



UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO.

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

**USO ALTERNATIVO DEL SUERO DE LECHE EN LA PRODUCCIÓN
PECUARIA**

SERVICIO PROFESIONAL QUE PRESENTA

JESÚS LÓPEZ GONZÁLEZ

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

Asesor:

MC. Isidoro Martínez Beiza.

Morelia, Michoacán, Junio de 2017

Resumen

El suero de leche es el producto con un gran valor nutritivo que se obtiene mediante la separación de las caseínas por medio de una adición de enzimas ya sean de origen animal o vegetal, siempre y cuando se vaya a someter a la elaboración de algún subproducto de la leche principalmente algún tipo de queso. En este trabajo se trató de hacer una investigación en donde pueda ser utilizado por la industria pecuaria y así disminuir un poco la contaminación ambiental que se da cuando este producto es tirado en ríos o mares y proporcionar a la comunidad algún derivado que se pueda elaborar con este producto que puede ir desde fórmulas lácteas hasta alguna bebida hidratante entre otras utilidades que se le pueden dar al suero de leche.

Palabras clave: Suero, Leche, Enzimas, Quesos, Industria

Abstract.

Whey is the product with a high nutritional value that is obtained by the separation of the caseins by means of an addition of enzymes of animal or vegetable origin, as long as it is subjected to the elaboration of a byproduct of The milk mainly some kind of cheese. In this work we tried to make an investigation where it can be used by the livestock industry and thus to reduce a little the environmental contamination that occurs when this product is thrown in rivers or seas and provide to the community some derivative that can be elaborated with This product that can go from milk formulas to some moisturizing drink among other utilities that can be given to whey.

ÍNDICE

Introducción.....	1
1.1 La leche.....	1
2. Suero de leche.	3
2.1 Tipos de suero.	5
2.1.1 Lacto suero dulce.....	5
2.1.2 Lacto suero ácido.....	5
3. Composición del lacto suero.	7
3.1 Proteínas	7
3.2 β -Lactoglobulina	7
3.3 α -Lactoalbúmina	8
3.4 Albúmina Sérica.....	9
3.5 Inmunoglobulinas y otras proteínas.	9
3.6 Seroalbúmina.....	10
3.7 Proteosa – peptona	10
3.8 Proteínas menores	11
3.9 Lactosa	11
3.10 Minerales	11
4. El impacto medio ambiental del suero.....	12
5. Aplicación del suero en la industria.	13
5.1 Tecnología de empaques.	13
5.2 Secado por aspersion.	14
5.3 Bebidas	15
5.4 Concentrados de Proteínas.....	16

5.5 Recuperación de lactosa.	17
5.6 Producción de biomasa.....	18
5.7 Quesos.....	19
5.8 Fórmulas infantiles.....	20
5.9 Hidrolizados.....	21
5.10 Aislados.....	22
5.11 Etanol.....	22
Conclusión.....	23
Bibliografía.....	25

ÍNDICE DE TABLAS.

<i>Tabla 1. Característica del suero de leche.</i>	4
Tabla 2. Composición de los sueros de queso.	6

INTRODUCCIÓN.

El lacto suero o suero de quesería es un producto líquido de color amarillo verdoso, transparente, presenta un sabor ácido agradable, el cual se obtiene a partir de la separación de la caseína y la separación de la cuajada. Lo cual lo hace ser una sustancia de un alto valor nutritivo el cual es un producto alimentario de los más ricos en la naturaleza el cual contiene todos los aminoácidos esenciales, es de fácil digestibilidad, contiene cantidades apreciables de lactosa, grasas, vitaminas A, C, D, E, y del complejo B, también contiene minerales como son: calcio, fosforo, potasio y el hierro.

Uno de los grandes problemas que tiene la industria láctea de la quesería es la de buscar métodos que sean eficientes y económicos para poder procesar la mayor cantidad posible de este líquido. Tiene un papel muy importante con el medio ambiente ya que cuando se vierte directo en ríos y lagunas hace que el agua se quede sin oxígeno, debido a la acción microbiana que transforma la materia orgánica en compuestos que disminuyen el pH del agua por lo tanto provoca la muerte de los organismos acuáticos que se encuentren allí al igual que malos olores.

1.1 La leche.

La leche es el producto de la secreción normal de la glándula mamaria de animales bovinos sanos con la finalidad de nutrir las crías en su primera fase de vida, obtenida por uno o varios ordeños diarios, higiénicos, completos e ininterrumpidos (Gómez, Divier y Bedoya, 2005 y Zavala, 2005).

Las leches utilizadas en la alimentación desde tiempos ancestrales son las leches de oveja, cabra y vaca; siendo las de burra, yegua, reno y camello las menos relevantes (Zavala, 2005).

La leche es el único material producido por la naturaleza para funcionar exclusivamente como fuente de alimento, constituye una fuente nutritiva. La confirmación de esta imagen nutritiva está en el uso extensivo que tiene la leche y sus derivados, como parte de la dieta diaria en los países altamente desarrollados (González, Sánchez y Vázquez, 2010).

Químicamente, la leche es uno de los fluidos más completos que existen. El término “sólidos totales” se usa para indicar todos los componentes con exclusión del agua y el de “sólidos no grasos” cuando se excluye el agua y la grasa. El agua representa aproximadamente entre un 82% y un 82.5% de la leche, los sólidos totales alcanzan habitualmente la cifra de 12% hasta un 13% y los sólidos no grasos casi siempre están muy próximos al 9 % (Gómez, Divier y Bedoya, 2005).

La definición física, señala que la leche es un líquido de color blanco opalescente característico. Este color se debe a la refracción que sufren los rayos luminosos que inciden en ella al chocar con los coloidales en suspensión (Gómez, Divier y Bedoya, 2005).

Las razas vacunas que hemos creado, más difundidas en el mundo destinadas a la producción lechera, pertenecen a la especie *Bos Taurus*: Jersey, Brown Swiss, Holstein, Simmental, Normanda, etc.; sin embargo son también importantes las razas descendientes del *Bos Indicus* provenientes de la India y del norte de África adaptadas a los climas tropicales: Nelore, Guserat, Gyr, Brama y sus cruces, y *Bubalus Bubalis* o búfalo de agua (Zavala, 2005).

Por otro lado, desde el punto de vista dietético la leche es el alimento puro más próximo a la perfección. Su principal proteína, la caseína, contiene los aminoácidos esenciales y como fuente de calcio, fósforo y riboflavina (vitamina B12), contribuye significativamente a los requerimientos de vitamina A y B1 (tiamina). Por otra parte, los lípidos y la lactosa constituyen un importante aporte energético (Gómez, Divier y Bedoya, 2005).

2. SUERO DE LECHE.

El lacto suero es un producto derivado de la industria láctea. Sus componentes poseen un elevado valor nutritivo y presentan aptitudes funcionales muy interesantes a nivel de las industrias alimentarias (Alais, 1988).

Suero de leche: Líquido obtenido de la coagulación de la caseína de la leche, mediante la acción de enzimas coagulantes de origen animal, vegetal o microbiano, por la adición de ácidos orgánicos o minerales de grado alimentario; acidificación por intercambio iónico hasta alcanzar el punto isoeléctrico de la caseína (Secretaría de Salud, 2010).

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 mediante la acción de enzimas como la renina (cuajo), (Estrada y Gutiérrez, 2011).

El suero de leche, lacto suero o suero de queso, es el líquido que resulta de extraer parte del agua del gel formado en la etapa de coagulación de la leche para la elaboración del queso. En este proceso, la coagulación hace referencia directa al suero, ya que dependiendo el tipo, ya sea enzimática, ácida o mixta, serán las características del suero generado (Córdoba, 2013).

El suero de leche es un líquido obtenido de la coagulación de la leche mediante la acción de enzimas coagulantes de origen animal (renina), vegetal o microbiano, por la adición de ácidos orgánicos o minerales de grado alimentario o por acidificación o por intercambio iónico hasta alcanzar el punto isoeléctrico de la caseína (Hernández y Vélez, 2014).

Constituye el 90% de la leche y contiene compuestos hidrosolubles. En esta solución se encuentran proteínas solubles, lactosa, vitaminas y sales minerales. (Miranda, Ponce, Fonseca y Días, 2009).

El lacto suero o suero de quesería, es un líquido pobre en extracto seco (5 a 6.5%) que se altera rápidamente bajo la acción de diversos microorganismos; debe

utilizarse o tratarse sin dilación. En todos los casos es preciso tener en cuenta su origen (Alais, 1988).

El suero de leche líquido es un producto que durante muchos años ha sido considerado como un desecho; actualmente es utilizado por sus múltiples nutrientes y propiedades funcionales. Este producto está compuesto por agua, lactosa, proteínas, minerales (calcio, fósforo, magnesio) y grasa. Las proteínas son indiscutiblemente el componente de mayor importancia del suero, sus propiedades y aplicaciones son de gran interés en diversas áreas. El espectro de beneficios confirmados y el potencial que presenta la proteína del suero para la salud, cubre todo el ciclo de la vida, desde la nutrición infantil hasta productos para ancianos (Hernández y Vélez, 2014).

El suero en el medio rural, es utilizado solamente en la suplementación de cerdos, el cual en su mayoría no es aprovechado al 100%; este es tirado en coladeras o canales de aguas negras influyendo considerablemente en la contaminación del medio ambiente por su emisión de gases de metano (Miranda, Ponce, Fonseca y Dias, 2009).

El lacto suero es uno de los materiales más contaminantes de la industria alimentaria, debido a su elevado contenido en materia orgánica, siendo su riqueza en lactosa la principal responsable del mismo, por su capacidad para actuar como sustrato de fermentación microbiana (Ramírez, 2011)

Tabla 1. Característica del suero de leche.

Variable	Contenido %
Agua	93.1
Lactosa	4.9
Proteína Cruda	0.9
Cenizas	0.6
Grasa	0.3

Ácido Láctico	0.2
---------------	-----

(Aguilar, 2011).

2.1 Tipos de suero.

Las características del tipo de lacto suero dependen de la coagulación a la que fue sometida la leche para la obtención del gel, pudiéndose diferenciar dos tipos fundamentales: lacto suero dulce o enzimático y lacto suero ácido (Córdoba, 2013).

2.1.1 Lacto suero dulce.

Se obtiene de la coagulación por el cuajo de leches y es conveniente para todas las transformaciones y utilidades mencionadas más adelante, su acidez varía, de 15 a 25 ° Dornic, según las fabricaciones (Alais 1988).

La coagulación de la leche, se obtiene mediante una enzima denominada quimosina y renina, las cuales provocan la hidrólisis y precipitación de las proteínas de la leche. El pH de este tipo de suero es cercano a 6,3 y posee una pequeña cantidad de calcio. Este tipo de suero es más apetecido en la industria láctea gracias a que presenta unas características físico-químicas estables para la elaboración de diversos substitutos de quesos análogos y cremas para café; así como leche en polvo (Panesar, 2011).

2.1.2 Lacto 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 mediante un proceso de acidificación (Estrada y Gutiérrez, 2011)

Procedente de la fabricación de quesos frescos o de pasta blanda, o bien de la fabricación de la caseína láctica; debe neutralizarse previamente para la mayor parte de sus aplicaciones. El contenido de lactosa se reduce a causa de la fermentación láctica y la acidez puede elevarse hasta 120° Dornic. (Alais, 2003).

Este tipo de suero se consigue mediante una coagulación láctica de las caseínas, presenta un pH cercano a 4,5 el cual se logra al llegar al punto isoeléctrico de la caseína, anulando las cargas eléctricas que impiden la unión de las moléculas de caseína evitando su floculación (Panesar, 2011).

Este tipo de suero ácido posee un 80% de los minerales respecto a la leche entera, el calcio es tomado por el ácido láctico produciendo el llamado lactato cálcico (Panesar, 2011).

Tabla 2. Composición de los sueros de queso.

Componente	Suero Dulce (%)	Suero Ácido (%)
Sólidos totales	6.5	5.2
Lactosa	4.9	4.3
Proteína	0.8	0.6
Nitrógeno no proteico (% del total)	22.0	27.0
Ácido láctico	0.15	0.75
Cenizas	0.56	0.46
pH	6.2	4.6

(Badui, 2006).

3. COMPOSICIÓN DEL LACTO SUERO.

3.1 Proteínas

Las proteínas del suero se encuentran presentes en la fracción soluble de la leche tras su acidificación a pH 4.6 y representan el 20% de la proteína total. Dentro de esta denominación se incluyen proteínas como la β -lactoalbumina, α -lactoalbumina, seroalbumina bovina, lactoferrina e inmunoglobulinas (Bravo, 2012).

Las proteínas del suero tienen varias características funcionales en soluciones acuosas, como solubilidad, emulsificación y congelación. Pero sobre todo las proteínas del suero se procesan para productos alimenticios. Esto porque sobre todo el alimento contiene también lípidos, azúcares, sales y otras proteínas (Recinos y Saz, 2006).

3.2 β -Lactoglobulina

Esta proteína contiene 50 a 60% del total de la proteína del suero. La lactoglobulina es una fuente rica de cisteína un aminoácido esencial, que es importante para la síntesis del glutatión (Recinos y Saz, 2006).

Es la proteína soluble más abundante en la leche de vaca, posee un peso molecular cercano a los 18 kD y suele formar dímeros constituidos por dos cadenas polipeptídicas iguales. Interviene en la desnaturalización proteica de tras el calentamiento de la leche por la formación de puentes disulfuro entre la β -lactoglobulina y la κ -caseína y/o α -lactoalbúmina (Camean y Repetto, 2012).

La β -lactoglobulina no se encuentra en la leche materna y se considera como responsable de algunas reacciones alérgicas que se observan en infantes alimentados con leche de vaca. Por esta razón, existen productos comerciales que imitan la leche humana con base en el suero de la leche, al que se le ha eliminado

esta fracción proteínica mediante una precipitación selectiva con polifosfatos o por filtración en gel, para después mezclarla con caseína, aceite de soya, minerales, vitaminas, lisozima y otros ingredientes (Badui, 2006).

3.3 α -Lactoalbúmina

La α -lactoalbúmina es, por orden de importancia, la segunda proteína del suero, y tiene actividad biológica, ya que es parte constitutiva del sistema enzimático requerido para la síntesis de la lactosa. De hecho, las leches de algunos animales que no presentan esta proteína tampoco contienen lactosa. No tiene grupos sulfidrilo libres, pero sí cuatro disulfuros provenientes de cistinas, lo que la hace tener 2.5 veces más azufre que las caseínas. Entre sus características se cuentan su bajo peso molecular, su alto contenido de triptófano y una secuencia de aminoácidos bastante parecida a la lisozima del huevo, por lo que algunos genetistas consideran que las aves y los bovinos tuvieron un tronco común hace muchos siglos. Tiene una estructura globular compacta con cuatro disulfuros y se desnaturaliza a 63°C, pero vuelve a su estado natural con el enfriamiento (Badui, 2006).

Las α -lactoalbúminas son de las principales proteínas que se encuentran en la leche humana y bovina. Comprenden, aproximadamente, del 20 al 25% de las proteínas de suero de leche y contienen gran cantidad de aminoácidos, incluyendo un suministro fácilmente disponible de aminoácidos de cadena ramificada y esencial (Hernandez y Vélez, 2014).

La α -lactoalbúmina es la principal proteína del lacto suero, alcanzando una concentración de 2.44 g/L en la leche madura. Su principal función es la síntesis de lactosa a partir de glucosa y galactosa en la glándula mamaria, aunque posee además otros efectos beneficiosos sobre la salud del lactante debido a su elevada

proporción de aminoácidos esenciales (triptófano y cisteína) e influye en la absorción de hierro en el intestino (Sierra, Morante y Pérez, 2007).

Además, es importante valorar la actividad biológica beneficiosa que puede producirse en el recién nacido alimentado con lactancia artificial con la incorporación de α -lactoalbúmina en su dieta, principalmente por su acción inmunoestimuladora y antimicrobiana, ya que en edades tempranas el sistema inmunológico no se encuentra suficientemente desarrollado, siendo mayor la incidencia de enfermedades gastrointestinales que los niños lactados a pecho (Sierra, Morante y Pérez, 2007).

3.4 Albúmina Sérica.

Conocida como seroalbumina bovina, es un componente del lacto suero idéntico a la seroalbúmina sanguínea, misma composición en aminoácidos, mismo peso molecular (69.000), las mismas propiedades electroforéticas y magnéticas, y la misma cinética de desnaturalización térmica (Alais, 2003).

La estructura de esta albumina está formada por una cadena peptídica única con numerosos repliegues estabilizados por puentes disulfuro. La seroalbúmina tiene la facultad de ligarse reversiblemente a sustancias muy variadas (Alais, 2003).

3.5 Inmunoglobulinas y otras proteínas.

Las inmunoglobulinas o gamma globulinas representan aproximadamente el 10% del total de las proteínas del lacto suero, juegan un papel fundamental en la transferencia de anticuerpos de la madre a la cría, se utilizan en tratamientos de infecciones de niños recién nacidos, muestran actividad antimicrobiana y pueden neutralizar virus y toxinas, realzan la actividad inmune y antioxidante, alivian el stress metabólico, mejoran la funcionalidad muscular y proveen de salud en general (Wit, 1998).

Las inmunoglobulinas suman el 10% de todas las proteínas del suero, provienen de la sangre del animal, constan de moléculas de glucoproteínas con un alto contenido de grupos azufrados y con una actividad biológica de anticuerpo. La cría (humano o becerro) obtiene cierta inmunidad a través del calostro que consume por su alto contenido de inmunoglobulinas (hasta 100 g/litro). Se designan como IgM, IgA, IgG1 e IgG2; la primera es un pentámero y la IgA es un dímero de la IgG. Son componentes importantes de la membrana del glóbulo de grasa y promotoras del cremado, además de que contribuyen a las propiedades antibacterianas naturales de la leche (Badui, 2006).

Otras proteínas contenidas en el suero son las denominadas metaloproteínas, al tener la capacidad de fijar específicamente y de forma reversible hierro y cobre.

Entre ellas se encuentran las siguientes:

- Lactoferrina, que es distinta de la sanguínea y tiene mayor afinidad por el hierro, por lo que es clave para la introducción de éste en la leche a partir de la sangre. Tiene capacidad para fijar dos átomos de hierro por molécula.
- Transferrina, procedente de la sangre y también con capacidad de fijar hierro.
- Ceruloplasmina, de origen sanguíneo, capaz de fijar cobre (Gil, 2010).

3.6 Seroalbúmina

Esta fracción, al parecer, es idéntica a la albumina del suero sanguíneo ya que tiene las mismas propiedades inmunológicas. Constituye el 5% del total de las proteínas solubles de la leche (Paredes, 2014).

3.7 Proteosa – peptona

Las proteosa peptonas están compuestas por un grupo heterogéneo de fosfoglicoproteínas provenientes de la hidrólisis de la caseína b por la acción de la

plasmina. La albúmina bovina es la misma que la del suero sanguíneo, sirve de transporte de ácidos grasos, contiene un alto número de cistinas (17 por mol) y un grupo sulfhidrilo libre, y es fácilmente desnaturalizable incluso a bajas temperaturas (Badui, 2006).

Representan aproximadamente el 10% de las proteínas solubles, es la única que contiene carbohidratos y hasta un 6% de fósforo (Paredes, 2014).

3.8 Proteínas menores

En este grupo se incluyen aquellas proteínas del lacto suero que son difíciles de identificar; entre ellas está la transferina o proteínas rojas, las lactolinas y las proteínas de la membrana del glóbulo de grasa. Éstas representan aproximadamente el 5% de las proteínas del lacto suero (Paredes, 2014).

3.9 Lactosa

La lactosa del suero tiene varias propiedades interesantes, presenta poder edulcorante (20 a 30% del poder edulcorante de la sacarosa), capacidad de fijación de aromas y de adsorción de pigmentos, temperatura de caramelización superior a la de otros azúcares, poder emulsificante y agregante, solubilidad en agua, reducida higroscopicidad, aumento de la presión osmótica, alta estabilidad (química, física y microbiológica) ante la humedad. Estos aspectos le brindan a la lactosa amplios usos industriales (Parra, 2009).

3.10 Minerales

La leche contiene un cierto número de minerales, su concentración total es menor al 1%. Las sales minerales se encuentran disueltas en el suero de la leche o forman

compuestos con la caseína. Las sales más importantes son las de calcio, sodio, potasio y magnesio. Se encuentran como fosfatos, cloruros, citratos y caseinatos, siendo más abundantes las sales de calcio y potasio (Tetra Pack, 2003).

4. EL IMPACTO MEDIO AMBIENTAL DEL SUERO.

Debido a las excelentes propiedades nutricionales y funcionales y a las grandes cantidades de suero de quesería que se producen, se ha convertido en una excelente materia prima para obtener diferentes productos a nivel tecnológico o como medio de formulación. Aun cuando, su alto contenido en agua, su salinidad elevada y su alterabilidad microbiana dificultan a menudo su aprovechamiento. (FAO, 1997).

Uno de los grandes problemas que tiene la industria láctea de la quesería es la de buscar métodos eficientes y económicos para procesar esta gran cantidad de suero líquido, ya que el vertido directo en ríos y lagunas, es una forma de polución muy importante y un gran despilfarro de alimento. Cada 1000 litros de lacto suero genera cerca de 35 kg de demanda biológica de oxígeno y cerca de 68 Kg de demanda química de oxígeno. Esta fuerza contaminante es equivalente a la de las aguas negras producidas en un día por 450 personas (Yáñez y Montalvo, 2013).

El vertimiento de suero en fuentes hídricas hace que el agua se quede sin oxígeno, debido a la acción microbiana que transforma la materia orgánica en compuestos que disminuyen el pH del agua trayendo como consecuencia la producción de malos olores y la muerte de los organismos acuáticos que allí se encuentren (Araujo, 2013).

El alto contenido de materia orgánica sumado al gran volumen de generación de lacto suero, que anualmente se incrementa en cerca del 3% y también la incapacidad de las pequeñas y medianas empresas lácteas de aprovechar el lacto suero de una manera rentable, ocasionan cerca del 50% de la producción mundial sea desechada como efluente a los recursos hídricos o a los sistemas de alcantarillado sin ningún

tratamiento, lo que ubica el desecho de este material como una amenaza considerable para el medio ambiente (Araujo, 2013).

Resulta difícil separar el problema de la eliminación del suero, ya que la eliminación de aquel, se está convirtiendo en uno de los problemas industriales y de la salud pública (Yáñez y Montalvo, 2013).

5. APLICACIÓN DEL SUERO EN LA INDUSTRIA.

5.1 Tecnología de empaques.

La proteína del suero de leche está formada por diferentes fracciones β -Lactoglobulina, α -lactalbúmina, seroalbumina bovina y algunas inmunoglobulinas. La β -Lactoglobulina, es el mayor componente (50-60%) de la proteína del suero. Estas proteínas son muy sensibles a las altas temperaturas (son las primeras en desnaturalizarse) y en menor grado, al pH ácido (situación contraria a lo que sucede con las caseínas), debido a que su mecanismo de estabilidad es por hidratación y no por carga eléctrica (Aguilar, 2005).

Las seroproteínas son capaces de formar películas transparentes y recubrimientos con excelentes propiedades de barrera al oxígeno, aromas y aceites a bajas humedades relativas (Aguilar, 2005).

La creación de películas comestibles a base de proteínas de suero como empaques para alimentos ofrece propiedades funcionales comparables con películas derivadas de caseinato de sodio, potasio o calcio en cuanto a permeabilidad, resistencia, elongación, suavidad y pureza (Córdoba, 2013).

De esta forma se obtienen películas biodegradables con actividad antibacteriana, esta película alarga la vida de anaquel, aumentando la caducidad y conservación de los alimentos (Valencia y Ramírez, 2009).

Pueden ser usadas para proporcionar alta calidad y productos alimenticios seguros. Películas comestibles basadas en proteínas y cubiertas han incrementado la atención en recientes años debido a sus propiedades funcionales y características nutricionales (Parra, 2009).

Estas películas se caracterizan por ser transparentes que proporcionan ciertas propiedades mecánicas y como característica final muy importante se tiene que son enteramente biodegradables y muy usadas en varios tipos de alimentos, un ejemplo de lo anterior son los concentrados de proteína como los aislados de proteína del suero de leche, que son ideales para la formación de estos biopolímeros. La formación de estas películas compuestas de lacto suero no solo son importantes por sus nuevos usos encontrados o por las características mencionadas anteriormente, sino también porque mejoran la estabilidad microbiana de los alimentos particularmente en presencia de sustancias conservadoras (Parra, 2009).

5.2 Secado por aspersión.

Es el procedimiento más empleado en la elaboración de productos de suero en polvo, el principio fundamental es la deshidratación de una solución de suero por atomización, sobre una corriente de aire caliente, previamente cristalizado en forma lenta y controlada (Angulo, 2005).

El suero en polvo es producido a partir del suero dulce de la fabricación de quesos, el cual ha sido sometido a un proceso de pasteurización, evaporación, cristalización y secado por atomización, permitiendo con ello extraer parcialmente el agua y a la vez mantener todos los otros constituyentes en la misma proporción relativa contenida en el suero dulce. Se obtiene un polvo color amarillo suave y uniforme, no higroscópico y prácticamente libre de partículas quemadas visibles con color y sabor característico (Recinos, y Saz, 2006).

5.3 Bebidas

Elaboración de bebidas. También se ha estudiado la elaboración de bebidas o fórmulas lácteas con valor nutritivo similar al de la leche y con características agradables al consumidor. Estas bebidas tienen un gran potencial para utilizarse en programas gubernamentales dirigidos a la población de escasos recursos (Valencia, y Ramírez, 2009).

El lacto suero desproteinizado o completo puede ser fermentado para producir una gama de bebidas. La principal ventaja ofrecida por el lacto suero como sustrato para la producción es que tienen un gran valor nutritivo, rehidrata y son menos ácidas que los jugos de frutas. La comercialización de estos productos generalmente enfatiza en la salud y beneficios nutricionales, especialmente si ellas aún contienen las proteínas de lacto suero (Parra, R. 2009).

La formulación de bebidas a base de lacto suero, representa una expectativa saludable y comercial muy buena, ya que los beneficios proporcionados por la ingesta de proteínas, especialmente altas en aminoácidos esenciales, aminoácidos ramificados y leucina, se asocian a la pérdida de peso, reducción de grasa corporal, aumento de la síntesis de proteínas musculares, reducción de la secreción de insulina y nivel de triglicéridos plasmáticos entre otros (Córdoba, 2013).

El sabor del lacto suero, especialmente el ácido, es más compatible con las bebidas de frutas cítricas. Sin embargo, su utilización como bebida refrescante es obstaculizada por la presencia de proteínas de lacto suero y componentes grasos. Después de la segunda guerra mundial, este problema se solucionó al utilizar lacto suero desproteinizado y sin grasa (Córdoba, M, R. 2013).

Se recalca que estas bebidas nutricionales se pueden elaborar pasteurizadas, saborizantes con fresa o chocolate, o no saborizadas, fortificadas con vitaminas A y calcio, o no fortificadas; con lactosa como carbohidratos principalmente o con gran

parte de la lactosa hidrolizada, usando la enzima lactasa, para consumidores intolerantes a la lactosa (Morales, 2011).

Clasificación de las bebidas de lacto suero por Alaís 1986.

1. Bebidas límpidas, dulces, aromatizadas, no alcohólicas, gaseosas o no, obtenidas a partir del lacto suero desproteínizado. Puede reducirse la adición de azúcar mediante hidrólisis de la lactosa con excepción de algunos éxitos locales, como en el caso de la Rivella suiza y holandesa, este tipo de bebidas esta poco desarrollado.
2. Bebidas proteínizadas, en forma de leche, tras homogenización con la nata, o en forma de mezclas de zumo o frutas o de legumbres. Están poco extendidas.
3. Bebidas alcohólicas, en cervecería se ensaya la introducción del lacto suero hidrolizado en el mosto. Puede hacerse vino de lactosuero, con o sin adición de azúcar, con o sin adición de aromas.

5.4 Concentrados de Proteínas

Los concentrados de proteína de lacto suero son elaborados por la ultrafiltración que consiste de una membrana semipermeable, la cual selectivamente permite pasar materiales de bajo peso molecular como agua, iones y lactosa, mientras retiene materiales de peso molecular alto como la proteína. El retenido es así concentrado por evaporación y liofilizado (Parra, R. 2009).

Todo proceso que incluye el fraccionamiento y la concentración de las proteínas del suero debe considerar también la recuperación de la lactosa, que es el componente que se encuentra en mayor cantidad y la principal responsable por la elevada carga orgánica del suero. Por otra parte, la lactosa por ser una fuente de material energético puede ser utilizada en diversos procesos biotecnológicos, y es un componente muy usado en las industrias alimenticias y farmacéuticas. Así el fraccionamiento del suero en lactosa y proteínas representa una posibilidad que

permite la utilización de los constituyentes de mayor importancia comercial presentes en los sueros de queso (Hernández, 2013).

Hay diversos procesos membranarios para su obtención, estos son aplicados por la industria lechera de forma masiva, ya que han resultado un gran éxito, dentro de los cuales se encuentran.- la microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y osmosis inversa; cada uno de estos métodos se utiliza en relación con los componentes que son capaces de permear, siendo el método más utilizado la ultrafiltración, ya que con este se retienen las proteínas del lacto suero además de ser el más económico y de fácil operación (Córdoba, 2013).

Una vez retenidas las proteínas, se concentran mediante evaporación y finalmente se liofilizan. El porcentaje de proteína del producto varia de entre 30 y 80%, su demanda depende de las características de cada uno (Córdoba, 2013).

5.5 Recuperación de lactosa.

Este proceso consiste en concentrar las proteínas y permear la lactosa a través de membranas de microfiltración y ultrafiltración, recuperando en dos corrientes de salida estos componentes. A su vez, las soluciones de lactosa han sido tratadas con membranas de nanofiltración para separar lactosa de las sales minerales, completando el fraccionamiento de lacto suero y recuperando productos importantes y reusables en la industria (Hernández y Vélez, 2014).

Después del agua la lactosa es el mayor componente del suero, su extracción se da principalmente por la separación de componentes mediante membranas de filtración (Burgos, 2015).

La lactosa es utilizada en la industria farmacéutica, se utiliza para el recubrimiento de medicamentos, para la producción de ácido láctico, jarabes de suero con un menor valor edulcorante al de la sacarosa, la lactosa puede sustituir el azúcar en la elaboración del chocolate mejorando sabor y color, etc. (Burgos, 2015).

Para obtener lactosa con grado farmacéutico es necesario un proceso de refinado. Este proceso consiste en redissolver los cristales de lactosa en agua caliente hasta tener 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 (Hernández y Vélez, 2014).

5.6 Producción de biomasa

El lacto suero puede ser utilizado como medio de cultivo para la producción de biomasa (proteína unicelular como la levadura para panificación), metabolitos (lípidos, pigmentos, alcoholes, ácidos orgánicos, biopolímeros) y enzimas. En este medio la lactosa es la principal fuente de carbono para los microorganismos, incluso se ha utilizado para células vegetales. Además, el lacto suero suele emplearse para la conservación y propagación de cultivos lácticos o en la elaboración de bebidas fermentadas (Valencia y Ramírez, 2009).

Con el fin de satisfacer la escasez en la producción de proteínas para alimentación humana y animal en los países en desarrollo, se han establecido en las últimas décadas varios procesos para la producción de microorganismos o biomasa microbiana. Se han estudiado numerosos sustratos para la producción de biomasa unicelular, siendo el suero lácteo uno de los que se ha considerado más importante debido a su bajo precio y su disponibilidad, aparte de que suele ser un contaminante importante en aguas de desecho, lo que causa serios problemas en el funcionamiento de las plantas de depuración. Aunque algunas investigaciones al respecto han utilizado el suero entero, la importancia que han adquirido los concentrados proteicos ha hecho que la producción de biomasa se haya desarrollado

hacia el uso de suero desproteínizado para incrementar el atractivo económico del proceso (Hernández, 2013).

La producción de biomasa de levaduras es un proceso en el cual se da una reacción bioquímica entre las células y la lactosa para producir células microbianas cuyo propósito es proporcionar una fuente de proteína para la alimentación humana. El uso de lacto suero para la producción de esta biomasa tiene las ventajas de ser un proceso de tratamiento simple, y la descarga final de suero tiene una menor concentración de materia orgánica ya que la lactosa del suero es transformada en biomasa de levadura (Córdoba, 2013).

5.7 Quesos.

Hoy en día, los quesos son elaborados por razones de versatilidad, conveniencia y reducción de costos. Con los avances en la tecnología de lácteos, nuevos ingredientes como leche en polvo, lacto suero en forma de polvo o concentrados de proteína de lacto suero, están ahora disponibles para la incorporación dentro del procesamiento del queso a través de métodos como: osmosis inversa, ultrafiltración, evaporación y tratamiento con calor; sin embargo, hay pocas investigaciones en las que el suero crudo es utilizado en dicho proceso (Estrada y Gutiérrez 2011).

Los quesos de suero (requesón o ricotta) son productos obtenidos a partir del suero de quesos de leche entera, semidescremada o descremada pasteurizada de vaca, cabra u oveja que coagula por calentamiento en medio ácido para favorecer la obtención de la cuajada, la cual es salada, drenada, moldeada, empacada, etiquetada y posteriormente refrigerada para su conservación (Estrada y Gutiérrez 2011).

El queso Ricotta es un queso de pasta fresca, sin corteza. Representa una forma de reutilización del suero de queserías, no requiere de una buena infraestructura, ni gastos elevados. La obtención de este producto, requiere de la precipitación de las proteínas séricas, albúmina y lacto globulina, que atrapan en su estructura a la lactosa y la materia grasa remanentes en el suero. Sus características organolépticas

constan de: un color blanco, sin olor, con sabor dulce y textura suave (Hernández y Vélez, 2014).

5.8 Fórmulas infantiles.

En la época de los 70; aparecieron las formula infantiles basadas en el lacto suero simulando las propiedades nutrimentales de la leche humana; está elaborada principalmente por la leche de bovinos y sus derivados como el lacto suero (Parra, 2009).

Este fue el inicio de las fórmulas infantiles mezclando igual cantidades de leche descremada, lacto suero desmineralizado y otros componentes como vitaminas, minerales, taurina, nucleótidos entre otros (Parra, 2009).

Para lograr una calidad proteica semejante a la leche humana, no sólo se disminuye el contenido de proteínas proveniente de la leche de vaca, sino que también se reemplaza parte de la caseína (que es la proteína predominante) por proteína del suero rica en lactoalbúmina y albúmina bovina, obteniendo así una relación caseína/suero de 40/60, más semejante a la de la leche de madre. De esto depende en gran medida el mayor costo de estas fórmulas (Sarria, 1998).

Las seroproteínas de la fórmula contienen β -lactoglobulina y en menor concentración seroalbúmina e inmunoglobulina G. La fracción sérica de la leche de mujer contiene α -lactoalbúmina, lactoferrina, lisozimas e inmunoglobulinas (Sarria, 1998).

El principal problema con estos productos ha sido la utilización de la β -lactoglobulina. Esta proteína, ausente en la leche humana, ha demostrado ser una fuente importante de alergia infantil por lo cual limita el uso de la leche de bovinos como materia prima para la producción de leche para infantes. Sin embargo, varios productos comerciales destinados a alimentos infantiles están basados en la caseína de lacto suero y la mayoría de ellos tienen importantes cantidades de β -lactoglobulina (con tratamientos previos como la desnaturalización) (Parra, 2009).

5.9 Hidrolizados.

Forman parte de los alimentos para la reanimación que permiten aumentar las posibilidades de restablecimiento de los enfermos, a los que se les plantean problemas de readaptación a una alimentación normal (Alais, 2003).

En los hidrolizados de proteína se potencian diversas características funcionales, tales como viscosidad baja, mayor capacidad de agitación, dispersión y alta solubilidad, que les conceden ventajas para el uso en muchos productos alimenticios, respecto a las proteínas originales (Benítez, 2008).

Son formulas a las que por medio de un proceso enzimático, proporcionan un producto final péptidos de suero de leche; esto significa que al referirnos a una proteína hidrolizada, estamos hablando de una proteína que ha sido dividida en pedazos más pequeños (Benítez, 2008).

Los hidrolizados enzimáticos ricos en oligopéptidos, especialmente di- y tripéptidos, representan una manera de mejorar la utilización de la proteína. Estas preparaciones han sido usadas en varios países como suplementación dietética o necesidades fisiológicas, para personas de la tercera edad, bebés prematuros, atletas que controlan el peso a través de dietas y niños con diarrea. Son muy utilizadas las proteínas hidrolizadas debido a que los aminoácidos proporcionados por los hidrolizados de proteína son rápida y completamente absorbidos a nivel digestivo en comparación con la proteína intacta sin hidrolizar (Parra, 2009).

Las características que deben cumplir estos hidrolizados de proteínas para formar parte de una dieta enteral son: no producir desequilibrios osmóticos ni alergias, presentar un alto valor nutritivo, no muy inferior al de la proteína de partida y tener un sabor aceptable (Benítez, 2008).

Los hidrolizados que se producen para su uso en alimentación se pueden agrupar en: hidrolizados con bajo grado de hidrólisis, entre el 1% y el 10%, para la mejora de

las propiedades funcionales; hidrolizados con grados de hidrólisis variable para su uso como saborizantes y por último, hidrolizados extensivos, con grado de hidrólisis superior al 10%, para su uso en alimentación especializada (Benítez, 2008).

5.10 Aislados.

Un aislado de proteínas de suero de leche posee al menos un 80% de proteína, es extremadamente bajo o libre de lactosa y no contiene grasa (Sevilla, 2005).

Los aislados de proteína de lacto suero tienen como características importantes un 90% de proteína y entre 4-5,5% de agua. Por su alta pureza, los aislados de proteína de lacto suero son usados extensivamente en suplementación nutricional, bebidas deportivas y medicinales. Han sido empleados como proteínas de alimentos funcionales en formulaciones de alimentos, por sus propiedades de hidratación, gelificación, emulsificación, y propiedades para formación de espuma, además, estos productos son elaborados para la aplicación de agentes complejantes específicos los cuales se enlazan con proteínas, permitiendo su eliminación de lacto suero, utilizando absorbentes como carboxy-metil celulosa u óxidos inorgánicos (Parra, R. 2009).

5.11 Etanol

La producción de una bebida alcohólica por conversión del lacto suero es una alternativa de gran interés para la utilización de este subproducto industrial (Parra, R. 2009).

El proceso puede ser operado bajo condiciones asépticas usando lacto suero proteinizado, con temperatura de fermentación entre 24-34°C. Este proceso fermentativo origina un rendimiento de etanol en un rango de 75-85% del valor teórico, partiendo que por cada 0,538 kg de etanol se necesita de 1kg de lactosa

metabolizada, esto refleja la importancia en la producción de etanol que tiene el lacto suero (Araujo, 2013).

Los procesos para la producción de etanol comparten algunos pasos y principios básicos; el suero permeado por ultrafiltración de proteínas es concentrado por osmosis inversa para retener su contenido de lactosa. La lactosa obtenida es fermentada con cepas especiales de levadura, una vez completada la fermentación, el líquido resultante se separa y se lleva al proceso de destilación para la extracción del etanol (Córdoba, 2013).

Las condiciones para optimizar el proceso fermentativo dependen del tipo de materia orgánica, 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, y una correcta relación entre concentración inicial de materia orgánica y cantidad de lactosa por fermentar (Ramírez, 2011).

CONCLUSIÓN

El lacto suero es un producto que se obtiene de la separación de la caseína de la leche el cual constituye el 90% de la leche, es uno de los materiales más contaminantes de la industria alimentaria, debido a su elevado contenido en materia orgánica, siendo su riqueza en lactosa la principal responsable del mismo, por su capacidad para actuar como sustrato de fermentación microbiana.

A pesar del problema de contaminación que se genera, existen una infinidad de productos que se pueden obtener; Dentro de estos productos encontramos en la industria láctea; tecnología de empaques, secado por aspersión, bebidas, concentrado de proteínas, recuperación de lactosa, producción de biofertilizantes, producción de biogás, producción de biomasa, quesos, formulas infantiles, hidrolizados , aislados, etanol, etc.

Con la producción de estos se logra disminuir la contaminación y así evitar que el lacto suero termine en coladeras y en ríos dando una utilidad al producto lácteo.

La lactosa se utiliza en el grado farmacéutico para el recubrimiento de los medicamentos, igual la lactosa puede sustituir el azúcar en la elaboración del chocolate mejorando el color, sabor, etc. Para su obtención de la misma es necesario un proceso de refinado.

El lacto suero es de gran utilidad en la industria alimentaria ya que es utilizado en muchos productos para la alimentación humana, también es importante en la conservación de frutos, elaboración de medicamentos entre muchos usos más que se le están dando así ya no solo es utilizado para la alimentación de los cerdos, tirado en ríos y coladeras por lo tanto se evita que termine siendo un contaminante en el medio ambiente.

En nuestro país la industrialización del suero de leche es muy limitada por nuestros productores, por la falta de socialización del conocimiento en esta área, así como falta de equipo industrial para hacerlo.

Con esta información se hace un exhorto a los investigadores para elaborar proyectos de investigación diseñar equipos para su industrialización del suero de leche y obtener mayores beneficios del mismo e impedir que lo sigamos importando.

BIBLIOGRAFÍA.

Aguilar, B, A. 2011. Alimentación de becerros Holstein con suero de leche. (Tesis licenciatura). Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.

Aguilar, M, A. 2005. Propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables y su empleo en el recubrimiento de frutos de aguacate. (Tesis licenciatura). Instituto politécnico nacional. Centro de investigación en ciencia aplicada y tecnología avanzada. México, D. F.

Alais C. 1986. Ciencia de la leche. Principios de técnica lechera. España, Editorial Reverte.107 p.

Alais, C, 1988. Ciencia de la leche: principios de técnica lechera, Ed. Continental, México p. 191, 550-551.

Alais, C, 2003. Ciencia de la leche: principios de técnica lechera, 4 ed. Ed. Revierte. S. A. España. p. 793-808.

- Angulo, M, R. 2005. Factibilidad de producción y estudio de rendimiento de queso chanco con incorporación de suero en polvo. (Tesis licenciatura). Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias. Valdivia Chile,
- Araujo, G, V, A. 2013. Aprovechamiento del lacto suero como fuente de energía nutricional para minimizar el problema de contaminación ambiental. Revista de Investigación Agraria y Ambiental. Volumen 4, (Numero 2): p. 5-11.
- Badui, D, S. 2006. Química de los alimentos. 4 ed. Ed. Pearson Addison Wesley. México. p. 614-615-627. .
- Benítez, R. 2008. Hidrolizados de proteína: procesos y aplicaciones. Departamento de Química, Universidad del Cauca, Popayán – Colombia, p. 2
- Burgos, I, A. 2015. Estudio investigativo del suero de leche y propuesta gastronómica, (Tesis licenciatura). Universidad tecnológica equinoccial. Facultad de turismo, hotelería y gastronomía. Quito.
- Bravo, V, I. 2012. Estudio de la fracción proteica de leche y sus fórmulas infantiles sometidas a altas presiones, (Tesis Licenciatura). Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Ciencias.
- Camean, A.; Repetto, M. 2012. Toxicología alimentaria Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A. p.588.
- Córdoba, M, R. 2013. Metodología alternativa para la reutilización del suero de queso en base a derivados de la industria cañera, (Tesis licenciatura). Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas Zona Xalapa, p. 16-23.
- Estrada, M y Gutiérrez J. 2011. El libro blanco de la leche y los productos lácteos. Ed. Canilec. México D.F. p. 37, 64.
- FAO. (1997). La leche y los productos lácteos en la nutrición humana. México D.F.
- Gil, A. 2010. Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos. Madrid: Médica Panamericana. p. 6

Gómez, A; Divier, A y Bedoya, M. 2005. Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. Revista Lasallista de Investigación, vol. 2, núm. 1, enero-junio. p. 39

González, R. G, Sánchez, M. B y Vázquez, C. R. 2010. Calidad de la leche cruda, Primer foro sobre ganadería lechera de la zona alta de Veracruz. p. 1.

Hernández, M, R. 2013. Caracterización fisicoquímica de un producto tipo cajeta elaborado a partir del suero dulce de quesería. (Tesis licenciatura). Universidad Veracruzana, Facultad de Ciencias Químicas. Xalapa. p. 25-28.

Hernández, M y Vélez, J, R. 2014. Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales, Departamento de ingeniería Química, Alimentos y Ambiental universidad de las Américas Puebla, México. p. 16-18.

Miranda, O. Ponce, I, Fonseca, P, L. Dias, M, R. 2009. Suero de queso un producto animal nutritivo. Caracterización. Notas técnicas. Asociación cubana de producción animal. p. 19.

Morales, L, A. 2001. Elaboración de una bebida tipo funcional para la alimentación a partir de lacto suero. (Tesis licenciatura) Universidad Veracruzana. Facultad de Ciencias Químicas. Orizaba Veracruz. p. 29

Panesar, P, S. 2011. Productos lácteos fermentados: Cultivos Iniciadores y los Posibles Beneficios Nutricionales de Alimentos y Ciencias de la Nutrición, vol. 2, p. 47.

Paredes, M. 2014. Producción de leche y queso panela de vacas Jersey y sus cruizas con Holstein en pastoreo orgánico. (Tesis maestría) Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México.

Parra, R, A. 2009. Lacto suero: Importancia en la industria de alimentos. Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, UPTC. p.4- 7.

Ramírez, N, J. 2011. Aprovechamiento industrial de lacto suero mediante procesos fermentativos. Revista Especializada en Ingeniería de Procesos en Alimentos y

Biomateriales. Escuela de Ingeniería de Alimentos, Universidad del Valle, Cali, Colombia. p. 72-79.

Recinos, R, A y Saz, G, A. 2006. Caracterización del suero lácteo y diagnóstico de alternativas de sus usos potenciales en el salvador. (Tesis licenciatura). Universidad de el Salvador. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. San Salvador.

Sarria, R, B. 1998. Efectos del tratamiento térmico de fórmulas infantiles y leche de vaca sobre la biodisponibilidad mineral y proteica. (Tesis Doctoral) Universidad Complutense de Madrid. Facultad de biológicas. Madrid.

Secretaria de Salud. Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.

NOM-243-SSA1-2010. Diario Oficial de la Federación. México, D. F. Septiembre de 2010.

Sevilla, C, A. 2005. Suero de leche “La proteína del nuevo milenio” ed. colección deportiva. Mexico. p. 11.

Sierra, I.; Morante, S.; Pérez, D. (2007). Experimentación en química analítica. Ciencias Experimentales y Tecnología, Madrid: DYKINSON, S.L. pág. 41.

Tetra Pack, Alfa Laval (2003). Manual de Industrias Lácteas. Madrid: Mundi - Prensa. p. 333 - 334

Valencia, D, E y Ramírez, C, M. 2009. La industria de la leche y la contaminación del agua. Instituto tecnológico de Puebla. p. 31

Wit, J. 1998. Nutritional and Functional Characteristics of Whey Proteins in Food Products. Journal of Dairy Science Vol. 81, No. 3, p. 597 – 608.

Yáñez, A, O, D y Montalvo, L, A, M. 2013. Alimentación con suero de quesería más balanceado en las fases de crecimiento y finalización, para mejorar los parámetros productivos en cerdos. (Tesis licenciatura) Universidad central del Ecuador. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Quito.

Zavala, P, J. 2005. Aspectos nutricionales y tecnológicos de la leche, DGPA.