

DULCES DE LECHE UTILIZANDO LACTOSUERO

Jannet López Torres

<https://orcid.org/0000-0003-2745-8110>

1 Introducción

La Resolución 02310 de 1986 [MinSalud, 1986] define al lactosuero (LS) como el producto residual obtenido a partir de la leche en la elaboración del queso o la mantequilla. Aproximadamente 90% del total de la leche utilizada en la industria quesera es eliminada como LS.

Existen dos tipos de LS: el LS dulce el cual es obtenido durante la elaboración de quesos por medio de una coagulación enzimática y el LS ácido donde el coágulo se ha formado fundamentalmente por acidificación [Neira Bermúdez y López Torres, 2010].

A través de la historia el LS ha sido relegado a la condición de residuo, siendo un subproducto altamente contaminante, a juzgar por la alta demanda de oxígeno que involucra su descomposición aeróbica. Esto genera que la mayor parte del LS producido sea eliminado, vertiéndolo en las aguas corrientes por el sistema de tuberías, o en otros casos, brindándolo como suplemento nutricional en distintas explotaciones animales, como la porcícola, todo esto sin tener conocimiento de sus apropiadas condiciones para ser utilizado como materia prima en la industria de derivados lácteos, para el consumo humano.

Actualmente el LS, viene siendo utilizado como sustituto de la lactosa en productos industriales derivados de la leche, además pro-

porciona numerosos beneficios funcionales a los formuladores de alimentos. Posee solubilidad, actúa como agente de volumen o flujo en mezclas secas, contribuye con sólidos y un bajo nivel de dulzura, aumenta el color, sabor y textura; facilita el oscurecimiento y puede comprimirse directamente en tabletas [Fernández y Arango, 2005].

El dulce de leche es un producto de gran consumo en todos los países latinoamericanos, tomando diferentes nombres de acuerdo al país. En el Perú se le denomina “manjar blanco” en Ecuador se conoce con el nombre de “manjar de leche”, en Colombia como “arequipe”, en Argentina, Uruguay y Paraguay se le denomina “dulce de leche”. Asimismo, su consumo se ha difundido y está en creciente expansión en los Estados Unidos y Europa.

La Resolución 02310 DE 1986 [MinSalud, 1986] tiene las siguientes definiciones para los dulces de leche en Colombia: *Arequipe*: es el producto higienizado obtenido por la concentración térmica de una mezcla de leche y azúcares. *Leche condensada azucarada*: es el producto higienizado, obtenido por deshidratación parcial, a baja presión, de una mezcla de leche y azúcares. *Manjar blanco*: es el producto higienizado, obtenido por la concentración térmica de una mezcla de leche y azúcar, con el agregado de harina o almidones.

2 Características, composición, propiedades nutricionales, funcionales y tecnológicas del lactosuero para la elaboración de dulces de leche

Tradicionalmente, el LS no había sido considerado como una fuente rica de nutrientes para la alimentación humana a causa de su bajo contenido de proteínas y a sus altos niveles de lactosa y minerales. Sin embargo, desde hace algún tiempo se han intensificado los esfuerzos para utilizarlo, ya que las tendencias de producción señalan un rápido aumento en su disposición a nivel mundial.

En la actualidad, los sólidos de LS a utilizar en nutrición humana son producidos en una amplia variedad de formas, tales como, LS en polvo, LS condensado, LS parcialmente deslactosado, LS parcialmente

desmineralizado y la combinación de los dos últimos, como concentrados de proteínas de LS, proteínas aislados de LS WPI (*Whey Protein Isolates*), proteínas concentradas de LS o WPC (*Whey Protein Concentrates*), LS deslactosado, LS reducido en lactosa o RLW (*Reduced Lactose Whey*), LS desmineralizado y deslactosado, lactalbumina, LS permeado o WP (*Whey Permeate*) y lactosa en polvo, entre otros [Posada *et al.*, 2011]. Por otra parte, ha habido un incremento en la tendencia a usarlos en alimentación humana debido a una mayor comprensión de las características de los componentes del LS tanto desde el punto de vista nutricional-fisiológico como funcionales.

La composición del LS varía; ésta depende del tipo de leche y de los procesos empleados durante la elaboración de quesos; aproximadamente el 93 % es de agua y el 7 % de sólidos totales (5 % de lactosa, 0.3% de materia grasa, 0.9 % proteína, cenizas 0.6%) [Neira Bermúdez y López Torres, 2010].

El LS es una excelente materia prima para obtener diferentes productos a nivel tecnológico o como medio de formulación en procesos fermentativos. A pesar del problema de contaminación que se genera, existe una infinidad de productos que se pueden obtener. Dentro de estos productos están ácidos orgánicos, productos de panadería, bebidas para deportistas, alcoholes, bebidas fermentadas, gomas, empaques biodegradables, sustancias inhibidoras de crecimiento, proteína unicelular, exopolisacáridos, concentrados proteicos; además, las proteínas del LS tienen propiedades funcionales que permiten ser muy útiles en el área de los alimentos [Parra Huertas 2009; Ramírez-Navas, 2015; Ramírez-Navas, 2009; Ramírez-Navas, 2012].

Según Agrocadenas [MADR, 2007], la producción de LS en Colombia está en diferentes regiones: el 35% en la Costa Norte, leche proveniente de un doble propósito, donde predomina una transformación industrial y artesanal de queso costeño, en la cual se obtiene LS dulce y quesillo (suero ácido). Un 20% de esta producción se ubica en los valles y la Sabana Cundiboyacense, donde se obtiene LS ácido, proveniente de la elaboración de queso doble crema y quesillo. Otro 30%, se ubica en la zona de Antioquia y Chocó, donde se elaboran quesos

frescos (Quesito, Cuajada, Queso laurel, Campesino, entre otros) donde el subproducto obtenido es LS dulce. El resto de la producción, se encuentra en la zona Sur y los llanos, donde predomina la elaboración de queso fresco, en la cual se obtiene un LS dulce.

Algunos autores indican que los productos a base de LS, representan un segmento en crecimiento dentro de la industria láctea, así como en los sectores farmacéutico y biomédico. Además, a escala mundial, el mercado de los productos de LS aumentó más del 12% anual desde 1995 hasta 2000; a pesar de esto todavía hay suficiente producción de LS que no es utilizada [Posada *et al.*, 2011].

Actualmente el LS cuenta con una interesante acogida debido a su contenido proteico en proteínas solubles ricas en aminoácidos esenciales (lisita y triptófano) y por la presencia de numerosas vitaminas del grupo B (tiamina, riboflavina, ácido pantoténico, piridoxina, ácido nicotínico) y ácido ascórbico y su alto nivel de edulcorante (lactosa) en relación a otros productos lácteos [Zadow, 1992]. Su composición ofrece interesantes posibilidades en la industria de postres y confitería. Los LS ácidos presentan un contenido menor de lactosa y mayor de sales minerales en comparación con LS dulces. Sin embargo, la principal diferencia entre ambos es la concentración de calcio. El LS dulce prácticamente no contiene calcio (0.6 a 0.7 % Ca), ya que éste queda retenido en su mayor parte en forma de paracaseinato cálcico en la cuajada, mientras que en el LS ácido (1.8 a 1.9 % Ca) el ácido láctico secuestra el calcio del complejo de paracaseinato cálcico, produciendo lactato cálcico [Posada *et al.*, 2011]. La lactosa proporciona numerosos beneficios funcionales a los formuladores de alimentos. Posee solubilidad, actúa como agente de volumen o flujo en mezclas secas; contribuye con sólidos y un bajo nivel de dulzura, aumenta el calor, sabor y textura; facilita el oscurecimiento y puede comprimirse directamente en tabletas [Fernández y Arango, 2005; Zadow, 1992].

Según el Boletín Tecnológico de Industria y Comercio [Silva Rubio *et al.*, 2013], algunas de las aplicaciones del LS lácteo tienen lugar en la industria de bebidas, el yogur, los quesos untables, en la industria cárnica en embutidos, la panificación, la confitería e, inclusive, en la industria farmacéutica. Actualmente se están desarrollan-

do nuevas y diversas aplicaciones que aprovechan las propiedades funcionales de sus proteínas, especialmente aquellas relativas a su composición química. Estas propiedades son: gelificación, retención de agua, solubilidad, emulsificación, espesado, espumado, absorción y retención de lípidos, y ciertos aromas y sabores.

3 Tratamientos del lactosuero para su uso en la elaboración de dulces de leche

El LS contiene en su composición un alto contenido de lactosa, disacárido que, por ser soluble, pasa en mayor proporción a éste en la elaboración de quesos, componente que trae inconvenientes en el momento de elaborar leches concentradas y helados por su baja solubilidad, lo que conlleva al defecto conocido como arenosidad o cristalización. Esta arenosidad se presenta porque la cantidad de lactosa presente sobrepasa el nivel de saturación y aumenta con la temperatura; ella se cristaliza formando cristales detectables al paladar (tamaño mayor de 0.03mm) [Sarmiento, 2000].

Las siguientes soluciones pueden ser utilizadas para disminuir el problema de la cristalización:

Cristalización forzada. Práctica universal en la industria de la leche condensada dulcificada. Consiste en forzar la cristalización bajo la forma de minúsculos cristales de lactosa que no lleguen a ser percibidos por el consumidor. Dada la naturaleza semejante del dulce de leche azucarado, es posible utilizar réplicas semejantes para ambos productos. La cristalización forzada consiste en inocular el producto con microcristales de lactosa hasta un punto adecuado de la zona intermedia de saturación, siguiendo una intensa agitación para que la cristalización sea en el menor plazo posible, originándose como consecuencia un sinnúmero de cristales de lactosa de tamaño y formas uniformes. Para forzar de manera adecuada la cristalización de la lactosa en el dulce de leche es necesario determinar una temperatura adecuada de inoculación, enfriando previamente el producto mediante una agitación energética e intensa [Hynes y Zalazar, 2013; Tamime, 2009]. Para disminuir la incidencia y la gravedad del azu-

caramiento, la solución dada anteriormente puede satisfacer los requerimientos de la industria del dulce de leche.

Hidrólisis enzimática. Dentro del grupo de las enzimas hidrolíticas: hidrolasas, se hallan las glicosidasas que participan en la hidrólisis de los disacáridos, hallándose la enzima lactasa dentro de ellas. Esta capacidad de romper a la lactasa en los monosacáridos glucosa y galactosa, es precisamente la que se aprovecha en la industria del dulce de leche para disminuir el efecto nocivo de la cristalización excesiva de la lactosa sobre la estabilidad organoléptica del producto. Constituye uno de los métodos más efectivos. La leche puede ser hidrolizada en frío o en caliente. En caso de una hidrólisis en caliente se debe pasteurizar muy bien el LS antes del tratamiento, para evitar un alto desarrollo de microorganismos [Hynes y Zalazar, 2013; SENATI, 2009; Tamime, 2009].

La enzima utilizada es la lactasa o β -D galactosidasa que hidroliza máximo el 80 % de la molécula de lactosa. La hidrólisis ocasiona modificaciones en las características físicas y químicas en el producto: a) *Poder edulcorante*: con la hidrólisis de la molécula de lactosa se libera glucosa y galactosa, mezcla que es de 2 a 3 veces más dulce que la lactosa, por lo tanto, se utiliza menos cantidad de sacarosa. b) *Digestibilidad*: la lactosa no es digerible para la gran mayoría de los individuos. La glucosa y la galactosa pueden ser consumidas por personas intolerantes a la lactosa, disminuyendo los problemas gastrointestinales que ocasiona la deficiencia de enzima lactasa. c) *Viscosidad*: la glucosa y la galactosa presentan baja viscosidad lo que permite alta concentración de sólidos sin que ocurra cristalización. Esto está relacionado con la solubilidad de los azúcares. e) *Cuerpo, textura, sabor*: son modificados debido a la liberación de galactosa; el sabor queda más acentuado. f) *Reacción de Maillard o pardeamiento no enzimático*: la glucosa y la galactosa son más reactivos que la lactosa a temperaturas elevadas y a $\text{pH} > 5$ en relación a las proteínas. Influye directamente en intensificar el color pardo y el sabor a caramelo [Neira Bermúdez y López Torres, 2010].

El grado de hidrólisis es el porcentaje de lactosa transformado en glucosa y galactosa, según la fórmula.

Hidrólisis vía química por ácidos orgánicos, da buenos resultados el ácido clorhídrico y el ácido sulfúrico siendo este último el más apropiado, ya que puede ser eliminado por precipitación con hidróxido de calcio; esta técnica de hidrólisis ácida si se lleva a cabo en presencia de proteínas de la leche, puede producir transformaciones de la proteína no deseables, lo que altera la calidad del producto.

Tanto la hidrólisis vía química (ácidos) o enzimática (enzima β -galactosidasa) de la lactosa en glucosa y galactosa, tiene doble interés, nutricional y tecnológico. Nutricionalmente se tiene en cuenta a las personas intolerantes a la lactosa que por deficiencias en la enzima β -galactosidasa, se les dificulta su asimilación. Tecnológicamente, mejora su poder edulcorante (en 4,5 veces), aumenta su capacidad reductora y solubilidad (en 3 a 25°C) ya que sus componentes monosacáridos son mucho más dulces y solubles [Posada *et al.*, 2011].

En la Tabla 1 se presenta la dosificación de la enzima, su tiempo de reacción en horas, temperatura y el grado de hidrólisis dependiendo el producto, la textura y demás características que se desean obtener.

Tabla 1. *Dosificación de la enzima Maxilact® para distintos grados de hidrólisis de la lactosa.*

Dosis de Enzima (ml/L)	Tiempo de Reacción (horas)	Temperatura de Reacción (°C)	Grado de Hidrólisis %
0.3-0.5	10	5	20
0.1-0.2	24	5	20
0.5-0.9	1	30	20
0.1-0.2	4	30	20
0.2-0.4	1	40	20
0.05-0.1	4	40	20
1.0-1.6	10	5	50
0.5-0.7	24	5	50
2.1-3.1	1	30	50
0.5-0.8	4	30	50

Tabla 1. Dosificación de la enzima Maxilact® para distintos grados de hidrólisis de la lactosa (continuación).

Dosis de Enzima (ml/L)	Tiempo de Reacción (horas)	Temperatura de Reacción (°C)	Grado de Hidrólisis %
0.9-1.4	1	40	50
0.2-0.4	4	40	50
3.5-5.4	10	5	80
1.5-2.2	24	5	80
6.9-10.4	1	30	80
1.7-2.6	4	30	80
2.9-4.4	1	40	80
0.7-1.1	4	40	80

Fuente: Ficha técnica MAXILACT L 2000

4 Elaboración de diferentes dulces de leche

A continuación, se presentan algunas investigaciones en las que se incluyó LS en la formulación de dulces de leche. En algunos de los trabajos se hidrolizó previamente el LS. Los dulces de leche se produjeron de forma tradicional (estandarización, neutralización, precalentamiento, concentración y evaporación, pre enfriamiento, envasado y almacenamiento) [Neira Bermúdez y López Torres, 2010].

Pintado [2012] elaboró *manjar de leche* utilizando LS de quesería a diferentes niveles como sustituto de la leche. Los objetivos del trabajo fueron: 1) Identificar el nivel más adecuado del LS de quesería en la elaboración de manjar. 2) Determinar las características físico-químicas, bromatológicas, organolépticas y microbiológicas del manjar obtenido mediante la utilización de LS de quesería. 3) Establecer la relación beneficio-costos. Para desarrollar esta investigación el autor utilizó un *diseño completamente al azar*. Consideró un solo factor constituido por la composición de la mezcla láctea previa a elaborar el manjar. El factor incluyó cuatro niveles, relacionando leche y LS de quesería, así: A1: 100% leche y 0% LS de quesería;

A2: 90% leche y 10% LS de quesería; A3: 80% leche y 20% LS de quesería; A4: 70% leche y 30% LS de quesería. El LS no fue hidrolizado. Para la elaboración del dulce se empleó el 18% de azúcar y 2g de bicarbonato para 20 litros de mezcla. En el experimento se determinó: 1) la composición físico-química (pH acidez, expresado en % de ácido láctico, densidad, expresado en g/ml, tiempo de concentración del manjar, expresado en minutos, rendimiento expresado en %), 2) la composición bromatológica (contenido de grasa, expresado en %, contenido de proteína, expresado en %, carbohidratos totales, expresado en %) y microbiológica (coliformes totales, expresado UFC/g, *Escherichia coli*, expresado UFC/g); 3) variables organolépticas (color, olor, sabor, textura); y, 4) análisis económico (tasa de retorno marginal, TRM, y relación beneficio-coste).

Pintado [2012] encontró que: 1) el empleo de diferentes porcentajes de LS de leche en la mezcla láctea afecta la calidad del producto final. Los tratamientos que incluyen diferentes porcentajes de LS muestran incremento en el porcentaje de proteína y de carbohidratos totales y disminución del porcentaje de grasas en comparación con el tratamiento A1 (100% leche). 2) La óptima relación leche/suero fue de 90/10 junto el tratamiento A1 (100% leche); para obtener mejores resultados con porcentajes superiores se podría experimentar con hidrólisis de la lactosa mediante la utilización de la lactasa. 3) El LS adicionado en cantidades superiores al 10% del volumen total de materia prima en la elaboración de manjar no influye en las variables pH, acidez, densidad, pero si en el tiempo de concentración y en el rendimiento, variables que se ven directamente afectadas por el incremento de agua a través de la adición de LS en los tratamientos A3 y A4. 4) La adición de LS en cantidades superiores al 10% incrementa el porcentaje de lactosa sobre los sólidos totales lo cual afecta al producto final, puesto que durante el proceso de elaboración se produce sobresaturación de la lactosa y como consecuencia la cristalización como lactosa monohidratada de la misma, produciendo minúsculas partículas percibidas por los catadores y afectando directamente a la textura en los tratamientos A3 (20% LS) y A4 (30% LS). Y, 5) La inclusión de LS en la elaboración del manjar disminuye los costos de adquisición de materia prima, pero disminuye el

rendimiento del producto final, esto se debe a que el LS contiene un elevado porcentaje de agua, el mismo que se pierde por evaporación durante la concentración; la disminución del rendimiento ocurre a partir de la inclusión de LS en un porcentaje superior al 10%, lo que se puede comprobar con los datos obtenidos del tratamiento A2 (10% LS) en el cual se obtuvo excelente rendimiento e inclusive superior al establecido del 33.33%.

Zapata [2010] investigó el uso de quinua (*chenopodium quinoa*) en la producción del manjar de leche con sustitución parcial de LS de quesería. Los objetivos de su trabajo fueron: 1) Evaluar las características físico-químicas de la materia prima y del producto terminado. 2) Determinar el grado de aceptabilidad del producto mediante un análisis sensorial y estimar los costos en base a un estudio económico. 3) Proponer una alternativa de solución al problema de la falta de desarrollo de nuevos productos. Aplicó un diseño experimental A*B con tres niveles para el factor A y tres niveles para el factor B. Los factores de estudio considerados fueron: a) Factor A: porcentaje de sustitución de leche por LS de quesería A₀: 0%, A₁: 5%, A₂: 10%; y, b) Factor B: porcentaje de adición de quinua B₀: 5%, B₁: 10%, B₂: 15%. Como muestra control elaboró manjar de leche sin la adición de LS de quesería y sin adición de harina de quinua. El LS no fue hidrolizado, y utilizó bicarbonato de sodio, azúcar, gelatina y vainilla, en su formulación. Al igual que en el caso anterior, determinó las propiedades físico-químicas, bromatológicas, microbiológicas, y sensoriales del producto y evaluó económicamente las formulaciones obtenidas.

Zapata [2010] encontró que: 1) Las características organolépticas del producto como son: color, olor, sabor, consistencia y aceptabilidad, dan como resultado que el mejor tratamiento o el que más gustó a los catadores fue aquel que se elaboró a base del 90% de leche de vaca, 10% de LS dulce de quesería y 5% de harina de quinua; aunque con mínimas diferencias de aquel que fue elaborado únicamente con leche de vaca y con el 10% de adición de quinua. 2) Con el mejor tratamiento estimó los costos mediante un estudio económico y concluyó que el costo del nuevo producto es inferior al costo de algunas marcas comerciales, por lo que tendría la facilidad de com-

petir en el mercado ya que se ofrece al consumidor un producto más nutritivo y a un precio más económico. Y, 3) La alternativa de solución al problema de la falta de desarrollo de nuevos productos que en la actualidad existe, es proponer el desarrollo de una tecnología de elaboración de manjar de leche mediante una mezcla de leche de vaca (90%), LS de quesería (10%) y quinua (5%), ya que mediante los resultados se puede dar cuenta que el desarrollo de este nuevo producto con base en las formulaciones expuestas tendría muy buena aceptación por parte de los consumidores.

Sarmiento [2000] investigó el efecto de tres niveles de inclusión de LS hidrolizado en la elaboración de *leche condensada azucarada*. Como objetivos estableció: 1) Elaborar leche condensada sustituyendo parcialmente la leche entera cruda con inclusiones del 10%, 30 % y 50 % de LS hidrolizado, comparando de esta manera los efectos producidos en los tres tratamientos como también contra un control (sustitución del 0%). 2) Realizar un panel de degustación y evaluar las características sensoriales de los diferentes tratamientos. 3) Calcular los rendimientos y la rentabilidad de los diferentes tratamientos. El diseño contó con tres unidades experimentales por tratamiento con 10%, 30 % y 50 % de inclusión de LS y un testigo 0% de remplazo de LS hidrolizado. El porcentaje de hidrólisis del LS fue del 50 % utilizando una dosificación de 1.1 mL promedio de 0.9 – 1.4 mL por litro por una hora a 40 °C, según la Tabla 1. Previamente el LS fue pasteurizado a 72°C. Para las muestras control empleó 17% de azúcar y 0.05% de citrato de sodio; para los otros tratamientos empleó 14% de azúcar y el 0.05% de citrato de sodio. Tanto a la leche como al LS dulce les realizó los análisis de composición físico-química (grados Brix, pH y humedad). Para la evaluación sensorial de los productos obtenidos de los diferentes tratamientos evaluó: aspecto brillante, aspecto viscoso, color crema, color homogéneo, aroma intenso, aroma lácteo, sabor intenso, sabor dulce y astringencia. Para el análisis microbiológico de la leche condensada obtenida determinó lo exigido por la Resolución 02310 de 1986 [MinSalud, 1986]: recuento total de aerobios mesófilos en placa UFC/g, coliformes totales NMP/g y hongos y levaduras recuento UFC/g. Finalmente, realizó el análisis de costos y rendimientos.

Sarmiento [2000] encontró que: 1) Los diferentes tratamientos de inclusión parcial de LS hidrolizado (10%, 30 % y 50 %) al compararse con el tratamiento testigo 0% de remplazo se observó que no hubo modificaciones fisicoquímicas, ni microbiológicas al trabajar con LS. Por lo tanto, se sugiere al comité del Instituto Colombiano de Normas Técnica y de Certificación tenga en cuenta el uso del LS en la elaboración de la leche condensada azucarada como un ingrediente más el cual puede ayudar a disminuir costos y reducir la contaminación ambiental. 2) Los parámetros analizados en el panel de degustación como aspecto brillante, aspecto viscoso, color crema, color homogéneo, aroma intenso, aroma lácteo, sabor intenso, sabor dulce y astringencia no mostraron diferencias significativas, por lo tanto, se pudo concluir que los porcentajes de inclusión del 10%, 30 % y 50 % no modificaron las características sensoriales, con excepción del color crema. 3) Los costos de producción a medida que se aumenta el porcentaje de inclusión de LS hidrolizado disminuyen considerablemente, donde el mejor tratamiento fue el del 50 % y los costos bajaron en un 21%. Y, 4) Los rendimientos no se vieron afectados.

Fernández y Arango [2005] elaboraron *arequipe* utilizando LS de queso blanco. Emplearon cinco tratamientos con tres replicaciones cada uno. Los tratamientos se establecieron según la cantidad de leche remplazada por LS hidrolizado para analizar los efectos de los diferentes porcentajes en el producto terminado así: a) Tratamiento 1: 100% leche y 0 % LS; b) Tratamiento 2: 75% leche y 25% LS; c) Tratamiento 3: 50% leche y 50% LS; d) Tratamiento 4: 25% leche y 75% LS; e) Tratamiento 5: 0% leche y 75% LS. Para la elaboración de las muestras de arequipe el LS fue hidrolizado, generando un producto bajo en lactosa. Para la hidrólisis adicionaron la enzima β -D galactosidasa a razón de 2.9 cm³ de Maxilact L 2000® por cada litro de LS a una temperatura de reacción de 40°C. Obtuvieron un grado de hidrólisis de la lactosa de 80%, (en una hora). Cada lote fue de 30 kg de mezcla. Para darle sabor al producto utilizaron azúcar en una proporción del 15%, y azúcar invertida la cual se preparó así: se depositan 15 kilogramos de agua y 37 kilogramos de azúcar, se abre la llave del vapor y se sube la temperatura hasta 85°C, a esa temperatura se adicionan 37 ml de ácido clorhídrico, revolviendo constantemente y se deja actuar por

15 minutos. Transcurrido este tiempo se enfría a 60°C y se adicionan 37g de bicarbonato de sodio, se agita por 10 minutos y se envasa y almacena a 4°C. Para la formulación del arequipe ésta reemplazó el 30% de sacarosa en cada tratamiento. Adicionalmente, utilizaron: a) Silicona como antiespumante en una proporción de 0.012% para cada tratamiento. b) Bicarbonato de sodio como neutralizante de la acidez de la mezcla, ya que esto ayuda a estabilizar las proteínas y también actúa como catalizador de las reacciones de Maillard entre las proteínas y los azúcares. Utilizaron distintas cantidades dependiendo la acidez que presentara la mezcla hecha para cada uno de los tratamientos formulados. c) Sorbato de calcio como conservante (0.002%, para cada tratamiento formulado).

Durante el proceso de elaboración del arequipe determinaron la acidez y grados Brix del LS, antes y después de ser hidrolizado; para tenerlos en cuenta al momento de mezclarlo con la leche, y poder determinar la cantidad de neutralizante necesaria para el producto final. El control de calidad del arequipe se realizó por medio de análisis fisicoquímicos para verificar que cumpla con las especificaciones dadas por las normas del Ministerio de Salud. En el análisis sensorial se evaluaron el sabor, el olor y el color, utilizando una prueba de tipo descriptiva (calificación por medio de escalas de intervalo). En este tipo de prueba se trata de definir las propiedades del alimento y medirlas de la manera más objetiva posible.

Fernández y Arango [2005] encontraron que: 1) Las características fisicoquímicas del arequipe, acidez, grasa, grados Brix, cenizas, viscosidad y humedad no se vieron afectadas por la sustitución de leche por LS mientras que las características pH y proteína fueron afectadas por esta misma sustitución dadas las características fisicoquímicas del LS. 2) Las características sensoriales textura, sabor, color, se vieron afectadas por los diferentes tratamientos. Siendo los de mayor aceptación para textura y sabor los tratamientos 2 (25% LS) y 3 (50% LS) aunque es superior el tratamiento 1 (100% Leche). Para el color el tratamiento de mayor aceptación es el 3, superando al tratamiento 1. 3) Por lo anterior los tratamientos 2 y 3 son los más recomendados en la utilización del LS en la fabricación del dulce de

leche. 4) De acuerdo con los resultados presentados, se verifica que es viable el empleo de LS de queso en hasta un 50% en la fabricación de arequipe, aumentando su rendimiento sin alterar sus características sensoriales y disminuyendo, para la industria lechera, los costos de tratamiento de efluentes. 5) La utilización de la enzima β -D-galactosidasa en la elaboración de derivados lácteos es una técnica que debe tenerse en cuenta debido a su positiva influencia en ciertas características finales de los productos y por no presentar mayor inconveniente en los procesos de elaboración. Y, 6) El procedimiento convencional de elaboración del arequipe normal, se adapta para la obtención del mismo producto con inclusiones de LS.

5 Conclusiones

Debido a las grandes cantidades de queso que son producidas a nivel mundial, el LS ha generado un problema de contaminación ambiental. Éste, 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; por lo tanto, al ser aprovechado en la industria láctea deja de ser un subproducto para convertirse en una materia prima menos costosa, por muchas de sus características nutritivas, funcionales y tecnológicas en diferentes formulaciones tanto en la industria láctea como en otras.

Es importante conocer y saber trabajar aquellos factores anteriormente mencionados que pueden limitar la incorporación de LS por los componentes de él, principalmente la lactosa, en la elaboración de leches concentradas azucaradas ya que cuando la cantidad de lactosa presente sobrepasa el nivel de saturación, ella cristaliza, formando cristales detectables al paladar. El LS debe ser dulce para la utilización en éstos derivados.

Bibliografía bibliográficas

- FERNÁNDEZ, Y. Y ARANGO, A. Elaboración de arequipe utilizando suero de queso blando. Tesis. Medellín, Colombia: Universidad Nacional de Colombia (sede de Medellín), Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2005.
- HYNES, E. Y ZALAZAR, C.A. Lactose in Dulce de Leche. En: MCSWEENEY Y FOX. *Advanced Dairy Chemistry Volume 3: Lactose, water, salts and vitamins*. Springer US, 2013, p. 536.
- MADR *Agrocadenas*. Bogotá, Colombia Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2007.
- MINSALUD Resolucion Numero 2310 de 1986. Bogotá, Colombia: Ministerio de Salud, Republica de Colombia, 1986. 38 p.
- NEIRA BERMÚDEZ, E. Y LÓPEZ TORRES, J. *Guía técnica para la elaboración de productos lácteos*. 5 ed. Bogotá: De la Mancha Impresores, 2010. 247 p.
- PARRA HUERTAS , R. Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía*, Universidad Nacional de Colombia, Medellín, 2009, vol. 62, no. 1, p. 4967-4982.
- PINTADO, P.J. Elaboración de manjar utilizando suero de quesería a diferentes niveles como sustituto de la leche en el Cantón Pastaza. Tesis. Puyo, Pastaza, Ecuador Universidad Estatal Amazónica, Ingeniería Agroindustrial, 2012.
- POSADA, K., TERÁN, D.M. Y RAMÍREZ-NAVAS, J.S. Empleo de lactosuero y sus componentes en la elaboración de postres y productos de confitería. *La Alimentación Latinoamericana*, 2011, vol. 292, p. 66-75.

- RAMIREZ-NAVAS, J.S. Diseño de procesos en Industria Láctea: Transformación de lactosuero. En: *Investigación aplicada a la Ingeniería de Procesos*. San Juan de Pasto, Nariño, Colombia: Editorial UNIMAR, Universidad Mariana, 2015, p. 53-62.
- RAMÍREZ-NAVAS, J.S. Aprovechamiento Industrial de Lactosuero. En: *XV Congreso Latinoamericano de Estudiantes de Ingeniería Química - XV COLAEIQ*, San Salvador, El Salvador., Jul, ALEIQ Ed., 2009. p. 50.
- RAMÍREZ-NAVAS, J.S. Aprovechamiento industrial de lactosuero mediante procesos fermentativos. *Publicaciones e Investigación*, 2012, vol. 6, no. 1, p. 69-83.
- SARMIENTO, D. Efecto de tres niveles de inclusión de lactosuero hidrolizado en la elaboración de leche condensada azucarada. Tesis. Fusagasugá, Colombia: Universidad de Cundinamarca, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Programa de Zootecnia 2000
- SENATI. *Elaboración de manjar blanco - documento de consulta*. Lima, Perú: Servicio Nacional de Adiestramiento en Trabajo Industrial, 2009.
- SILVA RUBIO, L.A., BERMÚDEZ HUERTAS, A., BETANCOURT ORTIZ, R., ALMARIO MAYOR, F., MOJICA G., P., CUÉLLAR, S. Y MONTOYA, M. *Boletín Tecnológico: Uso del suero de leche en alimentos y sus sustitutos*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana - Superintendencia, Industria y Comercio, 2013. 122 p.
- TAMIME, A.Y. *Dairy Powders and Concentrated Products*. Wiley, 2009. 408 p.

ZADOW, J.G. *Whey and lactose processing*. London ; New York, NY, USA: Elsevier Applied Science; Sole distributor in the USA and Canada, Elsevier Science Pub. Co., 1992. xvi, 489 p. p.

ZAPATA, M.L. Utilización de la quinua (*Chenopodium quinoa*) en el manjar de leche con sustitución parcial de suero de quesería en la empresa de lácteos san Antonio C.A. del Cantón Cañar. Tesis. Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos 2010.