

**UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROALIMENTARIAS**

**ESCUELA DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS**

*Desarrollo de una base en polvo para la elaboración de dulce de leche y evaluación de sus características físicas y químicas así como de la preferencia de los consumidores.*

**Trabajo Final de Graduación  
para optar por el Grado de Licenciatura en Tecnología de Alimentos**

**Presentado por:**

**Bárbara María Acosta Castro**

**A40030**

**CIUDAD UNIVERSITARIA RODRIGO FACIO**

**-Mayo 2011-**

## TRIBUNAL EXAMINADOR

Proyecto de graduación presentado a la Escuela de Tecnología de Alimentos como requisito parcial para optar por el grado de licenciatura en Tecnología de Alimentos.

**Bárbara María Acosta Castro**

Aprobado por:



---

Lic. Sandra Calderón Villaplana

Presidenta del Tribunal



---

M.Sc. Giselle Lutz Cruz

Directora del proyecto



---

M.Sc. Carlos Herrera Ramírez

Asesor del proyecto



---

Ph.D. Marianela Cortés Muñoz

Asesora del proyecto



---

M.Sc. Alejandro Chacón Villalobos

Profesor Designado

## AGRADECIMIENTOS

Primero le agradezco a Dios por permitirme llegar hasta donde estoy ahora y por darme la oportunidad de tener hoy en mis manos uno de los sueños más importantes de mi vida.

A mi familia por siempre estar ahí apoyándome, por tenerme paciencia, por tratar de comprenderme (aunque yo sé no siempre es fácil), pero sobre todo por creer en mí.

A Andrés, por estar ahí, por intentar entender lo que hago, por las mil y una cosas que no se pueden expresar con palabras porque simplemente no hay palabras para describirlas (♥Te amo mono♥).

A mis dos Lau, Lau Guadamuz, mi amiga de toda la vida, y Lau Alvarez, una gran amiga que me encontré en este camino, por todo el apoyo que me han dado siempre.

A Doña Giselle, Don Carlos y Mane por haberme ofrecido su ayuda para poder realizar este proyecto y poder concluirlo con éxito.

A los chiquillos de química que tanto me ayudaron al adoptarme en laboratorio de investigación y apoyarme con todo lo que necesitaba.

A la empresa Ingredientes Internacionales, a Don Joachim, Don Víctor y Alina por todo el apoyo y por abrirme las puertas de su empresa.

Y a todos aquellos que de alguna u otra forma han sido parte de mi desarrollo para llegar a donde estoy.

## ÍNDICE

<b>I. JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
2.1 Objetivo general .....	4
2.2 Objetivos específicos .....	4
<b>III. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
3.1 Tendencias de productos nuevos.....	5
3.2 Desarrollo de productos.....	5
3.3 Generalidades del dulce de leche.....	6
3.4 Materias primas utilizadas en la elaboración del dulce de leche.....	15
3.4.1 Leche fresca .....	15
3.4.2 Glucosa .....	15
3.4.3 Sacarosa .....	15
3.5 Proceso de elaboración del dulce de leche.....	16
3.6 Análisis de alimentos.....	18
3.7 Pruebas con consumidores .....	18
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>20</b>
4.1 Ubicación .....	20
4.2 Materias primas requeridas .....	20
4.2.1 Leche en polvo sustituida con grasa no láctea.....	20
4.2.2 Concentrado de proteína de suero (WPC 34%) .....	22
4.2.3 Maltodextrinas.....	22
4.2.4 Sacarosa.....	23
4.2.5 Bicarbonato <i>de sodio</i> (NaHCO <sub>3</sub> ).....	24
4.2.6 Polidextrosa.....	24
4.2.7 Dextrosa.....	25
4.3 Proceso de elaboración del dulce de leche .....	25
4.4 Pruebas preliminares.....	27

4.4.1 Evaluaciones de la solubilidad a diferentes condiciones de temperatura y pH.....	27
4.4.2 Perfil lipídico de la grasa de la leche.....	27
4.4.3 Definición preliminar de la formulación de la base en polvo.....	28
4.5 Evaluación de la formulación final del dulce de leche.....	29
4.5.1 Evaluación de la preferencia de los consumidores.....	29
4.5.2 Caracterización química del producto final.....	30
4.5.3 Análisis instrumental de textura y color .....	32
4.5.4 Determinación del tiempo total de proceso.....	33
4.6 Análisis estadístico.....	33
<b>V. ANALISIS Y RESULTADOS.....</b>	<b>35</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>47</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>49</b>
<b>VIII. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>50</b>
<b>IX. APENDICES.....</b>	<b>57</b>

## INDICE DE CUADROS

<b>Cuadro I.</b> Composición química básica del dulce de leche según Keating & Rodríguez (1999) y Urrubaru (1997) en la Normativa de MERCOSUR para el Sector Lácteo.....	3
<b>Cuadro II.</b> Análisis químicos básicos a realizar en el dulce de leche preparado a partir de una base en polvo.....	30
<b>Cuadro III.</b> Formulación final obtenida para la elaboración de dulce de leche a partir de una base en polvo.....	35
<b>Cuadro IV.</b> Comparación de las características químicas encontradas en el dulce de leche elaborado a partir de una base en polvo, un dulce de leche comercial elaborado de manera tradicional y los reportados por la norma de MERCOSUR como aceptables en el dulce de leche.....	36
<b>Cuadro V.</b> Comparación del tiempo de proceso utilizado para la elaboración de dulce de leche a partir de una base en polvo y un dulce de leche elaborado de manera tradicional con leche líquida.....	38
<b>Cuadro VI.</b> Características destacadas por los consumidores sobre la razón de su escogencia.....	41
<b>Cuadro VII.</b> Comparación de los ácidos grasos encontrados en la leche en polvo de ganado vacuno con sustituto de grasa láctea por grasa vegetal y los reportados por la literatura (Belitz <i>et al.</i> , 2004) para la leche de ganado vacuno sin sustituto de grasa vegetal.....	42
<b>Cuadro VIII.</b> Comparación del índice de aterogenicidad calculado para la leche en polvo de ganado vacuno con sustituto de grasa láctea por grasa vegetal y el dado por Belitz <i>et al.</i> (2004) para la leche de ganado vacuno sin	

sustituto de grasa vegetal. .... 43

**Cuadro IX.** Comparación de los valores de los parámetros de dureza (N), masticabilidad (m) y pegajosidad (N) encontrados para el dulce de leche elaborado a partir de una base en polvo y tres dulces de leche de marca comercial..... 44

**Cuadro X.** Valores de los parámetros  $L^*a^*b^*$  encontrados para el dulce de leche elaborado a partir de una base en polvo..... 46

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Reacción de azúcar-amino condensación en el pardeamiento no enzimático en el dulce de leche.....	7
<b>Figura 2.</b> Reacción del arreglo de Amadori en el pardeamiento no enzimático en el dulce de leche.....	8
<b>Figura 3.</b> Reacciones de la principal vía de degradación del azúcar, en pH mayor a 7, a partir del arreglo de Amadori a melanoidinas en el pardeamiento no enzimático en el dulce de leche.....	8
<b>Figura 4.</b> Reacciones que ejemplifican las posibles vías de fragmentación del azúcar en el pardeamiento no enzimático en el dulce de leche.....	9
<b>Figura 5.</b> Reacción de degradación de Strecker en el pardeamiento no enzimático en el dulce de leche.....	10
<b>Figura 6.</b> Reacción de aldocondensación, formación de quininas a partir de los productos de la fragmentación del azúcar en el pardeamiento no enzimático en el dulce de leche.....	11
<b>Figura 7.</b> Reacción de aldehído-amino condensación en un sistema modelo en el pardeamiento no enzimático en el dulce de leche.....	11
<b>Figura 8.</b> Reacciones dadas en el pardeamiento no enzimático en el dulce de leche según Nursten (2005).....	12
<b>Figura 9.</b> Reacción de isomerización conocida como transposición de Lobry de Bryun-van Ekenstein.....	13



<b>Figura 10.</b> Formación de compuestos de la caramelización en el dulce de leche.....	14
<b>Figura 11.</b> Reacción de oxidación de la glucosa en presencia de oxígeno....	14
<b>Figura 12.</b> Diagrama de flujo de un proceso convencional utilizado para la elaboración de dulce de leche.....	17
<b>Figura 13.</b> Formación de la sacarosa y su estructura.....	24
<b>Figura 14.</b> Diagrama de flujo de la producción de dulce de leche a partir de un mezcla en polvo.....	26
<b>Figura 15.</b> Reacciones del método de titulación de Kjeldahl.....	32
<b>Figura 16.</b> Preferencia del consumidor según tipo de dulce de leche.....	39
<b>Figura 17.</b> Gráfico para ejemplificar el análisis de textura por medio del Texture Analyzer.....	44

## RESUMEN

Tanto en Costa Rica como en el resto del mundo se está buscando la forma de crear productos innovadores que den opciones interesantes a los consumidores, así como una mayor variedad para escoger. En un mundo tan acelerado como el de hoy pero que se niega a perder sus tradiciones, como lo es la comida hecha en casa, se desarrolla este producto el cual con solo 3 pasos sencillos permite obtener el producto deseado.

Para la elaboración de este producto se llevaron a cabo pruebas preliminares para determinar cuáles materiales primas eran las más aptas para su elaboración. Posteriormente, con las materias primas seleccionadas, se realizó una formulación base la cual se ajusto a los requerimientos de la Norma de MERCOSUR, ya que en nuestro país no existe una normativa para este producto. A esta formulación base se le realizaron leves ajustes para obtener el producto deseado.

El producto obtenido se evaluó química y físicamente para poder dar una caracterización lo más completa posible, cabe destacar que para la realización de todos los análisis fue necesario rehidratar y cocinar el producto, ya que por su naturaleza y presentación es la forma más útil de analizar. Al realizarse el análisis químico se comprobó que el producto cumple con los requerimientos de la Norma de MERCOSUR, al igual que un dulce de leche elaborado de manera tradicional.

En cuanto a los análisis físicos se caracteriza tanto la textura como el color para poder tener un parámetro de comparación de las corridas que se realicen vrs el control. Así mismo se decide comparar la preferencia del consumidor entre este producto y uno que se comercializa actualmente en el mercado, obteniéndose que los consumidores prefieren el dulce de leche de una de las marcas que actualmente se comercializa en el país, y al preguntarles el por qué de su escogencia estos se refieren a que presenta un sabor mas a “caramelo” o quemado el producto comercial y que están más familiarizados con este sabor.

## I. JUSTIFICACIÓN

El dulce de leche es un alimento altamente consumido en toda Latinoamérica (Pauletti *et al.*, 1996). Es un fluido color café, de alta viscosidad, que se ingiere como postre o golosina (Dorantes *et al.*, 1990). Generalmente, se produce a partir de leche de distintos mamíferos, la cual se evapora hasta alcanzar el nivel de sólidos requerido, se le añade azúcar, bicarbonato de sodio, en algunos casos saborizantes y colorantes (Casals & De Hombre, 1995).

Usualmente éste se elabora a partir de leche fresca. En el presente proyecto se busca utilizar materias primas diferentes a las tradicionales las cuales sean fácilmente almacenables y posean una alta estabilidad a través del tiempo. Además, se investiga una forma alternativa al procesamiento del dulce de leche en polvo, el cual se realiza normalmente por deshidratación mediante secado en aspersión del producto elaborado a partir de leche fresca para su posterior rehidratación (Pampa Trade, 2010). Se pretende mezclar sus componentes individuales en polvo para ser hidratados y procesados.

Entre las materias primas que se pueden utilizar se encuentran: Leche en polvo con sustituto de grasa láctea por lípido vegetal, concentrado de la proteína de suero lácteo (WPC), maltodextrina, dextrosa, polidextrosa, bicarbonato de sodio y azúcar. Se valora la utilización de cada una de estas materias porque brindan ventajas tales como la disminución de costos, ahorro de energía y tiempo, así como la facilidad de manejo y por lo tanto la posibilidad de crear un producto innovador (Vargas, 2010).

Si bien en nuestro país la producción de leche es alta, con un promedio de 926 mil toneladas de leche por año y con una tendencia al crecimiento de hasta el 7% por década (Villegas, 2009), la leche deshidratada surge como una opción para la manipulación práctica y segura de un insumo altamente consumido.

Otra de las ventajas de utilizar leche en polvo, es que en ésta, fácilmente, se puede sustituir la grasa láctea por lípido vegetal lo cual permite bajar costos, disminuir el índice de aterogenicidad (Belitz *et al.*, 2004) y obtener un material muy estable por la baja actividad de agua y escasa actividad enzimática, además de brindar la posibilidad de

utilizar la grasa láctea para la elaboración de otros productos (Brennan *et al*, 1998; Madrid, 1999; Early, 2004).

En Costa Rica, se producen aproximadamente 672 mil toneladas métricas de suero lácteo por año (Gutiérrez, 2008), el cual tradicionalmente se ha utilizado para la alimentación animal o se ha desechado en los ríos y/o suelos provocando una contaminación sensible a nivel nacional debido a los grandes volúmenes y a la alta demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que presenta (Inda, 2000).

Tanto por los aspectos ambientales como por el surgimiento de nuevas tecnologías se ha buscado darle al suero lácteo un uso más provechoso para el ser humano y un valor agregado, pudiendo a partir de éste crear productos como los concentrados de la proteína de suero lácteo. Actualmente éstos son muy utilizados ya que con pequeñas porciones se puede sustituir o complementar la cantidad de proteínas que requieren los alimentos procesados (Multon, 2000).

En el caso específico del dulce de leche, una mezcla adecuada de leche en polvo (con o sin sustituto de grasa vegetal) y de WPC pueden proporcionar la cantidad de proteína y grasa necesarias para su elaboración, evitando la utilización de altos volúmenes de leche fresca, la cual es difícil de almacenar, ya que requiere de control de temperatura y se contamina con facilidad si no se siguen las prácticas adecuadas (Whey Consulting Team, 2000)

Cabe destacar que en nuestro país no existe una normativa para el dulce de leche por lo cual, para la realización del presente proyecto, se ha tomado como base la composición básica según Keating & Rodríguez (1999) y la Normativa de MERCOSUR para el Sector Lácteo (Urrubaru, 1997), la cual se describe en el cuadro I, ya que es importante tener un control de la composición final del producto para asegurar los parámetros de calidad del mismo así como para controlar posteriormente más fácil el proceso.

**Cuadro I.** Composición química básica del dulce de leche según Keating & Rodríguez (1999) y Urrubaru (1997) en la Normativa de MERCOSUR para el Sector Lácteo.

<b>Parámetro</b>	<b>Porcentaje (% m/m)</b>
Humedad	30
Sólidos lácteos*	26
Azúcares agregados	44

\*El parámetro de sólidos lácteos toma en cuenta lactosa, grasa, proteína y minerales.

Por lo tanto en este proyecto se busca lograr una adecuada combinación de estas materias primas, respetando el cuadro I donde se detalla la composición química básica del dulce de leche, para llenar las necesidades del mercado de contar con materiales innovadores que faciliten la manufactura de sus productos además de satisfacer sus exigencias.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

- Elaborar y caracterizar una base en polvo para la producción de dulce de leche.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Definir la formulación de una base en polvo para la elaboración del dulce de leche.
- Comparar la composición química, tiempo de proceso y la preferencia del consumidor, entre un producto comercial y la formulación definida del dulce de leche en polvo.
- Comparar el perfil lipídico y el índice de aterogenicidad de la leche en polvo con sustituto de grasa láctea por lípido vegetal con los de la leche fresca bovina.
- Definir los ámbitos de los parámetros de textura y color instrumental que se utilizarán como indicadores para el control de proceso de elaboración del dulce de leche con la base en polvo.

### **III. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Tendencias de productos nuevos**

Los productos innovadores que brinden facilidad a los consumidores son los que, poco a poco, van saliendo adelante en el mercado exigente de nuestro país. La falta de tiempo de las personas así como la pérdida de costumbres, han dado paso a la creación de materiales de fácil uso como los preparados para microondas y en polvo (Dornblaser & Jago, 2009).

Actualmente esta forma de vida tan acelerada lleva a las personas a la búsqueda de alternativas para obtener artículos tradicionales que se adapten a su velocidad de vida y no le resten tiempo de otras actividades que se desarrollan en el hogar y que son tan importantes como la alimentación (Dornblaser & Jago, 2009).

Los productos nuevos se han destinado a satisfacer las necesidades de cada grupo específico de la población, a brindarles una opción muchas veces lejos de lo tradicional para solventar sus necesidades (Wittig de Penna & Villaroel, 2001).

Tanto la conveniencia y la segmentación de mercados como la recuperación de la economía impulsan estas nuevas tendencias de practicidad y ahorro de tiempo, sin olvidar a las mezclas de la cocina tradicional (Dornblaser & Jago, 2009).

#### **3.2 Desarrollo de productos**

El desarrollo de nuevos productos está en estrecha relación con las necesidades y perspectivas de consumo de la masa consumidora, lo que tiene como consecuencia que las industrias de alimentos deban responder, con rapidez, a los cambios que detectan en el mercado consumidor (Huiriqueo, 2007).

La rapidez se ve marcada a su vez por la disponibilidad de materias primas y la capacidad de las industrias para satisfacer la demanda del día a día (Ávila *et al.*, 2010).

Eppinger & Novak (2001) mencionan que en todo proceso de desarrollo se debe tomar como ejes de estudio, tres dominios y las vinculaciones existentes entre ellos: el producto a desarrollar, el proceso de desarrollo de productos y la organización, ya que de estos depende básicamente el éxito o fracaso de un producto nuevo.

Desde la perspectiva estratégica el desarrollo de productos, el cual es el eje más importante pues liga a los otros dos, puede ser enmarcado a partir de dos concepciones dominantes: por un lado, un proceso de planificación racional basado en la definición de objetivos, metas y sistemas decisorios formales; por otro lado, un proceso de incrementalismo lógico, donde la estrategia surge como resultante de la capacidad de aprendizaje y la experiencia (Nicolini *et al.*, 2007).

Aunque la metodología para la implementación de un nuevo producto no está claramente definida ni es tampoco única, ésta gira alrededor de las características y necesidades de cada industria así como de la habilidad del desarrollador (Murillo, 2008).

Es por esto que la innovación es uno de los puntos más importantes para las empresas pues les permite salir adelante y definir su perfil de competencia.

### **3.3 Generalidades del dulce de leche**

El dulce de leche en Costa Rica es un alimento que poco a poco se ha empezado a elaborar de manera industrial para su comercialización, no es tan popular como en Argentina y México en los cuales, dependiendo de la zona, se realiza un dulce de leche con variaciones en su aroma y sabor (Ferramondo *et al.*, 1984).

Por costumbre, en nuestro país, se ha desarrollado por el método conocido como cocción en paila. Aunque tiene variantes, se puede distinguir siempre una secuencia operacional: La preparación de la mezcla, concentración, enfriamiento y envase (MAG, 2007).

De estas etapas la más importante para desarrollar las características típicas del dulce de leche es la concentración, ya que es cuando se desarrolla el color y la textura (Pauletti *et al.*, 1996).

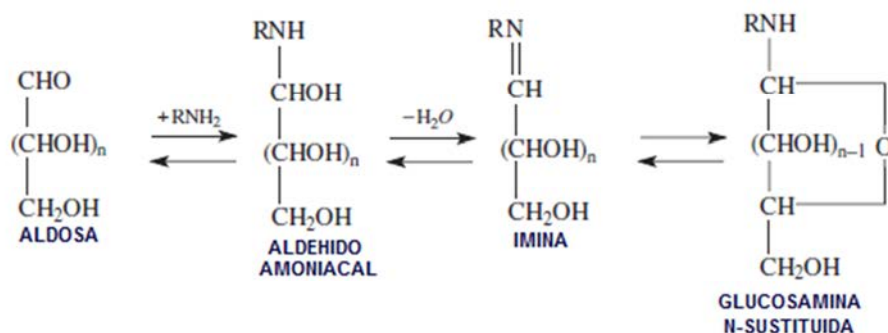


El color es importante ya que es un atributo de calidad apreciado por los consumidores (Pauletti *et al.*, 1995). Varía de crema claro a marrón oscuro dependiendo del tiempo de proceso y la temperatura a la cual se llevó a cabo, además de la facilidad con la cual se lleven las reacciones responsables del mismo (Pauletti *et al.*, 1992).

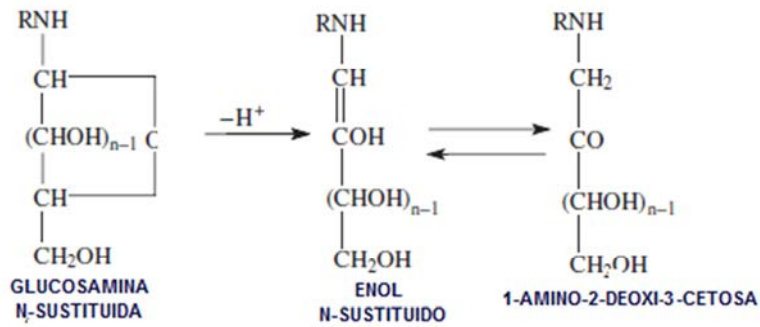
Las reacciones responsables del color son pardeamiento no enzimático (Maillard), caramelización y oxidación (Pauletti *et al.*, 1995). Además de producir color, estas reacciones también son responsables de otras características como el sabor, el aroma y la textura. Así por ejemplo Maillard es responsable de la aparición de sabores amargos y aromas característicos (Belitz *et al.*, 2004).

La reacción de Maillard es increíblemente compleja, para entenderla más fácilmente esta se ha subdividido, según Nursten (2005) de la siguiente manera:

- Estado inicial: Se producen sustancias poco coloreadas sin absorción en el ultravioleta, además se dan las reacciones de azúcar-amino condensación (ver figura 1) y el arreglo de Amadori (ver figura 2).

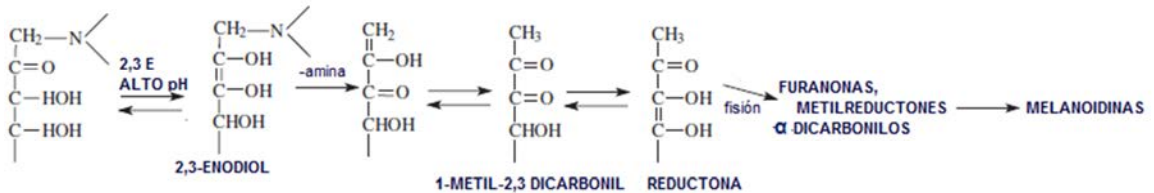


**Figura 1.** Reacción de azúcar-amino condensación en el pardeamiento no enzimático en el dulce de leche.

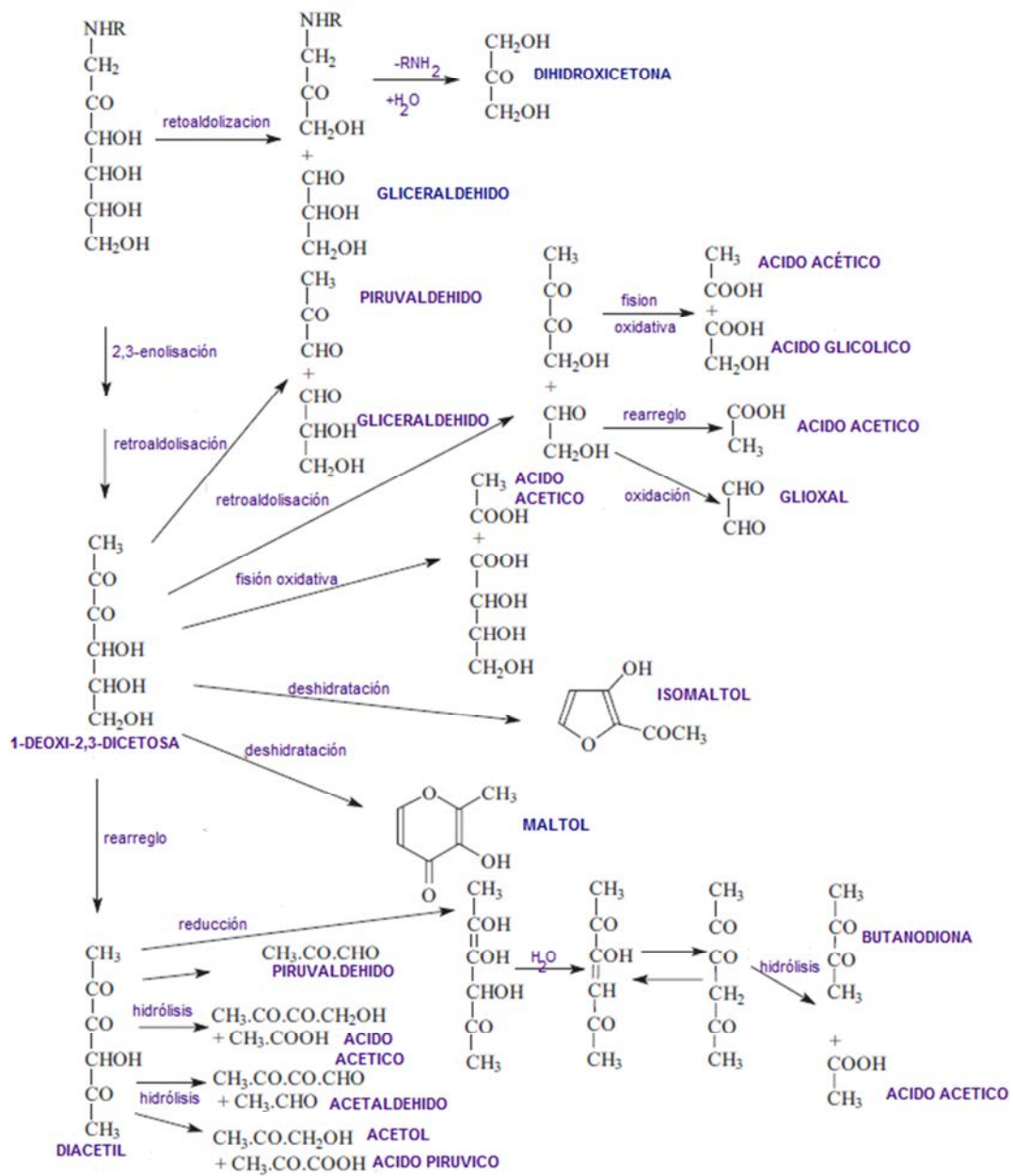


**Figura 2.** Reacción del arreglo de Amadori en el pardeamiento no enzimático en el dulce de leche.

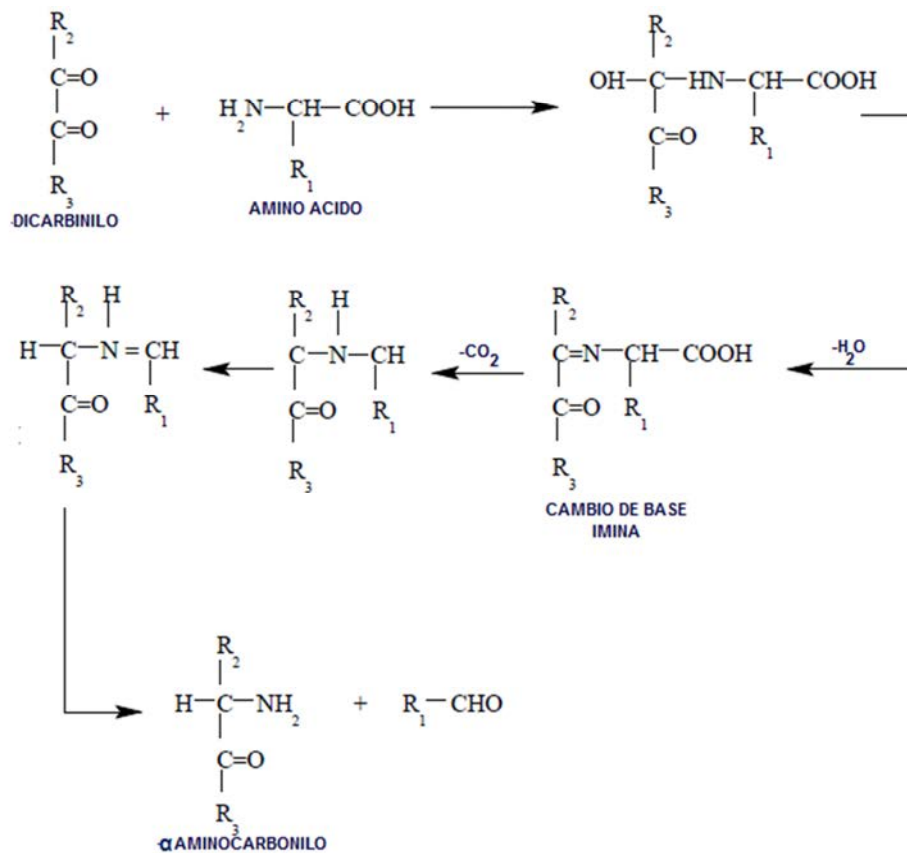
- Estado intermedio: Se generan materiales poco coloreados, amarillentos con fuerte absorción en el ultravioleta. Se producen tres tipos de reacciones: deshidratación del azúcar (ver figura 3), fragmentación del azúcar (ver figura 4) y degradación de aminoácidos o degradación de Strecker (ver figura 5).



**Figura 3.** Reacciones de la principal vía de degradación del azúcar, en pH mayor a 7, a partir del arreglo de Amadori a melanoidinas en el pardeamiento no enzimático en el dulce de leche.

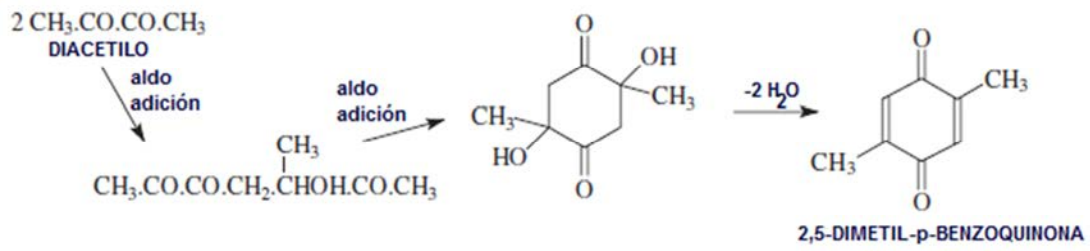


**Figura 4.** Reacciones que ejemplifican las posibles vías de fragmentación del azúcar en el pardeamiento no enzimático en el dulce de leche.

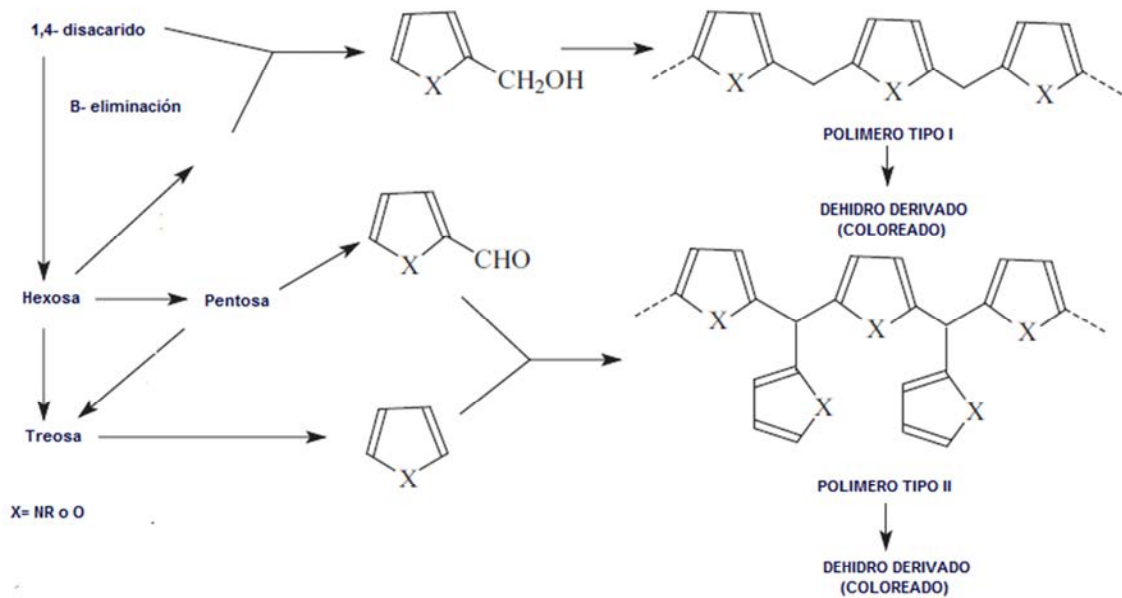


**Figura 5.** Reacción de degradación de Strecker en el pardeamiento no enzimático en el dulce de leche.

- Estado final: Cuando se llega a este punto se dan productos altamente coloreados. Ocurren las últimas reacciones de aldo-condensación (ver figura 6), aldehído-amino condensación (ver figura 7) y formación de compuestos nitrogenados heterocíclicos. Se obtiene el producto final más importante de la reacción, las melanoidinas.

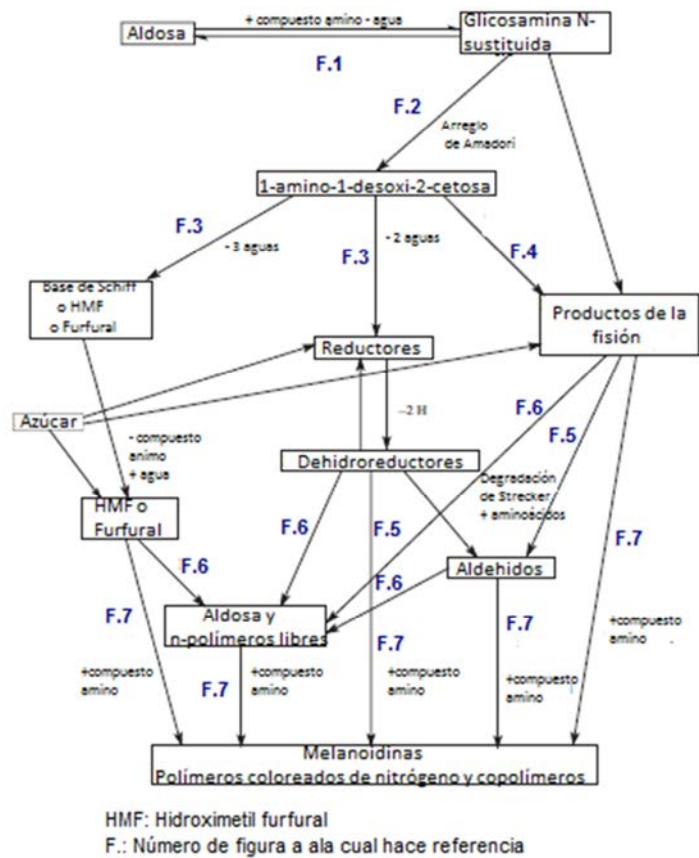


**Figura 6.** Reacción de aldocondensación, formación de quininas a partir de los productos de la fragmentación del azúcar en el pardeamiento no enzimático en el dulce de leche.



**Figura 7.** Reacción de aldehído amino condensación en un sistema modelo en el pardeamiento no enzimático en el dulce de leche.

Todas estas reacciones se pueden resumir en el siguiente esquema:



**Figura 8.** Reacciones dadas en el pardeamiento no enzimático en el dulce de leche según Nursten (2005).

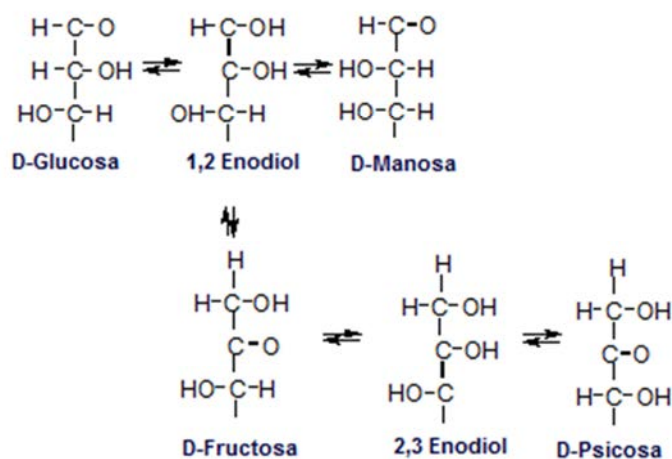
Por su parte la caramelización es la responsable de la fusión de los azúcares y los aromas a caramelo o azúcares quemados que se perciben en el producto. Para la elaboración de dulce de leche, se propicia un medio básico por lo que durante la caramelización se producen enolizaciones con los fraccionamientos consiguientes y posteriores reacciones de los fragmentos.

En medio básico, tanto aldosa como cetosa, se enolizan fácilmente (Mogues, 2005).

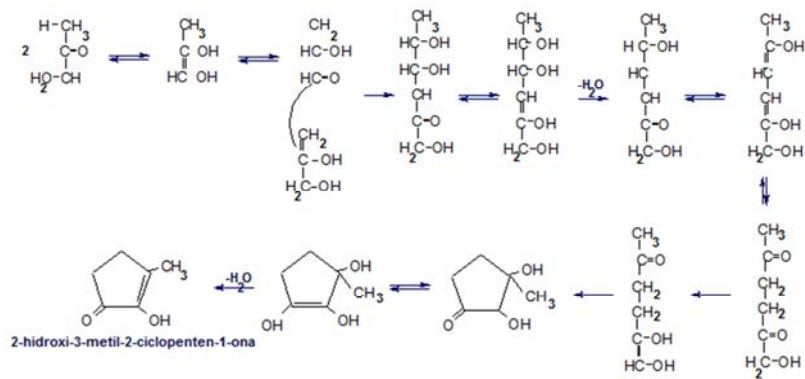
Como consecuencia del calentamiento prolongado de los azúcares de la mezcla aparecen dos grupos de compuestos:

- a. Compuestos de bajo peso molecular, formados por deshidratación y ciclación, que constituyen el 10 a 5% del total. Entre ellos se encuentran carbociclos y piranonas, muchos de ellos volátiles y responsables del olor y sabor típicos del caramelo (Fennema, 2000).
- b. Polímeros de azúcares de tipo muy variado y complejo los cuales forman el 90 a 95% del total y en su mayoría son polidextrosas y oligosacáridos de glucosa. Sin embargo, los productos típicos de la caramelización son los dianhídridos de fructosa (DAF) o mixtos de fructosa y glucosa (Fennema, 2000).

Para ejemplificar como ocurren las reacciones de caramelización se tiene la figura 9 donde se detalla la isomerización conocida como transposición de Lobry de Bryun-van Ekenstein que es donde se da la formación de los enodiolos y compuestos de tres carbonos (producto de la fragmentación de azúcares) que reaccionan entre sí para obtener compuestos ciclados con aromas y sabores típicos a caramelo (ver figura 10).

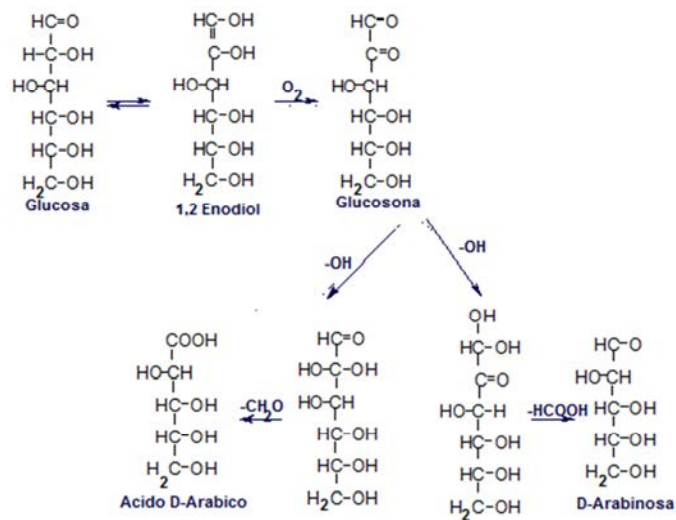


**Figura 9.** Reacción de isomerización conocida como transposición de Lobry de Bryun-van Ekenstein.



**Figura 10.** Formación de compuestos de la caramelización en el dulce de leche.

Las reacciones de oxidación son las responsables de pequeñas disminuciones de pH (ver figura 11) que pueden variar tanto el sabor como el color y la textura (Belitz & Grosch, 2004).



**Figura 11.** Reacción de oxidación de la glucosa en presencia de oxígeno.



El dulce de leche es un fluido no newtoniano y de carácter pseudo-plástico (Pauletti *et al.*, 1990). Los fluidos de este tipo se caracterizan porque son menos espesos cuando se someten a altas velocidades de cizallamiento (Murillo, 2008).

Según Casals & de Hombre (1995), la viscosidad del dulce de leche se ve afectada principalmente por el contenido de sólidos solubles, la acidez de la mezcla inicial y el porcentaje de sacarosa utilizado. La textura de este producto es una de las más delicadas ya que cualquier defecto, por más pequeño que sea, lleva al rechazo por parte del consumidor.

### **3.4 Materias primas utilizadas en la elaboración del dulce de leche**

Tradicionalmente este es un producto que se confecciona a partir de leche fresca, azúcar y glucosa (Moro & Hough, 1985). Costa Rica no ha sido la excepción debido a la vasta producción de leche en el país (Gutiérrez, 2008).

Las principales características de estas materias primas son:

#### *3.4.1 Leche fresca*

Está constituida en su gran mayoría por agua ya que posee tan solo un 12 % de sólidos. Estos sólidos comprenden proteínas, sales, carbohidratos y grasa. La leche es conocida como una de las dispersiones más estables que se pueden encontrar (Belitz *et al.*, 2004)

#### *3.4.2 Glucosa*

Este material se consigue por hidrólisis del almidón, se utiliza generalmente en forma de jarabe. Controla la cristalización de la sacarosa, además de actuar como estabilizante provocando la retención de agua (Curiel, 2007) y la disminución de la formación de cristales (Vaclarik, 2002).

#### *3.4.3 Sacarosa*

Se utiliza como edulcorante, facilita las reacciones químicas necesarias para que se dé el desarrollo de las características propias del sabor y color del dulce de leche.

El azúcar (ver figura 13) se añade tanto en este producto como en la leche condensada azucarada y la leche evaporada para formar una disolución de azúcar saturada. Estas altas concentraciones son responsables de la calidad del producto así como de prolongar su vida útil y de dar la consistencia adecuada una vez que se concentra junto con la leche (Walstra *et al.*, 2006).

A pesar de la facilidad para conseguir leche fresca en nuestro país, el presente proyecto se realizó utilizando materias primas en polvo, debido a las ventajas que estas presentan: Son fáciles de manipular, más estables a los cambios químicos y se adaptan fácilmente a las necesidades del desarrollo.

Estas materias son: Leche en polvo con sustituto de grasa láctea por lípido vegetal, concentrado de proteína de suero, maltodextrina, dextrosa, polidextrosa, sacarosa y bicarbonato. Se escogieron porque su combinación presenta las características necesarias para cumplir con los requisitos establecidos por la norma de MERCOSUR. Para escogerlas se llevo a cabo una búsqueda de insumos que en poca cantidad pudieran brindar las características necesarias para que la normativa se cumpliera.

### **3.5 Proceso de elaboración del dulce de leche**

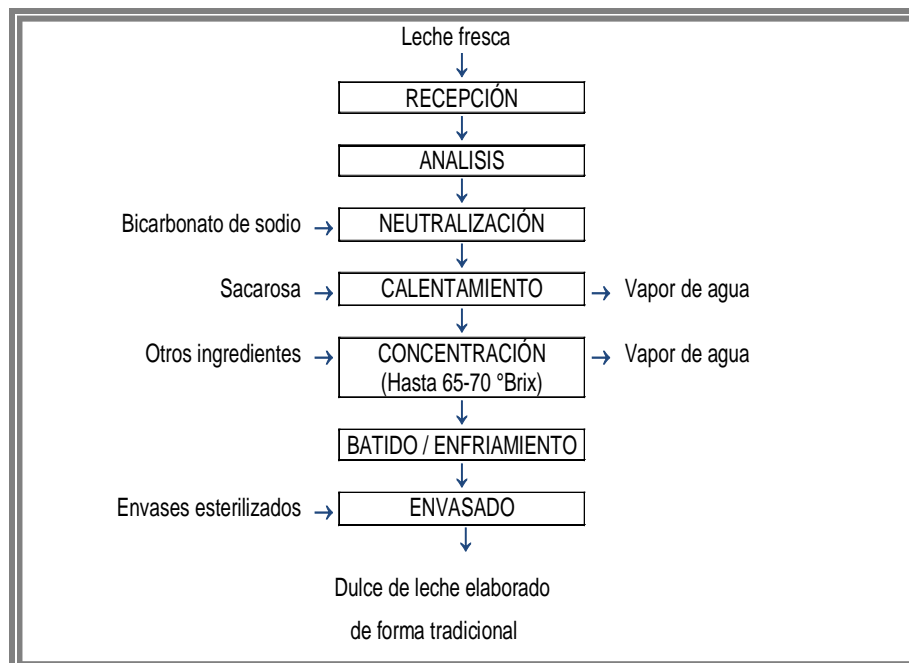
El dulce de leche, como ya se mencionó, se ha elaborado tradicionalmente a partir de leche fresca y la leche en polvo y/o el suero para elevar el contenido de sólidos de mezcla.

Se ha desarrollado en zonas lecheras por la accesibilidad de la materia prima. Se puede realizar por dos métodos:

- a. Precalentar la leche, hasta alcanzar un porcentaje de sólidos alto y luego mezclar los demás ingredientes.
- b. Utilizar un sistema que dosifica lentamente los ingredientes, una parte al inicio y el resto durante el avance de la cocción, lo cual permite controlar fácilmente la cantidad de sólidos alcanzada (Cortés & Ortega, 2004).

Para llevar a cabo el método a. se usa evaporación continua mediante intercambiadores de calor, los cuales permiten predecir la concentración final de sólidos en la leche antes de añadirla, para el método b. el proceso es principalmente manual (Cortés & Ortega, 2004).

Un flujo de proceso normal, donde se aplica el precalentamiento es, según Montero (2006):



**Figura 12.** Diagrama de flujo de un proceso convencional utilizado para la elaboración de dulce de leche.

El diagrama de flujo de un proceso convencional se puede considerar sencillo teniendo como únicos puntos de control la regulación del pH de la leche y la medición de los °Brix (Montero, 2006).

La concentración toma cierto tiempo porque se requiere evaporar una gran cantidad de agua de la leche. Cuando la mezcla comienza a espesar se hacen mediciones continuas hasta alcanzar los °Brix deseados. En caso que no se cuente con un refractómetro se puede hacer la prueba empírica del punteo, que consiste en enfriar una

pequeña cantidad del material sobre una superficie hasta comprobar que tiene la consistencia deseada (CICAR, 1999).

### **3.6 Análisis en alimentos**

El análisis de los alimentos consiste en el fraccionamiento de las características de estos para comprender más fácilmente su composición (Caravaca *et al.*, 2003).

Generalmente, para el caso del dulce de leche, se hacen dos análisis, químicos y físicos. Durante los análisis químicos el alimento es sometido a una serie de procesos por medio de los cuales se pretende conocer la composición del mismo (Caravaca *et al.*, 2003).

Los análisis físicos se basan en textura y color. La textura es uno de los criterios que más utilizan los consumidores para determinar la calidad de un producto. Debido a que es muy difícil predecir que es lo que cada persona va a preferir es que nace el análisis de textura por medio de un sistema mecánico como el texturómetro, el cual nos brinda una medida controlada de la variable a analizar (Marsilli, 1993).

El color se mide mediante el colorímetro fotoeléctrico de Hunter que permite realizar rápidas mediciones, en este sistema el color es expresado por el sistema de espacio polar Cielab, el cual de manera simple se interpreta como un sistema de letras y números denominados L, a y b, donde L se refiere a la luminosidad u opacidad y es equivalente al valor *y* del sistema estándar, el valor de a es una medida del rojo o verde y el valor de b es una medida del amarillo o el azul (CIEPE, 1988).

### **3.7 Pruebas con consumidores**

La evaluación sensorial de los alimentos es una función primaria del hombre: Desde su infancia y de una forma consciente, acepta o rechaza los alimentos de acuerdo con las sensaciones que experimenta al consumirlos (Ibañez, 2001). La necesidad de adaptarse a los gustos del consumidor, hace que las empresas de una u otra forma busquen la manera de conocer cada día las preferencias de estos (Sancho *et al.*, 1999).

Para determinar preferencias se ha utilizado el análisis sensorial el cual permite conocer los atributos más sobresalientes en un alimento. Las empresas utilizan el análisis sensorial enfocado a consumidores, ya que finalmente estos son los que comprarán o no el producto (Ibañez, 2001).

Para este caso específico, se realizó una prueba con consumidores utilizando la formulación final para determinar diferencias en la preferencia del consumo del dulce de leche elaborado a partir de una base en polvo con respecto a uno comercial elaborado con leche fresca.

Esta prueba no requiere entrenamiento o experiencia de los jueces y permite comparar la preferencia que existe entre productos similares o idénticos (Carpenter *et al.*, 2002).

Se le presentan al juez dos productos codificados y se le pide que indique si prefiere alguno de ellos y las razones de su preferencia, esto con la finalidad de determinar las mayores fortalezas y debilidades del producto presentado (Carpenter *et al.*, 2002). Adicionalmente se le pregunta si compraría o no el producto en caso de encontrarse en el mercado nacional.

Una vez obtenidos los resultados estos se pueden tabular para compararlos y realizar una prueba de hipótesis para determinar si el resultado obtenido se puede extrapolar a la población.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Ubicación

La primera parte del proyecto, constó de pruebas preliminares a las materias primas seleccionadas, estas se realizaron en el Laboratorio de Investigación de la Sección de Química Industrial en la Escuela de Química.

Como segunda parte del proyecto se realizaron pruebas al producto final: químicas en el Laboratorio de Investigación de la Sección de Química Industrial en la Escuela de Química; prueba de consumidores que se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la Escuela de Tecnología de Alimentos y las mediciones tanto de color como de textura instrumental en el Laboratorio de Química de Alimentos de la Escuela de Tecnología de Alimentos, todos localizados en la sede Rodrigo Facio de la Universidad de Costa Rica en San Pedro de Montes de Oca.

Además se realizaron dos producciones a pequeña escala en una planta de producción de dulce de leche, con el apoyo de la empresa Ingredientes Internacionales.

### 4.2. Materias primas requeridas

#### 4.2.1. Leche en polvo sustituida con grasa no láctea

La leche en polvo es un material estable por su bajo contenido de humedad y su escasa actividad enzimática, lo cual prolonga su conservación (Early, 2004).

En su forma fluida presenta un 88 % de agua y solo 12 % de sólidos, se comporta tanto como una disolución acuosa como una dispersión (Walstra *et al.*, 2006), lo cual permite que sea deshidratada fácilmente.

Para llevar a cabo la deshidratación, se realiza un proceso de evaporación hasta alcanzar una concentración de 45-52 % de sólidos totales, posteriormente se efectúa un proceso de atomización que resulta en un 98 % de sólidos totales aproximadamente (Kilcast, 2000).

La deshidratación proporciona grandes ventajas sobre todo porque el volumen de almacenamiento disminuye y se frenan reacciones como la degradación enzimática (Walstra *et al.*, 2006). Entre las enzimas más importantes que se ven controladas están las lipasas endógenas o nativas las cuales son lipoproteín-lipasas que hidrolizan los enlaces ésteres de los triacilgliceroles en posición alfa liberando ácidos grasos de cadena corta, los cuales son responsables de aromas y sabores desagradables en algunos productos elaborados a partir de leche fresca (Early, 2004).

También se dan reacciones que generan una pérdida de su valor nutricional producto de las altas temperaturas del secado (Walstra *et al.*, 2006). Para nivelar la pérdida de nutrimentos se utilizan los concentrados de proteína de suero.

Al utilizar una leche donde se sustituyó la cantidad de grasa láctea por lípido vegetal se tiene una ventaja competitiva ya que se puede dar la disminución del índice de aterogenicidad.

La aterogenicidad indica el potencial de obstrucción de las arterias, en el caso específico de Costa Rica los problemas cardiovasculares se han clasificado desde 1970 como una de las principales causas de muerte. Se estima que en nuestro país la enfermedad cardiovascular cobra en promedio seis vidas por día, lo cual representa un aumento escalonado en los últimos años, debido en su mayoría a cambios en el estilo de vida del costarricense (Castillo *et al.*, 2006).

Aunque la enfermedad cardiovascular se ve afectada por diferentes factores que hacen que aumente su frecuencia, como lo son la falta de ejercicio, factores hereditarios y la diabetes, se puede considerar que la dieta que los individuos llevan es uno de los factores de riesgo más importantes ya que el consumo de comidas ricas en ácidos grasos aterogénicos provoca gran parte de las alteraciones perjudiciales (Castillo *et al.*, 2006), por lo que encontrar productos donde estos se vean disminuidos es de gran ayuda para la población de nuestro país.

Para este caso específico se utilizó para poder brindarle al dulce de leche parte de la cantidad de materia láctea requerida para su elaboración.

#### 4.2.2. Concentrado de proteína de suero (WPC 34 % m/m)

El suero lácteo en nuestro país es un desecho obtenido principalmente del procesamiento de quesos, el cual todavía no se aprovecha del todo. Actualmente este subproducto se utiliza como alimento animal, en productos de panadería y bebidas (Gillies, 1974).

Las seroproteínas, nombre con el que se conoce a las proteínas del suero, están conformadas por la  $\alpha$ -lactoalbúmina,  $\beta$ -lactoglobulinas y  $\alpha$ -lactoglobulinas (Herrera *et al.*, 2003). Aunque parte de estas se degradan en el proceso de secado, mediante un adecuado control de la temperatura, se logra mantener la funcionalidad. El mayor inconveniente es el gran contenido de lactosa (Gillies, 1974) que en exceso da una textura arenosa indeseable en el producto (Curiel, 2007).

El primer paso en la obtención del concentrado de proteína del suero es la evaporación. Se realiza al vacío para evitar alterar sus propiedades nutritivas y sensoriales originales. Al alcanzar una concentración de sólidos aproximada de 50 % se pasa a los tanques balanceadores, que hacen de nexo entre el evaporador y la siguiente etapa de secado. De allí es tomado por una bomba de alta presión y enviado a la denominada cámara spray, constituida básicamente por un gran cilindro cerrado de acero inoxidable que termina en un cono en su parte inferior, donde continuará la eliminación de agua por dispersión en aerosol hasta obtener pequeñas gotas secas. El polvo es recolectado para luego ser descargado en un post-secador o acondicionador que le otorga las características finales de humedad y temperatura para su correcta conservación. Finalmente se tamiza y envasa (Geósta & López, 2003).

El concentrado de proteína del suero, en el caso específico del dulce de leche, se utiliza para aumentar los sólidos totales de la mezcla y ajustar o aumentar su valor proteico (Early, 2004). Como contiene 34% de proteína disponible puede actuar rápidamente con los azúcares reductores para producir la reacción de Maillard.

#### 4.2.3. Maltodextrinas

Son oligosacáridos obtenidos por hidrólisis del almidón de maíz, no contienen maltosa; son fácilmente digeribles, no contienen grasa o fibra, son excelentes espesantes.



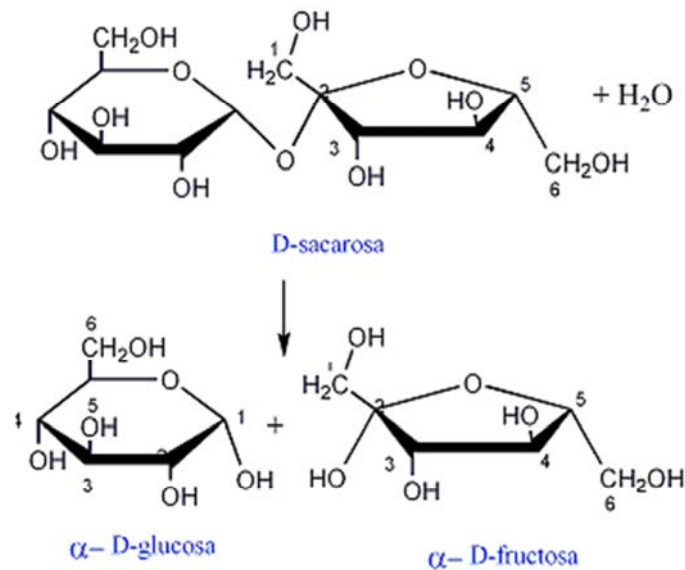
El índice glucémico de las maltodextrinas es metabólicamente comparable al de la glucosa (Rodríguez, 2009).

Las maltodextrinas se clasifican por su Equivalente de Dextrosa (DE) que es la concentración de azúcares reductores, expresados como glucosa. El DE brinda información sobre el grado de hidrólisis a glucosa de un determinado almidón (Rodríguez, 2009). Para el desarrollo de la formulación se utiliza maltodextrina de 15-20 Equivalentes de Dextrosa que actúa, en este caso específico, como agente espesante y sustituto de grasa (Rodríguez, 2009). Para obtener un brillo y textura adecuados en el dulce de leche es necesaria la presencia de grasas las cuales pueden ser perjudiciales para la salud (Castro *et al.*, 2005). Las dispersiones de maltodextrinas tienen un sabor suave capaz de imitar grasas en distintas formulaciones (Yañez & Biolley, 1999), evitando el exceso de lípido en los productos.

#### 4.2.4. Sacarosa

Se define como el producto sólido cristalino, obtenido de la caña de azúcar (*Saccharum spp*) o de la remolacha azucarera (*Beta vulgaris*) (MEIC, 1987). Es un disacárido formado por alfa-glucopiranososa y beta-fructofuranosa (Belitz *et al.*, 2004).

Puesto que los carbonos anoméricos de sus dos unidades monosacáridos constituyentes se hallan unidos covalentemente entre sí, mediante un enlace O-glucosídico, la sacarosa no es un azúcar reductor (Belitz *et al.*, 2004). Debido al proceso de calentamiento, que se lleva a cabo durante la producción de dulce de leche, el azúcar se disocia parcialmente dejando sus monosacáridos componentes expuestos para que estos puedan reaccionar con proteínas (Kilcast, 2000).



**Figura 13.** Formación de la sacarosa y su estructura.

Aparte de utilizarse como edulcorante común (LAICA, 2009), es responsable, junto con el bicarbonato de sodio, de que se lleve a cabo la reacción de Maillard.

#### 4.2.5. Bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>)

Es utilizado en los distintos productos alimenticios para neutralizar los ácidos presentes o aquellos que se pueden generar en el proceso. En el dulce de leche, se usa para neutralizar la acidez natural de la leche y favorecer la reacción de Maillard ya que ésta necesita un pH básico (Curiel, 2007).

#### 4.2.6. Polidextrosa

La polidextrosa resulta de la polimerización de la glucosa, sorbitol y ácido cítrico en una proporción 90:10:1 (Yañez & Biolley, 1999). Quedan libres cadenas de glucosa las cuales pueden actuar libremente junto con las proteínas presentes en la mezcla para llevar a cabo la reacción de Maillard (Fayle *et al.*, 2004).

Según su casa proveedora, Java C.A., cuando ocurre la condensación de la glucosa se da la formación de cadenas que contienen muchos extremos reductores libres, los cuales son capaces de actuar más rápidamente que la sacarosa.

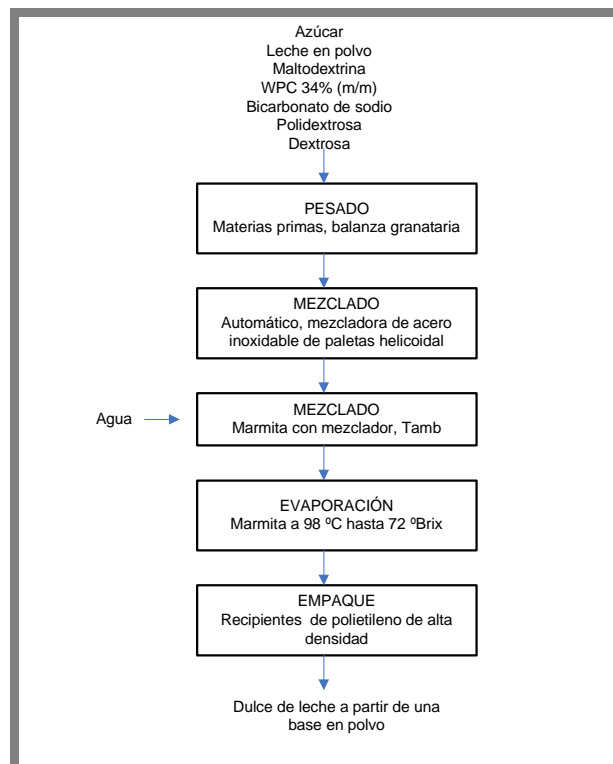
#### *4.2.7. Dextrosa*

Es otro nombre con el que se conoce a la glucosa. Es un azúcar reductor ya que posee un carbonilo libre en su estructura que le permite interactuar con las proteínas y, como la polidextrosa, lleva a cabo la reacción de Maillard (Fayle *et al.*, 2004).

El dulzor de la dextrosa y polidextrosa es mucho menor al brindado por la sacarosa, por lo que se añaden principalmente para acelerar el proceso de pardeamiento no enzimático.

### **4.3. Proceso de elaboración del dulce de leche**

Para el desarrollo de este producto se siguió el proceso planteado en el diagrama de flujo de la figura 14. La figura 14 se genera a partir de la forma en la cual se quiere comercializar el producto, la cual es una mezcla lista para añadir agua. Se puede reducir a tres pasos ya que la finalidad del proyecto es desarrollar un producto que solo necesite de la mezcla con agua y evaporación para su elaboración.



**Figura 14.** Diagrama de flujo de la producción de dulce de leche a partir de una mezcla en polvo.

El procedimiento planteado es más sencillo que el que se sigue actualmente, en la mayoría de las empresas, para el desarrollo del dulce de leche a partir de leche fresca (ver figura 11) y permite controlar la cantidad de sólidos de partida ya que su composición química es constante, al contrario de la leche fresca la cual tiene una composición variable dependiendo de la especie del animal y del clima donde se encuentre.

Para llevar a cabo la comparación con un dulce de leche de marca comercial y realizar los análisis tanto físicos como químicos, fue necesario realizar la mezcla de la base en polvo con agua y cocinarla posteriormente, aunque la forma de comercializar este producto va a ser en polvo. Todos los análisis se realizaron sobre un mismo lote, el cual se había controlado previamente para poder determinar los parámetros bajo los cuales estos análisis son válidos.

#### **4.4 Pruebas preliminares:**

##### *4.4.1 Evaluaciones de la solubilidad a diferentes condiciones de temperatura y pH*

Se determinaron las condiciones de temperatura y pH a las cuales las materias primas utilizadas presentaron una mayor solubilidad, esto con el fin de evaluar si las materias primas brindadas por la empresa interesada son aptas para el desarrollo del producto.

Para dicha prueba se tomaron 5 g de cada materia prima y se colocaron en 15 mL de agua a la cual se le ajustó el pH a un valor ácido (4,00), neutro (7,00) o básico (9,00) para determinar de forma visual si el material se dispersa totalmente. Para realizar el ajuste se utilizó hidróxido de sodio (NaOH) en el caso del pH básico y ácido clorhídrico (HCl) en el caso del pH ácido.

Luego fueron ajustados a tres temperaturas 10 °C, 21 °C y 80 °C para determinar de forma visual si la dispersabilidad mejoraba al aumentar la temperatura. Se parte de 10 °C porque se permite ver si hay problemas de precipitación, a 21 °C porque es la temperatura promedio del agua de la tubería y a 80 °C porque es la temperatura de mayor solubilidad de las proteínas lácteas (Multon, 2000).

##### *4.4.2 Perfil lipídico de la grasa de la leche*

Luego de la extracción de la grasa de la leche con sustituto de grasa láctea por lípido vegetal, se procedió a realizar una determinación del perfil lipídico del material extraído por el método de cromatografía de gases y posteriormente se realizó el cálculo del índice de aterogenicidad. Además se comparó con el perfil reportado para la leche fresca por Belitz *et al.*, (2004)

Para realizar dicha comparación se siguió el procedimiento:

##### **a. Extracción de grasa (modificado de Herrera *et al.*, 2003):**

Se pesaron 10,00 g de analito, se extrajo con 50 mL de una mezcla 1:1 de éter etílico: éter de petróleo 40 °C-60 °C, para ello se agitó con fuerza por 5 minutos en tubos de centrifuga, posteriormente se centrifugó por 10 minutos y se repitió la operación anterior dos veces. Se secaron los extractos etéreos sobre sulfato de sodio

anhidro y se filtraron. Se evaporó el disolvente en un evaporador de presión reducida a 40 °C.

**b. Cromatografía de gases:**

Se pesaron aproximadamente 0,2000 ( $\pm$  0,0001) g de la grasa extraída anteriormente, se colocaron en un vial limpio y seco y se mezclaron con 5,00 mL de éter etílico anhidro, una vez disuelto el material se añadieron 0,15 mL de hidróxido de tetrametilamonio disuelto en metanol, se agitó vigorosamente por 30 minutos y se añadieron 5,00 mL de agua para separar las fases. Se tomó 2,0  $\mu$ L de la fase superior y se inyectó en el cromatógrafo de gases, se realizó una corrida de 50 minutos por muestra. Una vez obtenidos los resultados, estos se comparan contra patrones para determinar la cantidad y tipo de ácido graso encontrado. Dicho análisis se hizo por triplicado.

**c. Índice de aterogenicidad**

A partir de las proporciones de ácidos grasos encontradas mediante la cromatografía de gases se calculó el índice de aterogenicidad de la grasa de los materiales. De acuerdo con Castro *et al.* (2005) el cálculo se realiza con la siguiente fórmula:

$$I.A. = \frac{[C12:0] + 4 \cdot [C14:0] + [C16:0] + [RCOOH \textit{trans}]}{RCOOH \textit{insaturados}}$$

**4.4.3 Definición preliminar de la formulación de la base en polvo**

Utilizando como base el cuadro I y la figura 11 se realizaron varias pruebas (6 en total), donde se mezclan diferentes cantidades de los materiales utilizados, hasta encontrar una formulación que se asemeje en apariencia y sabor a un dulce de leche tradicional. Las materias primas propuestas no tienen un máximo o mínimo permitido, ni restricción para su consumo, por lo que se hizo una comparación sensorial informal del color, textura y sabor de las formulaciones con el producto del mercado de mayor venta, esta comparación se llevo por el comité asesor y la empresa dueña de la formulación.

Además se comparó con la Normativa de MERCOSUR para el Sector Lácteo ya que es la forma más exacta de determinar si la formulación presenta las características requeridas (ver cuadro I). Esa comparación sensorial informal la realizó el comité asesor y la empresa que financia el proyecto y brinda las materias primas (Ingredientes Internacionales S.A.). Para dicho análisis se utilizó una prueba de agrado, la cual tiene como objetivo localizar el nivel de agrado o desagrado de una o varias muestras. Los panelistas indican el grado de agrado de cada muestra, escogiendo la categoría apropiada (Watts *et al.*, 1992).

En este caso se utilizó una escala de hedónica de 10 puntos donde la cual iba desde me desagrada mucho hasta me agrada mucho.

Con los resultados se procedió a ajustar las cantidades de materias primas utilizadas en las formulaciones para obtener los resultados esperados.

#### **4.5 Evaluación de la formulación final del dulce de leche**

##### *4.5.1 Evaluación de la preferencia de los consumidores*

El panel de consumidores se realizó con el fin de comparar el dulce de leche elaborado con la base en polvo y uno de marca comercial elaborado por el método tradicional. Para llevar a cabo la prueba, se testeó a 108 panelistas, con edades entre los 19 y 61 años, se les solicitó a los panelistas que fueran consumidores frecuentes de dulce de leche y que lo compraran regularmente.

Se quería determinar cual producto es el preferido por los consumidores y la razón de su escogencia, para establecer posibles puntos de mejora en la formulación.

Para este panel se utilizó la prueba de comparación pareada con consumidores la cual consta de una pregunta cerrada donde los panelistas marcan cual era el producto de su preferencia y una abierta en la cual indican la razón más sobresaliente de por qué lo escogen. Adicionalmente, se cuenta con una segunda pregunta cerrada la cual plantea la posibilidad de comprar el producto si este se encontrara disponible en el mercado, en forma de un preparado en polvo como la gelatina.

#### 4.5.2 Caracterización química del producto final

Se analizaron las características químicas del dulce de leche obtenido siguiendo los métodos descritos para la leche condensada azucarada por la AOAC (2005) se utilizaron los análisis destinados para leche condensada ya que la composición es similar a la del dulce de leche y para este último no existen análisis específicos.

**Cuadro II.** Análisis químicos básicos a realizar en el dulce de leche preparado a partir de una base en polvo.

<b>Análisis</b>	<b>Método a utilizar</b>
Sólidos totales	920.115 AOAC (2005)
Ceniza	900.02 AOAC (2005)
Contenido de grasa	909.85 AOAC (2005)
Sólidos solubles	Refractómetro de Abbé Fisher Scientific Co.
Contenido proteico	991.20 AOAC (2005)
Humedad	Por diferencia: 100 – (% sólidos totales)

En el caso del análisis de proteína se llevó a cabo, para el método del dulce de leche de marca comercial, por otros dos métodos, ya que por el método oficial de la AOAC no se logró determinar su contenido, estos métodos son:

1. Añadir alcohol al 95 % (v/v) para desnaturalizar la caseína y detectarla visualmente mediante la formación de un precipitado.
2. Titular con NaOH después de añadir formalina según Herrera, Bolaños & Lutz, (2003) en su libro Química de Alimentos, Manual de Laboratorio.

La desnaturalización de la proteína se puede dar por distintas formas, entre estas por la variación de la constante dieléctrica al adicionarle alcohol o acetona. Al ocurrir la desnaturalización se insolubiliza la proteína al cambiar la estructura terciaria y producir la precipitación de la misma (Silva & García, 2006).

Una vez determinada la presencia de caseína se procede a realizar una titulación con formol para estimar su cantidad. Esta se lleva a cabo en dos fases, en la primera se adiciona fenolftaleína como indicador y se titula la alícuota para neutralizar los ácidos

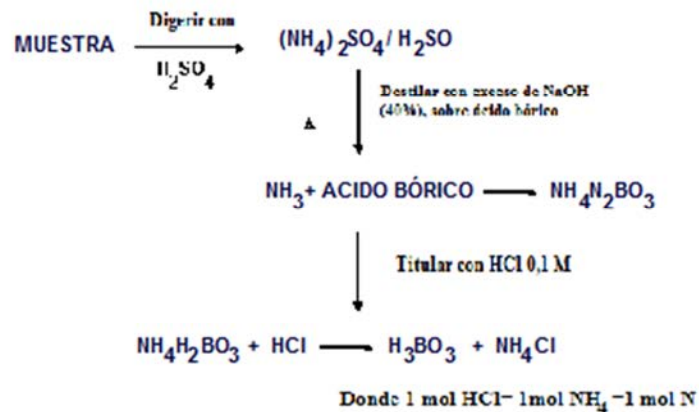


presentes, en la segunda fase se adiciona la formalina a la solución acuosa que contiene proteínas, el grupo  $-NH_2$  reacciona para formar el grupo metilamonio  $-N=CH_2$  y ácido fórmico que puede titularse (López & Paez, 1997), la titulación de este protón liberado se realiza con una solución de hidróxido de sodio 0,100 M y se relaciona directamente con la cantidad de proteína presente en la solución.

El método de Kjeldahl (figura 12), el cual es el utilizado para el procedimiento establecido por la AOAC, tiene como reacción principal la digestión, ya que es la responsable de liberar el nitrógeno contenido en la muestra el cual posteriormente va a ser utilizado como indicador para obtener una relación directamente proporcional a la cantidad de proteína presente. Entre las razones que pudieron haber afectado esta determinación se tienen:

- a. La digestión se ve gobernada por la temperatura a la cual la reacción se lleva a cabo, en la mayor parte de los casos esta temperatura está dada por el punto de ebullición del ácido que se utilice para llevar a cabo la reacción y por la sal que se le agregue al mismo para elevar su punto de ebullición (Bradstreet, 1965)
- b. Debido a que en el proceso de digestión se da la descomposición de la materia orgánica presente, pueden formarse complejos que son difíciles de descomponer y obligan a elevar la temperatura de digestión lo cual a su vez provoca una pérdida del nitrógeno ya que a temperaturas superiores a  $400^{\circ}C$  se forma  $N_{2(g)}$  en lugar de  $(NH_4)_2SO_4$  (Bradstreet, 1965)

La presencia de lisina forma complejos intermediarios estables, lo que lleva a una insuficiente reducción y obliga a tiempos prolongados de digestión lo cual a su vez se traduce en mayor pérdida de nitrógeno libre (Bradstreet, 1965).



**Figura 15.** Reacciones del método de titulación de Kjeldahl.

#### 4.5.3 Análisis instrumental de textura y color

Para realizar los análisis se debe tomar en cuenta que es un producto reconstituido, ya que a la mezcla en polvo (la cual es la forma de comercialización) no es posible realizar estos análisis, además son solo válidas para unas condiciones específicas dadas. Además los parámetros encontrados se utilizan para definir los ámbitos aceptables de control del proceso futuro, bajo condiciones específicas. En ambas pruebas se realizaron seis repeticiones.

##### **a.** Textura

Se realizaron análisis de textura por medio de un texturómetro (texture analyzer), utilizando un dispositivo cilíndrico y la mezcla a temperatura ambiente y en reposo, para medir dureza (N), masticabilidad (m) y pegajosidad (N). El parámetro esencial a medir es la dureza del producto, pues ésta determina la facilidad para fluir que presenta el mismo y permite saber si es apto para uso industrial y/o doméstico, se decide utilizar la dureza y no la viscosidad ya que ésta brinda la posibilidad de saber cual es la fuerza necesaria que se debe aplicar para que este producto una vez preparado salga de un empaque, por ejemplo de una manga pastelera. Este sistema nos permite realizar una comparación, que si bien se puede realizar de forma empírica, evita los problemas de subjetividad envueltos en tipos de mediciones donde se requiere un concepto confiable.

### ***b. Color***

Los análisis de color se hicieron utilizando el Hunter Lab para obtener dos de los parámetros de color y luminosidad del producto del producto. Se llevó a cabo con la escala CIELAB, la medida de los parámetros  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  para obtener un patrón del color del producto terminado, correspondiendo  $L^*$  a la luminosidad y  $a^*$  y  $b^*$  a los colores. Este análisis se realizó para brindar un parámetro de comparación entre productos ya que puede utilizarse como referencia en el avance de la reacción de Maillard.

#### ***4.5.4 Determinación del tiempo total de proceso***

Se determinó el tiempo de proceso a partir de una base en polvo para la realización del dulce de leche. Este tiempo incluyó el mezclado de la base con agua y el tiempo de cocción hasta alcanzar los grados Brix establecidos. Se realizan tres corridas a nivel piloto para determinar si siguiendo los parámetros establecidos el tiempo de proceso se ve disminuido con respecto a un tiempo de proceso de un dulce de leche elaborado a partir de la leche fresca, las corridas realizadas fueron de 100 kilos de mezcla aproximadamente.

### **4.6. Análisis estadístico**

Las respuestas del panel sensorial se tabularon para obtener un gráfico comparativo donde se muestra la preferencia de los consumidores, además de citar la intención de compra. Adicionalmente se presenta una tabla que permite observar los atributos que fueron marcados por los panelistas como sobresalientes en su escogencia.

Para analizar estos datos se plantea la hipótesis de que más del 60 % de los panelistas prefieren el dulce de leche elaborado de manera tradicional, por lo que al plantear las hipótesis se obtiene:

$$H_0: P=60\%$$

$$H_1: P \geq 60\%$$

Para comprobar esta prueba de hipótesis se calcula un valor teórico o crítico dado por tablas y un valor comparativo calculado el cual se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$z_c = \frac{p - P_0}{\sqrt{\frac{P_0 Q_0}{n}}}$$

A partir de esto se calcula el valor estadístico y se compara contra el valor crítico a un 5% de significancia y se determina si existe o no una diferencia significativa en la preferencia del dulce de leche, tomando como criterio que se rechaza  $H_0$  si el valor calculado es superior al crítico.

Los análisis químicos se elaboraron por triplicado, se calculó la media y se reporta con su respectiva desviación estándar. Los análisis físicos se realizaron seis veces, se calculó la media y la desviación estándar. Se compararon los valores obtenidos para cada parámetro del producto elaborado con la mezcla en polvo y con la leche fresca.

Se compararon los valores obtenidos del porcentaje de ácidos grasos para el perfil lípido e índice de aterogenicidad de la leche fresca y la leche en polvo con sustituto de grasa vegetal.

## V. ANÁLISIS Y RESULTADOS

**Cuadro III.** Formulación final obtenida para la elaboración de dulce de leche a partir de una base en polvo.

<b>Materia prima utilizada</b>	<b>* Porcentaje utilizado (%)</b>
Sacarosa	A
Dextrosa en polvo	B
Leche en polvo con sustituto de grasa láctea por lípido vegetal	C
Maltodextrina	D
Bicarbonato	E
Concentrado de proteína de suero	F
Polidextrosa	G
Agua	H

\*A petición de la empresa interesada los porcentajes se codificaron, por lo que solo se explica cómo se obtuvieron y su importancia.

La combinación de materiales tiene dos componentes principales, azúcares reductores y proteínas. Los primeros provienen de la sacarosa, la dextrosa, la polidextrosa y la lactosa presente en la leche en polvo. Las proteínas provienen de la leche en polvo con sustituto de grasa láctea por lípido vegetal y del concentrado de proteína del suero.

Para lograr que los azúcares reductores reaccionen con las proteínas es necesario un medio básico, el cual es dado por el bicarbonato de sodio, pero se debe tener cuidado ya que un exceso de este genera productos indeseables que producen colores y olores desagradables (Henderson, 2009). El pH óptimo para la reacción de Maillard es 9,0-10,0 aunque con solo alcanzar un pH superior a 7,0 la reacción sucede, a una velocidad más baja (Romero & Mestros, 2004)

La maltodextrina se utiliza con el fin de mejorar la palatabilidad del producto final debido a que brinda una sensación de lubricidad y evita la necesidad de agregar grasa láctea, la cual no es favorable para el organismo.

La temperatura y el tiempo de calentamiento así como la concentración inicial de los ingredientes afectan la reacción de Maillard. La mayor actividad de esta reacción se da a altas temperaturas (Walstra *et al.*, 2006).

**Cuadro IV.** Comparación de las características químicas encontradas en el dulce de leche elaborado a partir de una base en polvo, un dulce de leche comercial elaborado de manera tradicional y los reportados por la norma de MERCOSUR como aceptables en el dulce de leche.

<b>Análisis químico</b>	<b>Porcentaje encontrado para el dulce de leche elaborado a partir de una base en polvo</b>	<b>Porcentaje encontrado para el dulce de leche comercial elaborado a partir de leche fresca</b>	<b>Porcentaje dado por la norma de Mercosur</b>
Porcentaje de sólidos totales (% m/m)	70,15 ± 0,22	63,22± 0,61	70,0 *
Porcentaje de humedad (% m/m)	29,85 ± 0,25	36,77 ± 0,61	30,0 máximo
Porcentaje de grasa (% m/m)	9,67 ± 0,37	10,16 ± 0,71	≥ 9,0
Porcentaje de ceniza (% m/m)	1,64 ± 0,02	1,43 ± 0,12	2,0 máximo
Sólidos solubles expresados como °Brix	67,60 ± 0,11	59,25 ± 0,77	NR
Porcentaje de proteína (% m/m)	5,23 ± 0,14	5,7 ± 1,7	5,0 mínimo

NR: valores no registrados como parámetros dentro de la norma de Mercosur.

\*Valor obtenido por diferencia

Aunque no existe un parámetro dado por la Norma de Mercosur para sólidos totales se puede obtener a partir del porcentaje de humedad asumiendo que lo que no es agua es materia sólida. Por lo tanto el porcentaje de sólidos totales sería 70%.

El dulce de leche comercial presenta un porcentaje de sólidos totales por debajo del 70 % y un porcentaje de humedad superior al 30 % permitido por la Norma de Mercosur (cuadro I). Cuando los productos poseen una humedad muy elevada la vida útil es corta, debido principalmente a los mohos y levaduras que se desarrollan en ambientes ricos en nutrimentos como el dulce de leche (Doyle *et al.*, 1997).

El dulce de leche elaborado con la base en polvo cumple con el porcentaje de humedad establecido en la norma. Se decidió elaborarlo a una humedad lo más cercana posible a la máxima permitida con el fin de aumentar el rendimiento del producto.

Ambos productos cumplen con la normativa en su contenido de materia grasa, al tomar en cuenta los rangos de variación no se puede decir que se encuentre una diferencia entre estos productos.

En el producto convencional se puede necesitar mucha grasa para mejorar la palatabilidad, a la base en polvo se le agregan otras sustancias que mejoran este aspecto sin la necesidad de aumentar los niveles de grasa, obteniéndose un producto más saludable.

El contenido de ceniza para ambos productos está dentro de lo permitido, ya que es menor al 2 % máximo permitido. Este parámetro se controla en los productos lácteos como indicador del buen o mal manejo higiénico de la materia prima ya que, por medio de este se puede determinar si la leche fue contaminada o si al momento del ordeño no se tuvieron los cuidados necesarios de eliminar residuos de tierra y otros del ubre del animal (Andrews, 2004). El valor más elevado lo presenta la base en polvo debido a lo mencionado anteriormente y que se utiliza el suero lácteo en polvo, el cual es muy rico en minerales (González & González, 2002).

Los sólidos solubles o °Brix son una medida sencilla para controlar el grado de evaporación durante el proceso, da una idea de la humedad del producto y por tanto de

su consistencia, lo cual a su vez da un parámetro para frenar el proceso de cocción. Para sólidos solubles no existe un valor dado por la norma ya que según sea la aplicación del dulce de leche así se juega con el grado de concentración.

La proteína que se encuentra en el dulce de leche se controla porque es una forma de medir la cantidad y la calidad de la leche que se utiliza. En el dulce de leche comercial se observa una cantidad de proteína similar al encontrado en el dulce de leche elaborado a partir de la base en polvo y a la vez cumple con la norma.

El dulce de leche elaborado a partir de la base en polvo no presentó este problema debido a que durante el procesamiento de la leche en polvo con sustituto de grasa vegetal se degrada la lisina en un gran porcentaje, por lo que al llevarse a cabo la determinación de Kjeldahl la lisina ya no se encuentra disponible para interferir.

**Cuadro V.** Comparación del tiempo de proceso utilizado para la elaboración de dulce de leche a partir de una base en polvo y un dulce de leche elaborado de manera tradicional con leche líquida.

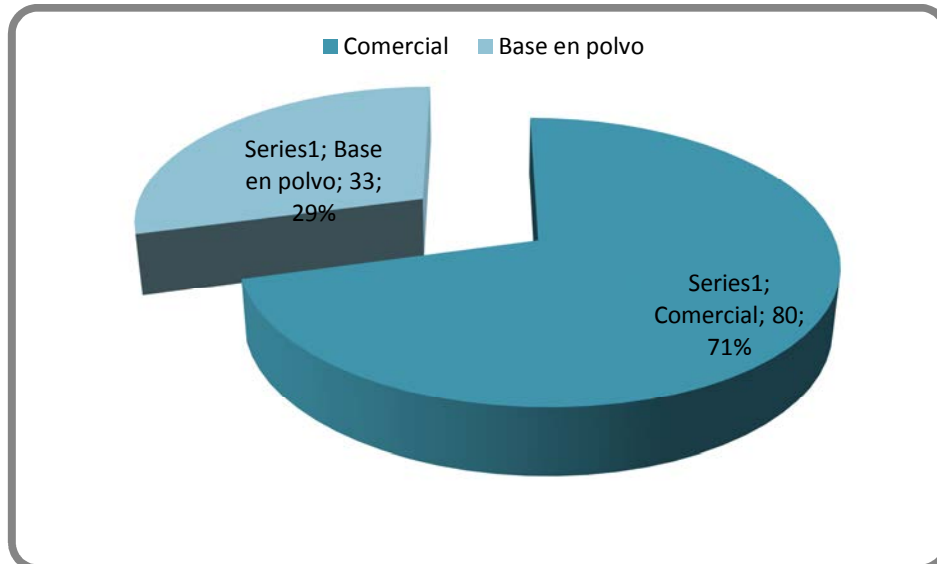
<b>Tiempo de proceso para la elaboración de dulce de leche elaborado a partir de una base en polvo (min)</b>	<b>Tiempo de proceso para la elaboración de dulce de leche elaborado de manera tradicional (min)</b>
45	186

Se observa una disminución grande en el tiempo de proceso del dulce de leche elaborado a partir de una base en polvo, esto debido a que a la premezcla en polvo solo se le añade la cantidad de líquido necesaria para disolver las sustancias y permitir que interactúen. Se evita con ello los tiempos de evaporación prolongados como los que se dan en el dulce de leche tradicional por utilizar leche fresca. Para llegar a ambos valores se llevaron a cabo corridas experimentales controladas.

Además en el proceso tradicional, toda el azúcar no se añade al principio del proceso ya que puede quemarse o formar cristales; por lo que el aumento de sólidos o ° Brix es lento y la velocidad de la reacción de Maillard también. Cuando hay una alta presencia de



agua se da una separación de las proteínas y los azúcares lo cual dificulta que estas reaccionen entre sí y el proceso se torna más lento aumentando el tiempo total.



**Figura 16.** Preferencia del consumidor según tipo de dulce de leche.

En la figura 16 se observa la preferencia de los consumidores hacia un dulce de leche de marca comercial (71 %) sobre un dulce de leche elaborado a partir de una base en polvo (29 %). Para analizar el resultado se realizó una prueba de hipótesis al 95% de confianza.

Al analizar los datos basados en la prueba de hipótesis donde se plantea que más del 60 % de los panelistas prefieren el dulce de leche elaborado de manera tradicional, basados en :

$$z_c = \frac{p - P_0}{\sqrt{\frac{P_0 Q_0}{n}}}$$

Y teniendo que los valores corresponden a:

$$p = 0,71$$

$$P_0 = 0,60$$

$$Q_0 = 0,40$$

$$n = 108$$

Con un 5% de nivel de significancia el valor crítico es 1,645, y el valor calculado, a partir de la fórmula es 2,333. Por lo tanto se rechaza  $H_0$ , por lo que se comprueba que más del 60% prefiere la forma tradicional.

Cuando se les preguntó la razón más importante de su escogencia en el caso del dulce de leche elaborado de manera tradicional con leche fresca la mayoría concidió su respuesta en el sentido de que concuerda que tenía “el sabor típico a caramelo” que siempre habían consumido y para el caso del dulce de leche elaborado con la base en polvo fue atributo más destacado es la suavidad de su sabor (Cuadro VI).

En la mayoría de los productos lácteos los sabores cambian según el periodo de calentamiento (Walstra *et al.*, 2006). En el caso de un dulce de leche elaborado de manera convencional se ha observado que el periodo de calentamiento es mucho más prolongado que el del elaborado con la base en polvo, por lo que es posible que aunque se llegue a un producto con un color similar y una textura similar al patrón el cual es tipificado por su productor como dulce de leche para untar “que se pueda esparcir con facilidad pero que no se derrama”, el sabor no sea el que usualmente encuentran los consumidores en productos de marca comercial elaborados de manera convencional.

**Cuadro VI.** Comparación de las características destacadas por los consumidores sobre la razón de su escogencia.

<b>Características destacadas del dulce de leche comercial</b>	<b>Características destacadas del dulce de leche elaborado a partir de la base en polvo.</b>
Sabor a “caramelo”	Sabor “más suave”
Sabor a “quemado”	Sabor “más puro”
Sabor “tradicional”	Textura “más cremosa”
Más “seco al paladar”	Color “más claro”
Olor “más intenso a leche”	Olor “más relacionado al sabor”

El sabor a caramelo es una de las características que se favorecen con la cocción prolongada y probablemente sea lo que “añoran” los consumidores en el dulce de leche a partir de una base en polvo ya que en nuestro país, como en otros, está muy marcada la tendencia de consumo por tradicionalismo. En este caso específico, el sabor a caramelo del dulce de leche tradicional, fue el atributo más mencionado por los consumidores como razón de su escogencia. El tradicionalismo se ve reflejado en lo que es la lealtad a una marca o producto específico. Esta lealtad se desarrolla ya que en muchos hogares compran las marcas que compran los padres (Lovera, 2005), así por costumbre al ver una marca “x” de jabón, cuando se forma el propio hogar es muy probable que se compre la misma marca “x” de jabón por miedo a innovar y cambiar.

El sabor a caramelo del dulce de leche se debe a la reacción de Maillard, ésta es la responsable de la formación del sabor característico a “caramelo” o “quemado” que los consumidores están acostumbrados a percibir, en el caso del dulce de leche elaborado de manera tradicional se percibe con mayor fuerza debido al prolongado periodo de calentamiento al que este se ve sometido y que por lo tanto permite la formación de más de estas sustancias características del dulce de leche.

El 100 % de los integrantes del panel de consumidores (108 panelistas) respondieron que si encuentran el producto a la venta en el supermercado “lo comprarían”, sobre todo “por la facilidad que representa su preparación”, pues “todos los ingredientes se

encuentran en el mismo paquete a excepción del agua, que sería lo único necesario a añadir”.

**Cuadro VII.** Comparación de los ácidos grasos encontrados en la leche en polvo de ganado vacuno con sustituto de grasa láctea por grasa vegetal y los reportados por la literatura (Belitz *et al.*, 2004) para la leche de ganado vacuno sin sustituto de grasa vegetal.

Número de carbonos	Nombre del ácido graso	% de ácidos grasos encontrados en la leche con sustituto de grasa vegetal	% de ácidos grasos encontrados en la leche de ganado vacuno
C4:0	Ácido butírico	-	2,8
C6:0	Ácido caproico	-	2,3
C8:0	Ácido caprílico	-	1,1
C10:0	Ácido cáprico	-	3,0
C12:0	Ácido láurico	-	2,9
C14:0	Ácido mirístico	0,9	8,9
C14:1 $\Delta$ 9c	Ácido miristoleico	-	0,7
C15:0	Ácido pentadecanoico	-	0,8
C16:0	Ácido palmítico	24,5	23,8
C16:1 $\Delta$ 9c	Ácido palmitoleico	-	1,5
C17:0	Ácido margárico	-	0,7
C18:0	Ácido esteárico	4,9	13,2
C18:1 $\Delta$ 9c	Ácido oleico	22,9	26,7
C18:1 $\Delta$ 9t	Ácido eláidico	5,7	0,31
C18:2 $\Delta$ 9c, 12c	Ácido linoleico	0,9	2,1
C18:2 $\Delta$ 9c, 11t	Ácido ruménico	-	0,12
C18:3 $\Delta$ 9c, 12c, 15c	Ácido linolenico	20,0	0,4
C19:0	Ácido tubercoesteárico	-	0,3
C20:0	Ácido araquídico	0,4	0,3
C21:0	Ácido heneicosanoico	2,4	-
C22:0	Ácido behénico	3,2	0,1

En el cuadro VII se observa que los ácidos grasos C4:0, C6:0, C8:0 y C10:0, no se encuentran presentes en la leche en polvo ya que son exclusivos de la grasa láctea, por lo que se puede asegurar que el 26 % declarado de grasa es lípido vegetal.

Según los certificados de calidad dados por la empresa Ingredientes Internacionales, el aceite vegetal utilizado para sustituir la grasa láctea por lípido vegetal proviene de la soya, sin embargo, no presenta la típica alta cantidad de ácido linoleico (18:2) (Bailey, 2001), lo cual hace pensar que en la realidad se trata de una mezcla de varios aceites.

**Cuadro VIII.** Comparación del índice de aterogenicidad calculado para la leche en polvo de ganado vacuno con sustituto de grasa láctea por grasa vegetal y el dado por Belitz *et al.* (2004) para la leche de ganado vacuno sin sustituto de grasa vegetal.

<b>Índice de aterogenicidad calculado para la leche en polvo con sustituto de grasa vegetal</b>	<b>Índice de aterogenicidad dado para la leche sin sustituto de grasa vegetal*</b>
0,76	1,98

Como se observa en el cuadro VIII, la leche con sustituto de grasa presenta un índice de aterogenicidad mucho menor que el de la leche normal. El hecho de que el producto se realice con esta leche da la certeza de un bajo índice aterogénico pues ninguna otra de las materias primas utilizadas en su elaboración aporta grasa al producto.

Esta es una ventaja competitiva que tiene el producto frente a los demás artículos comerciales los cuales reportan leche entera en su composición. Se considera una ventaja ya que en nuestro país, como en otros, se ha tendido a crear conciencia sobre el consumo de la grasa láctea por su alto grado de aterogenicidad.

El índice de aterogenicidad, como ya se mencionó, está ligado a las enfermedades cardiovasculares; en nuestro país cobran alrededor de un 30% de las muertes anuales, siendo la primera causa de muerte (La Gaceta, 2010). Las enfermedades cardiovasculares se producen por fallas en el corazón o en el sistema circulatorio viéndose agravadas por los hábitos de la población. Entre los hábitos que más daño

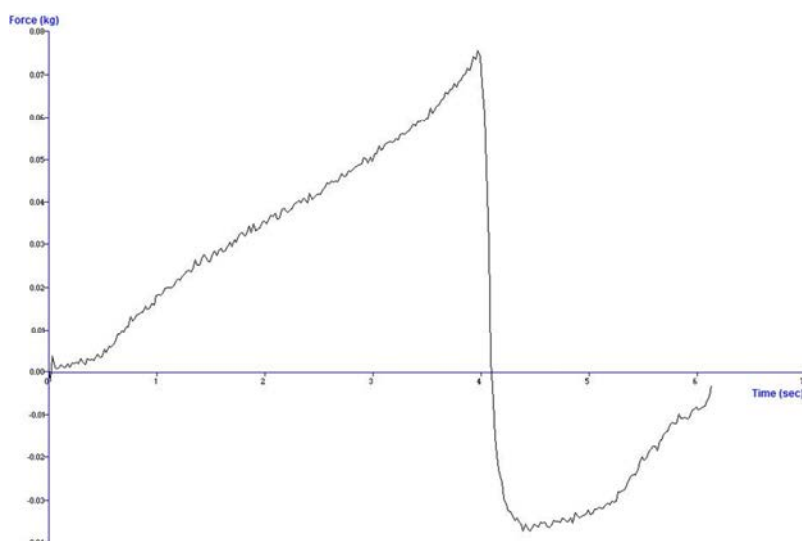
causan y provocan este tipo de enfermedades se encuentra la alimentación (OMS, 2009), por lo que ofrecer un alimento más saludable genera una ventaja competitiva alta.

**Cuadro IX.** Comparación de los valores de los parámetros de dureza (N), masticabilidad (m) y pegajosidad (N) encontrados para el dulce de leche elaborado a partir de una base en polvo y de tres dulces de leche de marca comercial.

Parámetros	Dulce de leche elaborado con la base en polvo	Dulce de leche A	Dulce de leche B	Dulce de leche C
Dureza (N)	0,74 ± 0,11	0,73 ± 0,10	0,91 ± 0,34	1,44 ± 0,18
Masticabilidad (m)	0,031 ± 0,002	0,002 ± 0,001	0,042 ± 0,024	0,002 ± 0,001
Pegajosidad (N)	-0,367 ± 0,035	-0,422 ± 0,082	-0,59 ± 0,30	-0,79 ± 0,14

A y B: dulce de leche para untar  
C: dulce de leche de pastelería

Por ser el dulce de leche un material semifluido con cierto grado de adhesividad, el ensayo de penetración es el más indicado (Pauletti *et al.*, 1992).



**Figura 17.** Gráfico para ejemplificar el análisis de textura por medio del Texture Analyzer.

Como se observa en este gráfico del análisis de textura, la línea que se genera debe volver al punto de origen donde la fuerza es cero. Para el caso de este dulce de leche, se tuvo que realizar un punto de corte a -5 N ya que el gráfico no se devuelve por completo y por definición debe de volver al punto de partida el cual es cero.

La fuerza máxima se detalla como la dureza del producto, este valor es muy cercano a cero por lo que se puede concluir presenta una consistencia suave y tiene por lo tanto una facilidad por fluir, esto al compararlo con los dulce de leche para untar, cuyos valores son similares. La fuerza mínima está dada en este caso por la pegajosidad del producto, que arroja un valor negativo por la forma en la que se mide, ya que la medición se realiza cuando el cilindro se separa de la superficie del dulce de leche.

La pegajosidad de este producto es cercana a cero lo cual indica, al igual que su valor de dureza, que el producto presenta facilidad para fluir. Dadas estas características se puede afirmar que el producto es fácilmente manipulable al igual que los dulces de leche catalogados como para untar.

La masticabilidad del producto se define como la separación que debe existir entre los dientes al momento de masticar para poder romper los hilos que se forman, o de una manera práctica para la industria, se define como la distancia que puede separar el dulce de leche de la superficie sobre la cual se aplica teniendo formación de hilos, lo que a la vez va a condicionar la uniformidad de la capa que se forme al depositarlo sobre la superficie (Pauletti *et al.*, 1992).

Para el caso de la masticabilidad observamos que la formación de hilos es poca y el tamaño de los hilos ronda los tres centímetros, por lo que el producto debería ser de fácil masticabilidad y unido a las características anteriores, se puede decir que su textura es suave al momento de probarlo. Aun si con los parámetros de comparación utilizados se puede decir que se asemeja a A pero no a B, lo cual se puede deber a la forma de preparación de los mismos y su manera de agitación.

La textura se puede ver afectada por la agitación, la cual muchas veces no se controla con exactitud y afecta el producto final, ya que puede provocar variaciones en su

consistencia y hasta la formación de grumos (Pauletti *et al.*, 1992). Por lo tanto para este producto se recomienda una agitación fuerte, constante y uniforme para poder controlar este factor.

Otro factor que afecta la textura del dulce de leche son los tiempos prolongados de cocción, ya que se da la formación de hilos y la caramelización del azúcar la cual afecta directamente la textura.

**Cuadro X.** Valores de los parámetros L\*a\*b\* encontrados para el dulce de leche elaborado a partir de una base en polvo.

Parámetro	Valor
L*	19,810 ± 0,044
a*	17,08 ± 0,12
b*	28,40 ± 0,30

La medición del color se realiza tanto para control interno como para control externo del producto, ya que una vez que este sale al mercado el color es una de las formas de medir que tan estable es a través del tiempo (Good, 2003).

La medición del color, así como otros atributos sensoriales, se han medido y comparado estas mediciones contra el sistema de panel sensorial, llegando a la conclusión que un instrumento sencillo es muchas veces de mayor utilidad que un panel sensorial, aunque estos no se puedan utilizar para medir los mismos parámetros (Dorantes *et al.*, 1990). Esto basados a que es más difícil mantener un panel sensorial bien entrenado y calibrado que un instrumento.

Como se detalla en el cuadro IX, la luminosidad (L\*) del dulce de leche es un valor bajo por lo que es de esperarse que los tonos que aparecen en el producto sean colores densos. El valor a\* y b\* son valores positivos, los cuales crean una mezcla entre el rojo y amarillo, como no son valores tan alejados de cero, se puede decir que la mezcla de ambos colores da un color anaranjado-café oscuro.



## VI. CONCLUSIONES

- ⇒ La mezcla de la base en polvo con agua permite la obtención de un producto similar a los comercializados actualmente en el país por un método más rápido.
- ⇒ De acuerdo a la composición química del dulce de leche elaborado a partir de la base en polvo contra uno comercial elaborado con leche fresca se encontró gran similitud en la composición química de los mismos.
- ⇒ El producto comercial utilizado para comprar contiene una cantidad de humedad mayor a lo estipulado como máximo por la norma de Mercosur no se puede decir que este incumpla pues en nuestro país no existe normativa que regule su producción.
- ⇒ El tiempo de proceso disminuye un 75 % respecto al tiempo de proceso tradicional utilizando leche fresca por lo que la realización del producto conlleva un gran ahorro de tiempo, energía y dinero.
- ⇒ Al analizar la preferencia de los consumidores, se obtuvo que escogieron el producto comercial utilizado como referencia antes que el producto elaborado con la base en polvo.
- ⇒ El sabor a “caramelo” es la característica más destacada por los consumidores como la razón que impulsa su escogencia.
- ⇒ En cuanto a la intención de compra el 100% de las personas compraría el producto innovador si este estuviese disponible en el mercado.
- ⇒ Al no encontrarse rastros de ácidos grasos C4:0 , C6:0, C8:0 y C10:0 se puede asegurar que la grasa láctea ha sido eliminada por completo del producto elaborado a partir de una base en polvo sustituyéndose por lípido vegetal.
- ⇒ Al existir la ausencia de la grasa láctea se disminuye el índice de aterogenicidad de 1,98 (leche fresca) a 0,76 (leche con sustituto).

⇒ Los parámetros de color y textura permiten tener un control del producto terminado, para saber si hemos llegado al punto final deseado, bajo condiciones controladas.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- ⇒ Es recomendable analizar la estabilidad a través del tiempo tanto de la base en polvo como del producto reconstituido, ya que son ricos en nutrientes y susceptibles a deterioro.
  
- ⇒ Se recomienda la utilización de un saborizante para imitar el sabor de un dulce de leche elaborado de manera tradicional.
  
- ⇒ Es recomendable medir la cantidad de lactosa presente en el producto final ya que este parámetro puede afectar la aceptación de los consumidores.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

ANDREWS, A. 2004. Sanidad del ganado vacuno lechero. Acribia. Zaragoza

AOAC. 2005. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 18 ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.

AVILA, J.; HERRERA, P. & ESPINEL, R. 2010. Tendencias de los consumidores y mercados de productos agrícolas. América y Economía On Line. INTERNET:<http://mba.americaeconomia.com/biblioteca/papers/tendencias-de-los-consumidores-y-mercado-de-productos-agricolas>.

BAILEY, 2001. Grasas y aceites industriales. 2ª ed. Reverté. España.

BELITZ, H.; GROSCH, W. & SCHIEBERLE, P. 2004. Food Chemistry. 3ª ed. Springer.

BRADSTREET, R. 1965 The Kjeldahl Method for Organic Nitrogen. Academic Press, New York and London.

BRENNAN, J.; BUTTERS, J. & COWELL, N. 1998. Las Operaciones de la Ingeniería de los alimentos. 3ª ed. Acribia. Zaragoza.

CARAVACA, F.; CASTEL, J.; GUZMAN, J.; DELGADO, M.; MENA, Y.; ALCALDE, M. & GONZALEZ, P. 2003. Bases de la producción animal. Universidad de Sevilla. España

CARPENTER, R.; LYON, D. & HASDELL, T. 2002. Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de los alimentos. 2ª ed. Acribia, Zaragoza.

CASALS, J. & DE HOMBRE, R. 1995. Características reológicas del dulce de leche (Bufito). Revista de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 5(1/2): 62-67.

CASTILLO, L.; ALVARADO, A. & SANCHEZ, M. 2006. Enfermedad cardiovascular en Costa Rica. Revista costarricense de Salud Pública. 334: 3-16

CASTRO, M.; HERRERA, C. & LUTZ, G. 2005. Composición, caracterización y potencial aterogénico de Aceites, grasas y otros derivados producidos o comercializados en Costa Rica. Acta medica costarricense. 47 (1): 36-42.

CICAR. 1999. Escuela Centroamericana de Ganadería: curso sobre gestión en las agroindustrias lácteas. Red costarricense de servicio a la agroindustria, Costa Rica.

CIEPE. 1988. Técnicas instrumentales aplicadas al análisis de alimentos. Boletín informativo, Venezuela.

CORTÉS, A & ORTEGA, L. 2004. Arequipe con fruta, alternativa agroindustrial para aumentar el valor agregado. Facultad de Ciencias Agrarias, Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad la Sallista. Revista la Sallista de investigación, Antioquia Colombia. 1(01): 99-101.

COULTATE, T.P. 1998. Manual de Química y Bioquímica de los Alimentos. 2ª ed. Acribia, Zaragoza

CURIEL, J. 2007. La dulcería mexicana: Historia, Ciencia y Tecnología. Limusa, México.

DORANTES, L.; GARCIA, M. & ARANA, R. 1990. La cajeta o dulce de leche. Desarrollo de alimentos de humedad intermedia importantes para Iberoamérica. México. Boletín de Divulgación de los Grupos Mexicanos. Nº 3.

DORNBLASER, L. & JAGO, D. 2009. CPG: Prediction 2010. Mintel Internacional. INTERNET: [www.gnpd.com/sinatra/gnpd/focustypes/focus\\_type=17](http://www.gnpd.com/sinatra/gnpd/focustypes/focus_type=17).

DOYLE, P. BEUCHAT, L & MONTVILLE, T. 1997. Microbiología Alimentos fundamentos y fronteras. 2 ed. Zaragoza, Acribia.

EARLY, R. 2004. Tecnología de los productos lácteos. 2ª ed. Acribia, Zaragoza.

EPPINGER, S. & NOVAK, S. 2001. Sourcing by design: product complexity and the supply chain. Management Science, USA. 47 (01): 182-204

FAYLE, S.; GERRARD, S. & LÓPEZ, P. 2004 La reacción de Maillard. Acribia, Zaragoza

FENEMMA, O. 2000. Química de los alimentos. 2ª ed. Acribia, Zaragoza.

FERRAMONDO, A., CHIRIFE, J., PARADA, J. & VIGO, S. 1984. Chemical and microbiological studies in dulce de leche, a typical argentine confectionery product. Journal of Food Science 49: 821-823

GEÓSTA, M. & LÓPEZ, A. 2003. Manual de industrias lácteas. Mundi-Prensa, México

GILLIES, M. 1974. Whey processing and utilization: economic and technical aspects. Noyes Data Corporation, New Jersey.

GONZALEZ, X. & GONZALEZ, J. 2002. Utilización del suero de leche para la elaboración de un bebida fermentada. Trabajo de graduación presentado como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero (a) agrónomo (a) con el grado de licenciatura. Guácimo, Costa Rica.

GOOD, H. 2003. Physical property testing. Methods of measuring food color. Food Quality, Magazine. USA. 1(1): 5-6

GUTIÉRREZ, E. 2008. Desarrollo de una bebida de suero dulce derivado de la fabricación de queso fresco, fermentada con cultivos *Lactobacillus helveticus* y *Streptococcus salivarius var thermophilus* (TCC-20), adicionada con cultivos probióticos *Lactobacillus paracasei subsp. paracasei* LC-01. Tesis Licenciatura en Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología en Alimentos. San José.

HENDERSON, M. 2009. Procesos I: Tecnología de los productos lácteos. Clase Magistral Universidad de Costa Rica, San José.

HERRERA, C.; BOLAÑOS, N. & LUTZ, G. 2003. Química de alimentos. Manual de laboratorio. Editorial de la Universidad de Costa Rica. San José.

HUIRIQUEO, C. 2007. Desarrollo de una formulación optimizada de galletas para celíacos utilizando materias primas libres de gluten. Trabajo final para optar al título de ingeniero

en alimentos, Universidad de la Frontera, Facultad de Ingeniería, Ciencias y Administración, Departamento de Ingeniería Química. Temuco.

IBAQEZ, F, 2001. Análisis sensorial de los alimentos: métodos y aplicaciones. Springer, España.

INDA, A. 2000. Optimización de rendimiento y aseguramiento de inocuidad en la industria de quesería; una guía para la pequeña y mediana empresa. Editorial de la Organización de los Estados Unidos con la cooperación alemana para el desarrollo. (OEA/GTZ), México.

KEATING, P. & RODRIGUEZ, H. 1999. Introducción a la lactología. Limusa, México.

KILCAST, 2000. The stability and shelf-life of food. CRC Press. United States

LA GACETA, 2010. Proyecto de ley N° 17845 del 16 de setiembre de 2010: Exoneración a las asociaciones que y las fundaciones que apoyan a las unidades de cuidados paleativos. Diario La Gaceta N° 202 martes 19 de octubre de 2010.

LAICA, 2009. Productos industriales, azúcar blanco de plantación. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar de Costa Rica. Costa Rica. INTERNET: <http://www.laica.co.cr/elcanal.asp>.

LOPEZ, N. & PAEZ, L. 1997. Influencia del formaldehído sobre las características físico químicas y microbiológicas de la leche cruda. Revista venezolana tropical. Venezuela, 22(1): 43-55

LOVERA, J. 2005. Cultura y tradiciones de la alimentación Venezolana. Anales venezolanos de nutrición. Venezuela, 18(1):138-140

MADRID, A. 1999. Confitería y pastelería: Manual de información. AMV Ediciones, México.

MAG, 2007. Dulce de leche: composición y requisitos. Departamento Fiscalización de Industrias lácteas. San José, Costa Rica.

MARSILLI, R. 1993. Texture and Mouthfeel: making rheology real. INTERNET: <http://www.foodproductsidgn.com/archive/1993/0893OA.html>

MEIC. ([informacion@meic.go.cr](mailto:informacion@meic.go.cr)) 1987. Norma oficial para el azúcar. Decreto N° 17584. La Gaceta N° 124. Costa Rica. INTERNET: <http://www.reglatec.go.cr/decretos/17584.pdf>

MOGUES, M. 2005. Calidad de los alimentos: reacciones de los azúcares. Quinto año de ingeniería química. INTERNET: <http://www.scribd.com/doc/12060909/Caramelizacion-de-los-azucares>

MONTERO, R. 2006. Manjar blanco, proyecto San Martín. ITDG-CEPCO, Lima, Perú. INTERNET: <http://www.fao.org/inpho/content/documents/vlibrary/ae620s/Pprocesados/LACT1.HTM>

MORO, O. & HOUGH, G. 1985. Total solids and density measurements of dulce de leche a typical argentine dairy product. Journal of Dairy Science. 68 (3): 521-525.

MULTON, J. 2000. Aditivos y auxiliares de fabricación en las industrias agroalimentarias. 2ª ed. Acribia, Zaragoza.

MURILLO, L. 2008. Desarrollo y caracterización sensorial y físico-química de un dulce de leche sin grasa y sin azúcar elaborado a nivel de laboratorio. Tesis Licenciatura en Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología en Alimentos. San José.

NICOLINI, J.; FARDELLI, C.; RAMIREZ, O.ZALAZAR, R.; CUSOLITO, F. & ABREVAYA, C. 2007. Desarrollo de productos: análisis de pymes. Los Polvorines: Universidad nacional de General Sarmiento. Argentina

NURSTEN, H. 2005. The Maillard Reaction: chemistry, biochemistry and implications. Royal Society. Great Britain.



OMS, 2009. Organización Mundial de la Salud: Enfermedades Cardiovasculares. Centro de divulgación. INTERNET: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/es/index.html>

PAMPA TRADE, S.A. 2010. Nuestros productos: Dulce de leche en polvo. Buenos Aires, Argentina. INTERNET: [http://www.pampatrade-sa.com/sitio/ddl\\_en\\_polvo.html](http://www.pampatrade-sa.com/sitio/ddl_en_polvo.html)

PAULETTI, M.; CALVO, C.; IZQUIERDO, L. & COSTELL, E. 1992. Color y textura del dulce de leche. Selección de métodos instrumentales para el control de calidad industrial. Revista española de Ciencia y Tecnología de alimentos. 32(3): 291-305.

PAULETTI, M.; CASTELAO, E. & BERNARDI, M. 1996. Influencia de los sólidos solubles, de la acidez y del azúcar sobre el color del dulce de leche. Food Science and Technology International. 2(1):45-49.

PAULETTI, M.; CASTELAO, E.; SABBAG, N. & COSTA, S. 1995. Velocidad de las reacciones responsables del color del dulce de leche. Food Science and Technology International. 1(1):137-140.

RODRIGUEZ, R. 2009. Maltodextrina: especificaciones. AAA Químicos. INTERNET: [aaaquimicos.com/Fichas%20tecnicas/MALTODEXTRINAS.pdf](http://aaaquimicos.com/Fichas%20tecnicas/MALTODEXTRINAS.pdf).

ROMERO, R & MESTROS, J. 2004. Tecnología de los Productos Lácteos: los tratamientos térmicos y su influencia sobre los componentes de la leche. Ediciones UPC, Barcelona.

SANCHO, J.; BOTA, E. & CASTRO, J. 1999. Introducción al análisis sensorial de los alimentos. Edicions de la Universitat de Barcelona, España.

SILVA, M. & GARCIA, M. 2006. Laboratorio de Bioquímica. Editorial MAD S.L. Madrid, España.

URRUBARU, J. 1997. Normativa de MERCOSUR para el Sector Lácteo. Publicaciones & Ediciones FEPALE, Uruguay.

VACLARIK, V. 2002. Fundamentos de ciencia de los alimentos. Acribia, España.

VARGAS, A. ([info@alsec.com.com](mailto:info@alsec.com.com)). 2010. Alimentos en polvo: una nueva tendencia del mercado agroindustrial. [Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia](#). INTERNET: [http://www.contacto-i.org/site/index.php?option=com\\_content&view=article&id-89:alimentos-en-polvo-una-nueva-tendencia-del-mercado-groindustrial&catid=3:noticias-innovadoras&Itemid=67](http://www.contacto-i.org/site/index.php?option=com_content&view=article&id-89:alimentos-en-polvo-una-nueva-tendencia-del-mercado-groindustrial&catid=3:noticias-innovadoras&Itemid=67)

VILLEGAS, L. ([villegasz@yahoo.es](mailto:villegasz@yahoo.es)). 2009. Situación actual del sector lácteo en Costa Rica. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). INTERNET: [http://www.mag.go.cr/oficinas/prog-nac-leche.html#HERMES\\_TABS\\_1\\_2](http://www.mag.go.cr/oficinas/prog-nac-leche.html#HERMES_TABS_1_2).

WALSTRA, J.; WOUTERS, J. & GEURTS. 2006. Dairy Science and Technology. 2ª ed. CRC Press, United States.

WATTS, B.; YLIMAKI, G.; JEFFERY, L. & ELÍAS, L. 1992. Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos. CIID, Ottawa.

WHEY CONSULTING TEAM. 2000. Turn the whey into profitable business. Gea Denmark. USA. INTERNET: [www.geafiltration.com/filtration\\_library/turn\\_whey\\_business.pdf](http://www.geafiltration.com/filtration_library/turn_whey_business.pdf).

WITTING DE PENNA, E. & VILLAROEL, M. 2001. Fibra dietética en iberoamérica, tecnología y salud: obtención, caracterización, efecto y aplicación en alimentos. Varela Editora y Librería Ltda. Chile.

YAÑEZ, E. & BIOLLEY, E. 1999. Sustitutos de grasa en la alimentación humana. Archivos latinoamericanos de nutrición, Chile, Universidad de la frontera. 49 (2):101-105.

## IX. APÉNDICES

### APENDICE 1. HOJAS DE RESPUESTAS UTILIZADAS PARA LA PRUEBA DE PREFERENCIA DE LOS CONSUMIDORES.

#### OPCION 1

Nombre: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

A continuación se le presentan dos muestras, con un código de tres dígitos, de dulce de leche. Indique marcando con una "X" cual de las muestras prefiere y de una razón de su escogencia.

275

581

Razón? \_\_\_\_\_

Usted compraría el producto si este se realiza a partir de una base en polvo.

Si

No

#### OPCION 2

Nombre: \_\_\_\_\_

Edad: \_\_\_\_\_

A continuación se le presentan dos muestras, con un código de tres dígitos, de dulce de leche. Indique marcando con una "X" cual de las muestras prefiere y de una razón de su escogencia.

581

275

Razón? \_\_\_\_\_

Usted compraría el producto si este se realiza a partir de una base en polvo.

Si

No