



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

**Trabajo de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial**  
**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**EFFECTO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE GLUCOSA SOBRE EL PROCESO  
DE ELABORACIÓN Y LA CALIDAD DEL DULCE DE LECHE**

**AUTOR**

Luis Alexis Maldonado Bonifaz.

**DIRECTORA**

Dra. PhD. Davinia Sánchez Macías

**AÑO**

2019

## REVISIÓN TRIBUNAL

Los Miembros del Tribunal de Graduación del Proyecto de Investigación de título “Efecto de diferentes concentraciones de glucosa sobre el proceso de elaboración y la calidad del dulce de leche”, presentado por: Maldonado Bonifaz Luis Alexis y dirigida por la Dra. PhD. Davinia Sánchez Macías.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final de Investigación con fines de graduación escrito en el cual se ha constado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Para constancia de lo expuesto firman:

Mgs. Paul Ricuarte.

Presidente del tribunal



FIRMA

Dra. PhD. Davinia Sánchez Macías

Directora del Proyecto de Investigación



FIRMA

MsC. Sebastián Guerrero

Miembro del Tribunal



FIRMA

PhD. Antonio Murillo

Miembro del Tribunal



FIRMA

## AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

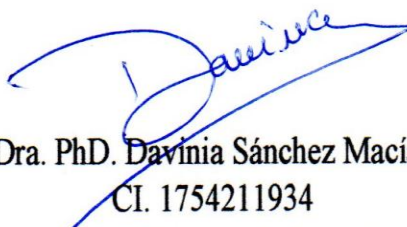
La responsabilidad del contenido de este Trabajo de Grado, nos corresponde exclusivamente a Maldonado Bonifaz Luis Alexis como autor y la Dra. PhD. Davinia Sánchez Macías como directora del Proyecto, incluyendo todas las tablas y figuras que se encuentran en el trabajo excepto las que contienen su propia fuente y el patrimonio intelectual de la misma a la Universidad Nacional de Chimborazo.



Maldonado Bonifaz Luis Alexis

CI. 064152074

Autor del Proyecto



Dra. PhD. Davinia Sánchez Macías

CI. 1754211934

Directora del Proyecto de Investigación

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mi familia por siempre ser un apoyo en mi formación personal y profesional. Al grupo de investigación de Producción Animal e Industrialización PROANIN por ayudarme en mi formación académica, a mis compañeros de trabajo y a todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

*Luis Alexis Maldonado Bonifaz*

## **AGRADECIMIENTO**

De manera especial a la Dra. Davinia Sánchez por el tiempo dedicado y el apoyo ofrecido en este trabajo de investigación, por la motivación para la culminación de mis estudios profesionales y para la elaboración de esta tesis.

Al Dr. Antonio Murillo por el apoyo y motivación para la culminación de este tema de investigación y elaboración de la tesis, por estar siempre pendiente de los avances en el desarrollo de este proyecto.

A los docentes y estudiantes miembros del grupo de investigación de Producción Animal e Industrialización PROANIN de la Universidad Nacional de Chimborazo.

A mis amigos de la carrera, por brindarme siempre su apoyo incondicional, y siempre brindarme su apoyo y por los buenos momentos que me dieron en la etapa universitaria.

Luis Alexis Maldonado Bonifaz

# INDICE

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| <b>REVISIÓN TRIBUNAL .....</b>   | <b>i</b>                      |
| <b>AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>                                    | <b>ii</b>                     |
| <b>DEDICATORIA .....</b>   | <b>iii</b>                    |
| <b>AGRADECIMIENTO.....</b>   | <b>iv</b>                     |
| <b>RESUMEN .....</b>   | <b>ixx</b>                    |
| <b>ABSTRACT .....</b>  | ¡Error! Marcador no definido. |
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>   | <b>1</b>                      |
| <b>2. OBJETIVOS.....</b>   | <b>2</b>                      |
| 2.1. OBJETIVO GENERAL .....  | 2                             |
| 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....   | 2                             |
| <b>3. ESTADO DEL ARTE RELACIONADO A LA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN .....</b> | <b>3</b>                      |
| 3.1. DULCE DE LECHE .....  | 3                             |
| 3.2. REACCIÓN DE MAILLARD .....  | 3                             |
| 3.1. PROBLEMAS ASOCIADOS AL DULCE DE LECHE .....                           | 4                             |
| 3.2. LA GLUCOSA Y SU FUNCIÓN EN EL DULCE DE LECHE .....                    | 5                             |
| <b>4. METODOLOGÍA.....</b>   | <b>6</b>                      |
| 4.1. TIPO DE ESTUDIO .....   | 6                             |
| 4.2. POBLACIÓN Y MUESTRA.....  | 6                             |
| 4.3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA Y ELABORACIÓN DEL DULCE DE LECHE .....      | 6                             |
| <b>5. PROCEDIMIENTO .....</b>  | <b>7</b>                      |
| 5.1. ELABORACIÓN DEL DULCE DE LECHE .....                                  | 7                             |
| 5.2. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LA LECHE CRUDA.....                         | 8                             |
| 5.3. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO, CRISTALIZACIÓN Y COLOR INSTRUMENTAL .....    | 8                             |
| 5.4. ANÁLISIS DE TEXTURA INSTRUMENTAL.....                                 | 10                            |
| 5.5. EVALUACIÓN SENSORIAL.....   | 12                            |
| 5.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....  | 13                            |
| <b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>                                     | <b>13</b>                     |
| 6.1. RESULTADOS.....   | 13                            |
| 6.1.1. CALIDAD LECHE CRUDA .....   | 13                            |
| 6.1.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL DULCE DE LECHE .....            | 14                            |

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 6.1.3. | COLOR INSTRUMENTAL .....  | 16 |
| 6.1.4. | TEXTURA INSTRUMENTAL DEL DULCE DE LECHE .....   | 17 |
| 6.1.5. | ANÁLISIS SENSORIAL .....  | 21 |
| 6.2.   | DISCUSIÓN .....   | 22 |
| 6.2.1. | CALIDAD LECHE CRUDA .....   | 22 |
| 6.2.2. | EFFECTO DE LA PRESENCIA DE GLUCOSA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-<br>QUÍMICAS Y COLOR DEL DULCE DE LECHE ..... | 23 |
| 6.2.3. | TEXTURA INSTRUMENTAL Y SENSORIAL DEL DULCE DE LECHE CON PRESENCIA DE<br>GLUCOSA .....                             | 24 |
| 7.     | CONCLUSIONES .....  | 25 |
| 8.     | RECOMENDACIONES.....  | 25 |
| 9.     | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 25 |
| 10.    | ANEXOS .....  | 28 |
| 10.1.  | FICHA DE TEST DE EVALUACIÓN SENSORIAL.....  | 30 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tabla 1. Requisitos físico-químicos del dulce de leche según el CODEX STAN 252 (2006) .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>Tabla 2. Alteraciones en dulce de leche .....</b>  | <b>5</b>  |
| <b>Tabla 3. Codificación de los tratamientos de dulce de leche. ....</b>  | <b>6</b>  |
| <b>Tabla 4. Formulación Dulce de leche .....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>Tabla 5. Requisitos leche cruda Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 9:2012 .....</b>  | <b>8</b>  |
| <b>Tabla 6. Definiciones de los parámetros de textura obtenidos con el equipo TextureProCT</b>  |           |
| <b>Brookfield .....</b>   | <b>12</b> |
| <b>Tabla 7. Valores de los parámetros de análisis de control de calidad leche cruda. ....</b>   | <b>13</b> |
| <b>Tabla 8. Valores medios de la acidez, densidad, pH, grados Brix y recuento de cristales del dulce de</b><br><b>leche con 0, 10, 30 y 50 % de sustitución de azúcar por glucosa, evaluados al día 1 y 30 de</b><br><b>almacenamiento a temperatura ambiente.....</b>          | <b>14</b> |
| <b>Tabla 9. Valores medios de color del dulce de leche con 0, 10, 30 y 50 % de sustitución de azúcar</b><br><b>por glucosa, evaluados al día 1 y 30 de almacenamiento a temperatura ambiente. ....</b>  | <b>16</b> |
| <b>Tabla 10. Valores medios de los parámetros de textura instrumental del dulce de leche con 0, 10, 30</b><br><b>y 50 % de sustitución de azúcar por glucosa, evaluados al día 1 y 30 de almacenamiento a</b><br><b>temperatura ambiente, obtenidos con la sonda TA18. ....</b> | <b>17</b> |
| <b>Tabla 11. Valores medios de los parámetros de textura instrumental del dulce de leche con 0, 10, 30</b><br><b>y 50 % de sustitución de azúcar por glucosa, evaluados al día 1 y 30 de almacenamiento a</b><br><b>temperatura ambiente, obtenidos con la sonda TA43. ....</b> | <b>19</b> |
| <b>Tabla 12. Valores medios de los parámetros de textura instrumental del dulce de leche con 0, 10, 30</b><br><b>y 50 % de sustitución de azúcar por glucosa, evaluados al día 1 y 30 de almacenamiento a</b><br><b>temperatura ambiente, obtenidos con la sonda TA5. ....</b>  | <b>20</b> |
| <b>Tabla 13. Valores medios de los resultados de análisis sensorial del dulce de leche con 0, 10, 30 y 50</b><br><b>% de sustitución de azúcar por glucosa, evaluados al día 1 y 30 de almacenamiento a</b><br><b>temperatura ambiente. ....</b>                                | <b>21</b> |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura 1. Grafica general del perfil de textura.....</b>   | <b>11</b> |
| <b>Figura 2. Ejemplo de escala hedónica del 1 al 7 para aceptación del consumidor.....</b>  | <b>12</b> |
| <b>Figura 3. Ejemplo de escala de estimación de la magnitud.....</b>  | <b>12</b> |
| <b>Figura 4. Visualización de cristales a través del microscopio óptico con un aumento de 20X, en dulces de leche con 0 (a), 10 (b), 30 (c) y 50 % (d) de sustitución de azúcar por glucosa después de 1 día de almacenamiento.....</b>   | <b>15</b> |
| <b>Figura 5. Visualización de cristales a través del microscopio óptico con un aumento de 20X, en dulces de leche con 0 (a), 10 (b), 30 (c) y 50 % (d) de sustitución de azúcar por glucosa después de 30 días de almacenamiento.....</b> | <b>16</b> |
| <b>Figura 6. Valores de diferencia de parámetros sensoriales de dulces de leche con 0, 10, 30 y 50 % de sustitución de azúcar por glucosa, evaluados al día 1 y 30 de almacenamiento a temperatura ambiente.....</b>                      | <b>22</b> |
| <b>Figura 7. Procedimientos de dulce de leche con 0, 10, 30 y 50 % de sustitución de azúcar por glucosa, evaluados al día 1 y 30 de almacenamiento a temperatura ambiente.....</b>  | <b>29</b> |

## RESUMEN

Para mitigar uno de los problemas del dulce de leche tradicional, la cristalización, se suele sustituir cierta cantidad de azúcar por glucosa. En la literatura se han encontrado diversas fórmulas usando distintas concentraciones de este ingrediente, pero ninguna ha evaluado su impacto sobre la calidad del producto final. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de glucosa utilizadas en la formulación sobre la calidad del dulce de leche durante su almacenamiento. Se analizaron las características físico-químicas, el color y textura instrumental, así como la aceptación y diferenciación sensorial. La adición de glucosa al dulce de leche resultó en una disminución del pH, y un aumento de la acidez y de la intensidad del color y oscurecimiento, lo cual fue detectado también por los consumidores. Además, el uso de glucosa produjo una disminución del número de cristales en el producto, lo cual perduró hasta los 30 días de almacenamiento. Sin embargo, los consumidores manifestaron un aumento de la presencia de cristales, excepto en el dulce de leche con una sustitución de un 30% de azúcar por glucosa. Respecto a la textura, a medida que aumentó la presencia de glucosa en el dulce de leche, aumentaron los valores de los parámetros de dureza, trabajo, adhesividad y masticabilidad. Se concluye que el uso de glucosa en un 30 % de sustitución de azúcar es una buena alternativa para mantener la aceptación el consumidor, al mismo tiempo que se retarda la cristalización y disminuye los costos de producción.

Palabras clave: Dulce de leche, glucosa, textura, análisis sensorial.

## ABSTRACT

To mitigate crystallization from the traditional "dulce de leche", a certain amount of sugar is usually substituted by glucose. Various formulas have been found in the literature using different concentrations of this ingredient, but no one have evaluated their impact on the quality of the final product. The aim of this work was to evaluate the effect of different glucose concentrations used in the preparation on the dulce de leche quality during storage. Physical-chemical characteristics, instrumental color and texture, as well as sensory acceptance and differentiation were analyzed. The use of glucose in dulce de leche, caused a pH decrease, acidity increase as well as the color intensity and darkening, which was also detected by consumers. In addition, the use of glucose produced a decrease in the number of crystals in the product, which lasted until 30 days of storage. However, consumers reported an increase in the presence of crystals, except in dulce de leche with a substitution of 30% sugar by glucose. About texture, as the presence of glucose in dulce de leche increased, the values of hardness, work, adhesiveness and chewability parameters increased. We concluded that the use of 30% of glucose instead of sugar is a good alternative to maintain consumer acceptance, it also delays crystallization and lows the production cost.

Keywords: Dulce de leche, glucose, texture, sensory analysis

Translation reviewed by:



MSc. Edison Damián.



## **1. INTRODUCCIÓN**

El dulce de leche es un derivado lácteo que se consume tradicionalmente en América del Sur y parte de América Central y México. Su uso radica principalmente como postre, o también acompañado con pan, galletas, queso, etc. El dulce de leche se utiliza para confitería o para la elaboración de helados. Tecnológicamente, el dulce de leche entra en la categoría de leche en conserva por evaporación y adición de azúcar y por la disminución de la actividad del agua (Lopes, 2014).

El primer dulce de leche del cual se tiene registro en el mercado ecuatoriano pertenece a la Empresa TONI en el año de 1986, de consistencia suave y de sabor dulce. El tiempo de vida útil de este producto es de 90 días (Toni, 1978).

El dulce de leche debe tener generalmente una consistencia cremosa y ser de un color castaño claro (CODEX STAN 252, 2006). Los principales ingredientes que forman parte son la sacarosa, la leche, el bicarbonato de sodio y otros aditivos que se puede adicionar. Uno de los principales sustitutos para la sacarosa es la glucosa, que no sólo disminuye las calorías que puede aportar el dulce de leche, sino que también brinda mayor estabilidad al producto y sensorialmente le da brillo y retrasa la aparición de cristales aumentando su durabilidad (González, 2014), que en el dulce de leche es un factor no deseado.

Adicionalmente, la presencia de glucosa favorece la Reacción de Maillard debido a que, por efecto de la hidrólisis de la lactosa, se acentúa más, ya que la glucosa y la galactosa son más reactivas que la lactosa (González, 2014). Esto provoca un aumento en la dulzura del producto porque la mezcla de galactosa y glucosa es más dulce que la lactosa misma.

El dulce de leche se puede ver afectado por diversos factores, desde el manejo del ganado, la genética y las buenas prácticas agrícolas, hasta la formulación del dulce de leche y el procesamiento final (Smit, 2000). Todos estos factores influyen en la calidad nutricional, tecnológica y sensorial del dulce de leche, influyendo directamente en el consumidor.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1.OBJETIVO GENERAL**

- Evaluar cómo afecta las diferentes concentraciones de glucosa en la calidad final del dulce de leche.

### **2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Evaluar las características tecnológicas que determinan la calidad del dulce de leche en relación a las diferentes concentraciones de glucosa analizadas.
- Analizar la calidad sensorial a nivel de consumidores del dulce de leche elaborado con diferentes concentraciones de glucosa.
- Determinar la mejor concentración de glucosa que mantenga las cualidades aceptables del dulce de leche.

### 3. ESTADO DEL ARTE RELACIONADO A LA TEMÁTICA DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1.DULCE DE LECHE

De acuerdo a la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 700 (2011) de Ecuador, se define al dulce de leche como “el producto obtenido a partir de leches adicionadas de azúcares que por efecto del calor adquiere su color característico, y otros ingredientes permitidos. Se pueden adicionar sustancias amiláceas, sólo al producto destinado a repostería, en dicho caso este producto debe rotularse con la denominación de postre de leche”.

El dulce de leche se considera un tipo de leche condensada azucarada, muy tradicional en los países de Sudamérica, especialmente del sur. El dulce de leche es un producto concentrado que debe tener un mínimo de 65,5% de sólidos totales y la cantidad de azúcares añadidos no debe exceder del 50% (NTE INEN 700, 2011). Así mismo, CODEX STAN 252 (2006) establece que este producto debe tener una textura homogénea, color uniforme, sin presencia de cristales de azúcar, y que cumpla los requisitos físico-químicos según la Tabla 1.

**Tabla 1. Requisitos físico-químicos del dulce de leche según el CODEX STAN 252 (2006)**

| Parámetros                   | Porcentaje |
|------------------------------|------------|
| Humedad, máximo              | 34,5 %     |
| Sólidos Totales, mínimo      | 65,5 %     |
| Azúcares Totales w/w, máximo | 50 %       |
| Grasa w/w, mínimo            | 3 %        |
| Ácido láctico, máximo        | 0,3 %      |

Fuente: Food and Agriculture Organization, (CODEX STAN 252, 2006)

La NTE INEN 700 (2011) menciona que al dulce de leche se puede adicionar cacao, chocolate, coco, frutos secos, cereales, etc., en una cantidad mínima del 5% m/m del producto final.

#### 3.2.REACCIÓN DE MAILLARD

La reacción de Maillard es un conjunto de reacciones químicas que se da entre las proteínas de la leche y los azúcares presentes en la mezcla debido al calentamiento de la misma.

La sacarosa, o más conocida como azúcar de mesa, es el edulcorante predominante del dulce de leche el cual brinda las principales características sensoriales (color oscuro y textura características) y químicas como la reacción de Maillard, debido a la degradación de azúcares entre la lactosa y las proteínas de la leche. También es responsable de la formación de cristales (Oliveira,

2011), motivo por el cual es necesario agregar la dosis exacta. De acuerdo con otros estudios en los cuales reemplazaron hasta el 50% de la cantidad total de sacarosa por otros edulcorantes comerciales como es el caso de la polidextrosa, fructosa y sorbitol, los edulcorantes que favorecieron la reacción de Maillard son la polidextrosa y la fructosa. (Valencia y Cols, 2008).

El dulce de leche, al ser un producto de la evaporación del agua de la leche, provoca que el ácido láctico presente en el mismo se concentre. Resultado de esto la acidez se va incrementando. Un exceso en la acidez puede provocar que se retrase la reacción de Maillard, de tal forma que no se alcance el color deseado del dulce de leche tan característico (INA, 2011). El regulador de acidez más usado para la elaboración de dulce de leche es el bicarbonato de sodio, el cual neutraliza el exceso de acidez presente en la leche, proporcionando un medio neutro, facilita la reacción de Maillard y se obtiene el color característico del manjar (FAO, 2017). Así mismo, el bicarbonato de sodio evita la coagulación de las caseínas evitando la formación de grumos. El factor de tiempo de cocción también afecta en la elaboración del dulce de leche, un aumento en el tiempo mejora la reacción de Maillard (Hough, 1991).

El color del dulce de leche es un atributo fundamental para la aceptación organoléptica del producto por parte del consumidor. Es fundamental entender que dicho atributo no sólo depende de la reacción de Maillard, sino que también se ve afectado por otros factores como la formulación, presencia de aditivos, métodos de procesamiento y condiciones de almacenamiento (Novoa, 2012).

### **3.1.PROBLEMAS ASOCIADOS AL DULCE DE LECHE**

El problema tecnológico más común en la elaboración tanto a nivel tradicional como industrial del dulce de leche es la arena o cristales. La causa de este fenómeno no deseado es la cristalización de lactosa (Sabioni, 1984; Hough y Cols, 1990). Este es el principal problema por el que el dulce de leche se rechaza por el consumidor y es inevitable si el contenido de lactosa no se reduce antes de la elaboración del dulce de leche (Gimenez y Cols, 2008).

Los principales motivos para que se produzca la cristalización de la sacarosa en el dulce de leche se debe a la ausencia de glucosa o al exceso de sacarosa y a la temperatura de almacenamiento (González, 2014). La lactosa está presente en la leche en dos formas conocidas:  $\alpha$ - y  $\beta$ -lactosa. La  $\alpha$ -lactosa es la que produce la cristalización en el dulce de leche debido a su baja solubilidad.

Otros estudios afirman que una alternativa tecnológica para reducir la cantidad de lactosa presente en la leche es la hidrólisis de la lactosa con la enzima  $\beta$ -D-galactosidasa (Sabioni y Cols, 1984). Pero el gran inconveniente de deslactosar la leche antes de iniciar con el proceso de elaboración

del dulce de leche es que produce cambios sensoriales como un mayor oscurecimiento en el producto final resultado por el aumento en la reacción de Maillard (Martins, 2003)

La hidrólisis de lactosa produce otras alteraciones no deseadas en el dulce de leche como las resumidas en la Tabla 2.

**Tabla 2. Alteraciones en dulce de leche**

| Alteración                 | Consecuencia   |
|----------------------------|--|
| <b>Mohos y levaduras</b>   | La presencia de mohos y levaduras en el dulce de leche se debe a una temperatura inadecuada y tiempo de preparación ineficientes para la eliminación de microorganismos presentes en la leche. Y por una incorrecta manipulación en el proceso de elaboración y envasado del dulce de leche junto al exceso de humedad |
| <b>Presencia de grumos</b> | Se produce cuando se tiene una baja acidez y la falta de agitación constante durante la elaboración del dulce de leche, se produce una coagulación que hace que la caseína se precipite.   |
| <b>Dureza</b>              | Debido a un exceso en la concentración de sólidos debido al tiempo o temperatura de elaboración, o por el uso de espesantes.   |
| <b>Exceso de dulzor</b>    | Debido principalmente a tres factores, el primero es una formulación inadecuada, el segundo por un exceso en la acidez y el tercero que la leche este contaminada por bacterias proteolíticas  |

Fuentes: Toledo (2008) y Amanjaradas (2013)

### **3.2.LA GLUCOSA Y SU FUNCIÓN EN EL DULCE DE LECHE**

La glucosa es un monosacárido que se encuentra principalmente en las frutas y miel, resultado de la mezcla de maltosa, dextrosas y dextrina que es soluble en agua (QuimiNet, 2011).

La glucosa es un derivado vegetal de fácil digestión y poder edulcorante menor a la sacarosa. Su uso en la elaboración de dulce de leche es como sustituto de la sacarosa (Zunino, 1998) por los siguientes motivos: más económico, da brillo al dulce de leche y disminuye la aparición de cristales de lactosa en el producto final.

Además, la adición de glucosa a la leche con un pH entre 6-7 favorece notablemente la reacción de Maillard, aumentando el pardeamiento (Oliveira, 2009), mejora las propiedades del producto final, y es una alternativa de bajo costo para disminuir el problema que significa para la industria la cristalización de la lactosa.



## 4. METODOLOGÍA

### 4.1.TIPO DE ESTUDIO

Este trabajo de investigación cumple con las condiciones metodológicas de una investigación cuantitativa. Todos los datos obtenidos de los análisis son de carácter cuantitativo, los que posteriormente fueron sometidos a un análisis estadístico.

También cumple con las condiciones metodológicas de una investigación experimental porque se manejaron variables no comprobadas en condiciones que el investigador pueda controlar.

Y finalmente también es una investigación comparativa porque con todos los datos obtenidos de la investigación experimental se realizó un análisis de comparación de medias y una interpretación de los resultados.

### 4.2.POBLACIÓN Y MUESTRA

Para este experimento se elaboraron, por duplicado, 4 dulces de leche con diferentes porcentajes de sustitución de sacarosa por glucosa: 0, 10, 30 y 50 %. Cada uno de ellos fue subdividido a su vez en dos grupos, uno de los cuales se analizó al día 1 y el otro tras 30 días de almacenamiento. De esta forma, se tuvo un total de 4 tratamientos que fueron analizados en dos periodos de tiempo diferentes, y se realizó por duplicado, haciendo un total de 16 muestras a analizar (4 sustituciones de glucosa x 2 tiempos x duplicado). La codificación se realizó según la Tabla 3.

**Tabla 3. Codificación de los tratamientos de dulce de leche.**

| Tiempo de almacenamiento | Sustitución de glucosa |           |           |           |
|--------------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|
|                          | 0                      | 10        | 30        | 50        |
| Día 1                    | DL-0-D1                | DL-10-D1  | DL-30-D1  | DL-50-D1  |
| Día 30                   | DL-0-D30               | DL-10-D30 | DL-30-D30 | DL-50-D30 |

Fuente: Maldonado. A, Sánchez. D (2019)

Todos los estudios se realizaron en la Universidad Nacional de Chimborazo (Riobamba-Ecuador), en el laboratorio del Grupo de Investigación Producción Animal e Industrialización (PROANIN).

### 4.3.PREPARACIÓN DE LA MUESTRA Y ELABORACIÓN DEL DULCE DE LECHE

#### Materias primas

La leche se obtuvo en la empresa de Lácteos “San Salvador” (Riobamba, provincia de Chimborazo). Ésta fue transportada en recipientes de acero inoxidable a una temperatura de 3°C con la ayuda de bolsas de gel refrigerante hasta el sitio donde se procedió a la elaboración del dulce de leche.

La cantidad requerida de leche cruda para los 4 tratamientos de dulce de leche fue de 12 kg para cada repetición, cantidad suficiente para obtener dulce de leche para realizar los análisis físico-químicos, tecnológicos y sensoriales. La sacarosa, el bicarbonato de sodio y la glucosa fueron de grado alimentario y obtenido en tiendas especializadas (Riobamba, provincia de Chimborazo).

## 5. PROCEDIMIENTO

### 5.1. ELABORACIÓN DEL DULCE DE LECHE

Para la elaboración del dulce de leche se utilizaron las diferentes formulaciones dependiendo de la cantidad de glucosa que fue añadida.

Se procedió a pesar los ingredientes para cada formulación de dulce de leche, se colocó la leche en el recipiente de acero inoxidable junto con la sacarosa y el bicarbonato de sodio, se calentó a una temperatura entre 35-40°C para agregar la glucosa. Se mezcló manualmente con una cuchara de acero inoxidable. Para el proceso de concentración se elevó la temperatura entre 90-95°C hasta llegar a la concentración de sólidos deseada de 67° Brix. Este proceso tardó aproximadamente 3 horas para cada tratamiento. Después se realizó un enfriamiento hasta que el dulce de leche alcanzara los 60°C, se procedió al envasado del dulce de leche en recipientes previamente esterilizados. El dulce de leche se dejó en reposo 1 día, tras lo cual se realizaron los análisis necesarios.

**Tabla 4. Formulación Dulce de leche**

|             | 0%    | 10%   | 30%   | 50%   |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| Leche       | 3 kg  | 3 kg  | 3 kg  | 3 kg  |
| Sacarosa    | 600 g | 540 g | 420 g | 300 g |
| Glucosa     | 0 g   | 60 g  | 180 g | 300 g |
| Bicarbonato | 3 g   | 3 g   | 3 g   | 3 g   |

Fuente: Maldonado, A, Sánchez, D (2019)

El tratamiento DL-0-D1 sin glucosa fue nuestra muestra control (C). Al no tener glucosa en su formulación sirvió para comparar los efectos de la glucosa en los otros tratamientos que sí tienen presencia de glucosa. Mientras para el 10%, 30% y 50% se reemplazó el porcentaje del total de azúcar con glucosa. Otro factor importante para reducir la cristalización de la lactosa es el enfriamiento rápido. Estudios realizados en leche condensada determinan que es un factor importante para evitar la precipitación incontrolada de la lactosa, lo que provoca la formación de cristales en el dulce de leche (Oliveira, 2009).

De cada tratamiento fueron separados 2 envases, el primero para realizar los análisis al día 1 y el segundo para los análisis al día 30.

## 5.2. ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE LA LECHE CRUDA

La leche cruda se analizó en la planta de lácteos San Salvador mediante el uso del equipo MILKOTESTER EQL-00239, el cual dio información sobre la composición multiparamétrica de la leche (grasa, sólidos no grasos, proteína, lactosa, densidad, acidez y punto de congelación)

Los requisitos que debe cumplir la leche cruda, según la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 9 (2012) de Ecuador, están descritos en la Tabla 5.

**Tabla 5. Requisitos leche cruda Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 9:2012**

| REQUISITOS                                     | UNIDAD                            | MIN.             | MAX.             | MÉTODO DE ENSAYO |
|--|-----------------------------------|------------------|------------------|------------------|
| Densidad relativa:<br>A 15°C<br>A 20°C         | g/ml                              | 1,029<br>1,028   | 1,033<br>1,032   | NTE INEN 11      |
| Materia grasa                                  | % (fracción de masa) <sup>1</sup> | 3,0              | --               | NTE INEN 12      |
| Acidez titulable como ácido láctico            | % (fracción de masa)              | 0,13             | 0,17             | NTE INEN 13      |
| Sólidos totales                                | % (fracción de masa)              | 11,2             | --               | NTE INEN 14      |
| Sólidos no grasos                              | % (fracción de masa)              | 8,2              |                  | *                |
| Proteínas                                      | % (fracción de masa)              | 2,9              | --               | NTE INEN 16      |
| Punto de congelación<br>(punto crioscópico) ** | °C<br>°H                          | -0,536<br>-0,555 | -0,512<br>-0,530 | NTE INEN 15      |

\* Diferencia entre el contenido de sólidos totales y el contenido de grasa.

\*\* °C= °H - f, donde f= 0,9656

1) “Fracción de masa de B, WB: Esta cantidad se expresa frecuentemente en por ciento, %. La notación “% (m/m)” no deberá usarse”.

Fuente: (NTE INEN 9, 2012)

## 5.3. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO, CRISTALIZACIÓN Y COLOR INSTRUMENTAL

### a) Acidez Titulable

La medición de la acidez se realizó por el método de titulación con hidróxido de sodio utilizando como indicador fenolftaleína, por triplicado, de acuerdo al método propuesto por el Instituto Adolfo Lutz (2008). A un 1 ml de muestra de dulce de leche en un vaso de precipitado se le agregaron 9 ml de agua destilada, y se mezcló con una varilla hasta disolución completa. Se le añadió 3 gotas de indicador fenolftaleína, y se tituló con una solución NaOH al 0.1 N hasta un ligero cambio de color a rosa. El porcentaje de acidez medido como ácido láctico se calculó según la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de ácido láctico} = \frac{mldeNaOH * 0,1 * 0,09}{Volumendelamuestra} * 100$$

### **b) Densidad**

Para realizar las mediciones de densidad el dulce de leche debía estar a una temperatura ambiente de unos 20°C (Moro, 1985). Se efectuó un análisis gravimétrico mediante la técnica del picnómetro por triplicado. Se determinó el peso (m1) del picnómetro vacío en la balanza analítica. Se verificó que este se encuentre limpio y seco y se anotó su resultado. Se llenó el picnómetro con agua destilada hasta rebosar. Luego se pesó (m2) el picnómetro con el agua y se anotó el resultado. Se eliminó el agua, lavó y secó el picnómetro cuidadosamente.

Se llenó el picnómetro con la muestra de dulce de leche con ayuda de una jeringa. Y se determinó el peso (m3) del picnómetro con la muestra, previamente secado y se anotó el resultado. La densidad se calculó según la siguiente fórmula:

$$Densidad = \frac{m2-m1}{m2-m3} \cdot Da$$

Donde la densidad del agua (Da) se considera 1g/ml

### **c) Ph**

Para medir el pH se utilizó un potenciómetro digital realizando una dilución 1-10 de 50 ml de las muestras de dulce de leche, por triplicado, de acuerdo al método propuesto por el Instituto Adolfo Lutz (2008). Se realizó una calibración del potenciómetro con buffer pH 4 y pH 7. Se tomó 5 ml de muestra de dulce de leche con la ayuda de una jeringa de 10ml y se colocó en un vaso de precipitación. Se agregó 45 ml de agua destilada, y mezcló con la ayuda de una varilla hasta que la muestra se disuelva. Se colocó en cada muestra el potenciómetro, se espera hasta que se estabilice y se anotó el resultado.

### **d) Brix**

La concentración de sólidos solubles del dulce de leche se determinó mediante el uso de un refractómetro a 20°, por triplicado y los resultados fueron expresados en °Brix (Instituto Adolfo Lutz, 2008). Se realizó una calibración del refractómetro con agua destilada a 20°C. Se limpió y secó el prisma del refractómetro y a continuación se colocó una gota de dulce de leche a 20°C. Se observó y anotó la medida señalada en el refractómetro.

### **e) Cristalización**

La evaluación de la cristalización de la lactosa se realizó utilizando un microscopio óptico con un lente objetivo 20X, esta evaluación se realizó al día 1 y al día 30, el dulce de leche se almacenó a

temperatura ambiente. Por cada muestra se realizó un recuento de cristales en 10 campos de observaciones utilizando el método propuesto por Hough y Cols (1990).

Se pesó en un portaobjetos 0,1 g de dulce de leche y se cubrió con un cubreobjetos y se presionó ligeramente. Se seleccionó 10 campos microscópicos al azar y se realizó el conteo de cristales en cada uno de ellos y se hizo un promedio de los valores de cristales.

#### **f) Evaluación del color**

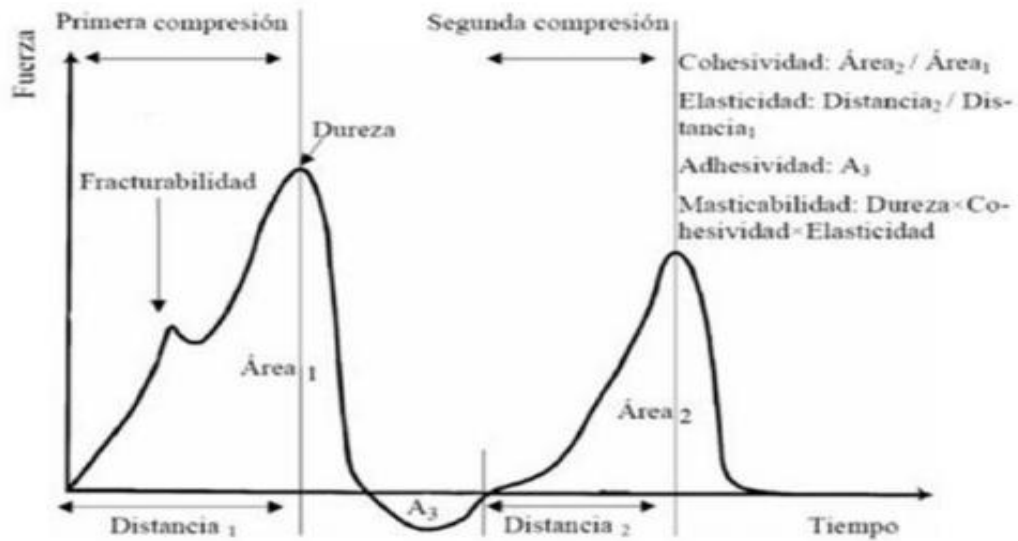
El espacio de color es un método que expresa el color de un alimento asignándole valores números de acuerdo a diferentes parámetros que el equipo mide. El espacio de color Lab\* (CIELab), es el sistema de color más usado para evaluar el color de un alimento. El sistema LCh\* es preferido dependiendo de la investigación debido a que tiene una mejor correlación con la forma en que el ser humano capta el color. La diferencia entre un sistema y otro es que Lab\* trabaja en coordenadas cilíndricas y LCh\* trabaja en coordenadas rectangulares.

Los análisis de color de las muestras de dulce de leche se realizaron con un colorímetro portátil CR-400, Konika Minolta), y se basó en el espacio de color CIE Lab\* y CIE LCh\*, donde L\* indica la luminosidad, a\* el índice rojo-verde, b\* el índice amarillo-azul, C\* indica croma o saturación y h\* indica el ángulo de matiz.

Una vez calibrado el equipo, se colocaron las muestras en un recipiente de plástico pequeño y se introdujo el colorímetro completamente limpio en la muestra, y se tomaron los datos de color por triplicado.

#### **5.4. ANÁLISIS DE TEXTURA INSTRUMENTAL**

La textura instrumental es un análisis utilizado que trata de simular el proceso de masticación, y el equipo utilizado para este análisis se lo conoce como Texturómetro. El método más utilizado es el análisis de perfil de textura (TPA), que realiza una doble compresión y penetración en las muestras. Los resultados obtenidos relacionan la fuerza requerida en función al tiempo, mediante una curva que permite definir varios parámetros de textura como indica la figura 1.



**Figura 1. Grafica general del perfil de textura**

**Fuente:** Hleap y Velasco (2010)

Las muestras de dulce de leche se colocaron en recipientes con una altura de 57 mm y un diámetro de 45mm llenados completamente con la ayuda de una espátula de acero inoxidable, ejerciendo presión para eliminar burbujas de aire que puedan quedar internamente.

Para la realización del análisis de perfil de textura (TPA) se utilizó un Texturómetro de prueba universal (TexturePro CT3 V1.6 Build 26, marca Brookfield, USA), una distancia de penetración de 30 mm y a una velocidad de 1 mm/s, y a doble compresión. La prueba se realizó utilizando 3 sondas diferentes:

- TA18 Esfera de 12,7 mm de diámetro.
- TA43Esferade 25,4 mm de diámetro.
- TA5 Cilindro de 12,7 mm de diámetro.

Los parámetros obtenidos por la prueba de TPA efectuado por el equipo TexturePro CT3 se presentan en la Tabla 6.

**Tabla 6. Definiciones de los parámetros de textura obtenidos con el equipo TextureProCT Brookfield**

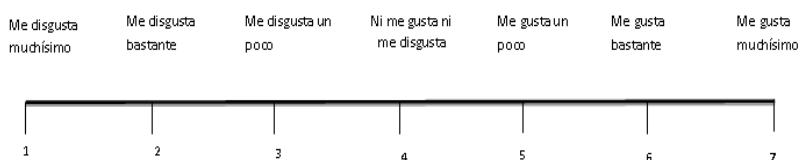
| PARÁMETRO                | DEFINICIÓN   | UNIDAD |
|--------------------------|--|--------|
| Dureza                   | Valor mínimo de carga del ciclo de compresión  | N      |
| Trabajo dureza terminado | Área por debajo de la curva Carga vs Distancia desde el comienzo del ciclo hasta el valor objetivo | g*cm   |
| Trabajo total            | Resultado de la suma entre el trabajo dureza terminado + trabajo recuperable terminado             | g*cm   |
| Adhesividad              | Área bajo de la curva Carga vs Distancia   | g*cm   |
| Masticabilidad           | Energía requerida para masticar un producto alimenticio hasta un estado para tragar                | g*cm   |

Fuente: Maldonado. A, Sánchez. D (2019)

### 5.5.EVALUACIÓN SENSORIAL

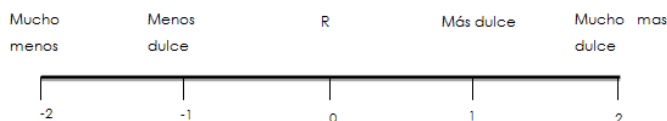
Se trabajó con un panel de consumidores pertenecientes a la Universidad Nacional de Chimborazo, entre docentes y estudiantes, para evaluar los tratamientos del dulce de leche a diferente concentración de glucosa de los 2 lotes que se realizaron.

Treinta consumidores realizaron un test de aceptación del producto para evaluar las preferencias del consumidor, utilizando una escala hedónica del 1 al 7 donde: 1) Me disgusta muchísimo, 2) Me disgusta bastante, 3) Me disgusta un poco, 4) Ni me gusta ni me disgusta, 5) Me gusta un poco, 6) Me gusta bastante, 7) Me gusta muchísimo, tal y como se observa en la figura 2. La prueba de aceptación se realizó para cada uno de los tratamientos en los dos periodos de análisis.



**Figura 2. Ejemplo de escala hedónica del 1 al 7 para aceptación del consumidor.**

Para evaluar los otros parámetros de sabor, textura, color y cristales individualmente se utilizó una prueba de estimación de la magnitud que se utiliza establecer diferencias en un parámetro determinado, la cual también se usa en estudios de aceptabilidad o hedónicos (Carpenter, 2002).



**Figura 3. Ejemplo de escala de estimación de la magnitud.**

La prueba consistió en dar a los catadores dos o más muestras codificadas con concentraciones diferentes y también una muestra de referencia (R) o control. Los catadores debieron probar la muestra R o control, le asigna el valor 0 y luego continúa probando las otras muestras a las que les asigna un valor menor, mayor o igual al primero, en función de la intensidad de la diferencia para el parámetro analizado. Esta prueba la realizaron los mismos consumidores que la prueba anterior, para cada tratamiento y periodo de análisis. Se procedió en un plato plástico blanco, dividirlo en 4 partes para cada tratamiento y colocar las respectivas codificaciones. La muestra se presentó a los catadores en cucharas de plástico blancas y se colocó servilletas y vasos de agua.

## 5.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La tabulación de datos se realizó en el programa Microsoft Excel 2010. Para el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa SAS versión 9.2 (SAS Institute, 2008). Se seleccionó el método ANOVA de medidas repetidas para evaluar el efecto de la concentración de glucosa (4 niveles: 0, 10, 30 y 50%) y el tiempo de almacenamiento de las muestras de dulce de leche (2 niveles: 1 y 30 días), sobre los diferentes análisis de calidad tecnológica, textura instrumental y evaluación sensorial. El análisis de diferencia de medias fue realizado con la prueba de Bonferroni ( $P < 0,05$ ).

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1. RESULTADOS

#### 6.1.1. CALIDAD LECHE CRUDA

En la Tabla 7 se presentan los resultados obtenidos del equipo MILKOTESTER EQL-00239, de los 2 lotes de leche cruda que se utilizaron para cada repetición de dulce de leche. Los porcentajes de grasa, proteína, lactosa y sólidos no grasos fueron alrededor de 4,3%, 3,4%, 5,4% y 9,7%, respectivamente. La densidad rondó los 1,031 g/ml, y el punto crioscópico -0,534. La acidez, medida en grados Dornic, estuvo entre 16 y 17°.

**Tabla 7. Valores de los parámetros de análisis de control de calidad leche cruda.**

| Parámetro             | Lote de leche |        |
|-----------------------|---------------|--------|
|                       | 1             | 2      |
| Grasa (%)             | 4,1           | 4,4    |
| Proteína (%)          | 3,4           | 3,4    |
| Lactosa (%)           | 5,4           | 5,5    |
| Sólidos no grasos (%) | 9,4           | 10,1   |
| Densidad (g/ml)       | 1,031         | 1,030  |
| PC (°C)               | -0,534        | -0,533 |
| Acidez (°D)           | 17            | 16     |

Fuente: Maldonado. A, Sánchez. D (2019)



### 6.1.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL DULCE DE LECHE

En la Tabla 8 se presentan los resultados obtenidos de los análisis de calidad tecnológica y grado de cristalización del dulce de leche con diferentes concentraciones de glucosa a los 1 y 30 días de almacenamiento conservados a temperatura ambiente.

**Tabla 8. Valores medios de la acidez, densidad, pH, grados Brix y recuento de cristales del dulce de leche con 0, 10, 30 y 50 % de sustitución de azúcar por glucosa, evaluados al día 1 y 30 de almacenamiento a temperatura ambiente.**

| Parámetro                | Tiempo (días) | Porcentaje de glucosa |                     |                    |                    | EEM   |
|--------------------------|---------------|-----------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-------|
|                          |               | 0                     | 10                  | 30                 | 50                 |       |
| Acidez (% ácido láctico) | 1             | 0,21 <sup>a</sup>     | 0,25 <sup>ab</sup>  | 0,31 <sup>ab</sup> | 0,37 <sup>b</sup>  | 0,03  |
|                          | 30            | 0,32 <sup>a</sup>     | 0,37 <sup>ab</sup>  | 0,44 <sup>b</sup>  | 0,52 <sup>b</sup>  | 0,03  |
|                          | EEM           | 0,03                  | 0,04                | 0,04               | 0,05               |       |
| Densidad(g/ml)           | 1             | 1,29                  | 1,29                | 1,30               | 1,31               | 0,00  |
|                          | 30            | 1,29 <sup>a</sup>     | 1,30 <sup>ab</sup>  | 1,31 <sup>ab</sup> | 1,32 <sup>b</sup>  | 0,00  |
|                          | EEM           | 0,00                  | 0,00                | 0,00               | 0,00               |       |
| pH                       | 1             | 7,37 <sup>a</sup>     | 7,28 <sup>a</sup>   | 7,15 <sup>b</sup>  | 7,03 <sup>c</sup>  | 0,14  |
|                          | 30            | 7,33 <sup>a</sup>     | 7,23 <sup>a</sup>   | 7,11 <sup>b</sup>  | 7,01 <sup>c</sup>  | 0,13  |
|                          | EEM           | 0,03                  | 0,05                | 0,03               | 0,04               |       |
| Brix (°Bx)               | 1             | 67,00                 | 67,00               | 67,00              | 67,00              | 0,00  |
|                          | 30            | 68,00                 | 68,50               | 68,50              | 69,00              | 0,19  |
|                          | EEM           | 0,29                  | 0,48                | 0,48               | 0,58               |       |
| Cristalización           | 1             | 115,45 <sup>az</sup>  | 65,90 <sup>b</sup>  | 40,00 <sup>c</sup> | 22,20 <sup>c</sup> | 13,50 |
|                          | 30            | 474,90 <sup>ay</sup>  | 135,90 <sup>b</sup> | 96,55 <sup>b</sup> | 29,95 <sup>b</sup> | 68,57 |
|                          | EEM           | 107,98                | 33,03               | 30,07              | 6,47               |       |

<sup>a-c</sup> Medias en fila para la misma variable con diferente superíndice difieren estadísticamente (P<0,05)

<sup>z-y</sup> Medias en columna para la misma variable con diferentes superíndices difieren estadísticamente (P<0,05)

EEM: Error estándar de la media

Fuente: Maldonado, A, Sánchez, D (2019)

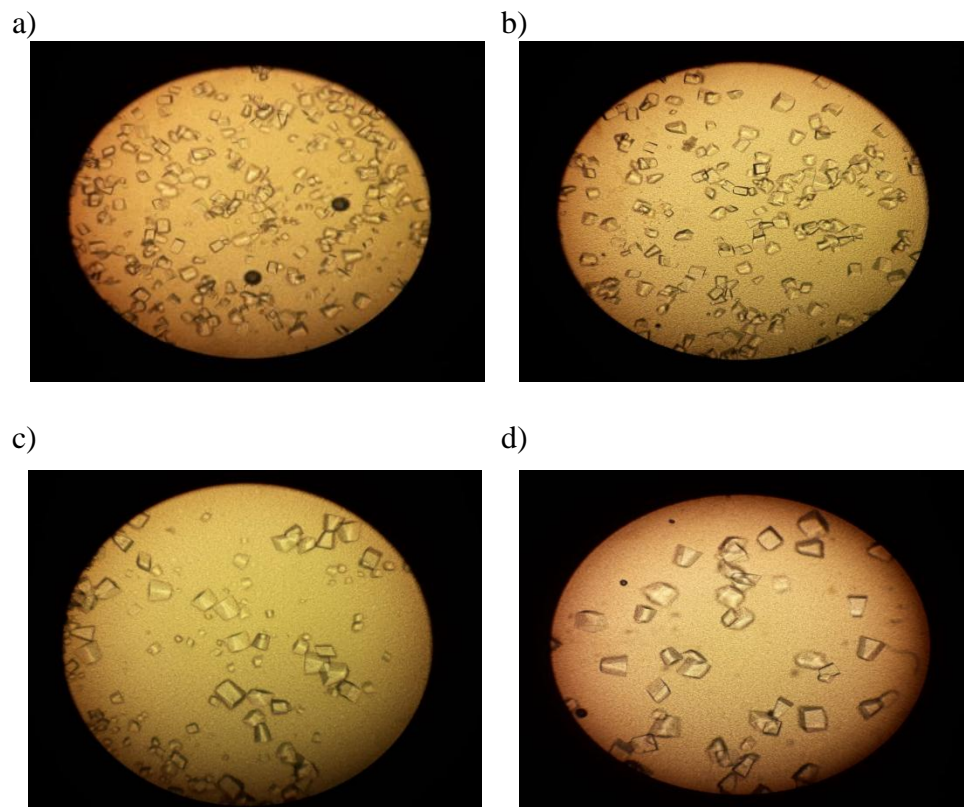
Al día 1, a medida que aumenta la presencia de glucosa en el dulce de leche, aumentó la acidez de 0,21 a 0,37 % de ácido láctico, con una diferencia significativa con el control al sustituir un 50% del azúcar por glucosa. Este patrón se mantiene a los 30 días, pero la diferencia ya es significativa con un 30 o 50% de sustitución.

La densidad del dulce de leche al día 1, que tuvo un rango entre 1,29 y 1,31 g/ml, no presentó diferencias significativas debidas a la presencia de glucosa; sin embargo, tras 30 días de almacenamiento, los dulces de leche con mayor uso de glucosa en su formulación presentaron una mayor densidad respecto al control.

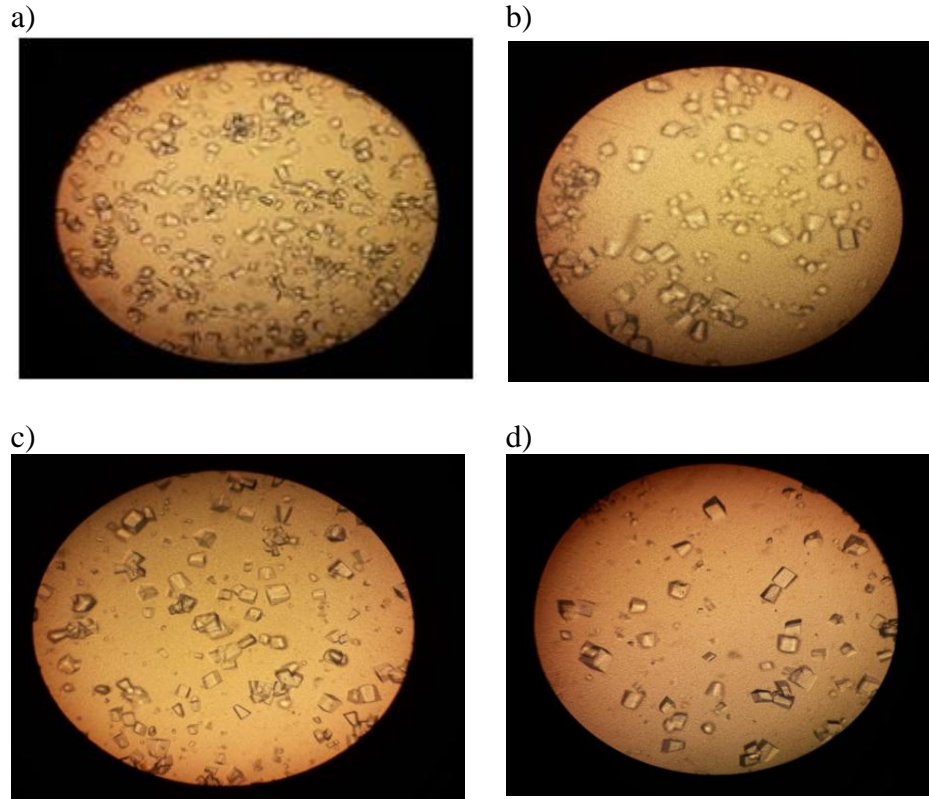
El pH, tanto al día 1 como al 30, disminuyó gradual y significativamente respecto al control (7,37) al sustituir 30 y 50 del azúcar por glucosa en su formulación (7,15 y 7,03, respectivamente), siendo

diferente incluso entre estos dos últimos. Ninguno de los cuatro parámetros antes analizados se vio modificado por el tiempo experimental de almacenamiento utilizado en este estudio.

El uso de glucosa disminuyó significativamente la presencia de cristales en el dulce de leche, de 115 cristales en el control a 22 en el dulce de leche con un 50% de sustitución de azúcar por glucosa. Se observó únicamente en el dulce de leche control un aumento significativo de la cantidad de cristales del día 1 al día 30, mientras que en el resto de los dulces de leche no aumentaron tras este tiempo.



**Figura 4. Visualización de cristales a través del microscopio óptico con un aumento de 20X, en dulces de leche con 0 (a), 10 (b), 30 (c) y 50 % (d) de sustitución de azúcar por glucosa después de 1 día de almacenamiento.**



**Figura 5. Visualización de cristales a través del microscopio óptico con un aumento de 20X, en dulces de leche con 0 (a), 10 (b), 30 (c) y 50 % (d) de sustitución de azúcar por glucosa después de 30 días de almacenamiento.**

Los valores medios de grados Brix no se vieron afectados ni por el aumento de concentración de glucosa ni por el tiempo de almacenamiento.

### 6.1.3. COLOR INSTRUMENTAL

En la Tabla 9 se presenta el resumen de los valores de los parámetros de color del sistema CIE Lab\* y CIE LCh\*.

**Tabla 9. Valores medios de color del dulce de leche con 0, 10, 30 y 50 % de sustitución de azúcar por glucosa, evaluados al día 1 y 30 de almacenamiento a temperatura ambiente.**

| Parámetro | Tiempo (días) | Porcentaje de glucosa |                     |                     |                    | EEM  |
|-----------|---------------|-----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|------|
|           |               | 0                     | 10                  | 30                  | 50                 |      |
| L*        | 1             | 55,69 <sup>a</sup>    | 52,77 <sup>b</sup>  | 50,03 <sup>cz</sup> | 36,85 <sup>d</sup> | 2,72 |
|           | 30            | 55,17 <sup>a</sup>    | 53,26 <sup>b</sup>  | 48,41 <sup>cy</sup> | 37,41 <sup>d</sup> | 2,61 |
|           | EEM           | 0,22                  | 0,15                | 0,48                | 0,17               |      |
| a*        | 1             | 1,94 <sup>a</sup>     | 3,38 <sup>b</sup>   | 5,37 <sup>c</sup>   | 7,24 <sup>d</sup>  | 0,76 |
|           | 30            | 1,82 <sup>a</sup>     | 3,05 <sup>b</sup>   | 5,11 <sup>c</sup>   | 6,53 <sup>d</sup>  | 0,69 |
|           | EEM           | 0,05                  | 0,11                | 0,14                | 0,24               |      |
| b*        | 1             | 16,80 <sup>a</sup>    | 20,03 <sup>b</sup>  | 21,39 <sup>c</sup>  | 21,68 <sup>c</sup> | 0,74 |
|           | 30            | 17,05 <sup>a</sup>    | 19,73 <sup>ab</sup> | 20,55 <sup>ab</sup> | 21,96 <sup>b</sup> | 0,76 |
|           | EEM           | 0,69                  | 0,28                | 0,31                | 0,11               |      |

|    |     |                    |                     |                     |                    |      |
|----|-----|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|------|
| C* | 1   | 18,29 <sup>a</sup> | 19,93 <sup>b</sup>  | 21,65 <sup>c</sup>  | 22,33 <sup>c</sup> | 0,60 |
|    | 30  | 18,07 <sup>a</sup> | 20,18 <sup>ab</sup> | 20,71 <sup>ab</sup> | 22,55 <sup>b</sup> | 0,67 |
|    | EEM | 0,61               | 0,12                | 0,33                | 0,09               |      |
| h* | 1   | 84,63 <sup>a</sup> | 81,03 <sup>b</sup>  | 76,10 <sup>c</sup>  | 66,65 <sup>d</sup> | 2,55 |
|    | 30  | 84,68 <sup>a</sup> | 81,36 <sup>b</sup>  | 76,91 <sup>c</sup>  | 68,90 <sup>d</sup> | 2,25 |
|    | EEM | 0,06               | 0,20                | 0,41                | 0,79               |      |

<sup>a-d</sup> Medias en fila para la misma variable con diferente superíndice difieren estadísticamente (P<0,05)

<sup>z-y</sup> Medias en columna para la misma variable con diferentes superíndices difieren estadísticamente (P<0,05)

EEM: Error estándar de la media

Fuente: Maldonado. A, Sánchez. D (2019)

Los parámetros de color del dulce de leche control fueron de 55,69 de luminosidad, 1,94 de índice de rojo, 16,80 de índice de amarillo, tuvo un croma de 18,29 y su ángulo Hue se situó en 84,63°.

Tanto al día 1 como a los 30 días de almacenamiento, a medida que aumenta la presencia de glucosa en el dulce de leche, tanto la luminosidad como el ángulo Hue disminuyen significativamente, mientras que aumentan los índices de rojo, amarillo y el croma.

Solamente la luminosidad del dulce de leche con un 30 % de sustitución de azúcar por glucosa disminuyó ligeramente después de 30 días de almacenamiento al comparar con los datos obtenidos al día 1.

#### 6.1.4. TEXTURA INSTRUMENTAL DEL DULCE DE LECHE

En las Tablas 10,11 y 12 se presentan los valores medios de los parámetros de textura instrumental de los dulces de leche obtenidos con la sonda esférica de 12,7 mm de diámetro, la sonda esférica de 25,4 mm de diámetro, y la sonda cilindro de 12,7 mm de diámetro, respectivamente.

##### a) Sonda esfera TA18

**Tabla 10. Valores medios de los parámetros de textura instrumental del dulce de leche con 0, 10, 30 y 50 % de sustitución de azúcar por glucosa, evaluados al día 1 y 30 de almacenamiento a temperatura ambiente, obtenidos con la sonda TA18.**

| Parámetro                       | Tiempo (días) | Porcentaje de glucosa |                     |                     |                    | EEM  |
|---------------------------------|---------------|-----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|------|
|                                 |               | 0                     | 10                  | 30                  | 50                 |      |
| Dureza al ciclo 1 (N)           | 1             | 0,18 <sup>a</sup>     | 0,23 <sup>a</sup>   | 0,32 <sup>b</sup>   | 0,34 <sup>b</sup>  | 0,02 |
|                                 | 30            | 0,20 <sup>a</sup>     | 0,30 <sup>ab</sup>  | 0,32 <sup>b</sup>   | 0,39 <sup>b</sup>  | 0,03 |
|                                 | EEM           | 0,00                  | 0,03                | 0,03                | 0,03               |      |
| Trabajo Dureza Terminado (g*cm) | 1             | 33,00 <sup>az</sup>   | 43,00 <sup>b</sup>  | 62,00 <sup>c</sup>  | 68,67 <sup>d</sup> | 5,42 |
|                                 | 30            | 37,00 <sup>ay</sup>   | 59,00 <sup>b</sup>  | 62,67 <sup>b</sup>  | 75,50 <sup>c</sup> | 6,27 |
|                                 | EEM           | 1,19                  | 5,86                | 4,72                | 6,24               |      |
| Trabajo Total (g*cm)            | 1             | 34,50 <sup>az</sup>   | 44,50 <sup>b</sup>  | 63,83 <sup>c</sup>  | 70,83 <sup>c</sup> | 5,53 |
|                                 | 30            | 39,17 <sup>ay</sup>   | 61,33 <sup>b</sup>  | 65,33 <sup>b</sup>  | 78,33 <sup>c</sup> | 6,41 |
|                                 | EEM           | 1,35                  | 6,16                | 5,08                | 6,34               |      |
| Adhesividad (g*cm)              | 1             | 24,83 <sup>a</sup>    | 28,83 <sup>ab</sup> | 48,83 <sup>ab</sup> | 56,67 <sup>b</sup> | 5,55 |
|                                 | 30            | 28,00 <sup>a</sup>    | 41,00 <sup>ab</sup> | 44,50 <sup>ab</sup> | 54,50 <sup>b</sup> | 4,59 |

|   |     |                    |                     |                     |                     |      |
|---|-----|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------|
|   | EEM | 2,86               | 5,71                | 3,72                | 6,09                |      |
| <b>Dureza al ciclo 2 (N)</b>                      | 1   | 0,17 <sup>az</sup> | 0,23 <sup>b</sup>   | 0,33 <sup>c</sup>   | 0,35 <sup>c</sup>   | 0,03 |
|   | 30  | 0,19 <sup>ay</sup> | 0,31 <sup>ab</sup>  | 0,33 <sup>ab</sup>  | 0,40 <sup>b</sup>   | 0,04 |
|   | EEM | 0,01               | 0,03                | 0,03                | 0,03                |      |
| <b>Trabajo Dureza Terminado al ciclo 2 (g*cm)</b> | 1   | 32,33 <sup>a</sup> | 42,50 <sup>b</sup>  | 63,33 <sup>c</sup>  | 68,67 <sup>c</sup>  | 5,66 |
|   | 30  | 36,33 <sup>a</sup> | 58,67 <sup>ab</sup> | 61,83 <sup>ab</sup> | 73,83 <sup>b</sup>  | 6,13 |
|   | EEM | 1,22               | 6,03                | 3,91                | 6,15                |      |
| <b>Trabajo Total al ciclo 2 (g*cm)</b>            | 1   | 33,50 <sup>a</sup> | 44,33 <sup>b</sup>  | 65,50 <sup>c</sup>  | 71,17 <sup>c</sup>  | 5,84 |
|   | 30  | 38,83 <sup>a</sup> | 61,33 <sup>ab</sup> | 64,33 <sup>ab</sup> | 76,83 <sup>b</sup>  | 6,25 |
|   | EEM | 1,65               | 6,37                | 4,16                | 6,32                |      |
| <b>Masticabilidad (g*cm)</b>                      | 1   | 54,00 <sup>a</sup> | 71,17 <sup>b</sup>  | 105,00 <sup>c</sup> | 112,33 <sup>c</sup> | 9,12 |
|   | 30  | 61,33 <sup>a</sup> | 96,33 <sup>b</sup>  | 97,83 <sup>b</sup>  | 115,50 <sup>c</sup> | 9,40 |
|   | EEM | 2,68               | 9,92                | 4,85                | 10,73               |      |

<sup>a-d</sup> Medias en fila para la misma variable con diferente superíndice difieren estadísticamente (P<0,05)

<sup>z-y</sup> Medias en columna para la misma variable con diferentes superíndices difieren estadísticamente (P<0,05)

EEM: Error estándar de la media

Fuente: Maldonado. A, Sánchez. D (2019)

Al día 1 de elaborado el dulce de leche, todos los parámetros de textura instrumental aumentaron sus valores a medida que aumentó la presencia de glucosa en el dulce de leche. En algunos casos, ya con un 10 % de glucosa se observó una diferencia significativa respecto al control (trabajo dureza terminado en ambos ciclos, trabajo total en ambos ciclos, dureza al segundo ciclo y masticabilidad), mientras que para los parámetros de dureza al primer ciclo y adhesividad el aumento fue muy evidente, respecto al control, sólo al superar la sustitución de azúcar por glucosa en un 30 y 50 %, respectivamente.

Este mismo patrón se encontró en todos los parámetros de textura obtenidos con esta sonda a los 30 días de almacenamiento, excepto para los valores de dureza, trabajo dureza terminado y trabajo total obtenidos en el segundo ciclo de compresión, donde sólo en los dulces de leche con un 50 % de sustitución de azúcar por glucosa fueron significativamente mayores al control.

Respecto al efecto del tiempo de almacenamiento, sólo se encontró un aumento del valor de los parámetros de trabajo dureza terminado y dureza al segundo ciclo de compresión en el dulce de leche si glucosa. En el resto de dulces de leche con presencia de glucosa no se observaron cambios en los parámetros de textura medidos con esta sonda tras 30 días de almacenamiento.

## b) Sonda esfera TA43

**Tabla 11. Valores medios de los parámetros de textura instrumental del dulce de leche con 0, 10, 30 y 50 % de sustitución de azúcar por glucosa, evaluados al día 1 y 30 de almacenamiento a temperatura ambiente, obtenidos con la sonda TA43.**

| Parámetro                                  | Tiempo (días) | Porcentaje de glucosa |                      |                      |                     | EEM   |
|--|---------------|-----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|-------|
|  |               | 0                     | 10                   | 30                   | 50                  |       |
| Dureza al ciclo 1 (N)                      | 1             | 0,70 <sup>a</sup>     | 0,85 <sup>b</sup>    | 1,25 <sup>c</sup>    | 1,39 <sup>d</sup>   | 0,11  |
|  | 30            | 0,73 <sup>a</sup>     | 1,20 <sup>b</sup>    | 1,29 <sup>b</sup>    | 1,56 <sup>c</sup>   | 0,14  |
|  | EEM           | 0,02                  | 0,14                 | 0,10                 | 0,15                |       |
| Trabajo Dureza Terminado (g*cm)            | 1             | 127,17 <sup>a</sup>   | 141,83 <sup>a</sup>  | 212,50 <sup>b</sup>  | 244,67 <sup>b</sup> | 18,70 |
|  | 30            | 134,00 <sup>a</sup>   | 204,33 <sup>b</sup>  | 227,50 <sup>b</sup>  | 253,33 <sup>b</sup> | 21,27 |
|  | EEM           | 4,72                  | 31,00                | 16,28                | 22,13               |       |
| Trabajo Total (g*cm)                       | 1             | 133,00 <sup>a</sup>   | 148,83 <sup>a</sup>  | 221,17 <sup>b</sup>  | 252,83 <sup>b</sup> | 19,00 |
|  | 30            | 141,50 <sup>a</sup>   | 213,50 <sup>b</sup>  | 236,00 <sup>b</sup>  | 262,00 <sup>b</sup> | 21,54 |
|  | EEM           | 4,78                  | 31,45                | 15,99                | 22,48               |       |
| Adhesividad (g*cm)                         | 1             | 78,83 <sup>a</sup>    | 98,83 <sup>a</sup>   | 143,67 <sup>ab</sup> | 169,67 <sup>b</sup> | 15,93 |
|  | 30            | 69,83 <sup>a</sup>    | 124,67 <sup>b</sup>  | 140,17 <sup>b</sup>  | 164,67 <sup>b</sup> | 18,20 |
|  | EEM           | 9,54                  | 22,35                | 16,95                | 23,28               |       |
| Dureza al ciclo 2 (N)                      | 1             | 0,69 <sup>a</sup>     | 0,85 <sup>b</sup>    | 1,26 <sup>c</sup>    | 1,42 <sup>d</sup>   | 0,11  |
|  | 30            | 0,73 <sup>a</sup>     | 1,20 <sup>b</sup>    | 1,29 <sup>b</sup>    | 1,55 <sup>c</sup>   | 0,14  |
|  | EEM           | 0,02                  | 0,14                 | 0,10                 | 0,15                |       |
| Trabajo Dureza Terminado al ciclo 2 (g*cm) | 1             | 114,67 <sup>a</sup>   | 137,67 <sup>a</sup>  | 202,50 <sup>b</sup>  | 230,67 <sup>c</sup> | 17,94 |
|  | 30            | 129,33 <sup>a</sup>   | 199,17 <sup>b</sup>  | 217,67 <sup>b</sup>  | 244,83 <sup>b</sup> | 19,86 |
|  | EEM           | 4,71                  | 27,13                | 16,84                | 19,86               |       |
| Trabajo Total al ciclo 2 (g*cm)            | 1             | 120,83 <sup>a</sup>   | 143,83 <sup>a</sup>  | 210,83 <sup>b</sup>  | 238,67 <sup>c</sup> | 18,26 |
|  | 30            | 137,00 <sup>a</sup>   | 208,17 <sup>b</sup>  | 226,33 <sup>b</sup>  | 253,00 <sup>b</sup> | 20,04 |
|  | EEM           | 5,09                  | 27,94                | 16,49                | 20,06               |       |
| Masticabilidad (g*cm)                      | 1             | 186,50 <sup>a</sup>   | 252,00 <sup>b</sup>  | 365,67 <sup>c</sup>  | 392,50 <sup>c</sup> | 31,76 |
|  | 30            | 216,33 <sup>a</sup>   | 373,67 <sup>ab</sup> | 373,83 <sup>b</sup>  | 475,17 <sup>b</sup> | 41,81 |
|  | EEM           | 9,37                  | 42,85                | 38,36                | 37,71               |       |

<sup>a-d</sup> Medias en fila para la misma variable con diferente superíndice difieren estadísticamente (P<0,05)

<sup>z-y</sup> Medias en columna para la misma variable con diferentes superíndices difieren estadísticamente (P<0,05)

EEM: Error estándar de la media

Fuente: Maldonado, A, Sánchez, D (2019)

Al igual que con la sonda anterior, los valores de textura instrumental obtenidos con esta sonda aumentaron a medida que lo hizo también la presencia de glucosa en el dulce de leche, tanto al día 1 como al 30 de almacenamiento.

En este caso, al día 1, se observó que sólo en ambos parámetros de dureza y masticabilidad, ya con un 10 % de glucosa se observó una diferencia significativa respecto al control, mientras que para el resto de los parámetros se necesitó más del 30 % de sustitución de azúcar por glucosa en la formulación para encontrar diferencias.

En el día 30 de almacenamiento, todos los dulces de leche con presencia de glucosa presentaron valores de los parámetros de textura mayores que al control, y en sólo en los parámetros de dureza del dulce de leche con mayor concentración de glucosa, fue significativamente mayor al resto.

Respecto al efecto del tiempo de almacenamiento, con esta sonda no se observó ninguna diferencia entre los dulces de leche del día 1 y el día 30, con cualquiera de las formulaciones trabajadas en este estudio.

### c) Sonda cilindro TA5

**Tabla 12. Valores medios de los parámetros de textura instrumental del dulce de leche con 0, 10, 30 y 50 % de sustitución de azúcar por glucosa, evaluados al día 1 y 30 de almacenamiento a temperatura ambiente, obtenidos con la sonda TA5.**

| Parámetro                                  | Tiempo (días) | Porcentaje de glucosa |                     |                     |                     | EEM   |
|--|---------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|
|  |               | 0                     | 10                  | 30                  | 50                  |       |
| Dureza al ciclo 1 (N)                      | 1             | 0,29 <sup>a</sup>     | 0,34 <sup>a</sup>   | 0,53 <sup>b</sup>   | 0,66 <sup>b</sup>   | 0,06  |
|  | 30            | 0,34 <sup>a</sup>     | 0,51 <sup>b</sup>   | 0,56 <sup>b</sup>   | 0,66 <sup>b</sup>   | 0,06  |
|  | EEM           | 0,02                  | 0,07                | 0,05                | 0,07                |       |
| Trabajo Dureza Terminado (g*cm)            | 1             | 47,67 <sup>az</sup>   | 57,50 <sup>a</sup>  | 83,17 <sup>b</sup>  | 105,67 <sup>b</sup> | 8,90  |
|  | 30            | 58,83 <sup>ay</sup>   | 89,17 <sup>b</sup>  | 96,50 <sup>b</sup>  | 109,33 <sup>b</sup> | 9,71  |
|  | EEM           | 3,33                  | 11,69               | 10,25               | 11,98               |       |
| Trabajo Total (g*cm)                       | 1             | 50,50 <sup>az</sup>   | 60,33 <sup>a</sup>  | 94,33 <sup>b</sup>  | 109,67 <sup>b</sup> | 9,38  |
|  | 30            | 63,17 <sup>ay</sup>   | 92,83 <sup>b</sup>  | 100,33 <sup>b</sup> | 114,00 <sup>b</sup> | 9,80  |
|  | EEM           | 3,76                  | 12,01               | 8,49                | 12,18               |       |
| Adhesividad (g*cm)                         | 1             | 40,67 <sup>a</sup>    | 49,00 <sup>ab</sup> | 74,17 <sup>b</sup>  | 87,00 <sup>b</sup>  | 7,54  |
|  | 30            | 37,33 <sup>a</sup>    | 72,17 <sup>b</sup>  | 74,33 <sup>b</sup>  | 85,67 <sup>b</sup>  | 9,79  |
|  | EEM           | 3,64                  | 11,26               | 6,87                | 12,03               |       |
| Dureza al ciclo 2 (N)                      | 1             | 0,28 <sup>a</sup>     | 0,36 <sup>a</sup>   | 0,54 <sup>b</sup>   | 0,65 <sup>b</sup>   | 0,06  |
|  | 30            | 0,34 <sup>a</sup>     | 0,49 <sup>ab</sup>  | 0,55 <sup>b</sup>   | 0,66 <sup>b</sup>   | 0,06  |
|  | EEM           | 0,02                  | 0,06                | 0,05                | 0,07                |       |
| Trabajo Dureza Terminado al ciclo 2 (g*cm) | 1             | 41,33 <sup>a</sup>    | 54,17 <sup>a</sup>  | 85,17 <sup>b</sup>  | 99,33 <sup>b</sup>  | 9,13  |
|  | 30            | 56,83 <sup>a</sup>    | 87,67 <sup>b</sup>  | 91,00 <sup>b</sup>  | 105,67 <sup>b</sup> | 9,11  |
|  | EEM           | 4,62                  | 12,46               | 7,61                | 11,18               |       |
| Trabajo Total al ciclo 2 (g*cm)            | 1             | 44,17 <sup>az</sup>   | 59,33 <sup>ab</sup> | 89,00 <sup>b</sup>  | 103,67 <sup>b</sup> | 9,37  |
|  | 30            | 61,33 <sup>ay</sup>   | 91,67 <sup>b</sup>  | 95,33 <sup>b</sup>  | 110,33 <sup>b</sup> | 9,20  |
|  | EEM           | 5,11                  | 12,60               | 8,01                | 11,46               |       |
| Masticabilidad (g*cm)                      | 1             | 75,67 <sup>az</sup>   | 100,00 <sup>a</sup> | 162,67 <sup>b</sup> | 186,50 <sup>b</sup> | 17,66 |
|  | 30            | 107,50 <sup>ay</sup>  | 162,00 <sup>b</sup> | 162,17 <sup>b</sup> | 192,33 <sup>b</sup> | 16,59 |
|  | EEM           | 9,53                  | 24,63               | 11,15               | 21,68               |       |

<sup>a-d</sup> Medias en fila para la misma variable con diferente superíndice difieren estadísticamente (P<0,05)

<sup>z-y</sup> Medias en columna para la misma variable con diferentes superíndices difieren estadísticamente (P<0,05)

EEM: Error estándar de la media

Fuente: Maldonado, A, Sánchez, D (2019)

Respecto a los valores medios de los parámetros de textura instrumental obtenidos con la sonda cilíndrica, también se observó que al día 1 de elaborado el dulce de leche, todos los parámetros

aumentaron sus valores a medida que aumentó la presencia de glucosa en el dulce de leche. En este caso, los valores fueron estadísticamente iguales entre el dulce de leche control y el dulce de leche con una sustitución del 10% de azúcar por glucosa. Así mismo, los valores obtenidos en los dulces de leche con 30 y 50 % de sustitución de azúcar por glucosa también fueron similares entre ellos, pero diferentes a los otros dos dulces de leche anteriores.

Sin embargo, después de 30 días de almacenamiento, los valores de los parámetros de textura instrumental de los dulces de leche con presencia de glucosa fueron significativamente superiores al control, e iguales entre ellos.

En relación con el efecto tiempo de almacenamiento, sólo éste afectó al dulce de leche sin glucosa, produciendo un aumento de los parámetros de trabajo dureza terminado, trabajo total y masticabilidad.

### 6.1.5. ANÁLISIS SENSORIAL

En la Tabla 13 se presentan los valores medios de aceptación general de los dulces de leche, tanto con las diferentes concentraciones de glucosa como al día 1 y 30 de almacenamiento, como los valores de diferencias positivas como negativas respecto al sabor, textura, color y cristalización de los dulces de leche respecto al dulce de leche control, o también llamado en este caso “referencia”.

**Tabla 13. Valores medios de los resultados de análisis sensorial del dulce de leche con 0, 10, 30 y 50 % de sustitución de azúcar por glucosa, evaluados al día 1 y 30 de almacenamiento a temperatura ambiente.**

| Parámetro             | Tiempo (días) | Porcentaje de glucosa |                   |                   |                   | EEM  |
|-----------------------|---------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|
|                       |               | 0                     | 10                | 30                | 50                |      |
| Aceptación            | 1             | 5,47                  | 5,58              | 5,50              | 5,30              | 0,08 |
| 1-7                   | 30            | 5,53 <sup>a</sup>     | 4,98 <sup>b</sup> | 5,08 <sup>b</sup> | 5,10 <sup>b</sup> | 0,08 |
| Sabor                 | 1             | 0                     | 0,30              | 0,20              | 0,18              | 0,06 |
| -2 / 2                | 30            | 0                     | 0,25              | -0,12             | 0,02              | 0,07 |
| Textura (adhesividad) | 1             | 0                     | 0,03              | -0,02             | -0,03             | 0,05 |
| -1 / 1                | 30            | 0 <sup>a</sup>        | 0,43 <sup>b</sup> | 0,62 <sup>b</sup> | 0,60 <sup>b</sup> | 0,05 |
| Color                 | 1             | 0 <sup>a</sup>        | 0,53 <sup>b</sup> | 0,83 <sup>c</sup> | 0,92 <sup>c</sup> | 0,04 |
| -1 / 1                | 30            | 0 <sup>a</sup>        | 0,42 <sup>b</sup> | 0,90 <sup>c</sup> | 0,95 <sup>c</sup> | 0,04 |
| Cristalización        | 1             | 0                     | -0,22             | -0,10             | 0,08              | 0,04 |
| -1 / 1                | 30            | 0 <sup>a</sup>        | 0,78 <sup>c</sup> | 0,17 <sup>a</sup> | 0,30 <sup>b</sup> | 0,05 |

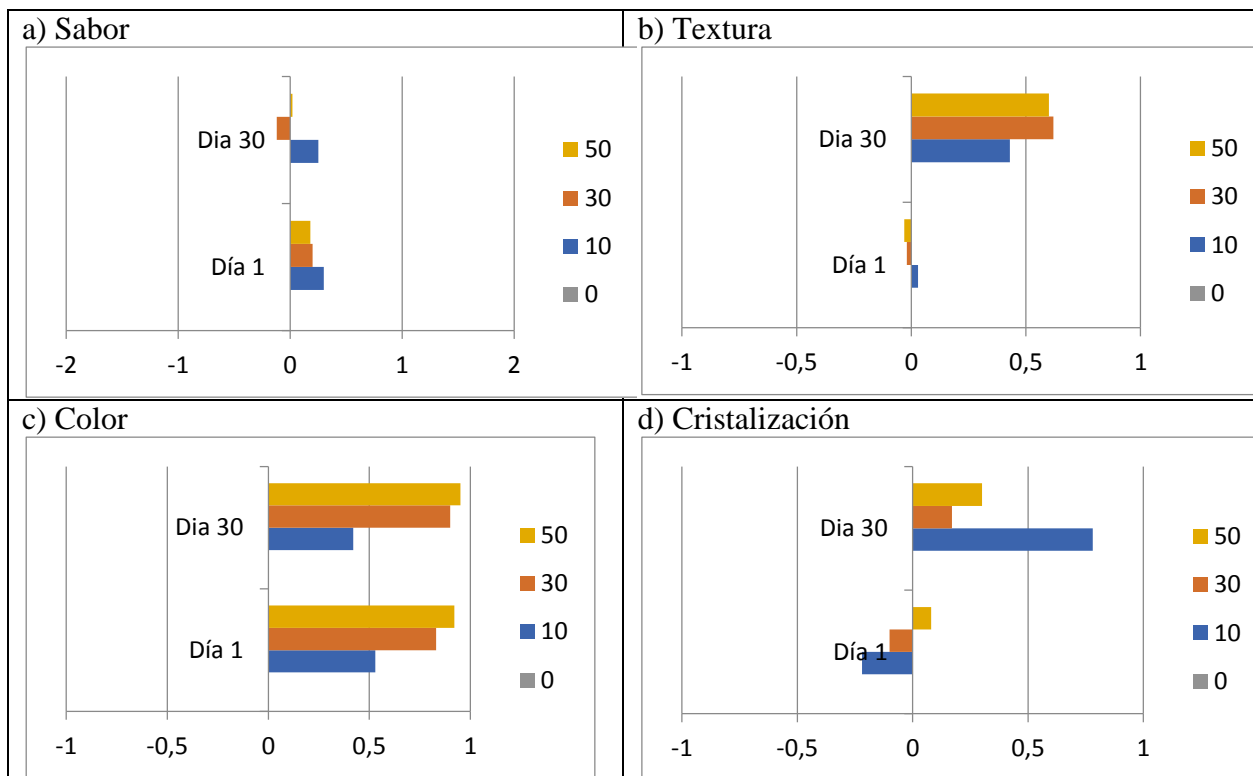
<sup>a-c</sup> Medias en fila para la misma variable con diferente superíndice difieren estadísticamente (P<0,05)

EEM: Error estándar de la media

Fuente: Maldonado, A, Sánchez, D (2019)

Así mismo, en la figura 6 se observan las diferencias de sabor, textura, color y cristalización de los dulces de leche con glucosa respecto al control, pero de forma gráfica.





**Figura 6. Valores de diferencia de parámetros sensoriales de dulces de leche con 0, 10, 30 y 50 % de sustitución de azúcar por glucosa, evaluados al día 1 y 30 de almacenamiento a temperatura ambiente.**

Los consumidores puntuaron los 4 dulces de leche al día 1 de forma similar en los parámetros sensoriales de sabor, textura y cristalización, mientras que encontraron que los dulces de leche tenían un color más oscuro a medida que aumentaba la presencia de glucosa.

Después de 30 días de almacenamiento, los consumidores detectaron también un aumento de color y de adhesividad del dulce de leche con glucosa, respecto al control, mientras que el sabor les pareció similar entre todos los dulces de leche. En el caso de la cristalización, al contrario que lo observado a través del microscopio, los consumidores detectaron una mayor presencia de cristales o grado de cristalización en los dulces de leche con glucosa, excepto aquel que tuvo una sustitución del 30 % de azúcar por glucosa donde no se observó diferencias significativas respecto al control.

## 6.2.DISCUSIÓN

### 6.2.1. CALIDAD LECHE CRUDA

La leche cruda de la empresa de Lácteos “San Salvador” cumplió con todos los requisitos exigidos por la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 9 (2012), por lo que se considera es una leche adecuada para la elaboración de dulce de leche.

### **6.2.2. EFECTO DE LA PRESENCIA DE GLUCOSA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS Y COLOR DEL DULCE DE LECHE**

La acidez de los dulces de leche de este estudio se mantuvo dentro de los rangos registrados por otros autores (Gaze y col., 2015), tomando en cuenta que el porcentaje de ácido láctico aumenta conforme se incrementa la concentración de glucosa. Sin embargo, los valores de pH obtenidos en este trabajo fueron superiores a los reportados por los mismos autores. Esto puede ser debido a que la cantidad de bicarbonato de sodio utilizada en este estudio fue superior a lo comúnmente utilizado en la industria, lo que provoca un mayor valor de pH en el producto final. La utilización de una mayor cantidad de bicarbonato fue debido a que en nuestras condiciones atmosféricas y de nivel sobre el mar, la utilización de 0,5 g de bicarbonato de sodio por litro de leche no permitía una adecuada reacción de Maillard.

El aumento de glucosa en la formulación pudo provocar una mayor concentración de ácido láctico y, por ende, un menor pH en el producto debido a que la glucosa es un azúcar más reductor, y que provoca una mayor reacción de Maillard (González, 2014). Esto podría explicar por qué los consumidores tuvieron una mayor percepción de color oscuro en el dulce de leche a medida que aumentó la presencia de glucosa, y también un mayor índice de croma, menor luminosidad y ángulo Hue menos amarillo en estos de leche. El aumento de glucosa tiene un efecto positivo en la reacción de Maillard, favorece al pardeamiento y brillo del dulce de leche.

En cuanto a densidad nuestro dulce de leche presenta valores menores a los reportados por Moro y Cols, (1985), posiblemente porque estos autores utilizaron almidón en su formulación, que, según Lopes (2015), la utilización de este tipo de aditivos aumenta la densidad del dulce de leche. Los grados Brix obtenidos en este estudio, se ajustaron y coinciden con los reportados en la literatura y cumple los requisitos establecidos en la norma técnica ecuatoriana NTE INEN 700 (2011).

Respecto a la cristalización, en la literatura no existen estudios sobre el efecto de glucosa en la cristalización, pero se menciona que la adición de almidones también ayuda a la reducción de la presencia de cristales (Lopes, 2015). Los resultados obtenidos en este estudio evidencian la importancia de la utilización de la glucosa como un ingrediente que evita la cristalización, no sólo en el producto recién elaborado, sino durante el almacenamiento. Sin embargo, los consumidores tuvieron la percepción de una mayor presencia de cristales o grado de cristalización en los dulces

de leche con glucosa, en comparación con el control. Estas incongruencias deben ser analizadas en mayor profundidad, analizando factores como efecto de condicionamiento, utilizar un panel de catadores entrenados en vez de consumidores, o aumentar el número de consumidores en este tipo de estudios.

### **6.2.3. TEXTURA INSTRUMENTAL Y SENSORIAL DEL DULCE DE LECHE CON PRESENCIA DE GLUCOSA**

El aumento de los valores medios de los parámetros de textura instrumental a medida que aumenta la presencia de glucosa fue evidente al utilizar tres sondas diferentes. Este comportamiento puede ser debido a que la presencia de la glucosa aumentó la densidad del producto, tal y como vimos anteriormente, obteniendo un producto más duro, pegajoso (adhesivo) y en el cual hay que aplicar mayor energía para masticar. Los consumidores no pudieron notar el aumento de adhesividad al día 1 tras la elaboración del dulce de leche, lo cual hace sumamente importante utilizar este tipo de equipos para buscar diferencias sensorialmente imperceptibles por parte de los consumidores. Sin embargo, tras 30 días de almacenamiento, los consumidores sí fueron capaces de detectar una textura más adhesiva y pegajosa del dulce de leche a medida que aumentó la presencia de glucosa. Teniendo en cuenta estos hechos, es también importante modificar el proceso de producción o la formulación si se quiere mantener las características texturales y de color del dulce de leche, mientras se le quiera añadir glucosa para evitar la cristalización.

En esta investigación se obtuvieron valores de textura instrumental mucho mayores con la sonda esférica de 25,4 mm de diámetro, a los obtenidos por las sondas esférica 12,7 mm de diámetro y cilíndrica de 12,7 mm, básicamente porque el área de penetración en el dulce de leche es mayor y tiene mayor resistencia de penetración. Las 3 sondas mostraron similares patrones de aumento de valores de los parámetros de textura instrumental a medida que aumenta la presencia de glucosa en el dulce de leche. Sin embargo, la sonda esférica de menor tamaño fue capaz de encontrar mayores diferencias entre los tratamientos.

A nivel general, y en relación a la aceptación por parte de los consumidores, el dulce de leche con glucosa ese aceptado de igual manera que el control al día 1 después de su elaboración. Sin embargo, después de 30 días de almacenamiento, la aceptación disminuye ligeramente, probablemente debido a la textura percibida, que es ligeramente más adhesiva que el control. Esto es otro indicador de la necesidad de variar la formulación o el procedimiento de elaboración para

obtener un producto con características similares al control, pero sin el problema de la presencia de cristales durante su vida útil.

## **7. CONCLUSIONES**

- La adición de glucosa a la formulación en la elaboración del dulce de leche resulta en un producto con características fisicoquímicas, de color y textura instrumental diferentes al control.
- La presencia de glucosa en el dulce de leche disminuyó notablemente la formación de cristales en el dulce de leche durante los 30 días de almacenamiento, confirmando su utilidad en la industria láctea para evitar la cristalización de la lactosa.
- El uso de glucosa en la formulación favorece la reacción de Maillard, resultando en un producto con más intensidad de color y menor luminosidad, así como en un aumento de parámetros dureza, trabajo, adhesividad y masticabilidad.
- El uso de glucosa en un 30 % de sustitución de azúcar es una buena alternativa para mantener la aceptación el consumidor, al mismo tiempo que se retarda la cristalización y disminuye los costos de producción.

## **8. RECOMENDACIONES**

- Realizar nuevos estudios variando factores tales como la formulación del dulce de leche, tales como: uso de leche deslactosada, diferentes concentraciones de bicarbonato de sodio, nivel de sólidos totales al finalizar la producción, etc., lo cual podría resultar en un dulce de leche con características diferentes.
- Experimentar con modificaciones del protocolo de producción, como por ejemplo añadir la glucosa al final del proceso, lo cual podría mejorar la matriz del producto y cambiar sus características texturales.

## **9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Amanjaradas (2013). Factores y defectos que afectan la elaboración del manjar. Recuperado de <https://amanjaradas.wordpress.com/2013/09/30/8/>
- Carpenter. R, Lyon. D, Hasdell. T (2002). Análisis sensorial en el desarrollo y control de la calidad de alimentos. Zaragoza: Editorial Acirbia, S.A.
- CODEX STAN 252 (2006). Elaboración de dulce de leche. Codex Alimentarius. Recuperado de <http://www.fao.org/3/j2366s/j2366s03.htm>
- FAO (2017). Procesados de Lácteos. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-au170s.pdf>

- Gaze. L, Costa. M, Monteiro. M, Lavorato. J, Conte. C, Raices. R, Cruz. A y Freitas. M (2015). Dulce de Leche, a typical product of Latin America: Characterisation by physicochemical, optical and instrumental methods. *Food Chemistry*, 169:471–477.
- Giménez. A, Ares. G y Gámbaro. A (2008). Consumers' perception of sandiness in dulce de leche. *Journal of Sensory Studies*, 23:171–185.
- González. A (2014). Tecnología del dulce de leche. Recuperado de <http://infolactea.com/wp-content/uploads/2016/06/Teorico-Dulce-de-Leche-orientado-2014.pdf>
- Hough. G, Bratchell. N y Macdougall. D (1992). Sensory profiling of dulce de leche, a dairy based confectionary product. *Journal of Sensory Studies*, 7:157–178.
- Hough. G, Martinez. E y Contarini. A (1990). Sensory and objective measurement of Sandiness in dulce de leche, a typical Argentine dairy product. *Journal of Dairy Science*, 73:604–611.
- INA Instituto Nacional de Aprendizaje (2001). Tecnología de elaboración de dulce de leche. Manual de apoyo al instructor (pp.38). San José, Costa Rica
- Instituto Adolfo Lutz (2008). Métodos físico-químicos para análisis de alimentos (pp. 94–104). São Paulo, Brasil.
- Konika Minolta (2014). Entendiendo el espacio de Color CIE L\*a\*b\*. Recuperado de <http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>
- Konika Minolta (2015). Entendiendo el espacio de Color CIE L\*C\*h\*. Recuperado de <http://sensing.konicaminolta.com.mx/2015/08/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lch/>
- Lopes. F, Lima. H, Borges. A, Freitas. D, Sthepani.R, Ribeiro. M, Fernandes. A y Tuler. I (2015). Production of dulce de leche: The effect of starch addition. *LWT – Food Science and Technology*, 62:417–423.
- Martins. S (2003). Unravelling the Maillard reaction network by multiresponsekinetic modelling. Ph.D. thesis, Wageningen University, The Netherlands. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/9c3e/0a1aae481313603aa690285182bd1e8197c2.pdf>
- Moro. O y Hough. G (1985). Total Solids and Density Measurements of Dulce de Leche, a typical Argentine dairy product. *Journal of Dairy Science*, 65:521–525.
- Novoa. D y Ramírez. J (2012). Caracterización colorimétrica del manjar blanco del valle. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2:54–60.
- NTE INEN 9 (2012). Leche Cruda. Requisitos. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA.
- NTE INEN 700 (2011). Manjar o dulce de leche. Requisitos. NORMA TÉCNICA ECUATORIANA.
- Oliveira. L, Pimenta. C, Marques. A, Pimenta. P y Santos. G (2011). Sensory Evaluation of “dulce de leche” whit coffee and whey using. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 31:998–1005.
- Oliveira. M, Penna. A y Nevarez. H (2009). Production of evaporated milk, sweetened condensed milk and dulce de leche. *Diary Powders and Concentrated Products* (pp. 149–180). Oxford: Blackwell Publishing.
- Pauletti. M, Calvo. I y 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*, 32:291–305.
- QuimiNet (2011). La glucosa líquida o jarabe de glucosa en la industria alimentaria. Recuperado

- de <https://www.quiminet.com/articulos/la-glucosa-liquida-o-jarabe-de-glucosa-en-la-industria-alimenticia-2601052.htm>
- Savioni. J, Silva. D, Rezende. A, Chaer. A y Paes. J (1984). Control of Lactose Crystallization in “Dulce de Leche”. *Journal of Dairy Science*, 67:1694–1698.
- Smit. G (2000). *Dairy processing. Improving quality. Food Science and Technology* (pp. 45–58). Cornwall, England: Editorial Woodhead Publishing Limited.
- Toledo. B (2008). Evaluación de diferentes niveles de harina de quinua en la elaboración del manjar de leche. Recuperado de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/855/1/27T0113.pdf>
- Toni (1978). Toni S.A. Recuperado de <http://www.tonisa.com/toni.html>
- Valencia. F, Millám. L y Ramírez. N (2008). Evaluación de los efectos en las propiedades físico-químicas, sensoriales y texturales de polidextrosa, fructosa y sorbitol como sustitutos de azúcar en la elaboración de arequipe. *Revista La Sallista de Investigación*, ISSN: 1794–4449.
- Zunino. A (1998). Dulce de Leche, aspectos básicos para su adecuada elaboración. Publicación Técnica del Depto. De Fiscalización de Industrias Lácteas (pp. 28). Buenos Aires, Argentina.

## 10. ANEXOS



Elaboración del dulce de leche



Envasado del dulce de leche



MILKOTESTER EQL-00239  
MILKOTESTER EQL-00239



Prueba de acidez del dulce de leche  
Prueba de acidez del dulce de leche



TexturePro CT3 V1.6 Build 26, marca|  
Brookfield, USA



Microscopio óptico para cristalización de dulce  
de leche



CR-400, Konika Minolta



Densidad del dulce de leche



Presentación de las muestras



Panel de catadores evaluando las muestras

**Figura 7. Procedimientos de dulce de leche con 0, 10, 30 y 50 % de sustitución de azúcar por glucosa, evaluados al día 1 y 30 de almacenamiento a temperatura ambiente**



## 10.1. FICHA DE TEST DE EVALUACIÓN SENSORIAL

### Ficha de Cata

Nombre del catador: .....

Fecha: .....

Edad:.....

Sexo:.....

#### 1. Breve explicación

Me disgusta  
muchísimo

Me disgusta  
bastante

Me disgusta un  
poco

Ni me gusta ni  
me disgusta

Me gusta un  
poco

Me gusta  
bastante

Me gusta  
muchísimo



| Código de la muestra | Calificación |
|----------------------|--------------|
|                      |              |
|                      |              |
|                      |              |
|                      |              |

#### 2. Breve explicación

##### SABOR

Frente a usted tiene 4 muestras de dulce de leche, una marcada con R y 3 codificadas. Pruebe la muestra R, la cual es la referencia. A continuación, pruebe cada una de las otras muestras codificadas, y sitúelas en la escala de valores en función de si es más o menos dulce que la muestra de referencia.

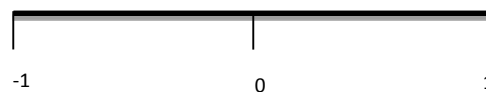
Mucho menos dulce      Menos dulce      R      Más dulce      Mucho mas dulce



##### TEXTURA

Pegar la muestra al paladar, y contabilizar el tiempo que tarde en despegarse.

Menor adhesividad      R      Mayor adhesividad



# Ficha de Cata

Nombre del catador: .....

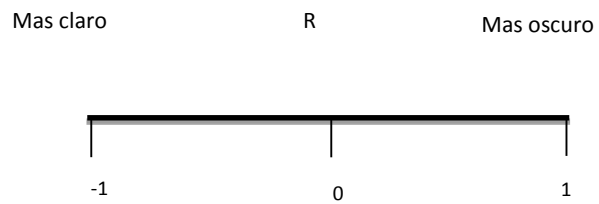
Fecha: .....

Edad:.....

Sexo:.....

## COLOR

Frente a usted tiene 4 muestras de dulce de leche, una marcada con R y 3 codificadas. Pruebe la muestra R y asígnele un valor. A continuación, pruebe el resto de muestras y asígneles otro valor.



## CRISTALES

.

