000 t. It is estimated that this amount of cheese produced approximately 180,135,000 t of whey. This monograph aims to identify the technologies used for the use of whey, the production of whey powder, derivatives and their applications in the industry in general and food, which are used mostly as supplements or additives in the food industry and pharmaceutical. The technologies by which its compounds are transformed and extracted are drying and purification technologies, a low technology transition is denoted for the use of whey in Colombia.

Keywords: Whey, Pollution, Fermentation, Whey powder, Biotechnology, Applications Technologies.

Contenido

Introducción.....	11
Planteamiento Del Problema	14
Justificación	16
Objetivos.....	17
Objetivo General.....	17
Objetivos Específicos	17
Aspectos Importantes Del Suero Lácteo	18
Historia	18
Generalidades	19
Definición Del Suero Lácteo	19
Composición Del Suero Lácteo.....	20
Características Fisicoquímicas Del Suero Lácteo	22
Composición Nutricional Del Suero Lácteo.....	23
Requisitos Microbiológicos Del Suero Lácteo	27
Producción y Mercadeo	29
Principales Países Productores De Leche y Suero Lácteo.....	29
El Mercado Global De Suero Lácteo.....	30
Comercialización.....	39
Aprovechamiento Industrial De Lactosuero Mediante Procesos Fermentativos	45
Acondicionamiento Del Suero Para La Fermentación	47
Obtención De Productos Por Procesos Fermentativos	48
Obtención de Ácidos grasos	48
Obtención De Ácidos Orgánicos	49
Obtención De Alcoholes.....	50
Bacteriocinas	51
Elaboración De Bebidas	52
Obtención De Biomasa.....	52
Producción De Biogases.....	54
Obtención De Biopolímeros	55

Otras Aplicaciones.....	56
L. Enzimas.....	56
Otros Productos.....	57
Aprovechamiento De La Lactosa.....	60
α -Lactosa Monohidratada.....	60
β -Nactosa.....	61
Lactosa Amorfa.....	61
Tecnologías Para El Procesamiento Del Suero.....	62
Tecnologías De Membrana.....	63
Ósmosis Inversa.....	64
Tecnologías Empleadas Para La Obtención De Productos a Partir Del Lactosuero.....	64
Otras Tecnologías De Recuperación De Componentes Del Lactosuero.....	65
Obtención Del Concentrado De Suero.....	66
Recuperación De Proteínas.....	66
Obtención Del Suero Lácteo En Polvo.....	67
Producción De La Lactosa Grado Alimentario.....	74
Concentrado.....	74
Cristalización.....	74
Separación De La Lactosa.....	75
Secado.....	75
Molienda, Tamizado y Envasado.....	76
Producción De La Lactosa Grado Farmacológico.....	76
Usos y Aprovechamientos De Las Proteínas Del Suero Lácteo.....	78
Aplicación De Concentrados De Proteína De Suero En Productos Bajos En Grasa.....	82
Empleo De Derivados Proteicos De Suero En Postres y Productos De Confitería.....	83
Potencial Uso Del Suero Lácteo Como Fuente De Calcio De Alta Biodisponibilidad.....	83
Proteína De Suero Lácteo En Polvo Como Suplemento.....	84
Otros Efectos.....	85
Usos Del Suero Según Sus Propiedades.....	86
Propiedades Insulinotrópicas De Las Proteínas Lácteas.....	87

Las Proteínas Del Suero y La Regulación En La Ingestión De Alimentos	87
Tendencias De Consumo De Suero En Polvo	91
Tendencias De Uso De La Proteína De Leche	92
Panificación	94
Productos Cárnicos	94
Productos De Carne Triturada (Emulsionada) y Molido Grueso	95
Aplicación En Hamburguesas De Carne De Res Bajas Engrasa.....	95
Salchichas/Hotdogs/Embutidos Bajos En Grasa	96
Uso Del Suero En Derivados Lácteos	98
Tratamiento Con Fórmula Extensamente Hidrolizada a Base De Suero De Leche En Lactantes Con Alergia a La Proteína De Leche De Vaca	98
Bioplástico Elaborado a Partir De Proteína De Suero Leche	100
Obtención Del Biogás.....	102
Presentación Del Suero Lácteo Como Suplemento En Sabores.....	106
Uso de suero de leche en alimentos y sustitutos a nivel internacional	106
Patentamiento De Tendencias Tecnológicas	107
Algunas Asociaciones Importantes Entre Los Solicitantes Son:.....	111
Tendencias Que Se Destacan.....	113
Análisis	114
Proyección	116
Conclusiones.....	117

Tablas

Tabla 1. Composición general del suero y distribución proteica	21
Tabla 2. Composición del suero dulce y ácido.....	22
Tabla 3. Composición de suero lácteo dulce y ácido	23
Tabla 4. Requisitos fisicoquímicos de los lactosueros dulces	25
Tabla 5. Aminoácidos esenciales contenidos en el suero lácteo	26
Tabla 6. Características microbiológicas- exámenes de rutina.....	27
Tabla 7. Exámenes microbiológicos especiales en la calidad del suero lácteo.	28
Tabla 8. Principales países productores de leche en millones de litros para el año 2019 ..	30
Tabla 9. Países productores de suero lácteo en Latinoamérica	33
Tabla 10. Producción Nacional de leche y por departamentos.....	36
Tabla 11. Productos obtenidos por vía fermentativa, a partir de componentes lactosuero	58
Tabla 12. Procesos de separación por Tecnologías de membranas.....	64
Tabla 13. Composición de distintos aislados proteicos y subproductos del suero.	79
Tabla 14. Aplicaciones del suero lácteo en la industria de alimentos.	93
Tabla 15. Características físicas y biológicas del suero ácido (del sustrato).....	104
Tabla 16. Resumen los valores resultantes	106
Tabla 17. Solicitantes de patentes en Colombia	112

Figuras

Figura 1 Países que lideran la producción de leche en toneladas /año & Colombia.	29
Figura 2 Principales empresas lácteas a nivel mundial año 2018.	32
Figura 3 Producción leche cruda (millones lts) en Colombia.	34
Figura 4 Destino de la producción de leche en Colombia.	35
Figura 5 Exportaciones vs Importaciones de leche en Colombia.	41
Figura 6 Importaciones & Exportaciones de Leche y derivados lácteos 2017 – 2020.	43
Figura 7 Ecuación general de transformación de lactosuero siguiendo la ruta de la lactosa	47
Figura 8 principales tratamientos del lactosuero y productos derivados de su aplicación. ..	59
Figura 9 Diagrama de flujo de la obtención del WPC.	69
Figura 10 Diagrama de flujo de la obtención del WPI.	71
Figura 11 Diagrama de flujo del pretratamiento del suero.	73
Figura 12 Producción de biogás y gas metano acumulado durante el periodo de prueba. .	105
Figura 13 Actividad de patentamiento y acumulado.	108
Figura 14 Países líderes en solicitud patentamientos.	108
Figura 15 Patentes de tendencias tecnológicas en alimentos.	113

Introducción

La industria del queso en el mundo produce gran volumen de lactosuero, el cual, por su alto contenido proteínico al ser vertido en las fuentes hídricas ocasiona una gran contaminación de las mismas, debido a la alta demanda de oxígeno en su proceso de descomposición, esto ocasiona la muerte de la flora y la fauna acuática y contamina el ambiente por los malos olores emanados por esta causa. Esto coincide con lo expresado por (Poveda, 2013). Actualmente en los países desarrollados solo se procesa el 70 por ciento y el 30 por ciento se destina para alimento animal.(Klotz, 2014). Europa lidera el mercado mundial seguido por Estados Unidos. (Nieto, 2011) En producción de lactosuero, En Chile el potencial de producción de suero en polvo en el país se puede estimar a partir de la producción de quesos y quesillos. Para estos efectos se considera solo la información contenida en el boletín de la leche de ODEPA, correspondiente a las empresas que tradicionalmente han informado su producción y en el boletín de INE-ODEPA que incluye antecedentes sobre la elaboración de lácteos en 98 empresas lecheras medianas y pequeñas, principalmente queseras. Según esto, en enero del 2019 se habría alcanzado una producción total de 10.074.000 kilos de queso maduro y 1.508.758 kilos de quesillo. Siendo el suero el 85% aproximadamente, de la leche original. La producción de suero en polvo fue de 2.578.839 Kilos.(Victor & Tapia, 2019).

En Colombia hasta los últimos cinco años se han hecho estudios sobre el aprovechamiento del suero a nivel industrial, convirtiéndose en tema de investigación de las universidades, centros de desarrollo del país y centros de desarrollo tecnológico. Uno de los trabajos más recientes adelantado por el grupo de investigación en Procesos Químicos y Bioquímicos, de la Universidad Nacional de Colombia (U.N.), es el aprovechamiento de la lactosa del lactosuero para obtener galactooligosacáridos (GOS), compuestos con actividad

prebiótica que se pueden utilizar en la producción de suplementos alimenticios para fortalecer la flora intestinal y aumentar las defensas.

La metodología investigada en los últimos años se ha realizado con base en ultrafiltración. De hecho, un estudio realizado en 2012 por la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia), la Universidad Libre, el Consejo Nacional Lácteo y la U.N. Sede Medellín, concluyó que de las cerca de 580.000 toneladas de suero de leche que se produjeron ese año sólo el 18,9 % se trató de manera adecuada por la industria, mientras del 21,8 % se hizo un proceso inadecuado y el 59,4 % no tuvo ningún tipo de manejo, es decir que se arrojó directamente al alcantarillado.

No obstante el lactosuero posee importantes componentes orgánicos como carbohidratos, entre los que se destacan lactosa, proteínas y grasa, que lo convierten en candidato para elaborar suplementos alimenticios o materia prima para obtener derivados de interés industrial. (Contexto Ganadero, 2018).

Colombia produce anualmente 975 millones de litros de lactosuero, lo cual abre una oportunidad de desarrollo industrial dentro de un mercado global de USD 6 billones. (Mattos, 2015). La producción de lactosuero para el 2016 se calculó en 827.596 toneladas, de las cuales sólo una pequeña parte del lactosuero producido la procesan algunas industrias del sector lácteo a fin de obtener lactosueros dulces en polvo, sin embargo la falta de diseños de procesos e integración másica de sus corrientes no permite visualizar otros usos o aprovechar material valioso (lactosa) de sus residuos, lo cual representaría una alternativa para la obtención de otros productos como, por ejemplo, los galactooligosacáridos. (Soto & Toro, 2019).

Mediante la fermentación del lactosuero; previo fraccionamiento de sus componentes, se obtienen diferentes bioproductos para uso en diferentes industrias (Ramírez, 2012). La

producción de péptidos se hace a partir de la hidrólisis enzimática de las proteínas de lactosuero. En la última década se han realizado investigaciones para desarrollar diferentes productos utilizando la proteína de suero como es el plástico de leche, biogás, alcohol, insecticidas, empaques de biopolímeros para alimentos, etc.(Ramírez, 2012) De esta forma es mayor la cantidad de suero aprovechado para ser industrializado favoreciendo el medio ambiente al ser menor el excedente a ser vertido.

Este trabajo se realizó como opción de grado del programa de Ingeniería de Alimentos, en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Su contenido es el producto de una exhaustiva investigación de las recientes publicaciones de artículos científicos, de la bibliografía existente en bases de datos, sobre los usos y aplicaciones que se da en la actualidad al suero en polvo en la industria de alimentos, medicina, cosmetología y diferentes productos obtenidos en procesos industriales. Este texto se convierte en una interesante fuente de consulta para futuros investigadores interesados en el tema. El interés de convertir el mayor volumen posible de lactosuero líquido en suero en polvo, es aprovechar su alto valor nutricional en la industria de alimentos, así como sus propiedades para la obtención de diferentes productos industriales.

Se presenta estudios y aplicaciones en diferentes campos como el de producir biopelículas para empaque de alimentos y gas como energía. Para la obtención del suero lácteo en polvo se usan diferentes tecnologías como: La filtración por membranas, secada por pulverización, la cristalización (Parzanese, 2008), el suero asistido por ultrasonido (Gajendragadkar & Gogate, 2016). Y la fermentación. (Ramírez, 2012).

Planteamiento Del Problema

En las proyecciones de la OECD/FAO se prevé que la producción mundial de leche aumentará a 175 millones de toneladas (t) hacia el 2024. El queso seguirá siendo el producto lácteo más importante, representando alrededor del 40% de la leche elaborada en todo el mundo. Esta producción de queso trae consigo una mayor producción de lactosuero. El lactosuero posee un color amarillo verdoso, un sabor característico agridulce y un contenido significativo de proteínas, carbohidratos, vitaminas y minerales susceptibles de aprovechamiento. Para el año 2017, la producción de queso a nivel mundial se estimó en 20.015.000 t. Se calcula que esta cantidad de queso produjo 180.135.000 t de lactosuero aproximadamente. (Soto & Toro, 2019). En Colombia en el año 2006 se obtuvo 6.024 millones de litros de leche destinando para su producción de queso 1.084 millones y se produjo 921.672 millones de litros de suero lácteo, (Parra, 2009); (González, 2012). (Flores, 2016). Para el 2016 se calculó en 827.596 t, Una parte del lactosuero producido en el mundo la transforman diferentes industrias en concentrados y aislados de proteína (WPC y WPI por sus siglas en inglés). En Colombia, una pequeña parte del lactosuero producido la procesan algunas industrias del sector lácteo a fin de obtener lactosueros dulces en polvo. (Soto & Toro, 2019).

Debido a la elaboración de quesos, son obtenidos 110-115 millones de t de suero lácteo a nivel mundial. De esta cantidad se desecha el 45% en alcantarillados que terminan en los ríos.

El suero de leche bovino siendo un subproducto de la leche luego de haberse elaborado el queso, contiene una gran cantidad de nutrientes que representan un problema serio de contaminación debido a que para su descomposición requiere alta demanda biológica de oxígeno (35.000-45.000 mg/L) y demanda química de oxígeno (60.000-80.000 mg/L) El lactosuero, cuando no es tratado correctamente, disminuye de manera drástica la concentración de oxígeno

en los afluentes donde es vertido. Adicionalmente, la transformación del lactosuero líquido en lactosuero en polvo, WPC y WPI, genera corrientes (por ejemplo, permeado) con un contenido significativo de lactosa y otros compuestos que se deben separar o tratar antes de disponerlos como residuos.(Soto & Toro, 2019).

A modo de ejemplo, una industria quesera que produce diariamente 400 mil litros de suero sin depurar estaría causando una contaminación diaria (de tipo orgánica y biodegradable) similar a una población de 1,25 millones de habitantes. (Infotambo, 2014).

Lo cual requiere que se haga una revisión sobre los usos potenciales del suero aplicando procesos industriales que se centren en la eliminación de agua, recuperación de sales minerales, lactosa y proteínas generando por lo tanto el principio de que la utilización industrial del lactosuero va a depender del componente del mismo que se quiera aprovechar para evitar tener que desecharlo como efluente con el alto costo que esto representa. (González, 2012).

Con el fin de buscar mayor nivel de aprovechamiento del suero lácteo, se requiere dar respuesta acerca de las tecnologías existentes en Colombia y a nivel mundial, para el tratamiento y aprovechamiento industrial del lactosuero, los productos derivados que se pueden obtener del lactosuero en polvo, los beneficios que traen para la salud y los productos alternativos que replazan al lactosuero en polvo. Y de acuerdo a este se plantea la pregunta:

¿El aprovechamiento del suero lácteo en Colombia tiene perspectivas de uso bajo los antecedentes de producción y con las tecnologías de vanguardia?

Justificación

Esta monografía se realizó con el propósito de conocer los usos que se está dando al suero lácteo que resulta de la fabricación de quesos en Colombia y a nivel mundial; para lo cual se revisó referentes teóricos en bibliografía especializada como son artículos científicos en internet y diferentes estudios llevados a cabo por investigadores de varias entidades como institutos científicos y laboratorios en los últimos diez años en donde se presenta las diferentes aplicaciones del suero lácteo, así como la tecnología utilizada para su proceso.

Algunos de los productos que son producidos con suero lácteo (lactosuero) son productos de panadería, bebidas para deportistas, alcoholes, bebidas fermentadas, gomas, empaques biodegradables sustancias inhibidoras de crecimiento microbiano, proteína unicelular, exopolisacáridos, concentrados proteicos entre otros, además, las proteínas del lactosuero tienen propiedades funcionales. (Oviedo & Rodriguez, 2013).

La recopilación de esta información es útil como texto de consulta para futuros estudiantes e investigadores interesados en el tema.

Objetivos

Objetivo General

Identificar la aplicación y la tecnología utilizada para el aprovechamiento del suero lácteo, la producción del suero en polvo, derivados y sus aplicaciones en la industria en general y de alimentos.

Objetivos Específicos

Describir mediante la consulta de las referencias bibliográficas el estado actual de la industria lechera y quesera en Colombia.

Identificar los diferentes productos obtenidos a partir del lactosuero sus usos y aplicaciones en la industria.

Identificar las tecnologías empleadas para el tratamiento y el aprovechamiento de los nutrientes del suero lácteo en la industria de alimentos.

Identificar las posibilidades de aprovechamiento de los nutrientes del suero lácteo en la industria de alimentos y en general, como mecanismo para reducir el vertimiento del suero lácteo en los afluentes.

Aspectos Importantes Del Suero Lácteo

Historia

No se conoce la fecha exacta en que se comenzó a considerar los beneficios para la salud del suero lácteo en época antigua, pero se sabe era Prescrito por Hipócrates hace unos 2.500 años para combatir la fatiga y prevenir infecciones y enfermedades, el lactosuero ofrece un uso médico que se remonta a miles de años atrás. (Solak, 2016).

Por el año 1749 la proteína de suero se hizo más conocida debido a que los granjeros descubrieron que al alimentar su ganado porcino con este nutriente, los cerdos adoptaban un tono muscular mejor y su salud incrementaba. Entonces observando los resultados en estos animales, los trabajadores comenzaron a beber proteína de suero y efectivamente su salud mejoró notoriamente. Aunque su salto a la fama se dio por el caso de un paciente desahuciado por sus médicos y por el hecho de beber proteína por un tiempo determinado, logró vivir por muchos años más.

Algunos empresarios europeos construyeron un sinnúmero de SPA's los cuales, según (Cosmetologas, 2013), "es un establecimiento de salud que ofrece tratamientos, terapias o sistemas de relajación, utilizando como base principal el agua". En donde se promocionaba "la cura de la proteína de suero" siendo visitado por aristócratas y realezas europeas. En años más recientes a nuestra época, en 1950 un joven médico llamado Eugene Schiff logró desarrollar proteína de suero de leche en polvo, esta vez enfocado a los atletas de fuerza; sin embargo, se siguió usando paralelamente con fines medicinales. Se adicionaba aquella proteína sin saborizante, con un sabor bastante malo, pero con las mismas propiedades de las de hoy. (Martín,2016).

Generalidades

Definición Del Suero Lácteo

Se presentan definiciones de suero desde la perspectiva de diferentes autores que convergen en que es un residuo de la industria quesera.

El suero es el producto lácteo líquido obtenido durante la elaboración del queso, la caseína o productos similares, mediante la separación de la cuajada, después de la coagulación de la leche y/o los productos derivados de la leche. La coagulación se obtiene mediante la acción de, principalmente, enzimas del tipo del cuajo. El suero ácido es el producto lácteo líquido obtenido durante la elaboración del queso, la caseína o productos similares, mediante la separación de la cuajada tras la coagulación de la leche y/o los productos derivados de la leche. La coagulación se produce, principalmente, por acidificación. (FAO, 2018).

Es el producto lácteo líquido obtenido durante la elaboración del queso, la caseína o productos similares, mediante la separación de la cuajada, después de la coagulación de la leche y/o los productos derivados de la leche. La coagulación se obtiene mediante la acción de, principalmente, enzimas del tipo del cuajo. (FAO, 2018).

Para (Jovanovic, Barac y Macej, 2019), el suero lácteo o lactosuero es el residuo líquido color amarillento, que se obtiene en mayor volumen después de la separación de la cuajada en la elaboración de quesos. (Hernández & Velez, 2014).

El lactosuero o suero de leche se define como un subproducto lácteo obtenido durante la fabricación del queso que, aunque no constituye un sustituto integral de la leche de vaca por ser una fracción de la misma, contiene nutrientes y compuestos con potenciales beneficios nutricionales y funcionales. (Poveda, 2013).

El lactosuero o suero de leche es el líquido que se separa durante la obtención del queso y contiene los componentes que no se integran en la coagulación de la caseína. (Hannibal et al., 2015).

Composición Del Suero Lácteo

La composición de suero lácteo depende de las características de la leche utilizada, del tipo de queso producido y la tecnología utilizada para la elaboración del queso. Su óptima utilización se basa en ser ingrediente de gran impacto en la reducción del costo de producción de la industria de alimentos. (Królczyk et al., 2016). Por lo cual de acuerdo al tipo de suero se analiza la composición fisicoquímica.

En términos promedio, el suero de leche contiene más de la mitad de los sólidos presentes en la leche original. Incluyendo alrededor del 20% de las proteínas (Lactoalbúminas y lactoglobulinas), la mayor parte de la lactosa, minerales (calcio, fosforo, sodio y magnesio) y vitaminas hidrosolubles (Tiamina, ácido pantotéico, riboflavina, pirodoxina, ácido nicotínico, cobalamina y ácido ascórbico). (Hernandez & Velez, 2014).

El lactosuero puede contener aproximadamente el 90% del calcio, potasio, fósforo, sodio y magnesio presente en la leche, contiene péptidos opioides principalmente de α -lactoglobulina y de albúmina sérica con efecto sobre el sistema; péptidos in-munomoduladores que incrementan la actividad fagocítica de los macrófagos, y ejercen efectos antimicrobianos y antivirales; péptidos con efectos favorables sobre el sistema cardiovascular, vía antitrombótica, antihipertensiva e hipocolesterolemica y péptidos antioxidantes, entre otros. (Refiriéndose con ello a la α -lactoalbúmina, β -lactoglobulina, albúmina, inmunoglobulinas, y proteínas bioactivas presentes en menor proporción), pueden tener un impacto positivo sobre la salud. (Poveda, 2013).

Tabla 1.*Composición general del suero y distribución proteica*

Componente	Observaciones
Lactosa	El 95% de la lactosa de la leche, en una proporción de (4.5-5.0 p/v). 46.0-52.0 g/L en suero dulce y 44.0.-46.0 en suero ácido.
Proteína	En una proporción de 0.8 – 1.0 % p/v, correspondiente al 25% de la proteína contenida en la leche, 6.0 g/L en suero dulce y 6.0 – 8.0 en lactosuero ácido.
α -Lactoalbúmina	30% del total de contenido proteico.
β -Lactoglobulina	50/% a 60% del total de contenido proteico. (Nafarrate, 2017). Es importante porque tiene propiedades emulsionantes e interactúa con compuestos como el retinol y ácidos grasos.
Globulina	Corresponde al 10% del total de las proteínas.
Proteasas- peptonas	Corresponde al 10% de las proteínas, Lactoferrina, albúmina, inmunoglobulinas, factores de crecimiento, glicoproteínas y enzimas.
Lípidos	0,5% y 8.0% de la materia grasa de la leche.
Vitaminas	Tiamina 0,38 mg/ml, Riboflavina 1.2mg/ml, ácido nicotínico 0,85 mg/ml, ácido pantoténico 3.4 mg/ml, Piridoxina 0,42 mg/ml, Cobalamina 0,03 mg/ml, Ácido ascórbico 2,2 mg%ml.
Minerales	8.0-10.0% del extracto seco calcio (0.4-0.6 g/L), en lactosuero dulce y (1.2-1.6 g/L) en lactosuero ácido, potasio, fósforo, sodio y magnesio.

Fuente:(Poveda, 2013).

La composición del suero dulce y ácido presenta algunas diferencias, Como se puede observar, el suero dulce tiene mayor concentración de lactosa y proteína con respecto al suero ácido. El valor de pH es diferencial notoriamente, el suero de queso ácido contiene mayor cantidad de cenizas y ácido láctico en comparación con el suero de queso dulce. (Hernandez & Velez, 2014) Como se observa: en la tabla 2.

Tabla 2.

Composición del suero dulce y ácido

Composición del suero	Suero dulce	Suero ácido
Agua	93 – 94 %	94 – 95 %
Extracto seco	6 – 7 %	5 – 6 %
Lactosa	4.5 – 5%	3.8 – 4.2 %
Ácido láctico	Vestigios	Hasta 0.8%
Proteínas	6 – 10 %	6 – 8 %
Ácido cítrico	0.1 %	0.1%
Cenizas	0.5 – 0.7 %	0.7 – 0.8 %
pH	6.5	5.0
Acidez	10°Th	50 – 62°Th

Fuente: (Alava et al., 2014),(Hernández & Velez, 2014) (Callejas et al., 2012).

Características Fisicoquímicas Del Suero Lácteo

Las características físico-químicas del lactosuero de queso, es un paso importante para la utilización de este subproducto de la industria láctea en distintos procesos industriales, tanto en la alimentación humana como animal. Autores indican que la cantidad y la composición del lactosuero son los condicionantes de la elección del proceso adecuado para su transformación y del tipo de productos por obtener, así como de las características nutritivas y el destino de los subproductos derivados del tratamiento tecnológico del lactosuero. (López, 2018).

Las proteínas del suero lácteo constituyen el 18-20% de las proteínas totales de la leche, sin embargo, sí es la más interesante desde el punto de vista económico y nutricional (Parra,

2009). Esta fracción contiene cuatro proteínas principales: β -lactoglobulina (β -LG), α -lactoalbúmina (α -La), albúmina de suero sanguíneo (BSA) e inmunoglobulina (Ig). Como componentes menores de esta fracción tenemos la lactoferrina, transferrina, y la fracción lactolín proteosa-peptona (p p) (Jovanovic et al 2019). Según (Hernandez & Velez, 2014).

En términos promedio, el suero contiene más de la mitad de los sólidos presentes en la leche original, la mayor parte de la lactosa, minerales (Calcio, Fósforo, Sodio y magnesio) y vitaminas hidrosolubles. (Hernandez & Velez, 2014).

Composición Nutricional Del Suero Lácteo

Se presenta en la tabla 1 la composición nutricional del suero lácteo, entre los más abundantes de estos nutrientes están la lactosa (4,5-5% p/v), proteínas solubles (0,6-0,8% p/v), lípidos (0,4-0,5% p/v) y sales minerales (8-10% de extracto seco. (Parra, 2009).

Tabla 3.

Composición de suero lácteo dulce y ácido.

Componente	Suero dulce (g/L)	Suero ácido (g/L)
Sólidos totales	63,0- 70,0	63,0- 70,0
Lactosa	46,0- 52,0	44,0- 46,0
Proteína	6,0- 10,0	6,0- 8,0
Calcio	0,4- 0,6	1,2- 1,6
Fosfatos	1,0- 3,0	2,0- 4,5
Lactato	2,0	6,4
Cloruros	1,1	1,1
pH	6,4 - 6,6	4,4 - 4,6
Ácido Láctico	0,0	10,0

Fuente: (Parra, 2009).

Dependiendo del proceso de coagulación de la leche, existen dos tipos de suero: suero dulce, obtenido por coagulación enzimática o cuajo, y suero ácido, obtenido por acidificación natural o por la acción de ácidos orgánicos. (Loayza, 2019).

El suero de leche (SL), representa el 85-95% del volumen de leche y retiene el 55% de todos los nutrientes contenidos en la leche, por lo que constituye el principal subproducto y el mayor contaminante en la producción quesera alcanzando valores de DQO y DBO de entre 60-80 y de 30-50 kg m³, respectivamente. A nivel mundial se producía en el año 2013, alrededor de 180 millones de toneladas métricas (TM) de suero de leche, de los cuales, se utilizan algo más del 40% en la alimentación animal directa, como fertilizante o se desecha, mientras que el resto se transforma en la industria, básicamente en la producción de suero en polvo, lactosa y concentrados de proteínas del suero. Como hace notar acertadamente Kosikowski no es lo mismo “desechar” que “utilizar” el suero de leche. Aún hoy, importantes cantidades de SL son vertidos en ríos y quebradas, o son asperjados directamente en los campos cultivados, previa dilución. Esto último, a pesar de las ventajas aparentes que pudieran ser observadas, luego de largos periodos de vertimiento, el elevado contenido de sal en el SL tiende a salinizar los suelos, disminuyendo así los rendimientos agrícolas. Adicionalmente, cada vez más se tiene mayor conciencia en estos efectos adversos y las normas y leyes ambientales de los estados tienden a prohibir estas prácticas. Como consecuencia de ello, a pequeños y medianos productores de quesos, pudiera hacerseles difícil competir en el mercado con las grandes empresas, ante la necesidad de disponer de adecuadas plantas de tratamiento de residuales donde tratar sus efluentes de suero de leche. (Chanfrau et al., 2017).

En Colombia, existen requisitos fisicoquímicos incluidos en la resolución 1031 de 2010, establecidos por el Ministerio de Salud y protección social, en la tabla 4. Los cuales se deben

Tabla 4.*Requisitos fisicoquímicos de los lactosueros dulces*

Criterios físico-químicos	Lactosue- ro dulce normal		Lactosuero desproteínizado		Lactosuero permeado		Lactosuero deslactosado		Lactosuero Desmineraliza- do		Lactosuero parcialmente desmineraliza- do		Lactosuero de mantequilla	
	M in %	Máx %	Min %	Máx %	Min %	Máx %	Min %	Máx %	Min %	Máx %	Min %	Máx %	Min %	Máx %
Proteína %m/m	10.0	15.0	6.0	8.0	2.0	10.0	16.0	24.0	10.0	24.0	11.0	15.0	30.0	33.0
Grasas %m/m	0.2	2.0	1.0	1.3	-	1.0	1.0	4.0	1.0	4.0	-	1.8	4.5	7.0
Lactosa %m/m	61	78	73	80.0	80.0	-	-	60	70	80.0	75	82	46.5	49.0
Humedad %m/m	1.0	8.0	-	5.0		5.0	-	5.0	-	5.0	-	5.0	-	5.0

Fuente: (Minsalud, 2010).

cumplir para poder utilizar el lactosuero para consumo y procesos industriales, la acidez máxima del lactosuero dulce es 4.0 % m/m expresado como ácido láctico. Aminoácidos Esenciales

Aminoácidos Esenciales Contenidos En El Suero Lácteo

Las proteínas del suero lácteo son consideradas biológicamente óptimas. (Álvarez, 2013), tienen una cantidad igual a las del huevo y no son deficientes en ningún aminoácido (Parra, 2009). Son altamente utilizadas en la industria alimentaria por su alto contenido de aminoácidos de cadenas ramificadas también es utilizada en suplementos para deportistas. El perfil del aminoácido del suero lácteo, que se muestra en la tabla 5 es idéntico al del esqueleto humano de manera que la proteína contribuye y proporciona todos los aminoácidos correctos. Otro de sus beneficios es que ayuda al sistema inmunológico. (Álvarez, 2013).

Tabla 5.

Aminoácidos esenciales contenidos en el suero lácteo

Aminoácidos en cada 100 gramos de Proteína	Lactosuero <u>mg/L</u>
Treonina	6.2
Cisteína	1.0
Metionina	2.0
Valina	6.0
Leucina	9.5
Isoleucina	5.9
Fenilalanina	3.6
Lisina	9.0
Triptófano	1.5

Fuente: (Casas, 2015).

De acuerdo con (Rabassa et al., 2017) , La leucina tiene efecto beneficioso sobre la masa muscular en población de edad avanzada con sarcopenia. La lisina que es muy necesaria en la alimentación humana para el desarrolló óseo y la absorción del calcio. (Godefroy & Briceño, 2019), por ello es indispensable identificar la importancia de estos aminoácidos presentes en el lactosuero.

Requisitos Microbiológicos Del Suero Lácteo

Los principales factores que afectan la calidad de los productos finales en los cuales se incorpora el suero lácteo es la calidad microbiológica, dependiendo de la calidad microbiológica inicial de la leche depende muy posiblemente, la calidad inicial del suero final obtenido por lo cual ha normalizado las características microbiológicas como se muestra en las tablas 6 y 7.

Tabla 6.

Características microbiológicas- exámenes de rutina

	n	m	M	c
Recuento total de microorganismos mesófilos/g	3	1000	10.000	1
NMP Coliformes Totales/g	3	Menor 3	11	1
NMP Coliformes fecales/g	3	Menor 3	-	0
Recuento de hogos y levaduras/g	3	100	500	1

Fuente: (Minsalud, 2007).

n: Número de muestras a examinar

m: Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad

M: Índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad

c: Número de muestras permisibles con resultados entre m y M.

Tabla 7.

Exámenes microbiológicos especiales en la calidad del suero lácteo

Microrganismo	N	m	M	c
Recuento Estafilococo	3	Menor 100	100	1
Coagulasa positivo/g				
Bacillus cereus/g	3	100	100	1
Salmonela/25g	3	0	0	0
Esporas del Clostridium	3	100	1000	1
Sulfito reductor/g				

Nota: n: Número de muestras a examinar

m: Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad

M: Índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad

c: Número de muestras permisibles con resultados entre m y M.

Fuente: (Minsalud, 2007).

De acuerdo con la resolución 1031 de 2010 establecidos por el Ministerio de Salud y protección social el suero en polvo tiene una alta concentración de Lactosa y proteína. Al retirar el agua del suero es viable el transporte uso y manipulación de suero en polvo. De acuerdo con el uso o al tratamiento que se le va a dar, debe cumplir con las características microbiológicas descritas en la tabla 6 y 7, según el Ministerio de Salud y protección social de la República de Colombia.

Producción y Mercadeo

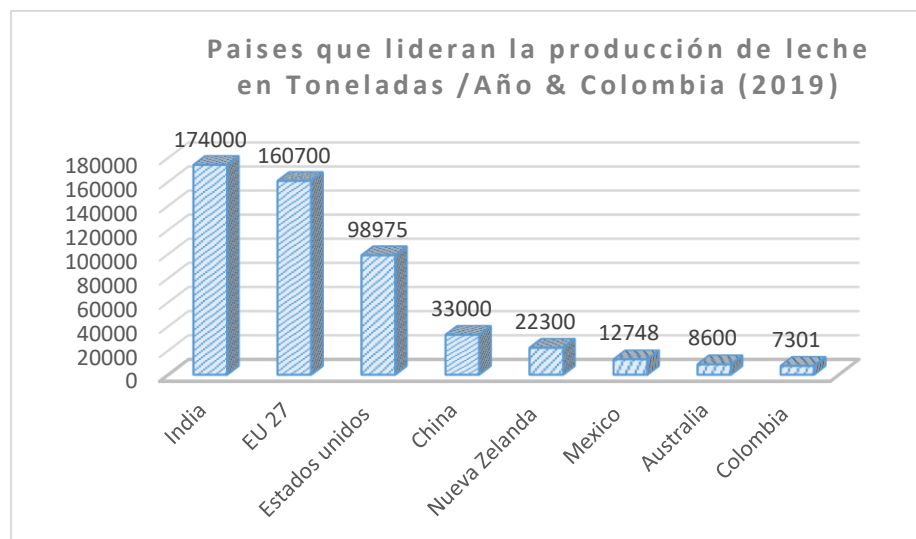
Principales Países Productores De Leche y Suero Lácteo

En los tres últimos decenios, la producción lechera mundial ha aumentado en más del 59 por ciento, pasando de 530 millones de toneladas en 1988 a 843 millones de toneladas en 2018. (FAO, 2022).

De acuerdo con las estadísticas de Fedegan, Federación Colombia de Ganaderos al año 2019 el mercado mundial de leche lo lideró la India superando a la Unión Europea que lideró como el mayor productor de leche hasta el 2016, y para el 2019 ocupa el segundo lugar, Estados Unidos ocupa el tercer lugar seguido de China, Nueva Zelanda, México y Australia, Colombia es país número 11 en la producción de leche, aunque su apertura comercial lo ha hecho cada vez más importador; para el año 2019 reporto una producción de 7.301 toneladas año en producción de leche cruda.

Figura 1.

Países que lideran la producción de leche en toneladas /año & Colombia



Nota: Tomado de Fedegan, 2021.

En la siguiente tabla se puede observar como la producción de leche cruda a transcurrido los últimos cuatro años del 2016 al 2019.

Tabla 8.

Principales países productores de leche en millones de litros para el año 2019

Data	Año	Argentina	Australia	China	Estados Unidos	EU-27	India	México	Nueva Zelanda
Producción (1000 Ton)	2016	10.397	9.200	37.300	96.343	156.400	154.000	12.100	21.370
Producción (1000 Ton)	2017	10.345	9.154	36.986	97.692	159.059	156.801	12.306	21.669
Producción (1000 Ton)	2018	10.837	9.440	29.750	98.792	154.800	76.000	12.281	22.155
Producción (1000 Ton)	2019	10.800	8.600	33.000	98.975	160.700	174.000	12.748	22.300

Fuente: (Fedegan, 2021).

El Mercado Global De Suero Lácteo

El mercado global de lactosuero en polvo es de 6.000 millones de dólares.(Klotz, 2014). Dentro los grandes productores de suero de leche en polvo están, La Unión Europea, Estados Unidos y Australia, con un precio por libra de alrededor de 0,66 dólares, cerca de la cuarta parte del valor de la leche en polvo (Klotz, 2014). Actualmente, el 70 por ciento se industrializa, especialmente en países desarrollados, y un 30 por ciento se emplea en la alimentación animal, como fertilizante o como residuo. En las últimas décadas, la intensa actividad de investigación y desarrollo, así como las diferentes tecnologías de secado, separación, purificación y de modificación de funcionalidad del suero lácteo, han permitido la recuperación de las diferentes

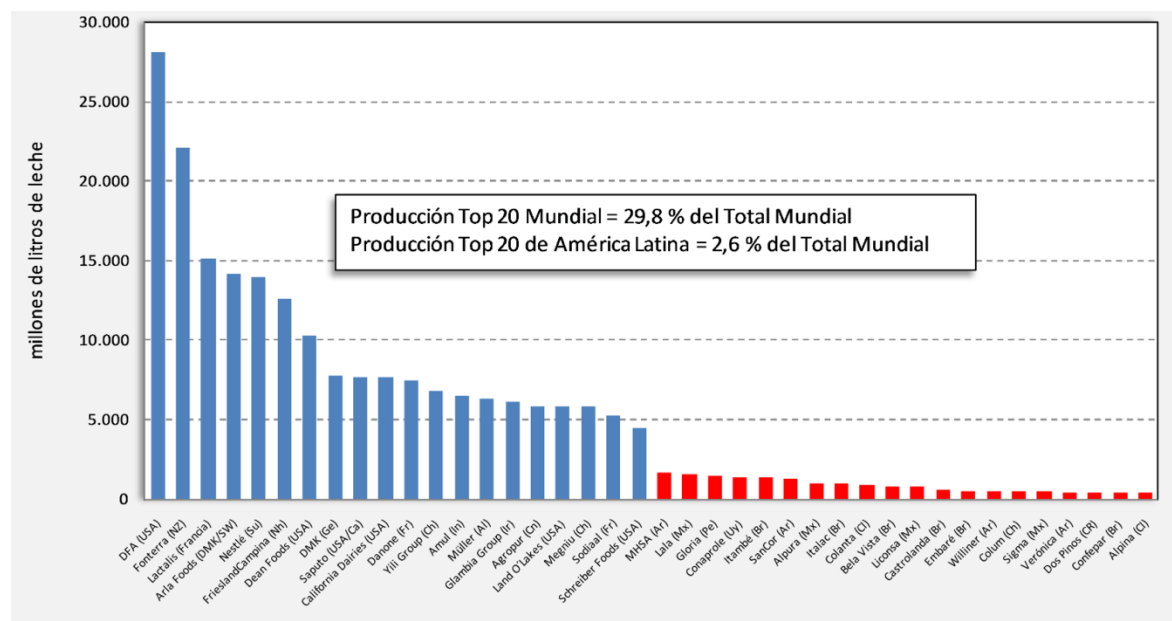
fracciones del suero y de sus compuestos para crear nuevos productos de valor agregado.(Klotz, 2014).

Mundialmente se cuenta con eventos donde se evalúan el uso y propuestas de la proteína de suero lácteo, según el 7th International Whey Conference, se analizaron los avances de la ciencia y el mercado, la oferta y la demanda, el líder mundial de suero de leche es EEUU con el 61% de producción mundial de suero de leche, con un ritmo de crecimiento de entre 1.4% hasta 7.7% de PA en los próximos 5 años y en cuanto suero ácido EEUU genera más de 550 millones de litros de suero ácido, lo que produce un alto impacto ambiental.

Los principales usos están en el segmento que domina la mayor parte del potencial de crecimiento es la fórmula infantil, que utiliza en un 18% del 34% de proteína de un alimento infantil (Peso et al., 2012) por el deporte en un 80-90% de proteína, 0,5-1% de lactosa y 0,5-0,8% de grasa (Poveda, 2013), empresas como Davisco Foods Internacional, Inc se propuso utilizarlo en la nutrición para personas de la tercera edad, dado que el aporte de aminoácidos ofrece beneficios para el mantenimiento de los músculos y la salud cognitiva, la proteína de interés es la alfa-lactoalbúmina, siendo Davisco Foods Internacional, Inc el mayor productor.

La oportunidad de crecer el mercado de suero está representada en la inteligencia de consumidor actual que se interesa por consumir alimentos funcionales, para el cuidado del cuerpo. (Whey-conference, 2014).

Mercado Latinoamericano. La Federación Panamericana de la leche (FEPALE) en su informe de 2013 informo acerca de la situación de la cadena láctea en la región. Incluyó una tabla con un ranking de las 20 principales empresas lácteas de la región (ver cuadro que sigue). La captación fue tomada de los sitios web de las empresas, en otros casos surgió de estimaciones y de referencias no oficiales de fuentes de las industrias.

Figura 2.

Principales empresas lácteas a nivel mundial año 2018

Nota: Tomado de OCLA, 2011.

En el caso de las empresas de América Latina, se dejaron fuera del ranking las filiales de empresas extranjeras y solamente se consideraron aquellas cuya sede se encuentra en algún país de la región. Las 20 mayores empresas del ranking captan un total de 17.260 millones de litros de leche por año. (Klotz, 2014).

En Latinoamérica, los principales países productores de leche son: Brasil, Argentina y México. (Micomercio, 2017).

Para el año 2013, datos más recientes se identificó la producción de suero de leche según se muestra en la siguiente tabla 9. Donde se observa que Brasil lidera a producción de suero resultante de la producción de queso con 10.500 litros al año, seguido de Argentina con 4.015 litros al año, luego Colombia con 2.033 y Uruguay con 625 litros al año.

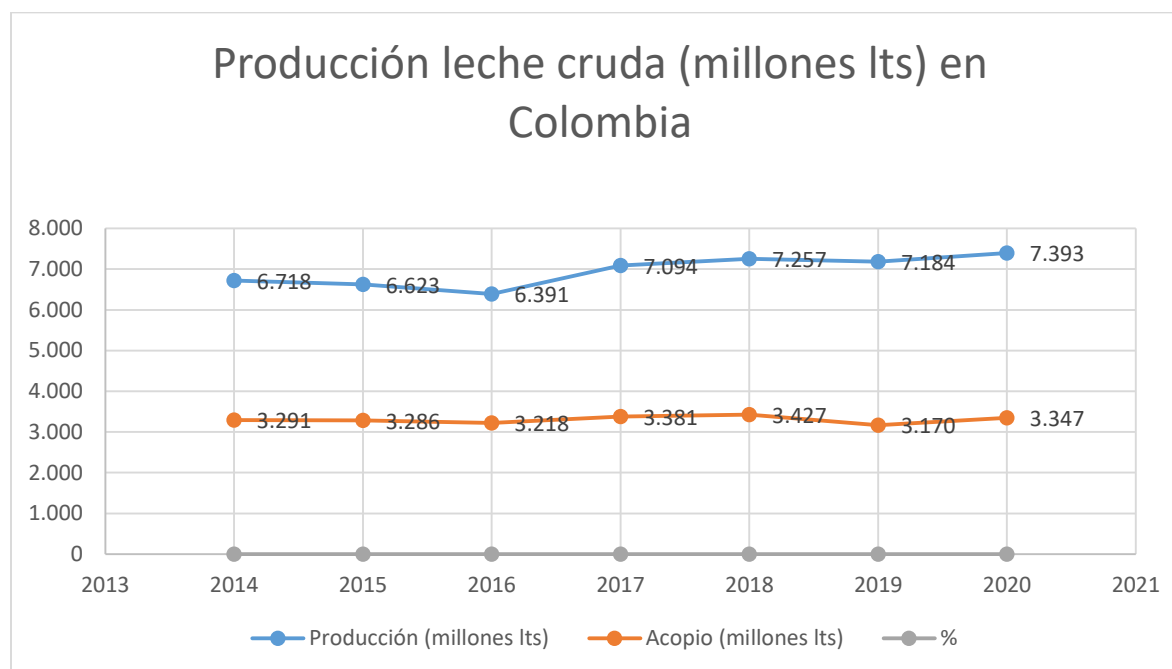
Tabla 9.*Países productores de suero lácteo en Latinoamérica*

País	Producción anual de leche(millones de litros por año)	Producción de queso (% del total de leche)	Suero generado (millones de litros por año)	Estimado de suero a alimentación animal o vertido a efluente (% estimado)
Argentina	11.338	41	4.015	55
Brasil	33.400	38	10.500	49
Colombia	6.772	35*	2.033	70
Uruguay	2.100	35	625	20

Nota: *Formal e informal. Fuente: (Micomercio, 2017).

Colombia es el cuarto productor de lácteos en Latinoamérica generando 921.672 millones de litros de lactosuero anualmente (Parra, 2009). Las anteriores cifras indican que se debe hacer una invitación a los diferentes actores en Colombia para promover la valorización del suero lácteo mediante un marco normativo que permita aprovechar todas sus bondades y así estar a la altura de la política industrial de los países del primer mundo (Coronado, 2018).

Panorama Nacional. Colombia tuvo una producción de leche cruda de 7.393 millones para el año 2020 de leche de los cuales según cifras de Fedegan, En la figura 3 se muestra como ha disminuido la cantidad de acopio de la leche desde el 50% de los años 2015 y 2016, a pesar de una leve mejora en los años 2017 y 2018, se estancó con una caída máxima en 2019 de 7,2%, y un aumento del 5,6 en el siguiente año (2020) ha venido disminuyendo hasta el 45%, el impacto directo de estas cifras se refiere a la industrialización de la leche.(Fedegan, 2021).

Figura 3.

Producción leche cruda (millones lts) en Colombia

Nota: Tomado de Fedegan, 2021.

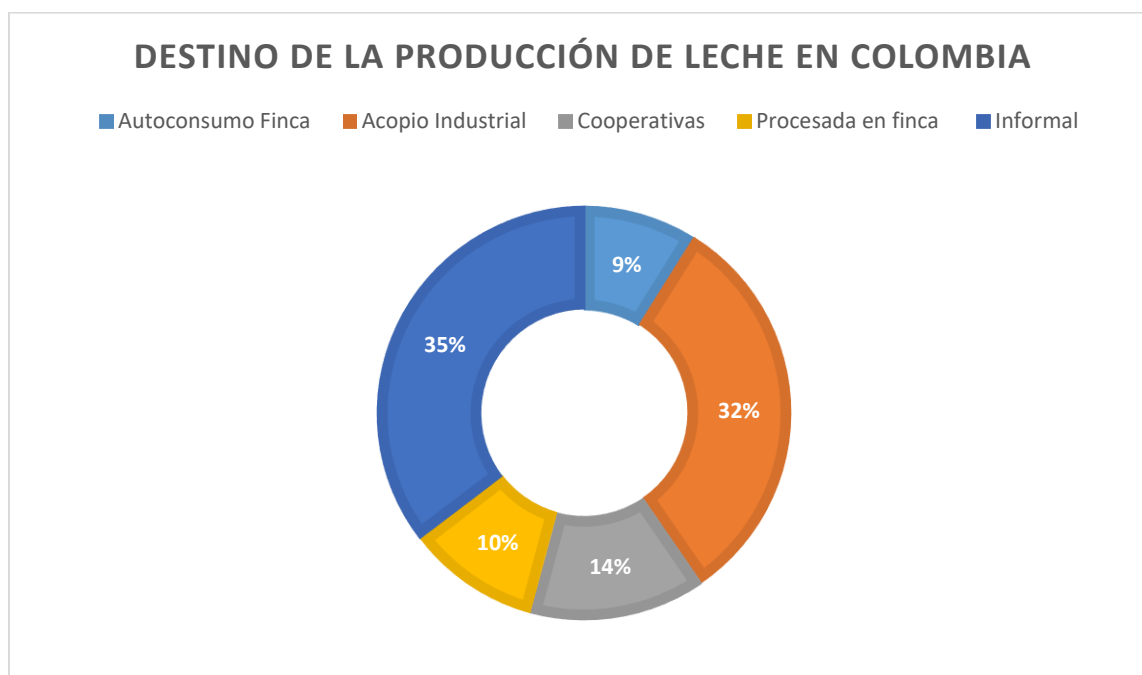
Balance y Perspectivas Del Sector Ganadero Colombiano (2020 – 2021). El acopio formal mostró un leve aumento disminución del 7% al pasar de 3.170 millones de litros en el 2019 a 3.347 millones de litros en 2020, el leve aumento del acopio del 2020 con respecto al 2019, fue aún bajo con respecto al 2018, este aumento se dio a pesar de la emergencia sanitaria generada por la pandemia por el SARS Covid 19, que disminuyó el consumo de yogures y quesos al cierre de algunos establecimientos y colegios pero que aumentó el consumo de leche líquida por las medidas de aislamiento.

Así mismo la producción doméstica ha dejado de demandarse ligeramente debido al crecimiento significativo de las importaciones. (Fedegan, 2021).

Destino De La Producción De Leche. De los 7.393 Millones de litros de la producción de leche en Colombia el destino está distribuido así: 9% (658 millones de litros) en Autoconsumo; 32% (2329 millones de litros) Acopio Industrial; 14% (1020 millones de litros) Cooperativas; 10% (769 millones de litros) Procesada en Finca y 35% (millones de leche) Mercado Informal. La producción primaria de leche en promedio aporta el 12% del PIB agropecuario.

La comercialización y procesamiento que corresponde a la formalidad. Estas cifras estiman que la informalidad y el autoconsumo pueden tener producción de queso que generan lactosuero que va a fuentes de agua sin un pretratamiento o un aprovechamiento y valorización del mismo.

Figura 4.



Destino de la producción de leche en Colombia

Nota: Tomado de USP, DANE, ENA, Cálculos, FEDEGÁN, 2021.

En la siguiente tabla se muestra los principales departamentos que participan en la producción de leche en Colombia, lo que constituye una identificación de posibles focos a evaluar para el aprovechamiento en las regiones del lactosuero generado.

Los datos encontrados en el informe sectorial de la cadena láctea reportan con corte al 2019 la producción de leche cruda por departamento, en la tabla 10 se identifican ocho (8) macrocuencas compuesto por varios departamentos. Según el informe los eslabones primarios de las principales zonas productoras están ubicadas en los departamentos de Cundinamarca, Antioquia, Boyacá y Caquetá, y solo los departamentos de Cundinamarca y Antioquia agrupo el 34% de litros de la producción.

Tabla 10.

Producción Nacional de leche y por departamentos

Producción de leche Nacional y por departamentos		
Departamento	Litros diarios	% Participación
Antioquia	3551183	19,0
Boyacá	1121188	6,0
Caquetá	1552958	8,3
Cesar	857250	4,6
Córdoba	1274837	6,8
Cundinamarca	2797779	15,0
Magdalena	878912	4,7
Meta	755345	4,0
Nariño	766140	4,1
Santander	604775	3,2
Otros departamentos	4549968	24,3
Total	18.710.335	100,0

Nota: Unidad de medida: litros por día. Fuente:(Minagricultura, 2019).

Procesamiento De La Leche En Colombia. De acuerdo con la estadística de la producción primaria en el Análisis situacional de la Cadena láctea, comercialización y procesamiento en Fedegan, el DANE y ANALAC está distribuido como se indica a continuación:

El porcentaje de leche comercializado formalmente se distribuye para el procesamiento de la siguiente forma:

Leches líquidas: 48%

Leches en polvo: 17%

Quesos: 20%

Leches fermentadas: 8%

Otros: 6%

El porcentaje de leche comercializado informalmente se distribuye para el procesamiento de la siguiente forma:

Quesos Artesanales: 50%

Otros productos: 38%

Consumo humano directo: 12%.

Análisis De Tendencias. El lactosuero se utiliza aun por lo general para obtener lactosueros en polvo y concentrados, así como aislados de proteína (WPC y WPI por sus siglas en inglés) En Colombia, una pequeña parte del lactosuero producido la procesan algunas industrias del sector lácteo a fin de obtener lactosueros dulces en polvo (Soto & Toro, 2019), El lactosuero en su estado líquido se utiliza, tradicionalmente, para la alimentación animal y como fertilizante para cultivos, entre otros usos. El lactosuero procesado se usa como aditivo en alimentos para infantes, bebidas y en productos farmacéuticos (Parra 2009 citado en Soto

Gómez & Toro Sánchez, 2019), Las aplicaciones del lactosuero que actualmente son relevantes están orientadas, en su mayoría, a la utilización de sus proteínas (Soto & Toro, 2019) son utilizadas ampliamente en una variedad de alimentos por sus propiedades gelificantes (Gunasekaran et al por oto Gómez & Toro Sánchez, 2019), Los WPC se utilizan como suplementos de proteína en productos lácteos (yogurt, queso) (Bacenetti et al por Soto Gómez & Toro Sánchez, 2019), así como en productos cárnicos procesados y en bebidas, entre otros productos. Los WPI se utilizan, por lo general, como fuente de péptidos o en fórmulas de alimentos para niños y deportistas (Soto & Toro, 2019) La lactosa se puede transformar en diferentes productos, Entre estos productos se encuentran los GOS, los cuales son compuestos prebióticos derivados de la hidrólisis de la lactosa empleando la enzima β -galactosidasa (EC 3.2.1.23) (Drug Development & Delivery por Soto Gómez & Toro Sánchez, 2019). Los concentrados y aislados proteicos del suero son también ingredientes frecuentes en productos como quesos procesados, productos de bollería y pastelería. Quizá la aplicación más novedosa haya sido la utilización de las proteínas del suero para la elaboración de films comestibles para proteger alimentos de diversa naturaleza y la fabricación de envases biodegradables, así como el empleo de proteínas del suero para la encapsulación de compuestos bioactivos o microorganismos probióticos. (Interempresas, 2016), Un uso industrial importante que se le puede dar al suero de queso es como sustrato para la producción de ácidos orgánicos como el cítrico y el láctico, los cuales se obtienen a partir de la fermentación de lactosa mediante bacterias lácticas. Diversas industrias como la alimentaria, de bebidas, farmacéutica y cosmética, los ocupan dentro de sus procesos de transformación, debido a que actúan como conservadores, acidificantes, estabilizadores y potenciadores del sabor (Cortés et al., 2015), La producción de lípidos a través de microorganismos, usando como sustrato suero de queso, es una alternativa

prometedora para la obtención de ácidos grasos poliinsaturados, los cuales pueden ser utilizados como aditivos alimentarios o como materia prima para la producción de biodiesel, la conversión de lactosa proveniente del suero de queso crudo o suero de queso permeado a etanol, es una opción que puede competir con el uso de otros sustratos utilizados actualmente (caña de azúcar y almidón de maíz). (Osorio et al., 2018).

Comercialización

A través de los años en Colombia, ha venido aumentando la producción de leche pues en 1980 se producían 2.000 millones de litros al año, hoy en día se producen casi 7.000 millones de litros, con una tasa de crecimiento promedio del 3,5%. Siendo el problema en el país no en la producción, sino en el procesamiento de leche; Ya que solo el 50% de la leche producida es procesada, por lo tanto, el 50% restante se vende a precios bajísimos en mercados informales.(Uniandes, 2017).

Según la Federación Nacional de Ganaderos (Fedegan), el mercado de la leche en Colombia se rige por un oligopsonio. Hay muchos oferentes (los ganaderos) y pocos compradores (industriales). En este mercado, los primeros 5 compradores dominan cerca del 56% de la producción formal. Esto es una problemática estructural ya que el precio al que los industriales compran el litro de leche a los campesinos es frecuentemente hasta 294% más bajo de lo que cuesta un litro de leche en el mercado.(Dinero, 2015).

El eslabón comercializador de la cadena láctea es el encargado de interceptar la oferta del producto con su demanda, llevando los productos terminados hasta el consumidor final. Esta función es realizada por intermediarios, que pueden ser mayoristas o minoristas.

Importaciones y TLC. A partir de la firma del TLC con Europa, varios analistas han advertido, que uno de los sectores más vulnerables fue el lácteo, pues se debe enfrentar a la gran

competitividad que tiene este sector en esa región. Entonces, a la par, la UE se comprometió a asignar unos recursos en asistencia técnica, competitividad y calidad de la leche, entre otros.

Uno de los retos que impuso la firma del TLC con la UE, es aumentar la calidad de la leche. Los lecheros de Colombia tienen que empezar a incursionar en un mercado internacional con estándares más competitivos. A mayor calidad de la leche, mayor es el ingreso que reciben por litro. (Finagro, 2016). El Acuerdo Comercial entre Colombia y el Perú, por una parte, y la Unión Europea y sus Estados Miembros, por otra, fue firmado en la ciudad de Bruselas, Bélgica, el 26 de junio de 2012. (Parlamento Europeo, 2018).

En el período 2010 hasta septiembre de 2017, en promedio Colombia importa anualmente 27 mil 729 toneladas y sólo exporta 3.835 toneladas. Para junio del 2020 el país importó 48.136 toneladas de derivados lácteos y exportó 1.634 Toneladas, Empresas como Nestlé, Indulácteos de Colombia y Rocsa Colombia figuran como las más importadoras.

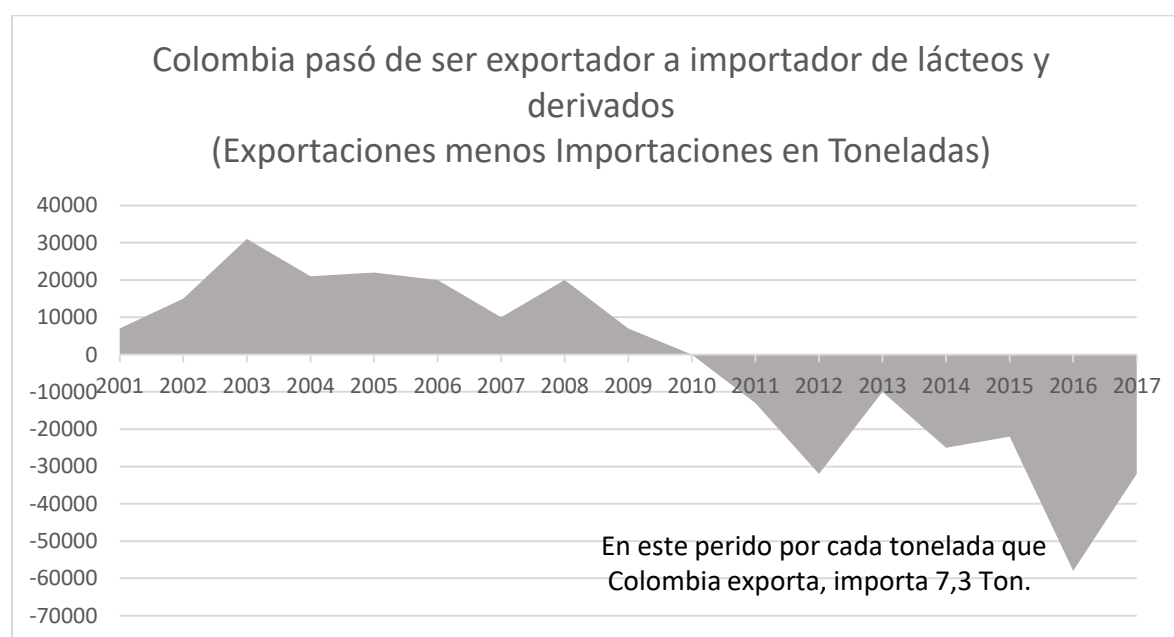
La balanza comercial fruto de los tratados de libre comercio luego de 7 años desde su firma se inclina más hacia el lado de Estados Unidos que de Colombia. En seis meses de 2020, tres de los cuales el país estuvo prácticamente paralizado debido a la pandemia del coronavirus, se importaron más de 48 000 toneladas, superando el total de 2017 y 2018. También aumentaron 38 % frente al mismo período del año pasado. (Contexto Ganadero, 2020).

Dentro de los productos que más se importan están en su orden de mayor a menor: La leche en polvo descremada con 23.113 toneladas que costaron 61 millones de dólares (en promedio USD 2641), seguida por la leche en polvo entera con 14.620 toneladas por 49 millones de dólares (USD 3363) y los lactosueros con 7690 toneladas por USD 8,3 millones. (Contexto Ganadero, 2020).

Ya en el 2018 comenzó las importaciones ingresando al país 7.521 toneladas por valor de 17.2 millones de dólares representando una caída de 35.8% respecto a enero de 2017. Aún así fueron las segundas importaciones más altas desde 2008. Independiente, de los productos de países con los que existe libre comercio, entraron unidades de mercados como México y algunos de Suramérica, consistentes en leche en polvo ocupando el primer lugar con 6.170 toneladas importadas, lactosuero con 943 y 362 toneladas de queso.(Biblioteca digital, 2018).

Actualmente se pretende un nuevo acuerdo comercial, que se hace en el marco de las negociaciones que adelantan los países miembros de la Alianza del Pacífico (Colombia, Perú,

Figura 5.



Exportaciones vs Importaciones de leche en Colombia

Nota: Tomado de Contexto Ganadero, 2018.

México y Chile), con Nueva Zelanda, Australia, Singapur y Canadá, pone en riesgo total a los productores de leche y sus derivados.

Los productores de lácteos del país se muestran preocupados por la inminente firma de un Tratado de Libre Comercio (TLC) entre Colombia y Nueva Zelanda.

Afirma Jeffrey Fajardo, director ejecutivo de la Asociación Colombiana de Procesadores de la Leche (Asoleche), que una eventual firma del TLC, pone en riesgo la actividad de 400.000 fincas productoras, 700.000 empleos y el 24,3% del PIB pecuario.

Según afirma Asoleche, en la temporada 2016-2017, la industria láctea neozelandesa proceso 20.700 millones de litros de leche, una cifra que supera 6,4 veces la producción colombiana (3.220 millones de litros).

Se tiene una gran diferencia en producción respecto a Colombia, porque Nueva Zelanda, al ser el primer exportador de leche en polvo, mantequilla, queso y demás derivados, con ventas 10.500 millones de dólares en 2017, es capaz de tener injerencia en los precios del mercado global, por lo que tiene la capacidad de llegar al mercado nacional con precios más bajos. (Dinero, 2018).

Las importaciones de leche y sus derivados presentan cifras con tendencia al crecimiento en los meses de enero de cada año desde 2017 a 2020, solo entre el 2019 y 2020 aumentó en un 58%.

En cifras de importación de lactosuero a noviembre de 2020, Colombia había adquirido 12.475 Toneladas netas, 1.231 toneladas menos de las importadas en 2019, de países como Estados Unidos se importó 5.135 toneladas, Argentina 3.680 toneladas, Polonia 1.090, Portugal 250 toneladas, Francia 701 toneladas. (Fedegan, 2021).

En cuanto las exportaciones, se presentan en la figura 6 cifras incomparables de las exportaciones de leche y derivados lácteos con una disminución de 47% entre el 2019 y el años 2020. (Fedegan, 2021).

Las importaciones de suero en Colombia han aumentado en un 62.3% desde el año 2012 donde se importaron 8.406 toneladas pasando a importar 13.263 toneladas al 2018 año para el cual al mes de julio ya se habían importado 5.876 toneladas. (Fedegan, 2021).

Se debe considerar que los Tratados de Libre Comercio el sector lácteo generan presión relacionada con la aplicación de los cupos de importación desde Estados Unidos y la Unión Europea los cuales permiten ciertas cantidades para el ingreso de leche en polvo sin arancel. (Fedegan, 2021).

Figura 6.



Importaciones & Exportaciones de Leche y derivados lácteos 2017 – 2020

Nota: Tomado de FEDEGAN, 2021.

El lactosuero generado por la industria quesera y de las actividades artesanales puede ser utilizado en diferentes procesos donde se aprovecha las diferentes proteínas, la lactosa que lo componen, a partir de este numeral se describirá procesos de aprovechamiento de los componentes del lactosuero como es la obtención de energía, ácidos grasos, ácidos orgánicos,

alcoholes a partir de la fermentación; Elaboración de bebidas, Uso bacterioda, Obtención de biomasa; obtención de biogás, obtención de biopolímeros.

Aprovechamiento Industrial De Lactosuero Mediante Procesos Fermentativos

Al realizar los procesos con el propósito de obtener diversos productos basados en la fermentación del lactosuero, es conveniente hacer un fraccionamiento previo total o parcial, con el fin de extraer y/o concentrar los componentes que se van a utilizar como sustrato. El fraccionamiento convierte al lactosuero en una materia prima útil, logrando lactosueros desproteinizados, desmineralizados, y con altas concentraciones de lactosa. (Ramírez, 2012).

Etapa preliminar: El fraccionamiento (cracking) comprende la separación de fracciones individualizadas de una materia original compleja. La separación de fracciones individuales purificadas de alto valor agregado (lactoalbúmina, lactoglobulina, inmunoglobulinas, lactoferrina, lactoperoxidasa, lactosa, etc.) ha sido posible al poner en marcha los procedimientos de fraccionamiento y extracción sofisticados, usando técnicas separativas tales como microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración, ósmosis inversa, diafiltración, electrodiálisis y cromatografía asociadas o no a tratamientos químicos. Se puede realizar el fraccionamiento combinado con transformación por vía enzimática sobre un reactor de membrana.

Con el avance tecnológico ha sido posible adaptar correctamente los procesos para convertir la lactosa proveniente del lactosuero en un sustrato útil para la fermentación microbiana. Yang y Silva informan que se han realizado varios intentos con el propósito de acondicionar el lactosuero para la fermentación, entre estos:

- Hidrólisis de las proteínas del lactosuero, logrando obtener una fuente de nitrógeno adecuado para promover el crecimiento, y eliminar o reducir la necesidad de costosos suplementos.

- Desmineralizado, implica solo a algunas levaduras.

- Hidrólisis de la lactosa, que al ser difícilmente fermentable, aumenta los costos de proceso. (Ramírez, 2012).

La fermentación, se refiere estrictamente a la obtención de energía en ausencia de oxígeno y generalmente lleva agregado el nombre del producto final de la reacción. Pasteur la denominó el *vie sansl'air* o “la vida sin aire” (Carlos et al., 2015). De acuerdo con Steinkraus, sirve para cinco propósitos generales: 1) Diversificación de sabores, aromas y texturas. 2) Preservación de grandes cantidades de alimentos a través de ácido láctico, etanol, ácido acético y fermentaciones alcalinas. 3) Enriquecimiento de sustratos alimenticios con proteína, aminoácidos, ácidos grasos esenciales y vitaminas. 4) Detoxificación durante el proceso de fermentación alimenticia. 5) Disminución de los tiempos de cocinado y de los requerimientos de combustible. (Ramírez, 2012).

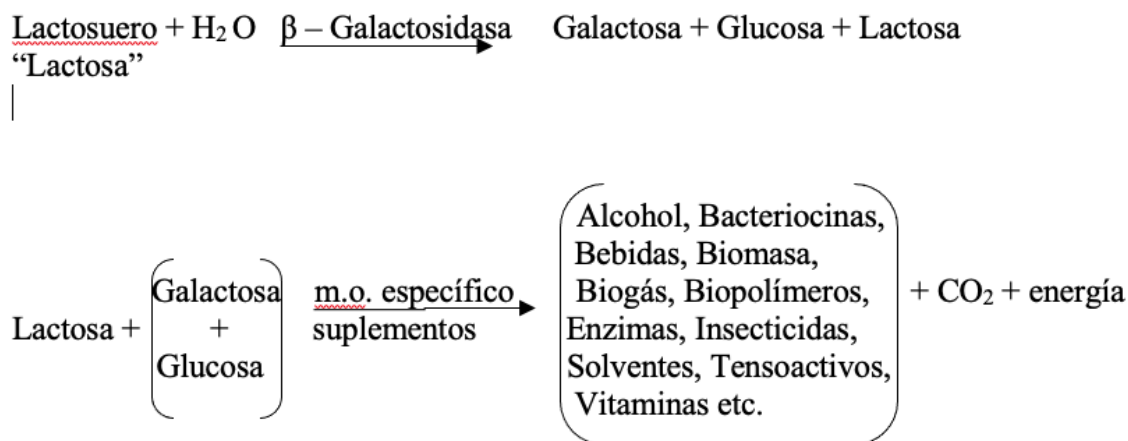
La fermentación del lactosuero, proceso que ha permitido valorizar este coproducto, resulta una interesante área de investigación para la industria láctea. Yang y Silva, proveen diversas posibilidades de transformación, principalmente del lactosuero permeado. El lactosuero posee todos los macro y micronutrientes y elementos traza que los microorganismos (M.O.) necesitan para realizar el proceso fermentativo. El componente más utilizado en estos procesos es la lactosa. (Ramírez, 2012).

En la figura 7 se muestra la forma simplificada de la ecuación de obtención de diversos productos a partir de lactosuero, siguiendo la ruta de la lactosa.

Teniendo en cuenta que la lactosa es el azúcar fermentable del suero lácteo, se muestra en la ecuación anterior cómo a través de la hidrólisis de la lactosa, la glucosa como sustrato esta consumida por un microorganismo específico para obtener el metabolito de interés. En términos generales esta ecuación funciona para cualquier proceso fermentativo a partir de suerolácteo.

Figura 7.

Ecuación general de transformación de lactosuero siguiendo la ruta de la lactosa



Nota: Tomado de Ramírez, 2012.

Acondicionamiento Del Suero Para La Fermentación

Afirman Yang y Silva, que el lactosuero no siempre resulta una buena materia prima para la industria de fermentación debido a los inconvenientes económicos. Se tiene que el lactosuero y, principalmente, el desproteinizado, no es una buena fuente de nitrógeno orgánico, necesario para el crecimiento de muchos microorganismos industriales. Para lograr crecimientos microbianos satisfactorios es conveniente suplementarlo y esto implica un costo adicional. Aun así, existen varios trabajos realizados con células inmovilizadas que han logrado alta productividad, incluso en lactosuero desproteinizado, debido a su alta densidad celular y reducida necesidad de crecimiento, (Ramírez, 2012).

Al modificar proteínas del lactosuero, como en la micro articulación, se puede obtener gran variedad de productos de alto valor agregado, utilizados específicamente como reemplazantes de la grasa y, también tiene la propiedad de solucionar algún requerimiento en propiedades organolépticas y/o de textura de un alimento; sin embargo, su principal utilidad es

nutricional porque no aporta colesterol, a diferencia de las grasas. La producción de péptidos a partir de la hidrólisis enzimática de las proteínas de lactosuero logra la posibilidad de aplicaciones, como, en el área de alimentos funcionales (nutracéuticos). Algunos ejemplos de estos son: galactooligosacáridos, lactulosa, lactitol, ácido lactobiónico, lactosucrosa, lactoferrina, lactoferricina. De la misma manera, acciones antimicrobianas, disminución de la presión arterial y actividad antitumoral son algunas de las propiedades atribuidas a los productos obtenidos.

La fermentación del lactosuero desproteinizado y suplementado, permite obtener innumerables productos entre los que se cuentan: ácidos grasos, ácidos orgánicos, alcoholes, Bacteriocinas, bebidas, biomasa, biogases, biopolímeros, enzimas, insecticidas, solventes, Tensoactivos, vitaminas y otros. A futuro serán incrementados los productos obtenidos por este proceso, con los avances en las investigaciones en ingeniería genética.

En los países de Nueva Zelanda, Brasil y Estados Unidos tienen grandes avances tecnológicos, transformando el lactosuero en alcohol; Irlanda cuenta con una industria pionera en producción de la crema de licor Bailey's. (Ramírez, 2012).

Obtención De Productos Por Procesos Fermentativos

Obtención de Ácidos grasos

Fermentando el lactosuero permeado mediante variedades *Apiotrichwn curvatum*, *Cándida curvata* y/o *Tricbosporon cutaneum* se pueden obtener ácidos grasos específicos o mezclas de estos (oleico, palmítico, esteárico, linoléico y triglicéridos). Moon et al., señalan cómo la producción óptima de ácidos grasos se puede lograr en rangos de 28 a 33°C y pH entre 5.4 y 5.8. Es de recalcar la importancia de la relación carbono – nitrógeno (C/N), pues de esta depende el porcentaje de producción de estos ácidos. Ykema et al., reportaron que las tasas de

producción máxima de lípidos se obtienen con una relación 30-35 C/N en permeado de lactosuero. Se tiene que, Floetenmeyer et al., indican que la tasa de dilución del lactosuero es un factor importante en la composición de ácidos grasos producidos. (Ramírez, 2012).

Obtención De Ácidos Orgánicos

Según González Siso se puede obtener innumerable variedad de ácidos orgánicos a partir del lactosuero, como son: Acético, cítrico, glucónico, itacónico, láctico, lactobiónico y propiónico. (Ramírez, 2012).

Para producir ácido acético a partir de lactosuero se trabaja con variedades *Streptococcus lactis*, *Clostridiumformico aceticum* y *Lactobacillus delbrueckii*; obteniendo los mejores resultados con las dos primeras.

Para el caso del ácido cítrico se está trabajado con *Aspergillus carbonarius*, *A. niger* y *Metschnikowia pulcherrima*, llegando a obtener mayores concentraciones cuando se usa lactosuero desproteinizado, evaporado e hidrolizado. (Soto & Toro, 2019), reportaron que *A. carbonarius* produjo concentraciones promedio de ácido cítrico, mayores que las encontradas para *A. niger*. La optimización del proceso se da trabajando entre rangos de temperatura de 25 a 35°C y pH de 4.5 a 6.5.

En la actualidad, se ha dado gran importancia la producción del ácido láctico. La producción de ácido láctico, ópticamente activo, a partir de lactosuero, se puede realizar por vía biotecnológica. En su producción se han utilizado las variedades *Lactobacillus Rhamnosus*, *Lb. Casei* (42 °C y pH 6.0, rendimiento promedio 1,409 kg/m³.h), *Lb. Helveticus*, (40°C y a pH 5,9, rendimiento de 1,83 kg/m³.h), *Lb. Bulgaricus*, *Lb. Delbrueckii* (ssp. *lactis*, y *bulgaricus*), siendo *Helveticus* y *Casei* las principales. Previo a su obtención, se debe suplementar el lactosuero con extracto de levadura y minerales (García et al., 2013).

El ácido propiónico tiene gran utilidad para la fabricación de herbicidas, productos químicos intermedios, sabores artificiales de frutas, productos farmacéuticos, propionato acetato de celulosa, así como conservantes de alimentos (piensos y granos). En 2006 se reportó, únicamente en EE. UU, cuyo consumo estimado es de 107 mil toneladas anuales, con un crecimiento del 4% anual. Lo cual motiva la realización de estudios de obtención de ácido propiónico a partir de lactosuero permeado, utilizando *Propionibacterium acidipropionici*. Los mejores resultados los consiguieron Boyaval y Corre, en un biorreactor continuo de tanque agitado con reciclaje de células por ultrafiltración, con una productividad volumétrica promedio de 14,3 kg/m³.h. (Goswami y Srivastava por Ramírez, 2012) reportan que un pH 6.5 y 30°C son condiciones adecuadas para incrementar el rendimiento en el proceso.

Obtención De Alcoholes

Para usar el lactosuero para obtener de él bioetanol, se utiliza el suero líquido (comúnmente dulce), debe ser permeado, desproteinizado, hidrolizado y/o suplementado con extracto de levadura. Los microorganismos utilizados en este proceso son: *Cándida pseudotropicalis*, *Escherichia coli*, *Kyveromyces marxianus*, *Kluyveromyces fragilis*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Kluyveromyces lactis*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*, *Saccharomyces cerevisiae* (normal y mutante), *Zymomonas mobilis*. Entre *Saccharomyces/Kluyveromyces* – *Zymomonas* se observa sinergia, permitiendo conseguir mayor producción de etanol. Las condiciones que hacen óptimo el proceso fermentativo dependen del tipo de microorganismos, pero se encuentran en rangos promedio de temperatura 30 a 35°C, pH 4,5 a 5,5, concentración de lactosa entre 40 a 120 g/l, además de mínimas concentraciones de O₂, teniendo una correcta relación entre concentración inicial de microorganismos. y cantidad de lactosa que se va a fermentar.

Para obtener el etanol, se inicia así: 1) recolectar el lactosuero, 2) desproteinizarlo por ultra filtración para optimizar el proceso y aprovechando las proteínas, 3) concentración de azúcares y sales por ósmosis inversa a niveles óptimos para evitar las inhibiciones de los microorganismos al haber elevadas concentraciones (osmotolerancia), 4) tratamiento térmico para eliminar cargas microbianas que podrían competir con los cultivos específicos durante la fermentación, 5) enfriar hasta la temperatura de fermentación. 6) propagación de microorganismos con buenos sistemas de aireación, dado que es en presencia de oxígeno cuando se produce la máxima reproducción celular, 7) fermentación mediante un proceso anaeróbico, 8) se separa el “mosto” etílico del concentrado de microorganismos., 9) destilar y rectificar para obtener etanol de 95% y 10) deshidratar (opcional), para obtener etanol puro anhidro.

El glicerol es un alcohol que también se obtiene a partir de lactosuero permeado, a partir de *Kluyveromyces fragilis*, en la presencia de 1% de Na_2SO_3 , para un rendimiento óptimo de 11,6 kg/m³. (Rapin et al, por Ramírez 2012) reportan que, a partir de *Kluyveromyces marxianus*, las condiciones óptimas para obtener un rendimiento del 9,5% de glicerol (en peso de lactosa) son de 30 a 37 °C y pH de 6 a 7. (p.76).

Bacteriocinas

En la producción de los quesos y como conservante se usa la nisina (polipéptido) que es una Bacteriocina, y actúa como antibiótico en contra de las bacterias Gram-positivas que deterioran los alimentos. Y al ser una proteína, es tratada por el cuerpo como tal y digerida en el intestino delgado. (Liu y colaboradores por Navas, 2012) han obtenido lisina (30 kg/m³) a partir de *Lactococcus lactis*, en un biorreactor de lecho empacado (pH 5,5, 31 ° C), utilizando lactosuero permeado. Su estudio ilustra la posibilidad de producción continua de alta concentración de Bacteriocinas por bacterias ácido láctico para uso como bioconservantes

alimentarios. También la obtención de Bacteriocinas, a partir de lactosuero permeado, lo reportan Cladera-Olivera et al., ellos trabajaron con *Bacillus licheniformis* a pH inicial entre 6,5 y 7,5 y temperatura entre 26 y 37 ° C. (p.77).

Elaboración De Bebidas

Existen varios estudios con el propósito de preparar a base de lactosuero dulce; una bebida apta para consumo humano Especies ácido lácticas termófilas y mesófitas del tipo: *Acetobacter aceti*, *Brettanomyces bruxellensis*, *Cándida kéfir*, *Gluconobacter oxydans ssp*, *Gluconoacetobacter xylinus*, *Kluyveromyces marxianus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus delbrueckii Lactobacillus kefir*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Streptococcus salivarius*, y *Streptococcus lactis*, *Streptococcus Lactis ssp*, se han empleado para obtener bebida láctea saborizada, tipo refresco, bebida agria tipo “kombucha”, bebida fermentada y bebida alcohólica de 11,46±0,81 °GL y de 35.4% v/v etanol. Al transformar al lactosuero en una bebida, se ve limitada la aceptación por la parte sensorial, lo cual provoca una reducción en su consumo (Ramírez, 2012).

Obtención De Biomasa

Los componentes principales del lactosuero son lactosa, minerales, proteínas como a-lactoalbúmina y b-lactoglobulina, así como otras moléculas pequeñas como péptidos y aminoácidos libres. Desechar el suero de queso crudo crea un gran Problema, porque tienen para su degradación requiere una alta demanda química de oxígeno (DQO) y demanda biológica (bioquímica) de oxígeno (DBO) con un valor de 60.000e80.000 y 30.000e50.000 mgL 1 O₂, respectivamente, que se debe principalmente a su alto contenido en lactosa (Karim & Aider, 2022).

Las actuales rutas biológicas están ganando atención por su valiosa producción de metabolitos utilizando los subproductos de bajo costo como fuentes de carbono y nitrógeno, como son la lactosa del lactosuero que en fermentación produce metabolitos como como ácidos orgánicos, enzimas, sustancias de sabor volátiles, los ácidos grasos y las proteínas unicelulares, Se da el nombre de Proteína unicelular, bioproteína o biomasa microbiana, a la proteína que se obtiene de algas, bacterias, levaduras y hongos filamentosos, y que son cultivados en condiciones de fermentación apropiadas y controladas, para de esta manera garantizar una adecuada tasa de crecimiento, con el aprovechamiento de sustratos baratos compuestos o enriquecidos con carbono, nitrógeno y fósforo.(Villalobos, 2004), podrían ser un enfoque sostenible para la gestión y valorización del suero (Karim et al., 2020) en su estudio Karin et al., 2020 concluye que el lactosuero transformado biotecnológicamente puede ser una oportunidad de mejorar la valorización del suero lácteo al mismo tiempo mejorar la producción de derivados de valor agregado y reducir los costes de eliminación de efluentes.

Los organismos más usados para la obtención de biomasa (proteína unicelular) a partir de la fermentación en lactosuero son *Kluyveromyces marxianus*, *Kluyveromyces lactis*, *Saccharomyces marxianus*. (Aráuz Solis, 2020). Es una de las pocas levaduras que posee la capacidad de hidrolizar la lactosa por fermentación, el alcohol producido puede emplearse como alcohol industrial o para la formulación de bebidas alcohólica (Vargas, 2017) Las condiciones generalmente utilizadas para la propagación de la levadura *K. marxianus* en suero son una temperatura entre 30 y 38 ° C sin que la variación realmente ejerza una influencia determinante de este rango, un pH entre 4,5 y 5,7, aunque ocasionalmente se utilizan pH más bajos; el nitrógeno es un nutriente limitante para la propagación ya que solamente 25% de la concentración de este elemento es utilizado por la *K. marxianus* por lo tanto se debe agregar un

suplemento de sales inorgánicas de nitrógeno y de vitaminas (Vargas, 2017) la *K. marxianus* contiene la coenzima Q-6 y también interviene en la fermentación del kumis (bebida láctea). (, Asimismo se utiliza para obtener células de levadura a partir del suero lácteo (Arellano et al., 2012).

De acuerdo con (Rincón-Pérez et al., 2021) El permeado de suero (EA-WP) puede usarse como potencial fuente para producir biomasa rica en proteínas y valiosos metabolitos tales como ácidos orgánicos y compuestos aromáticos volátiles utilizando *K. marxianus*. La biomasa fermentada podría usarse para proteínas y materiales enriquecidos con grasas, ya que comprendían alto contenido de proteínas y contenido de lípidos.

Como conclusión el suero lácteo es una fuente de sustrato rica en nutrientes para ser aprovechado en la transformación biotecnológica puede ser una oportunidad de mejorar la valorización del suero lácteo al mismo tiempo mejorar la producción de derivados de valor agregado y reducir los costes de eliminación de efluentes.

Producción De Biogases

La producción de metano técnicamente no es muy conveniente, debido a lo extenso del proceso y con opiniones para que la producción de metano (biogás), sea el último recurso a tener en cuenta para el aprovechamiento del lactosuero, existen plantas comercializadoras de metano, producido a partir de lactosuero, están funcionando en EE.UU. En el campo de la investigación, se han realizado avances en la producción de metano e hidrógeno renovable. Bacterias anaerobias mesófilas y termófilas (*Clostridium*, *Lactobacillus Bacillus*) se han empleado en la producción de biogases. (Ramírez, 2012).

Obtención De Biopolímeros

Los biopolímeros son polímeros que provienen de fuentes de energía renovable y sostenible, y son total o parcialmente reciclables y no generan sustancias tóxicas durante su producción. Son completamente degradados en compuestos que no dañan el medio ambiente: agua, dióxido de carbono y humus. Según la Asociación Española de industriales de Plásticos (Casquero, 2018) suponen una solución desde el origen del problema, por ser materiales biodegradables; pueden procesarse mediante las mismas tecnologías de procesamiento que los materiales termoplásticos convencionales, tales como extrusión, inyección o soplado.

Teniendo como materia prima el lactosuero se obtienen varios polímeros como: 1) ácido poliláctico, polilactato (PLA). 2) La familia de los polihidroxicanoatos (PHA) y 3) Films y recubrimientos de proteínas del suero. Industrialmente, para la obtención de estos productos (PLA, PHA), los M.O. que se han empleado han sido: *Alcaligenes*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Nocardia*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* y *E. coli* recombinante.

Con la polimerización el ácido láctico que se obtiene al fermentar azúcares se genera el compuesto PLA. Es un proceso doble de fermentación y polimerización que se lleva a cabo por diferentes bacterias homolácticas obteniendo rendimientos de más del 95% de conversión del azúcar en ácido láctico (baja [O₂], pH 5,4-6,4 y T 38-42 °C). Su síntesis ha sido objeto de numerosas investigaciones, ya en los años 60 fue cuando se demostró su utilidad en aplicaciones biomédicas en hilos de sutura, clavos empleados en la recomposición de fracturas óseas, se utiliza como soporte de ciertos medicamentos administrados en forma de parches de dosificación controlada, etc. Los PLA han mostrado propiedades físico-mecánicas excelentes, comparables a las de los plásticos convencionales. Su temperatura de transición vítrea está en el rango de 50°C a

80 °C mientras que la de fusión está en el rango de 130°C a 180°C. El inconveniente que presenta su producción son los altos costos.

Se tiene un grupo de biopolíesteres que son los PHA – PHB acumulados por diversos M.O. en forma de gránulos intracitoplasmáticos, que actúan como reserva de energía, cuando experimentan ciertas condiciones ambientales. Se obtienen directamente por fermentación del lactosuero. Han despertado gran interés en la sustitución de plásticos provenientes del petróleo. Tienen una gran variedad de propiedades físicas en función de la longitud de los grupos de unidades de monómero en el polímero. Son termoplásticos, elastómeros, insolubles en agua, enantiómeros puros, no tóxicos, biocompatibles, piezoeléctricos, y muestran un alto grado de polimerización y pesos moleculares de hasta varios millones de Da.

A comienzo de los años 90, se comenzó a investigar el uso de proteínas como biofilms. Se obtuvo productos, los cuales se destacan porque actúan como excelentes barreras para el oxígeno y los olores, solubles al agua (aunque pueden tratarse para ser insolubles y formar buenas barreras contra el vapor), contar con superficies transparentes y brillantes, y no proporcionar olores o sabores extraños. Los más utilizados son los recubrimientos aplicados en líquido a productos tales como snacks, frutas y verduras, chocolatinas, filetes de pescado, etc. En la actualidad, se está trabajando en la creación de un nuevo biofilms con buenas propiedades mecánicas y que puedan ser extruidos para formar bolsas (Ramírez, 2012).

Otras Aplicaciones

L. Enzimas

Utilizada de manera amplia la β -D-galactosidasa, conocida también como lactasa (E.C. 3.2.1.23) es muy utilizada en la industria láctea para realizar la hidrólisis de la molécula de

lactosa en sus correspondientes monosacáridos: glucosa y galactosa. La *Cándida pseudotropicalis* y *Kluyveromyces marxianus* han sido empleadas en la fermentación de lactosuero desproteinizado y suplementado, para obtener β -D-galactosidasa, que, al ser obtenida por este medio, posee estatus GRAS, es decir, resulta segura para su aplicación en la industria alimenticia. (Ramírez, 2012).

Otros Productos

A partir del lactosuero se obtienen otros productos, entre ellos se tienen: insecticidas, como Endotoxina o Toxina Mosquitocidal; Solventes como el Acetano-Butanol, Acetona-Butanol-Etanol (ABE)]; Tensoactivos, como los Soforolípidos y Vitaminas como Vitamina C o Ácido L-Ascórbico y Vitamina B12. (Ramírez, 2012).

En la siguiente tabla se presenta un resumen de varios de los productos obtenidos por vía fermentativa, a partir de componentes de lactosuero con microorganismos específicos en sustratos ya ensayados.

Se presenta un resumen en la siguiente figura de los principales tratamientos del lactosuero y productos derivados de su aplicación. Para tratamientos físico-químicos para obtener concentrados de suero y tratamientos biológicos a través de la fermentación para obtener biomasa, enzimas, bacteriocinas, biotensoactivos, alcoholes, biogas e inclusive electricidad tema que no se trató en este documento.

Debido al alto contenido de lactosa en el lactosuero este, es considerado un sustrato susceptible de ser valorizado energéticamente mediante la aplicación en procesos biológicos de fermentación. En función de las condiciones de operación y los microorganismos empleados hay diferentes alternativas de tratamiento. Entre las posibilidades, se pueden aplicar procesos de

Tabla 111.

Productos obtenidos por vía fermentativa, a partir de componentes de lactosuero

Producto (s)	Microorganismos	Medio	Sustrato
Insecticidas			
Endotoxina	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Lactosuero dulce sin suplementar	
Toxina Mosquitocidal	<i>Bacillus sphaericus</i>	Lactosuero permeado	
Solventes			
Acetano-Butanol	<i>Clostridium acetobutylicum</i>	Lactosuero permeado y extracto de levadura	Glucosa y Galactosa
Acetona, Butanol, Etanol (ABE).	<i>Clostridium acetobutylicum P262</i>	Lactosuero permeado e hidrolizado	Lactosa Glucosa y galactosa
		Lactosuero permeado suplementado con extracto de levaduras	Lactosa
Tensoactivos			
Soforolípidos	<i>Candida Bombicola</i> ATCC 22214, <i>Cryptococcus curvatus</i> ATCC 20509	Lactosuero desproteínizado concentrado y aceite de colza	
	<i>Cryptococcus curvatus</i> ATCC 20509, <i>Cándida bombicola</i> ATCC 22214	Lactosuero desproteínizado concentrado	Lactosa y lípidos
Vitaminas			
Vitamina C			

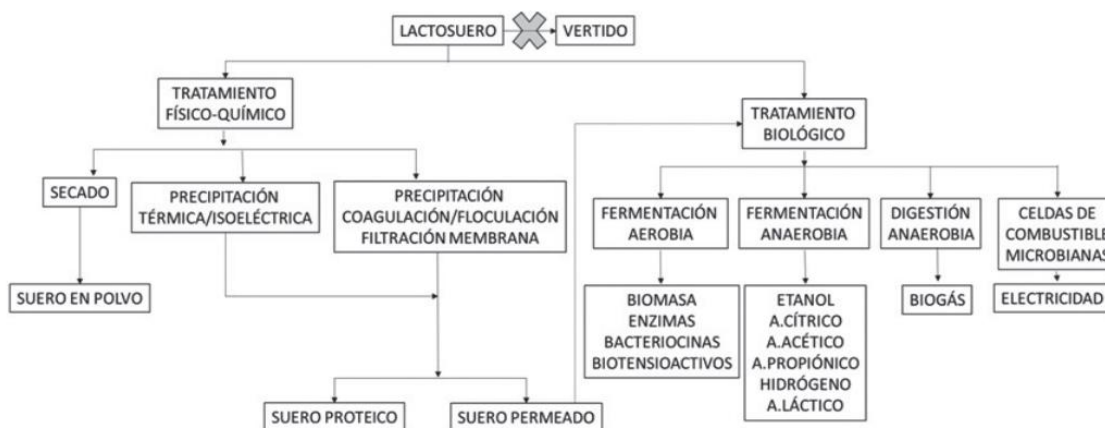
	<i>Cándida norvegensis</i> (CBS 2145) cepa mutante	Lactosuero dulce permeado	
Vitamina B12	<i>Propionibacterium hermanii</i>	Lactosuero suplementado con extracto de levaduras y sales minerales	Lactosa

Fuente: (Ramírez, 2012).

fermentación alcohólica, orientados a la obtención de etanol, digestión anaerobia para la producción de biogás, fermentación oscura para la obtención de hidrógeno o procesos de dos etapas combinadas para generar ambos, En el caso del aprovechamiento industrial, éste se orienta al fraccionamiento de sus principales componentes para la recuperación de las proteínas y la lactosa. (Fernández et al., 2016).

Figura 8.

Principales tratamientos del lactosuero y productos derivados de su aplicación



Nota: Tomado de Fernández et al., 2016.

Aprovechamiento De La Lactosa

El disacárido natural de la leche o azúcar de esta, es la lactosa y su peso molecular es 342 g/mol, está formada por la unión β (1-4) de la β -D-galactopiranososa (galactosa) y la α o β -D-glucopiranososa (glucosa). La lactosa existe bajo dos formas isómeras: α y β , que se diferencian estructura, pero únicamente en la posición del -OH en el carbono monomérico de la glucosa. Sin embargo, difieren apreciablemente en sus propiedades físicas, lo que hace que tengan distintas aplicaciones. La lactosa en estado sólido puede presentarse en estado cristalino o en estado amorfo. La lactosa en estado cristalino puede existir en diferentes formas. Las más conocidas son la α -lactosa y β - lactosa. También existen dos formas de α -lactosa anhidra cristalina, la forma estable y la inestable (higroscópica). Además se conoce la existencia de una forma cristalina llamada mixta, que contiene tanto α -y β -lactosa en una especial red cristalina. La cristalinidad es el resultado de una disposición altamente ordenada de las moléculas de lactosa. La lactosa amorfa carece de cristalinidad y la disposición de las moléculas es más o menos aleatoria. A continuación se describen las formas más frecuentes de lactosa sólida.

La importancia industrial de lactosa se evidencia en su uso como excipiente en la industria farmacéutica, la lactosa se utiliza en una amplia variedad de dosis sólidas orales, tales como comprimidos, cápsulas, sobres con polvo para uso oral y microesferas para inhaladores de polvo seco.(López et al., 2017).

α -Lactosa Monohidratada

Comúnmente la lactosa se obtiene en forma sólida cristalizando una solución sobresaturada. Si la cristalización es realizada a temperaturas inferiores a 93,5°C, se obtienen cristales de α -lactosa monohidratada, lo que significa que cada molécula de lactosa está asociada

con una molécula de agua, la cual no se elimina durante los procesos normales de secado. Este tipo de lactosa es usada en la industria farmacéutica como excipiente. (Kreczmann et al., 2015).

β-Lactosa

Para formar solamente cristales de β-lactosa, se cristaliza una solución concentrada de lactosa a temperaturas superiores a 93,5°C, y al comparar estos cristales con los cristales de β-lactosa monohidratada, son más frágiles y no contienen agua en su estructura cristalina. La pureza isomérica es aproximadamente el 80% α-lactosa y el 20% β-lactosa (Kreczmann et al., 2015) estante β-lactosa anhidra. Este tipo de lactosa se utiliza principalmente como material de relleno aglutinante para la producción de comprimidos (Kreczmann et al., 2015).

Lactosa Amorfa.

Al secar de manera extra rápida una solución de lactosa muy concentrada, en este caso por pulverización, el resultado es una masa de lactosa en estado vítreo, la cual es muy higroscópica. Este estado vítreo es una forma de lactosa amorfa que contiene tanto α y β-lactosa. Se tiene que la aplicación de la lactosa amorfa es la formación de comprimidos por compresión directa. (Kreczmann et al., 2015).

Tecnologías Para El Procesamiento Del Suero

Los procedimientos utilizados para la recuperación de las proteínas del suero son:

Microfiltración, Ultrafiltración y Nanofiltración. A continuación, se presenta una breve explicación de cada uno:

1. La microfiltración (MF) es el método de separación por membrana el cual emplea presión para separar los componentes de la leche como caseína, grasa, proteínas del suero, lactosa y minerales, en dos fracciones: retenido, que no logra atravesar la membrana y permeado las partículas que pasan a través del poro. (Latam News Media, 2016) “En la microfiltración se usan membranas de 0.1 a 1 micrones”. (Carbotecnia, 2021).
2. En la ultrafiltración, el tamaño de los poros es mayor, permitiendo que algunos componentes además del agua y los compuestos iónicos de la leche pasen la membrana, en un proceso de separación y fraccionamiento que generalmente utiliza temperaturas de 50-60 °C y se basa en membranas de polisulfonas (Solis et al., 2016). En la ultrafiltración se utilizan membranas de menor tamaño de poro, de 0.01 a 0.1 micrones. (Carbotecnia, 2021).
3. La Nanofiltración puede considerarse como un proceso dual, pues generalmente se aplica en conjunto con una ósmosis inversa. Suele involucrar una separación en base a tamaño molecular y otra basada en la carga eléctrica, lo que en teoría permite apartar los iones monovalentes de los polivalentes; esto para un punto de corte de las moléculas que ronda los 200 a 1.000 daltons, para tamaños de poro inferiores a 2 nm y velocidades de flujo cercanas a 10-41 kg/h*m²(Ramírez et al., 2018). Para la nanofiltración, estas membranas son todavía menores, de 0.001 a 0.01 micrones y la ósmosis reversa trabaja

con membranas menores a 0.001 micrones y la ósmosis inversa trabaja con membranas menores a 0.001 micrones. Dependiendo del o los componentes a separar se hace la elección del tamaño de membrana a utilizar (Ramírez et al., 2018) (Arias & Lastra, 2020) (Carbotecnia, 2021).

Para procesar el suero lácteo es indispensable hacer inicialmente una etapa de pretratamiento; consiste en realizar operaciones de clarificación, desnatado que es el mismo desengrasado y pasteurización. Lo anterior asegura que el suero queda listo para ser utilizado como materia prima se encuentra en óptimas condiciones para elaborar productos de mayor valor agregado, el cual cumple con las características condiciones requeridas por los distintos procesos a los que será sometido. Estas operaciones de pretratamiento en algunos casos pueden realizarse en el mismo lugar donde se obtiene el suero como residuo de la elaboración del queso, siempre que se cuente con el equipo requerido para el almacenamiento en temperaturas de refrigeración del suero pretratado. El post tratamiento del suero y su uso en la industrialización de otros productos abarca principalmente la aplicación de tecnologías de membrana para la concentración o el fraccionamiento de proteínas y de secado por spray (Luján, 2016).

Tecnologías De Membrana

Una de las tecnologías de separación de los compuestos del suero lácteo, es tecnología de membranas, la cual consiste en instalar membranas semipermeables y en la operación de filtrado cruzado a presión controlada del material a fraccionar. Como descarga de esta operación siempre se obtienen dos corrientes: el permeado que contiene aquellos compuestos que son filtrados por la membrana semipermeable, normalmente se desecha y el concentrado o retenido que se

compone de las sustancias aprovechables que se desean mantener en el producto final.

(Parzanese, 2013).

Ósmosis Inversa

Consiste en un proceso en el cual se da una separación únicamente del agua presente en la leche, la cual posee un peso molecular menor a 150 daltons; esto gracias a que el tamaño del poro empleado es sumamente pequeño y entre 5 a 15 Å. (Hernández, 2016).

La ósmosis inversa puede considerarse como un proceso de concentración de la leche que a diferencia del proceso tradicional no emplea calor, y que puede generar retenidos con un contenido máximo de 30% en sólidos. (Hernández, 2016).

Tecnologías Empleadas Para La Obtención De Productos a Partir Del Lactosuero

Tabla 122.

Procesos de separación por Tecnologías de membranas

	Microfiltración	Ultrafiltración	Nanofiltración	Ósmosis inversa
Concentrado	Grasa y proteínas grandes	Proteínas y grasas	Todos los solutos excepto iones monovalentes	Todos los solutos
Permeado	Agua Minerales Lactosa Proteínas pequeñas	Agua Minerales Lactosa	Agua Iones monovalentes	Agua
Rango de presión de operación	10 – 50 psi	30 – 150 psi	150 – 600 psi	200 – 1000 psi

Fuente: (Parzanese, 2013).

Otras Tecnologías De Recuperación De Componentes Del Lactosuero

En la actualidad se hace por parte de científicos una revisión centrada en analizar diferentes aspectos que tiene relación con la recuperación intensificada de posibles productos valiosos a partir de suero de queso usando ultrasonido. El ultrasonido se puede utilizar para la intensificación de procesos en las etapas de procesamiento tales como pre-tratamiento, la ultrafiltración, secado por pulverización y cristalización.

Ultrasonido de alta intensidad, combinado con baja frecuencia, junto con el tratamiento de precalentamiento logra reducir al mínimo el espesamiento y gelificación de la proteína que están contenidas en las soluciones de suero de leche. Estas características de suero de leche después de la asistida por ultrasonido de pretratamiento ayudan a mejorar la eficacia de la ultrafiltración se utiliza para la separación, lo cual también ayuda en la prevención de la obstrucción de orificio del dispositivo de pulverización secador de atomización. Además, se aumenta la estabilidad térmica de las proteínas del suero. En la etapa de procesamiento posterior, el uso de ultrasonido atomización asistida ayuda a reducir los tiempos de tratamiento, así como producir una mejor calidad de concentrado de proteína de suero de leche en polvo (WPC). Luego de haber eliminado las proteínas del suero, la lactosa es un componente importante que queda en la solución que se puede recuperar de manera eficiente por sonocrystallization basado en el uso de anti-disolvente como etanol. Los parámetros de escalado que se deben considerar durante el diseño del proceso para aplicaciones a gran escala también se discuten junto con el análisis de diversos diseños de reactores. En general, parece que uso del ultrasonido puede dar beneficios significativos proceso de intensificación que se pueden aprovechar incluso en aplicaciones a escala comercial. (Gajendragadkar & Gogate, 2016).

Un proceso que logra precipitar para separar las fosfolipoproteínas, fue desarrollado por un grupo francés en el año de 1985, dejando un suero claro sin que tapone los filtros. Esto se logra simplemente agregando calcio al suero hasta una concentración de 1.2 g de calcio/Kg de suero, ajustando el pH a 7.3 y variando rápidamente la temperatura de 2 a 500C (Acevedo, 2010)

Es decir que el primer paso del procesamiento del suero del queso es su clarificación, por eliminación de las fosfolipoproteínas. Estas no se desechan ya que son útiles por sus propiedades funcionales. El paso siguiente consiste en proceder a la ultrafiltración, pero ahora sin temor a que se tapen las membranas; las proteínas quedan retenidas y pasan los componentes de bajo peso molecular de manera que se obtiene un líquido filtrado, denominado permeado, rico en sales y en el azúcar lactosa. (Acevedo, 2010).

Obtención Del Concentrado De Suero

El pretratamiento del suero lácteo se realiza para antes de obtener el suero concentrado, con el propósito de separar la grasa y los restos de caseína, para evitar que interfieran en los pasos posteriores. En el suero siempre se encuentran presentes finas partículas de caseína. Éstas tienen un efecto adverso en el proceso de separación de la grasa, por eso deben ser separadas en primer lugar. Si se almacena de 10 a 15 horas antes del tratamiento, debe ser enfriado operación suficiente para reducir la actividad bacteriana. Para almacenamiento por largo periodo es necesario pasteurizarlo (ICS & PUJ, 2013).

Recuperación De Proteínas

El suero representa entre el 80 – 90 % del volumen total de la leche que va a ser procesada y contiene aproximadamente el 50 % de los nutrientes de la leche original: proteínas solubles, lactosa, vitaminas y sales minerales. Debido al elevado porcentaje de proteínas

hidrosolubles que contiene, particularmente el suero de queso, se encontró que a través de su tratamiento con distintas tecnologías pueden obtenerse concentrados proteicos de amplia aplicación en la industria alimentaria. Entre los principales subproductos se encuentran el suero lácteo en polvo se encuentran diferentes subproductos así: suero en polvo desmineralizado, lactosa en polvo, suero en polvo deslactosado y suero reducido en lactosa (Reduced Lactose Whey – RLW), aislados proteicos de suero (Whey Protein Isolates – WPI), proteínas concentradas de suero (Whey Protein Concentrates – WPC), lactalbumina y suero permeado (Whey Permeate – WP). Gracias a su funcionalidad tecnológica que poseen algunos de estos concentrados proteicos se los utiliza como ingredientes en la formulación de nuevos productos en diversos sectores alimentarios y de bebidas y como reemplazo o alternativa a otros ingredientes tradicionales. (Trejo et al., 2015).

Obtención Del Suero Lácteo En Polvo

A partir del suero lácteo se obtiene el concentrado de proteínas del suero lácteo (suero lácteo en polvo) mediante técnicas de membrana, resultando ser una de las técnicas de revalorización del suero lácteo más relevantes en la actualidad, Se obtiene preconcentrando el suero lácteo hasta 40-70% de sólidos totales y posterior secado por pulverización o por tambor rotatorio hasta alcanzar los 95% de sólidos totales. (Luján, 2016).

Obtención De WPC. El polvo de suero mediante secado del concentrado de la ultrafiltración, se presentan como concentrados de proteínas de suero.

Son mencionados de acuerdo a su contenido en proteína (porcentaje de proteína sobre materia seca), oscilando entre 35 y 80%. Para fabricar un producto con un 35% de proteína, el suero líquido se concentra unas seis veces hasta un contenido de sólidos totales aproximadamente del 9%. Para obtener un concentrado con un 80% de proteína, el suero líquido

se concentra unas 20-30 veces mediante ultrafiltración hasta un contenido de sólidos de aproximadamente 25%. Este valor se considera como el máximo para una operación económica, por lo que es necesario diafiltrar el concentrado para eliminar lactosa y cenizas y aumentar la concentración de proteínas con relación a la materia seca total. La diafiltración (DF) es un proceso en el que el agua se añade al alimento conforme se realiza la filtración con el fin de lavar los componentes de bajo peso molecular que pasaran a través de la membrana, básicamente lactosa y sales minerales. Este permeado se utiliza como materia prima para obtener lactosa (Ramírez et al., 2018).

La desmineralización mediante nanofiltración (NF), es un tratamiento adicional que se puede hacer antes de la etapa de ultrafiltración. Ella se realiza con el uso de membranas de ósmosis inversa de poros muy pequeños, especialmente diseñadas, en donde pequeñas partículas como ciertos iones monovalentes (sodio, potasio, cloruro) y pequeñas moléculas orgánicas (como urea y ácido láctico) pueden escapar a través de la membrana junto con el permeado acuoso. En el concentrado se retiene la mayoría de las proteínas puras, normalmente más del 99%, junto con el contenido de grasa que no se eliminó en el desnatado (Ramírez et al., 2018). Todo este proceso se evidencia en la figura 9:

Obtención De WPI. Cuando se va a obtener aislados de proteínas de suero lácteo se hace uso de dos métodos: tecnología de membrana y tecnología por intercambio iónico. Pues el intercambio de iones proporciona una mayor concentración de proteína por kilo de producto final, pero esto es sólo una parte de la ecuación que interesa. Los aislados de intercambio iónico, como muchos concentrados de suero, se procesan con altas temperaturas

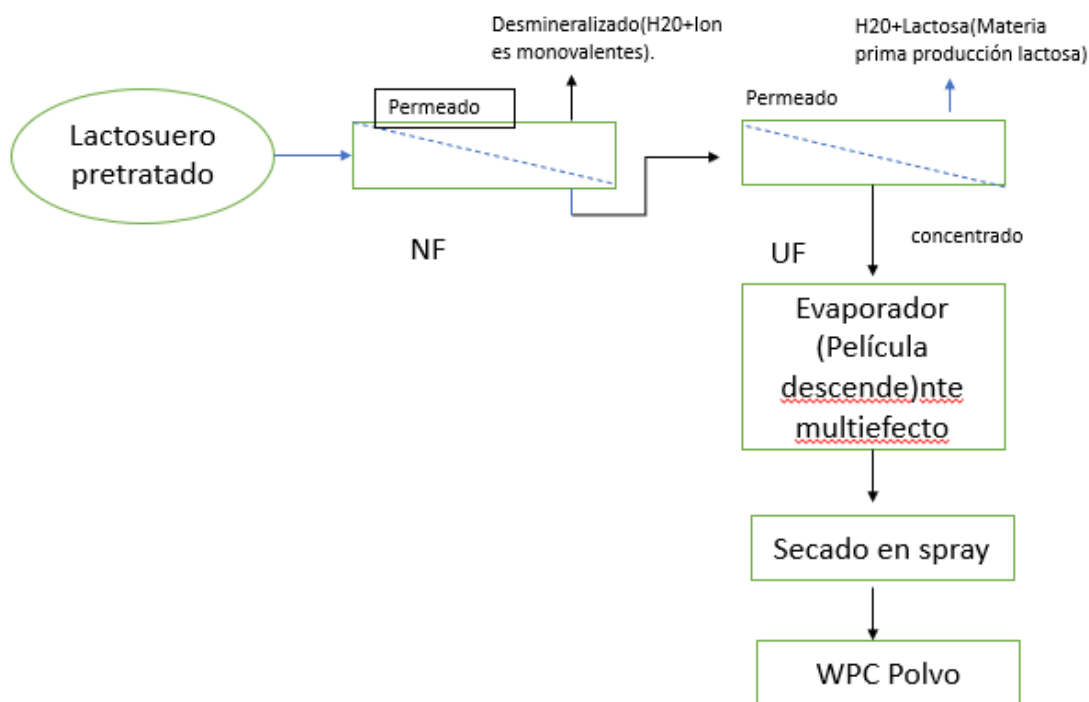
Figura 9.

Diagrama de flujo de la obtención del WPC

Nota: Tomado de Kreczmann et al., 2015.

y por tanto sacrifican la actividad biológica de las microfracciones que existen en el suero de la leche. Estos aislados de intercambio iónico se obtienen a través de una tecnología denominada “columna de intercambio de iones”, que separa las proteínas del resto de los componentes del suero mediante una discriminación basada en su carga eléctrica. Durante este proceso la mayor parte de los componentes bioactivos, que dan valor extra a la proteína de suero para promover salud y rendimiento, son desintegrados o pierden totalmente su capacidad biológica. Una de las pérdidas más acusadas se produce sobre los llamados glicomacropéptidos (GMP). En su lugar, los aislados de intercambio iónico logran aumentar de forma alarmante la concentración de beta-lactoglobulina, una subfracción que puede tener reacciones molestas, pues su ingestión indiscriminada se asocia a un gran número de reacciones alérgicas. (Kreczmann et al., 2015).

Para obtener el WPI, se hace uso de tecnología de membranas que utiliza etapas en serie de ultrafiltración (UF) y microfiltración (MF); es decir el permeado de la MF (desengrasado) se envía a una segunda unidad de UF para posteriormente su concentración. Una etapa que también incluye diafiltración (DF). Las membranas de microfiltración empleadas para tal fin se diseñan para retener partículas en suspensión en el rango de micras, como es el caso de grasas presentes en el lactosuero concentrado. Por otro lado, las membranas de ultrafiltración empleadas se diseñan para retener los constituyentes del lactosuero en el rango molecular, como es el caso de las proteínas, separándolas de lactosa y otras impurezas presentes en el lactosuero (materia prima para la producción de lactosa). Aquí se destaca que el tratamiento del concentrado de suero a partir de una ultrafiltración en una planta de microfiltración puede reducir el contenido de grasas del WPC 80-85% en polvo desde el 7,2 % ó menos del 0,4 %. Esta técnica difiere del intercambio iónico, en que no hay modificación química de las proteínas y que la fracción de glicomacropéptidos es retenida junto con las demás. Si no hay ajuste de pH y el proceso se lleva a cabo a temperaturas intermedias, el producto final está casi completamente exento de proteínas desnaturalizadas. (Kreczmann et al., 2015). Todo este proceso se evidencia en la figura 10.

Figura 10.

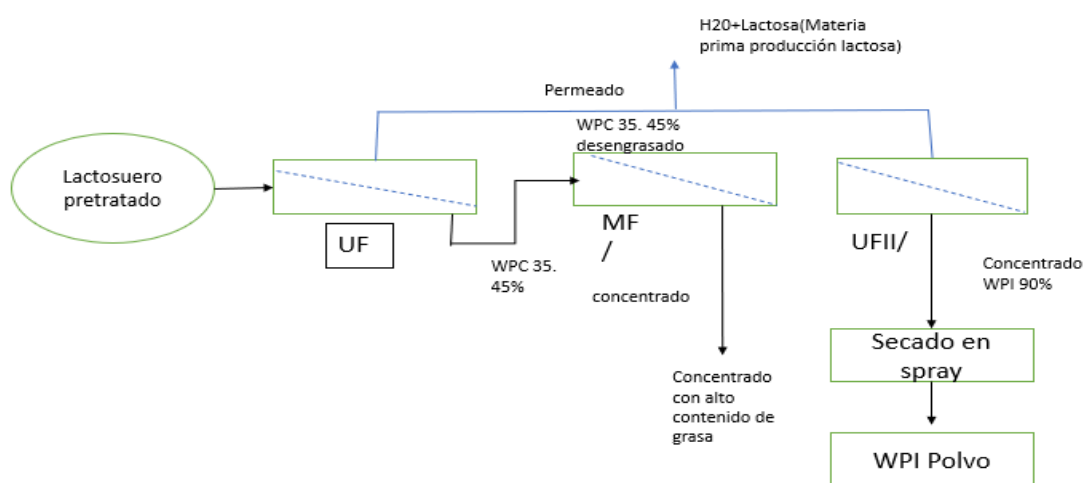


Diagrama de flujo de la obtención del WPI

Nota: Tomado de Kreczmann et al., 2015.

Obtención De Aislados De Suero Con Tecnología De Membrana. Para que sea posible obtener aislado de proteínas lactosuero, este proceso transforma el suero pre-tratado en WPI, mediante un proceso donde se aplican distintos tipos de tecnologías de membrana, mediante etapas de filtrado en serie (Kreczmann et al., 2015):

- **Ultrafiltración I**

Alimentación: corriente de concentrado de suero tipo WPC 35.

Es indispensable la ultrafiltración para que sean eliminados por completo los microorganismos. Los poros de las membranas de ultrafiltración pueden retirar de los fluidos partículas de 0.001 – 0.1 μm (AEDyR, 2020).

- **Microfiltración**

Alimentación: corriente de salida de la etapa de Ultrafiltración I

El suero descremado después del proceso de centrifugado, se transforma en la materia prima de la microfiltración, el uso de la microfiltración antes de la ultrafiltración mejora los flujos al remover previamente la grasa residual, caseína y los microorganismos, con una membrana de cerámica de 0.1 μm de diámetro de poro. El volumen de permeado recuperado presenta un rendimiento del 75%. (Guerrón, 2015).

- **Ultrafiltración II**

Alimentación: corriente de salida de la etapa de Microfiltración.

Una vez pretratado con la MF, el lactosuero se encuentra listo para ser sometido al proceso de concentración de proteínas y la disminución de la concentración de lactosa y minerales. El tamaño de los poros de la membrana también obedecerá a la conformación de las

moléculas que se procuren aislar. Las presiones de trabajo empleadas deben ser menores a 1 MPa. Las membranas tienen una dimensión de poro entre 0,015 μm a 0,10 μm , permitiendo aislar moléculas de masa molecular dentro de un rango de 1 a 200 kDa. la lactosa, las vitaminas hidrosolubles, el nitrógeno no proteico y las sales pasan a través de la membrana, al mismo tiempo que se retienen las proteínas y las grasas (Guerrón, 2015).

Si el modo de operación de la etapa de ultrafiltración es concentración, los concentrados de proteínas que se obtienen contienen hasta, aproximadamente, un 70 % de proteína. Para la obtención de WPI, se usan las tecnologías de membranas de microfiltración y ultrafiltración. (Garavito & Mendez, 2021) El suero de leche desgrasado se obtiene como permeado de MF, e retenido, rico en fosfolípidos, puede usarse como agente emulsionante en alimentos y cosméticos. El WPC desgrasado tiene una capacidad de espuma similar a la de la clara de huevo y el mismo contenido de proteína. (Ramírez et al., 2018) Independientemente del tratamiento posterior, la primera etapa que se efectúa es la separación de la grasa y de los finos de caseína (Figura11), ya que interfieren en los pasos posteriores.

El concentrado de suero obtenido por la microfiltración y la ultrafiltración, posteriormente, es enviado a secado por spray para la obtención de WPI.(ICS & PUJ, 2013). El total de WPI producido se puede estimar en aproximadamente una 0,5 lb de WPI por cada 100 lb de suero de alimentación. (Parzanese, 2008).

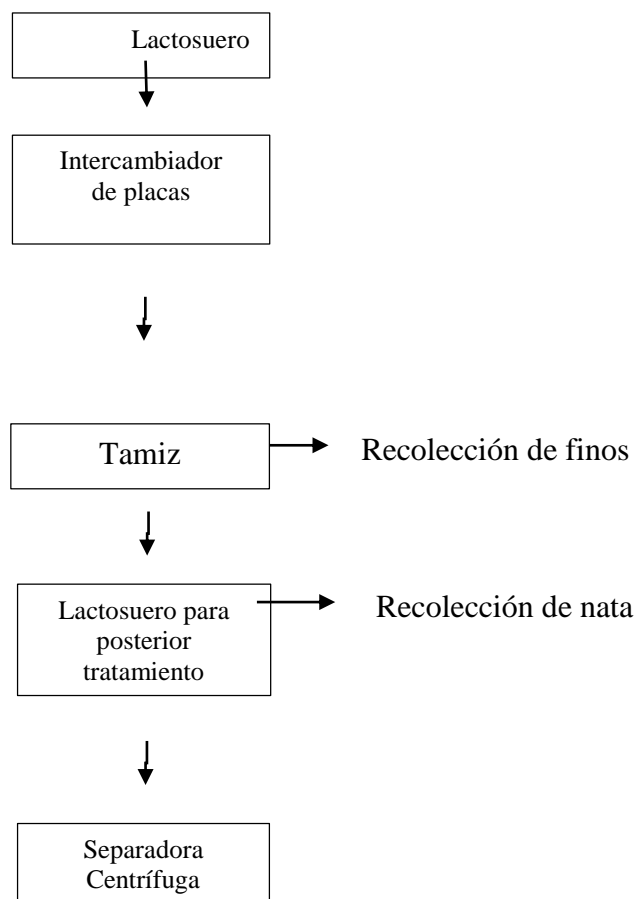
Figura 11.

Diagrama de flujo del pretratamiento del suero

Nota: Tomado de Kreczmann et al., 2015.

Producción De La Lactosa Grado Alimentario

La producción de lactosa se realiza utilizando como materia prima el lactosuero permeado de este, proveniente de la ultrafiltración, suero desproteinizado. Siendo la lactosa el principal constituyente del lactosuero. Intervienen en el proceso las siguientes etapas

(Kreczmann et al., 2015):

Concentrado

La evaporación del lactosuero se efectúa para obtener un concentrado, previamente se utilizan plantas de ósmosis inversa (OI) de diseño tubular para efectuar una pre- concentración antes de que el suero sea enviado al evaporador donde se ha de realizar la concentración final. Luego de la evaporación se alcanza una concentración del 65% en sólidos, aproximadamente. Cuando se llega a esta concentración y estando en frío se induce la cristalización de la lactosa (Kreczmann et al., 2015).

Cristalización

Hay varios factores por los que se determina el ciclo de la cristalización estos son: superficie de cristales disponible para crecimiento; pureza de la solución; grado de saturación, temperatura, viscosidad y agitación de los cristales en la solución. Varios de estos factores están relacionados entre sí, por ejemplo el grado de saturación y viscosidad. Normalmente, durante la cristalización se añaden cristales de lactosa (núcleos) para acelerar la misma. El grado de cristalización viene en principio determinado por la cantidad de β -lactosa convertida a la forma buscada α -lactosa, por lo que el enfriamiento del concentrado debe ser controlado y optimizado de forma cuidadosa (temperatura de cristalización $< 93,5^{\circ}\text{C}$). Después de este proceso, que puede llegar a durar varios días, la melaza de cristales pasa a decantadores centrífugos donde los

cristales de la lactosa se enjuagan y se separan del licor madre, el tamaño de los mismos debe ser superior a 0,2 mm, ya que cuanto mayor sean, mejor se puede efectuar la separación (Kreczmann et al., 2015).

Separación De La Lactosa

Los cristales de la lactosa se recolectan utilizando varios tipos de centrífugas. Es normal hacer uso de decantadores centrífugos horizontales porque trabajan de forma continua y tienen un tornillo transportador para la descarga de la lactosa. Con el objetivo de conseguir una separación más eficiente entre los cristales y la solución madre se pueden instalar dos decantadores en serie. Durante la separación, las impurezas de la lactosa se eliminan por lavado, de forma que se obtiene un alto grado de pureza. El contenido residual de humedad de lactosa después de la segunda etapa de separación es inferior al 9%, y la lactosa pura representa cerca del 99% de los sólidos totales secos. Cabe destacar que el licor madre -que contiene cantidades significativas de proteínas, minerales, vitamina y más de un 18% de lactosa- se suele utilizar como suplemento alimentario para ganado. (Kreczmann et al., 2015).

Secado

El secado de la lactosa se realiza luego de la separación, alcanzando un contenido máximo de humedad del 0,1 – 0,5%, teniendo en cuenta el uso a que este destinado el producto. La temperatura durante el secado no debe superar los 93°C, ya que se forma β -lactosa a temperaturas superiores. El tiempo de secado debe ser también tomado en consideración. Durante el secado rápido tiende a formarse una delgada capa de lactosa amorfa sobre los cristales α -hidratos, lo que puede dar lugar posteriormente a la formación de grumos. El secado se realiza

normalmente en un secador de lecho fluidizado. La temperatura se mantiene a 92°C y el tiempo de secado es de 15-20 minutos (Kreczmann et al., 2015).

Molienda, Tamizado y Envasado

La molienda de los cristales se efectúa después del proceso de secado. Se usa generalmente molino de martillos, para finalmente ser tamizados y envasados (Kreczmann et al., 2015).

Producción De La Lactosa Grado Farmacológico

Se debe hacer un proceso de refinado cuando se trata de obtener lactosa grado farmacéutico. Para este proceso se disuelven los cristales de lactosa en agua caliente hasta obtener una concentración aproximada del 50%. Luego se trata la solución con carbón activo, que absorbe gran número de solutos, incluida la riboflavina, así como proteínas y proteasas. El carbón activo se separa por floculación y posterior filtración. Tras esto, se lleva a cabo la cristalización y separación de los cristales por centrifugación. Tras el secado de estos cristales, se obtiene lactosa con grado farmacéutico. Para obtener cristales con una distribución de tamaño específica, se lleva a cabo la molienda y tamizado. (Kreczmann et al., 2015).

A continuación, se presentan las calidades:

- Lactosa alimentaria, con un mínimo de 99 por ciento de lactosa;
- Lactosa farmacéutica (Codex), con un mínimo de 99,8 por ciento de lactosa.

La lactosa se debe someter a un proceso de hidrólisis por vía enzimática, con ayuda de lactasas, con el propósito de aumentar su poder endulzante, elevando así este poder alrededor de cuatro veces. (Odepa, 2008).

Usos y Aprovechamientos De Las Proteínas Del Suero Lácteo

La modificación de proteínas mediante la incorporación de carbohidratos, proceso conocido como glicosilación, presenta una gran heterogeneidad. Comprender los mecanismos que subyacen a este proceso podría mejorar sustancialmente la producción farmacéutica de glicoproteínas. La glicosilación es conocida por su papel en el plegamiento, la maduración, el tráfico, la secreción y la función de las proteínas. Este proceso comienza en el retículo endoplasmático mediante la incorporación de un precursor glicano a una proteína y, seguidamente, esta proteína es transportada al aparato de Golgi donde esta modificación de glicano madura posteriormente gracias a la incorporación de varios grupos azúcar. Esto motiva, en último lugar, la aparición de una. Esto sugiere que la modificación de la secuencia de la proteína podría constituir un método alternativo para la producción de glicoproteínas recombinantes a nivel industrial. Estructuras de glicano tanto en el sitio de glicosilación como a diferentes niveles de organización (organismo, célula y proteína). Además de su importancia biológica, esta heterogeneidad tiene implicaciones de gran calado para la producción de compuestos farmacológicos con una biodiversidad de glicanos específica y reproducible. Comprender el papel de las diferentes estructuras de glicano ayudaría a reducir la heterogeneidad de las mismas en proteínas recombinantes. Esto sugiere que la modificación de la secuencia de la proteína podría constituir un método alternativo para la producción de glicoproteínas recombinantes a nivel industrial. (Comisión Europea, 2016).

Las propiedades espumantes de las proteínas de suero lácteo derivan de su fuerte tendencia a adsorberse sobre la interfase aire-agua. Por lo tanto, las estrategias de formulación que permitan la existencia de interacciones sinérgicas entre proteínas y otros aditivos

alimenticios, tales como los polisacáridos, así como también la aplicación de tecnologías adecuadas que den lugar a la modificación estructural de proteínas, tales como la hidrólisis enzimática, podrían plantearse como alternativas para ampliar la utilización de las mismas como ingredientes funcionales de productos espumados (aderezos, cremas, bebidas espumantes, merengues, productos de panadería y confitería, (Perez, 2011).

Se debe conocer diferentes propiedades de las proteínas como: las físicas, químicas y funcionales así como también cambios estructurales y químicos que puedan producirse durante la elaboración de los alimentos, es un aspecto clave para conocer la forma en que se comportan las proteínas en las distintas matrices alimentarias.

Tabla 133.

Composición de distintos aislados proteicos y subproductos del suero

Productos	Componentes				
	Proteínas %	Lactosa%	Grasa %	Minerales %	Humedad %
Suero dulce en polvo	11.0 - 14.5	63.0 - 75.0	1.0 – 1.5	8.2 – 8.8	3.5 – 5.0
WPC 34%	> 35	< 55	< 4	< 8	< 4
WPC 35%	34 – 35.4	51 - -54.5	3.5 – 5.0	3.1 – 8.0	-
WPI	80 - 82	4.0	4.0	3.0	3.5
Suero parcialmente desmineralizado en polvo	> 90	2.3	0.4	1.8	3.2

Fuente: (Parzanese, 2008).

Los productos derivados del suero pueden tener variadas aplicaciones en la elaboración de alimentos, algunas de ellas son: Concentrados proteicos, bebidas energéticas, bebidas refrescantes, bebidas alcohólicas y fermentadas, bebidas lácteas, los concentrados (WPC) con un contenido aproximado del 35% de proteína, son usados como sustitutos de leche descremada, en la producción de (helados, yogures, quesos procesados, galletas, pasteles, salsas, fideos, carnes procesadas, derivados lácteos, formulas infantiles, productos untables y de bajas calorías). Los concentrados (WPC) con un contenido del 80% de proteínas son utilizados en fórmulas de gelificación, emulsificantes y espumas. (Foegeding & Luck citado en Motta-correa & Mosquera, 2015), panificados (bases para pasteles, galletitas, barras nutritivas), confitería (chocolates, coberturas, caramelos) y bebidas; la lactosa por su poder edulcorante como excipientes farmacéuticos, diluyentes, en salsas, sopas, chocolatería para alimentos dietéticos, dulces (Motta & Mosquera, 2015). Las tecnologías disponibles actualmente en el país para el pretratamiento y procesamiento de suero son equipos para desnatado, clarificación y pasteurización (pretratamiento) y tecnologías de membrana y de secado en Spray (procesamiento). El fraccionamiento del suero lácteo proporciona una interesante posibilidad comercial en la fabricación de productos alimenticios. Es por esto que actualmente se encuentran en desarrollo nuevos procesos para poder obtener alimentos y productos gran calidad nutricional. (ICS & PUJ, 2013).

Dependiendo del proceso que se relace en la elaboración del queso, se pueden obtener dos tipos de suero: suero dulce y suero ácido. El suero dulce resulta de la precipitación de las proteínas por hidrólisis específica de la k-caseína, por coagulación enzimática, con pH próximo al de la leche inicial y sin variación de la composición mineral. (Ramirez, 2015) . La coagulación enzimática, puede dividirse en dos partes, una primaria (hidrólisis enzimática) y otra secundaria

(agregación). Durante la etapa primaria, la k-caseína es “cortada” por la acción de la enzima en el enlace Phe105- Met106, formando una porción hidrofóbica: para k-caseína y una hidrofílica: caseína macropéptido. Como resultado de esta acción se produce la reducción de la carga negativa neta y de la repulsión estérica. De esa manera, la micelas modificadas comienzan a ser susceptibles de agregarse (Sbodío & Revelli, 2012). El Lactosuero ácido, líquido sobrante obtenido después de la coagulación ácida o láctica de la caseína; presenta un pH cercano a 4,6 debido a la producción de ácido láctico y alto contenido de minerales (más del 80% de los minerales de la leche de partida) (Ramirez, 2015). De los dos tipos de suero, el dulce posee mejores aptitudes para el procesamiento y para obtener subproductos de mayor valor agregado. Este presenta aproximadamente 95% de lactosa, 25% de proteínas y 8% de la materia grasa que contiene la leche y es por eso que desde hace mucho tiempo se observó la posibilidad de reutilizarlo para distintos fines. Tradicionalmente se lo destinó como complemento en la alimentación de ganado bovino y porcino, aunque en la actualidad debido al elevado volumen de suero que es generado a diario, una mínima fracción de este alcanza para cubrir la demanda de ese sector. Los subproductos que se obtienen del suero presentan características y propiedades funcionales diversas, las cuales dependen principalmente del contenido de proteínas y de los demás nutrientes que posea cada producto en particular (Parzanese, 2013). Las variadas y ricas mezclas de proteína del suero lácteo, poseen amplio rango de propiedades químicas, físicas y funcionales, (Támara, 2015) Sin embargo es necesario la aplicación de estas tecnologías alternativas y así obtener gran cantidad de productos con propiedades nutricionales y funcionales útiles en la formulación y elaboración, almacenamiento y consumo de alimentos, (valencia citado en Támara, 2015).

Las funcionalidades tecnológicas que poseen las proteínas del suero son gelificación, retención de agua, solubilidad, emulsificación, espumado, espesamiento, absorción y/o retención de lípidos y flavor (aromas y sabores). Todas ellas dependen de las características físicas, químicas y estructurales (tamaño, forma, composición, secuencia de aminoácidos, etc.) de las proteínas, y también del tipo de uniones intra e intermoleculares, la rigidez / flexibilidad molecular en respuesta a variaciones en la composición del medio y principalmente por el tipo de interacciones de las proteínas del suero con los demás componentes de la matriz alimenticia (Parzanese, 2013).

Aplicación De Concentrados De Proteína De Suero En Productos Bajos En Grasa

El Concentrado de Proteína de Suero o WPC, es de amplio uso como alimento bajo en grasa, utilizado solo o combinado con diferentes ingredientes. Los concentrados de proteínas de suero reemplazan a la grasa ya que otorgan características similares a las aportadas por este compuesto como son viscosidad, sensación al paladar, apariencia, etc. En la formulación de sopas y salsas bajas en grasa los WPC son utilizados por sus excelentes propiedades emulsificantes pues logra una buena dispersión de la materia grasa. También se aplican a los aderezos bajos en grasa porque permiten reducir costos a través de la inclusión de cantidades adicionales de agua y permiten lograr un producto con buena viscosidad y opacidad (Parzanese, 2013). Los WPC también se aplican en la elaboración de productos cárnicos (salchichas y carnes procesadas), obteniéndose buenos resultados. Pues se logra la reducción en el costo, mejora de la textura, de la sensación al paladar y un perfil nutricional superior (Marchetti, 2015).

Empleo De Derivados Proteicos De Suero En Postres y Productos De Confitería

En la elaboración de mezclas para helados, el agregarles subproductos de suero de leche, es indispensable considerar primero el contenido de proteína y lactosa que estos puedan aportar al producto final. Igual, se sugiere el empleo de WPC ya que estos concentrados presentan un perfil de proteínas más adecuado que la de otros subproductos, además de poseer una concentración menor de lactosa. Por otro lado, se recomienda analizar y determinar cuidadosamente cuál será el tiempo de almacenamiento adecuado, particularmente cuando se incorporen WPC 60 – 85% o WPI a postres congelados, ya que con el tiempo estos pueden hidratarse y alterar la viscosidad u otras características del producto. Por otro lado, los factores que deberían tenerse en cuenta al momento de utilizar determinados subproductos del suero como ingredientes en la elaboración de productos de confitería son: restricciones de costos, contribución a un perfil de sabor específico, cambios en la reología y características organolépticas. Como ejemplos se pueden mencionar el uso de WPC desgrasados o WPI como sustituto de proteína de huevo en la elaboración de merengues y de WPC con mayor contenido de grasa en la fabricación de pasteles esponjados con resultados aceptables. (Parzanese, 2013).

Potencial Uso Del Suero Lácteo Como Fuente De Calcio De Alta Biodisponibilidad

En esta publicación de la Revista Chilena de Nutrición, en el aparte “Proteínas del suero” dice que estudios in vitro demuestran que las proteínas del suero, como la α -lactoalbumina y la β -lactoglobulina, se pueden unir al calcio, interviniendo en su biodisponibilidad. La α -lactoalbúmina se une fuertemente al calcio, de forma similar a la calmodulina, no obstante, estos efectos parecen ser menos evidentes in vivo.

En el suero lácteo, entre las proteínas y el calcio existe una relación en esta fracción láctea, con evidencia de que los componentes proteicos del suero, (refiriéndose con ello a la α -

lactoalbumina, β -lactoglobulina, albumina, inmunoglobulinas, y proteínas bioactivas presentes en menor proporción), pueden tener un impacto positivo sobre la salud ósea porque estimulan el crecimiento y la diferenciación de células óseas in vitro y suprimen la resorción ósea en ratas ovariectomizadas (OVX). La relación de estas proteínas con el metabolismo óseo en ratas OVX se asocia al aumento en el hueso de proteínas como el colágeno, a la mejora en la fuerza de rotura ósea (fuerza y energía), y a la activación de los osteoblastos.

Se ha demostrado que una alimentación enriquecida a base de un complejo de minerales de suero lácteo ácido, según estudios realizados en ratas en crecimiento, el resultado es de mayor densidad mineral ósea con reducción en los niveles de hormona paratiroidea después de 28 días de su consumo. Entre los minerales, el contenido de fósforo y magnesio, pueden ser los factores más relevantes para una mejor absorción y utilización del calcio a nivel fisiológico.(Poveda, 2013).

Proteína De Suero Lácteo En Polvo Como Suplemento

Varios estudios sobre entrenamiento han informado sobre ganancias significativamente mayores en la masa corporal magra, la fuerza muscular, el área de sección transversal del músculo y el contenido proteico del músculo contráctil en los pacientes que ingieren concentrados proteicos del suero lácteo, se ha propuesto ingesta de 1,2 a 1,4 g/kg para los atletas de resistencia y 1,4 a 1,8 g/kg para los atletas de fuerza (Rodríguez, 2014).

Los beneficios no sólo son para el cuerpo a nivel muscular, en el sistema óseo se pueden ver mejoras a través de la suplementación con proteínas. Teniendo en cuenta que la ingesta recomendada actualmente de proteínas es 0,8 g por kilogramo de peso corporal(Rodríguez, 2014),

La suplementación nutricional debe ser algo totalmente personalizado según las necesidades y deficiencias de cada individuo, y no algo que realizar rutinariamente. La mejor estrategia nutricional para promover una salud óptima y reducir el riesgo de enfermedades crónicas, u Obesidad. (Rodríguez, 2014).

Son grandes los beneficios de los nutrientes contenidos en el suero lácteo, y que sus proteínas contienen todos los aminoácidos esenciales. En ellos se encuentra los aminoácidos para la producción de glutatión (cisteína, glicina y glutamato), contiene un residuo único de cisteína altamente bioactivos para convertirse en glutatión. (MedStatic, 2017).

Otros Efectos

El consumo de alimentos enriquecidos o elaborados a base de proteínas de suero lácteo (PLS) puede modificar o influenciar positivamente la salud de los consumidores, ya que presentan múltiples funciones biológicas y fisiológicas que ayudan a mantener estable los sistemas digestivo, óseo, inmunológico, nervioso, cardiovascular y muscular (Baró citado en Chacón et al., 2017). A nivel digestivo se ha demostrado que la α -lactoalbumina juega un papel central en la síntesis de la lactosa, durante el rápido crecimiento del neonato la α -lactoalbumina tiene un de similitud del 72% de similitud a la de origen humano, (Ding et al., 2011). Sus hidrolizados ayudan a controlar la ingesta de alimentos mejora la sensibilidad a la insulina y tiene propiedades insulinoatrópicas que provocan una reducción en los niveles de glucosa sanguínea en sujetos con diabetes como en individuos sanos (Ooi et al., 2015). Se considera que la α -LA mejora la calidad del sueño ser una fuente de triptófano y estimular la formación de serotonina. Mejora la calidad de sueño, reduce el nivel de estrés, mejora el estado de ánimo y el funcionamiento cognitivo (Sharma & Shah, 2010). Las proteínas del suero lácteo solas o en combinación con aminoácidos, vitaminas y minerales previenen indirectamente las enfermedades

cardiovasculares y otros padecimientos metabólicos, hipertensión y dislipidemia e hiperglucemia, poseen características anticancerígenas (Ooi et al., 2015). Debido a que también disminuyen los niveles de triglicéridos (Pal et al., 2010), mejoran la tolerancia en la ingesta de glucosa e incrementan la liberación de colescitoquinina, la cual produce una sensación de saciedad, además de reducir la presión sanguínea, la inflamación y el estrés oxidativo (Tranberg et al., 2013). Por lo anterior, las proteínas del suerolácteo pueden utilizarse para fortalecer los tratamientos contra la obesidad y la diabetes tipo II (Sousa et al., 2012). poseen efectos antihipertensivo, Las PLS son capaces de promover beneficios antioxidantes(Chatterjee et al., 2015) su capacidad para captar radicales libres, no solo a nivel sistémico, sino también en los productos alimenticios (Mann et al., 2015), poseen actividad antimicrobiana la cual se le atribuye los fragmentos de caseínas y a la lactoferrina (Hati et al, 2017).

Usos Del Suero Según Sus Propiedades

Las proteínas son los principales componentes del lactosuero, muy usado para elaborar los productos dietéticos que se encuentran en el mercado. Entre las proteínas, las séricas demuestran tener propiedades beneficiosas en la presión arterial, propiedades insulino-trópicas y en la regulación del consumo energético de las personas mediante regulaciones hormonales en el tracto digestivo. Es recomendable que, todas las formulaciones para los productos dietéticos deben contener bajas cantidades de sodio, ya que este, promueve la retención de líquidos en el cuerpo y por lo tanto un aumento de peso en la persona. Por otro lado, también es recomendable que sea bajo en lactosa, debido a la gran cantidad de personas que son intolerantes a esta, lo cual, puede causar rechazo al momento de su consumo. A continuación, se detallarán las principales propiedades de las proteínas del suero, las cuales, resultan muy atractivas a la hora de elaborar un producto dietético.(Reyna et al., 2016).

Propiedades Insulinotrópicas De Las Proteínas Lácteas

Se reconoce que se tiene gran concentración de insulina pre-comida en las proteínas de suero de leche, diferenciándose de la caseína, y existe la probabilidad de que es la proteína que posea el segretagogo más predominante ya que el área de insulina bajo la curva luego de comer 25 g de carbohidratos con 18, 2 g de proteína de suero es de un 50% más alto que luego de comer queso o tomar leche. La adición de proteína de suero a las comidas que contienen carbohidratos de asimilación rápida, estimula a mayores concentraciones de insulina en el plasma (más del 57% luego de comer) y reduce la glucosa sanguínea postprandial (21% a los 120 minutos) en personas con diabetes de tipo 2. Los aminoácidos son los principales contribuyentes al efecto insulinotrópico de las proteínas del suero. Individuos sanos que han ingerido mezclas de leucina, isoleucina, valina, lisina y treonina (aminoácidos) presentaron respuestas glicémicas e insulinémicas similares a aquellas producidas por la ingesta de proteínas de suero, sugiriendo, que los aminoácidos de cadena ramificada son los mayores determinantes para la insulinemia como también la baja en la glicemia causada por la ingestión de suero. Aunque, las ingestas de aminoácidos de cadena ramificada no estimulan la respuesta de incretina (hormona que estimula la secreción de insulina), mientras que las bebidas a base de suero sí lo hacen, sugiriendo que la acción del suero no está relacionada solamente a los aminoácidos presentes en él sino también, por la presencia de péptidos derivados de las proteínas del suero. Por ello, se postulan 2 vías por las cuales se genera un aumento de insulina en la sangre al consumir proteínas de suero. La primera vía, estaría relacionada con los aminoácidos ingeridos, y la otra vía, relacionada con los péptidos bioactivos presentes. (Franchi, 2010).

Las Proteínas Del Suero y La Regulación En La Ingestión De Alimentos

Según el origen de la proteína, de ello depende el comportamiento de ésta en la ingestión

de los alimentos. Pero las proteínas de suero lácteo tienen un efecto más notorio a corto plazo en humanos, (después de la caseína) que la proteína de soya y la albúmina de huevo. Sin embargo, el efecto de la fuente es modificada por muchos factores, incluyendo la dosis, forma (sólida o líquida) y la formulación del tratamiento, así como también la presencia o ausencia de otros macronutrientes, y en el caso del suero, la cantidad de GMP (glicomacropéptido). Por ejemplo, 45 g de proteína de suero con un 15% de GMP suprimió con mayor intensidad la ingesta de alimento que la albúmina de huevo y la proteína de soya en hombres jóvenes luego de 60 minutos, al momento de comer pizza cuando las proteínas fueron proveídas solas en una bebida endulzada. Sin embargo, el suero (menos de 5% de GMP) y caseína (50 g) afectaron de forma similar en la reducción de la ingesta de pizza luego de los 90 min. A los 150 minutos después del consumo, la caseína tuvo un efecto supresor superior en relación al suero. Por otro lado, el consumo previo de un líquido conteniendo 48g de suero (contenido de GMP no especificado) con carbohidratos, resultó en una baja en la ingesta ad libitum de una comida buffet luego de los 90 minutos, en comparación con un consumo previo de la misma cantidad de caseína y carbohidratos. (Franchi, 2010).

Resultan de gran interés para regular la ingesta de alimentos, los componentes del suero como son los derivados de la caseína. El CMP (caseína macro péptido), proteína precursora del GMP (glicomacropéptido), es un derivado de la caseína generado por la acción de la quimosina al momento de hacer queso dulce y que forma parte de las proteínas o fracción peptídica del suero. Hace más de 20 años, se mostró que el GMP puede influenciar las funciones gastrointestinales mediante la inhibición de las secreciones gástricas y estas acciones pueden ser mediadas vía hormonas peptídicas como la colecistoquinina (CCK), una potente señal de saciedad. La actividad de tipo CCK por parte del GMP ha sido confirmada por estudios

consecutivos. Sin embargo, no ha tenido efectos en la saciedad subjetiva ni tampoco en la ingesta de alimento después de 60 minutos luego de haber ingerido 100 ml. de soluciones con 0,4 o 2% de CMP. Los autores de estos estudios sugieren que la falta de efecto ha sido debido a la inadecuada concentración de CMP, el tiempo de la administración de CMP, o la heterogeneidad de las preparaciones de CMP testeadas, especialmente en su contenido de GMP. (Franchi, 2010).

Se da la calidad de proteínas rápidas a las proteínas del suero y de proteínas lentas como las de la caseína, lo cual resulta consistente con los efectos que poseen a nivel de la ingesta de alimentos en humanos. Queda confirmado que el suero reduce más la ingesta alimenticia a los 90 minutos pero que la caseína la reduce aún más luego de los 150 min. Las proteínas de suero luego de su ingestión, pasan rápidamente a través del estómago y llegan al yeyuno en forma intacta, mientras que la liberación de caseína desde el estómago se ralentiza debido al ambiente ácido en este y por el cual se forman coágulos de caseína. Luego de la hidrólisis peptídica, los péptidos son liberados al intestino delgado. En esta zona, se ha observado que la hidrólisis de las proteínas desuero es lenta en comparación con otras proteínas, y que su digestión y absorción, ocurren a lo largo de todo el intestino. Sin embargo, basado en las concentraciones aminoacídicas en el plasma sanguíneo, está claro que la digestión de estas proteínas y su absorción es más rápida en comparación a la caseína. (Franchi, 2010).

La leucina y el triptófano son los aminoácidos que se involucran en el control de ingesta de alimentos. Queda demostrado que la leucina es el aminoácido que más rápido llega al cerebro desde el torrente sanguíneo, y demostrando que ejerce su efecto en la inhibición de la ingesta de alimentos a nivel del hipotálamo. En cuanto al triptófano, este aminoácido es el precursor de la serotonina, confirmando que esta ejerce supresión del apetito a determinadas concentraciones. (Franchi, 2010).

Para las fórmulas dietéticas igual que para los alimentos funcionales, el suero ofrece un potencial que debido a sus nutrientes actúa como controlador del apetito y del peso corporal, interviene en el manejo de las consecuencias metabólicas del exceso de grasa corporal. El rol de las proteínas individuales del suero y sus péptidos, aún permanece poco claro. Los efectos fisiológicos del suero podrían estar mediado por péptidos de proteínas específicas del suero, o aminoácidos o por acciones sinérgicas entre ellos, posiblemente potenciados por otros que están en la leche.(Franchi, 2010).

Pero todavía no existe suficiente certeza de, si el consumo usual de estos productos lácteos tiene igual efecto en la saciedad a pesar de la energía que ellos contienen y si el suero contribuye a la asociación encontrada entre el consumo de productos lácteos y el peso corporal. Pues los estudios para efectos que resultan favorables del suero en la ingesta de alimento, saciedad subjetiva y los mecanismos reguladores en la ingesta en humano han sido usualmente observados en experimentos a corto plazo donde los componentes que se consumieron fue en cantidades más altas que las usualmente acostumbradas. (Franchi, 2010).

Usos generales de la lactosa en polvo.

Aprovechando las propiedades funcionales de la lactosa en polvo cristalizada resulta útil en la industria d alimentos. Esta es utilizada en confitería, pastelería, salsas, zumos o helados, debido a su reducción del dulzor (30% de la sacarosa), aumenta la viscosidad, mejora de la textura y realce del sabor. Por su balance nutricional, es utilizada en fórmulas infantiles y en alimentos para diabéticos. Debido a sus propiedades de solubilidad y absorción, la lactosa se utiliza como vehículo en aromas volátiles y colorantes alimenticios. Además, la forma más pura de α -lactosa es ampliamente utilizada en la industria farmacéutica como excipiente, es decir, un componente químicamente inerte que se añade al sistema de fabricación para proteger o mejorar

la disponibilidad biológica del medicamento o mejorar cualquier aspecto de seguridad del mismo. Entonces la α -lactosa es el segundo componente más empleado como relleno en comprimidos, cápsulas y otras formas de medicamentos orales. (Kreczmann et al., 2015).

Tendencias De Consumo De Suero En Polvo

A nivel tecnológico el lactosuero se ha convertido en una materia prima conveniente para obtener diferentes productos, gracias a las propiedades nutricionales y funcionales que posee. Dentro de su uso en alimentos, se estudia su uso en bebidas funcionales (bebidas que incluyen ingredientes capaces de potenciar funciones fisiológicas nutricionales en el cuerpo humano), actualmente se desarrollan todo tipo de bebidas, como: Bebidas con base de lactosuero procesado y frutas, principalmente (Felipe et al., 2021), mezclas de preparación instantánea de haría extruida de semillas enriquecida con suero lácteo en polvo, en sachet (Pierre et al., 2020), bebidas energizantes gasificadas sin contenido de alcohol a partir del suero lácteo (Palacios, 2021), bebidas láctea simbiótica fermentada (Carrillo, 2021), bebidas rehidratantes (Barrios & Boemo, 2021). Los Concentrados de proteína de suero de leche (WPC), se utilizan como suplementos de proteína en productos lácteos (yogurt, queso), así como en productos cárnicos procesados, salchichas, alimentos nutricionales en polvo, dulces, entre otros productos (Tetrapack, 2021). Los aislados de proteína de suero de leche (WPI) se utilizan, por lo general, como fuente de péptidos o en fórmulas de alimentos para niños y deportistas. El lactosuero en polvo parcialmente desmineralizado se utiliza como aditivo en productos que requieren una fuente de sólidos lácteos económica y con bajo nivel de minerales como, por ejemplo, algunas fórmulas infantiles y alimentos para animales, entre otros productos. (Soto & Toro, 2019).

En el campo más importante de investigación y desarrollo de esta industria de alimentos en los últimos años, está el uso del lactosuero. Se acompaña con investigación de la industria láctea considerado en la actualidad un campo muy relevante. (Chanfrau et al., 2017).

Tendencias De Uso De La Proteína De Leche

Para el 2017 hubo un gran mercado de ingredientes lácteos que consistieron en los concentrados de proteína de suero según Marketsand Markets. Esto se debió a la multifuncionalidad de estos concentrados que tienen una amplia opción de aplicaciones en productos como: nutrición infantil, nutrición deportiva, panadería, confitería y postres.

Con proteína de suero lácteo también se desarrollan aperitivos, ya que su consumo aumenta la saciedad ayudando de esta forma a controlar el peso corporal. Esta proteína aporta 4 kcal de energía al organismo por cada por cada gramo ingerido, motivo por el que se elevó la participación la proteína del lactosuero en lo que es nutrición deportiva en 2016. Así, la proteína de suero de leche tiene el mayor crecimiento en el mercado de ingredientes lácteos al aumentar el contenido de proteínas en los productos alimenticios, presentando reducción de calorías y de grasa (FNL, 2017).

Las aplicaciones del lactosuero que actualmente son relevantes están orientadas, en su mayoría, a la utilización de sus proteínas. Las proteínas del lactosuero confieren características diferentes a los productos en los cuales se emplean. Las proteínas del lactosuero son utilizadas ampliamente en una variedad de alimentos por sus propiedades gelificantes, emulsionantes (aceite en agua) y estabilizantes de alimentos. El lactosuero es ampliamente utilizado en quesos debido al contenido de sólidos que le puede aportar a este producto. En la Tabla 2 se presentan algunas aplicaciones del suero de leche líquido (Soto & Toro, 2019).

Tabla 144.

Aplicaciones del suero lácteo en la industria de alimentos.

Tendencias de aplicaciones del suero en polvo	
Aplicaciones	Beneficios
Productos de panadería	Incrementa el valor nutricional. Funcionar como emulgente, reemplazar la adición de huevos, dar cuerpo a la masa.
Quesos	Incrementar el valor nutricional, funcionar como emulgente, funcionar como gelificante, mejorar propiedades organolépticas, mejorar consistencia, incrementar la cohesividad.
Bebidas	Incrementar el valor nutricional, mejorar la solubilidad, mejorar la viscosidad, mejorar la estabilidad coloidal.
Postres	Funcionar como emulgente, dar cuerpo y textura a los productos.
Confitería	Funcionar como emulgente y facilitar el batido
Tendencias de aplicaciones del suero en polvo	
Productos cárnicos	Funcionar como pe emulgente, funcionar como gelificante, mejorar solubilidad.
Otros	Alimentos de mayor valor nutricional y bajo costo, alimentos para deportistas, para personas de la tercera edad, fórmulas nutricionales especiales para mantener peso saludable o aumentar consumo de proteínas, fórmulas infantiles, fórmulas especiales para alimentación hospitalaria.

Fuente: (Poveda, 2013).

En Europa para el 2017 hubo una importante cuota en el mercado global de proteínas de suero. Para Asia y el Pacífico se observó un mayor crecimiento anual.

En la región europea hay expectativa de los consumidores por la innovación y la comodidad. Y, es que el uso de esta proteína en la fabricación de productos alimenticios bajos en grasa es la última tendencia en la industria de alimentos y bebidas en países como Alemania y Francia.

En Asia y el Pacífico el mercado lo impulsa la demanda cada vez más creciente de productos alimenticios elaborados con proteína de suero de leche, proveniente de la India China, Australia y Nueva Zelanda. (FNL, 2017).

Panificación

Se puede reemplazar el agua para lo cual se agrega directamente suero lácteo para elaborar el pan. De esta forma se ahorra en gasto de agua, incluyendo así al producto valor agregado en los nutrientes contenidos en el suero; aunque es normal que se utilice mayormente el suero en polvo, que se agrega para complementar la harina con la que se va a elaborar el pan, generando un pan más nutritivo (mayor cantidad de proteínas) y con propiedades organolépticas distintas al pan tradicional. (Franchi, 2010).

Productos Cárnicos

La carne procesada con agregado de suero concentrado al 80% se ha incrementado debido a la aceptación del producto por parte de los consumidores, los procesadores y las agencias reguladoras (Estados Unidos). Los concentrados de proteína de suero de leche se utilizan como sustitutos parciales de carne, aglutinantes, intensificadores de sabor, emulsionantes, ingredientes de salmuera y análogos de carne que contribuyen a la nutrición, al

sabor y a las propiedades funcionales críticas. La mayoría de las aplicaciones del concentrado de proteína se encuentra en el área de molido grueso, productos de carne de músculo entero y triturado. Estos son parcialmente utilizados para incrementar la producción de cocción, reducir la eliminación del producto, reducir los costos de formulación, mejorar la textura del producto o intensificar el sabor del producto.(Franchi, 2010).

Productos De Carne Triturada (Emulsionada) y Molido Grueso

Para procesar carne triturada en base prehidratada se está utilizando de 1-2% de suero concentrado al 80%, esto dependiendo del producto en proceso, esto resulta en ahorros sustanciales sin reducir la calidad nutricional o de palatabilidad. Los concentrados de proteína de suero de leche se utilizan en carnes emulsionadas (por ejemplo, mortadela y salchichas) por su humedad y aglutinamiento de grasa, emulsionante y propiedades de emulsión-estabilizadoras. Estas propiedades hacen que el concentrado proteico sea ideal para utilizarse en productos de molido grueso como barra de carne, hamburguesas y embutidos. (Franchi, 2010).

Aplicación En Hamburguesas De Carne De Res Bajas Engrasa

Se utiliza de forma efectiva en hamburguesas de carne de res bajas en grasa, un ingrediente que es funcional, esto es, proteína de suero concentrada al 80% agregándola a un nivel del 4%, debido a sus propiedades emulsificantes y de gelación por calor. Las hamburguesas de carne de res molida bajas en grasa (10-11% de grasa) formuladas con 10% de agua, 0,5% de sal y 1-4% de WPC80 muestran un incremento en la producción de cocción y reducción de encogimiento con incremento en los niveles de WPC sobre las hamburguesas de carne de res sin WPC. La adición de 4% de WPC en combinación con 10% de agua produjo la cocción más alta (125% del control alto en grasa comparado con los controles más altos de contenido en grasa. La

adición de 0,3% de tripolifosfato intensifica la efectividad de WPC en términos de textura, al mismo tiempo que la adición de alrededor de 1% de lactosa (proveniente del suero) mejora el perfil del sabor y las propiedades sensoriales generales de las hamburguesas de carne de res bajas en grasa. El análisis sensorial indica que el nivel de 4% de WPC es el nivel óptimo con respecto a lo jugoso y la aceptación general de las hamburguesas de carne de res bajas en grasa. (Franchi, 2010).

Salchichas/Hotdogs/Embutidos Bajos En Grasa

Para obtener un perfil bajo en calorías, al procesar salchichas/hotdogs se requiere se requiere utilizar suero concentrado en polvo, (WPC) porque se obtiene mejoría en el contenido de proteínas y un nivel más bajo de ácidos grasos saturados en el producto terminado. Debido a que la demanda en el mercado de productos cárnicos procesados reducidos en grasa es el foco de muchos esfuerzos de desarrollo, los productos de carne bajos en grasa deben percibirse por los consumidores como un valor económico bueno con un sabor deseable.

La pérdida en la cocción de embutidos se ve incrementada debido a la disminución de grasa de la carne. Investigadores han evaluado el efecto del nivel de grasa (5% y 12%) del almidón de tapioca y del WPC35 en las propiedades de hidratación/aglutinamiento, características del color, textura y propiedades sensoriales de las salchichas. Han reportado que la adición del 3% de almidón de tapioca y 3% de WPC a las fórmulas de las salchichas disminuyó significativamente la pérdida de cocción tanto en los niveles de grasa del 5% como en el 12%, pero comparado con el almidón de tapioca, los WPC redujeron la pérdida de cocción adicionalmente a 5% de los niveles de grasa, esto sugiere que los WPC son más efectivos que el almidón de tapioca en la reducción de pérdida en la cocción a niveles de reducción de grasa inferiores. (Franchi, 2010).

Si no se usan los aglutinantes de agua debidos, se disminuye de forma significativa la estabilidad de la emulsión, cuando se reduce el contenido de grasa en los embutidos. Si se agrega WPC incrementa significativamente la estabilidad de emulsión tanto a 5% como a 12% de los niveles de grasa. Se sabe que los productos con reducción de grasa requieren un alto contenido de proteínas para la estabilidad de emulsión y los efectos benéficos de las proteínas del suero de leche pueden mejorarse con niveles de utilización más altos. La mortadela baja en grasas es más estable cuando se formula con 13% de proteína comparado con un 11% de proteína, debido a la capacidad incrementada de la proteína que encapsula la grasa para formar una emulsión estable, sugiriendo que las proteínas del suero de leche afectan el porcentaje de la grasa liberada de la emulsión. (Franchi, 2010).

Para el color de los productos cárnicos tiene gran importancia la grasa. Al reducir el nivel de grasa de 12 a 15% se ve disminuida su ligereza y se incrementa el rojo de los embutidos. En contraste, la adición de WPC incrementa la ligereza y disminuye tanto el color rojo como el amarillento. Los investigadores también han establecido que al reducir los niveles de grasa de 12% a 5% a niveles constantes de proteína, disminuyen significativamente la cohesión y lo gomoso de las salchichas, por no afecta significativamente la dureza, resorte, adhesión y masticación. Las salchichas reducidas en grasa liberan compuestos de sabor más rápidamente que las salchichas más altas en grasa. Por lo tanto, un sustituto ideal de la grasa debe retener los compuestos de sabor con la matriz de comida y liberarlos a una tasa comparable a sus contrapartes con grasa completa. Se ha demostrado que el WPC no afecta la tasa de liberación de sabor de las salchichas bajas en grasa, sugiriendo que el WPC puede ser un sustituto efectivo de la grasa. (Franchi, 2010).

Uso Del Suero En Derivados Lácteos

En la elaboración del queso Ricota es aprovechado el suero lácteo. Mediante la coagulación de las proteínas de suero y por acción del calor y de ácidos orgánicos, se manufactura este queso. Dado que las proteínas del suero, como sucede con la gran mayoría de las proteínas, se desnaturalicen en presencia de altas temperaturas, estas pierden su estructura, haciendo que se expongan sitios hidrófobos en la solución, lo cual, genera en consecuencia la aglomeración y precipitación de las proteínas en cuestión, todo esto en un ambiente ácido cercano al punto isoeléctrico de las proteínas. A menudo, en la elaboración de este queso se le agrega leche, para mejorar su consistencia y también para aumentar el rendimiento de la producción. (Franchi, 2010).

Fórmula Hidrolizada a Base De Suero De Leche En Lactantes Con Alergia a La Proteína De Leche De Vaca

En el primer año de vida el niño recibe la proteína de leche de vaca (PLV), siendo frecuente el desarrollo de alergia alimentaria por parte del infante a raíz del consumo de dicha proteína.

Entonces para que el niño tenga un adecuado desarrollo psicomotor y crecimiento adecuado se necesita un adecuado diagnóstico respectivo tratamiento pues este tipo de alergia los predispone a otras enfermedades atópicas como: asma, dermatitis atópica y rinitis disminuyendo su calidad de vida (Zuluaga et al., 2018).

La incidencia de alergia ha venido en aumento en países desarrollados; estudios realizados en Colombia demuestra el crecimiento de las mismas. En la población investigada, entre el 5% - 15% de los lactantes presentan síntomas sugestivos de reacciones adversas a las PLV, prevaleciendo la alergia a las proteínas de leche de vaca (APLV), entre el 2%-7.5%, cifra

que aumenta en todos los países. La APLV se puede presentar en lactantes alimentados con leche materna o fórmula de leche de vaca, lo cual ocurre en las primeras semanas después de la introducción de la fórmula con leche de vaca. La APLV se puede presentar en lactantes alimentados exclusivamente con leche materna, aunque es más baja la incidencia en este grupo del 0.5% y la presentación clínica es menos severa. Se tiene que las manifestaciones clínicas se presentan el tracto digestivo y piel en un 50% - 60%, en el tracto respiratorio 20 – 30% (Zuluaga et al., 2018).

Al realizar un estudio para observar casos de lactantes menores de doce meses con síntomas sugestivos de APLV en consulta de gastroenterología pediátrica entre enero de 2011 y octubre de 2015, a quienes se les sometió a un tratamiento con una fórmula extensamente hidrolizada (FEH) a base de proteína de suero (Nutrilón Pepti Junior®) ± leche materna. Se tomó como diagnóstico la APLV. Se realizó seguimiento clínico mínimo de tres meses desde el inicio de la fórmula. La información de las historias clínicas fue recolectada de los sistemas de información HIA - ISIS® del HU –FSFB y MEDSYS v4® de la Asociación Médica de los Andes (AMA). Información como datos demográficos, manifestaciones digestivas, tiempo de inicio de los síntomas, antropometría y respuesta a la fórmula, se registró mediante un cuestionario consignado en una base de datos Excel 2010 consignando estado nutricional para la primera consulta de gastroenterología pediátrica, segunda consulta y al año de edad, se calcularon de acuerdo con Z—SCORE para peso/edad; talla/edad; peso/talla y perímetro cefálico (pc)/edad con el software OMS Anthro versión 3.2.2. (2011).

Los resultados clínicos fueron definidos de acuerdo a la mejoría de los síntomas, diferencia en el estado nutricional antes y después de la intervención, la aceptabilidad y tolerancia a la fórmula (Zuluaga et al., 2018).

Se realizó el diagnóstico a 40 lactantes (42,5% varones) con edad promedio de $3,32 \pm 2,37$ meses con cuadro clínico de $1,74 \pm 1,50$ meses de evolución, los cuales se siguieron en la consulta de gastroenterología por $10,65 \pm 6,76$ meses (Zuluaga et al., 2018).

Se obtuvo como resultado que un gran porcentaje de los pacientes refirió una mejoría de los síntomas en la segunda consulta con gastroenterología pediátrica, la cual sucedía en la mayoría de los casos entre 30 y 90 días después del inicio del tratamiento. Durante el seguimiento, 37 de los 40 pacientes tuvieron una respuesta positiva al tratamiento con la fórmula extensamente hidrolizada (FEH), observando la desaparición de los síntomas por los cuales consultaron inicialmente. Se observó una recuperación nutricional estadísticamente significativa en los z-score de peso/edad y peso/talla, lo cual sustenta la pertinencia y utilidad de este tipo de fórmula dentro del tratamiento de los pacientes con APLV. (Zuluaga et al., 2018).

Bioplástico Elaborado a Partir De Proteína De Suero Leche

La Unión Europea financia a científicos de un proyecto denominado Whey Layer quienes trabajan en Cataluña, quienes hacen uso de proteína de suero lácteo para obtener un bioplástico, con el cual se elaboran envases plásticos para los alimentos.

Resultan excelentes barreras para la humedad, los plásticos PE (polietileno) y PP (polipropileno). Pero el mantener el oxígeno requiere ser recubiertos con polímeros sintéticos caros. (Movingforward, 2012).

Diversos materiales han sido usados como base para la elaboración de dichas películas, todos reconocidos como seguros para consumo humano (D. Rodríguez & Schöbitz, 2009). Los Polímeros EVOH (etileno vinil alcohol polímero) y PVDC (cloruro de polivinilo polímero), se producen a base de petróleo y extremadamente difícil de volver a utilizar, porque es casi imposible separar cada capa de reciclaje individual. (Movingforward, 2012).

Este bioplástico ofrece similares características de bloqueo de oxígeno, pero es mucho más barato y es ecológico, entre ellos se encuentran polisacáridos, lípidos y proteínas.

La sede de Barcelona de la compañía de investigación IRIS, desarrollo este nuevo envase y reemplaza las fibras sintéticas por fibras de proteína de suero lácteo que recubren el plástico, lo que permite ahorrar dinero, haciendo que el embalaje sea más fácilmente reciclable.

La característica de la proteína de lactosuero es, que después de ser utilizado este envase puede ser eliminado química o enzimáticamente y el plástico subyacente puede ser fácilmente reciclado o reutilizado para hacer nuevos envases. (Movingforward, 2012). Los de mayor aplicación en la industria cárnica son proteína de suero, caseína, proteína de soja, gluten de trigo y alginato. En cuanto a las proteínas de suero lácteo, éstas, representan el 20% del total de las proteínas en la leche; comercialmente conocidos como concentrados de proteína de suero lácteo CPS por su contenido en proteínas entre 25 a 80% ó aislados de proteína de suero lácteo APS con valores cercanos al 90% de proteínas. Las principales proteínas del suero, la b-lactoglobulina y, la α -lactoalbumina al ser desnaturalizadas por calor producen películas transparentes, insípidas y flexibles, pero, es necesario incorporar sustancias plastificantes como el glicerol para incrementar la flexibilidad y mejorar sus propiedades mecánicas. La incorporación de biopreservantes naturales en alimentos ha sido tema de investigación en los últimos años, algunos como las bacterias ácido lácticas se ha demostrado que interfieren con el desarrollo de patógenos dado que al competir por nutrientes y por producción de sustancias con acción inhibitoria como ácidos orgánicos (ácido láctico, ácido acético, etc.); peróxido de hidrógeno y Bacteriocinas. Por lo anterior, el uso de sustancias antimicrobianas naturales nivel industrial en alimentos debe ser considerado como una alternativa, por su efectividad en contra de patógenos (D. Rodríguez & Schöbitz, 2009).

Esta nueva aplicación del lactosuero evita que millones de toneladas de este suero sean arrojadas a vertederos Europeos. También permite ahorrar dinero y materias primas. Las fábricas de queso europeas producen 50 millones de toneladas de suero de leche. Parte de ella se vuelve a utilizar como aditivos alimentarios, pero casi el 40% se desperdicia.

El lactosuero a cambio de arrojarlo de manera que resulte contaminante existe la oportunidad de filtrarlo y secarlo ya que extrayendo la proteína en estado puro, puesto en varias capas delgadas sirve para crear una película de plástico, lista para usarse en el envasado de alimentos (Movingforward, 2012).

Se debe solicitar patentes para dicho envase, así, los investigadores esperan que en el próximo año pueda estar disponible para su comercialización. El bioplástico se espera que sea utilizado para envasado de cosméticos en primer lugar y el envasado de alimentos luego ya que son indispensables más pruebas.

Se cree que en un comienzo únicamente se utilice esta tecnología en el mercado europeo. Aunque ya muchas empresas de todo el mundo han mostrado interés en el envase cuando los investigadores lo presentaron en la INTERPAK, feria internacional de envases y procesos en mayo. Por: (Movingforward, 2012).

Obtención Del Biogás

Dentro de los primeros centros que se dedicaron a investigar las probabilidades para producir biogás con suero lácteo de las queserías es, AZTI-Tecnalia en España. También el centro tecnológico, Ainia, y una industria conservera, Calvo, emplean subproductos de industrias lácteas en procesos de producción de biogás (Rico, 2016).

Eurecat-CTM (Centre Tecnològic de Manresa) se adhiere con una planta piloto a otras que ya haya en diferentes partes del mundo las que a nivel comercial o de investigación; para

producir este tipo de energía. Las instalaciones de la fundación CTM, Centre Tecnologic ubicadas en Manresa (Barcelona) acogen esta planta de 500 litros de capacidad como parte del proyecto Demoware del Séptimo Programa Marco de la UE del + D. Es una de las investigaciones realizadas en la iniciativa que cuenta con diferentes emplazamientos para explorar las oportunidades de la reutilización del agua, dentro del concepto de la economía circular(Rico, 2016).

Formando parte del centro tecnológico Eurecat y de Tecnio está la fundación CTM, Centre Tecnologic coordinador de Demoware (acrónimo extraído ion innovation demonstration for a competitivaandinnovative wáter reuse sector). La anterior marca está agrupando los centros e instituciones universitarias, que son expertos en investigación industrial y de transferencia de tecnología de Cataluña. En concreto, Eurecat-CTM acoge dentro de Demoware tanto la prueba piloto para producir biogás en las granjas a partir del suero lácteo, como un estudio para regenerar agua para el consumo del ganado bovino a partir del agua residual urbana, junto con el instituto de Recerca y Tecnologic Agroalimentaries (Eurecat, 2016).

Eurecat-CTM, es una planta piloto de biogás que está trabajando con la empresa checa Asio y la Universidad de ciencias y artes aplicadas del noroeste de suiza. Estas empresas junto con la universidad, han podido construir un equipo de 500 litros para procesar el suero obtenido en la elaboración de quesos y que contiene más de un 90% de agua en su composición. Desde Eurecat-CTM explican que “con el fin de recuperar el agua y la energía del suero lácteo, para obtener energía por el sistema de digestión anaeróbica en un biorreactor anaerobio de membrana (AnMBR), que combina el tratamiento biológico del suero, la separación del agua mediante las membranas calculando la capacidad de generar biogás (energía) así como su velocidad de degradación (Eurecat, 2016).

Tabla 155.*Características físicas y biológicas del suero ácido (del sustrato)*

Parámetros	valor
Sólidos suspendidos totales SST (g/l)	3.1
Sólidos suspendidos volátiles SSV (g/l)	2.8
pH	6.5
DQO (mg/l)	54300
DBO (mg/l)	26700
Proteínas (g/100g)	0.91
Grasas (g/100g)	1.23
Acidez (°D)	2.1
Temperatura (°C)	92

Fuente: (Inti, 2014).

Se hizo uso de un reactor de polietileno de alta densidad (HDPE) de 30 litros de capacidad con sistema mecánico de agitación y termostatzado a 32-35 °C para favorecer las condiciones de desarrollo de bacterias mesofílica.

EL biogás generado en el digestor atraviesa una trampa para retención de vapor de agua y luego es tratado mediante una trampa (virulana y esponja de acero) para remoción de sulfuro de hidrógeno (H₂S) contenido en el biogás. Se en un gasómetro de 20 litros con termómetro incorporado y sistema de sello hidráulico.

Se adoptó un valor de carga volumétrica baja de 2 Kg DQO/m³ d, a partir de la cual se obtuvieron los valores de volumen y DQO de alimentación al biodigestor partiendo de la siguiente expresión. (Inti, 2014).

$$C_m = \frac{Q \times DQO}{V \times d \times t}$$

C_m: Carga másica

DQO: Concentración del sustrato (g/l)

Q: Caudal diario (l/d)

Vd: Volumen digestor (l)

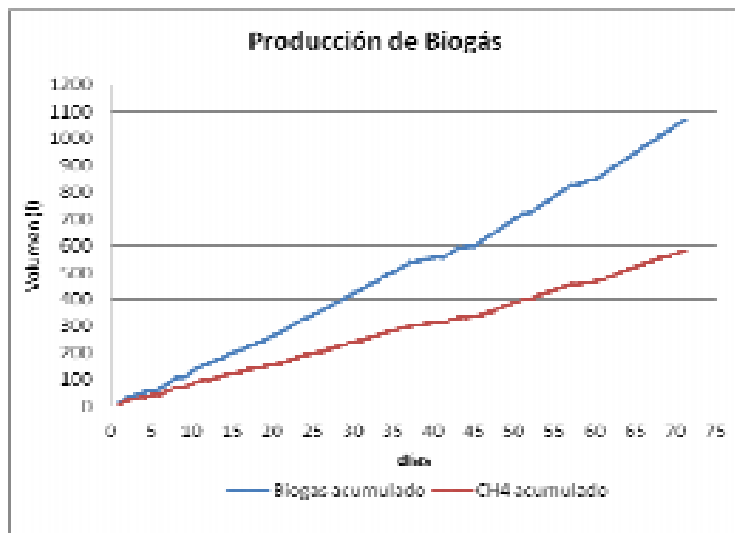
t: tiempo de permanencia (d)

Para biodigestor, la alimentación se incrementó en forma gradual para aclimatar las bacterias al nuevo sustrato y evitar la acumulación de Ácidos Grasos Volátiles que inhiben la actividad de las bacterias metanogénicas y, en consecuencia, la detención del proceso. Durante el ensayo se mantuvo estabilizado el sistema mediante el control de pH, alcalinidad parcial (AP) y total (AT), Temperatura y la concentración de biomasa en el sistema (SSV).

Se obtuvo una concentración de biomasa necesaria en el sistema de 20g SSV/l. La eficiencia fue medida en términos de DQO removida, volumen y calidad de biogás generado (CH₄, CO₂, O₂ y H₂S).

Figura 12.

Producción de biogás y gas metano acumulado durante el periodo de prueba



Nota: Tomado de Inti, 2014.

La máxima remoción de materia orgánica medida en términos de DQO alcanzó el 97%, obteniendo una producción de 0,16 m³ de metano por cada Kg de DQO removida.

Tabla 166.

Resumen los valores resultantes

Resultados experimentales reactor 30 litros	
Caudal de alimentación	1.1 l/d
DQO de sustrato tratado	1.500 mg/l
Generación de biogás	14-20 l/d
Porcentaje de Metano	49-76 %
SH ₂ en el reactor	1000 ppm
Eficiencia de remoción	70-100%

Fuente: (Inti, 2014).

La relación entre el volumen de metano generado promedio y el caudal de alimentación de sustrato, comprobó que en el caso del suero de ricota, este posee un potencial de producción de 9,6 m³ de metano por cada m³ de sustrato. (Inti, 2014).

Presentación Del Suero Lácteo Como Suplemento En Sabores

Este producto se encuentra en el mercado en diferentes sabores para hacer su sabor más agradable, como: fresa, vainilla, chocolate y otros, el suero lácteo en polvo es usado por los deportistas para tener un óptimo rendimiento muscular y energético ya que la proteína contenida en él, promueve la fortaleza, recuperación y resistencia de sus músculos. (Mercola, 2018).

Uso de suero de leche en alimentos y sustitutos a nivel internacional

Las tecnologías del suerolácteo y las aplicaciones de éste en alimentos, han solicitado 4802 patentes.

Se tiene conocimiento que desde 1977 y hasta 1982 la tecnología de suero estuvo en una etapa emergente, pero su evolución ha sido considerable.

La tecnología desde el año 1982 se encuentra en crecimiento hasta la actualidad, Caracterizándose por alta actividad de patentamiento, su gran impacto en la competitividad desarrollando tecnologías y gran número de competidores.

Patentamiento De Tendencias Tecnológicas

El gran número de solicitudes de patentes sobre tecnología del suero y sus aplicaciones en alimentos, evidencia que está en etapa de crecimiento el procesar lactosuero, lo que se hace notorio desde 1982.

A noviembre de 2013 había 4.802 solicitudes de patentes para la industria de alimentos. Estados Unidos es el país líder en patentamiento. Según boletín de la (ICS & PUJ, 2013)

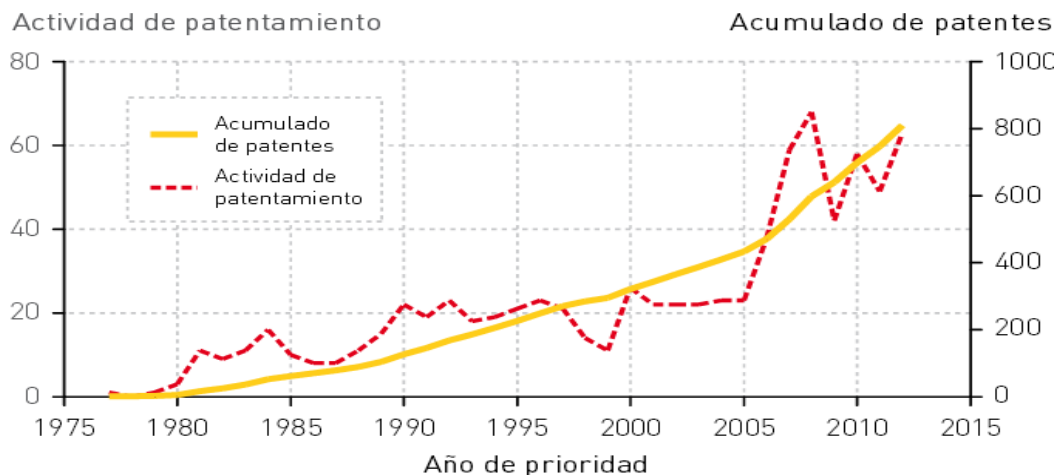
Estados Unidos es el país con mayor actividad de patentamiento (países solicitud), ya que cuenta con 1017 solicitudes de patentes, seguido de Suiza con 678, Países Bajos con 500, Japón con 478 y Alemania con 216. En Latinoamérica se destaca Argentina con cuatro solicitudes, México con tres y Chile con dos.

Se encuentran 176 empresas y 24 organizaciones educativas dentro de las 424 solicitudes de patentes. Entre las solicitudes de estas se encuentran la empresa Nestlé S. A. (Suiza) es la organización líder con 636 solicitudes de patente, seguida por Kraft Foods (Estados Unidos) con 267, Nutricia N. V. (Países Bajos) con 178, Valio Ltd. (Finlandia) con 153 y Unilever N. V. (Países Bajos) con 116.

Con 41 solicitudes se distingue la Universidad de Massey (Nueva Zelanda). En segundo lugar, está la Universidad de Londres (Gran Bretaña) con 20, la Universidad de Tennessee (Estados Unidos) con 17, la Universidad de Carolina del Norte (Estados Unidos) con 11 y la

Figura 13.

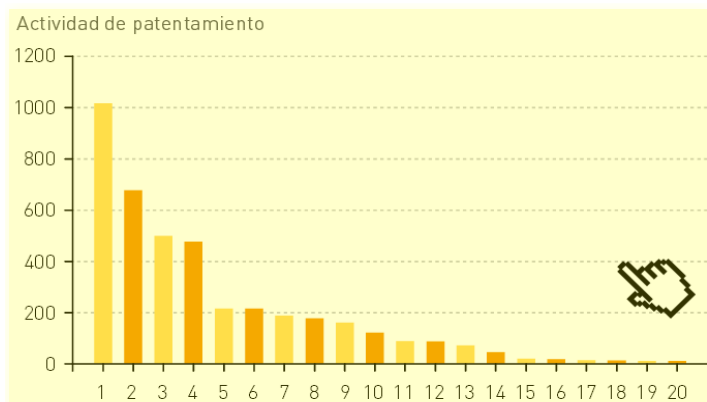
Actividad de patentamiento y acumulado



Nota: Tomado de ICS & PUJ, 2013.

Figura 14.

Países líderes en solicitud patentamientos



Países solicitantes líderes

- | | | | |
|--------------------|-------------------|----------------|----------------|
| 1 = Estados Unidos | 6 = Nueva Zelanda | 11 = Australia | 16 = Italia |
| 2 = Suiza | 7 = Dinamarca | 12 = Bélgica | 17 = India |
| 3 = Países Bajos | 8 = Finlandia | 13 = Irlanda | 18 = Noruega |
| 4 = Japón | 9 = Francia | 14 = Canadá | 19 = Eslovenia |
| 5 = Alemania | 10 = Reino Unido | 15 = Austria | 20 = Israel |

Nota: Tomado de ICS & PUJ, 2013.

Universidad Heriot-Watt (Gran Bretaña) con ocho. En Latinoamérica sobresale la Universidad Nacional de La Plata (Argentina) con cuatro solicitudes en las cuales se observa una fuerte colaboración con la Universidad de Coimbra (Portugal); también el Instituto Tecnológico de Monterrey ITESM(México) con tres, el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas (Argentina) con tres y la organización Desarrolladora de Soluciones Sustentables (México) con dos.

Se encuentran cuatro grupos de solicitantes de patentamiento e impacto industrial. El primero corresponde a las organizaciones “Líderes”, conformadas por Nestlé S. A. (Suiza), KraftFoods (Estados Unidos) y Nutricia N. V. (Países Bajos), caracterizadas por una alta actividad de patentamiento (número de solicitudes de patente) y por un alto impacto en sus desarrollos tecnológicos (cantidad de citas recibidas). El segundo grupo, conformado únicamente por la organización DSM N. V. (Países Bajos), hace referencia a las Promesas”, organizaciones con una baja actividad de patentamiento pero que cuentan con solicitudes de gran impacto ya que han sido citadas en varias ocasiones.

Se tiene ValioLtd. (Finlandia) y Unilever N.V. (Países Bajos), como tercer grupo y corresponde a las empresas “Seguidoras”, lo que indica que cuentan con un gran número de solicitudes de patente, pero el impacto de las mismas es menor en relación a los líderes. Por último, se encuentra el grupo de los “Emergentes”, conformado por New ZealandDairyBoard (Nueva Zelanda), Friesland Campina (Países Bajos) y Abbott Laboratories (Estados Unidos), que reúne empresas con una baja actividad de patentamiento y poco impacto industrial, lo que demuestra poca inversión en este tipo de tecnologías y un bajo reconocimiento.

Esta Nestlé S. A. (Suiza) y KraftFoods (Estados Unidos) como los líderes teniendo en cuenta la cantidad de solicitudes de patente presentadas y la diversidad de códigos de

Clasificación Internacional de Patentes reportados en cada solicitud. Las organizaciones FrieslandCampina (Países Bajos), Snow Brand Food Co. (Japón) y Wisconsin Alumni Research Foundation (Estados Unidos) se identifican como empresas con alta variabilidad tecnológica pero una actividad de patentamiento baja. Nutricia N. V. (Países Bajos), Valio Ltd. (Finlandia), Unilever N. V. (Países Bajos) y DSM N. V. (Países Bajos) se identifican como empresas con alta actividad de patentamiento, pero baja variabilidad tecnológica.

Entre las redes de colaboración de solicitudes esta como intermediario clave Nestlé S. A. (Suiza) que interactúa con empresas y personas naturales como Bovetto Lionel (Francia), el Instituto Nacional de Investigación Inra (Francia), Sumitomo Chemical Co. (Japón), entre otros.

El intermediario clave Fonterra Ltd. (Nueva Zelanda), es una red importante de colaboración, interactúa con Bhaskar Ganuapati Vijaya (Nueva Zelanda), Skelte Anema (Nueva Zelanda), entre otros, para un total de 12 solicitantes en la red.

Algunas Asociaciones Importantes Entre Los Solicitantes Son:

Meiji Dairies Corp. y Meiji Milk Product Co. Ltd., empresas japonesas que cuentan con 36 solicitudes de patente en conjunto.

- Unilever, una empresa de Países Bajos, y Lever Hindustan Ltd., de la India, empresas que tienen diez solicitudes conjuntas.

- Dairy Innovation Australia Ltd. y Women's and Children's Health Research Institute, empresas líderes australianas que han participado en el desarrollo de siete solicitudes en conjunto.

*Las japonesas Gen Corp KK y Nisshin Pharma Inc., que cuentan con cinco solicitudes compartidas.

- Novozyme North América Inc. y Hansen Lab empresas estadounidenses que suman 11 solicitudes en conjunto.

- KraftFoods, de Estados Unidos, y la Universidad de Toronto de Canadá, han participado mutuamente en el desarrollo de cuatro solicitudes.

Algunas invenciones clave, identificadas por los expertos, son las siguientes:

- Composición de jugo base, para bebidas que contienen proteínas de suero o hidrolizados de proteínas.
- Alimentos fortificados con calcio que contienen proteínas de suero.
- Quesos frescos con adición de proteína de suero.
- Composición para fórmula infantil con suero, q no produce alergias

De los solicitantes líderes de patentes a nivel internacional, seis de ellos tienen marcas registradas en Colombia en la clase 29 y 30².(ICS & PUJ, 2013).

La empresa Nestlé S. A. se destaca por tener trece marcas registradas que contienen suero en los productos que representa, Kraft Foods y DSM tienen 10, Unilever cinco, Pepsico tres y New Zealand Dairy Board.

Tabla 177.

Solicitantes de patentes en Colombia:

Titular	País
Mead Johnson Nutrition Company	Estados Unidos
Kraft Foods Holdings, Inc.	Estados Unidos
Wyeth	Estados Unidos
Nestlé	Suiza
Abbott Laboratories	Estados Unidos
Compagnie Gervais Danone	Francia
Glaxo Group Limited	Gran Bretaña
Bongrain S.A.	Francia
Carinsa Creaciones aromáticas industriales S.A.	España
Domantis Limited	Gran Bretaña
Frontera Co-operative Group Limited	Nueva Zelanda
Golden Omega S.A.	Chile
Jorge Mario Giraldo C.	Colombia
Proactivos Naturales S.A.S. Pronat S.A.S	Colombia
Promedior, Inc.	Estados Unidos
Schering Aktiengesellschaft	Alemania
The Quaker Oats Company	Estados Unidos
Unilever	Países Bajos
University College London	Gran Bretaña

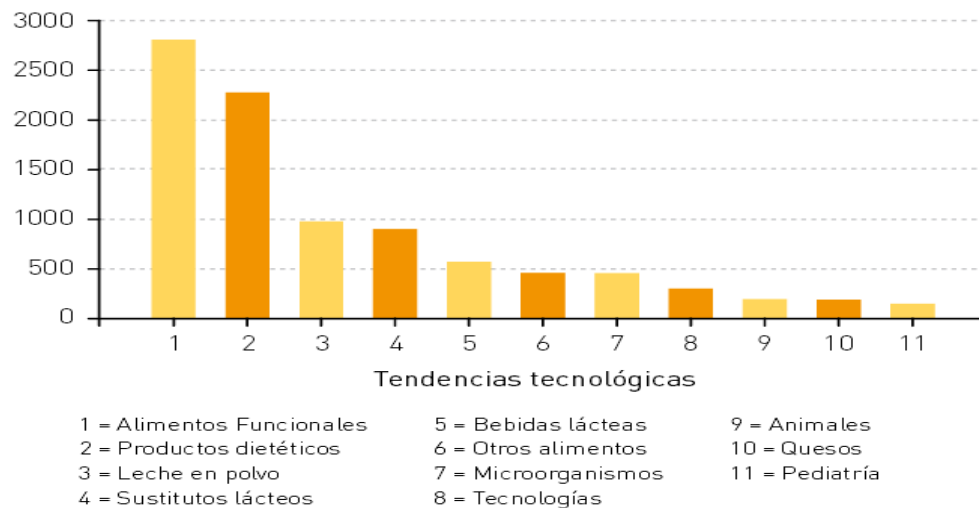
Fuente: (ICS & PUJ, 2013).

Tendencias Que Se Destacan

Los expertos han identificado las principales tendencias de las tecnologías del suero y su aplicación en alimentos. Esto en base una clasificación internacional de patentes CIP.

Figura 15.

Patentes de tendencias tecnológicas en alimentos.



Nota: Tomado de ICS & PUJ, 2013.

Análisis

Desde época antigua se conocía que el suero lácteo tenía efectos saludables para el ser humano; según se establece en estado del arte. (Herrera & Verdalit, 2005).

Debido a las características fisicoquímicas el suero lácteo debe ser procesado para aprovechar sus nutrientes industrialmente, para evitar contaminación ambiental. Este trabajo documenta los usos que se da al lactosuero, según bibliografía consultada en las diferentes bases de datos web.

En producción de suero Francia es el país mayor productor, Colombia ocupa el puesto veintiuno en producción a nivel mundial y cuarto en América Latina.

Para la industria de los alimentos el uso del suero en los procesos de producción tiene gran incidencia debido a las propiedades que posee en cuanto al reemplazo de grasas haciendo más saludables los productos alimenticios resultantes para el mercado respectivo.

Las innovaciones tecnológicas a nivel internacional en el uso del suero en diferentes productos presentan al consumidor grandes alternativas en la adquisición de productos saludables disponibles en el mercado. El suero lácteo concentrado (WPC), permite obtener productos para uso de parte de los deportistas, fórmulas infantiles, bebidas que contienen suero en polvo y como se mencionó antes se usa en el proceso industrial de alimentos.

De la misma forma para productos de uso industrial y farmacéutico, porque a través de la fermentación del suero lácteo se obtiene diferentes productos. El fraccionamiento convierte al lactosuero en una materia prima útil, logrando lactosueros desproteinizados, desmineralizados, y con altas concentraciones de lactosa.

La fermentación del lactosuero desproteinizado y suplementado, permite obtener innumerables productos entre los que se cuentan: ácidos grasos, ácidos orgánicos, alcoholes,

Bacteriocinas, bebidas, biomasa, biogases, biopolímeros, enzimas, insecticidas, solventes, Tensoactivos, vitaminas. La obtención de los diferentes productos a partir del suero lácteo requiere el uso de microorganismos según lo que se desea producir. Como ejemplo, para obtener alcohol los microorganismos utilizados son: *Cándida pseudotropicalis*, *Escherichia coli*, *Kyveromyces marxianus* y otros. Para obtener Bacteriocinas, según Caldera-Olivera et al., los M. O. *Bacillus licheniformis*. Para la producción de biomasa: *Kluyveromyces fragilis*, actualmente denominada *Kluyveromyces marxianus* (*K. marxianus*). Para producir ácido acético se trabaja con variedades *Streptococcus lactis*, *Clostridiumformico aceticum* y *Lactobacillus del brueckii*.

A partir del lactosuero se obtiene biopolímeros empleado los M. O.: *Alcaligenes*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Nocardia*, *Pseudomonas*, *Rhizobium* y *E. coli* recombinante, y biogáses con bacterias anaerobias mesófilas y termófilas (*Clostridium*, *Lactobacillus Bacillus*).

Al analizar cada artículo científico investigado para elaborar el presente documento se advierte la importancia del suero lácteo concentrado en la industria de los alimentos, pero no sólo en esta área, su importancia se da también en bioenergía y la gran cantidad de productos para diferentes aplicaciones que se obtienen por vía fermentativa a partir de los componentes del lactosuero. Grandes empresas internacionales de alimentos procesados patentados en Colombia operan usando la innovación tecnológica del suero en polvo.

Proyección

Esta monografía se presenta como estado de arte para quienes desean trabajar con futuras investigaciones sobre el suero lácteo, de las diferentes áreas de aplicación, no solo, de la industria alimentaria sino de innovación de empaques biodegradables. Los artículos aquí presentados son el reflejo de una oportunidad desarrollo en el área de a la investigación aplicada.

Conclusiones

La industria lechera en Colombia aporta el (24.3%) del PIB agropecuario, lo que representa un 1.23% del PIB total nacional, según datos del cluster lácteo de la cámara y comercio de Bogotá, datos al 2018. Colombia enfrenta una baja transición tecnológica, aunque los quesos artesanales siguen siendo tendencia al igual que los premium. La industria quesera ocupa el segundo lugar de tendencia en consumo después de los yogures, según datos de Global Data 2020. Las principales tendencias del sector de lácteo se enfoca hacia un consumo saludable, sostenible y equilibrado entre la nutrición y el placer, con una reclamación los consumidores de asociar los productos lácteos a semillas como quínoa, chía, cáñamo. En los quesos prima la tendencia “*on the go*”, los snacks y bocados de queso en palitos, triángulos, rollos o círculos, y los sabores ahumados, picantes, con vegetales rostizados e infusionados en aceites aromatizados con hierbas lo cual seguirá usando suero lácteo que debe ser tratado y aprovechado esto de acuerdo con clúster lácteo de la cámara y Comercio de Bogotá datos al 2020.

Los productos que se obtienen partir del suero lácteo va desde proteína de suero de leche (WPC), que se utilizan como suplementos de proteína en productos lácteos (yogurt, queso), así como en productos cárnicos y en bebidas hasta biopelículas, biogas y biopelicilas para recubrimientos.

Dentro de las tecnologías más utilizadas actualmente están las tecnologías de secado, separación, purificación y de modificación de funcionalidad del suero lácteo, que han permitido la recuperación de las diferentes fracciones del suero y de sus compuestos para crear nuevos productos de valor agregado.(Klotz, 2014).

Consideraciones finales:

El suero lácteo es un subproducto de la industria láctea que contiene el 50% de los nutrientes de la leche y es aprovechables como fuentes de proteínas.

El suero en polvo puede reemplazar la grasa en el procesamiento de alimentos.

Los alimentos que contienen suero lácteo en polvo son saludables por su bajo contenido en grasa y mayor disposición de nutrientes provenientes del suero.

Por medio de la fermentación del suero lácteo se obtienen productos como alcohol, Bacteriocinas, biogáses, solventes, insecticidas, vitaminas, biomasa, ácidos orgánicos y otros.

El procesamiento y obtención del suero en polvo es una solución para evitar la contaminación del ambiente.

Se recopiló información de artículos científicos y de diferentes estudios sobre innovación tecnológica del suero lácteo.

Se recopiló la información de la tecnología para obtener suero de leche en polvo para su concentración y secado.

Se tuvo conocimiento que el uso del suero en polvo en alimentos procesados trae beneficios para la salud y favor de ellos.

Colombia al ser un país con 4 cuencas lecheras puede aprovechar los subproductos de la industria quesera, como es el suero lácteo. Una alternativa para extraer los compuestos como lactosa y proteínas es el uso de tecnológicas de membranas, que si bien es usada en la industria formal no es usada en la fabricación artesanal de quesos siendo el sector a intervenir.

Referencias

- Acevedo Correa, D. (2010). Gelificación Fria de Las Proteínas del Lactosuero. *ReciteIA*, 10(2).
<https://cupdf.com/document/acevedo-gelificacion-fria-de-las-proteinas-del-lactosuero.html>
- AEDyR. (2020). *Diferencias entre microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa*. <https://aedyr.com/diferencias-microfiltracion-ultrafiltracion-nanofiltracion-osmosis-inversa/>
- Alava, V. C., Gómez, de I. M., & Maya, pantoja J. A. (2014, December). Caracterización fisicoquímica del suero dulce obtenido de la producción de queso casero en el municipio de Pasto. *Investigaciones Agroindustriales*, 1(1), 22–32.
https://www.researchgate.net/publication/320217956_Caracterizacion_fisicoquimica_del_suero_dulce_obtenido_de_la_produccion_de queso_casero_en_el_municipio_de_Pasto
- Álvarez, M. C. (2013). *Caracterización fisicoquímica de los diferentes tipos lactosueros producidos en la Cooperativa Colanta LTDA* [Corporación Universitaria Lasallista].
http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1036/1/Caracterizacion_fisicoquimica_diferentes_tipos_lactosueros_producidos_Colanta.pdf
- Aráuz Solís, M. S. (2020). *Fermentación de lactosuero para la obtención de etanol y su uso en cervezas y bebidas saborizadas Revisión de Literatura* (Vol. 31).
- Arellano, J., Quicaña, M., Flores, M., & Obeso, C. (2012, August). Actividad de la β -galactosidasa en células de *Kluyveromyces* sp. permeabilizadas con etanol a diferentes concentraciones, temperaturas y tiempos. *Sciéndo*, 15(1), 43–51.
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/449/385>
- Arias, J., & Lastra, E. (2020). *Filtración en la Industria Lactea*.
<https://idoc.pub/documents/filtracion-en-la-industria-lactea-nuevopptx-vlr03yrkgvlz>

- Barrios, M., & Boemo, R. (2021). Instalación de una planta elaboradora de bebida rehidratante a base de suero lácteo desmineralizado. [Universidad Tecnológica Nacional]. In *UTN*.
[https://ria.utn.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12272/5300/Instalación de una Planta elaboradora de bebida rehidratante a base de suero lácteo desmineralizado_Barrios_Boemo.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ria.utn.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12272/5300/Instalación%20de%20una%20Planta%20elaboradora%20de%20bebida%20rehidratante%20a%20base%20de%20suero%20lácteo%20desmineralizado_Barrios_Boemo.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Biblioteca digital. (2018). *Monografía del suero lácteo*. Biblioteca Digital.
<https://es.scribd.com/document/430813984/Monografia-Del-Suero-Lacteo-24-09-2018-nuevo>
- Borbolla, M. (2019). Concentración de suero de leche por congelación y determinación de sustancias, sus propiedades fisicoquímicas [Universidad Veracruzana]. In *Docplayer.com*.
<https://docplayer.es/215358525-Universidad-veracruzana.html>
- Callejas, H. J., Prieto, G. F., Reyes, C. V. E., MarmoLejo, S. Y., & Marzo, M. A. M. (2012, February). Caracterización fisicoquímica de un lactosuero: potencialidad de recuperación de fósforo. *Acta Universitaria*, 22(1). <http://www.acuedi.org/ddata/1680.pdf>
- Carbotecnia. (2021). *¿Qué es la Microfiltración?*
<https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/filtracion-de-agua-liquidos/que-es-microfiltracion/>
- Carlos, C. R., Vela, P. H., Silva, C. R., & Cahuas, S. U. (2015). *Fermentación*. Monografías.
<https://www.monografias.com/trabajos73/fermentacion/fermentacion.shtml>
- Carrillo, G. (2021). Evaluación técnico-económica preliminar de la producción industrial de una bebida láctea simbiótica fermentada a partir de suero lácteo [Universidad de la Salle]. In *Ciencia Unisalle*. https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/735
- Casas, V. G. (2015). Panorámica general sobre la recuperación de las proteínas solubles del

lactosuero. *Revista Universidad de Guayaquil*, 121(3), 27–34.

<https://doi.org/10.53591/RUG.V121I3.380>

Cascuero, J. D. D. (2018). *Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones*

[Universidad Nacional de Educación a Distancia]. [http://e-](http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga/Labeaga_Viteri_Aitziber_TFM.pdf)

[spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-](http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga/Labeaga_Viteri_Aitziber_TFM.pdf)

[Alabeaga/Labeaga_Viteri_Aitziber_TFM.pdf](http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga/Labeaga_Viteri_Aitziber_TFM.pdf)

Chacón, L., Chávez, A., Rentería, A., & Rodríguez, J. (2017, October). Proteínas de lactosuero, usos, relación con la salud y bioactividades. *Redalyc*, 42(11), 712–718.

<https://www.redalyc.org/journal/339/33953499002/html/>

Chanfrau, J. M. P., Pérez, J. N., Fiallos, M. V. L., Intriago, L. M. R., Toledo, L. E. T., &

Guerrero, M. J. C. (2017). Milk whey valorization: An overview from Biotechnology.

Revista Bionatura, 2(4), 468–476. <https://doi.org/10.21931/RB/2017.02.04.11>

Chatterjee, A., Kanawjia, S. K., Khetra, Y., & Saini, P. (2015). Discordance between in silico & in vitro analyses of ACE inhibitory & antioxidative peptides from mixed milk tryptic whey protein hydrolysate. *Expasy*, 52(9). <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1669-z>

Comisión Europea. (2016). *La estructura de las proteínas y la glicosilación*. Cordis.

<https://cordis.europa.eu/article/id/191017-protein-structure-and-glycosylation/es>

Contexto Ganadero. (2018). Suero de leche, de contaminante a suplemento nutricional.

Ganadería Sostenible, 1. <https://www.contextoganadero.com/ganaderia-sostenible/suero-de-leche-de-contaminante-suplemento-nutricional>

Contexto Ganadero. (2020). *Colombia importó 29 veces más toneladas de lácteos de las que exportó en la mitad de 2020*. Contexto Ganadero.

<https://www.contextoganadero.com/economia/colombia-importo-29-veces-mas-lacteos-de->

los-que-exporto-en-1ra-mitad-de-2020

ContextoGanadero. (2018). Importaciones de lacteos. *Contexto Ganadero*.

<https://www.contextoganadero.com/economia/importaciones-de-lacteos-en-1er-semester-mas-altas-que-las-de-todo-2017-o-2018>

Coronado, A. M. (2018). *repository.javeriana* [Pontificia Universidad Javeriana].

<https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/36471/AmezquitaCoronadoAnaMaria2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cortés, A., Valle, E., Salazar, R., & Ashutosh, S. (2015). Biotechnological Alternatives for the Utilization of Dairy Industry Waste Products. *Advances in Bioscience and Biotechnology*, 06(03), 223–235. <https://doi.org/10.4236/ABB.2015.63022>

Cosmetologas. (2013). *Definiendo el término Spa*. Noticias Salud y Belleza.

<http://www.cosmetologas.com/noticias/val/1354-50/definiendo-el-término-spa.html>

Dinero, R. (2015). *Revista Dinero*. [https://www.dinero.com/empresas/confidencias-on-](https://www.dinero.com/empresas/confidencias-online/articulo/por-que-en-bancolombia-ven-que-la-economia-cambia-de-tendencia/279814)

[line/articulo/por-que-en-bancolombia-ven-que-la-economia-cambia-de-tendencia/279814](https://www.dinero.com/empresas/confidencias-online/articulo/por-que-en-bancolombia-ven-que-la-economia-cambia-de-tendencia/279814)

Dinero, R. (2018). *Sector lácteo colombiano se opone al TLC con Nueva Zelanda*. Proindustria.

<https://grupoproindustria.org/dinero-sector-lacteo-colombiano-se-opone-al-tlc-con-nueva-zelanda/>

Ding, X., Yang, Y., Zhao, S., Li, Y., & Wang, Z. (2011). Analysis of α -lactalbumin, β -

lactoglobulin A and B in whey protein powder, colostrum, raw milk, and infant formula by CE and LC. *Dairy Science and Technology*, 91(2), 213–225.

<https://doi.org/10.1007/s13594-011-0006-9>

Dlscr.com. (2015). La proteína de suero. *DLSCR.COM*. [https://dlscr.com/download/la-proteina-](https://dlscr.com/download/la-proteina-de-suero-mlr66o62djle?hash=f23eb2be1e62e2d18df7f5741326ceb3)

[de-suero-mlr66o62djle?hash=f23eb2be1e62e2d18df7f5741326ceb3](https://dlscr.com/download/la-proteina-de-suero-mlr66o62djle?hash=f23eb2be1e62e2d18df7f5741326ceb3)

- Eurecat, C. tecnológico de C. (2016). *Eurecat-CTM inicia una prueba piloto para producir energía a partir de suero lácteo - Eurecat*. <https://eurecat.org/es/eurecat-ctm-inicia-una-prueba-piloto-para-producir-energia-a-partir-de-suero-lacteo/>
- FAO. (2018). Normas para los sueros en polvo. *CODEX Alimentarius, CXS 289-1995*.
https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcode-x%252Fstandards%252FCXS%2B289-1995%252FCXS_289s.pdf
- FAO. (2022). *Producción y productos lácteos: Producción*. Portal Lácteo.
<https://www.fao.org/dairy-production-products/production/es/>
- Fedegan. (2021). *Cifras de Comercio Internacional*.
<https://www.fedegan.org.co/estadisticas/general>
- Felipe, L., Encalada, C., Enrique, D., & Jácome, V. (2021). *Elaboración de una bebida instantánea a base de suero de leche , pulpa de tomate de árbol (Solanum betaceum) y harina de maíz , mediante secado por aspersion* [Universidad de Cuenca].
[https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/37648/1/Trabajo de Titulacion.pdf](https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/37648/1/Trabajo%20de%20Titulacion.pdf)
- Fernández, R. C., Martínez, T. E. J., Morán, P. A., & Gómez, B. X. (2016). Procesos biológicos para el tratamiento de lactosuero con producción de biogás e hidrógeno. Revisión bibliográfica. *Revista ION*, 29(1), 47–62. <https://doi.org/10.18273/revion.v29n1-2016004>
- Finagro. (2016). *La apuesta por un sector lácteo más sostenible*. Finagro.
<https://www.finagro.com.co/noticias/la-apuesta-por-un-sector-lacteo-mas-sostenible>
- Flores, mara R. (2016). Impacto ambiental. *Slideshare*, 8(1), 16–32.
<https://es.slideshare.net/rfmflores/articulo2-61623789>
- FNL, F. (2017). *El mercado global de la proteína de leche en el 2017*.

<https://www.lacteoslatam.com/sectores/33-funcionales/3545-el-mercado-global-de-la-proteína-de-leche-en-el-2017.html>

Franchi, O. (2010). Suero de Leche Propiedades y Usos. *PDFCoffe*. <https://pdfcoffee.com/suero-de-leche-propiedades-y-usos-4-pdf-free.html>

Gajendragadkar, C. N., & Gogate, P. R. (2016). Recuperación intensificada de productos valiosos del suero mediante el uso de ultrasonido en los pasos de procesamiento. *Elsevier*, 32, 102–118. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1350417716300621>

Garavito, M., & Mendez, T. (2021). propuesta para el aprovechamiento del lactosuero proveniente de la elaboración de queso ricotta por medio de separación por membranas [Fundación Universidad de América]. In *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952. (Vol. 2, Issue 1).

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8667/1/6161807-2021-2-IQ.pdf>

García, C., Arrázola, G., & Villalba, M. (2013, June). Producción de ácido láctico de lactosuero suplementado utilizando *Lactobacillus casei*. *Bioteología En El Sector Agropecuarios y Agroindustrial*, 11(1), 136–143. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n1/v11n1a17.pdf>

Godefroy, L., & Briceño, M. (2019, January). Consideraciones para la instalación de una planta productora de un complemento nutricional para niños. *Ingeniería Industrial*, 37, 181–203.

https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/4548/4494

González Cáceres, M. de J. (2012). Aspectos medio ambientales asociados a los procesos de la industria láctea. *Mundo Pecuario*, 8(1), 16–32. https://www.produccion-animal.com.ar/produccion_bovina_de_leche/leche_subproductos/37-industria.pdf

Guerrón, P. (2015). *obtención de concentrado proteico mediante tecnología de membranas a partir de suero lácteo de cabra* [Universidad central del ecuador].

<http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5984/1/T-UCE-0017-152.pdf>

Hannibal, B., Antonio, S., Ramos, E., Paola, A., Rincon, A., & Villalón. (2015).

Aprovechamiento dle suero de leche como bebida energizante para minimizar el impacto ambiental. *European Scientific Journal*, 11(26), 1857–7881.

<https://core.ac.uk/download/pdf/236406128.pdf>

Hati, S., Patel, N., Sakure, A., & Mandal, S. (2017, April). Influence of Whey Protein

Concentrate on the Production of Antibacterial Peptides Derived from Fermented Milk by Lactic Acid Bacteria. *Dimensions*, 24, 87–98.

<https://app.dimensions.ai/details/publication/pub.1085085368>

Hernandez, F., & Velez, R. J. (2014). Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 8(2), 13–22.

<https://docplayer.es/4933670-Suero-de-leche-y-su-aplicacion-en-la-elaboracion-de-alimentos-funcionales.html>

Hernández, M. (2016). *Tecnologías de membranas en la Industria láctea*. Operaciones Unitarias.

<http://tareasmarthahernandez.blogspot.com/2016/>

Herrera, M., & Verdalit, I. (2005). *El suero de Leche*. https://www.ecured.cu/Suero_de_leche

ICS, & PUJ, P. U. J. (2013). Uso del suero de leche en alimentos y sus sustitutos. *Boletín*

Tecnológico, 4111, 1–10. http://www.ibepi.org/wp-content/uploads/2014/12/Boletin_suero.pdf

Infotambo. (2014). *El suero lácteo de la ricota podría ser utilizado como combustible*. Ciencia

Do Leite. <https://cienciadoleite.com.br/noticia/2033/el-suero-lacteo-de-la-ricota-podria-ser-utilizado-como-combustible>

Interempresas. (2016). *Gaxure, Un producto innovador a base suero de queseria*.

<https://www.interempresas.net/Alimentaria/Articulos/160289-Gaxure-un-producto-innovador-a-base-de-suero-de-queseria.html>

Inti. (2014). *De residuo a biogás: aprovechando el suero lácteo*. ELMensajeroDiario.

https://www.elmensajero diario.com.ar/contenidos/residuo-biogs-aprovechando-suero-lcteo_47339/

Karim, A., & Aider, M. (2022). Bioconversion of electro-activated lactose, whey and whey permeate to produce single cell protein, ethanol, aroma volatiles, organic acids and fat by *Kluyveromyces marxianus*. *International Dairy Journal*, 129.

<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2022.105334%0A>

Karim, A., Gerliani, N., & Aider, M. (2020, May). *Kluyveromyces marxianus*: An emerging yeast cell factory for applications in food and biotechnology. *International Journal of Food Microbiology*, 333. <https://doi.org/108818>

Klotz, B. (2014, August). Suero lácteo, clave en la innovación de alimentos. *Portafolio*.

<http://www.portafolio.co/economia/finanzas/suero-lacteo-clave-innovacion-alimentos-61526>

Kreczmann, B., Alonso, A., Liloia, M., Zamboni, E., Cerutti, R., Baroni, D., & Polujan, D. (2015). Procesamiento del lactosuero: Elaboración de lactosa y aprovechamiento de proteínas. *Publitec S.A.*, 87.

<http://www.publitec.com.ar/contenido/objetos/Procesamientodellactosuero.pdf>

Królczyk, J. B., Dawidziuk, T., Janiszewska, T. E., & Sołowiej, B. (2016). Use of Whey and

Whey Preparations in the Food Industry – a Review. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 66(3), 157–165. <https://doi.org/10.1515/PJFNS-2015-0052>

Latam News Media. (2016). *Lácteos Latam - La microfiltración (MF) en la agroindustria láctea*.

Lacteos Latam. <https://www.lacteoslatam.com/sectores/17-mantecas/3288-la-microfiltraci3n-mf-en-la-agroindustria-l3ctea.html>

Loayza, J. (2019). *Atol A Base De Suero De Queso (proyecto De Innovacion) [PDF/TXT]*.
<https://pdfcookie.com/documents/atol-a-base-de-suero-de-queso-proyecto-de-innovacion-mlxzk19qkj27#fulltext>

L3pez Barreto, R. E. (2018, December). Caracterizaci3n f3sico-qu3mica y microbiol3gica del lactosuero del queso Paipa. (*U. P. Colombia, Ed.*), 15(2), 99–106.

https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_agricultura/article/download/8565/7158/

Lopez, P. A. L., Silva, C. M. B., Leyva, P. C. C., & Saavedra, L. M. Z. (2017). Caracterizaci3n F3sica, Qu3mica Y T3rmica De Dos Polimorfos De La Lactosa Y La Comparaci3n De Sus Propiedades Para Su Uso Como Excipientes. *Universidad Aut3noma de Guadalajara*, 247–253. <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/1805>

Luj3n, F. M. J. (2016). *instituto de seguridad industrial , radiof3sica y medioambiental Influencia de la Aplicaci3n de Ultrasonidos en la Limpieza de Membranas de Ultrafiltraci3n Empleadas* [Universidad polit3cnica de Valencia].

[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/61384/Luj%E1n - Influencia de la Aplicaci%F3n de Ultrasonidos en la Limpieza de Membranas de](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/61384/Luj%E1n%20-%20Influencia%20de%20la%20Aplicaci%F3n%20de%20Ultrasonidos%20en%20la%20Limpieza%20de%20Membranas%20de%20Ultrafiltraci%F3n....pdf;jsessionid=3635DA413F74FC987AF2B9FFF5EFAE2D?sequence=1)

[Ultrafiltraci%F3n....pdf;jsessionid=3635DA413F74FC987AF2B9FFF5EFAE2D?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/61384/Luj%E1n - Influencia de la Aplicaci%F3n de Ultrasonidos en la Limpieza de Membranas de Ultrafiltraci%F3n....pdf;jsessionid=3635DA413F74FC987AF2B9FFF5EFAE2D?sequence=1)

Mann, B., Kumari, A., Kumar, R., Sharma, R., Prajapati, K., Mahboob, S., & Athira, S. (2015).

Antioxidant activity of whey protein hydrolysates in milk beverage system. *Ncbi*, 52(6).

<https://doi.org/10.1007/s13197-014-1361-3>

Marchetti, L. (2015). Alternativas Tecnol3gicas Para El Desarrollo De Productos Carnicos Emulsionados Saludables [Universidad Nacional de la plata]. In *PhD Proposal* (Vol. 1,

Issue 1900).

http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/34958/Documento_completo__.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Mattos, C. (2015). El lactosuero es una opción nutricional ideal para deportistas, adultos mayores, y niños en desnutrición. *Comunicados de Prensa*.

<https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/viewFile/338/290>

MedStatic. (2017). *Glutación: Optimiza las funciones de los demás antioxidantes*. Meditetic.

<https://www.medsteticpanama.com/glutation-optimiza-las-funciones-los-demas-antioxidantes/>

Mercola. (2018). *Premium supplements*. Mercola Publicidad.

<http://productos.mercola.com/proteina-miracle-whey/>

Micomercio. (2017). Sector de lácteos en el mundo. *Instituto Nacional de Tecnología Industrial*.

<https://www.idhsustainabletrade.com/uploaded/2018/02/ProColombia-Perfil-lácteos-2018.pdf>

Minagricultura. (2019). *Vigilancia a las importaciones de lactosuero*. Fedegan.

<https://www.fedegan.org.co/noticias/minagricultura-pide-vigilancia-la-importaciones-de-lactosueros>

Minsalud. (2007, August). Resolución 2997 de 2007. *Ministerio de La Protección Social*.

https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/RESOLUCIÓN_2997_DE_2007.pdf

Minsalud. (2010). Resolución 1031 -2010. *Minsalud*.

<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/Resolucion-1031-de-2010.pdf>

Motta, correa Y., & Mosquera, M. (2015, April). Aprovechamiento del lactosuero y sus

componentes como materia prima en la industria de alimentos. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 13(1), 81–91.

[https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/download/1634/839#:~:text=Existen diferentes formas de aprovechamiento,biológico a partir de microorganismos.](https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/download/1634/839#:~:text=Existen+diferentes+formas+de+aprovechamiento,biol%C3%B3gico+a+partir+de+microorganismos.)

Movingforward. (2012). *Plástico hecho de leche*. Movingforward.

<https://movingforwardco.wordpress.com/2012/08/15/plastico-hecho-de-leche/>

Nafarrate, A. L. (2017). *Componentes del Suero lácteo*. https://muyfitness.com/componentes-del-suero-info_3166/

Nieto, L. A. (2011). *Estudio Técnico Comercial sobre el Aprovechamiento del Suero Lácteo para la Elaboración de Productos Alternos* [Universidad de las Americas].

<http://dspace.udla.edu.ec/jspui/handle/33000/757>

OCLA. (2011). *Las 20 empresas mas grandes del mundo y de América latina*.

<https://www.ocla.org.ar/contents/newschart/portfolio/?categoryid=8#cbp=/Contents/NewsChart/Details?chartId=10021011>

Odepa. (2008). *Situación del mercado del suero en Chile*. Oficina de Estudios y Políticas

Agrarias. <https://www.odepa.gob.cl/publicaciones/articulos/situacion-del-mercado-del-suero-en-chile-2>

Ooi, E. M., Adams, L. A., Zhu, K., Lewis, J. R., Kerr, D. A., Meng, X., Solah, V., Devine, A.,

Binns, C. W., & Prince, R. L. (2015, November). Consumption of a whey protein-enriched diet may prevent hepatic steatosis associated with weight gain in elderly women. *Nutrition, Metabolism, and Cardiovascular Diseases : nmcd*, 25(4), 388–395.

<https://doi.org/10.1016/j.numecd.2014.11.005>

- Osorio, C., Sandoval, F., Hernández, F., Hidalgo, J., Gómez, F., & Ávalos de la Cruz, D. (2018, February). Potencial de aprovechamiento del suero de queso en Mexico. *Agroproductividad*, 11(7), 101–106. <http://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/download/922/783/>
- Oviedo, C. M. J., & Rodriguez, M. V. P. (2013). *Diseño y construcción de un sistema para la producción de queso Ricota a partir de lactosuero de la planta de Lácteos Espoch* [Escuela superior politécnica de chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3202>
- Palacios, E. (2021). Propuesta del aprovechamiento del suero de leche de la empresa CIA ganadera de lambayeque S.A.C. para la producción de bebidas energizantes. [Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo]. In *USAT*. https://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/3297/3/TL_PalaciosJaraEider.pdf
- Parlamento Europeo. (2018). *Acuerdo Comercial entre la Unión Europea, Colombia y Perú*. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/stud/2018/621834/eprs_stu\(2018\)621834_es.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/stud/2018/621834/eprs_stu(2018)621834_es.pdf)
- parra huertas, r. a. (2009, abril). lactosuero: importancia en la industria de alimentos. *rev.fac.nal.agr.medellín*, 62(1), 4967–4982. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v62n1/a21v62n1.pdf>
- Parzanese, M. (2008). Procesamiento de Lactosuero. *Tecnologías Para La Industria Alimentaria*, 13. http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/sectores/tecnologia/Ficha_13_Lactosuero.pdf
- Parzanese, M. (2013). *Suero de Lechería Aplicaciones en la Industria Alimentaria*. Avibert. <http://avibert.blogspot.com/2013/07/suero-de-lecheria-aplicaciones-en-la.html>

- Perez, A. (2011). *Espumado de proteínas de suero lácteo en presencia de polisacáridos* [Universidad nacional del Litoral].
<https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8443/handle/11185/334>
- Pérez, V. (2022). *Las empresas de la región buscan nuevos usos para el suero lácteo*. IberoAmericana, Agencia Para La Difusión de La Ciencia y La Tecnología.
<https://www.dicyt.com/noticias/las-empresas-de-la-region-buscan-nuevos-usos-para-el-suero-lacteo>
- Peso Echarri, P., González Bermúdez, C. A., Vasallo Morillas, M. I., Santaella Pascual, M., Ros Berruezo, G., Frontela Saseta, C., & Martínez Graciá, C. (2012, March). α -Lactoalbúmina como ingrediente de fórmulas infantiles. *ALAN*, 62(1).
http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222012000100002
- Pierre, J., Garcia, J., Industrial, I., Fiorella, M., Rosa, L. A., Juana, T., & Huillcahua, F. (2020). *Harina instantánea de siete semillas con suero de leche y cacao* [Universidad San Ignacio de Loyola]. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/1d4fb0bd-e21a-4d30-b785-4d1256291c74/content>
- Poveda, E. P. (2013, December). Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta biodisponibilidad. *Revista Chilena de Nutrición ISSN 0717-7518*, 40.
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182013000400011&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Rabassa, B. J., Palma, L. I., Rabassa, B. J., & Palma, L. I. (2017). Efectos de los suplementos de proteína y aminoácidos de cadena ramificada en entrenamiento de fuerza. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, 21(1), 55–73. <https://doi.org/10.14306/renhyd.21.1.220>
- Ramirez, J. (2015). *Diseño de procesos en Industria Láctea: Transformación de lactosuero*

[Universidad central del Ecuador]. In *investigacion aplicada a la ingenieria de procesos*.

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48686309/28_2015_Transformacion_de_lactosuero_a_br-with-cover-page-v2.pdf?expires=1652918915&signature=amyy2gceqxfcrvswfqnskcb-rewrda0qftwxlhl9ed4mez-

[bswhilmkmly~zoxrfpafkbp3kgjjthpl2ijjvqj3ix45yg8qcjpo30ddzhu3k9gfjy](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/48686309/28_2015_Transformacion_de_lactosuero_a_br-with-cover-page-v2.pdf?expires=1652918915&signature=amyy2gceqxfcrvswfqnskcb-rewrda0qftwxlhl9ed4mez-bswhilmkmly~zoxrfpafkbp3kgjjthpl2ijjvqj3ix45yg8qcjpo30ddzhu3k9gfjy)

Ramírez, J. (2012, December). Aprovechamiento industrial de lactosuero mediante procesos fermentativos. *Publicaciones e Investigación*, 6, 69.

https://academia.unad.edu.co/images/investigacion/hemeroteca/PeI/volumen6_2012/Aprovechamiento_Industrial_de_Lactosuero.pdf

Ramírez, J., Solís, C. A., Vélez, C. A., Ramírez, J. S., Solís, C. A., & Vélez, C. A. (2018).

Tecnología de membranas: Obtención de proteínas de lactosuero. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 12(24), 52–59. <https://doi.org/10.31908/19098367.3815>

Reyna, N., Mendoza, L., Parra, K., Linares, S., Reyna, E., Cámara-Martos, F., & Moreno, R.

(2016). Utilización de las proteínas séricas y caseínas como suplementos dietéticos para la prolongación del efecto de saciedad en mujeres obesas. *Aran*, 33(1). chrome-

[extension://dagcmkpagjlhakfdhnbomgmjdpkdklff/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fscielo.isciii.es%2Fpdf%2Fnh%2Fv33n1%2F10_original9.pdf](https://doi.org/10.31908/19098367.3815)

Rico, J. (2016). Planta piloto en Manresa para producir biogás con suero lácteo. *Eurecat*.

<https://eurecat.org/wp-content/uploads/2018/08/Clipping-Eurecat-febrer-2016-compressed.pdf>

Rincón-Pérez, J., Celis, L. B., Morales, M., Alatríste-Mondragón, F. Tapia-Rodríguez, A., &

Razo-Flores, E. (2021, February). Improvement of methane production at alkaline and

neutral pH from anaerobic co-digestion of microalgal biomass and cheese whey.

Biochemical Engineering Journal, 169. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2021.107972%0A>

Rodríguez, D., & Schöbitz, R. (2009). Película antimicrobiana a base de proteína de suero lácteo, incorporada con bacterias lácticas como controlador de listeria monocytogenes, aplicada sobre salmón ahumado. *Scielo*, 7(2). <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v7n2/v7n2a07.pdf>

Rodríguez, Y. (2014). Análisis de la suplementación con proteínas en el deporte: uso y efectos de la creatina y el suero de leche [Universidad de León]. In *Universidad de León*.

<https://buleria.unileon.es/handle/10612/4214>

Sbodio, O. A., & Revelli, G. R. (2012, May). Coagulación de la leche . Desarrollo de un dispositivo para el “ monitoreo ” online del proceso . Avances en la Argentina. *Revista Cubana Alimentación y Nutrición*, 38(3), 11. <http://ria.inta.gov.ar/wp-content/uploads/2012/08/By-Sbodio-castellano4.pdf>

Sharma, R., & Shah, N. (2010, October). Health benefits of whey proteins. *Nutrafoods 2010 9:4*, 9(4), 39–45. <https://doi.org/10.1007/BF03223347>

Solak, B. (2016). *Lactosuero: Ingeniería para un mundo mejor*. GEA.

<https://www.gea.com/es/stories/engineering-for-a-better-whey-of-the-world.jsp>

Solis, C., Vélez, C., & Navas, R. (2016). Tecnología de membranas: Ultrafiltración. *UCP*.

<https://revistas.ucp.edu.co/index.php/entrecienciaeingenieria/article/view/35/1132>

Soto, G. A. J., & Toro, S. J. Ó. (2019, February 14). Producción de galactooligosacáridos: alternativa para el aprovechamiento del lactosuero. Una revisión. *Ingeniería y Desarrollo*, 37(1), 129–157. <https://doi.org/10.14482/INDE.37.1.637>

Sousa, G., Lira, F. S., Rosa, J. C., De Oliveira, E. P., Oyama, L. M., Santos, R. V., & Pimentel, G. D. (2012). Dietary whey protein lessens several risk factors for metabolic diseases: A

review. *Lipids in Health and Disease*, 11, 1–9. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-11-67>

Támara, C. (2015). Aprovechamiento industrial del lactosuero [Universidad de Córdoba]. In *Unicordoba*.

[https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/1044/aprovechamiento industrial del lactosuero.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/1044/aprovechamiento%20industrial%20del%20lactosuero.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Tetrapack. (2021). *Perspectivas del suero de leche*. Tetrapack.Com.

<https://www.tetrapak.com/es-co/insights/food-categories/whey-powder>

Tranberg, B., Hellgren, L. I., Lykkesfeldt, J., Sejrsen, K., Jeamet, A., Rune, I., Ellekilde, M.,

Nielsen, D. S., & Hansen, A. K. (2013). Whey Protein Reduces Early Life Weight Gain in Mice Fed a High-Fat Diet. *PLoS ONE*, 8(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071439>

Trejo, E., Trejo, N., & Zuñiga, J. (2015, June). Propuesta para el aprovechamiento de lactosuero en el Valle del Mezquital. *Junio*, 2(3), 581–594.

https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Tecnologia_e_innovacion/vol2num3/Revista-de-Tecnologia-e-Innovacion-vol-3-249-262.pdf

Uniandes, U. de los andes-faculta de administración. (2017). Sector lechero en Colombia: Potencial desperdiciado. *Sector Lechero En Colombia*.

<https://agronegocios.uniandes.edu.co/2017/09/22/sector-lechero-en-colombia-potencial-desperdiciado/>

Vargas, X. (2017). Evaluación de la producción de etanol a par oducción de etanol a partir de lacto suero a nivel de biorreactor (bioflo 110) utilizando *Kluyveromyces marxianus* Y *Kluyveromyces lactis* como agentes fermentativos [Universidad de la Salle]. In *Ciencia Unisalle*.

https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1065&context=ing_alimentos

- Victor, P. G., & Tapia, L. I. (2019, January). Avance de recepción y producción de la industria láctea. *Boletín de Leche*, 1–31. https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2019/02/Leche_enero-2019.pdf
- Villalobos, A. C. (2004). Agronomía Mesoamericana. *Agronomía Mesoamericana*, 15(1), 93–106. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43715114>
- Whey-conference. (2014). *7th International Whey Conference*.
<http://www.healthgauge.com/event/8th-international-whey-conference-2015>
- Zuluaga, L. C., Ramirez, N., Mejía, L. K., & Vera, J. F. (2018). *Desenlaces del tratamiento con una fórmula extensamente hidrolizada a base de suero en lactantes con alergia a la proteína de leche de vaca*. 33(2), 111–116. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcg/v33n2/0120-9957-rcg-33-02-00111.pdf>