UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Monografía sobre arequipes y dulces de leche con bajo contenido calórico

Raúl Alberto Peinado Royero

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Agronomía
Programa de ciencia y tecnología de alimentos
Bogotá, Colombia
2021

Monografía sobre arequipes y dulces de leche con bajo contenido calórico

Raúl Alberto Peinado Royero

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Director:

MSc. Carlos Fernando Novoa Castro

Profesor Asociado

Línea de Investigación:

Investigación y desarrollo de productos

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Agronomía

Programa de ciencia y tecnología de alimentos

Bogotá, Colombia

2021

(Dedicatoria o lema)

A Dios por acompañarme y apoyarme en cada etapa de mi vida, a mis padres porque gracias a su esfuerzo, amor y apoyo he podido salir adelante, a mi esposa porque con su forma de quererme, un poco rara, hemos podido ir construyendo un futuro juntos.

Agradecimientos

Al profesor Carlos Fernando Novoa, por sus enseñanzas, su dedicación y acompañamiento en todo el proceso. Al Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) de la Universidad Nacional y todos sus integrantes por su amabilidad y colaboración permanente.

Resumen

Los hábitos actuales de consumo de alimentos y la dificultad para obtener alimentos de calidad sanitaria y nutricional, han favorecido la prevalencia de enfermedades como el exceso de peso y la diabetes, y el aumento de las consecuencias que dichas enfermedades ocasionan a las personas que las padecen.

El exceso de peso y la diabetes actualmente las padecen un porcentaje considerable de personas en el mundo, por lo que se hace necesario la formulación de alimentos económicos, de fácil adquisición y con calidad sanitaria y nutricional que disminuyan los porcentajes de incidencia del exceso de peso y de la diabetes.

En la presente revisión se tuvo como objetivo reunir la información necesaria que sirva como guía para desarrollar dulces de leche de bajo contenido calórico con características sensoriales similares a la de un arequipe tradicional, contribuyendo a la disminución de las enfermedades asociadas al consumo excesivo de sacarosa.

Para encontrar un sustituto de sacarosa adecuado al desarrollar alimentos bajos en calorías, es preciso conocer la composición del alimento tradicional y las características funcionales que cada componente aporta en el producto. Lo anterior, para obtener un producto modificado lo más similar posible en su apariencia, sabor, aroma, color y textura que garantice una buena aceptación en el mercado.

La polidextrosa y la maltodextrina son los aportantes de sólidos que mejores resultados han dado cuando se reemplaza sacarosa por edulcorantes no calóricos en la producción de dulces de leche, según las investigaciones realizadas a la fecha, pero aún se mantienen diferencias organolépticas entre un dulce de leche tradicional y uno elaborado con estos productos, por lo que se hace necesario realizar más pruebas con la gran variedad de aportantes de sólidos existentes y con diferentes edulcorantes para encontrar la formulación que presente los mejores resultados.

Palabras clave: Dulce de leche, edulcorante, sustitutos de grasa.

Abstract

The current habits of food consumption and the difficulty in obtaining food of high nutritional value, has tended to increase the prevalence of diseases such as obesity and diabetes, and there has been an attendant increase in the negative consequences that such diseases Cause to people who suffer from them.

Obesity and diabetes are currently suffered by a considerable percentage of people in the world, so it is necessary to improve the availability of affordable food with high health and nutritional quality that reduces the incidence rates of obesity and of diabetes.

The objective of this review was to gather the necessary information to enable the development of low-calorie dulces de leche with taste and texture characteristics similar to that of a traditional arequipe, but which can contribute to the reduction of diseases associated with excessive sucrose consumption (ig enabling people to enjoy these foodstuff without the attendant negative consequences).

To find a suitable sucrose substitute when developing low-calorie foods, it is necessary to know the composition of the traditional food and the functional characteristics that each ingredient provides in the product. The objective being to obtain a modified product as similar as possible in its appearance, flavor, aroma, color and texture that guarantees a good acceptance in the market whilst simultaneously removing the most harmful component: sucrose.

Polydextrose and maltodextrin are the contributors of solids that have produced the best results when saccharose is replaced by non-caloric sweeteners in the production of dulce de leche, according to research carried out to date, but organoleptic differences between a dulce de leche are still maintained between the traditional product and one made with these substitute products, so it is necessary to perform more tests with the wide variety of contributors of existing solids and with different sweeteners to find the formulation that presents the best results.

Keywords: Dulce de leche, sweetener, fat substitutes.

Contenido

Contenido

1. Arequipe o dulce de leche…….3
1.1 Principales materias primas utilizadas para la elaboración de un arequipe o dulce de leche común 4
1.1.1Leche 4
1.1.1.1 Características fisicoquímicas que debe cumplir la leche para la elaboración de un arequipe y dulce de leche (Anexo A) 5
1.1.1.2 Determinación de características fisicoquímicas de la leche para la elaboración de un dulce de leche 5
1.1.2 Sacarosa 5
1.1.3 Glucosa 6
1.1.4 Lactosa 6
1.2 Materias primas comúnmente utilizadas para la elaboración de arequipes o dulces de leche bajos en calorías 8
1.2.1Edulcorantes utilizados en arequipes o dulces de leche 9
1.2.1.1 Edulcorantes nutritivos de poder edulcorante semejante a la sacarosa 9
1.2.1.2 Edulcorantes de mayor poder edulcorante que la sacarosa 10
1.2.2 Sustancias aportantes de sólidos que se pueden utilizar para la elaboración de un arequipe o dulce de leche bajo en calorías 17
1.3 Principales interacciones entre los hidrocoloides y los componentes alimenticios. 23
1.3.1 Hidrocoloides – iones (sales, minerales, etc.). 23
1.3.2 Hidrocoloides - Moléculas pequeñas (colorantes, sabores, ácidos grasos, vitaminas, fitoquímicos, etc.). 25
1.3.3 Hidrocoloides – hidrocoloides (proteínas, polisacáridos, etc.). 25
1.4 Principales reacciones asociadas al proceso de elaboración de un arequipe o dulce de leche bajo en calorías 27
1.4.1 Caramelización 27
1.4.2 Reacciones de Maillard 28
1.5 Defectos y alteraciones comunes de un arequipe o dulce de leche bajo en calorías 29
1.5.1 Cristalización de la sacarosa 29
1.5.2 Cristalización de la lactosa 29
1.5.3 Fermentaciones 30
1.5.4 Desarrollo de mohos y bacterias 30
1.5.5 Presencia de grumos 30
1.5.6 Presencia de sinéresis 30
1.5.7 Color extremadamente oscuro 31
1.5.8 Dulce de leche gomoso 31

1.6 Evaluación de la calidad sensorial de un arequipe o dulce de leche bajo en calorías 31
1.6.1 Perfil de sabor 31
1.6.2 Perfil de textura 32
1.6.3 Prueba de consumidores 32
1.6.3.1 Pruebas de preferencia 32
1.6.3.2 Pruebas de aceptabilidad 32
1.6.3.3 Pruebas hedónicas 33
1.7 Análisis de textura instrumental elaborados a un arequipe o dulce de leche bajo en calorías 33
1.8 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos comúnmente elaborados a un arequipe o dulce de leche bajo en calorías 34
1.8.1Características fisicoquímicas que debe cumplir un dulce de leche luego de su elaboración (Anexo H) 34
1.8.2 Determinación de las características fisicoquímicas de un dulce de leche 34
1.8.3 Características microbiológicas que debe cumplir un dulce de leche luego de su elaboración (Anexo I) 35
1.8.4 Determinación de las características microbiológicas de un dulce de leche 35

2. Conclusiones y recomendaciones 37
2.1 Conclusiones 37
2.2 Recomendaciones 38

Lista de tablas

Pág.

Tabla 1. Matriz comparativa de los tipos de edulcorantes más comúnmente utilizados ……..15

Tabla 2. Matriz comparativa de los tipos de aportantes de solidos más comúnmente utilizados…….……... 21

Introducción

Los inadecuados hábitos alimenticios y la dificultad para la obtención de alimentos sanos y nutritivos aumentan la prevalencia de enfermedades como el sobrepeso, la obesidad y la diabetes. Hoy en día un porcentaje considerable de la población mundial sufre de estas enfermedades, por lo que se hace necesario la formulación de alimentos saludables, económicos, de fácil adquisición y con calidad nutricional que contribuya a disminuir los niveles de dichas enfermedades (1).

El sobrepeso y la obesidad se definen como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud. El índice de masa corporal (IMC) es un indicador simple de la relación entre el peso y el cuadrado de la talla; este indicador se utiliza frecuentemente para identificar el sobrepeso y la obesidad en los adultos.

La organización mundial de la salud (OMS) define que una persona está en sobrepeso cuando tiene un IMC igual o superior a 25 kg/m^2 y tiene obesidad cuando tiene un IMC igual o superior a 30 kg/m^2. Los conceptos de sobrepeso y obesidad se pueden agrupar en el concepto de exceso de peso, el cual reúne todas las personas que tienen un IMC igual o superior a 25 kg/m^2 (1,2).

Para el 2016 en el mundo el 39% de los adultos de 18 o más años (un 39% de los hombres y un 40% de las mujeres) tenían sobrepeso y alrededor del 13% de la población adulta mundial (un 11% de los hombres y un 15% de las mujeres) eran obesos. Por lo que se puede evidenciar que para el 2016, el 52% de la población mundial tenía exceso de peso, una cifra alarmante teniendo en cuenta las repercusiones que esta condición genera en la salud de las personas (1,2).

Si bien el sobrepeso y la obesidad se consideraban antes un problema propio de los países de ingresos altos, actualmente ambos trastornos aumentan en los países de ingresos bajos y medianos, en particular en los entornos urbanos (1,2).

En el caso de Colombia, las cifras de exceso de peso han ido en aumento a lo largo de los años (2005:45,9%, 2010:51,2%, 2016:76,5%) (1,3). El exceso de peso es mayor en las mujeres que en los hombres (un 68,9% en los hombres y un 83,8% en las mujeres) según cifras a 2016 de la OMS (3).

Colombia no es ajena a la problemática mundial del exceso de peso, e incluso está por encima del promedio mundial, por lo que se ve la necesidad de tomar medidas urgentes para disminuirlo, así como se deben tomar medidas para disminuir enfermedades asociadas como la diabetes.

Para el 2014, el 8,5% de los adultos (18 años o mayores) en el mundo tenían diabetes; en 2015 fallecieron 1,6 millones de personas como consecuencia directa de la diabetes y los niveles altos de glucemia fueron la causa de otros 2,2 millones de muertes en 2012 (4).

La prevalencia mundial de la diabetes en adultos (mayores de 18 años) ha aumentado del 4,7% en 1980 al 8,5% en 2014, este aumento se ha dado con mayor rapidez en los países de ingresos medianos y bajos (4,5). Según proyecciones de la OMS, la diabetes será la séptima causa de mortalidad en 2030 (6-7).

Para el caso particular de Colombia, según cifras de OMS para el 2016 el 8% de la población sufría de diabetes (3). Como se observa en las anteriores estadísticas Colombia tiene cifras similares al promedio mundial, lo que no es favorable si se tiene en cuenta que ha venido aumentando el número de personas con esta patología a lo largo de los años (8).

En vista de los índices de exceso de peso y diabetes en Colombia y en el mundo, se ve la necesidad de formular alimentos con menor contenido de grasa y de azúcar, disminuyendo de este modo las calorías que confieren estos alimentos a los consumidores y evitando la ocurrencia de enfermedades como la diabetes tipo 2 y las asociadas al exceso de peso.

En la siguiente revisión se recopila información para facilitar el desarrollo de formulaciones de arequipes o dulces de leche con sustitución de sacarosa para contribuir a la disminución de la prevalencia de exceso de peso y diabetes tipo 2 en Colombia y en el mundo.

1. Arequipe o dulce de leche

El dulce de leche es el producto higienizado obtenido por la concentración por evaporación de una mezcla de leche y azúcares (9,10).

En el sector lácteo, la producción y comercialización de dulce de leche es un negocio pequeño en comparación de los demás productos lácteos (11). Argentina es el país más representativo en la producción del dulce de leche, donde la producción se ubica en niveles promedio de 100.000 toneladas al año. Su nivel máximo se presentó en el año 1999, cuando se produjeron 114.000 toneladas. A partir del año 2000, se mantuvo constante alrededor de las 105.000 toneladas (11). Para el año 2017 Argentina generó unas ventas totales de 95.903 toneladas, de las cuales 92.545 toneladas se consumieron en el país y las restantes 3.358 toneladas fueron exportadas a otros países (12, 13).

El dulce de leche es conocido como un dulce tradicional en varios países de América Latina. En Chile se le conoce como manjar, manjar de leche o manjar blanco; en Colombia y Venezuela se le denomina arequipe; en Argentina, dulce de leche; en Brasil, *doce de leite* y en México y Centroamérica, cajeta (derivado de la caja de madera que se utilizaba para empacarlo) (11).

Existe una gran diversidad de empresas en Colombia que procesan dulce de leche en grandes cantidades, pero como no es considerado como su principal producto de comercialización, no se suelen encontrar estadísticas recientes de la producción de este producto (11). El país elaboró 9.215 toneladas de dulce de leche para el año 2004 y para el 2010 el mercado de la categoría de dulce de leche en Colombia ascendía a los 40.000 millones de pesos al año (11,14).

De acuerdo con el reporte de la unidad de seguimiento de precios de la leche (USP) para el año 2017, los departamentos de Cundinamarca y Boyacá eran los de mayor participación en la producción de dulce de leche, básicamente por la presencia de las dos más grandes empresas en la producción de este producto en el país (11).

Los rendimientos encontrados a nivel nacional en términos de utilización de la leche para la elaboración del dulce de leche son muy similares, entre 2,2 y 3,0 L de leche por kg de producto (11).

1.1 Principales materias primas utilizadas para la elaboración de un arequipe o dulce de leche común

1.1.1 Leche

La leche se define como el líquido resultante de la secreción mamaria normal, sin adición de elementos extraños y que ha sido obtenida mediante ordeño ininterrumpido. Fisicoquímicamente es compleja, pues contiene la grasa en emulsión, las proteínas en forma de suspensión coloidal y la lactosa y sales minerales en forma de solución verdadera, aunque algunos minerales como el calcio y el fósforo se encuentran asociados parcialmente a las proteínas. La designación de leche sin especificaciones de la especie productora corresponde exclusivamente a la leche de vaca (15).

La acidez de la leche es un requisito importante para una buena elaboración de un dulce de leche; es necesario tomar en cuenta que su valor se va incrementado por la disminución del volumen de agua durante la concentración del dulce de leche, este aumento de la acidez durante el procedimiento de concentración es lo que obliga a descartar la leche que tenga una acidez alta o en su defecto neutralizarla cuando ésta supera los 0,17% p/v (expresada como ácido láctico), ya que una acidez mayor puede generar precipitación de la proteína y le da al dulce de leche una apariencia grumosa, sin brillo y no homogénea (16).

Por las reacciones de Maillard que se producen durante la preparación del dulce de leche, se generan ácidos, que sumados a los ya presentes y al efecto de concentración por evaporación, la acidez puede llegar a un valor tal que provocaría la floculación de las proteínas; por esta razón, se hace necesario la neutralización parcial de la acidez de la leche con bicarbonato de sodio y/o citrato de sodio, antes de iniciar el proceso de concentración (15).

1.1.1.1 Características fisicoquímicas que debe cumplir la leche para la elaboración de un arequipe y dulce de leche (Anexo A)

1.1.1.2 Determinación de características fisicoquímicas de la leche para la elaboración de un dulce de leche

- Materia grasa: Determinación por el método de Gerber AOAC 15030.
- Acidez titulable como ácido láctico, método AOAC 94705.
- Densidad: Método AOAC 16021.
- Prueba de alcohol 68% p/p: Método según decreto 616/2006.
- Índice crioscópico: Por crioscopía electrónica en un crioscopio certificado y calibrado. Referencia decreto 616/2006.
- Determinación de pH: Con pH metro certificado y calibrado.
- Sólidos solubles: Refractometría, con refractómetro certificado y calibrado.

1.1.2 Sacarosa

Es el producto sólido cristalizado del jugo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) obtenida mediante procedimientos apropiados. En estado puro el azúcar es un hidrato de carbono denominado sacarosa, cuya fórmula es $C_{12}H_{22}O_{11}$ (17). Una solución de solo sacarosa cristalizaría fácilmente, por lo cual se agrega en algunas formulaciones, jarabe de glucosa, o mezclas de azucares para retardar la formación de los cristales (17).

La leche y la sacarosa son componentes fundamentales del dulce de leche. Por lo que la formulación debe ser establecida teniendo en cuenta el grado de concentración del producto final, del contenido de materia grasa de la leche y del tiempo que mediará entre la elaboración del dulce de leche y su posterior consumo (15).

1.1.3 Glucosa

Denominada también dextrosa (por ser dextrógira) y azúcar de uva (por hallarse en ésta en concentración elevada), es el azúcar más ampliamente distribuido en la naturaleza (17). La glucosa en la industria alimentaria es utilizada para impedir o retrasar la formación de cristales grandes de lactosa que confieren al dulce de leche una textura arenosa y granular. Regula el grado relativo de dulzor, favorece una cristalización más lenta y en iguales concentraciones a la sacarosa, es menos viscosa (17).

La glucosa por ser un azúcar reductor está involucrada en las reacciones de Maillard, por lo que su presencia posibilita el llamado pardeamiento no enzimático de los alimentos, fenómeno de importancia en la fabricación del dulce de leche (18).

1.1.4 Lactosa

La lactosa es un disacárido compuesto por dos hexosas, glucosa y galactosa. Es el principal azúcar de la leche de vaca, posee poder reductor, en estado puro se presenta bajo la forma de cristales blancos translúcidos que tienen una densidad de 1,53 g/mL. Se encuentra disuelta en el suero constituyéndose en el nutriente más importante del mismo y el componente de la leche mejor conocido y constante (15).

La lactosa contenida en la leche suele alcanzar valores que van desde 4,5 hasta 4,8% p/v (15). Los microorganismos ácido-lácticos la transforman en ácido láctico bajando el pH de la leche (15). Representa un rol decisivo en la industria del dulce de leche, tanto por su influencia sobre la calidad fisicoquímica del producto, como también en su calidad sensorial. Por lo que, en la elaboración de un dulce de leche el contenido de lactosa resulta un parámetro importante (15).

A nivel industrial en la elaboración de dulce de leche se realiza una operación de hidrólisis de la lactosa en la leche empleada, dicha hidrolisis se lleva a cabo gracias a una enzima llamada lactasa, también conocida como β-galactosidasa. La β-galactosidasa es producida por fermentación de cepas de levaduras K*luyveromices fragilis, Saccharomyces lactis, Kluyveromices lactis, Aspergillus niger* o *Aspergillus oryzae.*

La hidrolisis realizada por la β-galactosidasa consiste en descomponer la lactosa en sus dos monosacáridos glucosa y galactosa, disminuyendo de este modo el efecto de la cristalización excesiva de la lactosa que afecta la calidad organoléptica del producto. El proceso de hidrolisis de la lactosa se puede realizar en frio o en caliente, en caso de realizarla en caliente, se debe pasteurizar la leche antes del tratamiento, para evitar un alto desarrollo de microorganismos (17,18).

A continuación, se describen las modificaciones físicas y químicas que provoca la hidrólisis de la lactosa (16,15,19):

a) Poder edulcorante: La mezcla de glucosa y galactosa es de 2 a 3 veces más dulce que la lactosa.

b) Digestibilidad: La glucosa y la galactosa se digieren más fácilmente, hay individuos que no pueden digerir la lactosa.

c) Solubilidad: La lactosa presenta una solubilidad del 18 g/100 mL de agua a 25 °C. En las mismas condiciones, la glucosa presenta una solubilidad del 50 g/100 mL y la galactosa del 25 g/100 mL.

d) Viscosidad: Las soluciones de glucosa y galactosa presentan una viscosidad baja, lo cual permite una alta concentración de sólidos.

e) Cuerpo, textura y sabor: Se modifican debido a la liberación de galactosa, el sabor suele quedar más acentuado.

f) La leche hidrolizada presenta mayor intensidad de reacciones de Maillard en la elaboración de dulce de leche lo cual genera cambios en el sabor y color (16, 15,19).

1.2 Materias primas comúnmente utilizadas para la elaboración de arequipes o dulces de leche bajos en calorías

El dulce de leche puede ser denominado como de bajo contenido calórico, el cual es el producto higienizado obtenido por la concentración por evaporación de la leche, al que se le han modificado sus ingredientes con el fin de obtener una disminución calórica de acuerdo con lo establecido en la legislación nacional vigente (20).

El consumo de productos que no afecten la salud ha ido aumentando en nuestro medio (19). Para suplir estas necesidades de consumo se han desarrollado sustitutos de sacarosa con características parecidas a ésta, con un menor contenido calórico y que usados en la cantidad adecuada, pueden permitir el desarrollo de productos con características sensoriales similares a los productos tradicionales (21, 22).

Para encontrar un sustituto de sacarosa adecuado, al desarrollar alimentos bajos en calorías, es preciso conocer la composición del alimento tradicional y las características funcionales que cada componente aporta en el producto. Lo anterior, para desarrollar un producto modificado, lo más similar posible en su calidad sensorial al producto original, que garantice una buena aceptación en el mercado. Por último, se debería realizar un análisis sensorial que identifique si el dulce de leche modificado presenta la calidad sensorial esperada (23, 24).

La sacarosa tiene un aporte calórico de 4 kcal/g y aporta propiedades funcionales a los alimentos al tener efecto en las características sensoriales (apariencia, color, sabor, aroma y textura), físicas (cristalización y viscosidad), microbianas (inocuidad y preservación) y químicas (caramelización, pardeamiento y capacidad antioxidante), entre otras (25, 26).

En el dulce de leche, la sacarosa participa aproximadamente en un 45% p/p de la composición, lo que hace que la sustitución de ésta afecte las propiedades sensoriales y fisicoquímicas (25, 26).

Entre los sustitutos de azúcar se encuentran edulcorantes nutritivos, no nutritivos y polímeros como la polidextrosa que aportan algunas de las propiedades del azúcar (24). Realmente no existe el sustituto ideal, por esta razón se ve la necesidad de evaluar diferentes mezclas y utilizar la mejor combinación (24).

Los edulcorantes artificiales día a día han ganado participación en la dieta de los consumidores, ya que proporcionan el sabor dulce de la sacarosa, pero sin su aporte calórico, por lo que pueden ayudar a la disminución del exceso de peso. Se pueden emplear los edulcorantes artificiales para reemplazar total o parcialmente la sacarosa, manteniendo el nivel de dulzor y considerando los demás aspectos sensoriales del producto, como sabores residuales, cuerpo y consistencia, color y apariencia. (18).

1.2.1 Edulcorantes utilizados en arequipes o dulces de leche

La sensación de dulzor que provocan ciertos alimentos se debe a un gran número de compuestos de estructuras químicas muy diferentes (18).

Los edulcorantes utilizados en la industria alimentaria están divididos en 2 grandes grupos; los edulcorantes naturales o nutritivos y los edulcorantes artificiales o no nutritivos (26). Otra clasificación comúnmente utilizada es dividirlos por su potencia y por su valor nutritivo; a continuación, podemos ver algunos de los más representativos edulcorantes según la clasificación de potencia y valor nutritivo (18).

1.2.1.1 Edulcorantes nutritivos de poder edulcorante semejante a la sacarosa

- Mono y oligosacáridos: Fructosa, glucosa, lactosa, isoglucosa, miel de abejas, azúcar invertido y jarabe de maíz entre los más conocidos (18).

- Polioles: Sorbitol, xilitol, jarabe de glucosa hidrogenado, maltitol y manitol entre los más conocidos (18).

1.2.1.2 Edulcorantes de mayor poder edulcorante que la sacarosa

- Sintéticos: Sacarina, ciclamatos, aspartamo, acesulfame k, alitamo, neotamo y sucralosa entre otros (18).

- De origen vegetal:

Glucósidos: Glicirricina, dihidrochalconas y esteviósido entre los más conocidos (18).
Proteínas: Taumatina, monelina y miraculina entre los más conocidos (18).

A continuación, se ampliará la información de los edulcorantes que presentan mayor poder edulcorante que la sacarosa y que no aportan calorías al consumirlos.

- Sacarina

Es uno de los edulcorantes más empleados, se obtiene a partir de la *o*-toluensulfonamida o de los anhídridos ftálico y antranílico. Tiene un dulzor de 300 a 400 veces el de la sacarosa, con el inconveniente de que provoca un regusto amargo metálico, sobre todo en altas concentraciones (18).

Comercialmente se encuentra tanto en la forma sódica como en la cálcica, ambas muy solubles en agua (600 g/L), estables a pH entre 2-9 y a tratamientos térmicos moderados. A pesar de que el ser humano la elimina en la orina, existe mucha controversia sobre su inocuidad; se considera que algunas de las impurezas de su síntesis son tóxicas, aun cuando esto depende de la materia prima de que se parta (18). Por esta razón, ciertos países tienen regulaciones estrictas para su consumo y exigen se declare su presencia en los alimentos, indicando su riesgo potencial; en bajas dosis puede presentar riesgo de alergia. En la actualidad en la mayoría de los países de Europa está autorizado su consumo (27).

La sacarina está prohibida en Francia y Canadá. Se emplea en bebidas, refrescos, yogures, productos dietéticos y alimentos para diabéticos (28).

- Ciclamato

Fueron descubiertos en 1937 en Estados Unidos. Son sales sódicas y cálcicas del ácido ciclámico, presentan una elevada solubilidad en agua; son 30 a 50 veces más dulces que la sacarosa y son uno de los edulcorantes no calóricos menos intensos por lo que para aumentar su poder endulzante se mezclan con sacarinas y así se logra un producto más dulce (29).

Los ciclamatos se producen por la sulfonación de la ciclohexilamina y son de los primeros edulcorantes no calóricos que se emplearon en la industria alimentaria. En la década de 1960 muchos países prohibieron su uso ya que su hidrólisis genera la ciclohexilamina, que se elimina en la orina, y a la cual se le han atribuido las alteraciones cromosómicas y carcinomas observados en las vejigas de animales de laboratorio (29).

Los ciclamatos tienen una ventaja, de que no dejan el regusto amargo que producen las sacarinas, comercialmente existen las sales de sodio y de calcio; la segunda se presenta en forma de cristales solubles en agua (210 g/L) muy resistentes a las temperaturas elevadas (18). Se emplean en chicles, bebidas dulces, refrescos de cola, jugos y zumos de frutas, lácteos, postres, bollería industrial y en muchos productos etiquetados como sin azúcar, bajos en azúcar y bajos en calorías (28).

- Aspartamo

El aspartamo (también llamado aspartame) fue descubierto en el año 1965 por James Slatter. Es un edulcorante artificial compuesto por un metiléster de un dipéptido formado por el ácido L–aspártico y L–fenilalanina, que se metaboliza como cualquier otro péptido, generando dos aminoácidos (30,31).

Es estable a pH entre 3-5, perdiendo su poder edulcorante fuera de este intervalo; las altas temperaturas lo destruyen por la hidrólisis del enlace éster metílico, por la ruptura de la unión peptídica, o por un reacomodo intramolecular que da origen a la dicetopiperazina, agente que no es tóxico (30,31).

Además, por su carácter peptídico, cuando se calienta en presencia de azúcares reductores, está sujeto a las reacciones de Maillard (21). Es 180 a 200 veces más dulce que la sacarosa y aporta 4 calorías por gramo (29).

El consumo del aspartamo está restringido para las personas que son fenilcetonúricas o intolerantes a concentraciones elevadas de fenilalanina, debido a la carencia de la 4-monooxigenasa, enzima relacionada con el metabolismo de este aminoácido en el hígado. La acumulación de la fenilalanina o de sus derivados en la sangre provoca una mielización deficiente del cerebro y en consecuencia un retraso mental (29).

Sin embargo, la ocurrencia de esta enfermedad en la población es muy baja (19). Debido a que el aspartamo contiene fenilalanina, el consumo de éste en las personas que padecen fenilcetonuria está contraindicado. Por esta razón los productos que contienen aspartamo deben indicar en la etiqueta “Fenilcetonúricos: Contiene fenilalanina” (32).

Se emplea en chicles, bebidas dulces, refrescos de cola, bollería industrial, postres, lácteos, zumos de frutas y en muchos productos etiquetados como sin azúcar, bajos en azúcar y bajos en calorías (28).

- Acesulfamo k

También llamado acesulfame k, fue descubierto en 1967, es el derivado potásico (K) de los ácidos acetoacético ($C_4H_6O_3$) y sulfámico (H_3NSO_3), tiene un poder edulcorante de 150 a 200 veces el de la sacarosa. Es estable a temperaturas elevadas, muy hidrosoluble, mantiene sus propiedades sensoriales en un intervalo amplio de pH y en general, no deja un regusto desagradable, excepto en altas concentraciones. Aditivo autorizado por la Unión Europea y FDA desde 1988 a pesar de que no hay informes exhaustivos (33,34).

Estudios sugieren que consumirlo a largo plazo podría ser cancerígeno y estar unido a problemas neurológicos, hiperglucemia y secreción de insulina (24). Se emplea en bebidas refrescantes, lácteos, panificación, dulces y muchos otros (30,31).

- Alitame

Es un edulcorante dipeptídico que deriva de los aminoácidos D-alanina y ácido aspártico, se caracteriza por su elevado poder edulcorante que es 2.000 veces mayor que el de la sacarosa, es soluble en agua y su estabilidad es superior a la del aspartamo (29).

Comparado con el aspartamo, no contiene fenilalanina y tiene una mayor estabilidad. Su uso no está autorizado por todos los países, pero algunos lo permiten en ciertos alimentos (27). Puede potencialmente usarse en prácticamente todas las áreas en que actualmente se usan edulcorantes (29).

- Neotamo

Se obtiene por reacción química de aspartamo con dimetilbutil (dimetilbutiraldehído), un compuesto que reduce la cantidad de fenilalanina (18). Es más estable que el aspartamo. El neotamo tiene un poder endulzante entre 6 y 8 mil veces mayor que la sacarosa y hasta 30 veces más dulce que el aspartamo, del que se diferencia porque es estable a temperaturas más altas (18).

Fue aprobado por la FDA para uso general en julio de 2002, pero todavía no es ampliamente utilizado en productos alimenticios (28). Aunque se eliminan los riesgos por consumo de fenilalanina, se potencian el resto de los efectos perjudiciales derivados del aspartamo (28).

Se emplea en chicles, bebidas dulces, refrescos de cola, bollería industrial, horneados, postres, lácteos, zumos de frutas y en general en muchos productos etiquetados como sin azúcar, bajos en azúcar y bajos en calorías (28).

- Sucralosa

Fue descubierta en 1976, es un derivado clorado compuesto de 1,6-dicloro-1,6-dideoxy-β-D-fructo furanosil–4–cloro–4 deoxy–α-D-galactopiranósido, obtenido por la halogenación selectiva de la molécula de sacarosa. Es entre 500 a 700 veces más dulce que la sacarosa, no contiene aporte energético (26), estable bajo condiciones normales de proceso y almacenamiento. Es pobremente absorbida a través del tracto gastrointestinal (29).

Es muy hidrosoluble (250 g/L), estable a pH entre 3-7 y resiste las altas temperaturas de la panificación. Su sabor dulce es muy semejante al de la sacarosa y sin regusto amargo. Su uso no está totalmente aceptado en todos los países y algunos establecen ciertas restricciones (18).

Se emplea en zumos de frutas, jugos, yogures, lácteos, chicles, goma de mascar, postres, gelatinas, bebidas dulces, refrescos, bollería industrial, alimentos para diabéticos, arequipes y en general muchos productos dietéticos etiquetados como sin azúcar, bajos en azúcar y bajos en calorías (28).

En la gama de edulcorantes no calóricos hay algunos otros pero que no son aprobados en la mayoría de los países por las contraindicaciones que se le atribuyen. Por lo que no son de importancia mencionarlos, incluso los aprobados presentan ciertas restricciones para su uso, por los sabores residuales inadecuados que le aportan al producto final, por los efectos adversos que se le atribuyen a la salud cuando son usados en altas concentraciones y porque al someterlos a altas temperaturas en algunas matrices alimenticias, pueden generar sustancias tóxicas. Por lo cual se exige en algunos de estos edulcorantes, que se debe controlar su uso y llevar una leyenda de rótulo especial que indique que se está añadiendo en un alimento.

Debido a todas estas contraindicaciones que tienen los edulcorantes no calóricos, hay que tener en cuenta el tipo de producto en el que se van a usar y el proceso asociado para poder escoger el edulcorante apropiado en cada caso específico, porque, aunque ofrecen mayor poder edulcorante que la sacarosa, el mal uso puede generar los problemas de salud anteriormente mencionados.

Cuando se desea elaborar un dulce de leche bajo en calorías, una opción utilizada a menudo es sustituir parte o toda la sacarosa contenida en la formulación por un edulcorante que aporte el sabor dulce, pero que tenga menor contenido calórico.

Es preferible utilizar edulcorantes no calóricos los cuales no son metabolizados y por consiguiente no producen las calorías que generan los tradicionales hidratos de carbono; dichos edulcorantes no calóricos son más dulces que la sacarosa, por lo que se usan en

una cantidad inferior, por lo cual se hace necesario utilizar otros componentes dentro de la formulación que favorezcan el rendimiento, aporten color, cuerpo, textura y aroma semejante a la que aporta la sacarosa en la formulación del dulce de leche.

A continuación, podemos ver una matriz comparativa de los tipos de edulcorantes más comúnmente utilizados:

Tabla 1. Matriz comparativa de los tipos de edulcorantes más comúnmente utilizados

Edulcorante	Calorías aportadas		Poder edulcorante		Contraindicaciones a la salud		Características organolépticas		Resultados
	Calificación (1 - 5)		Calificación (1 - 5)		Calificación (1 - 5)		Calificación (1 - 5)		
Fructosa	Similares a la sacarosa	1	Similares a la sacarosa	1	Ninguna conocida en usos moderados	5	Similares a la sacarosa	5	12
Glucosa	Similares a la sacarosa	1	Similares a la sacarosa	1	Ninguna conocida en usos moderados	5	Similares a la sacarosa	5	12
Sorbitol	Inferiores a la sacarosa	5	Inferior a la sacarosa	1	El consumo excesivo puede tener un efecto laxante	1	Similares a la sacarosa en combinación con otros edulcorantes	5	12
Sacarina	Inferiores a la sacarosa	5	Superior a la sacarosa	5	Se considera que algunas de las impurezas de su síntesis son tóxicas. En bajas dosis puede presentar gran riesgo de alergia.	1	Provoca un regusto amargo metálico,	1	12
Aspartamo	Similares a la sacarosa	1	Superior a la sacarosa	5	El consumo del aspartamo está restringido para las personas que son fenilcetonúricas o intolerantes a concentraciones elevadas de fenilalanina.	1	Similares a la sacarosa en combinación con otros edulcorantes	5	12

Edulcorante	Calorías aportadas		Poder edulcorante		Contraindicaciones a la salud		Características organolépticas		Resultados
	Calificación (1 - 5)		Calificación (1 - 5)		Calificación (1 - 5)		Calificación (1 - 5)		
Acesulfame k	Inferiores a la sacarosa	5	Superior a la sacarosa	5	Algunos estudios sugieren que consumirlo a largo plazo podría ser cancerígeno y estar unido a problemas neurológicos, hiperglucemia y secreción de insulina	1	Similares a la sacarosa en combinación con otros edulcorantes	1	12
Ciclamatos	Inferiores a la sacarosa	5	Superior a la sacarosa	5	Se le han atribuido las alteraciones cromosómicas y carcinomas observados en las vejigas de animales de laboratorio.	1	Similares a la sacarosa en combinación con otros edulcorantes	5	16
Neotamo	Inferiores a la sacarosa	5	Superior a la sacarosa	5	Aunque se eliminan los riesgos por consumo de fenilalanina, se potencian el resto de los efectos perjudiciales derivados del Aspartamo.	1	Similares a la sacarosa en combinación con otros edulcorantes	5	16
Sucralosa	Inferiores a la sacarosa	5	Superior a la sacarosa	5	Ninguna conocida en usos moderados	5	Su sabor dulce es muy semejante al de la sacarosa y sin regusto amargo	5	20

Fuente: Información elaborada por parte del autor.

1 menor calificación; 5 mayor calificación

Como podemos observar en la tabla 1 la sucralosa tiene una calificación superior en comparación de los otros edulcorantes no calóricos, en cuanto a las características requeridas para los dulces de leche.

Luego de revisar la bibliografía se puede concluir que la sucralosa presenta mejores características para su uso como sustituto de sacarosa y menos contraindicaciones sanitarias. Además, estudios científicos sustentan su estabilidad térmica y sabor similar a la sacarosa, cuando es usada en las dosis adecuadas para la elaboración de dulces de leche bajos en calorías (32).

Para calcular la dosis de sucralosa que reemplace adecuadamente a la sacarosa se debe tener en cuenta el poder edulcorante de la sucralosa (entre 500 y 700 veces más dulce que la sacarosa) (32). Esta dosis equivalente se puede calcular dándole un valor arbitrario a la sacarosa de 1, es decir si un compuesto tiene un poder edulcorante de 2 (uno para la sacarosa), indica que este compuesto es 2 veces más dulce que la sacarosa y se puede usar un 50% con relación a la sacarosa para lograr el mismo nivel de dulzura en el producto (18).

Luego de realizar los cálculos de dosis equivalentes en dulzura de sucralosa para reemplazar sacarosa, se pueden hacer ajustes a partir de una prueba sensorial de comparación de pares entre el dulce de leche de bajo contenido calórico y el control con sacarosa, preguntándole al panelista cuál de las dos muestras es más dulce (35) (Anexo B).

1.2.2 Sustancias aportantes de sólidos que se pueden utilizar para la elaboración de un arequipe o dulce de leche bajo en calorías

Cuando se utiliza un edulcorante con mayor capacidad endulzante que la sacarosa, se requiere una menor cantidad para obtener el dulzor dado por ésta; por lo cual es necesario colocar un producto “de relleno” que aporte sólidos, para evitar que se afecte el rendimiento del producto y sus características sensoriales, debido a que la sacarosa además de aportar dulzor también aporta sólidos (37).

En el mercado se encuentran estos productos de “relleno” o aportantes de sólidos a base de hidratos de carbono, proteínas y ácidos grasos, a continuación, podemos ver los más comúnmente utilizados de cada una de las clasificaciones (37).

1.2.2.1 Reemplazantes de sólidos a base de hidratos de carbono

Gomas, pectinas, fibra soluble, almidones, maltodextrinas, hemicelulosa, polidextrosa y celulosa (37).

1.2.2.2 Reemplazantes de sólidos a base de proteínas

Aislados de proteínas de huevo, leche y soya en una forma particulada (37).

1.2.2.3 Reemplazantes de sólidos a base de ácidos grasos

Mezclas de triglicéridos de ácidos grasos de cadena larga, media y corta. Diseñados por inter-esterificación para obtener ácidos grasos de la mitad de las calorías de uno común (37).

Si se quiere lograr un producto lo más reducido posible en calorías se debería optar por un sustituto que tenga menores calorías por gramo en comparación a la sacarosa y que se comporte adecuadamente al ser sometido a altas temperaturas durante un periodo de tiempo prolongado (18,38).

Los reemplazantes de sólidos a base de proteínas, debido a su carácter proteínico se pueden desnaturalizar por las altas temperaturas, provocando que su uso se limite a ciertas aplicaciones; además, su aporte calórico es de 4 kcal/g, lo cual es similar al aporte calórico dado por la sacarosa, por lo que no tendría sentido reemplazar sacarosa por un aportante de sólidos a base de proteínas (18,38).

Los reemplazantes de sólidos a base de ácidos grasos son más estables a altas temperaturas y durante tiempos prolongados de calentamiento, pero, aunque son

modificados en su estructura para reducir su aporte calórico de 9 a 4 kcal/g, se tendría el mismo aporte de calorías que da la sacarosa. Por lo que en este caso no se podría reemplazar la sacarosa por este tipo de reemplazantes de sólidos, si lo que se busca es elaborar un dulce de leche bajo en calorías (18,38).
En este orden de ideas, los productos que presentan menores calorías por gramo son las fibras solubles e insolubles de la clasificación de aportantes de sólidos a base de hidratos de carbono, donde se destaca la polidextrosa, por tener buena estabilidad térmica y ayudar a obtener una buena textura en los productos en los cuales se ha realizado sustituciones de sacarosa (18,38).

Otro reemplazante de sólidos utilizado y probado en varias formulaciones alimenticias es la maltodextrina, la cual se ha utilizado en varios desarrollos de arequipes bajos en calorías obteniendo buenos resultados de textura final (18,38).

A continuación, se amplía la información para la polidextrosa y la maltodextrina dos de los aportantes de solidos más comúnmente utilizados para la elaboración de dulces de leche bajos en calorías (18,38).

- Polidextrosa

Es un espesante, texturizador, regulador de la humedad y soporte para aditivos. Resulta de la polimerización de la glucosa, sorbitol y ácido cítrico (90:10:1) a alta temperatura (36). Es un polvo amorfo, aporta cuerpo, textura y favorece las reacciones de Maillard (38,39,40). Además, es considerada fibra soluble que tiene efectos benéficos en el metabolismo lipídico (41).

La polidextrosa se encuentra disponible en el comercio como polvo y en solución. Es resistente a la hidrólisis de la amilasa, es soluble en agua y no es absorbida en el intestino. La polidextrosa es un agente espesante de bajo contenido calórico que se emplea en el reemplazo parcial de carbohidratos y de grasa (42).

Estudios metabólicos han demostrado que la disponibilidad calórica de la polidextrosa en el ser humano es de 1 kcal/g. Por poseer un efecto laxante y/o generador de flatulencias

los alimentos que contienen más de 15 g de polidextrosa por porción, deben ser etiquetados adecuadamente, recomendando no consumir más de 90 g por día (42).
Una cualidad importante de la polidextrosa es que no afecta ni la absorción, ni el metabolismo de nutrientes esenciales. La polidextrosa ha sido aprobada para el uso en alimentos horneados, caramelos, gomas de mascar, barras nutritivas, pudines, coberturas, aliños, postres de leche congelados, gelatinas, chocolates sin azúcar, dulces de leche y alimentos bajos en calorías (42).

- Maltodextrina

La maltodextrina es una mezcla de polímeros de glucosa que aparecen como resultado de la hidrólisis del almidón o la fécula con ácido o enzimas. Tiene un equivalente de dextrosa menor de 20. A la maltodextrina se le encuentra como polvo blanco o en una solución concentrada (43).

Estas moléculas poliméricas son rápidamente metabolizadas en el organismo humano, generando un aumento exponencial de insulina (pico de insulina) en la corriente sanguínea. Este carbohidrato puede aumentar el nivel energético muscular, dando más fuerza, evitando el catabolismo muscular (pérdida de músculos) y también ayuda a evitar la fatiga (43).

Las soluciones de maltodextrinas tienen un sabor suave que pueden reemplazar grasas y azucares en una amplia variedad de formulaciones, con un aporte calórico similar al de la sacarosa de 4 kcal/g (42).

Forman un gel termo-reversible de textura cremosa y suave semejante a las grasas. Se emplea en salsas, mayonesas, sopas, quesos, derivados lácteos, crema para cocinar, yogures, flanes, natillas, postres, dulces, caramelos, cacao en polvo, preparados de verdura, rellenos de pasteles, refrescos, zumos, jugos, productos cárnicos, congelados, dulces de leche y productos bajos en calorías (42).

A continuación, podemos ver en la tabla 2 una matriz comparativa de los tipos de reemplazantes de sólidos más comúnmente utilizados:

Tabla 2. Matriz comparativa de los tipos de reemplazante de sólidos más comúnmente utilizados

Reemplazante	Calorías aportadas x gramo		Estabilidad térmica		Estudios realizados en dulces de leche		Resultados	
	Calificación (1 - 5)		Calificación (1 - 5)		Calificación (1 - 5)			
Polidextrosa	Calorías inferiores a la sacarosa.	5	Buena	5	Múltiples	5	15	Se selecciona por tener menos calorías por gramos que la sacarosa, por su estabilidad térmica y por tener múltiples estudios que comprueban su buen desempeño en la elaboración de dulces de leche.
Maltodextrinas	Calorías iguales a la sacarosa.	1	Buena	5	Múltiples	5	11	Se selecciona por tener una buena estabilidad térmica y por tener múltiples estudios que comprueban su buen desempeño en la elaboración de dulces de leche en los cuales se ha incluido la polidextrosa en la formulación.
Aislados de proteínas de huevo, leche y soya en una forma particulada	Calorías Iguales a la sacarosa.	1	Mala	1	Ninguno encontrado	1	3	Se descarta por mala estabilidad térmica y por no encontrarse información bibliográfica que sustente su buen uso en la elaboración de dulces de leche
Mezclas de triglicéridos de ácidos grasos de cadena larga, media y corta (diseñados por interesterificación para obtener ácidos grasos de la mitad de las calorías de uno común)	Calorías iguales a la sacarosa.	1	Buena	5	Ninguno encontrado	1	7	Se descarta por no encontrarse información bibliográfica que sustente su buen uso en la elaboración de dulces de leche

Fuente: Información elaborada por parte del autor.
1 menor calificación; 5 mayor calificación

Como podemos observar en la tabla 2 la polidextrosa y la maltodextrina tienen una calificación superior en comparación de los otros sustitutos de sacarosa, en cuanto a las características requeridas para este tipo de productos.

Luego de la revisión de los reemplazantes de sólidos, nos podemos dar cuenta, que existen múltiples opciones a utilizar, la selección va a depender del porcentaje de reducción calórica, de las características organolépticas finales y de los rendimientos que se deseen obtener, por lo que se pueden realizar múltiples mezclas de reemplazantes de solidos hasta encontrar la mezcla ideal que nos dé el resultado deseado.

Los reemplazantes de solidos más comúnmente utilizados y recomendados para usar en el tipo de matriz de un dulce de leche bajo en calorías es la polidextrosa y la maltodextrina, no por esto son los únicos que pueden dar buenos resultados.

Sería interesante realizar investigaciones con los múltiples reemplazantes de solidos que hay a base de hidratos de carbono catalogados como seguros por la FDA, los cuales no tienen investigaciones de desempeño en dulces de leche bajos en calorías, entre los cuales podemos mencionar a la goma garrofin (algarrobo), goma guar, goma tara, goma gellan, hemicelulosa de soja, pectina, pectinas amidadas y goma konjac (glucomanano) (28).

Los reemplazantes de solidos mencionados en el párrafo anterior se les han encontrado usos en productos como refrescos, salsas, leches vegetales, gelatinas, mermeladas, cremas, chocolate de mesa, embutidos, productos cárnicos, bebidas lácteas, conservas vegetales, aderezos para ensaladas y caramelos; lo que nos puede dar a entender que pueden realizar buenos aportes de sólidos, siendo estables térmicamente y posiblemente podrían ser utilizados en el desarrollo de un dulce de leche bajo en calorías (28).

1.3 Principales interacciones entre los hidrocoloides y los componentes alimenticios.

Los productos alimenticios contienen componentes complejos y variables como agua, carbohidratos, proteínas, lípidos, minerales, colorantes, sabores y otras sustancias funcionales. En tales sistemas, las interacciones moleculares están presentes de forma ubicua entre macromoléculas, moléculas pequeñas e iones, y tienen diferentes interactividades que incluyen interacción electrostática, enlaces de hidrógeno, interacción hidrofóbica, fuerza de coordinación y apilamiento π-π, etc. Dichas interacciones pueden provocar propiedades no deseadas, como la reducción de la solubilidad y la estabilidad, pero también pueden mejorar la calidad y funcionalidad de los alimentos (44).

Los hidrocoloides, en particular las proteínas macromoleculares y polisacáridos naturales, constituyen las categorías principales de agentes estructurantes de alimentos y juegan un papel crítico en conferir estructura y estabilidad a los alimentos. Estos hidrocoloides son ampliamente utilizados en la industria alimentaria para llevar a cabo una serie de funciones que incluyen el engrosamiento y gelificación de soluciones acuosas, la estabilización de espumas, emulsiones y dispersiones, inhibidores de hielo y la formación de cristales de azúcar y la liberación controlada de sabores, etc (45).

Las interacciones de los hidrocoloides con otros componentes alimentarios presentes en la formulación de los alimentos dictan su ensamblaje molecular en múltiples escalas de longitud y, en consecuencia, la estructura final de los productos alimenticios, lo que tiene un gran impacto en la textura, los aspectos nutricionales y funcionales de los alimentos (46).

A continuación, se describen las tres categorías principales de interacciones de hidrocoloides:

1.3.1 Hidrocoloides – iones (sales, minerales, etc.).

Los minerales están presentes en concentraciones relativamente bajas en los alimentos, pero desempeñan funciones claves. Están inherentemente contenidos en los materiales alimenticios o se introducen durante el procesamiento y la cocción. Por ejemplo, el calcio está presente de forma inherente en la leche. Es fundamental para estructurar las micelas de caseína y es la principal fuente de aporte de calcio en nuestra vida diaria (47).

Existen muchas formas químicas de minerales en los alimentos, incluidos compuestos, complejos e iones libres. Entre estos, los iones libres son las especies más reactivas

debido a su alta solubilidad y, por lo tanto, interactúan fácilmente con los hidrocoloides a través de interacciones electrostáticas o coordinación, etc (47).

Los iones monovalentes como H +, Na +, K + e I - interactúan con los hidrocoloides a través de interacciones específicas y no específicas. Estos iones rodean constantemente moléculas de proteínas y polisacáridos en solución, formando una capa de "atmósfera iónica" y afectando la solubilidad, las propiedades reológicas y gelificantes de proteínas y polisacáridos a través de interacción electrostática o efecto de hidratación (48).

Además, Iones H + a pH bajos a menudo causan la protonación de grupos carboxílicos (pKa≈3.5) e inducen una formación de gel débil en polisacáridos que llevan grupos carboxílicos, como la pectina, alginato, hialuronano y carboximetil celulosa etc (49,50,51,52).

La fuerza impulsora para la formación de redes son los enlaces de hidrogeno y/o la interacción hidrófoba entre las cadenas de polisacáridos después de la protonación (49,53).

Tanto los iones K + como I - se unen específicamente al estado helicoidal del κ-carragenano, promoviendo y estabilizando la formación de doble hélice. La diferencia es que los iones K + facilitan la posterior agregación de las dobles hélices y por tanto la gelificación, mientras que los iones I - tienden a prevenirlas (54,55,56).

Los iones multivalentes como Mg 2+, Ca 2+, Ba 2+, Fe 2+, Cu 2+, Zn 2+, Fe 3+ y Al 3+ tienen la capacidad de formar complejos con polisacáridos, proteínas y lípidos. Debido a su multivalencia, pueden unirse a múltiples oxígenos simultáneamente y funcionar como reticuladores de polisacáridos y proteínas (47).

Las proteínas tienen interacciones aún más ricas con iones, debido a la presencia de sitios de unión específicos en estructuras jerárquicas de proteínas. Como se mencionó anteriormente, la interacción del calcio con las moléculas de caseína es fundamentalmente importante para la estructuración de las micelas de caseína y la estabilidad coloidal de las leches (57).

Además, los iones tienen una influencia significativa en la agregación, gelificación y emulsificación de proteínas y, por lo tanto, son importantes para la producción de alimentos a base de proteínas (58).

Por ejemplo, el enfoque tradicional para hacer tofu utiliza la interacción de proteínas de soja con sulfato de calcio, que provoca la reticulación y coagulación de las proteínas. Se demostró que las proteínas después de la fibrilación amiloide tienen una mayor capacidad de unión con iones metálicos, particularmente con metales de transición (p. Ej., Cu 2+, Fe 3+ y Zn 2+) (59).

1.3.2 Hidrocoloides - Moléculas pequeñas (colorantes, sabores, ácidos grasos, vitaminas, fitoquímicos, etc.).

Los alimentos contienen numerosas moléculas pequeñas, incluidos colorantes, sabores, ácidos grasos, vitaminas, biosurfactantes y fitoquímicos. Estas pequeñas moléculas son hidrófilas o hidrófobas y posiblemente interactúan con hidrocoloides a través de enlaces de hidrógeno y/o interacción hidrófoba. Las interacciones alteran significativamente las propiedades organolépticas, funcionales y nutricionales de los alimentos. La presencia de hidrocoloides puede provocar la estabilización o desestabilización de los colorantes y cambiar sus propiedades ópticas (60).

El sabor es uno de los atributos más importantes que determina la aceptación de los alimentos por parte del consumidor. Las interacciones de los hidrocoloides con los compuestos de sabor influyen significativamente en la retención, liberación y percepción del sabor. Aunque el efecto principal de los hidrocoloides parece ser una limitación en la difusión del sabor por viscosificación, existe una gama de interacciones reversibles e irreversibles entre los hidrocoloides y los sabores (61,62).

Se sabía que las proteínas formaban uniones covalentes con aldehídos. También podrían unir sabores de forma reversible a través de bolsas hidrofóbicas. Estas propiedades se utilizaron con éxito para disminuir la percepción de olores o enmascarar los sabores desagradables en ciertos productos alimenticios. Los Polisacáridos también puede modificar la liberación y percepción del sabor (62).

Los fitoquímicos, como los polifenoles, flavonoides, carotenoides y fitoesteroles, son complementos alimenticios con numerosos beneficios para la salud. Sus interacciones con hidrocoloides se han utilizado con frecuencia para superar los problemas de solubilidad, estabilidad y biodisponibilidad de los fitoquímicos. Las interacciones de los hidrocoloides con los fitoquímicos también pueden modificar significativamente las funcionalidades de los hidrocoloides (63).

Según estudios se encontró que otras moléculas pequeñas biológicamente relevantes como los ácidos grasos, los ácidos biliares y las vitaminas exhiben diversas interacciones con los hidrocoloides (64).

1.3.3 Hidrocoloides – hidrocoloides (proteínas, polisacáridos, etc.).

Nos referimos a las interacciones no covalentes entre macromoléculas alimentarias, incluidas proteínas, polisacáridos y almidones. Dado que son los principales agentes estructurantes de los productos alimenticios, sus interacciones afectan profundamente la formación estructural de los alimentos y, en consecuencia, su textura, estabilidad y funcionalidades. En muchos casos, un hidrocoloide individualmente no puede proporcionar

las propiedades y la consistencia requeridas en las formulaciones de alimentos y por lo cual se emplea una combinación de hidrocoloides (65).

Cuando se mezclan dos hidrocoloides, es inusual que cada uno se comporte exactamente de la misma manera que lo haría en ausencia del otro hidrocoloide. Debido a la baja ganancia de entropía durante la mezcla de hidrocoloides, la separación de fases se observa con más frecuencia que la mezcla compatible. La mezcla termodinámicamente compatible solo existe en condiciones específicas, como en concentraciones muy bajas, o cuando los dos hidrocoloides son de hecho química y estructuralmente muy similares (65).

Dependiendo de la naturaleza de las interacciones, las separaciones de fases entre hidrocoloides se pueden clasificar en tipos "segregantes" y "asociativos" (65).

La separación de fases segregativa ocurre entre dos hidrocoloides donde la interacción heterotípica es entálpicamente menos favorable que las interacciones homotípicas. Este tipo de separación de fases conduce al enriquecimiento de cada hidrocoloide en fases separadas. La separación de fase segregante a menudo ocurre entre dos hidrocoloides cargados de manera similar, dos hidrocoloides neutros o un hidrocoloide cargado y un hidrocoloide neutro (66).

Un ejemplo típico es el que existe entre la goma arábiga y la pectina de remolacha azucarera. Dado que ambos hidrocoloides están cargados negativamente y, por tanto, son repulsivos entre sí, su mezcla condujo a la separación de fases en dos capas, siendo la capa superior la fase rica en pectina de remolacha azucarera y la capa inferior la fase rica en goma arábiga (66).

La separación de fase asociativa ocurre entre dos hidrocoloides donde la interacción heterotípica es entálpicamente más favorable que las interacciones homotípicas. Este tipo de separación de fases conduce al enriquecimiento de dos hidrocoloides en una fase, dejando la otra fase agotada. La separación de fase asociativa a menudo ocurre entre dos hidrocoloides cargados de manera opuesta, por ejemplo, un polisacárido iónico y una proteína. La separación de fases asociativa proteína/polisacárido también se conoce como coacervación compleja, donde la interacción electrostática es la interacción primaria predominante que gobierna los comportamientos de fase. Ha habido muchos intentos de comprender la coaveración del complejo proteína/polisacárido a nivel molecular para dilucidar su mecanismo detallado y transiciones estructurales (67).

Una imagen común es que la complejación se produce como un proceso de dos pasos al cambiar el pH. Primero se forman los complejos solubles intramoleculares, seguidos de los complejos intermoleculares y los complejos insolubles (67,68).

La formación de complejos insolubles da como resultado una separación de fase líquido-líquido (coacervación) o una precipitación dependiendo de la densidad de carga del polisacárido (69).

Dado que la hidrólisis de proteínas es una técnica bastante común en el procesamiento de alimentos, la complejación electrostática con diferentes hidrolizados de proteínas aparece como un enfoque prometedor para ajustar las propiedades de gelificación del polisacárido (48).

Como principales agentes estructurantes de los alimentos, los hidrocoloides son indispensables en el diseño de la estructura y funcionalidad de los alimentos que demanda el consumidor de la sociedad moderna. Sus interacciones con otros componentes alimentarios que coexisten en matrices alimentarias permiten una mayor flexibilidad para la investigación y el desarrollo de alimentos.

1.4 Principales reacciones asociadas al proceso de elaboración de un arequipe o dulce de leche bajo en calorías

El dulce de leche es un producto que se caracteriza por su color marrón, el cual se asocia a las reacciones de Maillard y a la caramelización de la sacarosa. Dichas reacciones de Maillard son favorecidas por la presencia de lactosa, caseína y lactoalbúmina, y por la adición de bicarbonato de sodio y/o citrato de sodio (11).

El pardeamiento químico (también conocido como pardeamiento no enzimático) es un conjunto de reacciones muy complejas producidas en los alimentos tratados térmicamente y que se da lugar a la formación de productos pardos, llamados melanoidinas. Estas reacciones provocan modificaciones en el aroma, color y sabor de los alimentos (70,71). El pardeamiento químico agrupa las reacciones de caramelización (transformación de carbohidratos) y las reacciones de Maillard (interacción de proteína-carbohidrato) dadas durante la elaboración del dulce de leche (70,71).

A continuación, se amplía información sobre la caramelización y las reacciones de Maillard.

1.4.1 Caramelización

La caramelización se presenta cuando los azúcares son calentados por encima de su temperatura de fusión. Se produce en ausencia de oxígeno y grupos amino, en actividades

de agua bajas y pH tanto ácidos como básicos. En ella, los monosacáridos forman enoles como paso inicial de la reacción (18). Las pentosas generan 2-furaldehido como principal producto de degradación, mientras que las hexosas producen 5-hidroximetil–2–furaldehido (HMF) y otros compuestos como 2-hidroxiacetilfurano e isomaltol. La fragmentación de estos productos primarios da lugar a la formación de compuestos como el ácido fórmico, acetal, diacetilo, ácido acético, entre otros. Algunos de estos productos poseen intenso olor y pueden conferir fuertes sabores y aromas deseables o indeseables (72).

1.4.2 Reacciones de Maillard

Las reacciones de Maillard son un conjunto de reacciones químicas en cadena que dan lugar a la formación de pigmentos pardos con modificaciones del olor, color y sabor de diversos alimentos. Se desarrollan a actividades de agua intermedias y diversos pH, necesitando un aporte de calor moderado (18). Se originan entre el grupo amino de un aminoácido, péptido o proteína y el grupo carbonilo de un azúcar reductor o un lípido oxidado (73).

En las reacciones de Maillard la degradación del azúcar sigue un curso muy similar al de la caramelización, pero dichas reacciones tienen lugar en condiciones de calentamiento más suaves y a pH próximo a la neutralidad. Las reacciones de Maillard son unas de las más importantes en la leche y en los productos lácteos como el dulce de leche. Son precisamente estas reacciones las que explican el color castaño del dulce de leche, el cual se da por la acción de compuestos denominadas melanoidinas (18).

Para que se den las reacciones de Maillard, los azúcares deben poseer un grupo carbonilo libre para poder reaccionar con los aminoácidos presentes en la leche. La lactosa y la glucosa son dos de estos azúcares reductores, mientras que la sacarosa deberá sufrir un proceso de inversión o desdoblamiento de su molécula en glucosa y fructosa para originar oscurecimiento en el dulce de leche (18).

1.5 Defectos y alteraciones comunes de un arequipe o dulce de leche bajo en calorías

1.5.1 Cristalización de la sacarosa

Defecto conocido como azucaramiento del dulce de leche y motivado principalmente por las siguientes causas (15):

- Excesiva concentración de sólidos solubles.
- Superficie de evaporación amplia y mal protegida.
- Ausencia de glucosa.
- Excesiva cantidad de sacarosa.
- Almacenamiento prolongado.
- Almacenamiento a bajas temperaturas.

De resultar imprescindible almacenar el producto a temperaturas por debajo de 10 °C, resulta recomendable elaborar el dulce de leche con una proporción de humedad mayor a lo normal (más del 50%) completando su concentración previamente a su comercialización (15).

1.5.2 Cristalización de la lactosa

Los cristales de lactosa cuando se originan son de tamaños relativamente grandes y translúcidos. Dichos cristales se originan por varias causas como (15):

- La ausencia de glucosa.
- La inadecuada proporción de humedad.
- Una superficie de evaporación amplia.
- Un mal procedimiento de empaque.
- La manera más común para evitar este defecto es deslactosar la leche antes de la elaboración del arequipe, o realizando siembra de microcristales de lactosa después de la evaporación.

1.5.3 Fermentaciones

La presencia de levaduras se pone de manifiesto en aquellos dulces de leche que no han sido esterilizados en envases de cierre hermético. Esta alteración se produce a causa del ataque de las levaduras a la lactosa, que como consecuencia se degrada con formulación de alcohol etílico, anhídrido carbónico y otras sustancias secundarias que le confieren sabores y olores desagradables al producto (15).

1.5.4 Desarrollo de mohos y bacterias

Esta alteración se presenta como consecuencia de una excesiva humedad en el dulce de leche, además de una deficiente higiene en el procesamiento. La temperatura y tiempo de elaboración del producto fabricado a presión normal no alcanza a destruir las esporas introducidas en la leche (15).

1.5.5 Presencia de grumos

Los grumos cuando se forman generalmente son blandos y elásticos. Se generan debido a una precipitación de la caseína provocada por una excesiva acidez y también por la detención de la agitación o del procesamiento en sí. La presencia de estas alteraciones obliga muchas veces al fabricante a filtrar o tamizar el producto final, operación que representa elevada disminución de los rendimientos y riesgo de contaminación (15).

1.5.6 Presencia de sinéresis

Es producida por la excesiva humedad del dulce de leche (encima de 35% de agua) o por acción de la excesiva acidez del medio, fenómeno motivado principalmente por el uso de leches contaminadas con bacterias proteolíticas (15).

1.5.7 Color extremadamente oscuro

Motivado por un exceso del tiempo de cocción, exceso de bicarbonato de sodio, falta de presión de vapor durante el procesamiento y caramelización inadecuada de los azúcares (15).

1.5.8 Dulce de leche gomoso

Defecto que se produce a causa de la utilización de leches con un nivel de acidez demasiado bajo, lo que puede ser natural o adquirido por medio de un exceso de neutralizante (15).

1.6 Evaluación de la calidad sensorial de un arequipe o dulce de leche bajo en calorías

Entre las pruebas sensoriales más comunes que se realizan a este tipo de productos se encuentran las siguientes:

1.6.1 Perfil de sabor

En esta prueba se pueden detectar pequeños cambios en el sabor del producto que está siendo evaluado. Se aplica para desarrollar y mejorar sabores en los productos alimenticios y también se emplea esta prueba para detectar desviaciones en el sabor y en el aroma (35).

Para el desarrollo del panel se requiere de 8 a 10 panelistas entrenados y se pueden realizar por una o dos sesiones de catación, la primera sesión se realiza individualmente y la segunda en grupo para discutir y dar un concepto general resumido. Si por algún motivo los resultados no coinciden se debe realizar otra sesión hasta obtener resultados representativos para ser tabulados. Para este tipo de prueba se pueden tener muestra patrón. (35) (Anexo C).

1.6.2 Perfil de textura

Esta prueba requiere de 8 a 10 panelistas entrenados. Consiste en que los panelistas realicen un análisis descriptivo de cada uno de los componentes de la textura, determinando los más representativos y luego cuantificar cada atributo, para obtener una especie de huella digital de la textura del producto. (35) (Anexo D).

1.6.3 Prueba de consumidores

Las pruebas orientadas al consumidor incluyen las pruebas de preferencia, pruebas de aceptabilidad y pruebas hedónicas. Estas pruebas se consideran pruebas del consumidor, ya que se llevan a cabo con paneles de consumidores no entrenados. A menudo se emplean pruebas hedónicas para medir el grado de preferencia o aceptabilidad. Los consumidores seleccionados deben pertenecer a la población objetivo a la cual va dirigido el producto y se debe hacer a por lo menos 60 individuos (35).

1.6.3.1 Pruebas de preferencia

Las pruebas de preferencia permiten a los consumidores seleccionar entre varias muestras, indicando si prefieren una muestra sobre otra o si no tienen preferencia. La prueba de preferencia más sencilla es la prueba de preferencia pareada. Las pruebas de ordenamiento y de categorías también se utilizan frecuentemente para determinar preferencia (35) (Anexo E).

1.6.3.2 Pruebas de aceptabilidad

Las pruebas de aceptabilidad se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores. Para determinar la aceptabilidad de un producto se pueden usar escalas categorizadas, pruebas de ordenamiento y pruebas de comparación pareada (35) (Anexo F).

1.6.3.3 Pruebas hedónicas

Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuánto agrada o desagrada un producto. Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que pueden tener diferente número de categorías y que comúnmente van desde "me gusta muchísimo", pasando por "no me gusta ni me disgusta", hasta "me disgusta muchísimo". Los panelistas indican el grado en que les agrada cada muestra, escogiendo la categoría apropiada (35) (Anexo G).

1.7 Análisis de textura instrumental elaborados a un arequipe o dulce de leche bajo en calorías

La textura es un atributo de calidad utilizado en la industria de los alimentos, tanto en productos frescos como en procesados, para evaluar la aceptabilidad y la calidad (48). Los factores constituyentes de la textura pueden ser evaluados por análisis descriptivos sensoriales o instrumentales. Por otro lado, la combinación del tiempo y el alto costo asociado con la percepción sensorial ha motivado al desarrollo y al uso generalizado de ensayos mecánicos empíricos que se correlacionan con las percepciones sensoriales del alimento (75,76).

La medida instrumental de la textura fue propuesta como una alternativa a la evaluación sensorial con el fin de superar los principales inconvenientes de esta, debido a la gran variabilidad en los resultados, la dificultad de la ejecución de las pruebas y a las peculiaridades de la interpretación de los resultados. Sin embargo, es necesario que las medidas obtenidas con métodos instrumentales puedan correlacionarse con las respuestas de jueces de análisis sensorial, con el fin de validar la técnica instrumental utilizada. El análisis de textura cumple una función primordial en la industria alimentaria. Es una cualidad importante de calidad que influye en los hábitos alimenticios, la salud oral y la preferencia del consumidor (77).

En la actualidad, el método instrumental comúnmente utilizado es el análisis del perfil de textura (TPA), que imita las condiciones a que se somete el material durante el proceso de masticación (78,79). El TPA es un procedimiento instrumental para medir, cuantificar y desarrollar nuevos parámetros relacionados con la textura, aunque la magnitud de estos parámetros será influenciada por las variables introducidas en las mediciones (80). Gracias

a que los análisis de TPA son objetivos, mínimamente con variaciones y de fácil comprensión, se pueden determinar parámetros como la dureza, cohesibidad, viscosidad, masticabilidad, gomosidad, granulosidad, cristalinidad, porosidad y esponjosidad, que ayudan a que se lleven a cabo ciertas formulaciones estandarizadas y que los alimentos tengan una mejor aceptación del consumidor y una mejor calidad (81).

1.8 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos comúnmente elaborados a un arequipe o dulce de leche bajo en calorías

Para asegurar el cumplimiento de la normatividad y la vida útil del arequipe bajo en calorías, se deben realizar los siguientes análisis microbiológicos y fisicoquímicos.

1.8.1 Características fisicoquímicas que debe cumplir un dulce de leche luego de su elaboración (Anexo H)

1.8.2 Determinación de las características fisicoquímicas de un dulce de leche

- Determinación de grasa láctea: Método AOAC 920111.
- Sólidos solubles (grados Brix): Refractometría con refractómetro certificado y calibrado.
- Calorías totales: Factor at water.
- Humedad: Secado con estufa. Referencia Resolución 02310/1986 para Arequipe.
- Determinación de cenizas: Método AOAC 93030.
- Determinación de sólidos lácteos no grasos: Se obtienen a partir de la siguiente ecuación (8):

Sólidos lácteos no grasos, fracción de masa en % = S – (G + A)

En donde:

G = grasa láctea, fracción de masa en %.

A = Azúcar, fracción de masa en %.

S = Extracto seco (Sólidos totales), fracción de masa en %.

1.8.3 Características microbiológicas que debe cumplir un dulce de leche luego de su elaboración (Anexo I)

1.8.4 Determinación de las características microbiológicas de un dulce de leche

- Recuento de mohos y levaduras, UFC/g. Se realiza de acuerdo con lo indicado en la NTC 4132.
- Recuento de *Staphylococcus aureus* coagulasa positiva, UFC/g. Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 4779.
- Recuento de coliformes, UFC/g. Se realiza de acuerdo en lo indicado en la NTC 4458.
- Recuento de E. Coli, UFC/g. Se efectúa de acuerdo con lo indicado en la NTC 4458.

2. Conclusiones y recomendaciones

2.1 Conclusiones

Para encontrar un sustituto de sacarosa adecuado al desarrollar alimentos bajos en calorías, es preciso conocer la composición del alimento original y las características funcionales que cada componente aporta en el producto. Lo anterior, para desarrollar un producto modificado, lo más similar posible al producto tradicional en su apariencia, sabor, aroma y textura que garantice una buena aceptación en el mercado.

Es importante comprobar que ninguna de las materias primas utilizadas genere sabores anómalos, como amargo, astringente, metálico, ácido, salado y que el nivel de dulzor sea adecuado de acuerdo con las preferencias de los consumidores.

Para definir la selección de un sustituto de sacarosa para lograr un arequipe o dulce de leche bajo en calorías, hay que tener en cuenta el porcentaje de reducción calórica que se desee, las características organolépticas finales esperadas y los rendimientos que se quieran obtener.

La polidextrosa y la maltodextrina son los reemplazantes de solidos que mejores resultados han dado según las investigaciones realizadas a la fecha. Pero aún se mantienen diferencias organolépticas entre un arequipe tradicional y uno elaborado con estos sustitutos, por lo que se hace necesario realizar más pruebas con la gran variedad de reemplazantes de sólidos para encontrar el reemplazante ideal y la dosis apropiada.

La formulación y el proceso debe adecuarse para obtener un dulce de leche con las características sensoriales requeridas, como color, sabor, aroma, textura y apariencia.

2.2 Recomendaciones

Luego de las respectivas investigaciones bibliográficas se puede recomendar que la sucralosa es el edulcorante que podría tenerse en cuenta en las formulaciones de dulces de leche bajos en calorías, pues presenta buenas características y pocas contraindicaciones médicas para su uso; además, varios estudios científicos sustentan su estabilidad y sabor similar a la sacarosa cuando es usada en las dosis apropiadas.

Sería de interés realizar investigaciones con los múltiples reemplazantes de solidos que hay a base de hidratos de carbono catalogados como seguros por la FDA, los cuales no tienen investigaciones de desempeño en arequipes y dulces de leche bajos en calorías.

Las formulaciones teóricas es necesario someterlas a pruebas experimentales, para comprobar los resultados en términos de calidad y rendimiento del producto final.

A. Anexo: Características fisicoquímicas que debe cumplir la leche para la elaboración de un arequipe y dulce de leche

Parámetro/Unidad	**Leche entera pasteurizada**		**Leche semidescremada pasteurizada**		**Leche descremada pasteurizada**	
Grasa % (m/v)	3		1,5 – 2		0,1 - 0,5	
Extracto seco total % (m/m) mínimo	11,3		9,75		8,65	
Extracto seco desengrasado % (m/m) mínimo	8,3		8,25		8,55	
Peroxidasa	Positiva		Positiva		Positiva	
Fosfatasa	Negativa		Negativa		Negativa	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Densidad 15/15°C (g/ml)	1,03	1,033	1,031	1,0335	1,033	1,036
Acidez expresada como ácido láctico % m/v	0,13	0,17	0,13	0,17	0,13	0,17
Índice °C crioscópico °H	-0,53	-0,51	-0,53	-0,51	-0,53	-0,51
	-0,55	-0,53	-0,55	-0,53	-0,55	-0,53

Fuente: Decreto 616 del 2006.

B. Prueba de comparación de pares

EVALUACIÓN SENSORIAL

PRUEBA DE COMPARACIÓN DE PARES

NOMBRE:_____FECHA_____

NOMBRE DEL PRODUCTO:_____

Pruebe los productos que se presentan a continuación:

Marque con una X la muestra más dulce.

696 ____ 056 ____

COMENTARIOS:

_____
_____
_____
_____

¡MUCHAS GRACIAS!

C. Anexo: Perfil de sabor

EVALUACIÓN SENSORIAL

PERFIL DE SABOR

NOMBRE:_____FECHA_____

NOMBRE DEL PRODUCTO:_____

Frente a usted hay una muestra de Arequipe, la cual debe probar, describiendo las características de sabor que estén presentes en la muestra.

Marque con un X sobre la casilla del término que más describa lo que usted siente por la muestra.

SABOR	0	1	2	3	4	5
Dulce						
Ácido						
Amargo						
Fermentado						
Afrutado						
Astringente						
Picante						
Metálico						

COMENTARIOS:

_____
_____
_____
_____

¡MUCHAS GRACIAS!

D. Anexo: Perfil de textura

EVALUACIÓN SENSORIAL

NOMBRE:_____FECHA_____

NOMBRE DEL PRODUCTO:_____

Frente a usted hay una muestra de Arequipe, la cual debe observar y probar describiendo las características de textura que estén presentes en la muestra.

Marque con una X sobre la casilla del término que más describa lo que usted siente por la muestra.

PATRONES	-5	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5
Sensación inicial											
Mecánicas											
Dureza											
Fracturabilidad											
Geométricas											
Lisa											
Rugosa											
Grasa											
Humedad											
Sensación de Masticación											
Mecánicas											
Adhesividad											
Geométricas											
Grumosa											
Granulosa											
Grasa											
Humedad											
Sensación residual											
Fácil de romper											
Trozos pequeños											
Recubre la boca											

COMENTARIOS:

_____

_____

¡MUCHAS GRACIAS!

E. Anexo: Prueba de preferencia pareada

EVALUACIÓN SENSORIAL

PRUEBA DE PREFERENCIA PAREADA

NOMBRE:_____FECHA_____

NOMBRE DEL PRODUCTO:_____

¿Con que frecuencia consume Arequipe o dulce de leche?

Todos los días: _____ Semanalmente: _____ Quincenalmente: _____

Frente a usted hay dos muestras de Arequipe, usted debe probar primero la muestra ____ y luego la muestra _____

¿Cuál de las dos muestras prefiere? Marque con una X la muestra elegida.

MUESTRAS

☐ 593 ☐ 165

¿Por qué la eligió?

_____

_____

COMENTARIOS:

_____

_____

¡MUCHAS GRACIAS!

F. Anexo: Prueba de aceptación

EVALUACIÓN SENSORIAL

PRUEBA DE ACEPTACIÓN

NOMBRE:_____FECHA_____

NOMBRE DEL PRODUCTO:_____

¿Con que frecuencia consume Arequipe o dulce de leche?

Todos los días: _____ Semanalmente: _____ Quincenalmente: _____

Frente a usted hay dos muestras de Arequipe, pruébelas una a una y seleccione la muestra que usted prefiera en cuanto a sabor.

ESCALA	MUESTRA	
	645	143
Me gustaría muchísimo comprarlo		
Me gustaría mucho comprarlo		
Me gustaría comprarlo		
Me es indiferente comprarlo		
Me disgustaría comprarlo		
Me disgustaría mucho comprarlo		
Me disgusta muchísimo comprarlo		

COMENTARIOS:

_____

_____

¡MUCHAS GRACIAS!

G. Anexo: Escala hedónica verbal

EVALUACIÓN SENSORIAL

ESCALA HEDÓNICA VERBAL

NOMBRE:_____FECHA_____

NOMBRE DEL PRODUCTO:_____

¿Con que frecuencia consume Arequipe o dulce de leche?

Todos los días: _____ Semanalmente: _____ Quincenalmente: _____

Pruebe el producto que se presenta a continuación.

Favor marque con una X, el cuadro que esta junto a la frase que mejor describa su opinión sobre el producto que acaba de probar.

	Me gusta muchísimo
	Me gusta mucho
	Me gusta moderadamente
	Me gusta ligeramente
	Ni me gusta ni me disgusta
	Me disgusta ligeramente
	Me disgusta moderadamente
	Me disgusta mucho
	Me disgusta muchísimo

COMENTARIOS:

_____

_____

¡MUCHAS GRACIAS!

H. Anexo: Características fisicoquímicas que debe cumplir un dulce de leche luego de su elaboración

Característica	Mínimo	Máximo
Sólidos lácteos no grasos % m/m	17	-
Humedad % m/m	-	30
Cenizas % m/m	-	2
Almidones	Negativo	

Fuente: Resolución 2310 de 1986.

I. Anexo: Características microbiológicas que debe cumplir un dulce de leche luego de su elaboración

Microorganismo	Índices permisibles			
	N	M	M	C
Recuento total de microorganismos mesofilicos/g	3	500	2000	1
NMP Coliformes totales/g	3	11	40	1
NMP Coliformes fecales/g	3	<3	-	0
Hongos y levaduras/g	3	10	100	1

Fuente: Resolución 2310 de 1986

Bibliografía

[1] Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. “Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia. Bogotá: 2010.

[2] Organización Mundial de la Salud, “Obesidad y sobrepeso,” 2017, Jun 16. [Online]. Available: http://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight

[3] Organización Mundial de la Salud, “Perfiles de los países para la diabetes, Colombia,” 2016, May 15 [Online]. Available: http://www.who.int/diabetes/country-profiles/col_es.pdf?ua=1.

[4] Organización Mundial de la Salud, “Diabetes,” 2017, Ago 13. [Online]. Available: http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs312/es/.

[5] C. D. Mathers and D. Loncar, “Projections of Global Mortality and Burden of Disease from 2002 to 2030,” *PLoS Med.*, vol. 3, no. 11, p. e442, Nov. 2006.

[6] The Emerging Risk Factors Collaboration, “Diabetes mellitus, fasting blood glucose concentration, and risk of vascular disease: a collaborative meta-analysis of 102 prospective studies,” *Lancet*, vol. 375, no. 9733, pp. 2215–2222, Jun. 2010.

[7] R. Saran, Y. Li, B. Robinson, J. Ayanian, R. Balkrishnan, J. Bragg-Gresham, J. T. L. Chen, E. Cope, D. Gipson, K. He, W. Herman, M. Heung, R. A. Hirth, S. S. Jacobsen, K. Kalantar-Zadeh, C. P. Kovesdy, A. B. Leichtman, Y. Lu, M. Z. Molnar, H. Morgenstern, B. Nallamothu, A. M. O’Hare, R. Pisoni, B. Plattner, F. K. Port, P. Rao, C. M. Rhee, D. E. Schaubel, D. T. Selewski, V. Shahinian, J. J. Sim, P. Song, E. Streja, M. Kurella Tamura, F. Tentori, P. W. Eggers, L. Y. C. Agodoa, and K. C. Abbott, “US Renal Data System 2014

Annual Data Report: Epidemiology of Kidney Disease in the United States," *Am. J. Kidney Dis.*, vol. 66, no. 1, pp. 188–210, Jul. 2015.

[8] Organización Mundial de la Salud, "Enfermedades crónicas," 2018, Ene 15. [Online]. Available: http://www.who.int/topics/chronic_diseases/es/.

[9] REPUBLICA DE COLOMBIA. Ministerio de la protección social. Resolución 2310 de 1986.

[10] C. Novoa and D. Osorio, "Derivados lácteos, guía para la elaboración de algunos productos derivados de la leche: Dulce de Leche", p.68-72. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2009.

[11] F. Mojica, R. Trujillo, D. Castellanos, and N. Bernal, "Agenda prospectiva de investigación y desarrollo tecnológico de la cadena láctea colombiana: Proyecto transición de la agricultura," Giro Editores Ltda, Ed. Bogotá, 2007.

[12] Ministerio de Agroindustria, "Tablero de Control Sectorial: Lechería," 2018, May 8. [Online]. Available: https: //www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/estadisticas/index.php.

[13] Ministerio de Agroindustria, Subsecretaría de Lechería and Secretaría de Agricultura ganadería y pesca, "Exportaciones cumplidas de productos lácteos," 2016, Ago 15. [Online]. Available: http://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/estadisticas/_05_externo/_archivos/ME00516.pdf.

[14] Revista Portafolio, 2018, Juni 6 [Online]. Available: https://www.portafolio.co/economia/finanzas/colombina-incursiona-produccion-arequipe-314654.

[15] SENATI, "Elaboración de Manjar blanco (Documento de consulta)," 2015.

[16] C. Novoa, “Memorias, Seminario Taller Elaboración de dulces de leche”, Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 1993.

[17] J. Braverman, *Introducción a la bioquímica de los alimentos.* Nueva ed./Z. Berk. Mexico: El manual moderno, 2011.

[18] S. Badui Dergal, *Química de los alimentos.* 4th ed. Mexico: Pearson educación, 2006.

[19] J. Freyer, “Elaboración del dulce de leche”, FAO, 1972.

[20] INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS Y CERTIFICACIÓN. ICONTEC. Arequipe o dulce de leche y manjar blanco. Bogota, NTC 3757 2008.

[21] A. Cameron and B. Fox, Ciencia de los alimentos, nutrición y salud. Nueva ed. Mexico: Limusa, 1996.

[22] F. Ronda, “Effects of polyols and nondigestible oligosaccharides on the quality of sugar-free sponge cakes,” *Food Chem.*, vol. 90, no. 4, pp. 549–555, May 2005.

[23] M.-S. Chung, R. R. Ruan, P. L. Chen, and X. Wang, “Physical and Chemical Properties of Caramel Systems,” *LWT - Food Sci. Technol.*, vol. 32, no. 3, pp. 162–166, May 1999.

[24] F. Valencia, “Memorias, Curso de desarrollo de alimentos light”, Universidad de Antioquia, Medellín, 2006.

[25] C. M. Brands and M. A. van Boekel, “Reactions of monosaccharides during heating of sugar-casein systems: building of a reaction network model.,” *J. Agric. Food Chem.*, vol. 49, no. 10, pp. 4667–75, Oct. 2001.

[26] American Dietetic Association, “Position of the American Dietetic Association: Use of Nutritive and Nonnutritive Sweeteners,” *J. Am. Diet. Assoc.*, vol. 104, no. 2, pp. 255–275, Feb. 2004.

[27] D. Benton, “¿Puede ayudar a los edulcorantes artificiales de control de peso corporal y la obesidad prevenir?,” *NutrRev Res*, vol. 18, no. 1, pp. 63–76, 2005.

[28] “Aditivos Alimentarios. 2017, Jun 7. [Online]. Available: http://www.aditivos-alimentarios.com.

[29] C. Agnasso, L. López, and M. Valencia, “Edulcorantes no nutritivos en bebidas sin alcohol: estimación de la ingesta diaria en niños y adolescentes,” *Arch. argentinos pediatría*, vol. 105, no. 6, pp. 517–521, 2007.

[30] H. Ishii, T. Koshimizu, S. Usami, and T. Fujimoto, “Toxicity of aspartame and its diketopiperazine for Wistar rats by dietary administration for 104 weeks.,” *Toxicology*, vol. 21, no. 2, pp. 91–4, 1981.

[31] M. Prudel, E. Davídková, J. Davídek, and M. Kmínek, “Kinetics of Decomposition of Aspartame Hydrochloride (Usal) in Aqueous Solutions,” *J. Food Sci.*, vol. 51, no. 6, pp. 1393–1397, Nov. 1986.

[32] M. L. Mitchell and R. L. Pearson, “Saccharin,” in Alternative Sweeteners, 2nd ed., Nabors and Gelardi and O’Brien L, Eds. New York: Macel Dekker, 1991, pp. 127–156.

[33] P. Tornout, J. Pelgroms, and J. Meeren, “Sweetness Evaluation of Mixtures of Fructose with Saccharin, Aspartame or Acesulfame K,” *J. Food Sci.*, vol. 50, no. 2, pp. 469–472, Aug. 2006.

[34] M. S. Melis, S. T. Rocha, and A. Augusto, “Steviol effect, a glycoside of Stevia rebaudiana, on glucose clearances in rats.,” *Braz. J. Biol.*, vol. 69, no. 2, pp. 371–4, May 2009.

[35] E. Hernández, “Evaluación sensorial”, Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD, Facultad de ciencias básicas e ingeniería. Bogotá: 2005.

[36] A. Drewnowski, “Sensory Properties of Fats and Fat Replacements,” *Nutr. Rev.*, vol. 50, no. 4, pp. 17–20, Apr. 2009.

[37] D. J. Mela, “The basis of dietary fat preferences,” *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 1, pp. 71–73, Jul. 1990.

[38] J. Giese, “Fates, oils and fat replacers,” *Food Technol*, vol. 50, no. 4, pp. 78–84, 1996.

[39] D. Kocer, Z. Hicsasmaz, A. Bayindirli, and S. Katnas, “Bubble and pore formation of the high-ratio cake formulation with polydextrose as a sugar- and fat-replacer,” *J. Food Eng.*, vol. 78, no. 3, pp. 953–964, Feb. 2007.

[40] C. Ribeiro, J. Zimeri, E. Yildiz, and J. Kokini, “Estimation of effective diffusivities and glass transition temperature of polydextrose as a function of moisture content,” *Carbohydr. Polym.*, vol. 51, no. 3, pp. 273–280, Feb. 2003.

[41] A. Pronczuk and K. C. Hayes, “Hypocholesterolemic effect of dietary polydextrose in gerbils and humans,” *Nutr. Res.*, vol. 26, no. 1, pp. 27–31, Jan. 2006.

[42] A. Escobar Gutiérrez, “Photosynthèse, partition du carbone et métabolisme du sorbitol dans les feuillesadultes de pêcher (Prunuspersica (L.) Batsch),” l’Université de Poitiers, France, 1995.

[43] G. Livesey and H. Tagami, “Interventions to lower the glycemic response to carbohydrate foods with a low-viscosity fiber (resistant maltodextrin): meta-analysis of randomized controlled trials,” *Am. J. Clin. Nutr.*, vol. 89, no. 1, pp. 114–125, Jan. 2009.

[44] AR Patel, Nuevas estructuras coloidales de materiales de calidad alimentaria para aplicaciones en alimentos funcionales Simposio Inside Food, pp. 1–6, (Lovaina, Bélgica), 2013.

[45] PA Williams, GO Phillips, Introducción a los hidrocoloides alimentarios, GO Phillips, PA Williams (Eds.), Manual de hidrocoloides (2a ed), CRC Press, Boca Raton, págs. 1 – 22, 2009.

[46] W. Ai, Y. Fang, S. Xiang, X. Yao, K. Nishinari, GO Phillips, Complejos electrostáticos de proteínas/polisacáridos y sus aplicaciones en la estabilización de emulsiones de aceite en agua Revista de ciencia nutricional y vitaminaología, 61 (Suppl), págs. S168 - S169, 2015.

[47] S. Damodaran, KL Parkin, OR Fennema, Química de Alimentos, (4a ed.), CRC Press, Nueva York 2008.

[48] Y. Cao, Y. Fang, K. Nishinari, GO Phillips, Efectos del orden conformacional en la complejación electrostática de proteínas/polielectrolitos: unión iónica y rigidez de la cadena Informes científicos, artículo No. 23739, 2016.

[49] A. Strom, E. Schuster, SM Goh Caracterización reológica de muestras de pectina ácida en ausencia y presencia de iones monovalentes Polímeros de carbohidratos, 113, págs. 336 – 343, 2014.

[50] BM Elliott, KE Steckbeck, LR Murray, KA Erk, Investigación reológica de la resistencia al cizallamiento, durabilidad y recuperación de balsas de alginato formadas por medicamentos antiácidos en entornos de pH variables, Revista Internacional de Farmacia, 457, págs. 118–123, 2013.

[51] T. Luan, LJ Wu, HB Zhang, Y. Wang, Un estudio sobre la naturaleza de los enlaces intermoleculares en los geles débiles criotrópicos de hialuronano, Polímeros de carbohidratos, págs. 2076 – 2085, 2012.

[52] H. Hakert, T. Eckert, T. Muller, Cambios reológicos en formas ácidas de geles acuosos de carboximetilcelulosa (HCMC) Archiv Der Pharmazie, págs. 687–687, 1988.

[53] Y. Fang, S. Al-Assaf, GO Phillips, K. Nishinari, T. Funami, PA Williams, Participación de iones en la promoción de asociaciones intermoleculares de polisacáridos de la pared celular. Química estructural, págs. 317 – 324, 2009.

[54] M. Djabourov, K. Nishinari, SB Ross-Murphy, Geles físicos a partir de polímeros biológicos y sintéticos. (1a ed.), Cambridge University Press, Cambridge, 2013.

[55] C. Viebke, J. Borgstrom, I. Carlsson, L. Piculell, P. Williams, Un estudio de calorimetría de barrido diferencial de kappa-carragenina en los sistemas NaCl / NaI / CsI / CsCl y análisis por cálculos de Poisson-Boltzmann, Macromoléculas, pp. 1,833 mil - 1,841 mil, 1998.

[56] S. Ikeda, K. Nishinari, Propiedades reológicas de tipo “gel débil” de dispersiones acuosas de hélices kappa-carrageninas no agregadas, Journal of Agricultural and Food Chemistry, pp. 4 436 - 4,441, 2001.

[57] CG de Kruif, T. Huppertz, VS Urban, AV Petukhov, Micelas de caseína y su estructura interna Advances in Colloid and Interface Science, págs. 36 – 52, 2012.

[58] K. Nishinari, Y. Fang, S. Guo, GO Phillips, Proteínas de soja: revisión sobre composición, agregación y emulsificación Hidrocoloides alimentarios, págs. 301 – 318, 2014.

[59] R. Guzzi, B. Rizzuti, C. Labate, B. Zappone, MP De Santo, Los iones férricos inhiben la fibrilación amiloide de beta-lactoglobulina a alta temperatura Biomacromoléculas, págs. 1794 – 1801, 2015.

[60] Y. Fang, S. Al-Assaf, M. Sakata, GO Phillips, M. Schultz, V. Monnier, Origen y propiedades termodinámicas de la inestabilidad de colorantes azo sintéticos en soluciones de goma arábiga, Revista de química agrícola y alimentaria, págs.9274 – 9282, 2007.

[61] MA Godshall, Cómo influyen los carbohidratos en el sabor de los alimentos, Tecnología de los alimentos, págs.63 – 67, 1997.

[62] E. Guichard, Interacciones entre los componentes del sabor y los ingredientes alimentarios y su influencia en la percepción del sabor, Food Reviews International, págs. 49 – 70, 2002.

[63] DJ McClements, EA Decker, Y. Park, J. Weiss, Principios de diseño estructural para la entrega de componentes bioactivos en nutracéuticos y alimentos funcionales, Revisiones críticas en ciencia de los alimentos y nutrición, págs. 577 – 606, 2009.

[64] Y. Fang, S. Al-Assaf, GO Phillips, K. Nishinari, PA Williams, Interacción de goma arábiga con ácidos grasos estudiada mediante resonancia paramagnética electrónica Biomacromoléculas, págs. 1398 – 1405, 2010.

[65] Y. Cao, L. Wang, K. Zhang, Y. Fang, K. Nishinari, GO Phillips Mapeo de los comportamientos de fase compleja de mezclas acuosas de kappa-carragenano y gelatina tipo B, Revista de química física B, págs. 9982 – 9992, 2015.

[66] P. Mao, M. Zhao, F. Zhang, Y. Fang, GO Phillips, K. Nishinari, et al. Fraccionamiento molecular inducido por separación de fases de sistemas de goma arábiga-pectina de remolacha azucarera Polímeros de carbohidratos, págs. 699 – 705, 2013.

[67] F. Weinbreck, M. Minor, CG De Kruif, Microencapsulación de aceites utilizando coacervados de proteína de suero/goma arábiga, Revista de microencapsulación, págs. 667 – 679, 2004.

[68] F. Weinbreck, R. de Vries, P. Schrooyen, CG de Kruif, Coacervación compleja de proteínas de suero y goma arábiga, Biomacromoléculas, págs. 293 – 303, 2003.

[69] X. Li, Y. Fang, S. Al-Assaf, GO Phillips, F. Jiang, Complejamiento de albúmina de suero bovino y pectina de remolacha azucarera: emulsiones estabilizadoras de aceite en agua, Diario de coloide y Ciencia Interface, pp. 103 – 111, 2.012.

[70] P. J. Subramanian and S. Mizrahi, “Accelerated shelf-life tests,” in *The Stability and Shelf-Life of Food*, 1st ed., D. Kilcast and P. Subramaniam, Eds. Wood head Publishing, 2014, pp. 107–128.

[71] J. C. Cheftel and H. Cheftel, Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos, 3rd ed. Zaragoza, 1980.

[72] O. Fennema, Química de los alimentos, 3rd ed. Zaragoza, 2010.

[73] J. H. Baxter, “Free Amino Acid Stability in Reducing Sugar Systems,” *J. Food Sci.*, vol. 60, no. 2, pp. 405–408, Mar. 1995.

[74] KONOPACKA, D. Y PLOCHARSKI, W.J., Effect of storage conditions on the relationship between apple firmness and texture acceptability. Postharvest Biology and Technology, vol. 32, no. 2, p. 205-211, May. 2004.

[75] COSTA, F., CAPPELLIN, L., LONGHI, S., GUERRA, W., MAGNAGO, P., PORRO, D., SOUKOULIS, C., SALVI, S., VELASCO, R., BIASIOLI, F., GASPERI, F., Assessment of apple (Malus domestica Borkh.) fruit texture by a combined acoustic-mechanical profiling strategy. Postharvest Biology and Technology, vol. 61, no. 1, p. 21-28, Jul. 2011.

[76] WANG, R., ZHOU, W. Y ISABELLE, M., Comparison study of the effect of green tea extract (GTE) on the quality of bread by instrumental analysis and sensory evaluation. Food Research International, vol. 40, no. 4, p. 470-479, Ma. 2007.

[77] DE HOMBRE, R.A., CASTRO, E. PARÁMETROS MECÁNICOS Y TEXTURA DE LOS ALIMENTOS. Mediciones instrumentales de textura de sólidos y semisólidos. [online]. 2007. Disponible

en:<http://www.captura.uchile.cl/bitstream/handle/2250/5108/ParamMecTexAlim"07.pdf?sequence=1>

[78] BOURNE, M.C., Texture Profile Analysis. Food Technology, vol. 32, no. 1, p. 62-66, 1978.

[79] SCOTT-BLAIR, G.W., Rheology in food research. Advances in Food Research, vol. 8, no. 1, p. 1-61, 1958.

[80] SINGH, V., GUIZANI, N., AL-ALAWI, A., CLAEREBOUDT, M. Y RAHMAN, M.S., Instrumental texture profile analysis (TPA) of date fruits as a function of its physico-chemical properties. Industrial Crops and Products, vol. 50, no. 0, p. 866-873, Oct. 2013.

[81] ALVIS, A., PÉREZ, L. Y ARRAZOLA, G., Determinación de las Propiedades de Textura de Tabletas de Chocolate Mediante Técnicas Instrumentales. Información Tecnológica, Vol. 22, no. 3, p. 11-18, 2011.