

AREQUIPE O DULCE DE LECHE

Carlos Fernando Novoa Castro
<https://orcid.org/0000-0003-1688-4624>

1 Definición y características generales del dulce de leche o arequipe

En Colombia el dulce de leche se conoce con el nombre de arequipe y se define como el producto higienizado obtenido por la concentración térmica de una mezcla de leche y azúcares. Debe estar exento de sustancias tales como grasa vegetal o animal diferente a la láctea. Debe tener un contenido mínimo de 7% de grasa y 17% de sólidos lácteos no grasos (SLNG) y un contenido máximo de 30% de humedad y 2% de cenizas. No debe contener almidones a diferencia del manjar blanco, al cual se le permite un contenido de hasta 4% de almidón en producto final [ICONTEC, 2008; MinSalud, 1986].

Figura 1. *Arequipe.*



Tomado de: <https://goo.gl/cYdCW8>

Según el reglamento técnico de Mercosur, de identidad y calidad del dulce de leche, se entiende por dulce de leche el producto, con o sin adición de otras sustancias alimenticias, obtenido por concentración y acción del calor a presión normal o reducida de la leche o leche reconstituida, con o sin adición de sólidos de origen lácteo y/o crema, y adicionado de sacarosa (parcialmente sustituida o no por monosacáridos y/u otros disacáridos). Las características sensoriales que debe tener el dulce de leche según el mismo reglamento son: consistencia cremosa o pastosa, sin cristales perceptibles sensorialmente, la consistencia podrá ser más firme en el caso del dulce de leche para confitería y/o heladería. Puede presentar consistencia semisólida o sólida y parcialmente cristalizada cuando la humedad no supere el 20% m/m. Su color es castaño acaramelado, proveniente de la reacción de Maillard. El color del dulce de leche para heladería puede corresponder al colorante adicionado; el sabor y olor es dulce característico, sin sabores ni olores extraños. Los requisitos fisicoquímicos exigidos para el dulce de leche por Mercosur son los siguientes: humedad máx. 30%, materia grasa 6,0 a 9,0%, cenizas máx. 2,0% y proteínas mín. 5,0% [Mercosur, 1996].

El dulce de leche es conocido como un dulce tradicional en varios países de América Latina y en el mundo; en Chile se le denomina manjar, manjar de leche o manjar blanco; en Colombia y Venezuela, arequipe; en Argentina, dulce de leche, en Estados Unidos, *milk caramel*, en Francia *confiture de lait*, en Brasil, *doce de leite* y en México y Centroamérica, cajeta (derivado de la caja de madera que se utilizaba para empacarlo [Mojica *et al.*, 2007].

El dulce de leche o arequipe se utiliza como postre o como un ingrediente alimenticio en pastelería, heladería o acompañando otros alimentos como quesos, natillas, obleas, frutas, etc. La diversidad de ingredientes y procesos de producción permiten obtener varios tipos de dulces de leche [Cortés Yáñez *et al.*, 2018; Molognoni *et al.*, 2016].

La producción industrial del dulce de leche se inició en Argentina, en 1902 utilizando recipientes artesanales del periodo colonial español, en la estancia la Caledonia, Cañuelas, provincia de Buenos Aires, donde se organiza anualmente la feria del dulce de leche [Zalazar y Perotti, 2011].

Su origen es motivo de disputa entre varios países; la leyenda argentina cuenta que, en 1829, en la estancia La Caledonia (en Cañuelas), una criada de Juan Manuel de Rosas preparaba la lechada, un postre de leche hervida con azúcar, pero hirvió más de lo necesario y así quedó en la olla un dulce espeso y marrón [Valleboni, 2017].

En Argentina, se producen unas 130 000 toneladas de dulce de leche por año. En 2012 superó las 143 000 toneladas. De acuerdo con datos de la subsecretaría de lechería del Ministerio de Agroindustria, hay unas 70 empresas en Argentina que se dedican a la elaboración de dulce de leche entre pequeños y grandes productores. Del total producido a nivel local, 125 898 se destinan a consumo interno y 4 000 toneladas se exportan. Sin embargo, solo 35 000 toneladas del consumo en el país corresponden a hogares. El resto –casi el 60% del total– se vende a granel como ingrediente de otras industrias. En Argentina, el consumo de dulce de leche ocupa el cuarto lugar en la compra de lácteos (después de leche, queso y yogur). En 2015, Argentina exportó 3 590 toneladas de dulce de leche por un valor de US\$ 8.6 millones [Valleboni, 2017].

En Colombia anualmente, el mercado de arequipe asciende a 40 000 millones de pesos, mientras que el de la leche condensada es del orden de los 55 000 millones [Revista Portafolio, 2010]. Alpina sigue conservando cerca del 80 por ciento del mercado, seguida por Proleche. Alpina entró en el negocio en 1980 con la primera fórmula industrial de distribución nacional. Su experimento, el arequipe con brevas, fue suspendido porque la empresa concluyó que lo que la gente quería era brevas con dulce y no lo contrario. El mercado del arequipe sigue creciendo en Colombia, pero el desplazamiento del arequipe casero al industrial es cada vez mayor y seguirá creciendo rápidamente. Actualmente el mercado del arequipe produce 150 toneladas mensuales, una cifra alta pero aún inferior que la de Argentina o México, donde el consumo del dulce de leche o cajeta es de frecuencia diaria y por ser menos viscoso, se consume como complemento de galletas de sal y panes para untar [El Tiempo, 1995].

Tecnológicamente el dulce de leche cae en la categoría de productos lácteos conservados por evaporación y adición de azúcar, lo que

causa una disminución de la actividad de agua (a_w), lo que permite conservarlo a temperatura ambiente por periodos cercanos a los seis meses. Usualmente tiene consistencia homogénea, cremosa o pastosa, una textura untuosa, color caramelo brillante u opaco y un sabor dulce entre lácteo y acaramelado característico [da Silva *et al.*, 2015].

Algunos arequipes deben tener una apariencia brillante, otros son opacos y color marrón claro u oscuro. En la mayoría de arequipes la textura debe ser lisa sin presentar grumos ni cristales evidentes y en ningún caso puede presentar mohos ni sinéresis. Su consistencia debe ser suave, no debe ser muy fluida ni muy pastosa, pero ésta dependerá del uso que se le dé al arequipe, encontrando desde tipo salsa de arequipe que es bastante fluida hasta arequipes para aplicaciones de panadería que deben ser muy consistentes [Novoa y Osorio, 2009].

Durante la concentración y calentamiento de la leche se presentan cambios químicos y físicos que van a causar oscurecimiento y formación de un gel, que definen en gran parte las características sensoriales del arequipe. El oscurecimiento se genera por las reacciones de Maillard y por caramelización de los azúcares, mientras que la formación del gel, se presenta por la desnaturalización de las proteínas séricas y por la interacción de las proteínas en general con los azúcares [Novoa y Osorio, 2009].

2 Reacciones de Maillard

También conocidas como reacciones de pardeamiento no enzimático; se inician cuando los grupos carbonilo de los azúcares reductores condensan grupos amino de los aminoácidos, principalmente lisina. Estas reacciones generan una serie de productos complejos usualmente conocidos como productos de Maillard. Las reacciones de Maillard ocurren en muchos tipos de alimentos durante los tratamientos térmicos y el almacenamiento en condiciones adversas generando diferentes productos dependiendo de la etapa de la reacción.

Comúnmente se consideran tres etapas: temprana, intermedia y final. En la etapa temprana, después de la formación de glicosilaminas se presen-

ta un re-arreglo que lleva a la formación de los compuestos de Amadori. La etapa intermedia involucra cambios que llevan a la formación de diferentes productos como resultado de reacciones como deshidratación de azúcares y fragmentación y degradación de aminoácidos. En la etapa final, el pardeamiento resulta evidente debido a la formación de polímeros color pardo llamados melanoidinas [Rozycki *et al.*, 2010].

Varios factores tienen efectos en el desarrollo de las reacciones de Maillard y por tanto en la formación de sus productos. Entre estos factores se pueden mencionar el pH, la a_w , temperatura y tiempo de calentamiento, propiedades físicas del sistema y la estructura química y concentración de los reactantes. Estos cambios de color producidos por pardeamiento no enzimático son deseables en muchos alimentos procesados como chocolate, café, tostadas, cerveza y por supuesto el arequipe [Rozycki *et al.*, 2010].

Con referencia a la formación de productos de Maillard y particularmente aquellos con actividad antioxidante, existe una fuerte relación con los tiempos del tratamiento térmico. En los sistemas donde la reacción es más lenta, el tiempo más largo contribuye a la formación de más productos. Por lo tanto, una mayor velocidad de reacción no necesariamente significa un color más intenso [Cortés Yáñez *et al.*, 2018]. En los casos de concentración a presión atmosférica, la temperatura de concentración será función de la altura sobre el nivel del mar y de la concentración de sólidos solubles de la mezcla de leche, azúcar y aditivos [Rozycki *et al.*, 2010].

Las reacciones de Maillard, además del oscurecimiento del color, generan una disminución en el valor nutritivo de las proteínas, formación de compuestos reductores, descenso del potencial de oxido-reducción, lo que protege las grasas contra la oxidación. Las pentosas son los azúcares que más fácilmente forman reacciones de Maillard, le siguen las hexosas (galactosa y glucosa), mientras que los disacáridos reaccionan en menor grado, por tanto la leche deslactosada presentará mayor intensidad de pardeamiento que la no deslactosada.

3 Gelificación

Debido al calentamiento de la leche, durante la elaboración del arequipe, además de las reacciones de Maillard, también se presenta gelificación, por interacción de las proteínas con los azúcares, contribuyendo a dar consistencia al arequipe. La temperatura es la variable que más influye en la gelificación de la leche en presencia de sacarosa. A temperaturas cercanas al punto de ebullición a presión atmosférica, tanto los procesos de gelificación como de pardeamiento son lentos e incluso, por debajo de cierta proporción de sólidos lácteos no hay un buen sistema de gelificación. También, la presencia de sacarosa incrementa la rata de gelificación y su dependencia de la temperatura. El pH tiene un notorio efecto en la firmeza y densidad estructural de los geles lácteos. El sistema de gelificación se presenta más pronto que el desarrollo de un color pardo notable [Rozycki *et al.*, 2010].

El calentamiento por encima de 85°C, provoca desnaturalización de las proteínas séricas, principalmente β -lactoglobulina, con aparición de grupos SH⁻ activos y de compuestos sulfurados libres y desnaturalización e inactivación de aglutininas; esto se traduce en sabor a cocido, incremento de la capacidad reductora y formación de un gel, también se presenta destrucción de vitaminas, principalmente la B₁ y C.

4 Tipos de arequipe

El arequipe se produce de varios tipos según la utilización a que se destine:

Arequipe tradicional: es un producto pastoso, color pardo-caramelo, utilizado como postre o como golosina o como relleno de otros postres.

Salsa de arequipe: Se trata de un arequipe bastante fluido, con menor grado de concentración que el tradicional, usualmente no pasa los 60 grados Brix (°Bx).

Arequipe light: puede fabricarse arequipe bajo en calorías, reduciendo la grasa o reemplazando total o parcialmente la sacarosa y la glucosa por edulcorantes no calóricos. En este caso es necesario tener en cuen-

ta la termoestabilidad del edulcorante para determinar el momento de adición, si deja o no sabor residual y habrá que agregar una sustancia que aporte sólidos totales como la polidextrosa o las maltodextrinas.

El arequipe para pastelería y panadería puede variar mucho en requerimientos funcionales dependiendo de la aplicación, algunos rellenos exigen que permanezca unido a las caras del pastel, otros que den excelente brillo y textura suave durante mucho tiempo, o que se dejen inyectar con una boquilla, o que sea extra duro para rellenos sin que sufran sinéresis, o que se dejen esparcir fácilmente, o también se requieren tipo salsa [Santillana, 2018]. Los arequipas para pastelería y panadería se pueden dividir en tres clases: de decoración (tipo milhojas), de relleno sin someter a calor (por ejemplo, para gansito o tortas), de relleno que son sometidos a cocción (tipo churro o roscón de arequipe).

El arequipe para pastelería debe tener como máximo 60°Bx y estar libre de almidones. El de panadería debe tener más consistencia y generalmente lleva almidón y tiene más de 70°Bx; en caso de llevar almidón, en Colombia, se debe llamar manjar blanco y no arequipe).

La vida útil del arequipe conservado en empaque hermético y a temperatura ambiente varía entre 2 y 6 meses.

La composición del arequipe es bastante variable dependiendo de la formulación. Su composición se presenta dentro de los siguientes rangos: grasa: 7 a 12%; proteína: 6 a 10%; carbohidratos: 60 a 65%; cenizas: 1.4 a 2.0%; humedad: 16 a 30%; sólidos lácteos no grasos: 17 a 28% [Novoa y Osorio, 2009].

5 Materias primas y aditivos

En Colombia se permiten los siguientes ingredientes: leche, leche condensada, leche en polvo, suero en polvo, crema de leche, azúcares, frutas o concentrados de frutas, jaleas de frutas, derivados del cacao y proteínas de leche [MinSalud, 1986].

En la reglamentación de Mercosur, los ingredientes obligatorios son: leche y/o leche reconstituida, sacarosa en un máximo de 30 kg/100 litros de leche. Los ingredientes opcionales son crema de leche, sólidos de origen lácteo, mono y disacáridos que sustituyan a la sacarosa en un máximo de 40% m/m, almidón o almidones modificados en una proporción no superior a 0.5g/100 ml de leche, cacao, chocolate, coco, almendras, maní, frutas secas, cereales y/u otros productos alimenticios solos o en mezclas en una proporción entre el 5 y el 30% m/ m del producto final [Mercosur, 1996].

5.1 Materias primas

5.1.1 Leche

La leche utilizada para la elaboración de arequipe debe ser de óptima calidad, debe cumplir todos los requerimientos de calidad composicional, higiénica y sanitaria establecidos en la reglamentación sanitaria, estar libre de residuos de medicamentos, plaguicidas y aflatoxina M1 [MinSalud, 2006].

Es importante hacer un énfasis especial en el grado de acidez de la leche que no sea mayor a 0.16% (expresada como ácido láctico), pues, aunque el bicarbonato baja la acidez a niveles cercanos a 0.10% (10 grados dornic, °D), cuando se utiliza leche con acidez de 0.17% o más, se puede presentar precipitación de la proteína durante el calentamiento generando grumos que generan una apariencia no homogénea, cortada y sin brillo. Aunque muchos productores no descreman la leche para elaborar arequipe, es recomendable estandarizar la leche, para garantizar el contenido final de grasa en el arequipe, que en Colombia es mínimo 7% [MinSalud, 1986].

La prueba del alcohol (con etanol neutro grado 78% en volumen) debe ser negativa. Esta prueba ayuda a identificar leches inestables, por lo que es bastante útil aplicarla a la leche destinada a la elaboración de arequipe. Existen otras pruebas para identificar leches inestables al calor como el tiempo de coagulación térmica HCT [Huppertz *et al.*, 2004].

El punto crioscópico debe estar en el rango de -0.510 a -0.530°C . Es importante determinarlo para evitar utilizar leches con adición de agua, que bajan el rendimiento y alteran la calidad del arequipe.

Entre más fresca sea la leche es mejor; las leches almacenadas durante mucho tiempo y que presenten alto recuento de bacterias psicrótrofas, pueden producir arequipes con grumos, debido a la actividad proteolítica de estas bacterias.

También es posible utilizar leche reconstituída en vez de leche fresca, o leche fresca adicionada de leche en polvo, pero manteniendo constante la relación sólidos de leche:azúcar.

5.1.2 Sacarosa o azúcar de caña

La sacarosa o azúcar de caña ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$) o α -D-Glucopiranosil - β -D-Fructofuranósido, además de impartir sabor dulce, aporta sólidos e influye en la consistencia del arequipe. Sin embargo, es posible reemplazarla parcialmente por glucosa, para bajar la sensación de dulce y para mejorar la consistencia del arequipe. También es posible fabricar arequipe sin sacarosa o reducido en azúcar y calorías, utilizando un edulcorante no calórico como la sucralosa o la estevia. En este caso es necesario hacer el reemplazo, teniendo en cuenta la capacidad endulzante del edulcorante no calórico, si el edulcorante soporta o no calentamiento (la sucralosa soporta muy bien el calentamiento al que se somete la leche durante la elaboración del arequipe) y adicionar un sustituto del azúcar que aporte los sólidos totales que no aporta el edulcorante, como es el caso de la polidextrosa o la maltodextrina. La sacarosa se puede mezclar con la leche y con el bicarbonato de sodio desde el inicio del proceso. En la medida que se aumenta la proporción sacarosa:leche, el arequipe quedará más dulce y con menor contenido de sólidos lácteos no grasos y de proteína, de modo que la proporción de sacarosa hay que limitarla pues en Colombia se exige como mínimo 17% de sólidos lácteos no grasos y en el caso de Mercosur se permite como máximo 30 kg de azúcar por cada 100 litros de leche .

5.1.3 Glucosa

La glucosa ($C_6H_{12}O_6$), contribuye a retardar el crecimiento de los cristales de lactosa, que causan arenosidad en el arequipe, a bajar la sensación de dulzor y a dar una textura más suave. Se debe agregar a la mezcla leche-sacarosa-bicarbonato, después que se ha concentrado al menos a unos $50^\circ Bx$, para evitar un pardeamiento excesivo, pues se trata de un azúcar reductor que se involucra en las reacciones de Maillard. Puede usarse en forma de polvo o en jarabe de $80^\circ Bx$. Generalmente se reemplaza entre el 10 y el 25% de sacarosa por glucosa.

5.2 Aditivos

Los aditivos permitidos en las concentraciones máximas indicadas en el producto final, en la reglamentación de Mercosur son los siguientes:

Conservantes: Acido sórbico y sus sales de Na, K, 600 mg/kg (como ácido sórbico); en dulce de leche para uso industrial: ácido sórbico y sus sales de Ca en dosis máxima de 1000 mg/kg (como ácido sórbico); natamicina (en superficie libre) máximo 1 mg/dm².

Texturizantes: lactato de calcio, en dosis según buenas prácticas de fabricación (b.p.f.).

Aromatizantes: vainilla, vainillina y/o etilvainillina solos o en mezclas (b.p.f.).

Estabilizantes: Citrato de sodio (b.p.f.).

Humectante: Sorbitol 5g/100g.

Colorantes: Caramelo (INS 150, b.p.f.).

Espesantes (solos máximo 5000 mg/kg, en mezclas, la suma no podrá ser superior a 20 000 mg/kg de producto final): ácido algínico, alginato de amonio, alginato de calcio, carragenina incluida furcellerán y sus sales de sodio y potasio, pectina y pectina amidada, alginato de potasio, alginato de propilenglicol, alginato de sodio, agar, carboximetilcelulosa, carboximetilcelulosa sódica, metilcelulosa, metiletilcelulosa, hidroxipropilcelulosa, goma arábica, goma xántica, goma garrofín, goma karaya, goma gellán, goma tragacanto, goma konjac, gelatina, celulosa microcristalina.

Coadyuvantes de tecnología de elaboración (en dosis reguladas por b.p.f.): β -galactosidasa, bicarbonato de sodio, hidróxido de sodio, hidróxido de calcio, carbonato de sodio. Cuando en la elaboración no se utilicen almidones o almidones modificados, podrá indicarse en el rótulo la expresión “Sin Almidón” o “Sin Fécula” [Mercosur, 1996].

En Colombia, se permite la utilización de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) en cantidad máxima de 5 g/kg de leche, ácido benzoico y sus sales de calcio, potasio y sodio en cantidad máxima de 1000 mg/kg expresado como ácido benzoico, ácido sórbico y sus sales de calcio, potasio y sodio en cantidad máxima de 1000 mg/kg expresado como ácido sórbico. Cuando se emplea mezcla de ellos su suma no debe exceder de 1250 mg/kg [MinSalud, 1986].

El bicarbonato de sodio baja el nivel de acidez de la leche, confiriendo estabilidad al calor y propiciando las reacciones de pardeamiento no enzimático o sea generación de color. La dosis aproximada es del orden de 1.3 g/kg de leche si no se realizó hidrólisis de lactosa y 0.065 g/L de leche si se hidrolizó la lactosa, pero esta dosis es apenas un punto de partida, pues dependiendo de la acidez inicial de la leche, de la formulación y del tiempo de calentamiento, habrá que ajustar la dosis de bicarbonato de sodio hasta conseguir el color deseado. Otra manera de dosificar el bicarbonato de sodio es agregando la cantidad necesaria para bajar la acidez de la leche a 0.12% o sea 12°D, o menos dependiendo de las condiciones mencionadas anteriormente. La reglamentación colombiana permite la utilización de bicarbonato de sodio en cantidad máxima de 5 g/kg de leche.

Con relación a los estabilizantes, la reglamentación de Mercosur permite el uso de citrato de sodio en dosis acordes con las b.p.f.. El citrato al darle estabilidad a las micelas de caseína, previene en parte la formación de grumos que se presentan en algunas leches inestables. Estos grumos le quitan brillo al arequipe, aunque existen algunos arequipes “cortados” que tienen buena aceptación en algunos grupos de consumidores, especialmente por su sabor, que no se afecta con la formación de grumos. La dosis de citrato de sodio puede estar alrededor de 0.5 g/litro de leche, pero en Colombia no está dentro de los aditivos permitidos en arequipe.

En cuanto a los conservantes, el arequipe por tener un tratamiento térmico tan intenso y por presentar una actividad de agua muy baja, tiende a conservarse bastante bien a temperatura ambiente, siempre que esté en envase hermético. Sin embargo, durante el envasado puede contaminarse con mohos y levaduras, dependiendo de la forma de envasado que se aplique. Para prevenir este problema se recomienda mantener muy limpia la sala de procesamiento y de envasado, envasar en caliente o utilizar conservantes permitidos. En Colombia se permite la adición de los siguientes conservantes: ácido benzoico y sus sales de calcio, potasio y sodio en cantidad máxima de 1000 mg/kg expresado como ácido benzoico; ácido sórbico y sus sales de calcio, potasio y sodio en cantidad máxima de 1000 mg/kg expresado como ácido sórbico. Cuando se empleen mezcla de ellos su suma no deberá exceder de 1250 mg/kg [MinSalud, 1986].

En Mercosur pemiten además el uso de natamicina, pero solo aplicada en la superficie del producto en cantidad máxima de 1 mg/dm² y no se debe encontrar en el interior del arequipe [Mercosur, 1996].

6 Formulación de ingredientes

Existe una gran variedad de formulaciones de ingredientes para elaborar el arequipe, dependiendo de la región, del tipo de tecnología aplicada y el tipo de arequipe que se desea producir, encontrando desde fórmulas artesanales empíricas basadas en la tradición hasta fórmulas calculadas para cumplir con restricciones técnicas y legales.

Los ingredientes generalmente utilizados son leche fluida (entera o estandarizada), sacarosa y bicarbonato de sodio. Se puede hacer reemplazos de parte de la sacarosa por glucosa, o por otros mono y disacáridos, o reemplazar parcial o totalmente la leche fluida por leche reconstituida.

Muchas de las formulaciones tradicionales se encuentran dentro de los siguientes rangos: leche entera: 82-86%, sacarosa: 13-18%, bicarbonato de sodio: 0.04-0.12% o el necesario para bajar la acidez de la leche 0.10 – 0.12 % (10-12°D).

Sin embargo, en algunos casos pueden encontrarse formulaciones con una proporción de azúcar mucho mayor, por ejemplo, sin considerar el bicarbonato de sodio: leche entera: 77%; sacarosa: 23%. Hay un límite para la proporción de sacarosa, pues si se aumenta demasiado, se bajan los sólidos lácteos no grasos, a niveles inferiores a 17% que es el mínimo que se exige en Colombia, o en el caso de Mercosur, el máximo de sacarosa permitido por cada 100 litros de leche es 30 kg, que corresponde a 77% de leche y 23% de sacarosa.

Cuando se considera la proporción *leche:azúcar*, es necesario tener en cuenta que a medida que se aumenta la proporción de azúcar, la mezcla aumenta los sólidos totales y da mayor rendimiento, pero el producto puede quedar muy dulce, con muy bajo contenido de sólidos lácteos no grasos, lo que se traduce en bajo sabor lácteo y falta de consistencia. La consistencia se podría incrementar con adición de almidones, pero estos no le confieren sabor lácteo y en el caso de Colombia solo se permite utilizar en manjar blanco, no en arequipe.

Por el contrario, si se utilizan niveles de sacarosa por debajo de 12%, se baja el rendimiento y se incrementa el nivel de sólidos grasos no lácteos, a un punto que puede generar defectos de textura, por ejemplo, aparición de grumos. Por esta razón los mejores resultados se obtienen cuando la proporción de sacarosa en la mezcla está entre 14.8 y 17.6% de la mezcla *leche:azúcar* antes de concentrar.

A un nivel más técnico, es preferible calcular la formulación a partir de un balance de materia para que el producto ya concentrado cumpla con las restricciones que la legislación y los requerimientos técnicos establecen. Por ejemplo, podríamos definir las siguientes restricciones: contenido de grasa: 7%, contenido de SLNG: 22%, y contenido de humedad: 25%

Por tanto, el contenido de sacarosa será: $100-(7+22+25) = 46\%$. Luego fijamos los ingredientes que deben aportar dichos componentes, por ejemplo:

(L) Leche fluida de 8.8% de SLNG. El valor al cual se debe estandarizar la grasa de la leche, se debe calcular del balance de grasa, para

cumplir con el requerimiento del 7% de grasa en el producto final.

(A) Azúcar de caña con 99% de sacarosa.

(B) Bicarbonato de sodio. La cantidad de bicarbonato de sodio puede estar en función de la cantidad de la leche por ejemplo 0.001kg/kg de leche, o también puede establecerse la cantidad necesaria para ajustar la acidez de la mezcla en un valor determinado, por ejemplo 12°D. Como se mencionó antes, la proporción del bicarbonato hay que ajustarla experimentalmente, en las condiciones de proceso, ya que el tiempo, la altura sobre el nivel del mar y la formulación influyen en la intensidad de pardeamiento.

Ahora planteamos los balances de materia, para producir 100 kg de arequipe, por ejemplo.

Balance general:

$$L + A + B = 100 + V$$

Donde V= vapor de agua producido durante la concentración

Balance de SLNG:

$$0.088 L + 0 \cdot A + 0 \cdot B = 100 \cdot 0.22 \cdot 0.22 + V \cdot 0$$

Por tanto, $L = 250$ kg

Ahora calculamos el contenido de grasa al cual se deben estandarizar los 250 kg de leche

Balance de grasa:

$$250 G = 100 \cdot 0.07$$

Donde G es el contenido de grasa de la leche en kg de grasa/kg de leche

Por tanto, $G = 0.028$ kg de grasa/kg de leche que corresponde a 2.8% de grasa

Balance de sacarosa:

$$0.99 A = 100 * 0.46$$

Por tanto, $A = 46.5$ kg

Cantidad de bicarbonato de sodio: $0.001 * 250 = 0.250$ kg

Así queda definida la formulación de ingredientes para producir 100 kg de arequipe:

- Leche de 2.8% de grasa 250 kg
- Azúcar de caña: 46.5 kg
- Bicarbonato de sodio 0.250 kg

Llevando esta formulación a porcentaje daría:

- Leche 84.25%
- Azúcar de caña: 15.67%
- Bicarbonato: 0.08%

Obsérvese que esta formulación cae en el rango que utilizan las formulaciones empíricas.

En este caso el azúcar de caña, podría sustituirse parcialmente (en un 10 ó 20%) por glucosa que tiene menor poder edulcorante que la sacarosa; así se obtendrá un producto menos dulce y con una textura más lisa. La cantidad de bicarbonato calculada sería apenas un punto de partida pues si el tiempo de concentración es muy largo, el arequipe quedará más oscuro y habrá que bajarle a la dosis de bicarbonato de sodio, lo mismo sucede si se utiliza leche deslactosada.

A manera ilustrativa, a continuación, se muestran varias formulaciones típicas de arequipe y de manjar blanco.

Tabla 1. *Fórmulas típicas de arequipe y manjar blanco.*

Ingredientes	Arequipe			Manjar blanco		
	%	%	%	%	%	%
Leche entera 3,5% grasa	64.62	67.76	62.47	81.92	81.02	64.96
Leche descremada	21.54	16.94	20.82	0.00	0.00	16.66
Azúcar de caña	11.03	12.20	13.33	18.02	15.78	16.66
Glucosa	2.76	3.05	3.33	0.00	2.76	0.00
Bicarbonato de sodio	0.056	0.055	0.054	0.053	0.053	0.054
Fécula	0.00	0.00	0.00	0.00	0.39	1.67
Total	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Grados brix finales	69	74	74	74	69	70
Monoestearato (antiespumante)	Opcional	Opcional	Opcional	Opcional	Opcional	Opcional

Nota: la dosis de bicarbonato está calculada para leche deslactosada; en caso de no deslactosar, hay que aumentarla hasta lograr el color deseado. El antiespumante es opcional para todas las formulaciones y su dosis es del orden de 4.1 mg/kg de mezcla de ingredientes, los grados brix finales se pueden cambiar dependiendo de la consistencia deseada.

6.1 Utilización de leche reconstituida

El cálculo para reconstituir la leche en polvo entera se hace de la siguiente manera: por ejemplo, se está trabajando la siguiente formulación: leche 100 kg, sacarosa 18 kg, bicarbonato de sodio 0.065 kg. Se quiere reemplazar la leche por leche reconstituida. La leche en polvo entera tiene 70% de SLNG y 26% de grasa; para reconstituir la leche en polvo entera se pueden balancear los sólidos lácteos no grasos (SLNG) así:

$$\begin{aligned}P + A &= 100 \\0.7P + 0A &= 100 * 0.09\end{aligned}$$

Donde: P: leche en polvo entera, A: agua.

Por tanto,

$$\begin{aligned}P &= 9/0.7 = 12.86 \text{ kg} \\A &= 100 - 12.86 = 87.14 \text{ kg}\end{aligned}$$

Kg de SLNG: 9

Kg de sacarosa: 18

Relación sacarosa: SLNG = $18/9 = 2.0$

Para ahorrar tiempo y energía no es necesario hidratar la leche en polvo hasta llevarla a 9% de SLNG (como la leche fluida), sino que se puede hidratar en menor grado, por ejemplo, a 20% de SLNG, pero en este caso es necesario calcular la formulación manteniendo constante la relación

Sacarosa:sólidos lácteos no grasos.

- Sacarosa: 18 kg (los mismos)
- SLNG: 9 (los mismos)
- Cantidad de leche reconstituida al 20% de SLNG = $9 * 100/20 = 45$
- Balance para calcular la leche reconstituida al 20%

$$\begin{aligned}P + A &= 45 \\0.7P + 0A &= 45 * 0.2\end{aligned}$$

Por tanto,

$$\begin{aligned}P &= 12.86 \text{ kg} \\A &= 45 - P = 45 - 12.86 = 32.14 \text{ kg}\end{aligned}$$

Obsérvese que la formulación lleva la misma cantidad de leche en polvo y de sacarosa, pero 55 kg menos de agua, lo cual ahorrará

tiempo y energía. Como se gastará menos tiempo en el proceso de concentración, es posible que el color quede menos intenso, por tanto, será necesario aumentar la dosis de bicarbonato y/o adicionar un colorante en caso que la legislación lo permita, como ocurre en el cono sur con el colorante Caramelo INS 150.

Otra alternativa para ahorrar tiempo y energía trabajando con leche líquida, es adicionándole leche en polvo. En este caso es necesario agregarle más azúcar y más bicarbonato de sodio, los cuales se calculan de la siguiente manera:

Ejemplo:

Formulación tradicional: 100 kg de leche; 18 kg de azúcar, y 0.065 kg de bicarbonato de sodio.

Se quiere adicionar 5 kg de leche descremada en polvo. ¿Cuánta azúcar se debe agregar para que el arequipe no cambie en su composición?

La leche líquida tiene aproximadamente 9% de SLNG, mientras que la leche descremada en polvo tiene 95% de SLNG.

Los 100 kg de leche contienen 9 kg de SLNG que necesitan 18 kg de azúcar, los 5 kg de leche en polvo contienen $5 \cdot 0.95 = 4.75$ kg de SLNG. Por tanto, si a 9 kg de SLNG se deben adicionar 18 kg de azúcar, a los 4.75 kg de SLNG adicionales se deberán agregar 9.5 kg de azúcar.

Lo mismo se hace con el bicarbonato de sodio: los 100 kg de leche contienen 9 kg de SLNG, que llevan 0.065 kg de bicarbonato de sodio, los 4.75 kg de SLNG adicionales 0.034 kg de bicarbonato de sodio. Sin embargo, como se disminuye el tiempo de concentración porque la mezcla inicia con mayor contenido de sólidos totales, es posible que sea necesario ajustar la dosis de bicarbonato de sodio experimentalmente.

Otra manera de calcular el azúcar y el bicarbonato adicionales por colocar leche en polvo a la leche, es calcular esa leche en polvo a cuánta leche líquida equivale y mantener las proporciones. En el ejemplo anterior, 5 kg de leche descremada en polvo equivale a:

$5 * 0.95 / 0.09 = 53$ kg de leche líquida, por tanto, se agregan los ingredientes que corresponden a esta cantidad de leche adicional.

$$53 * 0.18 = 9.5 \text{ kg de azúcar}$$

$$53 * 0.065 = 0.034 \text{ kg de bicarbonato de sodio}$$

7 Tecnología de elaboración

El proceso de elaboración puede variar dependiendo de la infraestructura que se disponga; básicamente se pueden diferenciar dos procedimientos: concentración a presión atmosférica y concentración a condición de vacío complementada con presión atmosférica.

En el primer caso, después de calcular la cantidad de ingredientes, se procede a mezclar la leche con la sacarosa y el bicarbonato de sodio, la glucosa se incorpora al final del proceso de concentración. Se determina el contenido de sólidos solubles o grados brix. Al iniciar el proceso, la mezcla tiene una concentración de sólidos solubles cercana a 25°Bx, pero este valor depende de la formulación; a medida que se produce la evaporación se van incrementando los grados brix. Cuando se alcancen los 50°Bx, se adiciona la glucosa. Los grados Brix finales van a depender de la formulación y de la consistencia que se desee en el arequipe, generalmente se para la concentración en 70-75°Bx.

Durante la concentración es importante controlar la fuente de calentamiento para evitar que se desborde la mezcla del recipiente, pues el bicarbonato hace producir bastante espuma, principalmente al inicio de la ebullición; sin embargo, es importante mantener la ebullición todo el tiempo.

En lo posible es preferible que el equipo tenga agitación mecánica, de lo contrario se debe agitar manualmente el producto, principalmente cuando la concentración está avanzada. En caso que el producto se empiece a caramelizar en las paredes del recipiente, no se deben incorporar las partículas quemadas al producto, pues se deteriora el aspecto del arequipe [Novoa y Osorio, 2009].

Cuando se alcancen los grados Brix finales, se suspende la fuente de calentamiento y se continúa agitando durante unos cinco a diez minutos más, para permitir que se desprenda el vapor ya formado y se enfríe un poco el producto. En este momento se pueden colocar aditivos permitidos, como es el caso del sorbato de potasio o del benzoato de sodio. Luego se procede al envasado cuando el producto todavía está caliente, pues muy frío aumenta demasiado la viscosidad y se dificulta el envasado. Cuando no se dispone de refractómetro de brix, se pueden utilizar algunas técnicas empíricas para verificar que el arequipe ya está listo para el envasado, por ejemplo, colocar una gota de producto en un vaso con agua fría; si la gota llega hasta el fondo sin deshacerse, se considera que el arequipe ya está listo para envasar [Novoa y Osorio, 2009].

La segunda alternativa tecnológica es concentrar la leche en un evaporador a condición de vacío, el mismo que se utiliza para elaborar leche condensada, hasta un nivel cercano a los 30°Bx. Luego se le agrega el azúcar en forma de jarabe de 70°Bx y se termina de concentrar en marmita a presión atmosférica donde generará el color y la consistencia. Este proceso ahorra energía y tiempo, pero solamente lo pueden aplicar las fábricas que cuenten con un evaporador a vacío, por ejemplo, un evaporador de película descendente.

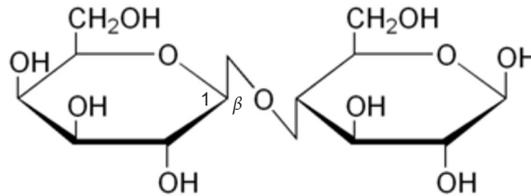
8 Defectos en la producción de arequipe y métodos de prevención

8.1 Arenosidad

La lactosa es un disacárido compuesto por D-galactosa y D-glucosa. El grupo aldehídico de la galactosa está unido al grupo C-4 de la glucosa mediante un enlace β -1,4-glicosídico (Fig. 2). Ambas mitades del azúcar están predominantemente en forma de anillo piranósico. En las principales reacciones de la lactosa participan el grupo hemiacetal entre los enlaces C-1 y C-5 de la glucosa, el enlace glicosídico, los grupos hidroxilo y los enlaces -C-C-. Su estructura molecular imparte a la lactosa unas características especiales, es un azúcar reductor o sea

que cuando la molécula está en su forma aldehídica de cadena abierta, el grupo aldehído puede reaccionar; la lactosa tiene también la capacidad de mutarrotación, que significa que los anómeros α y β pueden pasar de una forma a la otra [Walstra *et al.*, 2006].

Figura 2. Fórmula estructural de la lactosa.



Fuente: <https://goo.gl/U6oHrE>

La leche tiene un contenido de lactosa entre 4.6 y 4.8%, luego al mezclarse con el azúcar y los demás ingredientes del arequipe, desciende a cerca de 4.1%, pero al concentrar esta mezcla para obtener el arequipe, (aproximadamente de 23 a 74°Bx), el contenido de lactosa se incrementa a cerca del 13%. Si se tiene en cuenta que el arequipe tiene cerca de 17% de humedad, tenemos 13 gramos de lactosa por cada 17 gramos de agua o sea 76 gramos de lactosa/100 g de agua, mientras que la solubilidad de la lactosa a 20°C es solo de 18 g/100 g de agua.

Las soluciones de lactosa se sobresaturan fácilmente o en otras palabras, la nucleación no acaece fácilmente. A concentraciones unas 2.1 veces la solubilidad final tiene lugar la cristalización espontánea probablemente por una nucleación espontánea. A una sobresaturación relativa, por debajo de aproximadamente 1.6, generalmente se requiere la siembra con cristales de lactosa para inducir cristalización, salvo que se espere muchísimo tiempo, por tanto, la solución es metaestable. En el rango de concentraciones intermedias la cristalización depende de diversos factores como la composición y el tiempo [Walstra *et al.*, 2006].

La cristalización de la lactosa tiene gran importancia en la definición de la textura del arequipe; como la nucleación corrientemente es len-

ta, implica que se forman pocos cristales y que son grandes. Si hay cristales de un tamaño mayor de 15 micrómetros, la boca los percibe y se dice que el producto es arenoso. Para evitar la aparición de arenosidad, corrientemente deben adicionarse numerosos cristales diminutos antes de la cristalización. Otra implicación es la mutarrotación; si se hace cristalizar una solución de lactosa a baja temperatura se prolonga el crecimiento de los cristales debido a que la separación de la α -lactosa de la solución va seguida de la conversión de la β -lactosa en α -lactosa; de aquí que la solución permanezca mucho tiempo en un estado de sobresaturación baja. Cuando las demás condiciones (tamaño del cristal, composición y temperatura) son iguales, la velocidad de crecimiento del cristal es aproximadamente proporcional al cuadrado de la sobresaturación absoluta (concentración menos solubilidad de la α lactosa) [Walstra *et al.*, 2006].

Generalmente la α -lactosa cristaliza como hidrato que contiene cantidades equimolares de lactosa y agua. Los cristales son bastante duros y no higroscópicos; por encima de 93.5°C cristaliza la β -lactosa anhidra. A temperatura ambiente la β -lactosa se disuelve mucho mas rapidamente que el hidrato α -lactosa y su solubilidad es unas diez veces mayor, siendo sus cristales corrientemente menores pero con una mayor area superficial.

Otra manera de prevenir la arenosidad del arequipe es hidrolizando enzimáticamente la lactosa total o parcialmente, utilizando la enzima β -D Galactosidasa o lactasa, para desdoblarla en galactosa y glucosa.

Después de colocar la enzima en la leche, ésta se mantiene en incubación a 37 – 40°C durante tres o cuatro horas, o 12 horas a 4°C, o el tiempo necesario para alcanzar determinado grado de hidrólisis. Para controlar el porcentaje de hidrólisis se puede determinar el índice crioscópico o sea el punto de congelación de la leche, el cual disminuye a medida que se hidroliza la lactosa.

Si el índice crioscópico inicial de la leche en valor absoluto de grados horvert ($^{\circ}\text{H}$) es 0.530°H , y si X es el punto crioscópico de la leche después de deslactosar, el porcentaje de hidrólisis de la leche Y será:

$$(Y) = 353.41X - 187.28$$

por ejemplo: Índice crioscópico (valor absoluto): 0.720 °H, por tanto:

$$Y = 353.41(0.720) - 187.28$$

$$Y = 67 \% \text{ de hidrólisis.}$$

Ahora, si el índice crioscópico inicial de la leche es 0.520°H, y si X es el punto crioscópico de la leche después de deslactosar, el porcentaje de hidrólisis de la leche Y será:

$$(Y) = 353.44X - 183.8$$

por ejemplo: Índice crioscópico (valor absoluto): 0.720 °H, por tanto

$$Y = 353.44(0.720) - 183.8$$

$$Y = 70.7 \% \text{ de hidrólisis.}$$

Generalmente con un 50% de hidrólisis se obtienen buenos resultados para prevenir el defecto de arenosidad en el arequipe. Si se desea aumentar el porcentaje de hidrólisis se puede aumentar la concentración o el tiempo de acción de la enzima, recordemos que los factores que influyen en el grado de hidrólisis de la lactosa son la temperatura, el tiempo y la concentración de la enzima β - D galactosidasa.

Si se tiene por ejemplo leche deslactosada al 75%, se puede inactivar la enzima con calor y luego mezclarla con leche sin deslactosar para bajarla a un determinado porcentaje de hidrólisis, por ejemplo al 50%.

La leche deslactosada es más dulce y pardea más rápidamente por lo que es necesario disminuir la dosis de neutralizante (bicarbonato de sodio) con relación al proceso donde no se hidroliza para evitar que el producto quede muy oscuro.

Es importante leer las instrucciones del fabricante de la enzima, para determinar la dosis correcta, y las condiciones de almacenamiento de la enzima, que generalmente se recomienda a 4°C.

8.2 Presencia de grumos y pérdida de brillo

Se presenta por utilización de leches con alto nivel de acidez o por leches inestables. Para prevenir este defecto se debe utilizar leche con acidez de 0.13 a 0.14% en lo posible y como máximo 0.16% de acidez. La leche debe dar negativa a la prueba del alcohol grado 78% en volumen.

8.3 Presencia de mohos

Se debe monitorear frecuentemente la calidad microbiológica del ambiente y de los equipos de la planta y tomar las medidas de limpieza y desinfección pertinentes. Es importante controlar el nivel de humedad y de temperatura de la zona de procesamiento. Como última alternativa se pueden emplear conservantes permitidos.

8.4 Sinéresis

Es la expulsión de líquido del producto; se presenta por mala formulación de los ingredientes o por excesiva inversión de azúcares durante la concentración. Revise la formulación para ver si se cumplen los parámetros dados.

8.5 Color muy claro o muy oscuro

Por falta o exceso de bicarbonato de sodio respectivamente. Ajuste la dosis y mantenga constante el volumen a procesar y el tiempo de concentración

8.6 Falta o exceso de consistencia

Por falta o exceso de grado de concentración o por mala formulación de ingredientes; se deben ajustar los grados brix finales del arequipe y revisar la formulación, principalmente en el contenido de sólidos no grasos o de proteína. En caso de reemplazar leche por lactosuero, revisar el porcentaje de reemplazo.

8.7 Presencia de partículas quemadas o más oscuras

Se presenta por caramelización excesiva de parte del arequipe en las paredes de donde se concentra el arequipe. Revise la presión de vapor, el diseño de la marmita y principalmente el sistema de agitación y de raspado.

9 Equipos para la producción de arequipe

Para elaborar arequipe tradicionalmente en las fábricas artesanales se utilizan hornillas o estufas de leña o a gas y pailas de cobre, pues debido a conductividad térmica del cobre se evita que el calor se concentre encima de la llama provocando caramelización excesiva y quemado del producto. En fábricas, más modernas se utilizan marmitas de acero inoxidable calentadas con vapor; estas marmitas tienen doble camisa, a través de las cuales circula el vapor, también disponen de agitador con raspadores de teflón; el agitador está accionado por un motor con reductor de velocidad. Es importante que la marmita sea de boca ancha para tener bastante superficie de evaporación y en lo posible que tenga como recoger los vapores que salen de la leche y llevarlos al exterior o aprovecharlos en otro proceso.

En fábricas muy grandes ya se justifica invertir en un evaporador al vacío, por ejemplo, de película descendente, para concentrar la mezcla leche hasta cierto punto y posteriormente terminar de concentrarla en marmita convencional a presión atmosférica; este método ahorra energía.

Figura 3. *Marmita con agitador.*



Tomado de: <https://goo.gl/sCDosJ>

Referencias bibliográficas

- CORTÉS YÁÑEZ, D.A., GAGNETEN, M., LEIVA, G.E. Y MALEC, L.S. Antioxidant activity developed at the different stages of Maillard reaction with milk proteins. *LWT*, 2018/03/01/ 2018, vol. 89, p. 344-349. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.11.002>
- DA SILVA, F.L., FERREIRA, H.A.L., SOUZA, A.B.D., ALMEIDA, D.D.F., STEPHANI, R., PIROZI, M.R., CARVALHO, A.F.D. Y PERRONE, Í.T. Production of dulce de leche: The effect of starch addition. *LWT - Food Science and Technology*, 2015/06/01/ 2015, vol. 62, no. 1, Part 2, p. 417-423. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.10.062>
- EL TIEMPO. Más arequipe al mercado nacional. En. Bogotá: Redacción El Tiempo, 1995, p. 1-1.
- HUPPERTZ, T., GROSMAN, S., FOX, P.F. Y KELLY, A.L. Heat and ethanol stabilities of high-pressure-treated bovine milk. *International Dairy Journal*, 2004, vol. 14, no. 2, p. 125-133. [10.1016/S0958-6946\(03\)00170-5](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00170-5)
- ICONTEC. NTC 3757. Arequipe o dulce de leche y manjar blanco. En. Bogota, Colombia Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2008.
- MERCOSUR *Reglamento Técnico Mercosur de identidad y calidad del dulce de leche*. Montevideo, Uruguay: Mercado Común del Sur (MERCOSUR), 1996. 6 p.
- MINSALUD Resolución Numero 2310 de 1986. Bogotá, Colombia: Ministerio De Salud, Republica de Colombia, 1986. 38 p.
- MINSALUD Decreto número 616 de 2006. Bogotá, Colombia: Ministerio de Salud y Protección Social, República de Colombia, 2006. 32 p.
- MOJICA, F.J., TRUJILLO CABEZAS, R., CASTELLANOS, D.L. Y BERNAL, N. *Agenda Prospectiva de Investigación y De-*

- sarrollo Tecnológico de la Cadena Láctea Colombiana*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2007. 168 p.
- MOLOGNONI, L., VALESE, A.C., LORENZETTI, A., DAGUER, H. Y DE DEA LINDNER, J. Development of a LC-MS/MS method for the simultaneous determination of sorbic acid, natamycin and tylosin in Dulce de leche. *Food Chemistry*, 2016/11/15/ 2016, vol. 211, p. 748-756. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.105>
- NOVOA, C. Y OSORIO, D. *Guía para la elaboración de algunos productos derivados de la leche*. 1 ed. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia-Facultad de Ingeniería, 2009. 68-72 p.
- REVISTA PORTAFOLIO. Colombina incursiona en producción arequipe. En: *Revista portafolio*. 2010, p. 1-1.
- ROZYCKI, S.D., BUERA, M.P. Y PAULETTI, M.S. Heat-induced changes in dairy products containing sucrose. *Food Chemistry*, 2010/01/01/ 2010, vol. 118, no. 1, p. 67-73. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.096>
- SANTILLANA. Arequipe. En. Bogotá, Colombia: Productos Alimenticios Santillana S.A., 2018, p. 1.
- VALLEBONI, C. El negocio del dulce de leche. En. Argentina: Forbes, 2017, p. 1.
- WALSTRA, P., WOUTERS, J.T. Y GEURTS, T.J. *Dairy science and technology*. Boca Raton, FL. USA: CRC press, 2006. 768 p.
- ZALAZAR, C. Y PEROTTI, M. Concentrated dairy products, Dulce de Leche. En: FUQUAY, FOX Y MCSWEENEY. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. Elsevier Science, 2011, p. 874-880.