

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



DISEÑO DE UNA MARCHA ANALÍTICA PARA LA DETERMINACIÓN DE CALCIO EN
LECHE SEMIDESCREMADA DESLACTOSADA PASTEURIZADA DE TIPO FLUIDA

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DIPLOMADO DE ESPECIALIZACIÓN

PRESENTADO POR

BRENDA LISSETH VANEGAS MARTÍNEZ

JOSÉ VICENTE VENTURA CRUZ

PARA OPTAR AL GRADO DE

LICENCIADO(A) EN QUÍMICA Y FARMACIA

MARZO, 2025

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL

LICENCIADO PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANA

MAESTRA NANCY ZULEYMA GONZÁLEZ SOSA

SECRETARIA

LICENCIADA EUGENIA SORTO LEMUS

DIRECCIÓN GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

DIRECTORA GENERAL (AD HONOREM)

MAESTRA KATIA LISSETTE MARTÍNEZ DE PALACIOS

TRIBUNAL EVALUADOR

ASESORA DE ÁREA DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS

MAESTRA DINORAH DEL CARMEN RODRÍGUEZ DE LAÍNEZ

ASESORA

LICENCIADA PATRICIA DEL ROSARIO ESCOBAR DE MURCIA

TUTOR

MAESTRO LUIS GUILLERMO ESCALANTE ESCOBAR

DEDICATORIA

Principalmente le doy gracias a Dios por permitirme culminar esta etapa y no rendirme en ningún momento, agradecer a mi familia por siempre apoyarme en todo y amistades que me motivaron en el proceso. Y agradecerme a mí, que sé que no ha sido fácil pero que me he mantenido con la actitud positiva de culminar un logro de los tantos objetivos que tengo para mi vida.

Brenda Lisseth Vanegas Martínez

DEDICATORIA

A Dios; Quien nos concede el privilegio de la vida y nos ofrece lo necesario especialmente en el proceso para lograr una de mis metas. Gracias Dios por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida, por los logros y los momentos difíciles que me hacen crecer como persona y ser humano.

A mi madre María Teresa Cruz de Ventura; Que hoy se te hace realidad uno de tus anhelados sueños ver a tu hijo graduado como Farmacéutico. Gracias a ti por haberme educado, y guiarme siempre por el buen camino del bien, gracias por tus consejos, regaños y amor que me brindaste durante este largo recorrido, y sobre todo a tus oraciones porque este día se hiciese realidad. ¡Te amo Mucho!

A mi padre Hugo Antonio Ventura; Por ser hoy uno de esos días que tanto has esperado de mí, ver a tu hijo graduado como Farmacéutico. Gracias a ti padre por el apoyo que me has brindado, por enseñarme a ser responsable y valorar la vida. Este esfuerzo no solo fue mío, si no tan bien tuyo, lo diste todo porque tu hijo lo lograra, siempre te agradeceré por tanto sacrificio que hiciste, sé que para ti no fue fácil cada día, para que yo lograra esta meta, mil gracias papá. ¡Te amo Mucho!

A mis hermanos(as); José Antonio eres mi ejemplo a seguir y mil gracias por confiar en mí, Gabriela, Esmeralda, Andrea y Mateo, gracias por ser los hermanos más unidos, por ese granito de arena que me brindaron durante este camino y ver que esto sea realidad, son los únicos que forman parte de mi vida, este logro es de todos hermanos.

A mi novia y futura esposa Licenciada Urania Solís por formar parte en los últimos 2 años de esta etapa, por compartir sus experiencias de estudio y brindarme el apoyo y atención que necesité; de igual forma por llenar mi corazón con los sentimientos importantes que fortalecen mi vida.

¡Te amo Mi Farmacéutica Favorita!

A la Universidad de El Salvador porque es un orgullo ser hijo de la Minerva.

José Vicente Ventura Cruz

ÍNDICE GENERAL

Pág. N°

ABREVIATURAS

GLOSARIO

RESUMEN

CAPÍTULO I

14

1.0 Introducción

15

CAPÍTULO II

17

2.0 Objetivos

18

2.1 Objetivo General

18

2.2 Objetivos Específicos

18

CAPÍTULO III

19

3.0 Marco Teórico

20

3.1 Definición de Leche

20

3.2 Composición de la Leche

25

3.3 Calcio

30

3.4 Intolerancia a la lactosa

41

3.5 Fabricación de leche deslactosada

46

3.6 Método gravimétrico

48

CAPÍTULO IV

54

4.0 Producto final

55

4.1 Determinación de calcio en leche semidescremada deslactosada

55

4.2 Introducción

55

4.3 Objetivos	56
4.4 Tipo de método de análisis y fundamento	56
4.5 Determinación de calcio	56
4.6 Reactivos	57
4.7 Materiales y equipo	57
4.8 Procedimiento	58
4.9 Fórmulas	59
CAPÍTULO V	63
5.0 Conclusiones	64
CAPÍTULO VI	66
6.0 Recomendaciones	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°		Pág. N°
1	Etiqueta Nutricional Marca de Leche Salud	73
2	Etiqueta Nutricional Marca de Leche Dos Pino	74
3	Etiqueta Nutricional Marca de Leche Trebolac	75
4	Composición de Alimentos en 100 gramos de porción comestible	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°		Pág. N°
1	Porcentaje de Calcio de Marcas Salvadoreñas de Leche envasada	61

ABREVIATURAS

pc: punto de congelación

pe: punto de ebullición

pH: potencial de hidrogeno

INCAP: Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá

Ca: Calcio

P: Fosforo

Mg: Magnesio

CO₃Ca: Carbonato de calcio

LDL: Lipoproteínas de baja densidad

HDL: Lipoproteínas de alta densidad

EDTA: Ácido etilendiaminotetraacético

RDA: Recomendación diaria alimentaria

NHANES: Encuesta Nacional de Exámenes de Salud y Nutrición

ICAITI: Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial

IMC: Índice de masa corporal

OMS: Organización Mundial de Salud

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

NF: Nanofiltración

UF: Ultrafiltración

% VD: Porcentaje de valor diario

GLOSARIO

Leche: es el producto íntegro, no alterado ni adulterado, del ordeño higiénico regular, completo e ininterrumpido de vacas sanas, que no contenga calostro y que esté exento de color, olor, sabor y consistencia anormales.

Leche pasteurizada: la leche de vaca entera, semidescremada o descremada, que ha sido sometida a un proceso de calentamiento en condiciones de temperatura y tiempo que aseguren la total destrucción de la microflora patógena y casi la totalidad de la microflora no patógena.

Leche homogenizada: la leche pasteurizada o ultrapasteurizada que ha sido sometida a un tratamiento fisicomecánico apropiado para romper la columna de grasa tan finamente que no pueda volver a unirse y luego separarse en forma de crema o nata.

Leche entera pasteurizada o ultrapasteurizada: la leche de vaca cuyo contenido de grasa mínimo es de 3,0 % m/m.

Leche semidescremada pasteurizada o ultrapasteurizada: la leche de vaca cuyo contenido de grasa es mayor de 0,15 % y menor 3,0 % m/m.

Leche descremada pasteurizada o ultrapasteurizada: La leche de vaca cuyo contenido de grasa es menor o igual a 0,15 % m/m.

Leche fortificada: La leche de vaca pasteurizada o ultrapasteurizada que ha sido adicionada con vitaminas A y D, y nutrientes para reforzar su valor nutritivo.

pH: es un índice reutilizado ampliamente en química, que expresa el grado de acidez o alcalinidad de una disolución acuosa.

Lactosa: es el azúcar (formado por la glucosa y la galactosa) que está presente en la leche. Se trata de un disacárido que se halla en una proporción de entre el 4% y el 5% en la leche de las hembras de los mamíferos.

Lactasa: es una enzima cuya función principal es la de separar o dividir la lactosa en los dos componentes principales que la conforman: la glucosa y la galactosa. La lactasa, por lo tanto, es una proteína cuya principal función es la de fragmentar moléculas para mejorar su absorción en el organismo.

Intolerancia a la lactosa: es una condición gastrointestinal caracterizada por la incapacidad del individuo para digerir la lactosa, azúcar presente en la leche y productos lácteos, ocasionada generalmente por la deficiencia de la enzima lactasa.

Lipolisis: es el proceso metabólico mediante el cual los lípidos del organismo son transformados para producir ácidos grasos y glicerol para cubrir las necesidades energéticas.

Lipogénesis: es la reacción bioquímica por la cual son sintetizados los ácidos grasos y esterificados o unidos con el glicerol para formar triglicéridos o grasas de reserva.

Métodos de precipitación electroquímica, también llamados electrogravimétricos: se basan en las leyes de la electrolisis, y consisten en precipitar el elemento a determinar (generalmente en forma elemental obtenida por un proceso rédox electroquímico) y pesar la especie depositada sobre el electrodo.

Métodos de volatilización: el componente a determinar o sus acompañantes se transforman en un compuesto volátil que se elimina, pudiéndose recoger sobre un absorbente adecuado que se pesa (métodos directos) o se pesa el residuo obtenido, determinando por diferencia el peso del componente de interés (métodos indirectos).

Separación: cuya finalidad es aislar el componente de interés de la mayor parte de las especies que lo acompañan.

Desecación o calcinación: etapa destinada a eliminar el agua y los componentes volátiles, y transformar, en algunos casos, el componente aislado en uno de fórmula conocida-

RESUMEN

La leche producto consumido por la población salvadoreña y en el mundo entero que contiene múltiples minerales y vitaminas que ayudan a la funcionalidad del cuerpo humano.

El 1.5% y el 2.0% del peso corporal de un adulto es Calcio mineral esencial para la vida humana. Este se concentra casi en un 90% en huesos y dientes. La leche es la fuente principal de calcio en la dieta siendo además la materia prima principal en la elaboración de diversos derivados lácteos ricos en calcio.

En este trabajo se presenta el diseño de una marcha analítica para la determinación de calcio en leche semidescremada deslactosada con el fin que los estudiantes de la cátedra Análisis Bromatológico de la carrera Licenciatura en Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador la desarrollen mediante sus prácticas de Laboratorio.

De esta forma ellos ponen en práctica sus conocimientos cuantificando el contenido de calcio; añadiendo una comparación teórica de tres marcas comerciales que se consumen en El Salvador y lo que establecen organizaciones como la FAO, CODEX e INCAP determinando teóricamente si se recomienda consumir estas marcas de leche y a su vez ver la importancia del consumo de leche a lo largo de la vida y su aporte de calcio para que el cuerpo humano cumpla sus funciones necesarias para su desarrollo.

Se presenta el tipo de leche semidescremada de variedad deslactosada tomando en cuenta que existe un porcentaje de la población que sufre del trastorno de intolerancia a la lactosa; que como medidas primarias dejan de consumir productos lácteos como la leche; al bajar su consumo por ende el aporte de calcio disminuye. Se presenta esta variedad de leche porque es una alternativa para que las personas intolerantes a la lactosa puedan consumir la cantidad mínima requerida de calcio.

CAPÍTULO I

1.0 INTRODUCCIÓN

La leche es uno de los principales alimentos dentro de la dieta salvadoreña, e importante desde las primeras etapas del crecimiento del ser humano; por lo que durante todo su desarrollo e incluso para los adultos mayores considerados desde los 60 años es importante el consumo de leche por su aporte nutricional de calcio.

Debido a que el calcio es uno de los minerales más importantes en nuestro cuerpo por sus funciones esqueléticas y reguladoras añadiendo que la ingesta correcta y equilibrada de calcio se relaciona con la prevención y tratamiento de muchas enfermedades, todo esto se ve influenciado que es importante promover el consumo de leche ya que a través de este alimento se logra alcanzar cantidades de calcio necesarias para suplir la ingesta diaria de este mineral.

En nuestro país se comercializan diferentes tipos de leche de diferentes marcas industriales; el punto principal se basa, en que tipo de leche es el ideal para su consumo, tomando en cuenta que este se ajusta a la condición de salud del ser humano, porque parte de la población salvadoreña presenta uno de los actuales problemas de salud, que son intolerantes a la lactosa, lo que es tratada con medidas como evitando el consumo de productos lácteos, lo que al no consumir leche reduce el aporte y la ingesta de calcio.

Por lo tanto, el ser humano no llega a la cantidad mínima requerida para que su salud se vea por buen camino. Una de las soluciones que se plantea para tratar este trastorno es usar leche de variedad deslactosada como fuente principal de calcio y a su vez al ser una leche modificada la persona sería capaz de poder digerir en su sistema esta variedad de leche y no rechazarla como sucede con la leche de alto contenido de lactosa.

El presente trabajo como parte del análisis químico de alimentos presenta una propuesta de marcha analítica que va orientada para realizar en el laboratorio de Análisis Bromatológico de la Licenciatura de Química y Farmacia en la Universidad de El Salvador como propósito determinar el calcio en el tipo de leche semidescremada deslactosada pasteurizada de tipo fluida; tipo de leche que se encuentra al alcance de la población salvadoreña y se destaca la leche deslactosada debido que en personas intolerantes a la lactosa le es posible consumir este alimento y así añadir la ingesta de las cantidades necesarias de calcio.

La variedad de leche deslactosada es un producto que toda la población puede consumir ya sean personas con problemas de intolerancia a la lactosa como las que no presentan ninguna condición médica que afecte su consumo; y así comparar teóricamente que, a pesar de su modificación, la leche deslactosada aporta la misma cantidad de calcio que una no deslactosada.

El método a usar en el diseño de la propuesta es el método gravimétrico por precipitación que es un método clásico de análisis cuantitativo para el análisis químico de alimentos.

CAPÍTULO II

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo General:

Diseñar una marcha analítica para la determinación de calcio en la leche semidescremada deslactosada pasteurizada de tipo fluida.

2.2 Objetivos específicos:

- 2.2.1 Describir la práctica de laboratorio para la determinación de los valores experimentales del contenido de calcio en leche semidescremada deslactosada pasteurizada de tipo fluida.
- 2.2.2 Determinar los cálculos matemáticos para la expresión de resultados, presentándolos en unidades de medidas según lo establecido en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.
- 2.2.3 Comparar teóricamente en la marcha analítica el contenido de calcio de leche semidescremada deslactosada pasteurizada de tipo fluida según etiqueta nutricional con lo que establece el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá de las siguientes marcas: Salud, Dos pinos, Trebolac.
- 2.2.4 Interpretar valores de contenido de calcio en leche semidescremada deslactosada pasteurizada de tipo fluida y los beneficios que trae el consumo en la salud de las personas que presentan intolerancia a la lactosa.

CAPÍTULO III

3.0 MARCO TEÓRICO

3.1 Definición de Leche

La leche de vaca es la más abundante y la de mayor consumo en el mundo; por ello cuando se nombre leche en este texto se aludirá a ella. En cualquier otro caso esta palabra irá seguida del nombre del animal del cual proviene; ejemplo: leche de cabra, leche de burra, leche de oveja.¹

El Departamento de Salud Pública de los Estados Unidos de Norteamérica define la leche así: "Secreción láctea, prácticamente libre de calostro, obtenida por ordeño completo de una o más vacas en buen estado de salud; dicha secreción láctea debe tener no menos de 3.25% de grasa de leche y no menos de 8.25% de sólidos no grasos de leche". La razón para fijar el mínimo de grasa y de sólidos no grasos es que el valor nutritivo de la leche depende en gran parte de la combinación de estos dos; debe aclararse, empero, que la definición de leche varía un poco entre un estado y otro, dentro de los Estados Unidos de Norteamérica.¹

En Alemania, las "Normas Técnicas, Preceptos de Calidad, Condiciones de Suministro, TGL 8064", según Edgar Spreer, definen a la leche así: "La leche natural es el producto obtenido higiénicamente por ordeño regular y completo, debiendo enfriarse inmediatamente después. Este producto puede proceder de una o de varias vacas y resultar de uno o más ordeños. No está permitido sustraerle ni agregarle nada".¹

En España, en el capítulo XV, artículo 3.15.01 del Código Alimentario Español, según J.M. de Soroa, se consigna que "Se entiende por leche natural el producto íntegro, no adulterado, del ordeño higiénico, regular, completo e ininterrumpido de las hembras mamíferas domésticas, sanas y bien alimentadas"¹.

En Francia, Charles Alais define la leche como "un líquido segregado por las glándulas mamarias de las hembras de los mamíferos, tras el nacimiento de la cría. Es un líquido de composición compleja, blanco y opaco, de sabor dulce y reacción iónica (pH) cercana a la neutralidad". También hace mención a la heterogeneidad, variabilidad de la composición y su alterabilidad¹.

Según el Instituto Nacional de Normas Técnicas Industriales y Certificación del Perú, la leche "es el producto íntegro, no alterado ni adulterado, del ordeño higiénico, regular, completo e ininterrumpido, de vacas sanas y bien alimentadas, sin calostro y exento de color, sabor y consistencia anormales". A fin de que la leche esté exenta de calostro, no deberá aprovecharse los producidos diez días antes ni cinco días después del parto.¹

En México, el Reglamento Oficial Mexicano de Leches, según Mario Ramos C, define la leche así: "Es el producto natural obtenido por la ordeña completa de uno o más animales sanos, con exclusión del producto obtenido 15 días antes del parto y cinco días después de este acto, o cuando no contenga calostro".¹

El Instituto Centroamericano de Investigación y Tecnología Industrial ICAITI-, da la siguiente definición: "Leche fresca de vaca es el producto íntegro, no alterado ni adulterado, del ordeño higiénico regular, completo e ininterrumpido de vacas sanas, que no contenga calostro y que esté exento de color, olor, sabor y consistencia anormales."¹

3.1.1 Tipos de leche ²

Leche entera: la leche de vaca cuyo contenido de grasa mínimo es de 3,0 % m/m.

Leche semidescremada: la leche de vaca cuyo contenido de grasa es mayor de 0,15 % y menor 3,0 % m/m.

Leche descremada: la leche de vaca cuyo contenido de grasa es menor o igual a 0,15 % m/m.

3.1.2 Variedades de Leche

Leche pasteurizada: la leche de vaca entera, semidescremada o descremada, que ha sido sometida a un proceso de calentamiento en condiciones de temperatura y tiempo que aseguren la total destrucción de la microflora patógena y casi la totalidad de la microflora no patógena. El tratamiento térmico de la leche pasteurizada es de 72 a 75 °C durante 15 a 20 segundos o su equivalente.³

Leche ultrapasteurizada: la leche de vaca entera, semidescremada o descremada, que ha sido sometida a un proceso de calentamiento o en condiciones de temperatura y tiempo que

aseguren la total destrucción de la microflora patógena y casi la totalidad de la microflora no patógena. El tratamiento térmico de la leche ultrapasteurizada debe ser de 135 a 140 °C por un tiempo mínimo de 2 a 4 segundos o su equivalente.³

Leche homogenizada: la leche pasteurizada o ultrapasteurizada que ha sido sometida a un tratamiento fisicomecánico apropiado para romper la columna de grasa tan finamente que no pueda volver a unirse y luego separarse en forma de crema o nata.³

Leche fortificada: La leche de vaca pasteurizada o ultrapasteurizada que ha sido adicionada con vitaminas A y D, y nutrientes para reforzar su valor nutritivo.³

Leche condensada: Esta variedad del producto es utilizado generalmente para repostería y no para la dieta diaria, dado su alto contenido de grasa y bajo contenido de agua. La leche condensada se obtiene a partir de leche fluida a la que se le adiciona sacarosa y glucosa. Su concentración se logra al vacío y con temperaturas no muy altas. De esta forma se logra la evaporación de agua quedando como resultado un producto viscoso. Esta variedad del producto tiene un mínimo de 7% de grasa y no más de 30% de agua.⁴

Leche fluida (entera): Se entiende con éste nombre a la leche a granel higienizada, enfriada y mantenida a 5°C, sometida opcionalmente a terminación, pasteurización y/o estandarización de materia grasa, transportada en volúmenes de una industria láctea a otra para ser procesada, envasada y almacenada bajo normas estrictas de higiene.⁴

La leche fluida entera puede ser sometida a procedimientos de higienización por calor. Procesos de ultra alta temperatura (UAT ó UHT), que consisten en llevar la leche homogenizada a temperaturas de 130° a 150°C durante 2 a 4 segundos, permiten higienizarla de forma apropiada y de manera que estas puedan llegar en forma segura e inocua al consumidor.⁴

Leche en polvo: La leche en polvo es la que resulta de la extracción casi total del agua. La leche homogenizada es la que se obtiene desintegrando los glóbulos de grasa. Existen enteras, semidescremadas y descremadas. A través de procesos técnicos el líquido se deshidrata y reduce a polvo. Para este proceso, la leche es introducida a gran presión en cámaras calientes que la deshidratan. Así, se forma una nube de pequeñas gotas de leche que se deshidratan

instantáneamente y que se ha denominado Sistema Spray. Las propiedades de la leche en polvo son similares a la de su par fluido.⁴

Pasteurización o ultra pasteurización: El proceso por el cual se somete la totalidad de la leche a una temperatura conveniente durante el tiempo especificado para destruir la totalidad de los microorganismos patógenos y la mayor parte de la microflora no patógena, seguido de un enfriamiento rápido, sin que sus componentes sufran alteraciones sensibles en su valor nutritivo, ni en sus propiedades organolépticas y fisicoquímica.³

Leche pasteurizada con sabor: es el producto elaborado con no menos del 90 % de leche fluida o leche reconstituida (entera, descremada o semidescremada), apta para consumo humano que responda a las exigencias de la presente norma, adicionada de sustancias saborizantes, naturales o sintéticas de uso permitido (con excepción de sabor artificial de leche y/o crema), y sometida a tratamiento térmico adecuado.³

La capacidad de producir leche es una de las características que definen a los mamíferos. La principal función de la leche es la de nutrir a los hijos hasta que son capaces de digerir otros alimentos. Además cumple las funciones de proteger el tracto gastrointestinal de las crías contra patógeno, toxinas e inflamación y contribuye a la salud metabólica regulando los procesos de obtención de energía, en especial el metabolismo de la glucosa y la insulina. Es el único fluido que ingieren las crías de los mamíferos.²

La leche de la vaca forma parte de la alimentación humana corriente en la inmensa mayoría de las civilizaciones: de vaca, principalmente, pero también de oveja, cabra, yegua, camella, etc. El líquido es producido por las células secretoras de las glándulas mamarias o mamas. La secreción láctea de una hembra días antes y después del parto se llama calostro. Es muy frecuente el empleo de los derivados de la leche en las industrias agroalimentarias, químicas y farmacéuticas en productos como la leche condensada, leche en polvo, caseína o lactosa. La leche de vaca se utiliza también en la alimentación animal. Está compuesta principalmente por agua, iones (sal, minerales y calcio), hidratos de carbono (lactosa), materia grasa y proteínas.²

3.1.3 Propiedades físicas de la leche

La leche, al igual que todos sus derivados, presenta propiedades particulares que son reflejo de su composición y de las interacciones entre sus constituyentes. Las características físicas, como peso específico, tensión superficial, calor específico, temperatura de congelamiento, etcétera, se toman en cuenta para diseñar procesos como pasteurización, esterilización, homogeneización y transporte a los que se somete la leche; dado que estas propiedades son semejantes entre los productos lácteos, se han establecido modelos matemáticos para su estudio y predicción.⁴

El color blanco se debe fundamentalmente a una completa dispersión del espectro visible provocada por los glóbulos de grasa, pero también por las miscelas de caseína y el fosfato de calcio coloidal. Mientras más pequeñas son estas partículas mayor es el área de dispersión de la luz, y en consecuencia, el producto se ve más blanco; por el contrario, cuando las partículas sólidas se asocian y forman agregados, como en la crema, se reduce la dispersión, lo que causa una tonalidad ligeramente azul.⁵

La homogeneización rompe los glóbulos grandes y produce un gran número de glóbulos pequeños que provocan la blancura de la leche, tan apreciada por el consumidor. Cabe indicar que los carotenoides y la riboflavina tienen algo de influencia sobre el color, ya que los primeros le confieren tonalidades amarillas, y verdes la segunda. A pesar de contener de un 12 a un 14% de sólidos, la leche se comporta prácticamente como un fluido newtoniano (por ejemplo, el agua), ya que tiene una viscosidad de 2 centipoises. Tanto las miscelas como los glóbulos de grasa son los principales responsables de la viscosidad de los productos lácteos, por lo que la leche descremada y el suero son fluidos con 1.2 a 1.5 centipoises, semejante aún más al agua, quien tiene un centipoise.⁵

El peso específico de la leche depende de los diversos sólidos que contiene, de tal forma que existen ecuaciones que relacionan este parámetro con los sólidos no grasos y la grasa. La reducción del punto de congelación (pc) de la leche por efecto de los solutos de bajo peso molecular (lactosa y las sales), en general, el pc va de -0.52 a -0.57°C , valor de referencia en los análisis crioscópicos para identificar adulteración de la leche con agua. Al comparar el pc de la muestra con el pc de referencia se puede cuantificar la cantidad de agua añadida.⁵

Los mismos sólidos disueltos hacen que el punto de ebullición sea ligeramente superior al del agua pura a la misma presión; por ejemplo, la leche tiene un pe de 100.17°C, a 760 mm de Hg, la leche evaporada de 100.44°C y la condensada azucarada de 103.22°C. Hay que recordar que un mol de una sustancia disuelta en 1,000 gramos de agua reduce la temperatura de congelamiento en 1.86°C y a su vez incrementa la de ebullición en 0.5°C. La acidez titulable normal se debe a la presencia de los grupos ionizables de las proteínas, como son los carboxilos de los ácidos aspártico y glutámico. El pH es de 6.5 a 6.7 y cualquier cambio en este valor indica una alteración del producto: por ejemplo, los pH menores se deben a una acidificación microbiana y los mayores a una posible infección de la vaca, como la mastitis.⁵

3.1.4 Propiedades químicas.

El pH de la leche es ligeramente ácido (pH comprendido entre 6,6 y 6,8). Otra propiedad química importante es la acidez, o cantidad de ácido láctico, que suele ser de 0,15-0,16% de la leche. Las sustancias proteicas de la leche son las más importantes en el aspecto químico. Se clasifican en dos grupos: proteínas (la caseína se presenta en 80% del total proteínica, mientras que las proteínas del suero lo hacen en un 20%), y las enzimas. La actividad enzimática depende de dos factores: la temperatura y el pH; y está presente en todo el sistema de diversas formas.⁶

La leche se sintetiza fundamentalmente en la glándula mamaria, pero una gran parte de sus constituyentes provienen del suero de la sangre. Su composición química es muy compleja y completa, lo que refleja su gran importancia en la alimentación de las crías. La composición de la leche depende de las necesidades de la especie durante el periodo de crianza. La memoria de las enfermedades que la madre ha sufrido suelen ser muy abundantes en el calostro (hasta 100g/L).⁶

3.2 Composición de la Leche

Inmediatamente después del parto, la vaca empieza con las secreciones mamarias; durante los primeros dos o tres días produce el calostro, que es un líquido con un alto contenido de sólidos, de fuerte olor y sabor amargo, abundante en inmunoglobulinas y con una composición promedio de 79% agua, 10% proteínas, 7% grasa, 3% lactosa y 1% cenizas;

está destinado fundamentalmente a fortalecer el sistema de protección del becerro y sólo a éste le sirve; por su gran proporción de inmunoglobulinas, es sumamente sensible a la desnaturalización térmica.⁵

Pasado este período, el animal sintetiza propiamente la leche durante toda la lactancia que varía de 180 a 300 días (depende de muchos factores), con una producción media diaria muy fluctuante que va desde 3 litros (vacas que pastorean, sin atención médica) hasta 25 litros (vacas estabuladas en buenas condiciones de salud y de alimentación). La leche se sintetiza fundamentalmente en la glándula mamaria, pero una parte de sus constituyentes también proviene del suero de la sangre.⁷

Su composición química es muy completa y compleja, lo que refleja su gran importancia en la alimentación de las crías. Por su parte, la alimentación de las vacas, siendo rumiantes, consta de forrajes a base de celulosa y de otros polisacáridos no metabolizables por los monogástricos (incluyendo el hombre), añadido de urea y de otros desperdicios del campo; con esta dieta tan limitada, los animales producen uno de los alimentos más completos que se conoce.⁵

En general, la leche está constituida por agua, grasas, proteínas, azúcares, vitaminas y minerales, además de otras sustancias que están presentes en menor concentración y que en conjunto forman un sistema fisicoquímico estable de más de 450 compuestos; esto se debe a que todos sus ingredientes se encuentran en equilibrio, estableciendo diversos estados de dispersión que se analizarán más adelante. Los sólidos totales (grasa y sólidos no grasos) representan del 11 al 15% de su composición y varían de acuerdo con muchos factores, tales como raza y edad de la vaca, tipo y frecuencia de la alimentación, estado de lactación, temperatura ambiente, enfermedades, época del año, hora del día de la ordeña, etcétera.⁵

3.2.1 Lactosa

La lactosa sólo se encuentra en las leches, representando su principal hidrato de carbono y considerado por algunos autores como el único; sin embargo, también se ha identificado a pequeñas cantidades de glucosa (6 mg/100 ml), galactosa (2 mg/100 ml), sacarosa, cerebrosidos y aminoazúcares derivados de la hexosamina. A pesar de que estos últimos están

en concentraciones muy bajas, llegan a ejercer una influencia en la estabilidad de la leche, sobre todo cuando se somete a tratamientos térmicos intensos.⁵

La lactosa se sintetiza en la glándula mamaria por un sistema enzimático en el que interviene la α -lactalbúmina para después segregarse en la leche, sólo tiene aproximadamente el 15% del poder edulcorante de la sacarosa y contribuye, junto con las sales, al sabor global de este alimento. Ésta se forma por la condensación de una molécula de galactosa y otra de glucosa (4-*O*- β -D-galactopiranosil-D-glucopiranos) mediante un enlace glucosídico β (1,4); al ser un azúcar reductor interviene en las reacciones de Maillard y de caramelización.⁵

Existe en dos formas isoméricas, α y β , que se diferencian por sus propiedades físicas, tales como poder rotatorio, temperatura de fusión, solubilidad, etcétera. En teoría, ambas pueden presentarse hidratadas o anhidras; sin embargo, las más estables son la α -monohidratada (cristal duro de > 0.02 mm) y la β -anhidra (pequeñas agujas de < 0.01 mm). Cabe indicar que sus soluciones tienden al equilibrio entre ambas formas, pero generalmente siempre hay más β que α , ya que la primera es más hidrosoluble, aun cuando esto depende de la temperatura.⁵

Comercialmente, la lactosa cristalina se encuentra como α -hidratada, pero se convierte en β al disolverse en agua, ya que presenta mutarrotación; a 25°C existe un equilibrio de 38% α y 62% β . Es el menos soluble de los disacáridos, con 5 g y 45 g/100 ml de agua, para las formas α y β , respectivamente. De su cristalografía depende la estabilidad de muchos productos lácteos, sobre todo los que contienen una proporción alta del disacárido.⁵

En la leche fluida, se encuentra en una concentración de 4.7%, lo que está lejos de ser una solución saturada; sin embargo, en las leches evaporadas y concentradas, que contienen el doble de lactosa (9-10% por eliminación de agua) o en las condensadas azucaradas, se tienen sistemas muy cercanos a su saturación. Cuando la leche evaporada se almacena a bajas temperaturas, se provoca la cristalización de la α -hidratada y se presenta una textura “arenosa” desagradable, ya que los cristales se perciben como pequeños granos de arena.⁵

Por su parte, la leche condensada azucarada contiene una alta proporción de sacarosa (de 40 a 45%) que influye para que la lactosa cristalice más rápido, pero con la forma indeseable; para evitar esto, previamente se induce su cristalización controlada mediante la adición de lactosa de tamaño muy fino (que pase malla 200) en una cantidad de 250 g por cada 1,000

kg de leche; también se utiliza leche descremada deshidratada como “semilla”, pero se requiere doble cantidad. En estas condiciones, la leche produce cristales de tamaño muy pequeño que le confieren una textura más tersa.⁵

En los helados también se llega a presentar el mismo problema, ya que las bajas temperaturas favorecen la formación de la α -hidratada; por esto se añade carboximetilcelulosa o algún otro polisacárido como carragenina, que inhiben el proceso de cristalización y la consecuente “arenosidad”. La lactosa está inicialmente en un estado vítreo, pero los ciclos de congelamiento/descongelamiento provocan que cristalice inadecuadamente.⁵

Cuando no se permite que el disacárido cristalice, se produce la lactosa amorfa (mezcla de α y β), como ocurre en el secado por aspersion del suero de la leche; la eliminación rápida del agua da origen a este tipo de azúcar que es muy higroscópico y que, aun en ambientes con baja humedad, absorbe agua para formar la α -hidratada. Incluso, la lactosa se llega a pegar en las paredes del secador, situación que trae consigo inconvenientes en la operación, que repercuten en la calidad del producto final.⁵

Para evitar esto, previo al secado se puede inducir la cristalización en tanques, con refrigeración y agitación constantes durante algunas horas y ayudada mediante la adición de cristales del propio disacárido. Por otra parte, hay ciertos sectores de la población (sobre todo los de raza negra) que, por su contenido de lactosa, no toleran la leche; esto se debe a que la mucosa del intestino delgado no sintetiza la β -galactosidasa o lactasa, necesaria para la hidrólisis del disacárido en el tracto gastrointestinal.⁵

De manera general se puede considerar que la actividad de esta enzima se incrementa en los primeros meses de la lactancia, y después va disminuyendo paulatinamente, de tal forma que del 70 al 80% de los adultos carece prácticamente de ella. En su ausencia, la lactosa llega hasta el colon, donde es fermentada por la flora intestinal, produciendo hidrógeno, dióxido de carbono y ácido láctico que irritan este órgano; además de que se absorbe agua en el intestino para equilibrar la presión osmótica. Todo esto trae como resultado diarrea, flatulencias y calambres abdominales.⁵

Para aliviar esta situación, existen en el mercado derivados lácteos deslactosados, y también se dispone de una lactasa de origen microbiano (*Aspergillus niger*, *A. Oryzae* y *Kluyveromyces lactis*) que se añade a la leche unos minutos antes de ingerirla.⁵

3.2.2 Sales y nutrimentos inorgánicos

La leche contiene varias sales, de las que destacan los citratos, cloruros, bicarbonatos y fosfatos de calcio, magnesio, sodio y potasio, los cuales se encuentran en solución o formando parte del sistema coloidal de las caseínas⁴. Aproximadamente el 50% del fósforo total está esterificado a las fosfoserinas de las caseínas, y la mayoría de los elementos químicos están presentes en forma iónica en el suero, aunque parte del calcio se asocia con las proteínas.⁵

A pesar de que el alto contenido de calcio de la leche (120 mg/100g, aproximadamente) es superior a la concentración de saturación de una solución acuosa, está estabilizado, ya que el 70% se encuentra en forma coloidal, unido a las caseínas mediante el fosfato correspondiente y el resto se localiza solubilizado en el suero. En forma aislada, cada una de las caseínas, excepto la *k*, precipitación con esta concentración de calcio. El equilibrio existente entre el coloidal y el soluble depende del pH y de la temperatura; en condiciones ácidas hay un desplazamiento hacia el soluble que incrementa la inestabilidad de las proteínas sensibles a este ion divalente, mientras que a temperaturas elevadas se favorece la formación del coloidal.⁵

El magnesio hace que el fosfato de calcio no forme estructuras más estables, como la hidroxiapatita, que termodinámicamente debería producirse; sin embargo, ésta se sintetiza cuando la leche se somete a tratamientos térmicos fuertes (ultrapasteurización o esterilización). Las sales desempeñan un papel muy importante en la estabilidad térmica de todos los productos lácteos, de tal manera que si se añade calcio y/o magnesio, el sistema proteínico se desestabiliza; el efecto contrario lo producen los citratos y los fosfatos, principio que se usa para ajustar el “balance de sales” en la leche evaporada.⁵

La relación de concentraciones de Ca: P es la adecuada para que exista una buena absorción y aprovechamiento de ambos elementos en el organismo humano. En la leche se encuentran también otros elementos como el aluminio, boro, bromo, cobre, yodo, hierro, magnesio,

manganeso, cromo, níquel, cinc y rastros de arsénico, cobalto y plomo. Dado que las vacas que padecen mastitis segregan leches con un alto contenido de cloruros su concentración se ha utilizado como un índice para medir la sanidad de los animales.⁵

3.3 Calcio

El calcio (Ca) es un micronutriente del grupo de los minerales que debe, siempre, formar parte de nuestra dieta. Es el elemento mineral más abundante en nuestro organismo, ya que forma parte importante del esqueleto y los dientes. Supone alrededor del 2% del peso corporal; en cifras absolutas, aproximadamente 1.200 g (1,2 kg). De todo el calcio corporal, el 99% se encuentra en el esqueleto y los dientes en forma de hidroxiapatita, un compuesto cristalino que incluye fósforo ($\text{Ca}_{10} [\text{PO}_4]_6 [\text{OH}]_2$). El resto (1%) se encuentra en los tejidos blandos y en los fluidos corporales.¹⁰

Esta particular distribución corporal justifica sus funciones esenciales en el organismo, la mineralización de huesos y dientes y la regulación de las funciones celulares en prácticamente todos los tejidos corporales. Como ejemplos, el Ca es imprescindible para la contracción muscular y la función del sistema nervioso. Como todos los nutrientes, el Ca debe aportarse en la dieta y la principal fuente de este mineral es la leche y productos lácteos, que aportan alrededor del 40% de las ingestas diarias recomendadas (IDR).¹⁰

3.3.1 Funciones del calcio

Las funciones del calcio, como antes hemos apuntado, se pueden concretar en dos: a) funciones esqueléticas y b) funciones reguladoras.

Función esquelética

El Ca es parte fundamental de nuestro esqueleto (huesos) y de los dientes. El hueso está formado por una matriz proteica que se mineraliza de forma mayoritaria con calcio (el más abundante), fosfato y magnesio; para ello es imprescindible un correcto aporte dietético de Ca, fósforo y vitamina D. El tejido óseo está formado por dos tipos diferentes, el hueso compacto (cortical) (80%), cuya función es la de dar dureza al esqueleto y ejercer la función estructural, y el hueso trabecular (20%), cuya función es metabólica. A pesar de su apariencia

compacta, el hueso es una estructura dinámica que está en constante remodelación, destruyéndose (resorción) y formándose (formación) continuamente.¹⁰

Las tasa relativas de resorción y formación ósea van a depender de la edad. A partir de los 20-30 años, donde se alcanza un pico máximo de mineralización, la formación predomina sobre la resorción, y a partir de los 30-35 comienza a prevalecer la resorción frente a la formación, con una pérdida de la densidad ósea. Este último proceso es especialmente relevante en la mujer tras la menopausia, donde se ve acelerado y puede comprometer la salud ósea (osteoporosis) si no hay un aporte adecuado de Ca, P, Mg y vitamina D, fundamentalmente, junto con unos estilos de vida saludables entre los que se incluya una actividad física habitual. El diente está formado por tres tipos de tejidos: esmalte, dentina y cemento. El esmalte y la dentina están formados por hidroxapatita.¹⁰

3.3.2 Función no esquelética

El Ca (el Ca iónico: Ca^{2+}) es un componente celular imprescindible para mantener y/o realizar las diferentes funciones especializadas de prácticamente todas las células del organismo. Estas funciones, no esqueléticas, podemos dividir las en estructurales y propiamente reguladoras. Dentro de las primeras, el Ca está implicado en el mantenimiento de estructuras celulares (orgánulos), gránulos de secreción, membranas celulares y subcelulares y estructuras nucleares (como los cromosomas)¹⁰.

En relación con su función reguladora, este mineral puede ejercer su función de forma pasiva o activa. Pasivamente, los niveles de calcio plasmáticos regulan las reacciones enzimáticas. La función reguladora activa la ejerce la concentración intracelular de Ca^{2+} . Los cambios en su concentración intracelular, en respuesta a un estímulo (hormona, neurotransmisor, etc.), modifica el comportamiento, la respuesta funcional, de esa célula. Estas respuestas funcionales incluyen la división, secreción, agregación, contracción muscular, transformación y metabolismo celulares.¹⁰

El mantenimiento de una concentración adecuada de Ca^{2+} citoplasmático (del orden de 0,1 $\mu\text{mol/l}$), respecto al extracelular (del orden de 1,1 mmol/l), puede mantener una función óptima de la célula; en cambio, un incremento no regulado en el citoplasma puede iniciar un

proceso de daño y muerte celular. Debido a su actuación como segundo mensajero intracelular, el calcio interviene en la proteólisis intracelular, apoptosis y autofagia, activación/desactivación enzimática (por fosforilación/desfosforilación), secreción (incluida la de neurotransmisores y neuromoduladores en el sistema nervioso), contracción muscular, agregación plaquetaria, bioenergética celular, transcripción génica, etc.¹⁰

3.3.3 Homeostasis del calcio

Debido a sus importantes funciones, el Ca^{2+} debe estar estrechamente regulado, manteniéndose sus concentraciones plasmáticas dentro de unos rangos estrechos (1,1 y 1,3 mmol/l). Para ello existe una respuesta precisa frente a la hipocalcemia o la hipercalcemia en la que intervienen la parathormona y el 1,25 dihidroxicolecalciferol (1,25 $[\text{OH}]_2$ vitamina D_3), y la calcitonina, y recientemente se ha involucrado a la vitamina K por su relación con la osteocalcina.¹⁰

Estos reguladores humorales actúan a nivel óseo, renal e intestinal, afectando la movilización y depósito de calcio en el hueso, su absorción intestinal y su excreción renal. La homeostasis del calcio se relaciona estrechamente con la de los fosfatos a través del factor de crecimiento fibroblástico 23 (FGF23) y el factor Klotho.¹⁰

3.3.4 Fuentes dietéticas de calcio y biodisponibilidad

La principal fuente de Ca en la dieta son la leche y todos sus derivados. Algunos quesos contienen más de 1 g de Ca por 100 g de alimento, siendo la mantequilla la que presenta un contenido menor, 15 mg/100 g. La leche líquida presenta una media de 124 mg/100 g. Dos tercios del Ca en la leche se encuentran unidos a caseína y el resto libre. Después se encuentran las verduras de hoja verde, frutas y legumbres, que pueden tener importancia en un patrón alimentario mediterráneo, en el que pueden aportar hasta 400 mg/día. Los cereales no son una fuente rica en Ca excepto si están suplementados con él, como ocurre en algunos países como el Reino Unido. Por último, no debemos olvidar el agua y los complementos alimenticios.¹⁰

La biodisponibilidad del Ca de la dieta depende de factores fisiológicos y dietéticos. Los fisiológicos incluyen la edad, situación fisiológica (gestación y lactación) el estatus de Ca y vitamina D, y la enfermedad. Los factores dietéticos dependen de cada alimento y su composición, lo que puede afectar de forma positiva o negativa sobre su absorción intestinal. Así, la forma física del Ca (solubilidad relativa y presencia de oxalatos, fitatos y uronatos), la presencia en la dieta de alimentos ricos o no en vitamina D, el contenido en grasa y en proteína y otros factores (cafeína, alcohol, etc.) pueden afectar la absorción del mineral y, por tanto, modificar su biodisponibilidad.¹⁰

Por ejemplo, el Ca presente en la leche tiene una alta biodisponibilidad, mejor que la de cereales y verduras y semejante a las fuentes inorgánicas (CO_3Ca). Así, la biodisponibilidad de la leche es de un 30% frente al 5% de la espinaca. Esta alta biodisponibilidad es debida a la ausencia de factores inhibidores y a la presencia de otros componentes como la lactosa, que evita su precipitación, la caseína (fosfopéptidos) y los oligosacáridos no digestibles (inulina y oligofruktosa). Un caso particular es la leche materna, con una biodisponibilidad aún mayor (35%) que se basa en el perfil de ácidos grasos y en la relación Ca: P.¹⁰

Por otro lado, la menor biodisponibilidad del Ca presente en las verduras se debe a la presencia de sustancias como los oxalatos, uronatos y especialmente fitatos, que afectan negativamente la absorción del mineral y en consecuencia su biodisponibilidad. Respecto al Ca presente en el agua (del grifo o minerales embotelladas), su biodisponibilidad es alta; sin embargo, presenta una gran variabilidad en el contenido de este mineral y, en general, presenta concentraciones menores que la leche y sus derivados.¹⁰

3.3.5 Calcio y enfermedad

El Ca^{2+} juega un papel esencial en innumerables funciones del organismo, modificando sus concentraciones intracelulares y poniendo en marcha vías de señalización intracelular. Sin embargo, cuando la homeostasis falla se producen alteraciones patológicas diversas como consecuencia de alteraciones en los niveles citoplasmáticos de este catión. En este ámbito se incluyen enfermedades musculoesqueléticas, neurológicas, neurodegenerativas, cardiomiopatías, etc., consecuencia de la alteración de la homeostasis del Ca^{2+} . Por otro lado,

se conoce por diversos estudios la relación entre la ingesta de Ca en la dieta y diversas enfermedades: óseas, crónicas (cáncer y enfermedades cardiovasculares) y obesidad.¹⁰

3.3.6 Calcio y salud ósea. Osteoporosis

La osteoporosis se define como una enfermedad que se caracteriza por una densidad de masa ósea baja ($> 2,5$ desviaciones estándar de los valores medios de adultos jóvenes) junto con un deterioro de la microarquitectura del hueso que conduce a una fragilidad ósea y al consecuente aumento del riesgo de fractura. Esta enfermedad afecta a millones de personas y la OMS la considera uno de los principales problemas de salud en el mundo. Esto es debido a que esta enfermedad multiplica por 4 el riesgo de sufrir una fractura ósea.¹⁰

Para conocer la densidad de la masa ósea la técnica más generalizada es la radioabsorciometría de rayos X de doble energía (DEXA). La osteoporosis puede ser primaria o secundaria a otros procesos patológicos. La primaria puede ser de tipo I, de instauración temprana antes de la menopausia y de tipo II, senil. La causa de la osteoporosis es un desequilibrio entre las entradas y salidas de Ca del organismo.¹⁰

La ingesta de Ca y su utilización digestiva y metabólica no son suficientes para compensar las pérdidas obligadas por heces y orina. Normalmente en estas circunstancias y para la osteoporosis tipo II hay una disminución en la síntesis de calcitriol, el metabolito activo de la vitamina D, por un problema en la función renal donde se forma, o una insensibilidad de las células del epitelio intestinal a ella, debido a la edad avanzada. Esto se ve agravado por un bajo estatus de vitamina D por bajas ingestas o escasa exposición a la radiación solar.¹⁰

La influencia de la ingesta de Ca sobre la osteoporosis se observa por ingestas bajas que no pueden mantener la calcemia, por lo que se moviliza Ca de los depósitos óseos. Hay estudios que relacionan las altas ingestas de leche y productos lácteos durante la adolescencia con mayor densidad ósea y menor riesgo de fracturas en el periodo posmenopáusico. No obstante, otros estudios no encuentran asociación entre la ingesta de calcio en un momento determinado y la masa ósea. Por ello, diversos estudios prospectivos no han podido establecer una asociación entre ingesta de Ca y reducción del riesgo de fracturas osteoporóticas.¹⁰

Por otro lado, los suplementos de Ca a dosis mayores de las que consumimos con la dieta, más de 500 mg/día, parecen disminuir el riesgo de fracturas en hombres y mujeres a edades avanzadas, y cuando las ingestas de Ca de la dieta eran muy bajas. Un aspecto importante es el momento de administrar los suplementos de este mineral, siendo más efectivos en etapas tardías de la menopausia que inmediatamente después de su instauración.¹⁰

3.3.7 Calcio y cáncer

Diversos estudios muestran una relación entre la ingesta de Ca y el cáncer colorrectal. El consumo de menos de 400 mg/día de Ca se asocia con una mayor incidencia de este tipo de neoplasia frente a ingestas superiores a 800 mg/día. Otros estudios han mostrado que también las altas ingestas de Ca reducen la formación de pólipos adenomatosos de colon, una lesión precursora del cáncer. Asimismo, la suplementación con Ca reduce la recurrencia de los adenomas de colon. Según diversos estudios, este efecto del Ca se relaciona con la capacidad de este catión de unirse a ácidos grasos y ácidos biliares en la luz intestinal, evitando que ambos, en su forma ionizada, puedan ejercer un efecto proliferativo sobre los colonocitos, aumentando la probabilidad de formación de células con errores del genoma.¹⁰

También se ha propuesto una actuación del Ca a través de receptor sensible al calcio presente en las células del epitelio del colon tanto normales como neoplásicas. Este receptor detecta cambios en las concentraciones de Ca en la dieta. Su unión al receptor provoca elevaciones del Ca intracelular que dan lugar a una inhibición del crecimiento, aumento de la apoptosis y favorecen la diferenciación celular. Existen estudios de la relación del Ca con otros tipos de cáncer como el de mama, aunque no existen pruebas tan evidentes, ya que los estudios utilizaron la leche y sus derivados como fuente del mineral.¹⁰

3.3.8 Calcio y enfermedades cardiovasculares.

Estudios epidemiológicos han mostrado que existe una relación inversa entre las ingestas de Ca y el riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares. Estos efectos parecen relacionados con los niveles plasmáticos de lípidos. Así, la administración de suplementos del mineral disminuye el colesterol total y el colesterol-LDL en plasma, mientras que aumenta el

colesterol-HDL. Por otro lado, las bajas ingestas de Ca se han relacionado con hipertensión arterial, un factor de riesgo para las enfermedades cardiovasculares.¹⁰

Es necesario apuntar que algunos estudios han puesto de manifiesto que el uso de suplementos de Ca en dosis elevadas puede tener una incidencia negativa sobre la salud cardiovascular. De hecho, se ha publicado que con una ingesta de Ca por debajo de 500 mg/día y por encima de 1.200 mg/día las curvas de mortalidad por enfermedades cardiovasculares y la mortalidad total aumentan.¹⁰

3.3.9 Calcio y peso corporal.

Uno de los recientes hallazgos es la relación entre la ingesta de Ca y el peso corporal. Diversos estudios muestran una relación inversa entre la ingesta de Ca y el índice de masa corporal (IMC). Esta relación entre el catión y el peso corporal se relaciona con el papel que tiene en la regulación de la adiposidad corporal a través de una disminución de la lipogénesis y un aumento de la lipólisis en tejido adiposo. Junto con esto se ha descrito un papel del Ca en el balance de energía corporal, disminuyendo el apetito e incrementando la termogénesis. Además, el calcio en la luz intestinal puede formar jabones con la grasa de la dieta, favoreciendo su precipitación y su excreción fecal, y en consecuencia, disminuyendo su absorción. En estos mecanismos parece intervenir el receptor sensible al calcio del adipocito. Su estimulación por bajas ingestas de Ca disminuye la lipólisis y aumenta la lipogénesis.¹⁰

La leche es un alimento insustituible en todas las etapas de la vida dentro de una dieta equilibrada. Numerosas investigaciones han demostrado el papel que desempeñan la leche y sus derivados como vehículos de nutrientes esenciales para el adecuado funcionamiento del organismo. La leche es una fuente esencial de proteínas, grasas, minerales y vitaminas, así como de nucleótidos y poliaminas, entre otros micronutrientes. Dentro de estos destacan el calcio y la vitamina D, que por su elevada presencia y su alta biodisponibilidad, no igualada por ningún otro alimento, garantizan las ingestas diarias recomendadas (IDR).¹¹

Estos dos micronutrientes están vinculados con el desarrollo y mantenimiento de procesos fisiológicos tales como el crecimiento y mantenimiento óseo, la coagulación sanguínea, el metabolismo energético y neuromuscular, la función de enzimas digestivas, la división

neuromuscular y la diferenciación celular. Por estos motivos, el consumo de leche y sus derivados resulta fundamental, no solo durante el crecimiento y el desarrollo, sino en todas las etapas de la vida.¹¹

Sin embargo, en la actualidad existe una controversia generalizada sobre los posibles efectos perjudiciales que la leche y sus derivados pueden ocasionar sobre la salud, que no está respaldada por la evidencia científica. A consecuencia de dicha "moda alimentaria", tanto en España como en los países occidentales se ha observado que el consumo de leche ha disminuido notablemente, lo que ha dado como resultado una reducción preocupante en la ingesta de calcio y vitamina D, con las consecuencias que su carencia puede ocasionar para la salud.¹¹

El impacto que tienen las redes sociales y los medios de comunicación sobre el comportamiento de la población ha contribuido en gran medida a aumentar las dudas y mitos sobre el consumo de leche, que ha sido catalogada como nociva para la salud. Son alarmantes algunos titulares encontrados en estos medios, del tipo "La leche es un veneno". Por supuesto, hay que incidir en la importancia de una adecuada educación nutricional para que la población pueda tomar decisiones bien informadas y, dentro de esta, las campañas de promoción del consumo de lácteos (basadas en evidencia científica) son muy necesarias. Concretamente, el descenso en el consumo de leche en determinados grupos de población hace interesante la incorporación a la dieta de leches enriquecidas con estos micronutrientes, que permitan la ingesta de las cantidades adecuadas de los mismos sin modificar la ingesta de alimentos.¹¹

3.3.10 Importancia de los nutrientes procedentes de productos lácteos en el funcionamiento del organismo

Los minerales juegan un papel multifuncional en la salud humana. Además de participar en la formación de la estructura ósea y los dientes, son necesarios para procesos metabólicos tales como la producción de energía, la absorción de nutrientes y la formación de proteínas, entre otros. Concretamente, el calcio es el principal componente de los huesos, los cuales actúan como reservorio de dicho mineral, lo que permite que se mantengan sus niveles en la sangre y en las células, donde actúa como segundo mensajero en la transducción de señales,

e interviene en procesos como la coagulación sanguínea, la contracción muscular y la transmisión del impulso nervioso, además de ser cofactor de algunas enzimas y de ayudar al mantenimiento de la integridad y de la funcionalidad de membranas.¹¹

La vitamina D regula la homeostasis del calcio y la mineralización ósea, además de activar un factor de transcripción nuclear conocido como receptor de vitamina d (rvd), implicado en los procesos de diferenciación celular, inmunitarios y neuroprotectores, y en la regulación de la presión arterial y neuroprotectores. Dichas funciones los convierten en nutrientes esenciales y justifican la necesidad de su ingesta a través de los alimentos, entre los que destacan los productos lácteos porque mejoran su biodisponibilidad.¹¹

Además, es importante mencionar también otros micronutrientes que encontramos en la leche, aunque no sean tan abundantes, pero que son necesarios para el correcto funcionamiento del organismo. Un litro de leche suministra 120 mg de magnesio, lo que corresponde al 29% de la IDR para este mineral, cuyo equilibrio es dinámico entre la fase acuosa y micelar; de 3 a 4 mg de zinc, que está en su mayoría presente en la fase micelar asociado con la caseína; así como 30 mg de selenio, que representa alrededor del 67% de la IDR para este oligoelemento.¹¹

Por otro lado, otros componentes de la leche, como las proteínas, los lípidos y los hidratos de carbono, como la lactosa, los oligosacáridos libres y los glucósidos o glicoconjugados enlazados, son capaces de modificar la microbiota intestinal, lo que facilita una utilización más eficiente de los alimentos. Karav y cols han mostrado un efecto específico de los oligosacáridos liberados de las glicoproteínas de la leche y de la fracción de caseína y suero sobre el crecimiento bacteriano. Además, algunos trabajos han demostrado que las bacterias intestinales expresan numerosas enzimas, hasta ahora desconocidas, que posiblemente estén relacionadas con la mejor utilización de los nutrientes de los alimentos.¹¹

3.3.11 Importancia del consumo de calcio y vitamina D de la leche en el desarrollo óseo

Las recomendaciones de cualquier nutriente se establecen siempre de acuerdo a la edad y a las necesidades específicas de cada individuo. En este sentido, garantizar las necesidades del

organismo dependerá no solo de la cantidad sino, además, de la calidad del nutriente que se ingiere. Los momentos clave donde hay mayor necesidad de calcio son los primeros años de vida, la pubertad y la vejez. La leche materna es sin duda el alimento completo e ideal para los primeros seis meses de vida y, a partir de este momento, junto con la alimentación complementaria, sigue siendo la principal fuente de proteína biodisponible hasta los dos años de vida; por tanto, la lactancia materna es la más recomendable durante este periodo.¹¹

De no continuar con la leche materna, a partir del primer año de vida se puede incorporar la leche de vaca en la dieta del niño. Durante la pubertad se produce un crecimiento intenso y se inicia la densificación de los huesos, que permitirá, al llegar a la vida adulta, la tolerancia en el caso de las mujeres a las pérdidas características del embarazo, la lactancia y el climaterio. Alcanzar el desarrollo superior de masa ósea es fundamental, ya que se ha estimado que un aumento del 10% de dicha masa ósea óptima podría disminuir el riesgo de fracturas osteoporóticas durante la edad adulta en un 50%. Es importante hacer hincapié en que si la ingesta de calcio disminuye, el organismo utiliza el calcio óseo para mantener las concentraciones plasmáticas necesarias para su correcto funcionamiento, lo que disminuye la densidad mineral ósea y debilita los huesos, que serán más susceptibles a sufrir fracturas.¹¹

En 2016, la fundación nacional de osteoporosis de estados unidos realizó una revisión sistemática sobre los predictores de la masa ósea máxima. Dicha revisión muestra fuerte evidencia sobre la relación entre la ingesta total de calcio y la masa ósea, y destaca la relación entre esta y la ingesta de lácteos como principal fuente de calcio. Dentro de los ensayos clínicos revisados, el que mostró el mayor beneficio de los lácteos fue un estudio realizado en niñas chinas que consumieron una media de 455 mg de calcio/día.¹¹

Además, varios estudios han demostrado que un aumento en la ingesta de calcio durante la infancia, adolescencia y juventud se relaciona con una mayor ganancia de masa ósea. La densidad de masa ósea se correlaciona positivamente con la ingesta de proteína de la leche, que es más beneficiosa para la masa ósea del cuello femoral que la proteína de carne roja o de alimentos procesados.¹¹

Por otro lado, se ha demostrado que en niños y adolescentes, que normalmente tienen un ritmo acelerado de recambio óseo para satisfacer las necesidades del crecimiento esquelético,

un alto consumo de leche suprime la secreción de hormona paratiroidea (pth) y disminuye los niveles de marcadores de resorción ósea, a la vez que mejora el crecimiento óseo; en este caso, una alta ingesta de carne no comparte estos efectos. Todas estas evidencias demuestran que el consumo de productos lácteos juega un papel primordial en el correcto desarrollo óseo del individuo y ayuda a prevenir deficiencias en la vida adulta que no tienen otras alternativas para ser solucionadas.¹¹

En cuanto a la población adulta, aunque la masa ósea se ha formado en un 90% a los 18 años, no se alcanza el máximo hasta los 25-30 años, por lo que tener una ingesta adecuada de calcio durante esta etapa sigue siendo importante para obtener una salud ósea óptima, sobre todo en las mujeres que están en edad fértil. En mujeres posmenopáusicas sanas, en las que la densidad de masa ósea se correlaciona positivamente con la ingesta de leche durante la infancia y la adolescencia, la suplementación con leche también reduce los niveles de marcadores de recambio óseo. Finalmente, una dieta rica en leche baja en grasa también se ha asociado con la preservación de la masa ósea en personas mayores.¹¹

El efecto de la leche o cualquier otra fuente de calcio en la ralentización del recambio óseo son particularmente marcados en las poblaciones en las que la ingesta de calcio en la dieta es baja, como por ejemplo en las personas mayores que residen en los países asiáticos. Para este tipo de poblaciones, es importante considerar la utilización de productos enriquecidos, que aportan una mayor cantidad de calcio y, por lo tanto, permiten una ingesta más adecuada sin modificar la dieta de forma significativa.¹¹

En 2014, una revisión sistemática concluyó que la suplementación con vitamina D y calcio puede prevenir las fracturas en hombres mayores y mujeres posmenopáusicas, tanto las de cadera como las fracturas nuevas no vertebrales. Sin embargo, estos autores encontraron una mayor incidencia de síntomas gastrointestinales y enfermedad renal asociados a la suplementación con vitamina d y calcio, pero no una mayor mortalidad en los sujetos suplementados.¹¹

3.4 Intolerancia a la lactosa

La leche, por su calidad nutricia, propiedades fisicoquímicas y fácil adquisición representa un alimento muy importante para la mayoría de la población mundial. En las diferentes etapas de la vida, la leche es alimento exclusivo de mamíferos; a partir del destete, se convierte en una opción en la alimentación para los humanos, quienes aprendieron a consumirla de mamíferos, especialmente la de vaca, desde hace más de 10,000 años. Actualmente se ha convertido en un alimento muy versátil, consumido en bebidas, productos lácteos o como ingrediente en diversos productos alimenticios.¹²

En general, la intolerancia a la lactosa es la mayor limitante en el consumo de estos productos en la población. La lactosa es el hidrato de carbono presente en la leche, siendo la leche y productos derivados la única fuente de lactosa en la dieta. La lactosa proveniente de productos lácteos tiene que digerirse para ser utilizada por células intestinales de los humanos y mamíferos. La β -galactosidasa, producida en los enterocitos del duodeno, hidroliza la lactosa en glucosa y galactosa, mismas que son absorbidas por la mucosa intestinal. Sin este proceso de hidrólisis o digestión, la lactosa produce trastornos.¹²

3.4.1 Intolerancia a la lactosa y deficiencia de lactasa

La intolerancia a la lactosa es un cuadro clínico caracterizado por dolor abdominal, náusea, flatulencia y/o diarrea y que se presentan debido a la ingestión de alimentos que contienen lactosa. La experiencia de los mismos depende de la cantidad de lactosa que se ingiera y de los alimentos o componentes que acompañen a la lactosa, de la concentración de lactosa que exista en la mucosa intestinal y de la sensibilidad individual que tenga la persona a la experiencia de los síntomas.¹²

Debe aclararse que existe, además, una entidad referida como intolerancia a la leche, que puede deberse a algún otro componente de la leche que no es lactosa, como se describe posteriormente. La mala digestión de lactosa es una condición fisiológica atribuible a un desequilibrio entre la cantidad de enzima en la mucosa intestinal y la cantidad de lactosa ingerida que llega al tracto digestivo, de manera que el exceso de lactosa que no se digiere permanece en la luz de la mucosa intestinal. Cuando esta lactosa causa algunas o todas las

alteraciones del cuadro clínico características es cuando se puede hablar de intolerancia a la lactosa, mencionada anteriormente.¹²

La lactosa que no se absorbe atrae agua osmóticamente hacia el lumen intestinal, aproximadamente el triple del agua que normalmente existe, de manera que como el intestino no puede mantener un gradiente electroquímico elevado entre el contenido intestinal y la sangre, aumenta el contenido de agua y la fluidez de los contenidos intestinales. La lactosa que permanece en el lumen intestinal alcanza el colon, en donde se fermenta por acción de la microbiota intestinal. Los productos de la fermentación son ácidos grasos de cadena corta (metano, ácido acético, ácido propiónico y ácido butírico) e hidrógeno.¹²

Tanto el metano como el hidrógeno alcanzan los pulmones por vía sanguínea y constituyen la base de la prueba de hidrógeno espirado que se utiliza, entre otras cosas, para diagnosticar mala digestión de lactosa. El ácido acético se usa como fuente de energía en la célula intestinal, mientras que los ácidos propiónico y butírico ingresan a la circulación y se transportan al hígado de manera que la lactosa no digerida por las enzimas intestinales tiene un aporte de energía al organismo mediante su fermentación.¹²

La mala digestión de lactosa, al ser una condición fisiológica, se mide con pruebas objetivas como el análisis de hidrógeno espirado o la actividad de lactasa en biopsia intestinal. La deficiencia primaria de lactasa o no persistencia de lactasa se atribuye a la inexistencia parcial o total de la lactasa en la mucosa intestinal, se manifiesta en los niños a diferentes edades, dependiendo de la raza, y es la causa más común de mala digestión e intolerancia a la lactosa. Se conoce también como hipolactasia en los adultos, y dado que la herencia normal es que el adulto tenga valores muy bajos de la enzima, se refiere más bien como una falta de persistencia de lactasa.¹²

La deficiencia de lactasa ocurre en el 70% de la población adulta del mundo. La producción intestinal de esta enzima empieza a declinar en los niños a partir de los dos años de edad, y entre los 5 y los 14 años la mayoría de la población experimenta una reducción acentuada en su síntesis, ya que está programada genéticamente, según se describe más adelante. En la mayoría de la población, los adolescentes mayores y los adultos tienen sólo un 5 a 10% de la concentración de lactasa que existía en la infancia. Contrario a lo que se cree, esta reducción

no está relacionada con la ingestión de lactosa o de leche, y la aparición de los síntomas pueden o no darse en la adolescencia o en la edad adulta.¹²

La lactasa es la más superficial y sensible de las disacaridasas que se encuentran en la mucosa intestinal, por lo que ante cualquier cambio en la mucosa del duodeno, que es donde se localiza, se produce una deficiencia temporal de la enzima. Esta condición o deficiencia secundaria de lactasa es claramente distinta a la deficiencia primaria de lactasa que está determinada genéticamente.¹²

La pérdida de la síntesis de lactasa debida a afecciones en la mucosa intestinal se presenta consecutivamente a padecimientos como la gastroenteritis aguda, desnutrición, diarrea persistente, sobrecrecimiento bacteriano, infecciones por *Giardia lamblia* o *Ascaris lumbricoides* o condiciones que producen cambios en la mucosa del intestino como la enfermedad celiaca activa o la quimioterapia o radioterapia localizada en el abdomen.¹²

Este tipo de deficiencia puede presentarse en cualquier edad, pero es más común en la infancia. La característica más importante de la deficiencia secundaria de lactasa es que la enzima puede recuperarse relativamente rápido cuando se elimina el padecimiento o condición que la está causando, ya que la lactasa es una disacaridasa cuya capacidad de síntesis se recupera rápidamente, lo que mejora notablemente la intolerancia a la lactosa.¹²

Existen otras formas de deficiencia de lactasa que son muy raras y ocurren sólo en casos muy específicos. La deficiencia congénita de lactasa afecta a recién nacidos que presenta diarrea persistente tan pronto como se alimenta al seno materno o se administran fórmulas infantiles a base de leche de vaca; generalmente se acompaña de deshidratación severa, por lo que puede ser muy grave. Otra variante es la deficiencia de lactasa por falta de desarrollo, que se observa en los recién nacidos prematuros, de menos de 34 semanas de gestación. La lactasa en el intestino se desarrolla generalmente en las últimas etapas de la gestación, por lo que el prematuro no va a tener una expresión madura de la enzima; entre más prematuro sea el niño, mayor es el riesgo de esta deficiencia de lactasa, que desaparece generalmente conforme madura el intestino del bebé.¹²

3.4.2 Características genéticas de la deficiencia primaria de lactasa.

La deficiencia primaria de lactasa se hereda en forma autosómica recesiva siguiendo un esquema mendeliano. La expresión del gen que codifica para la lactasa se localiza en el cromosoma 2q21 y parece regularse por elementos que actúan en la posición cis. Por ejemplo, un estudio en la población de Finlandia identificó 2 polimorfismos de un solo nucleótido (SNPs, por sus siglas en inglés) asociados con la expresión de la persistencia de la lactasa C/T-13910 y G/A-22018, localizados ~14 kb y ~22 kb hacia arriba del que codifica la lactasa, respectivamente, dentro de los intrones 9 y 13 del gen del minicromosoma adyacente de mantenimiento 6 (MCM6).¹²

En este estudio, los alelos T-13910 y A-22018 se asocian en un 100 y 97% con la persistencia de la lactasa, respectivamente, y en otros estudios de diferentes poblaciones europeas los alelos T-13910 y A-22018 se asocian en un 86 a 98% con la persistencia de la lactasa. Esto ha sido descrito también para otras poblaciones, y se ha demostrado que los adultos en poblaciones que consumen leche pueden expresar variantes diferentes de la persistencia de la lactasa, enfatizando la importancia de mutaciones recientes en la evolución de los humanos.¹²

En individuos con persistencia de lactasa homocigota, la concentración de lactasa en la vellosidades de la mucosa intestinal es 10 veces mayor que en homocigotos de no persistencia de lactasa o que en heterocigotos.¹²

3.4.3 Tratamiento de la intolerancia a lactosa

El tratamiento de la intolerancia a la lactosa más evidente cuando los síntomas son de tal importancia que merman la calidad de vida del paciente se basa en la eliminación del consumo de leche y de sus derivados; de hecho existe una tendencia en la población intolerante a tener cierto rechazo a la leche, y en algunas ocasiones también a otros productos lácteos. Cuando se evita el consumo de leche puede aumentar el riesgo de no alcanzar las recomendaciones de algunos nutrientes como el calcio, y quizá también las proteínas, por lo que en este caso se debe cuidar que se consuman alimentos alternativos que aporten la cantidad suficiente de calcio.¹²

La leche, además, al ser adicionada de vitamina D es también una fuente importante de la misma, por lo que al restringir el consumo de leche el intolerante a la lactosa cubre con menos

facilidad aún su requerimiento de esta vitamina. En México, un alimento que aporta cantidades importantes de calcio a la dieta es la tortilla; en estudios previos se ha demostrado que el calcio en la tortilla es razonablemente biodisponible, especialmente cuando se cuida que el proceso de nixtamalización se haga adecuadamente.¹²

Otra forma de manejar la intolerancia a la lactosa es disminuyendo la cantidad de lactosa que se consume. Si se consume leche, esto se puede lograr evitando dosis elevadas en una sola toma y repartiendo la dosis total que se quiera tomar en cantidades más pequeñas. Otra opción es consumiendo otros productos lácteos que contienen menos lactosa de acuerdo con el tamaño de la porción, por ejemplo quesos o helado. El yogur disminuye la intolerancia a la lactosa, ya que contiene microorganismos que sintetizan β -galactosidasa, generando un proceso de autodigestión de la lactosa (en el propio yogur).¹²

En los últimos años muchas de las empresas que se dedican a la producción y comercialización de leche ofrecen a sus consumidores leche con la lactosa hidrolizada, comercialmente la denominan leche deslactosada. Ésta se elabora haciendo pasar la leche a través de un reactor que contienen β -galactosidasas microbianas. La enzima en el reactor digiere la lactosa en sus componentes monosacáridos: glucosa y galactosa; la glucosa tiene un poder edulcorante más alto que la lactosa original, lo que hace que estos productos sean más dulces.¹²

El proceso de digestión de lactosa no es totalmente eficiente debido a que la actividad de las β -galactosidasas microbianas se inhibe por la acumulación de los productos de la reacción glucosa y/o galactosa. Este proceso de inhibición competitiva por los productos de la reacción es común a la mayoría de las enzimas, y es un mecanismo de control natural de la actividad enzimática. Por esta razón, el grado de hidrólisis de la mayoría de las «leches deslactosadas» que están en el mercado es de 70 a 85%, por lo que en realidad contiene menos lactosa que la leche original pero no eliminan la lactosa. También existe una tendencia en el mercado a tener productos que simulan la composición de la leche, pero que se elaboran con otros alimentos.¹²

De esta manera se presentan, en muchas ocasiones, como «leche de soya, leche de almendras o leche de coco», por ejemplo. Si bien estos productos son efectivos para eliminar la intolerancia a la lactosa ya que naturalmente no la contienen, no tienen nada que ver con la

leche. Sólo se le puede llamar leche a la sustancia que se excreta en la glándula mamaria de los mamíferos. Las demás son bebidas formuladas con diferentes propósitos, con una composición generalmente muy diferente a la de la leche.¹²

3.5 Fabricación de leche deslactosada

La segmentación del mercado ha originado la necesidad de producción de leches con diferentes características, como por ejemplo leches con bajo contenido en lactosa, leches para infantes con contenido de proteínas y calcio elevados. Aunque existe la idea de que leche es el líquido extraído de las ubres de animales mamíferos, puesto que este producto es la materia prima para la elaboración de los productos comprendidos en la presente descripción, es posible denominar leche a estos productos, dado que además no se le está agregando algún componente extraño.¹³

En las leches con bajo contenido de lactosa, existen procesos que utiliza la lactasa y resta en la leche los monosacáridos glucosa y galactosa que forman el disacárido lactosa. Siendo la galactosa más dulce que la lactosa, estos procesos pueden dar por resultado una leche con un dulzor acentuado.¹³

Procesos que son usados para la fabricación de la leche deslactosada.

- Microfiltración Usada para retener partículas del tamaño de bacterias y esporas. Deja pasar proteínas, glóbulos de grasa, azúcares, aminoácidos, minerales y agua.¹³
- Ultrafiltración: (UF) Usada para retener partículas del tamaño de proteínas y glóbulos de grasa. Deja pasar azúcares, aminoácidos, minerales y agua.¹³
- Nanofiltración. (NF) Usada para retener partículas del tamaño de azúcares como la sacarosa o azúcar de mesa. Deja pasar minerales y agua.¹³
- Osmosis Inversa. Deja pasar prácticamente sólo agua en conjunto con minerales muy sencillos.¹³

Con este conocimiento no es todavía posible determinar un proceso de tratamiento de la leche para obtener una leche deslactosada con características organolépticas semejantes a la leche ultra-pasteurizada sin proceso de deslactosado. Es decir, por ejemplo, un proceso conocido actualmente es el que tiene la siguiente serie de pasos: Los equipos utilizados son de membranas capaces de realizar procesos de microfiltración, ultrafiltración, nanofiltración y ósmosis inversa para el fraccionamiento de los diferentes componentes en este caso de la leche.¹³

El proceso general para la obtención de leches sin lactosa o reducidas en lactosa es:

- Someter una leche descremada o parcialmente descremada al proceso de ultrafiltración para la obtención respectiva de un retentado y permeado.¹³
- El permeado de la UF es sometido entonces al proceso de nanofiltración para obtener de igual forma el respectivo retentado y permeado.¹³
- Se realiza un mezclado del retentado de la UF y el permeado de la NF.¹³

Con estos dos procesos UF y NF se puede realizar una eliminación parcial o incluso casi total del contenido de lactosa, en donde se pierde también parte de los minerales. Esta mezcla es sometida luego a un proceso de hidrólisis enzimática con la enzima β -galactosidasa para terminar de reducir el contenido de lactosa generando glucosa y galactosa.¹³

También se puede realizar la reconstitución de la leche usando sólo el retentado de la UF con la adición de agua hasta el nivel deseado de proteína o incluir el procesos de ósmosis inversa para concentrar los minerales del permeado de la NF y ser usados en la reconstitución de la leche. Este proceso da por resultado una leche con características organolépticas extrañas para una leche normal y este proceso no toma en cuenta esta situación, además de la posibilidad de utilizar operaciones unitarias que encarecen el proceso de producción.¹³

Efectivamente, un invento que demuestre qué etapas (micro, ultra y nanofiltración y ósmosis inversa) son indispensables para lograr un proceso de deslactosado que logre la obtención de una leche deslactosada o sin lactosa con un perfil sensorial equivalente al de una leche pasteurizada normal (sin deslactosar), con una remoción parcial de la lactosa por medios físicos en una primera etapa y la posterior eliminación de la lactosa remanente con el uso de la enzima lactasa (β -galactosidasa) y la obtención de una lactosa íntegra como subproducto, estará aportando al estado de la técnica conocimiento no existente actualmente y ameritará una patente para su protección.¹³

3.6 Método gravimétrico

Los métodos gravimétricos se basan en las mediciones de masa. Hay dos tipos principales de métodos gravimétricos: métodos de precipitación y métodos de volatilización.²

-Método de volatilización

En los métodos de volatilización, el analito o sus productos de descomposición se volatilizan a una temperatura adecuada. El producto volátil se recoge y se pesa o, como opción se determina la masa del producto de manera indirecta por la pérdida de masa en la muestra. Los dos métodos gravimétricos más comunes basados en la volatilización son los que se aplican para el agua y el dióxido de carbono.²

-Método de precipitación

En estos, el analito se convierte en un precipitado poco soluble. Este precipitado se filtra, se lava para eliminar las impurezas y se convierte en un producto de composición conocida mediante el tratamiento térmico adecuado y, finalmente, se pesa.²

3.6.1 Aplicaciones de los métodos gravimétricos

Los métodos gravimétricos se han desarrollado para cuantificar aniones y cationes inorgánicos, así como para especies neutras como agua, dióxido de azufre, dióxido de carbono y yodo. También pueden determinarse fácilmente diversas sustancias orgánicas por estos métodos gravimétricos. Entre los ejemplos se incluyen lactosa en productos lácteos, salicilatos en preparación de fármacos, fenoltaleína en laxantes, nicotina en pesticidas, colesterol en cereales y benzaldehído en extractos de almendras.²

3.6.2 Propiedades de los precipitados y de los reactivos precipitantes.

De manera ideal un agente precipitante gravimétrico debería reaccionar específicamente o al menos selectivamente, con el analito. Son raros los reactivos específicos que reaccionan sólo con una especie química. Los 40 reactivos selectivos más comunes reaccionan sólo con un número limitado de especies. Además de la especificidad o selectividad, el reactivo precipitante ideal debería reaccionar con el analito para formar un producto tal que:²

- Se pueda filtrar y lavar fácilmente para quedar libre de contaminantes
 - Tenga una solubilidad lo suficientemente baja para que no haya pérdidas importantes durante la filtración y el secado.
 - No reaccione con los componentes atmosféricos
- Tenga una composición conocida después de secarlo o de calcinarlo, si fuera necesario En general, en el trabajo gravimétrico se prefieren los precipitados formados por partículas grandes ya que son más fáciles de filtrar y lavar para eliminar impurezas. Además este tipo de precipitados generalmente son más puros que los formados por partículas finas.²

3.6.3 Agentes precipitantes inorgánicos

Estos reactivos normalmente forman con el analito, sales ligeramente solubles u óxidos hidratados. La mayoría de los reactivos inorgánicos no son muy selectivos debido a sus numerosos usos. Como ejemplo de precipitante inorgánico el ácido oxálico que precipita elementos como el calcio en forma de óxido de calcio, el estroncio en forma de óxido de estroncio, así como al torio en forma de dióxido de torio.²

3.6.4 Formación de precipitados

Los precipitados se forman por dos procesos distintos: por nucleación y por crecimiento de partícula. En la nucleación muy pocos iones, átomos o moléculas (4 o 5), se juntan para formar partículas sólidas estables. Con frecuencia estos núcleos se forman sobre la superficie de contaminantes sólidos suspendidos como las partículas de polvo. La precipitación posterior implica una competencia entre la nucleación adicional y el crecimiento de núcleos ya existentes (crecimiento de partícula). Si predomina la nucleación el resultado es un precipitado con muchas partículas pequeñas; si predomina el crecimiento de partícula, se

produce un menor número de partículas, pero de mayor tamaño. Se cree que la velocidad de nucleación aumenta considerablemente con el incremento de la sobresaturación relativa.²

Al contrario, la velocidad del crecimiento de partícula solo aumenta moderadamente con una alta sobresaturación relativa. Así, cuando se forma un precipitado a una alta sobresaturación relativa, la nucleación es el mecanismo principal de precipitación y se forma un gran número de pequeñas partículas. Por otro lado, la baja sobresaturación relativa hace que predomine el crecimiento de partícula y se deposite el sólido sobre las partículas ya existentes ya que no hay más nucleación, dando como resultado una suspensión cristalina.²

3.6.5 Precipitación.

El producto ideal de un análisis gravimétrico debe ser insoluble, fácilmente filtrable, muy puro, y debe tener una composición conocida. Aunque pocas sustancias cumplen todos estos requisitos, técnicas adecuadas ayudan a optimizar las propiedades de los precipitados gravimétricos. Por ejemplo, la solubilidad de un precipitado, de ordinario, disminuye enfriando la disolución. Las partículas de un precipitado no deben ser tan pequeñas que obstruyan o pasen a través del filtro.²

Los cristales grandes tienden además menor área superficial a la que se puedan absorber especies extrañas. En el otro extremo, se encuentran las suspensiones coloidales de partículas que tienen diámetros en el intervalo de 1 a 100mm, y que pasaran a través de la mayoría de los filtros. Las condiciones de precipitación tienen mucho que ver con el tamaño de las partículas resultantes. En una precipitación homogénea, el precipitante se genera lentamente mediante una reacción química, por ejemplo, la urea se descompone en agua a ebullición produciendo OH^- .²

3.6.6 Tamaño de partícula y capacidad de filtración de los precipitados.

En general, en el trabajo gravimétrico se prefieren los precipitados formados por partículas grandes ya que son más fáciles de filtrar y lavar para eliminar impurezas. Además, este tipo de precipitados generalmente son más puros que los formados por partículas finas.²

3.6.7 Factores determinan el tamaño de partícula.

El tamaño de las partículas de los sólidos formados por precipitación es sumamente variable. En un extremo se encuentran las suspensiones coloidales, cuyas finas partículas no son variables a simple vista (10^7 a 10^4 cm de diámetro). Las partículas coloidales no tienden a sedimentar ni se filtran con facilidad.²

En el otro están las partículas con dimensiones del orden de décimas de milímetro o mayores, a cuya dispersión temporal en la fase líquida se le denomina suspensión cristalina. Las partículas de una suspensión cristalina tienden a sedimentar espontáneamente y pueden filtrarse con facilidad. La formación de los precipitados se ha estudiado durante casi dos siglos, pero el mecanismo del proceso aún no es bien conocido. Sin embargo, se sabe que las variables experimentales, como la solubilidad con la que se mezclan, influyen en el tamaño de sus partículas. El efecto total de estas variables se puede explicar, al menos cualitativamente, al suponer que el tamaño de la partícula está relacionado con una propiedad del sistema denominada sobresaturación relativa, donde:²

$$\text{Sobresaturación relativa} = \frac{Q-S}{S}$$

En esta ecuación, Q es la concentración del soluto en cualquier momento, y S es su solubilidad en el equilibrio. Con frecuencia, las reacciones de precipitación son tan lentas que aun cuando se agregue gota a gota el agente precipitante, puede producirse algo de sobresaturación.²

Pruebas experimentales indican que el tamaño de la partícula de un precipitado varía inversamente con el grado de sobresaturación relativa promedio durante el tiempo en el que se está adicionando el reactivo. Así, cuando $(Q - S)/S$ es grande, el precipitado tiende a ser coloidal; pero cuando $(Q - S)/S$ es pequeño, es más posible que se forme un sólido cristalino.²

3.6.8 Control del tamaño de partícula.

Las variables experimentales que reducen la sobresaturación y favorecen la formación de precipitados cristalinos incluyen temperaturas elevadas para aumentar la solubilidad del precipitado (S en la ecuación) el uso de soluciones diluidas (para reducir Q) y una adición lenta del reactivo precipitante junto con una buena agitación. Con las últimas dos medidas también se reduce la concentración del soluto (Q) en un momento determinado.²

También se pueden obtener partículas más grandes si se controla el pH, si la solubilidad del precipitado depende de éste. Por ejemplo, se pueden obtener cristales grandes de oxalato de calcio si se filtran con facilidad, si la masa del precipitado se forma en un ambiente ligeramente ácido donde la sal es moderadamente soluble. La precipitación se completa por la adición lenta de una solución acuosa de amoníaco, hasta que la acidez sea suficientemente baja para que remueva todo el oxalato de calcio. La precipitación adicional producida durante este proceso se forma sobre las partículas sólidas formadas en la primera etapa.²

3.6.9 Crecimiento de cristales.

La cristalización tiene lugar en dos fases: nucleación y crecimiento de partículas. Durante la nucleación, las moléculas que se encuentran en la disolución se unen al azar y forman pequeños agregados. El crecimiento de partículas supone la adición de más moléculas al núcleo para formar un cristal. Cuando una disolución contiene más soluto del que puede estar en equilibrio, se dice que la disolución está sobresaturada. En una disolución muy sobresaturada, la nucleación tiene lugar más rápidamente que el crecimiento de partículas.²

El resultado es una suspensión de partículas pequeñas o, en el peor caso, un coloide. En una disolución menos sobresaturada, la nucleación es más lenta, y los núcleos tienen oportunidad de crecer formando partículas más grandes y más fáciles de tratar.²

Las técnicas que se pueden utilizar para favorecer el crecimiento de partículas son:

- Aumentar la temperatura, para aumentar la solubilidad y por tanto disminuir la sobresaturación. - Añadir lentamente el precipitante mientras se agita vigorosamente, para evitar condiciones de gran sobresaturación local en los puntos en que el precipitante entra en contacto con el analito.
- Mantener un volumen grande de disolución, de modo que las concentraciones de analito y precipitante sean bajas.²

3.6.10 Pureza.

Las impurezas adsorbidas están unidas a la superficie del cristal. Las impurezas adsorbidas (dentro del cristal) se clasifican en inclusiones u oclusiones. Las inclusiones son iones de impurezas, que ocupan al azar posiciones en la red cristalina, normalmente ocupados por

iones que pertenecen al cristal. Las inclusiones son más probables cuando el ion de la impureza tiene un tamaño y una carga semejante a la de alguno de los iones que pertenecen al producto.²

Las oclusiones son bolsas de impureza que quedan literalmente atrapadas en fase de crecimiento. Se dice que las impurezas adsorbidas, ocluidas o incluidas están co-precipitadas, es decir, la impureza precipita junto con el producto deseado, aun cuando no se haya sobrepasado la solubilidad de la impureza. La co-precipitación tiende a ser peor en precipitados coloidales (que tienen una gran área superficial), como BaSO_4 , $\text{Al}(\text{OH})_3$, y $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Muchos procedimientos exigen un lavado, para eliminar las aguas madres, la redisolución del precipitado y la Re precipitación del producto.²

Durante la segunda precipitación, la concentración de las impurezas en la disolución es menor que durante la primera precipitación, y por tanto el grado de co-precipitación tiende a ser menor. Se pueden tratar algunas impurezas con un agente enmascarante para impedir que reaccione con el precipitante. En análisis gravimétrico de Be^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} o Ba^{2+} con el reactivo ácido N-p-clorofenilcinamohidroxálico se pueden mantener en disolución impurezas como Ag^+ , Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Hg^{2+} , Fe^{2+} , y Ga^{3+} , añadiendo un exceso de KCN. Se puede enmascarar a los iones Pb^{2+} , Pd^{2+} , Sb^{3+} , Sn^{2+} , Bi^{3+} , Zr^{4+} , Ti^{4+} , V^{5+} , Mo^{6+} con una mezcla de citrato de oxalato. Aun cuando un precipitado se forme en estado puro, se puede impurificar mientras permanece en contacto con las aguas madres. Este fenómeno se llama post-precipitación, y de ordinario se refiere a una impureza sobresaturada, que no cristaliza inmediatamente.²

3.6.11 Composición del producto.

El producto final debe tener una composición estable conocida. Una sustancia higroscópica es una sustancia que toma agua del aire, y que, por tanto, es difícil de pesar con exactitud. Muchos precipitados contienen una cantidad variable de agua, y se deben secar en condiciones tales que originen una estequiometría conocida (lo mejor, 0) de H_2O . La calcinación (calefacción energética) se usa para cambiar la forma química de algunos precipitados.²

CAPÍTULO IV

4.0 PRODUCTO FINAL

4.1 DETERMINACIÓN DE CALCIO EN LECHE SEMIDESCREMADA DESLACTOSADA PASTEURIZADA DE TIPO FLUIDA

4.2 Introducción

El desarrollo científico y tecnológico ha traído como consecuencia un gran número de estudios dedicados al análisis de la calidad de los alimentos que consumimos, entre ellos, se destacan los estudios de las propiedades nutritivas de los alimentos, y específicamente la leche en cuanto al análisis de sus principales componentes nutritivos como lo es el Calcio (Ca) por sus diferentes funciones en el cuerpo humano.

El mineral Calcio es esencial para el cuerpo humano y se encuentra presente en la leche. El Calcio es el principal constituyente de los huesos y los dientes, los mantiene fuertes y previene la osteoporosis.

El propósito de esta marcha analítica es para la determinación de Calcio en leche semidescremada deslactosada de tipo fluida y comparar su porcentaje de Calcio con lo establecido en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, empleando la técnica de análisis gravimétrico.

Con el fin de aportar a la Salud del consumidor, información sobre los alimentos que consume, en particular el contenido de mineral Calcio (Ca), que debe mostrar las etiquetas en los envases de las leches comerciales.

4.3 Objetivos:

General

- Determinar el Calcio en leche semidescremada deslactosada pasteurizada de tipo fluida.

Específicos

- Demostrar mediante cálculos matemáticos para la expresión de resultados, presentándolos en unidades de medidas según lo establecido en el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá.
- Comprender el fundamento de la técnica de análisis gravimétrica

4.4 Tipo de método de análisis y Fundamento.

La técnica gravimétrica separa cuantitativamente un analito de otros componentes de la matriz en análisis, por la formación de un compuesto sólido, puro y poco soluble de composición definida, el cual está relacionado estequiométricamente con el analito de material sólido y que se pueda pesar en una balanza analítica, después de haber extraído las especies contaminantes del material sólido, dicho material se puede transformar en una especie más estable.

4.5 Determinación de Calcio

Cuando el medio de la solución que contiene al analito se alcaliniza con amoníaco arriba de un pH de 4 y a la vez adicionando una solución de ácido oxálico u oxalato de amonio, se produce la precipitación del catión calcio en forma de oxalato de calcio monohidratado, el cual es un polvo blanco, fino y ligeramente soluble en agua fría. Para la determinación de calcio en leche se tiene que separar primero el calcio del resto de los componentes, haciendo una precipitación química, separando el suero (fase líquida) que es el que contiene el calcio de la otra fase (sólida) que contiene el resto de los componentes de la leche ósea proteínas y grasas.

Reacción química en la formación de oxalato de calcio



Descripción

Solución bastante fluida homogénea de color blanco.

4.6 Reactivos:

- Agua Desmineralizada	
- Ácido Oxálico al 5%	
- Amoniaco 25%	
- Ácido Clorhídrico 6M	

4.7 Materiales y Equipo

- Vaso de precipitado 100 mL	- Termometro de Alcohol rango de -20 a 110 °C
- Vaso de precipitado 250 mL	
- Vaso de precipitado 500 mL	
- Vaso de precipitado 1000 mL	
- 3 Crisoles de porcelana	- Bomba al vacío
- Probeta 250 mL	- Papel filtro whatman
- Probeta 50 mL	
- Probeta 25 mL	
- Balanza analítica	- Embudo
- Baño termostático o Baño maría	- Agitador de vidrio
- Mechero	- Hielo
- Espátula canulada	- Estufa
- Papel indicador pH	- Mufla

Equipos y materiales de Seguridad:

- Lentes de Seguridad
- Guantes de Nitrilo
- Campana de Extracción de gases
- Mascara para vapores orgánicos
- Gabacha

Nota: Utilice los equipos de protección personal en todas las preparaciones de las soluciones.

Preparación de reactivos

- **Ácido Clorhídrico 6M:** Medir 51 mL de Ácido Clorhídrico al 37%, llevarlo a volumen de 100 mL con agua desmineralizada y homogenizar.
- *Nota: Se debe trabajar bajo la campana de extracción.*

4.8 Procedimiento

Determinación de Calcio

1. Lavar con agua y jabón los crisoles de porcelana.
2. Secar los crisoles en la estufa durante 30 minutos a 105°C.
3. Tarar los crisoles a 800°C en la mufla durante 15 minutos.
4. Retirar los crisoles con pinzas y enfriarlos en desecador durante 30 minutos.
5. Pesar los crisoles en balanza analítica.
6. Repetir el procedimiento del paso 2 hasta el paso 6 hasta obtener el peso constante, es decir hasta que entre la penúltima y última pesada, el peso no varíe en 0.002 g. Anotar los pesos
7. Medir 250mL de leche fluida pasteurizada que es equivalente a una porción
8. Transferir a un vaso de precipitado de 500 mL y adicionar 25 mL de ácido clorhídrico al 6M y agitar. El ácido desnaturaliza las proteínas lo que conlleva a la precipitación de todos los componentes excepto los minerales.
9. Filtrar con bomba al vacío utilizando papel filtro whatman. El filtrado contendrá todos los minerales incluyendo el calcio.
10. Lavar el precipitado con agua desmineralizada fría y recoger las aguas de lavado junto con el filtrado en otro vaso de precipitado de 500 mL.

11. Introducir los vasos de precipitado en un baño termostático con una temperatura de 80°C durante 15 minutos.
12. Transcurrido el tiempo enfriar los vasos de precipitado a temperatura ambiente, y adicionar 20mL de ácido oxálico al 5% en el vaso de precipitado.
13. Adicionar la cantidad necesaria de amoníaco 2 M para alcanzar un pH entre 8-9, verificando con papel indicador de pH. Observar la aparición de un precipitado de color blanco.
14. Agitar y mantener la suspensión por 30 minutos en baño termostático, reponiendo el amoníaco evaporado por el calor.
15. Enfriar la suspensión en un baño de hielo durante 15 minutos.
16. Filtrar el precipitado mediante un sistema de succión al vacío utilizando papel filtro libre de cenizas y lavar el precipitado con abundante agua desmineralizada para descartar impurezas.
17. Transferir el papel filtro con el precipitado a uno de los crisoles que previamente han sido tarados y enumerados.
18. Calcinar el precipitado formado de oxalato de calcio a 800°C durante 2 horas aproximadamente.
19. Enfriar los crisoles en desecador durante 30 minutos y luego pesarlos en balanza analítica.
20. Comprobar la obtención de óxido de calcio colocando una pequeña cantidad a la llama, observando una coloración rojo-anaranjado.
21. Determine el %p/v de calcio presente en la leche pasteurizada.
22. Realizar los pasos del 7 al 21 por triplicado

4.9 Fórmulas

- **Calcular la cantidad de Calcio presente en las muestras de leche**

$$\text{Peso CaO} = ((\text{peso crisol} + \text{peso CaO}) - (\text{peso crisol}))$$

$$g \text{ Ca en peso Mx} = \frac{1 \text{ mol CaO} \times 1 \text{ mol Ca} \times 40g \text{ Ca}}{56g \text{ CaO} \times 1 \text{ mol CaO} \times 1 \text{ mol Ca}}$$

$$\text{resultado en mg} = g \text{ Ca en peso Mx} \times 1000 \frac{\text{mg}}{1g} = \text{mg de Ca}$$

- **Calcular la cantidad de Calcio en 100 g de muestra de leche**

$$\text{Ca en 100g de Mx} = \text{mg de calcio en peso Mx real} \times \frac{100 \text{ g de Mx}}{\text{peso Mx real (mg)}}$$

- **Porcentaje sobre lo etiquetado calculado a partir de la cantidad de Calcio encontrada en 100 g de muestra**

$$\% \text{ sobre lo etiquetado} = \frac{\text{peso real}}{\text{peso teorico}} \times 100$$

Comparación teórica del contenido de calcio de leche semidescremada deslactosada pasteurizada de tipo fluida según etiqueta nutricional.

Según la FAO no es fácil establecer categóricamente las necesidades humanas de calcio, debido a que hay varios factores que influyen en la absorción y también existen variaciones considerables en las pérdidas de calcio de una a otra persona.

Las necesidades de calcio son mayores durante el embarazo y la lactancia, y los niños necesitan más calcio debido al crecimiento. Los que hacen dietas ricas en proteína necesitan más calcio en la alimentación.

Los niveles recomendados de consumo diario de calcio son los siguientes:

- Adultos, 400 a 500 mg;
- Niños, 400 a 700 mg;
- Mujeres embarazadas y madres lactantes, 800 a 1000 mg.

Para esta comparación se usan tres marcas de leche que se comercializan dentro del país. (Ver Anexo 1)

Tabla 1 Porcentaje de Calcio de marcas salvadoreñas de leche envasada.

Marca de Leche	Porcentaje de Calcio
Salud	35%
Dos Pinos	31%
Trebolac	30%

Fuente: Elaboración propia

Basándonos en este dato y los estándares que establecen que el porcentaje de valor diario (% VD) para determinar si una porción del alimento es alta o baja en un nutriente específico; como guía general el 5% o menos del VD de un nutriente por porción se considera bajo y el 20% o más del VD de un nutriente por porción se considera alto, por lo que las tres marcas de leche son en alto contenido de calcio.

Para la marca de leche Dos pinos por una porción de 250 ml la etiqueta nutricional establece que son 313 mg de Calcio por lo que en 100 ml de leche serían 125,2 mg de calcio; que basado lo que establece el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá junto a la Organización Panamericana para la Salud (Ver Anexo 2) para leche semidescremada fluida son 117 mg por 100 ml de leche por lo que la leche de marca Dos pinos cumpliría con las normativas establecidas.

Dado por los porcentajes de contenido de leche en las tres marcas de leche todas cumplirían con la normativa establecida.

Esta comparación teórica se traduce que para que una persona cumpla los requerimientos diarios establecidos por la FAO debe de consumir de dos a tres porciones de 250 ml de leche diarios.

Bibliografía

1. Quevedo A, Saravia F. Cuantificación de calcio por el método gravimétrico en leches pasteurizadas enteras, fluidas y en polvo, distribuidas en un supermercado en Antiguo Cuscatlán [Internet]. [San Salvador]: Universidad de El Salvador; 2012. Disponible en:

http://dx.doi.org/https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/2328/1/TRABAJO_DE_GRADUACION.pdf3.

2. Latham MC. Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo [Internet]. Roma: De las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación; 2002. Disponible en: <https://www.fao.org/4/w0073s/w0073s00.htm#Contents>
3. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá OP de la S. Tabla de Composición Química de los Alimentos. Guatemala; 2007.
4. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Organización Panamericana de la Salud. Tabla de Composición Química de los Alimentos. Guatemala; 2007.
5. Lopez, Hernan; Oropeza Ismael; Betancourt, Catalina; Determinación de la concentración de Calcio, Magnesio y Potasio en leche líquida en tres marcas comerciales, empleando la técnica de espectroscopia atómica. Revista de investigación, vol 41, num 90, enero - abril, 2017, p. 120-133

CAPÍTULO V

5.0 CONCLUSIONES

1. Se propone el diseño de una marcha analítica para la determinación de forma cuantitativa del mineral calcio en el tipo de leche fluida semidescremada por su contenido de grasa que va mayor a 0.15 % y menor a 3% de variedad deslactosada seleccionada como alternativa a las personas con intolerancia a la lactosa; con proceso de fabricación de pasteurización.
2. La propuesta de marcha analítica describe el método gravimétrico y su aplicación para la cuantificación del mineral calcio en la muestra que es leche; dicho método se fundamenta en una reacción de precipitación mediante dos etapas iniciando con separación, donde el calcio se separara del resto de minerales, vitaminas entre otros nutrientes contenidos en la leche avanzando a la segunda etapa calcinación para posteriormente tomar su peso.
3. Dentro del diseño de la marcha analítica para la determinación de calcio en tipo de leche semidescremada deslactosada de tipo fluida se incluyen el planteamiento de los cálculos matemáticos para poder expresar los resultados en medidas que establece el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá que es en mg; para ellos se plantea una ecuación donde el peso del Calcio obtenido se relaciona el peso del crisol tarado más el peso de Oxido de calcio que se formó en la etapa de calcinación menos el peso del crisol vacío este resultado expresada en g que por factores de conversión pasarlos a mg y por estequiometria relacionarlos por porción de 100 g de muestra.
4. Dentro de El Salvador se comercializan tres marcas de leche en sus presentaciones de leche fluida semidescremada deslactosada que son leche Salud, Dos Pinos y Trebolac que se pueden encontrar en los diferentes supermercados del país; las tres marcas teóricamente según etiqueta nutricional presentan el contenido de calcio por porción de envase 35%, 31% y 30% respectivamente a cada marca todas mayores a 20% lo que indica que su contenido en porcentaje del valor de referencia de nutrientes diarios por porción es alta, a lo que el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá establece que la leche semidescremada de tipo fluida debe contener 117 mg de Calcio lo que se traduce que por porción de leche equivalente a 250 ml de leche encontraremos contenido de calcio mayor a 300 mg.

5. El contenido de calcio en leche fluida semidescremada deslactosada teóricamente basándose en etiqueta nutricional estos resultados se interpretan que las personas adultas para ingerir la cantidad necesaria de calcio debe de tomar de 2 a 3 vasos diarios de leche para suplir la cantidad mínima requerida que establece la FAO que para hombres es de 400 a 500 mg diario para el mineral el calcio; destacando que esta cantidad de vasos aumenta si es niños que va de 400 a 700 mg o está en periodo de embarazo o lactancia que va de 800 a un máximo de 1000 mg; tanto como personas saludables o con personas que luchan con intolerancia a la lactosa debido a que la leche es una leche modificada capaz que las personas intolerantes la digieran en su organismo, esta variedad de leche y de esta forma aprovechar su contenido nutricional en calcio.

CAPÍTULO VI

6.0 RECOMENDACIONES

Al personal docente y estudiantes de la Universidad de El Salvador de la Facultad de Química y Farmacia de la Licenciatura en Química y Farmacia que desarrollan la cátedra de Análisis Bromatológico:

1. Poner en práctica el método gravimétrico y sus fundamentos teórico-prácticos a través del diseño de la presente propuesta de marcha analítica para poder expandir sus conocimientos mediante su formación académica dentro de la institución, así mismo dar seguimiento a más estudios sobre la cuantificación de Calcio en otros tipos de leche y realizar comparaciones entre los tipos.
2. Fortalecer conocimientos en Nutrición y Alimentación basados en la elección de alimentos de uso diario y consumo frecuente en nuestra población como lo es la leche; siendo focalizados en información fidedigna a través de las instituciones correspondientes expertos en materia de alimentación como lo es el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y su órgano creado en materia de normas, códigos entre otros el CODEX Alimentarius.
3. Ser capaces de interpretar valores experimentales obtenidos a través de esta marcha analítica como valores teóricos como lo son de las tablas de instituciones fidedignas ya mencionadas como ser capaces de interpretar una etiqueta nutricional de un alimento siendo críticos constructivos en su interpretación y poder dar una recomendación acertada en nutrición al consumo de un alimento con el fin de que sea de beneficio para él/ella mismo(a) para su círculo familiar y social.
4. Realizar una revisión bibliográfica de la situación que viven las personas intolerantes a la lactosa, lo que conlleva poder adaptar su alimentación y estilo de vida debido a su afección y poder ser capaces de que como profesionales en salud que están siendo formados académicamente poder transmitir recomendaciones, consejos y su punto constructivo como profesional en mejorar su alimentación siendo capaces de tomar en cuenta alimentos que son modificados pero que valor nutricional no se vea afectado.

Bibliografía

1. Revilla A. Tecnología de la Leche [Internet]. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura; 1982. Disponible en: <https://iestpcabana.edu.pe/wp-content/uploads/2021/11/TECNOLOGIA-DE-LA-LECHE.pdf>
2. Quevedo A, Saravia F. Cuantificación de calcio por el método gravimétrico en leches pasteurizadas enteras, fluidas y en polvo, distribuidas en un supermercado en Antiguo Cuscatlán [Internet]. [San Salvador]: Universidad de El Salvador; 2012. Disponible en: http://dx.doi.org/https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/2328/1/TRABAJO_DE_GRADUACION.pdf3.
3. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. NSO 67.01.02:06 Productos lácteos. Leche pasteurizada y ultrapasteurizada. Especificaciones [Internet]. Defensoría del Consumidor. Disponible en: <https://www.defensoria.gob.sv/images/stories/varios/NORMAS/LACTEOS/NSO67.01.02.06%20LECHE%20DE%20VACA%20PASTEURIZADA.pdf>
4. Awadhwal NK, Singh CP. A Rheological Model for Milk Products. *Journal of Food Science*,. 1985;50(6):1611–1614
5. Badui Dergal, Salvador. Química de los alimentos. PEARSON EDUCACIÓN, México, 2006
6. Rodriguez-Rodriguez E, Navia B, Lopez-Sobaler AM, Ortega RM. Review and future perspectives on recommended calcium intake. *Nutr Hosp* 2010; 25: 366-74.
7. Larson, B.L. 1979. “Biosynthesis and secretion of milk proteins: A review”, *J. Dairy Res.*, 46:161.
8. Nickerson, T.A. 1961. “Interrelationships of milk constituents”, *J. Dairy Sci.*, 44:1025.
9. Miller, G.D., Jarvis, J.K. y McBean, L.D. 1995. *Handbook of Dairy Foods and Nutrition*. CRC Press, Boca Raton, Fl.
10. Martínez de Victoria Emilio. El calcio, esencial para la salud. *Nutr. Hosp.* [Internet]. 2016 [citado 2024 May 29] ; 33(Suppl 4): 26-31. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-

16112016001000007&lng=es.<https://dx.doi.org/10.20960/nh.341>

11. Rodríguez Huertas Jesús, Rodríguez Lara Avilene, González Acevedo Olivia, Mesa Maria Dolores. Milk and dairy products as vehicle for calcium and vitamin D: role of calcium enriched milks. *Nutr. Hosp.* [Internet]. 2019 [citado 2024 Jun 29]; 36(4): 962-973. Disponible en: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112019000400030&lng=es.%20%20Epub%2017-Feb2020.<https://dx.doi.org/10.20960/nh.02570>
12. Rosado JL, editor. Intolerancia a la lactosa [Internet]. Vol. 152. Leche y productos lácteos: evidencias y recomendaciones en la salud y la enfermedad; 2016. Disponible en: https://www.anmm.org.mx/bgmm/2016/S1/GMM_152_2016_S1_067-073.pdf
13. Arista R, Valenzuela D, De Santiago JC, Leyva R, Martínez JA; Jiménez F. Proceso para la producción de leche deslactosada con alto contenido en proteínas y calcio y leche sin dulzor. [Internet] Patente México WO2017/119806 A1. 13 de julio de 2017. [Consultado el 30 de mayo de 2024]. 2-5 Disponible en: <https://patentimages.storage.googleapis.com/7d/a4/9a/9171293e2ba9ca/WO2017119806A1.pdf>

ANEXOS

ANEXO N° 1

Etiquetas Nutricionales de tres tipos de Marca de Leche



Figura N°1. Etiqueta Nutricional Marca de Leche Salud

Fuente: Elaboración propia



Figura N°2. Etiqueta Nutricional Marca de Leche Dos Pinos

Fuente: Elaboración propia



Figura N°3. Etiqueta Nutricional Marca de Leche Trebolac

Fuente: Elaboración propia

ANEXO N° 2

Composición de Alimentos de Centro América y Panamá

Código	NOMBRE	Agua	Energía	Proteína	Grasa Total	Carbo- hidratos	Fibra Diet. total	Ceniza	Calcio	Fosforo	Hierro	Tiamina	Riboflavina	Niacina	Vit. C	Vit. A Equiv. Retinol	Ác. grasos mono-insat.	Ác. grasos poli-insat.	Ác. Grasos saturados	Coolesterol	Potasio	Sodio	Zinc	Magnesio	Vit. B6	Vit. B12	Ac. Fólico	Folato Equiv. FD	Facción Comestible		
		%	Kcal	g	g	g	g	g	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mg	mcg	g	g	g	mg	mg	mg	mg	mg	mcg	mcg	mcg	mcg	%		
01. PRODUCTOS LÁCTEOS Y SIMILARES																															
1001	CREMA, ESPESA	57.71	345	2.05	37.00	2.79	0.00	0.45	65	62	0.03	0.02	0.11	0.04	1	411	10.69	1.37	23.03	137	75	38	0.23	7	0.03	0.18	0	4	1.00		
1002	CREMA, RALA	73.75	195	2.70	19.31	3.66	0.00	0.58	96	80	0.04	0.03	0.15	0.06	1	181	5.58	0.72	12.02	66	122	40	0.27	9	0.03	0.22	0	2	1.00		
1003	CREMA, SUSTITUTO NO LÁCTEO, EN POLVO	2.21	546	4.79	35.48	54.88	0.00	2.64	22	422	1.15	0.00	0.17	0.00	0	2	0.97	0.01	32.53	0	812	181	0.51	4	0.00	0.00	0	0	1.00		
1004	LECHE DE BURRA, FLUIDA	90.20	43	1.70	1.20	6.50		0.40	126	57	0.20	0.02	0.09	0.10	2														1.00		
1005	LECHE DE CABRA, FLUIDA	87.03	69	3.56	4.14	4.45	0.00	0.82	134	111	0.05	0.05	0.14	0.28	1	57	1.11	0.15	2.67	11	204	50	0.30	14	0.05	0.07	0	1	1.00		
1008	LECHE DE VACA, CHOCOLATADA, FLUIDA, BAJA EN GRASA	82.17	76	2.99	1.90	12.13	0.70	0.81	109	76	0.24	0.05	0.56	0.16	0	64	0.46	0.09	1.18	8	123	66	0.39	14	0.02	0.33	0	2	1.00		
1045	LECHE DE VACA, CON COCOA, FLUIDA	82.57	77	3.52	2.33	10.63	1.00	0.65	105	105	0.48	0.04	0.18	0.13	0	51	0.68	0.03	1.43	8	197	44	0.63	23	0.04	0.42	0	5	1.00		
1009	LECHE DE VACA, CONDENSAADA C/AZÚCAR, ENLAT.	27.16	321	7.91	8.70	54.40	0.00	1.83	284	253	0.19	0.09	0.42	0.21	3	74	2.43	0.34	5.49	34	371	127	0.94	26	0.05	0.44	0	11	1.00		
1012	LECHE DE VACA, DESCREMADA C/VIT A, EN POLVO	3.16	362	36.16	0.77	51.98	0.00	7.93	1257	968	0.32	0.41	1.55	0.95	7	653	0.20	0.03	0.50	20	1794	535	4.08	110	0.36	4.03	0	50	1.00		
1013	LECHE DE VACA, DESCREMADA C/VIT A, EN POLVO INSTANTÁNEA	3.96	358	35.10	0.72	52.19	0.00	8.03	1231	985	0.31	0.41	1.74	0.89	6	709	0.19	0.03	0.47	18	1705	549	4.41	117	0.34	3.99	0	50	1.00		
1046	LECHE DE VACA, DESCREMADA C/VIT A, FLUIDA (1% GRASA)	89.92	42	3.37	0.97	4.99	0.00	0.75	119	95	0.03	0.02	0.19	0.09	0	58	0.28	0.04	0.63	5	150	44	0.42	11	0.04	0.44	0	5	1.00		
1011	LECHE DE VACA, DESCREMADA S/VIT A, EN POLVO	3.16	362	36.16	0.77	51.98	0.00	7.93	1257	968	0.32	0.41	1.55	0.95	7	6	0.20	0.03	0.50	20	1794	535	4.08	110	0.36	4.03	0	50	1.00		
1069	LECHE DE VACA, DESCREMADA, EN POLVO (PL 480)	3.16	362	36.16	0.77	51.98	0.00	7.93	1257	968	0.32	0.42	1.55	0.95	7	901					1794	535	4.08	110	0.36	4.03			1.00		
1016	LECHE DE VACA, ÍNTEGRA, EN POLVO	2.47	496	26.32	26.71	38.42	0.00	6.08	912	776	0.47	0.28	1.21	0.65	9	257	7.92	0.67	16.74	97	1330	371	3.34	85	0.30	3.25	0	37	1.00		
1014	LECHE DE VACA, ÍNTEGRA, EVAPORADA C/VIT A, ENLAT.	74.04	134	6.81	7.56	10.04	0.00	1.55	261	203	0.19	0.05	0.32	0.19	2	112	2.34	0.25	4.59	29	303	106	0.77	24	0.05	0.16	0	8	1.00		
1015	LECHE DE VACA, ÍNTEGRA, FLUIDA (3.25% GRASA)	88.32	60	3.22	3.25	4.52	0.00	0.69	113	91	0.03	0.04	0.18	0.11	0	28	0.81	0.19	1.87	10	143	40	0.40	10	0.04	0.44	0	5	1.00		
1010	LECHE DE VACA, SEMIDSCREMADA (2% GRASA), FLUIDA	89.33	50	3.30	1.97	4.68	0.00	0.71	117	94	0.03	0.04	0.19	0.09	0	55	0.56	0.07	1.26	8	150	41	0.43	11	0.04	0.46	0	5	1.00		
1047	LECHE DE VACA, SEMIDSCREMADA (2% GRASA), FORTIFICADA, FLUIDA	87.71	56	3.95	1.98	5.49	0.00	0.87	143	112	0.06	0.05	0.19	0.10	1	0	0.57	0.07	1.23	8	182	59	0.45	16	0.05	0.43	0	6	1.00		
1007	LECHE HUMANA, FLUIDA	87.50	45	1.00	1.50	6.90			32		0.10	0.01	0.04	0.20	5	64	0.74	0.19	1.01	4	51	17	0.17	3	0.01	0.04	5		1.00		
1020	QUESO AMARILLO, PASTRZ & PROCES., PARA UNTAR	47.65	290	16.41	21.23	8.73	0.00	5.98	562	712	0.33	0.05	0.43	0.13	0	173	6.22	0.62	13.33	55	242	1345	2.59	29	0.12	0.40	0	7	1.00		
1019	QUESO AMARILLO, PASTRZ & PROCES., RODAJAS	39.16	375	22.15	31.25	1.60	0.00	5.84	552	513	0.19	0.03	0.35	0.07	0	254	8.95	0.99	19.69	94	169	1489	2.84	27	0.07	0.70	0	8	1.00		
1048	QUESO AMARILLO, PASTRZ & PROCES., RODAJAS BAJO EN GRASA	58.90	180	24.60	7.00	3.50	0.00	6.00	684	827	0.43	0.03	0.39	0.08	0	57	2.01	0.22	4.41	35	180	1430	3.32	24	0.08	0.77	0	9	1.00		
1058	QUESO AMARILLO, PASTRZ & PROCES., RODAJAS C/PIMIENTO	39.08	375	22.13	31.20	1.73	0.10	5.84	614	744	0.42	0.03	0.35	0.08	2	248	8.94	0.99	19.66	94	162	1428	2.98	22	0.07	0.70	0	8	1.00		
1022	QUESO BLANCO (PANAMÁ)	53.10	276	17.10	21.30	4.50	0.00	4.00	643	367	2.00	0.03	0.59	0.10	0	252	5.75	0.45	15.26	72	187	842	2.38	20	0.23	1.30	62		1.00		

Figura N° 4. Composición de alimentos en 100 gramos de porción comestible

Fuente: Tomada de las tablas del INCAP