



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**FACULTAD DE QUÍMICA**

**DESARROLLO Y ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD DE  
GOMITAS A PARTIR DE LACTOSUERO DULCE  
DESLACTOSADO ADICIONADAS DE CONCENTRADO  
DE PROTEÍNA DE SUERO DE LECHE E INULINA**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

**PRESENTA**

**NADIA MONTSERRAT BRICAIRE PELÁEZ**



**CDMX**

**2018**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



---

**JURADO ASIGNADO:**

**Presidente:** Profesora DULCE MARÍA GÓMEZ ANDRADE

**Vocal:** Profesora INÉS MIRANDA MARTÍNEZ

**Secretario:** Profesor JUAN CARLOS RAMÍREZ OREJEL

**1er. Suplente:** Profesora VERÓNICA GARCÍA SATURNINO

**2do. Suplente:** Profesora ARGELIA SÁNCHEZ CHINCHILLAS

**SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:**

Laboratorio de Toxicología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Nacional Autónoma de México.

**ASESOR DEL TEMA:**

M en C. JUAN CARLOS RAMÍREZ OREJEL \_\_\_\_\_

**SUPERVISOR TÉCNICO:**

M en C. ARGELIA SÁNCHEZ CHINCHILLAS \_\_\_\_\_

**SUSTENTANTE:**

NADIA MONTSERRAT BRICAIRE PELÁEZ \_\_\_\_\_

## ÍNDICE GENERAL

|   |     |
|---|-----|
| <b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....  | VI  |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....  | X   |
| <b>ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS</b> .....                                    | XII |
| <b>RESUMEN</b> .....  | XIV |
| <b>INTRODUCCIÓN</b> .....   | 1   |
| <i>Planteamiento del problema</i> .....                                 | 1   |
| <b>OBJETIVOS</b> .....  | 3   |
| <i>Objetivo general</i> .....   | 3   |
| <i>Objetivos particulares</i> .....                                     | 3   |
| <b>HIPÓTESIS</b> .....  | 4   |
| <b>CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES</b> .....                                   | 5   |
| 1.1 <i>Suero de leche</i> .....   | 5   |
| 1.1.1 <i>Características fisicoquímicas del suero de leche</i> .....    | 5   |
| 1.1.2 <i>Características químicas del suero de leche</i> .....          | 6   |
| 1.1.3 <i>Impacto ambiental del suero de leche</i> .....                 | 7   |
| 1.1.4 <i>Transformación del suero de leche</i> .....                    | 8   |
| 1.1.5 <i>Proteínas del suero de leche</i> .....                         | 12  |
| 1.2 <i>Calidad de proteína</i> .....                                    | 13  |
| 1.3 <i>Intolerancia a la lactosa</i> .....                              | 14  |
| 1.4 <i>Obesidad</i> .....   | 15  |
| 1.5 <i>Propuestas de gomitas con fibra, vitaminas y minerales</i> ..... | 17  |

---

|   |           |
|---|-----------|
| 1.6 Gelificación de biopolímeros .....  | 18        |
| 1.7 Textura .....   | 19        |
| 1.7.1 Clasificación de métodos de evaluación de textura.....  | 20        |
| <b>CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA .....</b>  | <b>24</b> |
| 2.1 Recolección de suero de leche dulce de bovino y caprino .....   | 25        |
| 2.2 Acondicionamiento del suero de leche dulce de bovino y caprino .....  | 25        |
| 2.3 Análisis fisicoquímico .....  | 26        |
| 2.4 Formulación de gomitas a base de suero de leche dulce deslactosado de bovino y caprino.....                             | 27        |
| 2.5 Elaboración de gomitas.....   | 28        |
| 2.6 Evaluación sensorial .....  | 29        |
| 2.6.1 Pruebas afectivas. Prueba de aceptación, nivel de agrado y preferencia .  | 29        |
| 2.6.2 Análisis colorimétrico.....   | 30        |
| 2.6.3 Análisis de perfil de textura .....   | 33        |
| <b>CAPÍTULO 3. RESULTADOS .....</b>   | <b>34</b> |
| 3.1 Recolección de suero de leche dulce.....  | 34        |
| 3.2 Acondicionamiento del suero de leche (filtración, agitación, pasteurización, deslactosado).....                         | 34        |
| 3.3 Análisis fisicoquímico del suero de leche dulce de bovino y de caprino.....   | 35        |
| 3.4 Formulación de gomitas de suero de leche dulce deslactosado de bovino y de caprino. ....                                | 38        |
| 3.5 Análisis fisicoquímico de gomitas de suero de leche dulce deslactosado de bovino, caprino y de gomitas comerciales..... | 42        |
| 3.6 Evaluación sensorial. ....  | 45        |



---

|   |           |
|---|-----------|
| 3.6.1 Pruebas afectivas. Prueba de aceptación, nivel de agrado y preferencia. | 45        |
| 3.6.2 Análisis colorimétrico.....   | 51        |
| 3.6.3 Análisis de propiedades de textura .....                                | 53        |
| <b>CONCLUSIONES .....</b>   | <b>64</b> |
| <b>RECOMENDACIONES .....</b>  | <b>65</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>   | <b>66</b> |
| <b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>   | <b>95</b> |

## ÍNDICE DE CUADROS

|   |    |
|---|----|
| <b>Cuadro 1.1</b> Composición química de suero de leche dulce y ácido (Parra, 2009). ....6  | 6  |
| <b>Cuadro 1.2</b> Espectro de filtración disponible para la separación de los componentes de la leche (Pouliot, 2008)..... 11   | 11 |
| <b>Cuadro 1.3</b> Contenido de aminoácidos (mg/g de proteína) de algunos alimentos comunes (Chopra, 2010)..... 13   | 13 |
| <b>Cuadro 1.4</b> Definición de atributos de textura de los alimentos..... 22   | 22 |
| <b>Cuadro 2.1</b> Métodos utilizados en el análisis fisicoquímico de suero de leche dulce y gomitas..... 26   | 26 |
| <b>Cuadro 2.2</b> Formulación de gomitas de suero de leche dulce deslactosado de bovino y caprino..... 27   | 27 |
| <b>Cuadro 3.1</b> Composición fisicoquímica (g/100 g) de suero de leche dulce teórico y suero de leche de bovino y caprino experimentales (Singh <i>et al.</i> , 2015). .... 35 | 35 |
| <b>Cuadro 3.2</b> Composición fisicoquímica (g/100 g) de concentrado de proteína de suero de leche..... 37  | 37 |
| <b>Cuadro 3.3</b> Composición fisicoquímica (g/100 g) de gomitas de suero de leche dulce de bovino, caprino y gomitas comerciales..... 43                                       | 43 |
| <b>Cuadro 3.4</b> Nivel de agrado de gomitas y de sus atributos ..... 48  | 48 |
| <b>Cuadro 3.5</b> Resultados del Análisis Estadístico al comparar las gomitas a partir de suero de leche dulce deslactosado de bovino y caprino. .... 49                        | 49 |
| <b>Cuadro 3.6</b> Resultados del Análisis Estadístico de los atributos de gomitas de suero de leche dulce deslactosado de bovino y caprino. .... 50                             | 50 |
| <b>Cuadro 3.7</b> Atributos de color de gomitas de suero de leche de caprino almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas..... 52   | 52 |
| <b>Cuadro 3.8</b> Diferencia total de color de gomitas de suero de leche dulce de caprino. .... 53  | 53 |
| <b>Cuadro 4.1</b> Análisis de varianza de pH. .... 72   | 72 |

---

|   |    |
|---|----|
| <b>Cuadro 4.2</b> Análisis de varianza de acidez.....   | 72 |
| <b>Cuadro 4.3</b> Análisis de varianza del contenido de sólidos totales. ....   | 72 |
| <b>Cuadro 4.4</b> Análisis de varianza del contenido de lactosa. ....   | 72 |
| <b>Cuadro 4.5</b> Análisis de varianza del contenido de proteína.....   | 73 |
| <b>Cuadro 4.6</b> Análisis de varianza del contenido de lípidos. ....   | 73 |
| <b>Cuadro 4.7</b> Análisis de varianza del contenido de cenizas.....  | 73 |
| <b>Cuadro 4.8</b> Análisis de varianza de pH .....  | 73 |
| <b>Cuadro 4.9</b> Análisis de varianza del contenido de sólidos totales. ....   | 74 |
| <b>Cuadro 4.10</b> Análisis de varianza del contenido de carbohidratos reductores (base seca). ....                             | 74 |
| <b>Cuadro 4.11</b> Análisis de varianza del contenido de proteína (base seca). ....   | 74 |
| <b>Cuadro 4.12</b> Análisis de varianza del contenido de cenizas (base seca). ....  | 74 |
| <b>Cuadro 5.1</b> Análisis estadístico t de student para gomitas de sueros de leche de bovino y de caprino.....                 | 75 |
| <b>Cuadro 5.6</b> Análisis estadístico t de student para el color de las gomitas de sueros de leche de bovino y de caprino..... | 76 |
| <b>Cuadro 5.7</b> Análisis estadístico t de student para el aroma de las gomitas de sueros de leche de bovino y de caprino..... | 76 |
| <b>Cuadro 5.8</b> Análisis estadístico t de student para sabor de las gomitas.....  | 77 |
| <b>Cuadro 5.9</b> Análisis estadístico t de student para la textura de las gomitas.....   | 77 |
| <b>Cuadro 6.1</b> Análisis de varianza de luminosidad de gomitas semana 1.....  | 78 |
| <b>Cuadro 6.2</b> Análisis de varianza de luminosidad de gomitas semana 2.....  | 78 |
| <b>Cuadro 6.3</b> Análisis de varianza de luminosidad de gomitas semana 3.....  | 78 |
| <b>Cuadro 6.4</b> Análisis de varianza de luminosidad de gomitas semana 4.....  | 78 |
| <b>Cuadro 6.5</b> Análisis de varianza del parámetro a de gomitas semana 1.....   | 79 |
| <b>Cuadro 6.6</b> Análisis de varianza del parámetro a de gomitas semana 2.....   | 79 |
| <b>Cuadro 6.7</b> Análisis de varianza del parámetro a de gomitas semana 3.....   | 79 |
| <b>Cuadro 6.8</b> Análisis de varianza del parámetro a de gomitas semana 4.....   | 79 |
| <b>Cuadro 6.9</b> Análisis de varianza del parámetro b de gomitas semana 1.....   | 80 |



---

|                    |   |    |
|--------------------|---|----|
| <b>Cuadro 6.10</b> | Análisis de varianza del parámetro b de gomitas semana 2.....       | 80 |
| <b>Cuadro 6.11</b> | Análisis de varianza del parámetro b de gomitas semana 3.....       | 80 |
| <b>Cuadro 6.12</b> | Análisis de varianza del parámetro b de gomitas semana 4.....       | 80 |
| <b>Cuadro 7.1</b>  | Análisis de varianza de la dureza de gomitas semana 1. ....         | 81 |
| <b>Cuadro 7.2</b>  | Análisis de varianza de la dureza de gomitas semana 2. ....         | 81 |
| <b>Cuadro 7.3</b>  | Análisis de varianza de la dureza de gomitas semana 3. ....         | 81 |
| <b>Cuadro 7.4</b>  | Análisis de varianza de la dureza de gomitas semana 4. ....         | 81 |
| <b>Cuadro 7.5</b>  | Análisis de varianza de la adhesividad de gomitas semana 1. ....    | 82 |
| <b>Cuadro 7.6</b>  | Análisis de varianza de la adhesividad de gomitas semana 2. ....    | 82 |
| <b>Cuadro 7.7</b>  | Análisis de varianza de la adhesividad de gomitas semana 3. ....    | 82 |
| <b>Cuadro 7.8</b>  | Análisis de varianza de la adhesividad de gomitas semana 4. ....    | 82 |
| <b>Cuadro 7.9</b>  | Análisis de varianza de la elasticidad de gomitas semana 1. ....    | 83 |
| <b>Cuadro 7.10</b> | Análisis de varianza de la elasticidad de gomitas semana 2. ....    | 83 |
| <b>Cuadro 7.11</b> | Análisis de varianza de la elasticidad de gomitas semana 3. ....    | 83 |
| <b>Cuadro 7.12</b> | Análisis de varianza de la elasticidad de gomitas semana 4. ....    | 83 |
| <b>Cuadro 7.13</b> | Análisis de varianza de la cohesividad de gomitas semana 1. ....    | 84 |
| <b>Cuadro 7.14</b> | Análisis de varianza de la cohesividad de gomitas semana 2. ....    | 84 |
| <b>Cuadro 7.15</b> | Análisis de varianza de la cohesividad de gomitas semana 3. ....    | 84 |
| <b>Cuadro 7.16</b> | Análisis de varianza de la cohesividad de gomitas semana 4. ....    | 84 |
| <b>Cuadro 7.17</b> | Análisis de varianza de la gomosidad de gomitas semana 1.....       | 85 |
| <b>Cuadro 7.18</b> | Análisis de varianza de la gomosidad de gomitas semana 2.....       | 85 |
| <b>Cuadro 7.19</b> | Análisis de varianza de la gomosidad de gomitas semana 3.....       | 85 |
| <b>Cuadro 7.20</b> | Análisis de varianza de la gomosidad de gomitas semana 4.....       | 85 |
| <b>Cuadro 7.21</b> | Análisis de varianza de la masticabilidad de gomitas semana 1. .... | 86 |
| <b>Cuadro 7.22</b> | Análisis de varianza de la masticabilidad de gomitas semana 2. .... | 86 |
| <b>Cuadro 7.23</b> | Análisis de varianza de la masticabilidad de gomitas semana 3. .... | 86 |
| <b>Cuadro 7.24</b> | Análisis de varianza de la masticabilidad de gomitas semana 4. .... | 86 |
| <b>Cuadro 7.25</b> | Análisis de varianza de la resiliencia de gomitas semana 1. ....    | 87 |
| <b>Cuadro 7.26</b> | Análisis de varianza de la resiliencia de gomitas semana 2. ....    | 87 |

---

|   |    |
|---|----|
| <b>Cuadro 7.27</b> Análisis de varianza de la resiliencia de gomitas semana 3. .... | 87 |
| <b>Cuadro 7.28</b> Análisis de varianza de la resiliencia de gomitas semana 4. .... | 87 |
| <b>Cuadro 8.1</b> Prueba de rango múltiple para dureza por semana. ....             | 88 |
| <b>Cuadro 8.2</b> Prueba de rango múltiple para adhesividad por semana. ....        | 88 |
| <b>Cuadro 8.3</b> Prueba de rango múltiple para elasticidad por semana. ....        | 88 |
| <b>Cuadro 8.4</b> Prueba de rango múltiple para cohesividad por semana. ....        | 89 |
| <b>Cuadro 8.5</b> Prueba de rango múltiple para gomosidad por semana. ....          | 89 |
| <b>Cuadro 8.6</b> Prueba de rango múltiple para masticabilidad por semana. ....     | 89 |
| <b>Cuadro 8.7</b> Prueba de rango múltiple para resiliencia por semana. ....        | 89 |
| <b>Cuadro 8.8</b> Prueba de rango múltiple para dureza por semana. ....             | 90 |
| <b>Cuadro 8.9</b> Prueba de rango múltiple para adhesividad por semana. ....        | 90 |
| <b>Cuadro 8.10</b> Prueba de rango múltiple para elasticidad por semana. ....       | 90 |
| <b>Cuadro 8.11</b> Prueba de rango múltiple para cohesividad por semana. ....       | 91 |
| <b>Cuadro 8.12</b> Prueba de rango múltiple para gomosidad por semana. ....         | 91 |
| <b>Cuadro 8.13</b> Prueba de rango múltiple para masticabilidad por semana. ....    | 91 |
| <b>Cuadro 8.14</b> Prueba de rango múltiple para resiliencia por semana. ....       | 91 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1.1</b> Análisis comparativo de la composición química de leche y del suero de leche (Singh et al., 2015). .....      | 5  |
| <b>Figura 1.2</b> Esquema de posibilidades de valorización de suero de leche .....<br>(Mollea et al., 2013).....                | 9  |
| <b>Figura 1.3</b> Hidrólisis enzimática de lactosa.....   | 15 |
| (Chopra, 2010). .....   | 15 |
| <b>Figura 1.4</b> Clasificación de atributos mecánicos en los alimentos.....  | 19 |
| (Nadia Bricaire, 2017). .....   | 19 |
| <b>Figura 1.5</b> Perfil de textura general para un gel.....  | 21 |
| <b>Figura 2.1</b> Diagrama general de trabajo .....   | 24 |
| <b>Figura 2.2</b> Diagrama de elaboración de gomitas a partir de suero de leche dulce<br>deslactosado de bovino y caprino. .... | 28 |
| <b>Figura 2.3</b> Escala hedónica de 7 caritas, incluida en la evaluación con<br>consumidores. ....                             | 30 |
| <b>Figura 2.4</b> Espectrofotómetro Konica Minolta CM-600d. ....  | 31 |
| (Fotografía tomada por Nadia Bricaire) .....  | 31 |
| <b>Figura 2.5</b> Diagrama de cromaticidad de espacio de color L*a*b .....  | 32 |
| <b>Figura 2.6</b> Analizador de textura TA-XT Plus .....  | 33 |
| <b>Figura 3.1</b> Consumo de gomitas.....   | 46 |
| <b>Figura 3.2</b> Frecuencia de consumo de gomitas.....   | 46 |
| <b>Figura 3.3</b> Preferencia de gomitas de los consumidores .....  | 47 |
| <b>Figura 3.4</b> Porcentaje de consumidores que comprarían la gomita de mayor<br>preferencia. ....                             | 48 |
| <b>Figura 3.5</b> Comparación del nivel de agrado de gomitas .....  | 49 |
| <b>Figura 3.6</b> Gomitas de suero de leche de caprino almacenadas a 22 °C y a 4 °C. ...  | 51 |

---

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 3.7</b> Curvas de perfil de textura de gomitas de suero de leche de caprino almacenadas a 4 °C y a 22 °C. ....             | 54 |
| <b>Figura 3.8</b> Diferencia en la dureza de gomitas de suero de leche almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas. ....          | 55 |
| <b>Figura 3.9</b> Diferencia en la adhesividad de gomitas de suero de leche almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas. ....     | 56 |
| <b>Figura 3.10</b> Diferencia en la elasticidad de gomitas de suero de leche almacenada a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas. ....     | 58 |
| <b>Figura 3.11</b> Diferencia en la cohesividad de gomitas de suero de leche almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas. ....    | 59 |
| <b>Figura 3.12</b> Diferencia en la gomosidad de gomitas de suero de leche almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas. ....      | 60 |
| <b>Figura 3.13</b> Diferencia en la masticabilidad de gomitas de suero de leche almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas. .... | 61 |
| <b>Figura 3.14</b> Diferencia en la resiliencia de gomitas de suero de leche almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas. ....    | 62 |
| <b>Figura 9.1</b> Gomitas a partir de suero de leche dulce deslactosado de bovino. ....  | 92 |
| <b>Figura 9.2</b> Gomitas a partir de suero de leche dulce deslactosado de bovino y caprino. ....                                    | 92 |
| <b>Figura 9.3</b> Par de gomitas a evaluar por consumidores .....  | 93 |
| <b>Figura 9.4</b> Grupo 1 de consumidores que participaron en la evaluación sensorial....  | 93 |
| <b>Figura 9.5</b> Grupo 1 de consumidores que participaron en la evaluación sensorial....  | 94 |
| <b>Figura 9.6</b> Grupo 2 de consumidores que participaron en la evaluación sensorial....  | 94 |

## ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

| Abreviatura                       | Significado   |
|-----------------------------------|---|
| <b>Anova</b>                      | Análisis de varianza  |
| <b>AOAC</b>                       | Association of Official Analytical Chemists                               |
| <b>°C</b>                         | grados Celsius  |
| <b>CEIPSA</b>                     | Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal |
| <b>cm</b>                         | centímetro  |
| <b>DBO</b>                        | Demanda Bioquímica de Oxígeno   |
| <b>DF</b>                         | Diafiltración   |
| <b>DQO</b>                        | Demanda Química de Oxígeno  |
| <b><math>\Delta E</math></b>      | diferencia entre dos colores  |
| <b>et al</b>                      | y otros   |
| <b>g</b>                          | gramo   |
| <b>Ha</b>                         | hipótesis alternativa   |
| <b>Ho</b>                         | hipótesis nula  |
| <b>kg</b>                         | kilogramo   |
| <b>L</b>                          | litro   |
| <b>MF</b>                         | Microfiltración   |
| <b>mg</b>                         | miligramo   |
| <b>mL</b>                         | mililitro   |
| <b><math>\mu\text{m}</math></b>   | micrómetro  |
| <b>mm</b>                         | milímetro   |
| <b><math>\mu\text{mol}</math></b> | micromol  |
| <b>mm/s</b>                       | milímetro por segundo   |

|               |  |
|---------------|--|
| <b>N°</b>     | número   |
| <b>ND</b>     | no determinado                                     |
| <b>NF</b>     | Nanofiltración                                     |
| <b>nm</b>     | nanómetro  |
| <b>NOM</b>    | Norma Oficial Mexicana                             |
| <b>OMS</b>    | Organización Mundial de la Salud                   |
| <b>p</b>      | nivel de significancia                             |
| <b>PDCAAS</b> | protein digestibility corrected amino acid score   |
| <b>pH</b>     | potencial de hidrógeno                             |
| <b>pl</b>     | punto isoeléctrico                                 |
| <b>% p/p</b>  | porcentaje peso / peso                             |
| <b>% p/v</b>  | porcentaje peso / volumen                          |
| <b>®</b>      | marca comercial registrada                         |
| <b>RO</b>     | Reverse osmosis                                    |
| <b>SCFI</b>   | Secretaría de Comercio y Fomento Industrial        |
| <b>SIAP</b>   | Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera |
| <b>UF</b>     | Ultrafiltración                                    |
| <b>WPC</b>    | Whey protein concentrate                           |
| <b>WPH</b>    | Whey protein hidrolized                            |
| <b>WPI</b>    | Whey protein isolate                               |

---

## RESUMEN

El suero de leche es un subproducto de la industria quesera compuesto de: lactosa, proteínas, lípidos y nutrimentos inorgánicos. Al desecharlo en el drenaje, genera problemas de contaminación ambiental, como la modificación de la estructura física y química del suelo. En este trabajo se desarrollaron dos tipos de gomitas para consumidores en etapa escolar, el primer tipo se realizó a partir de suero de leche dulce deslactosado de bovino y el segundo tipo se realizó a partir de suero de leche dulce deslactosado de caprino, ambas gomitas incluyeron en su formulación la misma cantidad de concentrado de proteína de suero de leche, inulina como fuente de fibra soluble, jarabe de agave y edulcorante natural. El suero de leche dulce de bovino y caprino se recolectó en CEPIPSA, Topilejo, Tlalpan, CDMX. Se transportó al Laboratorio de Toxicología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia donde se realizó la filtración, agitación, pasteurización, deslactosado y caracterización fisicoquímica. Posteriormente, se desarrollaron gomitas a base de suero de leche dulce deslactosado de bovino y de caprino, que fueron caracterizadas fisicoquímicamente al igual que el concentrado de proteína de suero de leche. Se realizó una evaluación sensorial de las gomitas elaboradas a partir de los sueros de leche dulces y se utilizaron pruebas afectivas con consumidores. Se llevó a cabo el análisis colorimétrico que midió los atributos de color: L (luminosidad), a\* (coordenada rojo/verde) y b\* (coordenada amarillo/azul) en el espectrofotómetro Konica Minolta CM-600d de las gomitas de suero de leche dulce deslactosado de caprino almacenadas durante 4 semanas a 22 °C y a 4 °C. Se evaluaron los parámetros de textura de gomitas de suero de leche dulce deslactosado de caprino almacenadas durante 4 semanas a 22 °C y a 4 °C (dureza, adhesividad, elasticidad, cohesividad, gomosidad, masticabilidad y resiliencia) en el texturómetro TA-XT2 plus. La sustitución de agua por suero de leche dulce deslactosado de bovino y caprino en la elaboración de gomitas aportó carbohidratos, proteínas, lípidos y minerales.

Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el pH, contenido de acidez, sólidos totales, lactosa, lípidos y proteínas del suero de leche dulce de bovino y del suero de leche de caprino lo cual pudo deberse a que para la obtención de los sueros, se utilizó leche bronca y no normalizada. Hubo diferencias estadísticamente significativas entre el pH, contenido de sólidos totales, carbohidratos totales, proteínas y cenizas entre las gomitas de suero de leche de bovino y de caprino. Fue mayor el contenido de proteínas en las gomitas de suero de leche de bovino y de caprino 36.89% y 33.64% respectivamente contra 7.57% de proteína en gomitas comerciales. Aportando 169 kcal por cada 100 g de gomitas de suero dulce de bovino y 180 kcal por cada 100 g de gomitas de suero de leche dulce de caprino. De acuerdo con las pruebas afectivas no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en color, aroma, sabor y textura de los dos tipos de gomitas. El 83% de la población encuestada compraría alguna de las gomitas de suero de leche. Las gomitas de suero de leche de caprino se almacenaron durante 4 semanas a 4 °C y a 22 °C. Al incrementar el tiempo de almacenamiento, los atributos de color L, a\* y b\* de las gomitas almacenadas a 22 °C fueron mayores que los atributos L, a\* y b\* de las gomitas almacenadas a 4 °C resultando una diferencia total de color en las gomitas de 5.03 al finalizar 4 semanas de almacenamiento. Se encontró que la dureza, cohesividad, gomosidad, masticabilidad y resiliencia de las gomitas de suero de leche dulce deslactosado de caprino, se ven afectadas con respecto al tiempo de almacenamiento a las diferentes temperaturas. Se aprovechó el suero de leche dulce de bovino y de caprino en la elaboración de gomitas con un alto contenido de proteína proveniente de WPC y con menor contenido carbohidratos en comparación con una gomita comercial. La vida estimada de las gomitas fue de 4 semanas almacenadas a 22 °C.



## INTRODUCCIÓN

### Planteamiento del problema

El suero de leche es un subproducto de la industria quesera que representa aproximadamente del 85 al 95% del volumen de leche y retiene el 55% de nutrimentos lácteos (Guimaraes *et al.*, 2010). En el primer trimestre del año 2017, la industria quesera produjo 63 mil 500 toneladas de queso (SIAP, 2017) generando grandes cantidades de suero de leche que en su mayoría, son desechadas al drenaje, ríos y lagos sin previo tratamiento, provocando serios problemas de contaminación ambiental debido a su composición (lactosa, proteínas, lípidos y nutrimentos inorgánicos) (Aider *et al.*, 2009; Fernandes *et al.*, 2009 citado en Parra, 2009).

Es necesaria la valorización de dicho residuo, en este caso por medio de la elaboración de gomitas a partir de suero de leche dulce deslactosado de bovino y de caprino, adicionadas de proteína de buena calidad proveniente de concentrado de proteína de suero de leche, fibra soluble y edulcorante natural como una alternativa de consumo de golosinas por niños en etapa escolar.

Existe una amplia variedad de productos de confitería en el mercado, como son: caramelo duro, caramelo suave, dulces típicos, comprimidos, gomitas, confitados, malvaviscos, paletas, goma de mascar y chocolates (LEGISCOMEX, 2009). Una característica de estos productos es su alto contenido energético, proveniente principalmente de carbohidratos.

Una ingesta elevada de azúcares libres es preocupante por su asociación con la mala calidad de la dieta, la obesidad y el riesgo de contraer enfermedades crónicas no transmisibles (OMS, 2015). Los azúcares libres son monosacáridos y disacáridos añadidos a los alimentos por el fabricante o el consumidor, más los azúcares naturalmente presentes en los alimentos.

El consumo excesivo de estos azúcares, favorece un balance positivo de energía, afectando la calidad nutricional de las dietas ya que aportan una cantidad considerable de energía.

La mayoría de gomitas comerciales excluyen de su formulación nutrimentos que además de proporcionar energía, cumplan una función biológica como lo son las proteínas. Particularmente en gomitas, el agente gelificante utilizado para su elaboración es grenetina, considerada de baja calidad proteínica cuyo valor de PDCAAS es cero debido a su deficiencia en aminoácidos indispensables (Hambraeus, 2014). Por lo tanto, se pretende crear gomitas con ingredientes que fortalezcan la alimentación de los consumidores normales de gomitas y por ende, beneficien su salud.

En la actualidad, la tendencia del consumo de alimentos y bebidas más saludables que disminuyan el contenido de carbohidratos y proporcionen compuestos biológicamente activos, ha impulsado al desarrollo de nuevos productos abarcando el sector de la confitería.

Es atractivo el consumo de gomitas en la población infantil debido a la variedad de formas, colores y sabores que existe en el mercado. Por ello, es de suma importancia proporcionar alternativas de consumo de golosinas que no solo sean fuente de energía, sino que además provean nutrimentos como los presentes en leche o queso.

Resulta conveniente la elaboración de gomitas con alto valor nutrimental a partir de suero de leche dulce de caprino, ya que se potencializa su uso y se aprovechan sus componentes, de esta forma, se combate el impacto ambiental que genera el desecho de dicho subproducto sin previo tratamiento. Además de la incorporación de concentrado de proteína de suero de leche en gomitas, por ser proteína de alta calidad ya que tienen una balanceada fuente de aminoácidos indispensables y es de alto valor

biológico por su contenido en leucina, triptofano, lisina y aminoácidos azufrados (Ha, Zanel, 2003; Ibrahim *et al.*, 2003 citado en Parra, 2009). Es deseable proveer una fuente de fibra soluble como inulina, la cual es un prebiótico que mejora la salud gastrointestinal. Finalmente el uso de edulcorante no calórico modera el contenido de hidratos de carbono presentes en las gomitas.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Desarrollar gomitas a partir de suero de leche dulce deslactosado de bovino y de caprino, concentrado de proteína de suero de leche por su alta calidad proteínica, inulina como fuente de fibra soluble, jarabe de agave y edulcorante natural por su bajo aporte calórico. Además evaluar su estabilidad respecto al tiempo y temperatura de almacenamiento para proponerlas como una alternativa de consumo para niños en etapa escolar.

### **Objetivos particulares**

- Aprovechar los componentes de dichos sueros de leche y reducir la contaminación que genera su desecho sin previo tratamiento.
- Utilizar sueros de leche deslactosados para prevenir problemas digestivos en consumidores intolerantes a la lactosa.
- Incrementar el contenido de proteína de las gomitas al adicionar concentrado de proteína de suero de leche.

- Conocer el nivel de aceptación de las gomitas al realizar una evaluación sensorial de las gomitas de dichos sueros usando pruebas de aceptación, nivel de agrado y preferencia, además saber si existen diferencias estadísticamente significativas entre las gomitas a partir de sueros de leche dulces de especies bovina y caprina.
- Determinar la vida estimada de las gomitas al conocer su estabilidad sensorial a diferentes temperaturas por medio de los análisis colorimétrico y textura.

## **HIPÓTESIS**

Si se elaboran gomitas a partir de suero de leche dulce deslactosado de bovino y de caprino adicionadas de concentrado de proteína de suero de leche, inulina, jarabe de agave y edulcorante natural, estas tendrán un alto aporte de proteínas y fibra por lo que serán aceptadas para su consumo por la población infantil debido a su composición nutrimental.

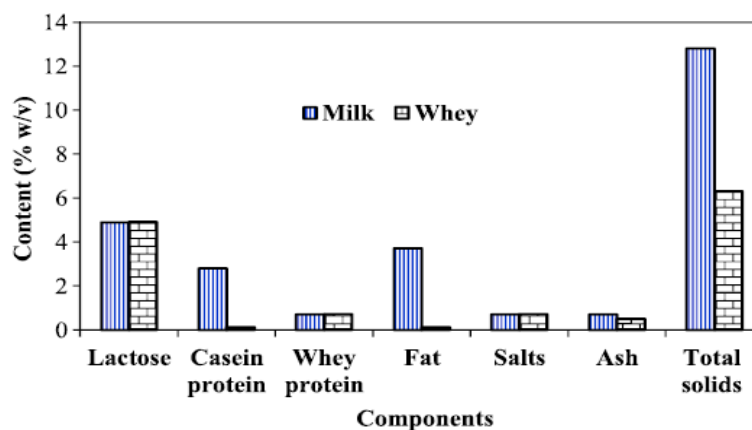
## CAPÍTULO 1. ANTECEDENTES

### 1.1 Suero de leche

Es la porción líquida producida durante la elaboración del queso o durante el proceso de coagulación de la caseína de la leche (Singh *et al.*, 2015). La Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012, Leche-denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba define al suero de leche como el líquido obtenido de la coagulación de la caseína de la leche, mediante la acción de enzimas coagulantes de origen animal, vegetal o microbiano, por la adición de ácidos orgánicos o minerales de grado alimentario; acidificación por intercambio iónico hasta alcanzar el punto isoeléctrico de la caseína.

#### 1.1.1 Características fisicoquímicas del suero de leche

Singh *et al.*, 2015 cita a Varnam 1994 menciona que el lactosuero comparte cerca del 85 – 95% del volumen de leche y contiene alrededor del 55% de los nutrientes lácteos. La **Figura 1.1** muestra un análisis comparativo de la composición química de la leche y del suero de leche.



**Figura 1.1** Análisis comparativo de la composición química de leche y del suero de leche (Singh *et al.*, 2015).

### 1.1.2 Características químicas del suero de leche

Existen dos tipos de suero de leche que se diferencian de acuerdo a las técnicas de procesamiento utilizadas en la coagulación de la caseína de la leche. El suero de leche dulce es el resultado de la coagulación de la caseína a pH 6.5 por el cuajo (complejo enzimático que contiene quimosina u otras enzimas coagulantes), mientras que el suero de leche ácido se realiza a pH menor que 5 y se logra mediante la adición de ácidos orgánicos. El **Cuadro 1.1** muestra la composición de los dos tipos de suero de leche.

**Cuadro 1.1** Composición química de suero de leche dulce y ácido (Parra, 2009).

| Componente      | Suero de leche dulce<br>(g/100 mL) | Suero de leche ácido<br>(g/100 mL) |
|-----------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Sólidos totales | 6.3-7.0                            | 6.3-7.0                            |
| Lactosa         | 4.6-5.2                            | 4.4-4.6                            |
| Proteína        | 0.6-1.0                            | 0.6-0.8                            |
| Lípidos         | 0.5                                | 0.04                               |
| Ácido láctico   | 0.2                                | 0.64                               |
| Cenizas         | 0.5                                | 0.8                                |
| Calcio          | 0.04-0.06                          | 0.12-0.16                          |
| Fosfatos        | 0.1-0.3                            | 0.2-0.45                           |
| Cloruros        | 0.11                               | 0.11                               |

La composición química del suero de leche varía dependiendo del método de fabricación empleado, tipo de leche (bovina, caprina, ovina, etc), época del año, tipo de alimentación del rebaño y etapa de lactación promedio (Madureira *et al.*, 2007 citado por Carrasco *et al.*, 2010). De acuerdo con Monsalve *et al.*, 2005 citado por Tovar *et al.*, 2012 el contenido de proteína depende del proceso tecnológico utilizado para fabricar el queso y la leche utilizada como base.

En la elaboración de quesos mediante la acidificación de la leche, se obtiene una cuajada sin fosfato cálcico, por lo que el suero de leche ácido tiene mayor contenido de ceniza (que son los minerales calcio y fósforo) y menor contenido de proteína y de lactosa (ya que es fermentada) que el suero de leche dulce (Carvalho *et al.*, 2013). De acuerdo con Tovar *et al.*, 2012 el pH de este suero de leche es cercano a 4.2.

Si la elaboración de quesos es mediante enzimas, la composición del suero de leche dependerá si hubo o no acción de las bacterias ácido lácticas durante el proceso de manufactura antes de la separación del suero y el uso de enzimas coagulantes (Carrasco *et al.*, 2010). El pH de este tipo de suero de leche es cercano a 6.5 (Tovar *et al.*, 2012).

### **1.1.3 Impacto ambiental del suero de leche**

Considerando cifras preliminares del SIAP, en el año 2015 la producción de queso a nivel mundial (países seleccionados) fue de 18 millones 607 mil toneladas encabezando la lista la Unión Europea (28 países miembros) con 9 millones 610 mil toneladas, seguida de Estados Unidos cuya producción fue 5 millones 299 mil toneladas. Hasta junio del año 2016 se había estimado una producción total de 18 millones 721 mil toneladas de queso siguiendo en las posiciones más altas de producción la Unión Europea y Estados Unidos con 9 millones 635 mil toneladas y 5 millones 375 mil toneladas de queso respectivamente.

De acuerdo con Prazeres *et al.*, 2012 para la producción de 1 kg de queso se necesitan 10 L de leche originando 9 L de suero de leche. De la cantidad de suero de leche total mundial producido, sólo se procesa el 50% (Baldasso *et al.*, 2011).

Esto implica una gran cantidad de suero de leche desechado al drenaje sin previo tratamiento, con la consecuente generación de problemas ambientales debido al contenido de lactosa y proteínas principalmente, seguido del desperdicio de todos los nutrimentos de la leche.

La demanda química de oxígeno (DQO) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) son indicadores para la evaluación de la calidad del agua, determinando la cantidad de materia orgánica presente en cualquier extensión que se encuentra en la superficie terrestre (ríos y lagos). Según Valencia *et al.*, 2009 la DBO determina la cantidad de materia orgánica biodegradable mientras que la DQO determina la cantidad de materia orgánica total. Existe una relación inversamente proporcional entre la concentración de dichos indicadores y el oxígeno disuelto en el agua, a mayor concentración de DBO y DQO es menor la concentración de oxígeno disuelto en el agua, por ende se ve afectada la vida acuática. De acuerdo con Prazeres *et al.*, 2012 el intervalo de valores de DBO y DQO del lactosuero oscila entre 27-60 g/L y 50-102 g/L respectivamente. Otra de las consecuencias del mal manejo de lactosuero, es la modificación de la estructura física y química del suelo lo que conlleva a la disminución en los rendimientos de los cultivos agrícolas (Valencia *et al.*, 2009).

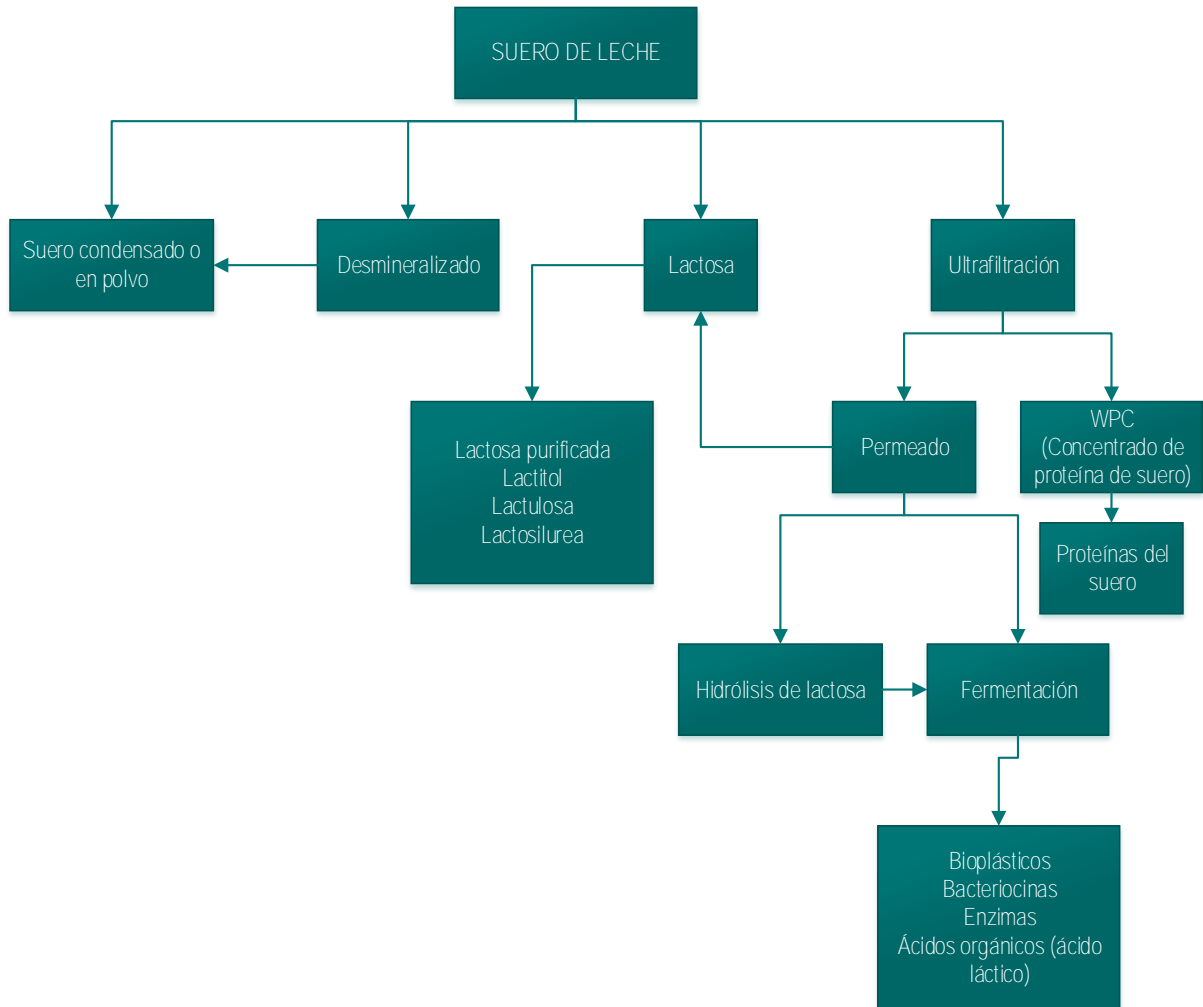
#### **1.1.4 Transformación del suero de leche**

El suero de leche es considerado un recurso potencial para la obtención de productos de valor añadido debido a los nutrimentos que posee. El objetivo de la revaloración del suero de leche es por un lado, aprovechar sus nutrimentos y por el otro, combatir el impacto ambiental que genera su desecho sin previo tratamiento.

Se pueden considerar dos opciones diferentes en el manejo de suero de leche. La primera recurre a un procesamiento directo fisicoquímico con la aplicación de tecnologías para recuperar compuestos valiosos tales como lactosa y proteínas.



La segunda se basa en un proceso biotecnológico en el cual, el suero de leche es utilizado como un sustrato para varios procesos microbianos/enzimáticos (Singh *et al.*, 2015; Mollea *et al.*, 2013). En la **Figura 1.2** se muestran algunas de las posibilidades de valorización del suero de leche.



**Figura 1.2 Esquema de posibilidades de valorización de suero de leche (Mollea et al., 2013).**

Baldasso *et al.*, 2011 menciona que se han desarrollado técnicas para concentrar selectivamente proteínas del suero, porque el suero no es una fuente equilibrada de nutrientes, ya que contiene una gran cantidad de lactosa en comparación con la de proteína.

Las tecnologías de separación basadas en membranas incluyen la ultrafiltración para concentrar las proteínas, diafiltración para eliminar la mayor parte de lactosa, minerales y otros componentes de bajo peso molecular y así producir concentrados de proteína de suero.

Dependiendo de su concentración, hay WPC que contienen 35%, 50%, 65% y 80% (p/p) de proteína. Cuando el contenido de proteína del 90% (p/p) se alcanza, lo que se obtiene es un aislamiento de proteína de suero, concentrado de proteína de suero de alta calidad y pureza (Madureira *et al.*, 2007). Según (Mollea *et al.*, 2013) son tres formas principales en las que están disponibles productos de proteína de suero tales como concentrados (WPC), aislados (WPI) e hidrolizados (WPH) por sus siglas en inglés.

Otras técnicas de separación son: microfiltración, ósmosis inversa e intercambio iónico las que difieren en el tamaño de partícula. En el **Cuadro 1.2** se puede observar el tamaño de poro de las membranas utilizadas en algunos tipos de filtración para la obtención de derivados del suero de leche.

**Cuadro 1.2 Espectro de filtración disponible para la separación de los componentes de la leche (Pouliot, 2008).**

| Tamaño de poro                      | Mecanismo de separación | Presión operativa | Materiales de membrana | Dominio de separación  | Ingrediente lácteo comercial                       |
|-------------------------------------|-------------------------|-------------------|------------------------|--|--|
| <b>MF &gt; 0.1<math>\mu</math>m</b> | Tamizado                | 0.01-0.2          | Polímero inorgánico    | Células somáticas, bacterias, esporas<br>Glóbulos grasos<br>Micelas de caseína | Caseína micelar<br>Proteínas del suero             |
| <b>UF 1-500 nm</b>                  | Tamizado, carga         | 0.1-1.0           | Polímero inorgánico    | Proteínas solubles<br>Caseino macropéptido                                     | WPC, WPI, MPC, $\beta$ -Lg, $\alpha$ -La           |
| <b>NF 0.1-1nm</b>                   | Tamizado, carga         | 1.5-3.0           | Polímero inorgánico    | Cationes divalentes  | Proteínas de suero hidrolizado, Glicomacropéptido  |
| <b>RO &lt; 0.1nm</b>                | Tamizado, difusión      | 3.0-5.0           | Polímero               | Sales (cationes monovalentes<br>Lactosa)                                       | Suero permeado deslactosado, suero desproteínizado |

De acuerdo con Brans 2006 citado por Baldasso *et al.*, 2011 la ultrafiltración permite una variación en la relación de concentración entre los componentes del suero de leche, debido a la retención de proteínas y filtración selectiva de lactosa, minerales, agua y compuestos de baja masa molar.

Durante el procesamiento del suero para la obtención de WPC también son obtenidos en el filtrado, altos volúmenes de una corriente rica en lactosa. Dicho filtrado sigue siendo un contaminante importante por el contenido de lactosa, pero se puede utilizar como sustrato para la producción de compuestos valiosos por fermentación (Guimaraes *et al.*, 2010).

### 1.1.5 Proteínas del suero de leche

Las proteínas presentes en la leche, son generalmente consideradas de alto valor biológico debido a su composición de aminoácidos (Chopra, 2010). La leche posee dos principales familias de proteínas: caseínas (insolubles) y proteínas del suero (solubles). Las proteínas del suero bovino incluyen:  $\alpha$ -lactoalbúmina,  $\beta$ -lactoglobulina, inmunoglobulinas, albúmina sérica bovina, lactoferrina y peroxidasa junto con otros componentes menores (Madureira *et al.*, 2007).

Las proteínas del suero se clasifican como proteínas de alta calidad basadas en los requerimientos humanos de aminoácidos, la digestibilidad y su biodisponibilidad. El contenido de aminoácidos de cada proteína influye en las bioactividades de los productos de proteína de suero. Las proteínas del suero son ricas en aminoácidos que contiene azufre (cisteína y metionina). También presentan una alta concentración de aminoácidos de cadena ramificada (leucina, isoleucina y valina) (Tavares *et al.*, 2016).

De acuerdo con Jensen *et al.*, 2016 la calidad biológica de una proteína dada, puede ser categorizada por la puntuación de aminoácidos corregida por digestibilidad de proteínas que refleja la eficiencia fisiológica y la utilización de una proteína. Las proteínas de origen animal, incluyendo las de la leche y las del suero, son consideradas como proteínas de alta calidad. El máximo valor de PDCAAS que posee un alimento es 100, tal es el caso de la leche de vaca (Hambraeus, 2014).

Las propiedades de las proteínas del suero varían dependiendo de los factores tales como la desnaturalización de proteínas, el tamaño de los agregados de proteínas y condiciones ambientales como temperatura, pH y fuerza iónica. A una temperatura moderada  $<70$  °C el despliegue estructural y los cambios conformaciones de la  $\beta$ -lactoglobulina y la  $\alpha$ -lactoalbúmina son en gran parte reversibles en el enfriamiento.

A una temperatura más alta  $>90\text{ }^{\circ}\text{C}$  las proteínas son desnaturalizadas e irreversiblemente reticuladas para formar grandes agregados (Nor Afizah *et al.*, 2014).

## 1.2 Calidad de proteína

El término aminoácido indispensable se refiere a un aminoácido que se requiere para satisfacer las necesidades fisiológicas y debe ser suministrado en la dieta (Chopra, 2010). Estos aminoácidos deben ser suministrados en la dieta ya sea como aminoácidos libres o como constituyentes de proteínas dietéticas para mantener el crecimiento normal y el equilibrio de nitrógeno del cuerpo en adultos (Chopra, 2010). Los aminoácidos indispensables son: leucina, metionina, fenilalanina, lisina, valina, isoleucina, treonina y triptófano. En el **Cuadro 1.3** se observa el contenido de aminoácidos presente en algunos alimentos.

**Cuadro 1.3 Contenido de aminoácidos (mg/g de proteína) de algunos alimentos comunes (Chopra, 2010).**

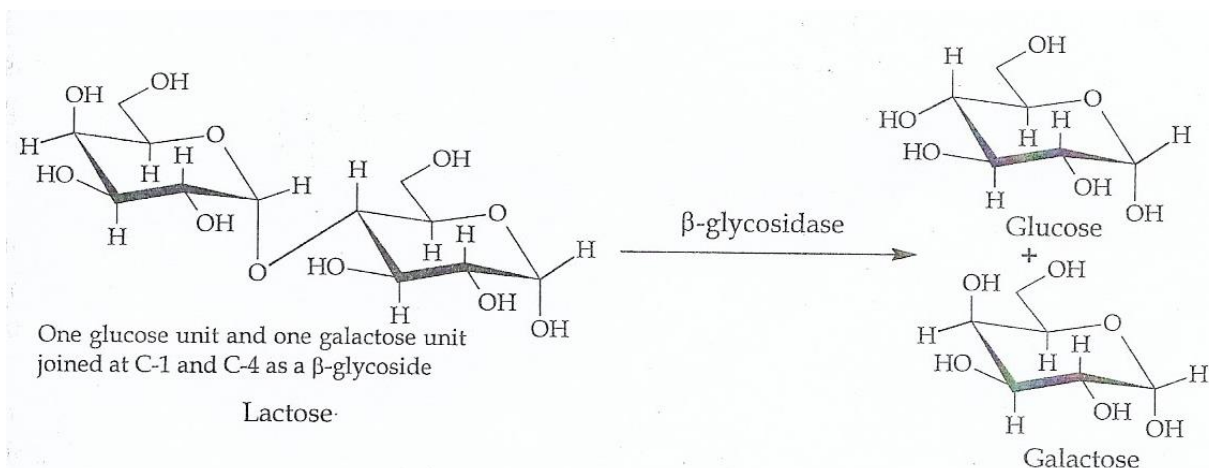
| Aminoácido      | Proteína |                |       |
|-----------------|----------|----------------|-------|
|                 | Caseína  | Suero de leche | Huevo |
| Alanina         | 2.9      | 5.2            | 6.6   |
| Arginina        | 3.7      | 2.5            | 5.6   |
| Ácido aspártico | 6.6      | 10.9           | 8.9   |
| Cistina         | 0.3      | 2.2            | 2.5   |
| Ácido glutámico | 21.5     | 16.8           | 13.5  |
| Glicina         | 2.1      | 2.2            | 3.6   |
| Histidina       | 3.0      | 2.0            | 2.2   |
| Isoleucina      | 5.1      | 6.0            | 6.0   |
| Leucina         | 9.0      | 9.5            | 8.5   |
| Lisina          | 3.8      | 8.8            | 6.2   |
| Metionina       | 2.7      | 1.9            | 3.6   |

---

|                     |      |     |     |
|---------------------|------|-----|-----|
| <b>Fenilalanina</b> | 5.1  | 2.3 | 6.0 |
| <b>Prolina</b>      | 10.7 | 6.6 | 3.8 |
| <b>Serina</b>       | 5.6  | 5.4 | 7.3 |
| <b>Treonina</b>     | 4.3  | 6.9 | 4.4 |
| <b>Triptófano</b>   | 1.3  | 2.2 | 1.4 |
| <b>Tirosina</b>     | 5.6  | 2.7 | 2.7 |
| <b>Valina</b>       | 6.6  | 6.0 | 7.0 |

### 1.3 Intolerancia a la lactosa

La intolerancia a la lactosa es la incapacidad que presenta una parte de la población, incluyendo niños para digerir cantidades significativas de lactosa, el azúcar predominante de la leche (Chopra, 2010). Ciertos sectores de la población (sobre todo los de raza negra) no toleran la leche, por su contenido de lactosa; esto se debe a que la mucosa del intestino delgado no sintetiza la  $\beta$ -galactosidasa o lactasa, enzima necesaria para la hidrólisis del disacárido en el tracto gastrointestinal. En su ausencia, la lactosa llega hasta el colon, donde es fermentada por la microbiota, produciendo hidrógeno, dióxido de carbono y ácido láctico que irritan este órgano, además de que se absorbe agua en el intestino para equilibrar la presión osmótica. Todo esto trae como resultado diarrea, flatulencias y calambres abdominales. Para atender esta situación, existen en el mercado derivados lácteos deslactosados, y también se dispone de una lactasa de origen microbiano (*Aspergillus niger*, *A. oryzae* y *Kluyveromyces lactis*) (Badui, 2013). La **Figura 1.3** muestra la hidrólisis de la molécula de lactosa mediante la enzima  $\beta$ -galactosidasa.



**Figura 1.3 Hidrólisis enzimática de lactosa (Chopra, 2010).**

#### 1.4 Obesidad

La población en general está expuesta a alimentos con alto contenido energético, ricos en grasa, azúcar y sal y carente de micronutrientes. Estos hábitos alimentarios, junto con un nivel inferior de actividad física, dan lugar a un aumento drástico de la obesidad infantil (OMS, 2017).

La obesidad y el sobrepeso se definen como una acumulación anormal o excesiva de grasa que puede ser perjudicial para la salud (OMS, 2017). De acuerdo con la OMS: “La obesidad infantil se asocia con una mayor probabilidad de obesidad, muerte prematura y discapacidad en la edad adulta. También está asociada a una amplia gama de complicaciones de salud graves y a un creciente riesgo de contraer enfermedades prematuramente, entre ellas diabetes y cardiopatías”. Los niños obesos sufren dificultades respiratorias, mayor riesgo de fracturas e hipertensión, y presentan marcadores tempranos de enfermedades cardiovasculares, resistencia a la insulina y efectos psicológicos (OMS, 2017).

Actualmente 7 de cada 10 adultos y alrededor de 3 de cada 10 escolares y adolescentes tienen un peso excesivo, que pone en riesgo su salud. El 70% de los adultos en México están excedidos de peso, así como cuatro millones y medio de niños entre los 5 y los 11 años (Acuerdo nacional para la salud alimentaria, 2012).

De acuerdo a datos publicados por (ENSANUT MC, 2016) el sobrepeso y la obesidad en la población de 5 a 11 años de edad disminuyó de 34.4% en 2012 a 33.2% en 2016 sin embargo la diferencia no fue estadísticamente significativa. Las prevalencias de sobrepeso (20.6%) y de obesidad (12.2%) en niñas en 2016 fueron muy similares a las observadas en 2012 (sobrepeso 20.2% y obesidad 11.8%). En niños hubo una reducción de sobrepeso entre 2012 (19.5%) y 2016 (15.4%) que resultó estadísticamente significativa; mientras que las prevalencias de obesidad en 2012 (17.4%) y 2016 (18.6%) no fueron estadísticamente diferentes (ENSANUT MC, 2016).

El sobrepeso y la obesidad son en gran medida prevenibles. Las políticas, los entornos, las escuelas y las comunidades son fundamentales, pues condicionan las decisiones de los padres y los niños, y pueden hacer que los alimentos más saludables y la actividad física regular sean la opción más sencilla (accesible, disponible y asequible), previniendo, así, la obesidad (OMS, 2017).

Algunas de las recomendaciones de la OMS para reducir el sobrepeso y la obesidad infantil son las siguientes:

- Niños en edad escolar y los adolescentes deben limitar la ingesta energética procedente de grasas y azúcares.
- La industria alimentaria puede desempeñar un papel importante en la promoción de dietas sanas reduciendo el contenido de grasa, azúcar y sal en los alimentos procesados para niños pequeños.



## 1.5 Propuestas de gomitas con fibra, vitaminas y minerales

Las gomitas son productos de confitería que debido a sus colores, formas, sabores, aromas, textura y fácil accesibilidad, son aceptadas por consumidores de diferentes edades, desde niños hasta adultos mayores. En la actualidad, la creciente demanda por parte de los consumidores, de adquirir productos que aporten un beneficio más allá de la nutrición, ha despertado gran interés en la industria alimentaria y en la investigación. Es por ello que se han desarrollado gomitas a base de diversos ingredientes que beneficien la salud de quien las consume.

Uno de los proyectos desarrollados por Escobar (2012) fue *“Desarrollo de gomitas de grenetina con ingredientes funcionales”* en el que se incorporó inulina y calcio a gomitas para mejorar la función intestinal de los consumidores de las mismas. También se utilizó Aquamin® como fuente natural de calcio y trazas de magnesio, zinc y selenio. Dentro del mismo proyecto se desarrollaron otro tipo de gomitas, éstas fueron elaboradas sin azúcar, empleando polioles de bajo índice glicémico Isomalt GS y jarabe de sorbitol al 70%. También se adicionaron vitaminas C y E para aquellas personas que busquen compuestos antioxidantes para prevenir enfermedades. En este proyecto, se utilizó inulina por su efecto prebiótico y por su ayuda en la absorción de calcio.

En otro trabajo reportado por Navarro (2013) *“Gomitas con jugo de frutas adicionadas con hierro, vitamina C y ácido fólico”*. Dichas gomitas fueron dirigidas a la población infantil y dentro de su formulación se incluyó hierro y ácido fólico para combatir la anemia, vitamina C como antioxidante y porque ayuda a la absorción del hierro. La fuente de dichos ingredientes fue un suplemento alimenticio.

También se desarrolló el proyecto: *“Desarrollo de gomitas enriquecidas con fibra (plantago psyllum, linum usitatissimum o salvia hispánica)”* (González, 2013).

En este proyecto se incorporó fibra en gomitas, debido a su fácil consumo, sabor y agradables a la vista del consumidor. El tipo de fibra que se utilizó fue: *Plantago psyllium* fibra soluble que además de mantener una salud intestinal, normaliza los niveles sanguíneos de azúcar y del colesterol, *Linum usitatissimum* conocida como linaza que es rica en grasa, proteína y fibra dietética y finalmente *Salvia hispánica* conocida como chía, destacando por ser fuente de ácido linolénico, ácido graso insaturado. El contenido de proteína en chía es alto, sin embargo no posee lisina, un aminoácido indispensable. Dichas fuentes de fibra fueron incluidas en diferentes formulaciones de gomitas, dirigidas para aliviar el estreñimiento en la población infantil.

### **1.6 Gelificación de biopolímeros**

La gelificación es un fenómeno de los alimentos donde las moléculas responsables de la gelificación son típicamente proteínas o polisacáridos (Ersch *et al.*, 2016); además influyen factores intrínsecos y extrínsecos, como el tipo de moléculas constituyentes del gel y su concentración, pH y temperatura entre otras. La interacción de sus componentes bajo determinadas condiciones es la que da como resultado la formación de la red tridimensional y con ello su textura característica.

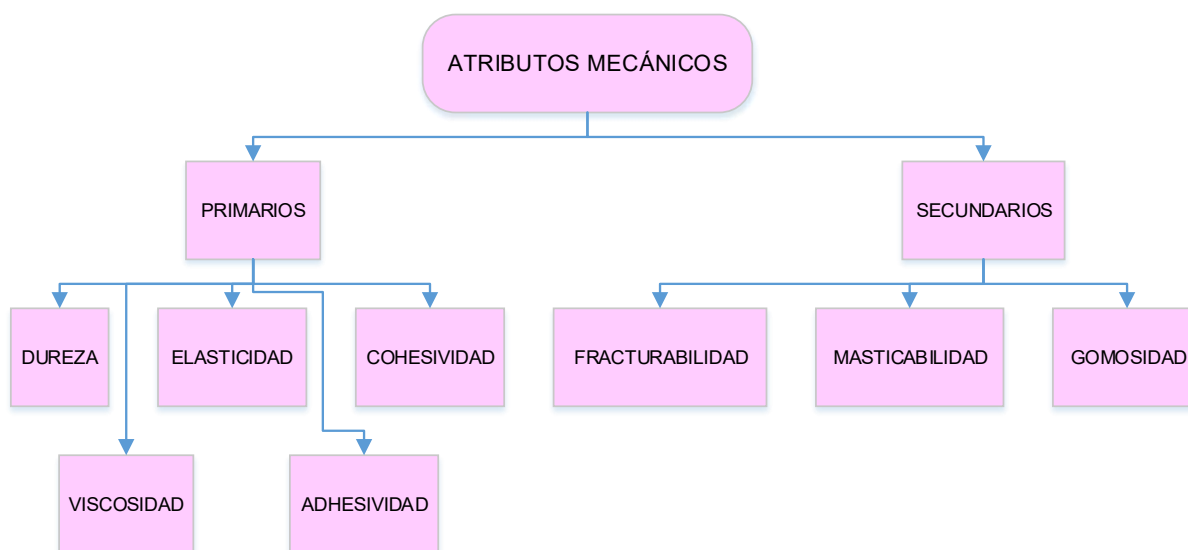
Axelos *et al.*, 1990 citado por Ersch *et al.*, 2016 encontró que en sistemas monocomponentes, los mecanismos que conducen a la asociación de moléculas y finalmente la gelificación, son por ejemplo: desnaturalización de proteínas, reducción de la repulsión electrostática o formación de zonas de unión entre moléculas.

En el caso de que se encuentren dos tipos de biopolímeros durante la gelificación como es el caso de la propuesta de gomitas de suero de leche dulce, estas moléculas pueden interactuar antes y durante la gelificación influyendo así en las propiedades finales de la red de gel (Ersch *et al.*, 2016).

## 1.7 Textura

En su investigación López, 2014 menciona que la textura puede ser definida como la forma en la cual están arreglados los componentes estructurales de un alimento en una estructura macroscópica y microscópica y, la manifestación externa de esta estructura. La definición toma en cuenta la naturaleza de las partículas y estructuras que constituyen un alimento y, al referirse a la manifestación externa de esta estructura, se relaciona con el comportamiento de los alimentos tanto en pruebas mecánicas cuando son medidas con máquinas, como a su comportamiento cuando son consumidos (aspectos sensoriales) y es aplicable tanto a fluidos como a sólidos.

López, 2014 menciona una clasificación de los atributos sensoriales en función de las propiedades físicas del material. Dicha clasificación incluye atributos mecánicos, geométricos y de composición. Sin embargo los atributos mecánicos fueron los que se consideraron para determinar la estabilidad sensorial de las gomitas ya que los proporciona el analizador de textura que se utilizó en este trabajo.

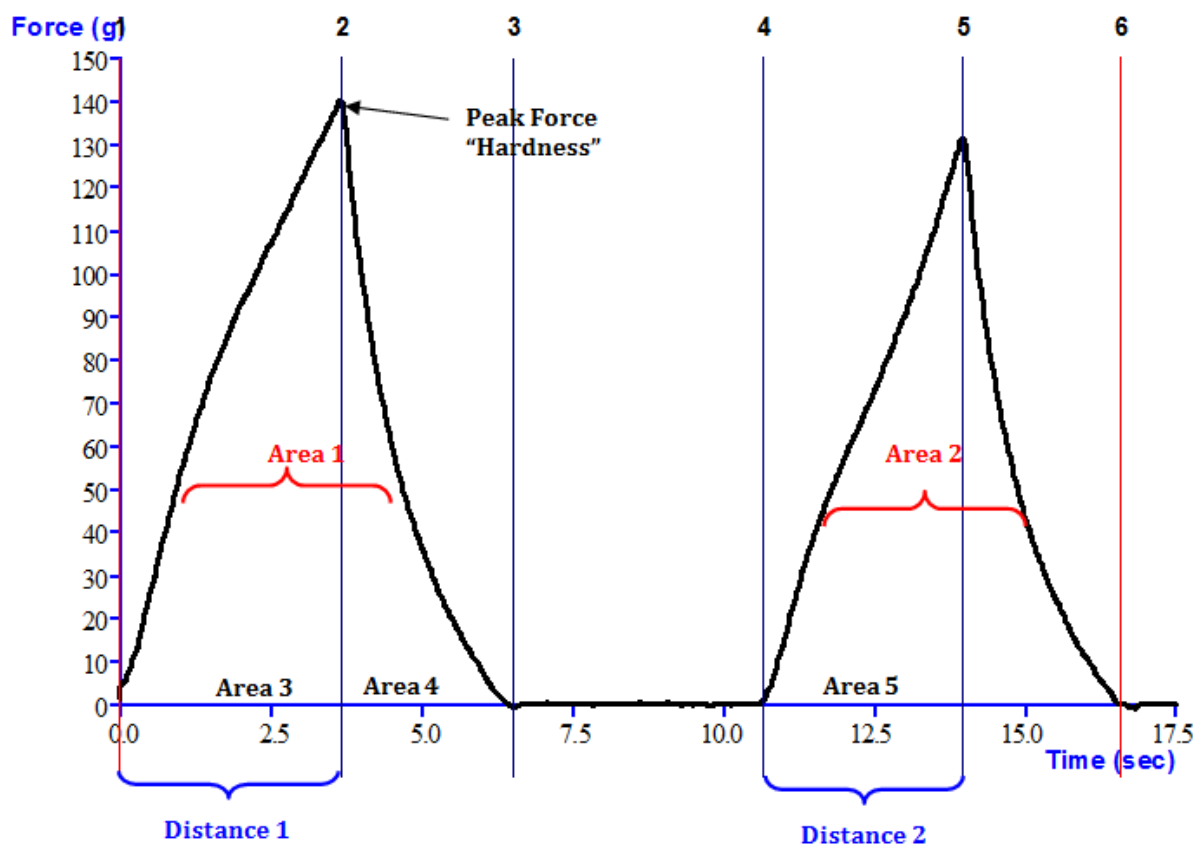


**Figura 1.4 Clasificación de atributos mecánicos en los alimentos (Nadia Bricaire, 2017).**

### 1.7.1 Clasificación de métodos de evaluación de textura

Los métodos para la evaluación de la textura son: objetivos que se llevan a cabo por medio de instrumentos y subjetivos que dependerán del tipo de jueces. Los métodos objetivos se dividen en directos los cuales miden las propiedades texturales de los materiales e indirectos que miden propiedades físicas que se correlacionan con una o más propiedades texturales (López, 2014). A su vez, los métodos directos se dividen en fundamentales, empíricos e imitativos (Sandoval, 2005 citado por López, 2014).

La función de un analizador de textura es imitar la evaluación sensorial de la textura de los alimentos. El estudio a detalle de la textura de los geles, lo proporciona el análisis de la curva fuerza/deformación obtenida en el analizador de textura con la técnica instrumental Análisis de Perfiles de Textura. En la **Figura 1.5** se muestra un perfil de textura general para un gel.



**Figura 1.5 Perfil de textura general para un gel**  
(Fuente: <http://texturetechnologies.com/resources/texture-profile-analysis>.  
Fecha de consulta: 5 de octubre de 2017)

En la **Figura 1.5** se observan dos picos característicos de la primera y de la segunda compresión, que el texturómetro ejerce sobre un gel alimenticio.

De éstos se obtienen atributos de textura primarios y secundarios (dureza, adhesividad, elasticidad, cohesividad, gomosidad, masticabilidad y resiliencia) que se definen en el **Cuadro 1.4** (Rosenthal, 2001; Larmont, 1976 citado por López, 2014; Flores, 2017).

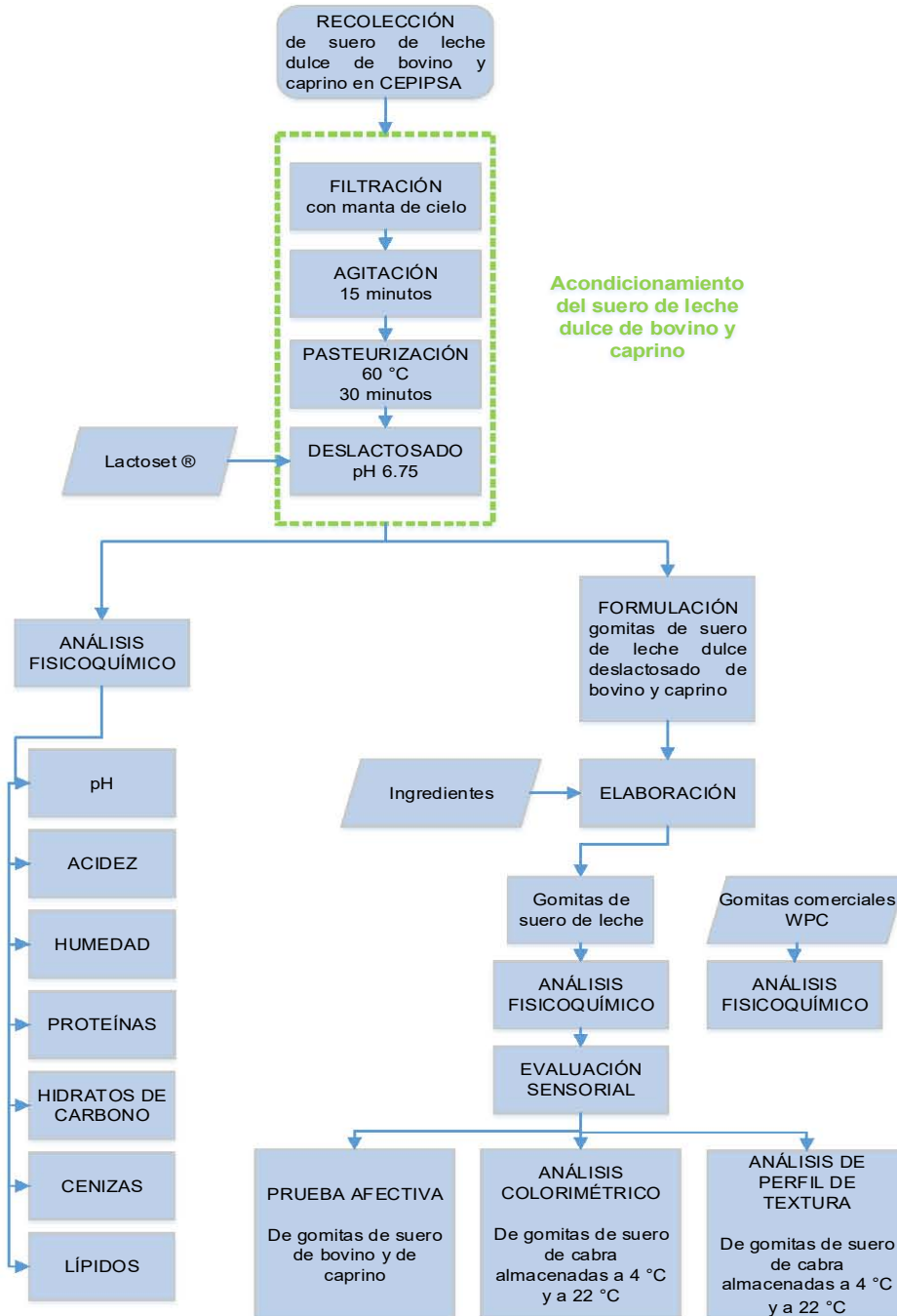
### Cuadro 1.4 Definición de atributos de textura de los alimentos

(López, 2014; Rosenthal, 2001).

| Atributo de textura | Definición   |
|---------------------|--|
| <b>Dureza</b>       | Fuerza máxima que ocurre durante la primera compresión en la curva fuerza/deformación. Unidades: $\text{kg.ms}^{-2}$   |
| <b>Adhesividad</b>  | El área negativa del primer pico se toma como una medida de la adhesividad de la muestra, al eliminar la fuerza de la muestra en el primer ciclo de compresión. Unidades: $\text{kg.m}^2\text{s}^{-2}$   |
| <b>Elasticidad</b>  | Se expresa como un porcentaje de la altura original de un producto y se mide por la distancia de la altura detectada durante la segunda compresión dividida por la distancia de compresión original. Elasticidad = $\frac{D2}{D1}$ (adimensional).   |
| <b>Cohesividad</b>  | Es qué tanto puede deformarse el material sin romperse. Se mide tomando el trabajo total dado en la muestra durante el segundo ciclo y dividiéndolo por el trabajo dado durante el primer ciclo. El trabajo se mide como el área por debajo de las respectivas curvas. Cohesividad = $\frac{A2}{A1}$ (adimensional). |
| <b>Gomosidad</b>    | Energía requerida para desintegrar un alimento semisólido a un estado listo para deglutirlo.   |

|                       |   |
|-----------------------|---|
|                       | Gomosidad = Dureza x Cohesividad. Unidades:<br>$\text{kg} \cdot \text{ms}^{-2}$   |
| <b>Masticabilidad</b> | Trabajo necesario para desintegrar un alimento hasta que esté listo para ser deglutido<br>Masticabilidad = Gomosidad x Elasticidad.<br>Unidades: kg   |
| <b>Resiliencia</b>    | Resiliencia es una medida de qué tanto lucha un producto para recuperar su forma y tamaño originales. Este término tiene algunas similitudes con elasticidad. Se calcula dividiendo la energía ascendente de la primera compresión por la energía descendente de la primera compresión.<br>$\text{Resiliencia} = \frac{\text{Área 4}}{\text{Área 3}}$ |

## CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA



Nota: El análisis fisicoquímico realizado a sueros de leche, gomitas de sueros de leche, gomitas comerciales y WPC incluye determinaciones de pH, acidez, humedad, proteínas, hidratos de carbono, cenizas y lípidos.

**Figura 2.1 Diagrama general de trabajo**



## **2.1 Recolección de suero de leche dulce de bovino y caprino**

Se recolectó el suero de leche dulce de bovino y caprino a 4 °C en garrafones de 20 litros de capacidad de polietileno de alta densidad, proveniente de la elaboración de queso panela en el Centro de Enseñanza Práctica e Investigación en Producción y Salud Animal de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM, ubicado en Avenida Cruz Blanca N°486, en San Miguel Topilejo, Delegación Tlalpan, Ciudad de México. Posteriormente se trasladó al Laboratorio de Toxicología del Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM cuya temperatura de recepción fue 7 °C.

## **2.2 Acondicionamiento del suero de leche dulce de bovino y caprino**

Se filtraron los dos tipos de suero de leche dulce (bovino y de caprino) por separado con manta de cielo para eliminar los residuos de queso panela presentes. Se realizó la agitación de cada uno de los sueros de leche dulce durante 15 minutos, con la finalidad de obtener una sola fase. Cada suero de leche, se pasteurizó a temperatura de 60 °C durante 30 minutos seguido del choque térmico a temperatura de 4 °C durante 15 minutos. Posteriormente se deslactosaron los sueros de leche mediante método enzimático en el que se utilizó Lactoset ® (preparación de lactasa en forma líquida proveniente de cepa de levadura *Kluyveromyces lactis*) a pH 6.75 según las recomendaciones del boletín técnico (Ver anexo I). Fue necesario conocer el contenido de lactosa presente en cada tipo de suero de leche y así, determinar la cantidad de enzima necesaria para deslactosarlo (Ver anexo II).

### 2.3 Análisis fisicoquímico

En el **Cuadro 2.1** se mencionan los métodos utilizados en el análisis fisicoquímico de ambos sueros de leche dulce, de gomitas a partir de dichos sueros y de gomitas comerciales. Cada determinación se realizó por triplicado y se llevó a cabo el análisis de varianza correspondiente.

**Cuadro 2.1 Métodos utilizados en el análisis fisicoquímico de suero de leche dulce y gomitas.**

| Determinación                | Método  |
|------------------------------|---|
| pH                           | Potenciométrico. 945.10 (AOAC, 2016)  |
| Acidez                       | Acidez de la leche. 947.05 (AOAC, 2016)                                       |
| Humedad                      | Sólidos totales en leche. 925.23 (AOAC, 2012)                                 |
| Carbohidratos reductores     | Ácido di-nitro salicílico (DNS)<br>(Nielsen, S., 2003).                       |
| Proteína                     | Nitrógeno total en leche. 991.20 (AOAC, 2012)                                 |
| Cenizas totales              | Cenizas en leche. 945.46 (AOAC, 2012)   |
| Minerales:<br>Sodio y Calcio | Espectrofotométrico de absorción atómica.<br>967.03 (AOAC, 2016).             |
| Lípidos                      | Contenido graso de leche entera cruda y<br>pasteurizada. 2000.18 (AOAC, 2012) |

Se determinó el contenido de calcio y sodio por el método espectrofotométrico de absorción atómica, sólo en las gomitas de suero de leche debido a que se utilizó 59% de suero en la elaboración de las gomitas. Se interpolaron los valores de absorbancia obtenidos en una curva estándar preparada con los elementos. Para ello se realizaron las curvas de calibración de calcio y sodio a partir de estándares de estos elementos.

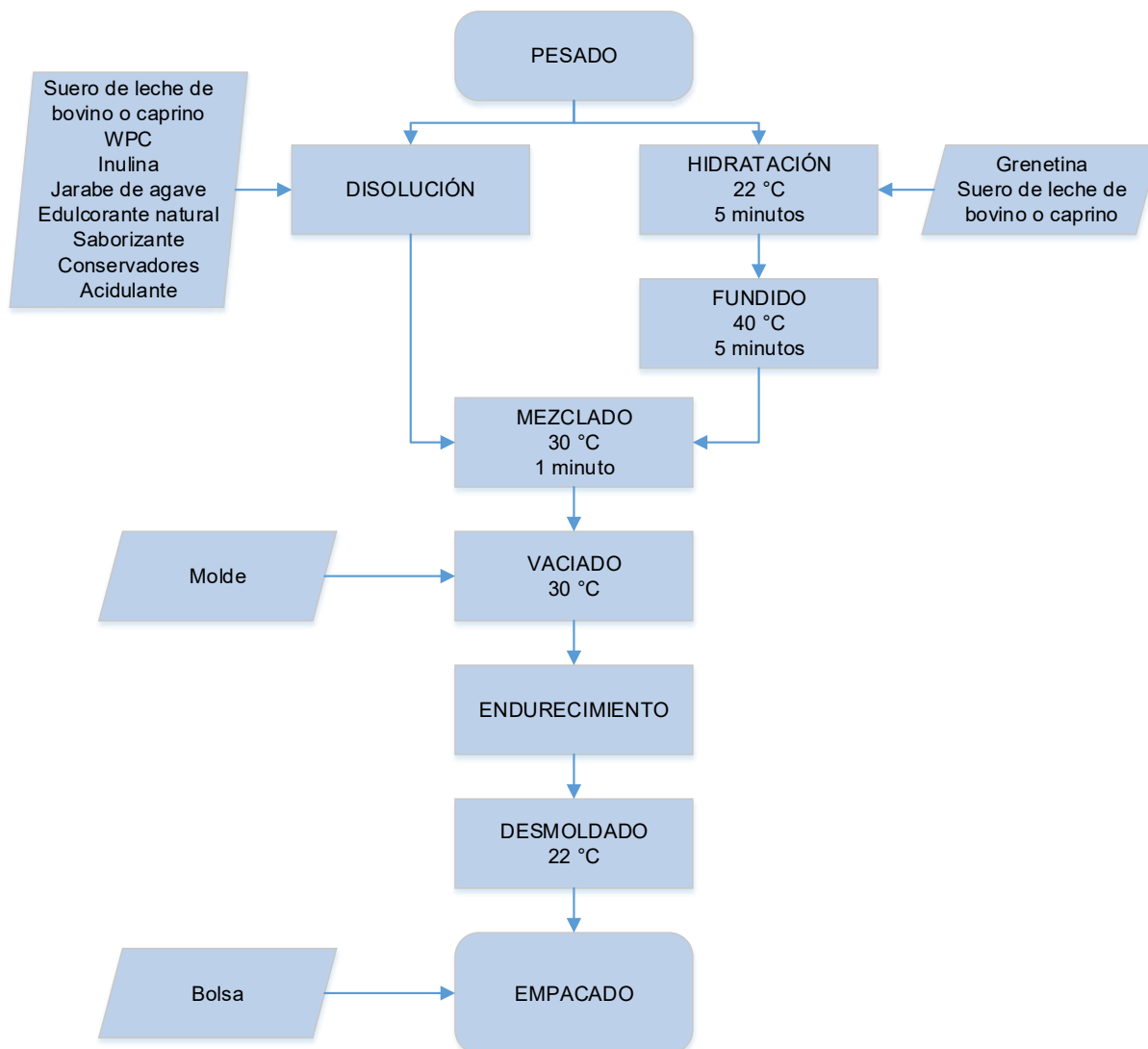
## 2.4 Formulación de gomitas a base de suero de leche dulce deslactosado de bovino y caprino

En el **Cuadro 2.2** se presenta la cantidad de cada ingrediente utilizado para la elaboración de 100 g de formulación de gomitas elaboradas a partir de suero de leche dulce deslactosado de bovino y caprino.

**Cuadro 2.2 Formulación de gomitas de suero de leche dulce deslactosado de bovino y caprino**

| Ingredientes  | g por cada 100 g de formulación | Contenido energético (kcal) por cada 100 g de gomitas |                      |
|---|---------------------------------|---|----------------------|
|   |                                 | Con suero de bovino                                   | Con suero de caprino |
| Suero de leche dulce deslactosado de bovino o caprino | 59 mL                           | 22  | 18                   |
| Concentrado de proteína de suero de leche             | 10                              | 36  | 36                   |
| Inulina   | 10                              | 40  | 40                   |
| Grenetina   | 8                               | 32  | 32                   |
| Jarabe de agave                                       | 10                              | 31  | 31                   |
| Edulcorante natural                                   | 0.8                             | 0   | 0                    |
| Saborizante   | 1.2                             | 0   | 0                    |
| Conservador A   | 0.05                            | 0   | 0                    |
| Conservador B   | 0.05                            | 0   | 0                    |
| Acidulante  | 0.9                             | 0   | 0                    |
| <b>Contenido energético total kcal/100 g</b>          |                                 | 161   | 157                  |

## 2.5 Elaboración de gomitas



**Figura 2.2 Diagrama de elaboración de gomitas a partir de suero de leche dulce deslactosado de bovino y caprino.**

En la **Figura 2.2** se presenta de manera condensada la metodología utilizada en la elaboración de gomitas a partir de suero de leche dulce deslactosado de bovino y caprino.

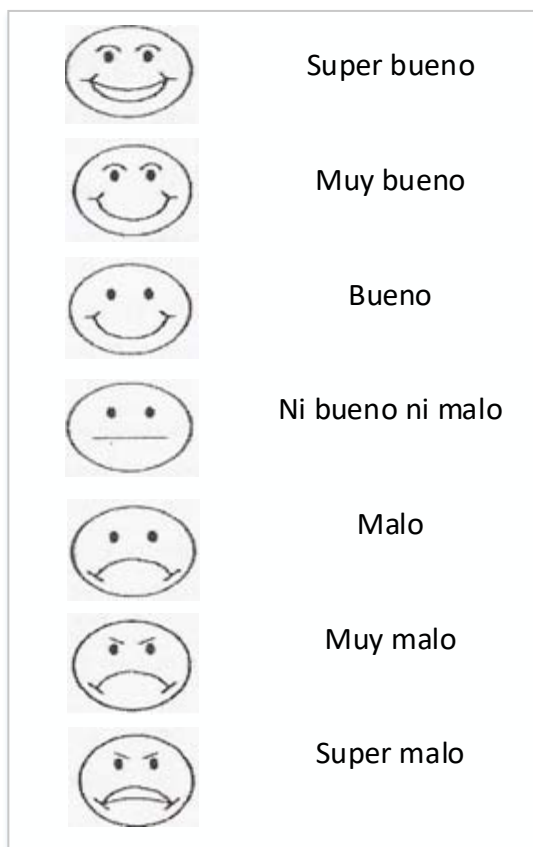
## **2.6 Evaluación sensorial**

### **2.6.1 Pruebas afectivas. Prueba de aceptación, nivel de agrado y preferencia**

El objetivo principal de la prueba de aceptación fue para conocer si eran aceptables o rechazables para su consumo las gomitas de suero de leche. En esta prueba los consumidores utilizaron su propio criterio y gusto personal para juzgar a las gomitas de suero de leche dulce deslactosado de bovino y caprino. La prueba de nivel de agrado permitió identificar que tanto gustaba o no gustaba el color, aroma, sabor y consistencia de los dos tipos de gomitas. Con el análisis estadístico t de student se determinó si existían diferencias estadísticamente significativas entre las gomitas elaboradas con suero de leche de bovino y de caprino. También se realizó la prueba de preferencia para determinar cuál de las gomitas preferían los consumidores.

Las evaluaciones se llevaron a cabo en los salones de la Parroquia de San Juan Bautista ubicada en Federico Gamboa 7, colonia San Juan Tlihuaca, 02400 Azcapotzalco, Ciudad de México, cuya población elegida corresponde a los consumidores de gomitas en etapa escolar, los cuales fueron niñas y niños de 6 a 11 años de edad que no se les dio entrenamiento alguno para realizar dicha prueba y que la realizaron en presencia de sus padres. Se trabajó con una población de 60 jueces afectivos, 30 niños y 30 niñas.

Para la evaluación se utilizó un cuestionario (Ver anexo III) que incluyó una escala hedónica de 7 caritas para niños menores de 11 años, en el cual se pedía a cada consumidor que marcara la carita que mejor expresara el nivel de agrado de la gomita y de sus atributos sensoriales (color, aroma, sabor, consistencia o textura).



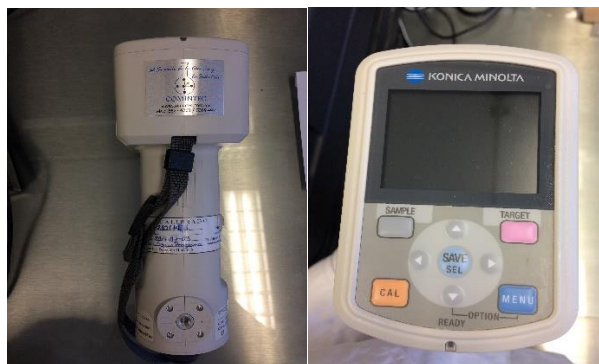
**Figura 2.3 Escala hedónica de 7 caritas, incluida en la evaluación con consumidores.**

Se asignó un valor del 1 al 7 a cada carita (siendo 1 la calificación más baja y 7 la calificación más alta que se le dio a las gomitas en general y a sus atributos) para realizar el análisis estadístico t de student.

### **2.6.2 Análisis colorimétrico**

En esta etapa se calibró el espectrofotómetro Konica Minolta CM-600d (Figura 2.3) con un patrón blanco, después se colocó el equipo sobre gomitas de suero de leche dulce deslactosado de caprino (no se realizó el análisis colorimétrico en gomitas de suero de leche dulce deslactosado de bovino) en forma de cubos de 2.5 cm x 2.5 cm de área, de manera que la base del equipo tuviera contacto con la superficie de la

gomita, posteriormente se realizó un disparo para obtener los valores L, a y b de cada gomita. Esta determinación se realizó cada semana durante un mes. Se llevó a cabo por triplicado para cada gomita que se almacenó a 22 °C y a 4 °C.



**Figura 2.4 Espectrofotómetro Konica Minolta CM-600d.**  
(Fotografía tomada por Nadia Bricaire)

Finalmente, se obtuvo la diferencia total de color ( $\Delta E$ ) de las gomitas almacenadas a 22 °C y a 4 °C durante 4 semanas. Se calculó dicho parámetro utilizando la siguiente fórmula.

$$\Delta E = \sqrt{(L_{22\text{ °C}} - L_{4\text{ °C}})^2 + (a_{22\text{ °C}} - a_{4\text{ °C}})^2 + (b_{22\text{ °C}} - b_{4\text{ °C}})^2}$$

Donde:

$L_{22\text{ °C}}$  = promedio de las determinaciones del parámetro **L** realizadas por triplicado en gomitas almacenadas a 22 °C.

$L_{4\text{ °C}}$  = promedio de las determinaciones del parámetro **L** realizadas por triplicado en gomitas almacenadas a 4 °C.

$a_{22\text{ °C}}$  = promedio de las determinaciones del parámetro **a** realizadas por triplicado en gomitas almacenadas a 22 °C.

$a_{4\text{ °C}}$  = promedio de las determinaciones del parámetro **a** realizadas por triplicado en gomitas almacenadas a 4 °C.

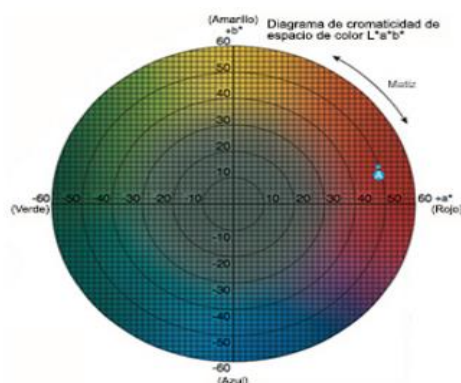
$b_{22\text{ °C}}$  = promedio de las determinaciones del parámetro **b** realizadas por triplicado en gomitas almacenadas a 22 °C.

$b_{4\text{ °C}}$  = promedio de las determinaciones del parámetro **b** realizadas por triplicado en gomitas almacenadas a 4 °C.

$\Delta L$  = diferencia en luz y oscuridad. + = más luminoso y - = **más oscuro**.

$\Delta a$  = diferencia en rojo y verde. + = **más rojo** y - = **más verde**.

$\Delta b$  = diferencia en amarillo y azul. + = **más amarillo** y - = **más azul**.



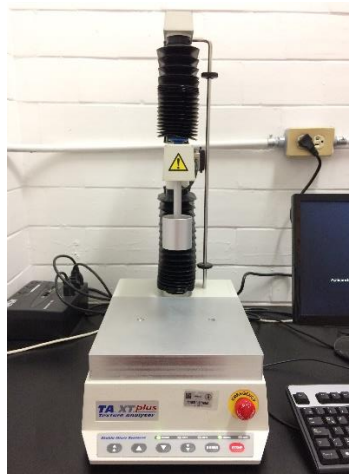
**Figura 2.5 Diagrama de cromaticidad de espacio de color L\*a\*b**

Fuente: <http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/>



### 2.6.3 Análisis de perfil de textura

Se utilizó el Analizador de Textura TA-XT Plus (Figura 2.6) para evaluar la textura de gomitas a base de suero de leche dulce deslactosado de caprino en forma de cubos de 2.5 cm x 2.5 cm. El procedimiento implica la compresión de la gomita dos veces sucesivas. Se trabajó con una sonda de aluminio con diámetro de 50 mm, a una velocidad de 1mm/s y 35% de compresión a temperatura ambiente. La determinación se realizó semanalmente durante 1 mes y por triplicado para cada condición de almacenamiento de gomitas (22 °C y 4 °C).



**Figura 2.6 Analizador de textura TA-XT Plus**  
(Fotografía tomada por Nadia Bricaire)

---

## CAPÍTULO 3. RESULTADOS

### 3.1 Recolección de suero de leche dulce.

Se obtuvo suero de leche dulce de bovino y de caprino de la elaboración de queso panela. La acidez del suero dulce de bovino fue 0.12% y la de suero dulce de caprino fue 0.26%. Los atributos sensoriales (color, aroma y sabor) en ambos tipos de suero de leche fueron característicos de suero de leche fresco.

### 3.2 Acondicionamiento del suero de leche (filtración, agitación, pasteurización, deslactosado).

La filtración de los sueros de leche con manta de cielo, permitió la retención de los residuos de queso panela. Tras la agitación, se obtuvo una fase homogénea en el suero de leche dulce de bovino y de caprino, evitando la formación de una línea de crema en los sueros de leche por un breve periodo de tiempo.

Posteriormente la pasteurización baja (60 °C / 30 minutos) y el choque térmico (4 °C / 15 minutos), garantizaron la inocuidad del suero de leche debido a la destrucción de microorganismos patógenos y la inactivación de algunas enzimas, posiblemente presentes en el suero de leche (NOM-155-SCFI-2012).

El porcentaje inicial de carbohidratos reductores en los sueros de bovino y de caprino fue 3.97% y 3.64% respectivamente. Tras deslactosarlos mediante el método enzimático con Lactoset ®, el porcentaje de carbohidratos reductores aumentó a 5.15% en el suero de leche dulce de bovino y 4.41% en el suero de leche de caprino. La molécula de lactosa tiene un extremo reductor que proviene la molécula de glucosa, al hidrolizar la lactosa queda expuesto el extremo reductor de la molécula de galactosa que formaba parte del enlace  $\beta(1,4)$  en la lactosa.

Al quedar libres dos extremos reductores en lugar de uno, se obtiene una mayor cantidad de carbohidratos reductores en los sueros dulces.

### 3.3 Análisis fisicoquímico del suero de leche dulce de bovino y de caprino.

En el **Cuadro 3.1** se presentan valores teóricos y experimentales de la composición fisicoquímica de suero de leche dulce (PROY-NMX-F-721-COFOCALEC-2012).

**Cuadro 3.1 Composición fisicoquímica (g/100 g) de suero de leche dulce teórico y suero de leche de bovino y caprino experimentales (Singh *et al.*, 2015).**

| Parámetro       | Valores teóricos de suero de leche dulce             | Valores experimentales de suero de leche dulce de bovino | Valores experimentales de suero de leche dulce de caprino |
|-----------------|--|--|---|
|                 | (Fuente: PROY-NMX-F-721-COFOCALEC-2012; Parra, 2009) |  |   |
| pH              | 6.4 – 6.7  | 6.69 <sup>b</sup> ± 0.02                                 | 6.15 <sup>a</sup> ± 0.01                                  |
| Acidez          | 0.07 – 0.12  | 0.12 <sup>a</sup> ± 0.01                                 | 0.26 <sup>b</sup> ± 0.01                                  |
| Sólidos totales | 6.3 – 7.0  | 8.06 <sup>b</sup> ± 0.05                                 | 7.59 <sup>a</sup> ± 0.25                                  |
| Lactosa         | 4.6 – 5.2  | 5.15 <sup>b</sup> ± 0.11                                 | 4.41 <sup>a</sup> ± 0.06                                  |
| Proteínas       | 0.6 – 1.0  | 0.95 <sup>a</sup> ± 0.01                                 | 1.03 <sup>b</sup> ± 0.02                                  |
| Lípidos         | 0.10   | 1.37 <sup>b</sup> ± 0.06                                 | 0.93 <sup>a</sup> ± 0.06                                  |
| Cenizas         | 0.53   | 0.59 ± 0.01  | 0.55 ± 0.01   |

Nota: los valores presentados corresponden a las medias de las determinaciones por triplicado ± su desviación estándar considerando un coeficiente de variación <10%. Los valores (por renglón) con distintas literales tienen diferencias estadísticamente significativas. Los valores que no tienen literales, no presentan diferencias estadísticamente significativas. Las determinaciones se determinaron en base húmeda.

La leche de la cual proviene el suero de leche dulce de bovino y de caprino fue bronca y no fue normalizada, motivo por el cual pueden presentarse diferencias en la composición de los sueros de leche dulces y la composición encontrada en PROY-NMX-F-721-COFOCALEC-2012. El pH del suero de leche dulce de bovino se encuentra dentro del intervalo de pH reportado por la literatura, mientras que el pH del suero de leche dulce de caprino es más ácido que el pH reportado en la literatura, esto puede deberse al procesamiento empleado en la elaboración de los quesos frescos de cabra y también a la capacidad que tienen las bacterias ácido lácticas de fermentar la lactosa con la consecuente producción de ácido láctico lo que da como resultado un mayor porcentaje de acidez.

El contenido de sólidos totales de los dos tipos de suero de leche dulce, es superior al reportado en (Parra, 2009), lo que indica un mayor valor nutricional de dichos sueros de leche. El contenido de lactosa en el suero de leche dulce de caprino está por debajo del valor reportado en (Parra, 2009), lo que pudo ser resultado de la falta de normalización del suero de leche. El contenido de proteínas y cenizas del suero de leche dulce de bovino y de caprino se encuentran dentro de los valores reportados en (Parra, 2009; PROY-NMX-F-721-COFOCALEC-2012) mientras que el contenido de lípidos se encuentra por arriba del valor que se reporta.

**Cuadro 3.2 Composición fisicoquímica (g/100 g) de concentrado de proteína de suero de leche.**

| Parámetro                | Concentrado de proteína de suero de leche |
|--------------------------|---|
| pH                       | 6.86 ± 0.01                               |
| Sólidos totales          | 94.82 ± 0.15                              |
| Carbohidratos reductores | 9.08 ± 0.23                               |
| Proteínas                | 80.42 ± 5.25                              |
| Lípidos                  | ND  |
| Minerales                | 2.66 ± 0.29                               |

Nota: Los valores presentados corresponden a las medias de las determinaciones por triplicado ± su desviación estándar considerando un coeficiente de variación <10%. La abreviatura ND significa no determinado.

En el **Cuadro 3.2** se presentan los valores experimentales del WPC que se utilizó en la elaboración de gomitas a base de suero de leche. De acuerdo con las especificaciones fisicoquímicas de concentrados de proteína de suero del PROY-NMX-F-721-COFOCALEC-2011, para que se considere concentrado de proteína de suero de leche, debe contener mínimo 34% de proteína y máximo 80%. Al contener 80.42% de proteína, el WPC utilizado cumple con los valores permitidos para considerarse concentrado.

El porcentaje de humedad obtenido fue de 5.18% bajo condiciones de almacenamiento no controladas. El pH obtenido experimentalmente de 6.86 se encuentra dentro del intervalo permitido por el proyecto de norma que es pH entre 6 y 7.

### **3.4 Formulación de gomitas de suero de leche dulce deslactosado de bovino y de caprino.**

Se utilizó 10% de WPC al 80% en la elaboración de gomitas de suero de leche dulce deslactosado de bovino y de caprino considerando los requerimientos diarios de proteínas de niños entre 5 y 12 años de edad, cuya ingesta recomendada por FAO es de 1.35 g/kg/día.

Se sabe que las proteínas del suero de leche son usadas en una variedad de alimentos gracias a sus propiedades gelificantes y emulsificantes, siendo  $\beta$ -lactoglobulina el principal agente emulsificante (Akhtar y Dickinson, 2007; Spahn et al., 2008 citados en Parra, 2009). Los WPC contienen hasta un 80% de proteína y son formulados para aplicaciones como emulsificantes, gelificantes y formadores de espuma (Foegeding y Luck, 2002 citado por Parra, 2009).

En su estudio Huffman, 1996; Tang, McCarthy, & Munro, 1995 citados por Yamul *et al.*, 2013 encontró que la concentración de proteína juega un papel importante en la formación del gel. A bajas concentraciones < 7% p/p el gel no se formó y a concentraciones superiores a 20% p/p fue difícil obtener una dispersión homogénea adecuada para la formación del gel. En este trabajo se supuso que 10% p/p de WPC además de cumplir los requerimientos de proteínas de niños, iba a contribuir en la gelificación de las gomitas, sin embargo se encontró que no fue así y que la gretina fue la proteína que influyó en la gelificación de las gomitas.

Aunque las proteínas del suero de leche son consideradas agentes gelificantes, se demostró que en la matriz de las gomitas no contribuyeron a la gelificación de las mismas debido a la falta de interacción con gretina ya que supone que a pH 4.8 la gretina tiene carga positiva al igual que las proteínas del suero.

A baja concentración de grenetina, tres regiones de la hélice pueden derivarse de una cadena para dar una estructura de tipo colágeno intramolecular que no contribuye a la red de gel, y a mayores concentraciones de grenetina, las tres regiones de la hélice pueden provenir de dos o tres cadenas diferentes, de manera que pueden formarse zonas de unión útiles que inducen la gelificación (Djabourov *et al.*, 1993 citado por Pang *et al.*, 2014). Una baja concentración de grenetina y un pH ácido dificulta la formación del gel como menciona (Pang, Deeth, Sopade, Sharma y Bansal 2014 citados por). Morales *et al.*, 2016 encontró que a pH ácido se protonan los aminoácidos de grenetina lo que impide la formación de los puentes de hidrógeno tal es el caso de una solución de grenetina de 1 a 2.5% a pH 3 la cual no gelificó durante el enfriamiento.

Las caseínas y las proteínas del suero de leche forman parte de las proteínas de la leche sin embargo muestran diferentes comportamientos cuando están en presencia de grenetina. La interacción que tiene la grenetina con algunas proteínas de la leche, hace posible la formación de geles fuertes y firmes, pero se necesitan altas concentraciones de grenetina, mientras que la adición de proteínas de suero, tiene diferentes efectos sobre la reología y la textura de los geles de grenetina (Pang *et al.*, 2014).

Pang *et al.*, 2014 demostró que la adición de algunas proteínas de leche (concentrado de proteína de leche y leche descremada en polvo) en geles de grenetina, aumentó significativamente la firmeza del gel a una concentración de grenetina del 5% (máxima concentración trabajada en el estudio) mientras que a la concentración de grenetina del 2.5%, los valores de los geles mixtos no fueron significativamente diferentes de los geles de grenetina pura.

Con lo que se propone una dependencia de la concentración de grenetina en el efecto de proteínas de leche en geles de grenetina, ya que a mayores concentraciones de grenetina se obtuvo un efecto sinérgico en la textura de los geles de grenetina - proteína de leche (concentrado de proteína de leche y leche descremada en polvo).

En la investigación de Morales *et al.*, 2016 se determinó que a pH 3.5 en concentraciones en las que caseino macropéptido y grenetina no gelificaron por sí solos, los sistemas mixtos sí gelificaron, sugiriendo que existe un efecto sinérgico entre estas proteínas. Atribuyendo la formación de complejos de grenetina – caseino macropéptido a enlaces hidrófobos. Estas interacciones se reforzarían a pH 3.5, por interacciones electrostáticas entre aminoácidos cargados negativamente o ácido siálico en caseino macropéptido y grenetina cargada positivamente como se propuso en un trabajo previo (Martínez *et al.*, 2013 citado por Morales *et al.*, 2016). Al adicionar aislado de proteína de suero de leche a geles de grenetina, se evidenció un efecto similar al que presentaron geles de grenetina pura. Es decir, cualquier forma de proteína que provenga del suero de leche (WPC, WPI, WPH) no contribuye en la formación de geles de grenetina.

Es por ello que en este trabajo, para la gelificación de gomitas de grenetina – WPC bajo un pH ácido de 4.82, se utilizó una alta concentración de grenetina (8% p/p) con la cual se formaron las gomitas y mantuvieron su forma durante el tiempo de almacenamiento a 4 °C y a 22 °C.

Las diferencias causadas por la adición de diferentes proteínas de la leche en un gel de grenetina pueden verse influenciadas por su composición. Las caseínas tienen grupos fosfato en la superficie de su molécula, que puede interactuar con grenetina cargada positivamente a pH 4.8, mientras que las proteínas del suero de leche tienen enlaces disulfuro provenientes de moléculas de cisteína la cual no interaccionan con



la gretina debido a que su  $pI$  es 5.27 y al  $pH$  de 4.8 tiene carga positiva lo que impide la interacción con gretina (Pang *et al.*, 2014).

En la elaboración de gomitas, se sustituyó el uso tradicional de sacarosa por el de edulcorante A, con la finalidad de proporcionar misma intensidad de dulzor y menor aporte energético. Sin embargo, Yamul *et al.*, 2013 encontró que la sacarosa tuvo resultados favorables en las propiedades de los geles. La sacarosa modificó la estructura de geles de WPC principalmente a  $pH$  4, haciendo la estructura del gel más homogénea con poros más pequeños conforme el contenido de sacarosa aumentó (20% p/p).

Además, la sacarosa aumentó el comportamiento sólido de los geles, su capacidad de retención de agua debido a que tiene posibilidad de formar puentes de hidrógeno con moléculas de agua y, por tanto, aumenta la viscosidad de la solución atrapada en los poros de los geles (Pomeranz, 1978 citado por Yamul *et al.*, 2013).

La sacarosa aumentó la dureza, cohesividad y adhesividad, sin embargo disminuyó ligeramente la elasticidad de los geles. Baier & McClements, 2001; Kim, Decker, & McClements, 2003; Kulmyrzaev, Bryant *et al.*, 2000; Kulmyrzaev, Cancelliere, & McClements, 2000 citados por Yamul *et al.*, 2013 menciona que la sacarosa aumentó la atracción entre las moléculas de la proteína de suero a través de interacciones hidrofóbicas.

Los geles en donde no se utilizó sacarosa, presentaron una estructura con poros grandes y diferentes características de textura. En las gomitas de suero de leche la baja concentración de glucosa proveniente del edulcorante natural, glucosa y galactosa proveniente de la hidrólisis de lactosa y fructosa del jarabe de agave proporcionó características de textura menos favorables que las que utilizaron sacarosa sin embargo fueron aceptables.

La cantidad de acidulante añadido, cumplió el requerimiento sensorial de enmascarar ligeramente el resabio que imparten los sueros de leche. El suero de leche de cabra, imparte un sabor característico que puede ser poco atractivo para los consumidores, debido a un mayor contenido de ácidos cáprico, caprónico y caprílico (ácidos grasos de cadena corta) que tiene la leche de cabra en comparación con la leche de vaca u oveja y por ende, el suero de leche (CANILEC, 2011). El pH de las gomitas permaneció dentro del intervalo de pH 3.5 a 5.5 en el que hay mayor efectividad de conservadores A y B (combaten hongos, bacterias y levaduras).

### **3.5 Análisis fisicoquímico de gomitas de suero de leche dulce deslactosado de bovino, caprino y de gomitas comerciales.**

En el **Cuadro 3.3** se muestra la composición fisicoquímica de gomitas de suero de leche dulce deslactosado de bovino, caprino y de gomitas comerciales de agua, cuyo principal objetivo es comparar la cantidad de proteínas y de carbohidratos que contiene un producto que existe actualmente en el mercado y la propuesta de gomitas de suero de leche.

**Cuadro 3.3 Composición fisicoquímica (g/100 g) de gomitas de suero de leche dulce de bovino, caprino y gomitas comerciales.**

| Parámetro   | Gomitas comerciales | Gomitas de suero de<br>leche dulce de bovino | Gomitas de suero de<br>leche dulce de caprino |
|---|---------------------|--|---|
| pH  | 3.83 ± 0.01         | 4.93 <sup>b</sup> ± 0.01                     | 4.82 <sup>a</sup> ± 0.02                      |
| Sólidos totales                                       | 84.8 ± 0.17         | 42.18 <sup>a</sup> ± 0.27                    | 45.02 <sup>b</sup> ± 0.21                     |
| Carbohidratos totales                                 | 92.43               | 63.11 <sup>a</sup> ± 0.68                    | 66.36 <sup>b</sup> ± 0.42                     |
| Carbohidratos reductores                              | 35.67 ± 1.08        | 35.86 ± 0.34                                 | 35.15 ± 0.49                                  |
| Proteínas   | 7.57 ± 0.72         | 36.89 <sup>b</sup> ± 0.67                    | 33.64 <sup>a</sup> ± 0.37                     |
| Lípidos   | ND                  | ND   | ND  |
| Cenizas (mg/100 g)                                    | 0.34 ± 0.17         | 0.42 <sup>a</sup> ± 0.22                     | 0.51 <sup>b</sup> ± 0.04                      |
| Sodio   | ND                  | 0.23 ± 0.04                                  | 0.35 ± 0.14                                   |
| Calcio  | ND                  | 0.09 ± 0.05                                  | 0.05 ± 0.05                                   |
| Contenido energético total<br>(kcal)/100 g de gomitas | 339                 | 169  | 180   |

Nota: Los valores presentados corresponden a las medias de las determinaciones por triplicado ± su desviación estándar considerando un coeficiente de variación <10%. Fueron determinados en base seca. El porcentaje de carbohidratos totales se calculó por diferencia de proteína y cenizas. La abreviatura ND significa no determinado. Los valores de gomitas de suero de leche (por renglón) con distintas literales tienen diferencias estadísticamente significativas. Los valores que no tienen literales, no presentan diferencias estadísticamente significativas ( $p \leq 0.05$ ).

En el **Cuadro 3.3** se muestra un mayor contenido de sólidos totales en las gomitas comerciales que en las gomitas de suero de leche, ya que en la formulación y elaboración de las gomitas de suero se buscó sustituir la mayor cantidad de agua por suero de leche, sin que se vieran afectadas las características de textura de las gomitas de suero de leche. También se muestra un mayor contenido de proteínas en las gomitas de suero de leche dulce de bovino y de caprino, que en las gomitas comerciales.

El contenido de proteína es aproximadamente 4 veces mayor en las gomitas elaboradas a partir de los sueros de leche que en las gomitas comerciales. Esto se debe principalmente a la adición de concentrado de proteína de suero de leche (10% p/p) y a la cantidad de grenetina (8% p/p) empleada en la elaboración de las gomitas, sin embargo se sabe que las proteínas provenientes del concentrado de proteína de suero de leche, se identifican como proteínas de buena calidad. Tal es el caso de las seroproteínas, que son consideradas proteínas de alto valor biológico ya que cuentan con un amplio perfil de aminoácidos que incluye aminoácidos azufrados como cisteína y metionina, aminoácidos de cadena ramificada, lisina y triptófano (CANILEC, 2011). Mientras tanto, la única proteína cuantificada en las gomitas comerciales es grenetina. Propiamente no es utilizada como fuente de proteína, sino que actúa como agente gelificante, es considerada proteína de mala calidad al ser deficiente en aminoácidos indispensables ya que no posee triptófano y tiene bajas cantidades de histidina y metionina (GMIA, 2012).

El contenido de carbohidratos totales calculado por diferencia es mayor en las gomitas comerciales debido a que en su elaboración se utilizó 37% (p/p) de carbohidratos principalmente sacarosa, mientras que en la elaboración de gomitas de suero de leche se sustituyó el uso de sacarosa por el de edulcorante. El contenido de carbohidratos reductores es muy similar en las gomitas comerciales y en las gomitas de suero de leche. En las gomitas comerciales el carbohidrato reductor es glucosa utilizada en la elaboración de las gomitas, mientras que en las gomitas de suero de leche los carbohidratos reductores son: lactosa proveniente del WPC y glucosa proveniente la hidrólisis de lactosa en los sueros de leche. Existe un mayor contenido energético en las gomitas comerciales (339 kcal/ 100 g de gomitas) en comparación con el contenido energético de las gomitas a base de suero de leche dulce deslactosado de bovino (169kcal/100g de gomitas) y gomitas a base de suero de leche dulce deslactosado de caprino (180kcal/100g de gomitas) que se debe principalmente a la sustitución de sacarosa por edulcorante natural y glucosa por jarabe de agave.

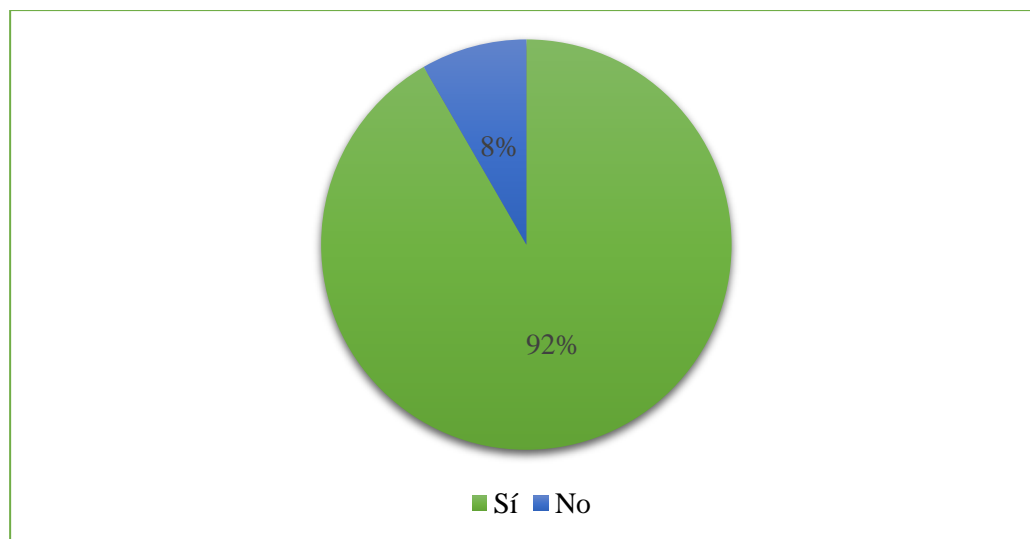
También se muestra un mayor contenido de minerales en gomitas de suero de leche que en gomitas comerciales, debido a que en su elaboración se sustituyó agua por suero de leche.

### **3.6 Evaluación sensorial.**

#### **3.6.1 Pruebas afectivas. Prueba de aceptación, nivel de agrado y preferencia.**

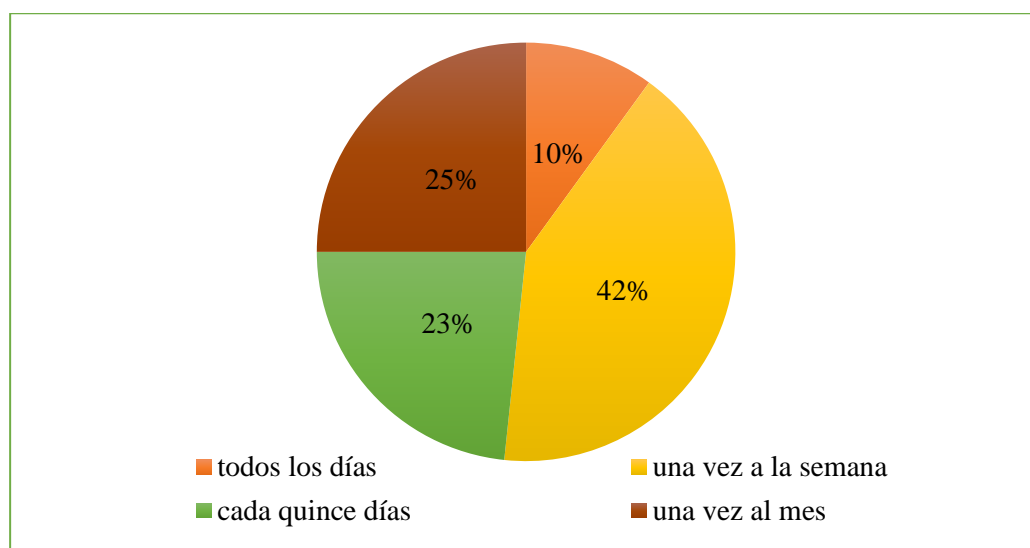
Una de las razones de utilizar el suero de leche de especies bovina y caprina, fue para determinar si existían diferencias estadísticamente significativas entre los tipos de suero de leche utilizados, debido a que tienen mayor aceptación los productos alimenticios de leche de bovino en comparación con los productos a base de leche de caprino, ya que estos últimos tienen un peculiar sabor debido a la presencia de ácidos grasos de cadena corta: cáprico, caprílico y caprónico.

Se llevaron a cabo pruebas afectivas como la de aceptación, nivel de agrado y preferencia de gomitas de suero de leche dulce deslactosado de bovino y de caprino para conocer el grado de aceptación, gusto y preferencia de las mismas. Se realizó a niños y niñas de 6 a 11 años de edad, por ser los consumidores normales de gomitas. Entre las preguntas que se hicieron a la población encuestada, una de ellas fue saber si consumían gomitas, obteniéndose los resultados que se muestran en la **Figura 3.1**



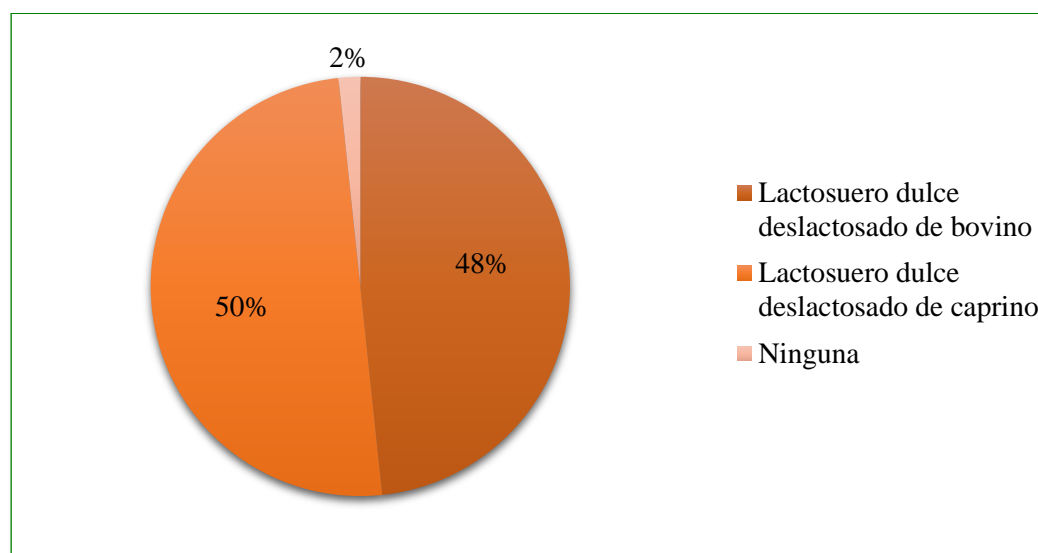
**Figura 3.1 Consumo de gomitas**

Otra de las preguntas fue para conocer la frecuencia en que los niños consumen gomitas, los resultados se muestran en la **Figura 3.2**



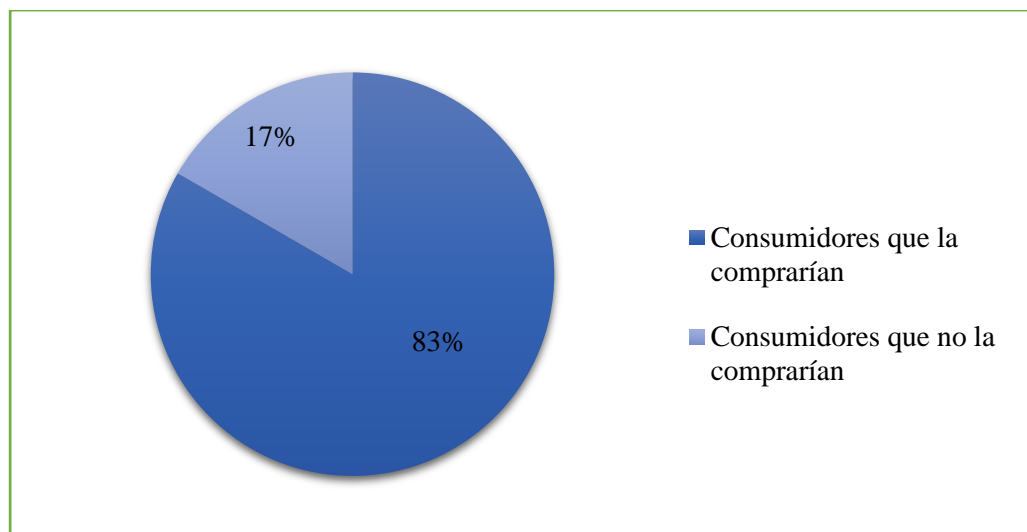
**Figura 3.2 Frecuencia de consumo de gomitas**

En la **Figura 3.3** se presentan los resultados de preferencia de gomitas a base de suero de leche de bovino y de caprino. Se observa que el porcentaje de preferencia de las gomitas de suero de leche de caprino es 2% mayor que el porcentaje de gomitas de suero de bovino, por lo tanto se puede utilizar cualquiera de los dos tipos de suero de leche en la elaboración de gomitas considerando el gusto de los consumidores.



**Figura 3.3 Preferencia de gomitas de los consumidores**

En la **Figura 3.4** se observa que el 83% de los consumidores encuestados comprarían la gomita de mayor preferencia mientras que el 17% no compraría ninguna de las dos gomitas.



**Figura 3.4 Porcentaje de consumidores que comprarían la gomita de mayor preferencia.**

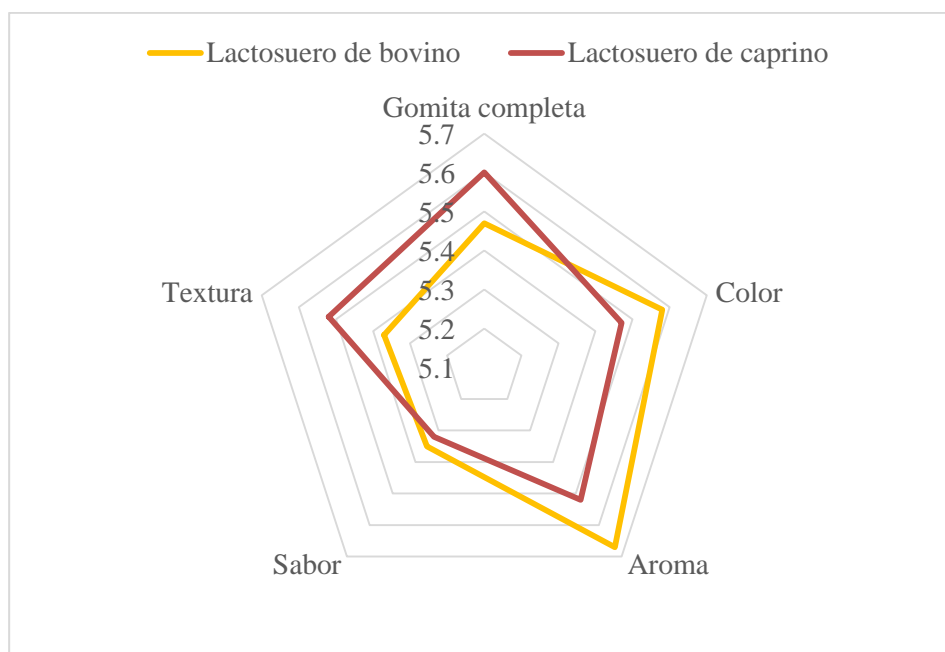
En el **Cuadro 3.4** se observan las medias de las gomitas y de sus atributos sensoriales obtenidas en la prueba de nivel de agrado, en la cual se utilizó una escala hedónica de 7 caritas, siendo 7 la calificación más alta.

**Cuadro 3.4 Nivel de agrado de gomitas y de sus atributos**

|                | Suero de leche de bovino | Suero de leche de caprino |
|----------------|--------------------------|---------------------------|
| <b>Gomita</b>  | 5.47                     | 5.60                      |
| <b>Color</b>   | 5.58                     | 5.47                      |
| <b>Aroma</b>   | 5.67                     | 5.52                      |
| <b>Sabor</b>   | 5.35                     | 5.32                      |
| <b>Textura</b> | 5.37                     | 5.52                      |



En la **Figura 3.5** se presentan la comparación del nivel de agrado de las gomitas de suero de leche de bovino y de caprino y de sus atributos sensoriales.



**Figura 3.5 Comparación del nivel de agrado de gomitas**

Los resultados del gusto general de las gomitas y de sus atributos sensoriales: color, aroma, sabor y textura obtenidos del análisis estadístico por t de student se presentan en los **Cuadros 3.5 y 3.6**.

**Cuadro 3.5 Resultados del Análisis Estadístico al comparar las gomitas a partir de suero de leche dulce deslactosado de bovino y caprino.**

|               | Valor<br>T obtenido | Valor<br>T crítico | Conclusión   |
|---------------|---------------------|--------------------|--|
| <b>Gomita</b> | 0.500               | 2.001              | No hay diferencia estadísticamente significativa entre las gomitas de suero de leche dulce deslactosado de bovino y las gomitas de suero de leche dulce deslactosado de caprino. |

Nota: Los valores reportados presentan un nivel de confianza del 95% ( $P \leq 0.05$ )

Se muestra que no existen diferencias estadísticamente significativas entre las gomitas de suero de leche de bovino y las de suero de leche de caprino.

**Cuadro 3.6 Resultados del Análisis Estadístico de los atributos de gomitas de suero de leche dulce deslactosado de bovino y caprino.**

| Atributo sensorial | Valor T obtenido | Valor T crítico | Conclusión  |
|--------------------|------------------|-----------------|---|
| Color              | 0.565            | 2.001           | No hay diferencia estadísticamente significativa entre el color de las gomitas evaluadas.   |
| Aroma              | 0.480            | 2.001           | No hay diferencia estadísticamente significativa entre el aroma de las gomitas evaluadas.   |
| Sabor              | 0.885            | 2.001           | No hay diferencia estadísticamente significativa entre el sabor de las gomitas evaluadas.   |
| Textura            | 0.453            | 2.001           | No hay diferencia estadísticamente significativa entre la textura de las gomitas evaluadas. |

Nota: Los valores reportados presentan un nivel de confianza del 95% ( $P \leq 0.05$ )

En el **Cuadro 3.6** se presentan los resultados de atributos sensoriales de gomitas de suero de leche de bovino y de caprino. El valor crítico de t fue mayor que el valor experimental de t por lo tanto se aceptó la hipótesis nula. Debido a que el suero de leche fue el único ingrediente diferente en los dos tipos de gomitas, se pensó que podría existir diferencia estadísticamente significativa en el sabor de las gomitas elaboradas con suero de leche de bovino y las gomitas de suero de leche de caprino. Sin embargo, debido a que en los resultados de las pruebas afectivas no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las gomitas de suero de leche de bovino y las gomitas de suero de leche de caprino, el análisis colorimétrico y de textura fueron realizados únicamente en gomitas de suero dulce de caprino.

### 3.6.2 Análisis colorimétrico.

En la **Figura 3.6** se presenta una secuencia de las gomitas de suero de leche de caprino después de almacenarse a 22 °C y a 4 °C. Sin embargo la percepción e interpretación del color, por este medio, es subjetiva. Por lo que fue necesario recurrir al espacio de color CIE L\*a\*b\*, con la finalidad de comunicar y expresar el color objetivamente (Konica Minolta Sensing).



**Figura 3.6 Gomitas de suero de leche de caprino almacenadas a 22 °C y a 4 °C.**

El espacio de color CIE L\*a\*b\* es un método objetivo que permitió expresar el color de gomitas de suero de leche de caprino de manera precisa.

Se supuso que la luminosidad de las gomitas almacenadas a 4 °C y a 22 °C disminuiría conforme transcurrieran las 4 semanas de almacenamiento y que sería mayor en las gomitas almacenadas a 4 °C ya que a bajas temperaturas, disminuye la velocidad de algunas reacciones ocurridas en los alimentos las cuales son causantes de cambios en los parámetros de color de los mismos. De la misma forma, se esperó que disminuyera el parámetro b en gomitas almacenadas a 22 °C, es decir que las gomitas almacenadas a esta temperatura fueran menos amarillas que las gomitas almacenadas a 4 °C durante las 4 semanas de almacenamiento.

Sin embargo los valores del **Cuadro 3.7** siguen una tendencia en las 4 semanas de almacenamiento, la cual muestra que los parámetros L, a y b medidos a 22 °C son mayores que los parámetros L, a y b medidos a 4 °C. Según estos parámetros, la gomita almacenada a 4 °C es un poco más oscura, menos roja y menos amarilla que la gomita almacenada a 22 °C. Éstos cambios de color se pueden atribuir a las reacciones que pudieron presentarse en el proceso de elaboración de las gomitas, ya que al tener grupos aminos provenientes de las proteínas del suero de leche y carbohidratos reductores provenientes de la hidrólisis de lactosa y del jarabe utilizado, se puede llevar a cabo la reacción de Maillard en menor proporción debido al pH ácido.

**Cuadro 3.7 Atributos de color de gomitas de suero de leche de caprino almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas.**

| Parámetros | Tiempo 1   |            | Tiempo 2                 |                          | Tiempo 3                 |                          | Tiempo 4                 |                          |
|------------|------------|------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|            | 22 °C      | 4 °C       | 22 °C                    | 4 °C                     | 22 °C                    | 4 °C                     | 22 °C                    | 4 °C                     |
| <b>L</b>   | 69.96±0.29 | 69.36±0.43 | 70.20 <sup>b</sup> ±1.04 | 68.16 <sup>a</sup> ±0.44 | 71.06 <sup>b</sup> ±0.50 | 68.82 <sup>a</sup> ±0.44 | 70.69 <sup>b</sup> ±0.33 | 69.35 <sup>a</sup> ±0.19 |
| <b>a</b>   | 1.26±0.07  | 1.25±0.06  | 1.70±0.06                | 1.62±0.03                | 2.05 <sup>b</sup> ±0.10  | 1.54 <sup>a</sup> ±0.06  | 2.24 <sup>b</sup> ±0.03  | 1.67 <sup>a</sup> ±0.06  |
| <b>b</b>   | 19.75±1.58 | 19.42±0.58 | 22.85 <sup>b</sup> ±0.41 | 18.36 <sup>a</sup> ±1.46 | 20.53 <sup>b</sup> ±0.45 | 17.19 <sup>a</sup> ±0.91 | 21.02 <sup>b</sup> ±0.41 | 16.21 <sup>a</sup> ±0.77 |

Nota: Los valores presentados corresponden a las medias de las determinaciones por triplicado ± su desviación estándar considerando un coeficiente de variación <10%. Para cada tiempo, los valores (por renglón) con distintas literales tienen diferencias estadísticamente significativas y los valores que no tienen literales, no presentan diferencias estadísticamente significativas (P≤0.05).

En el **Cuadro 3.8** se muestra la diferencia total de color de las gomitas de suero de leche de caprino almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas. Con excepción de la semana 3, se observa que conforme transcurre el tiempo, la diferencia de color de las gomitas es mayor.

**Cuadro 3.8 Diferencia total de color de gomitas de suero de leche dulce de caprino.**

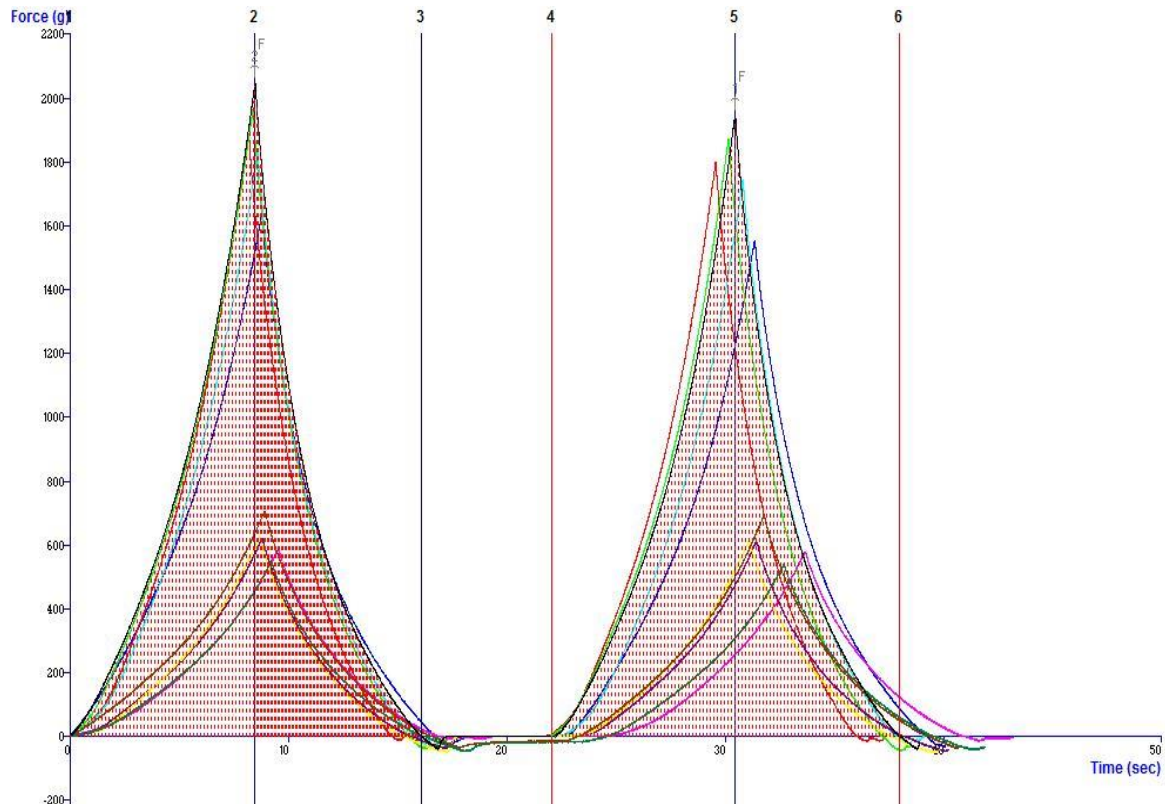
| Semana | $\Delta E$ |
|--------|------------|
| 1      | 0,689      |
| 2      | 4,865      |
| 3      | 4,049      |
| 4      | 5,027      |

No fue necesaria la adición de colorante, ya que al mezclar todos los ingredientes, resultó un color amarillo, que convenía al sabor guayaba de las gomitas.

### 3.6.3 Análisis de propiedades de textura

En la **Figura 3.7** se muestran las curvas de la primera y la segunda compresión de gomitas de suero de leche almacenadas a 4 °C y a 22 °C, obtenidas en el análisis de textura al graficar fuerza con respecto al tiempo.

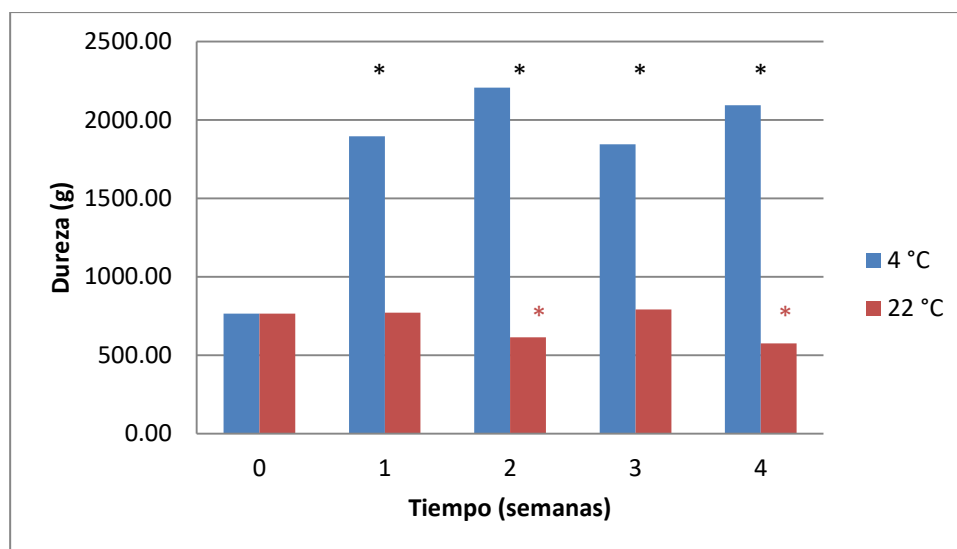
La altura de los picos de la primera compresión cercanos a 0.20 kg, se trata de las gomitas de suero de leche almacenadas a 4 °C, mientras que la altura de los picos cercana a 0.60 kg se trata de las gomitas almacenadas a 22 °C. Lo cual quiere decir que la dureza de las gomitas almacenadas a 4 °C es superior a la dureza de las gomitas almacenadas a 22 °C. Sugiriendo mayor estabilidad en las gomitas almacenadas a 4 °C.



**Figura 3.7** Curvas de perfil de textura de gomitas de suero de leche de caprino almacenadas a 4 °C y a 22 °C.

Se esperaba que las gomitas de suero de leche tuvieran baja adhesividad por no haber utilizado sacarosa, pero se demostró que la fructosa proveniente del jarabe y de la inulina influenció los valores de adhesividad obtenidos, también se esperaba que las gomitas fueran masticables y poco gomosas debido a la cantidad de sólidos totales además de que fueran duras y poco elásticas por la cantidad de gretina utilizada.

De la **Figura 3.8** a la **Figura 3.14** se presentan las diferencias obtenidas en los atributos de textura (dureza, adhesividad, elasticidad, cohesividad, gomosidad, masticabilidad y resiliencia) de las gomitas almacenadas a 22 °C y a 4 °C.



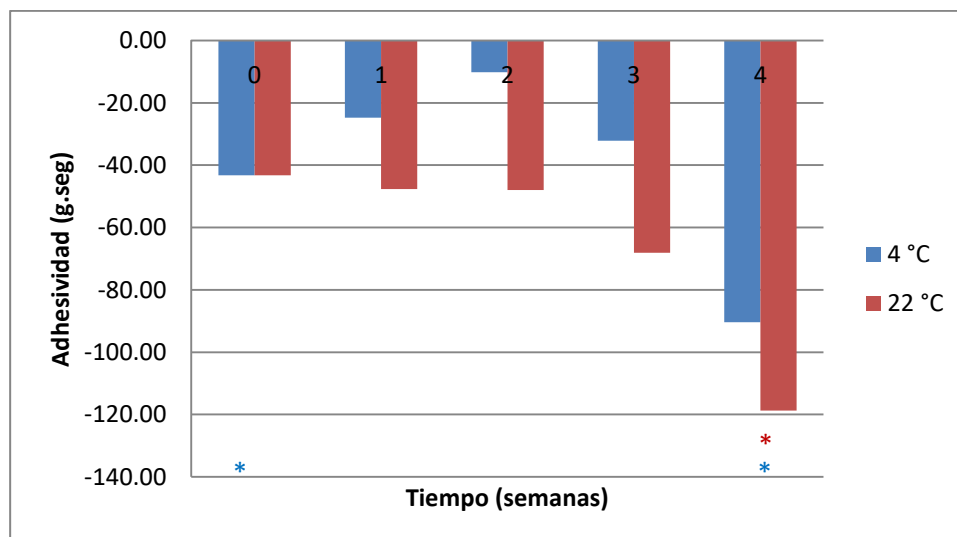
Nota: Los \* (color negro) indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre la dureza de gomitas a 4 °C y a 22 °C en un mismo tiempo, los \* (color rojo) indican que existen diferencias estadísticamente significativas en la dureza de gomitas a 22 °C respecto al tiempo de almacenamiento.

**Figura 3.8 Diferencia en la dureza de gomitas de suero de leche almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas.**

Al llevar a cabo el análisis de varianza de los valores obtenidos de dureza, conforme transcurrió el tiempo de almacenamiento de las gomitas, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre gomitas de suero de leche almacenadas a 4 °C y a 22 °C. Como se observa en la **Figura 3.8** las gomitas que fueron almacenadas a 4 °C presentan mayor dureza que las gomitas almacenadas a 22 °C, esto significa que las primeras presentan mayor resistencia a la rotura, es decir, el esfuerzo máximo que soportan las gomitas almacenadas a 4 °C antes de romperse, es superior durante el primer ciclo de compresión que el esfuerzo máximo que soportan las gomitas almacenadas a 22 °C. Al realizar el análisis estadístico con Duncan para conocer si existían diferencias estadísticamente significativas en el tiempo de almacenamiento de una misma temperatura, se encontró que para la temperatura de almacenamiento a 4 °C se obtuvieron 3 grupos homogéneos, el primero es el tiempo cero, es siguiente grupo asocia los tiempos 1 y 3 y el último grupo asocia los tiempos 2 y 4. Esto significa que cada grupo entre sí no existen diferencias estadísticamente significativas.

En la temperatura de 22 °C se observa que sólo los tiempos 2 y 4 presentan diferencias estadísticamente significativas y permanecen más constantes respecto al tiempo cero, por lo que se puede atribuir mayor estabilidad en gomitas almacenadas a esta temperatura.

Los resultados de textura obtenidos por Pang *et al.*, 2014 revelaron que la adición de todos los polvos de leche (aislado de proteína de suero de leche, concentrado de proteína de leche y leche descremada) aumentaron la dureza de los geles de gnetina a una alta concentración de gnetina (5%). Por lo tanto, en las gomitas elaboradas a partir de suero de leche, la adición de concentrado de proteína de suero de leche y la alta concentración de gnetina (8%) pueden ser los componentes responsables de la dureza de las gomitas.



Nota: El \* indican que existe diferencia estadísticamente significativa en la adhesividad de gomitas a 22 °C respecto al tiempo de almacenamiento, mientras que los \* indican que existen diferencias estadísticamente significativas en la adhesividad de gomitas a 4 °C respecto al tiempo de almacenamiento.

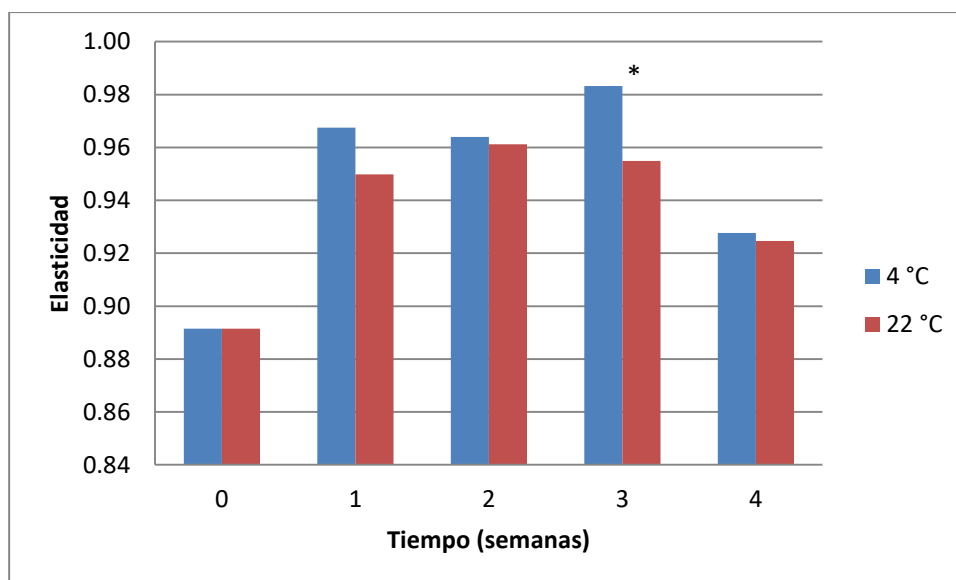
**Figura 3.9 Diferencia en la adhesividad de gomitas de suero de leche almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas.**



Se esperaría que al no incluir sacarosa en la formulación de las gomitas, estas tendrían baja adhesividad sin embargo el jarabe de agave utilizado obtuvo 74 grados brix, es decir 7.4 g de fructosa en 10 g del jarabe utilizado en la elaboración de las gomitas lo que implica mayor adhesividad de la que se esperaba.

En la **Figura 3.9** se muestra una tendencia en la adhesividad de las gomitas, al incrementar el tiempo de almacenamiento de las gomitas, la adhesividad aumenta en ambas temperaturas de almacenamiento con excepción de la semana 2 en la temperatura 4 °C. Las gomitas almacenadas a 22 °C tienen mayor magnitud y valores más negativos de adhesividad que las gomitas almacenadas a 4 °C, esto significa que cuesta más trabajo vencer las fuerzas atractivas entre la superficie de las gomitas que fueron almacenadas a 22 °C y la superficie de la sonda del texturómetro. Comparando con los resultados de (Martínez, 2014), se atribuye este comportamiento al efecto de la grenetina empleada en la elaboración de gomitas.

Los resultados del análisis de varianza de adhesividad de las 2 temperaturas en las 4 semanas de almacenamiento, indicaron que no existen diferencias estadísticamente significativas entre gomitas almacenadas a 22 °C y a 4 °C. Al llevar a cabo el análisis estadístico con Duncan para conocer qué tiempo era diferente, se encontró que a 4 °C, los tiempos cero y 4 presentan diferencias estadísticamente significativas mientras que a 22 °C sólo presentó diferencia el tiempo 4.



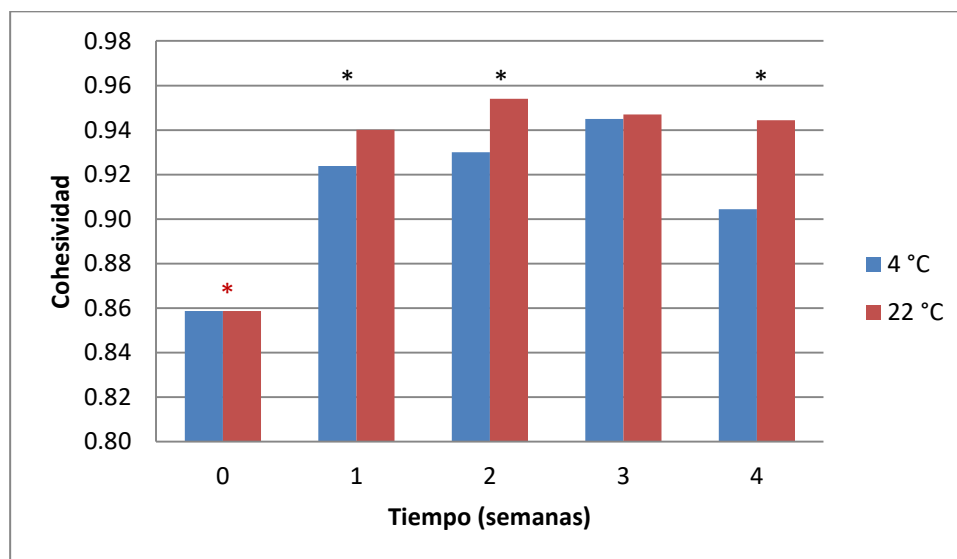
Nota: El \* indica que existe diferencia estadísticamente significativa entre la elasticidad de gomitas a 4 °C y a 22 °C en un mismo tiempo.

**Figura 3.10 Diferencia en la elasticidad de gomitas de suero de leche almacenada a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas.**

En los resultados obtenidos por Pang *et al.*, 2014 la elasticidad de los geles de grenetina fue significativamente afectada por la concentración de grenetina. Según (Hansen *et al.*, 2008 citado por Pang *et al.*, 2014) a altas concentraciones, los geles de grenetina tienen mayor elasticidad, lo que los hace más difíciles de romper.

En la **Figura 3.10** se muestra que la elasticidad de las gomitas tiene una tendencia de campana gaussiana respecto al tiempo de almacenamiento en ambas temperaturas. Se observa que la elasticidad es mayor en las gomitas de suero de leche almacenadas a 4 °C que en las gomitas almacenadas a 22 °C. Los resultados del análisis de varianza, muestran que no hay diferencias estadísticamente significativas en gomitas de suero de leche almacenadas a 22 °C y a 4 °C con excepción del tiempo 3, que sí presenta diferencias estadísticamente significativas. Al realizar el análisis estadístico con Duncan para conocer qué tiempos eran diferentes en una misma temperatura, se encontró que a 4 °C se presentaron 2 grupos homogéneos.

En el primer grupo (tiempos 1, 2, 3 y 4) no hay diferencias estadísticamente significativas entre sí, en el segundo grupo (tiempos cero, 1 y 4) tampoco hay diferencias. En la temperatura de 20 °C se presentan 3 grupos homogéneos en los que no existen diferencias estadísticamente significativas. Primer grupo tiempo cero, segundo grupo tiempo 4 y tercer grupo (tiempo 1, 2, 3).



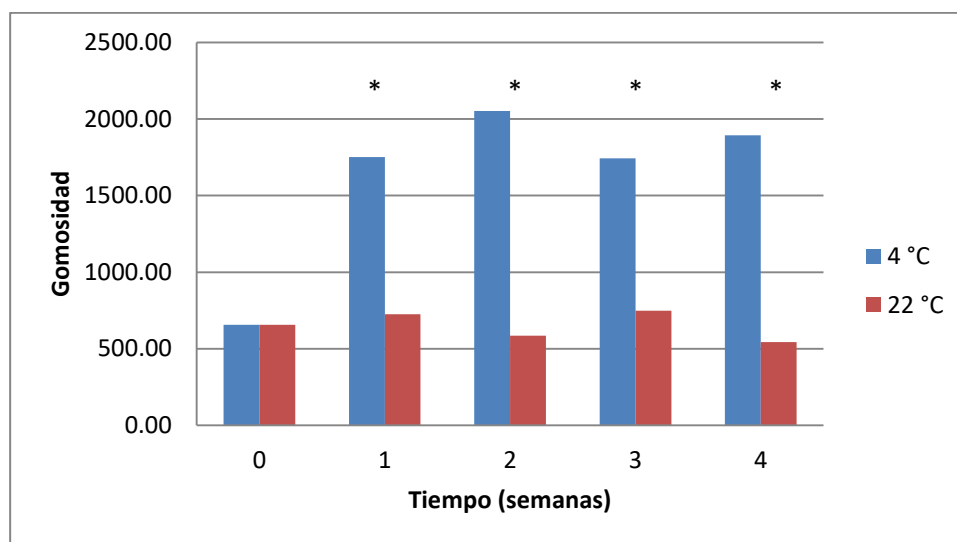
Nota: Los \* indican que existen diferencias estadísticamente significativas entre la cohesividad de gomitas a 4 °C y a 22°C en un mismo tiempo, el \* indica que existe diferencia estadísticamente significativa en la cohesividad de gomitas a 22 °C respecto al tiempo de almacenamiento.

**Figura 3.11 Diferencia en la cohesividad de gomitas de suero de leche almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas.**

En la **Figura 3.11** se observa que la cohesividad de las gomitas que fueron almacenadas a 22 °C, es mayor que la cohesividad de gomitas almacenadas a 4 °C, esto significa que la fuerza que mantiene unidas las partículas y que puede deformar hasta antes de romperse, es mayor en las gomitas almacenadas a 22 °C. Estas gomitas se perciben como duras y difíciles de romper en la boca.

Los resultados del análisis de varianza muestran que sí hay diferencias estadísticamente significativas en las gomitas almacenadas a 22 °C y a 4 °C en los tiempos 1, 2 y 4.

Al realizar el análisis estadístico con Duncan se observa que para 4 °C hay dos grupos homogéneos, el primero es de los tiempos cero y cuatro y el segundo grupo es de los tiempos 1, 2, 3 y 4. Es decir, no hay diferencias estadísticamente significativas entre la cohesividad de las gomitas de un mismo grupo. Para 22 °C, sólo el tiempo cero presenta diferencias estadísticamente significativas.

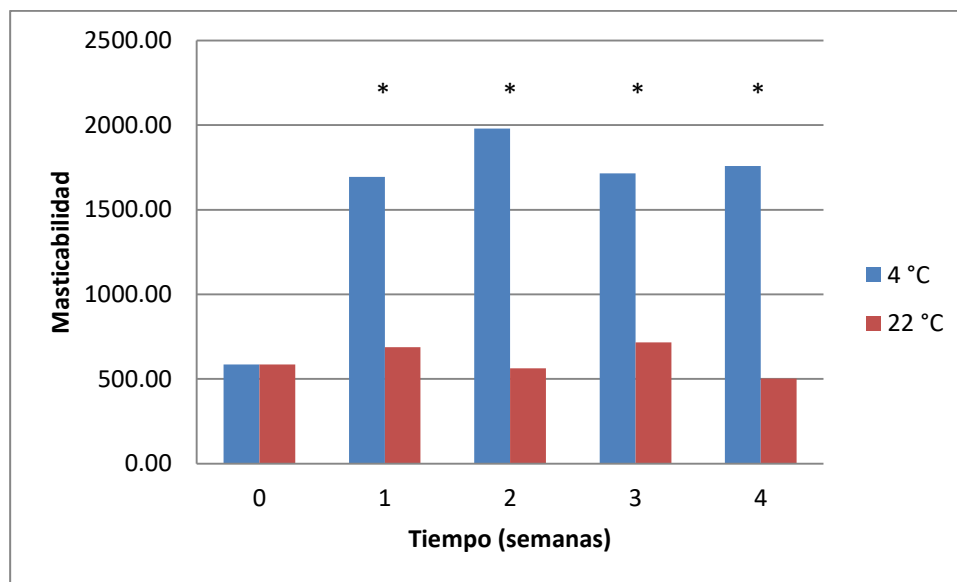


Nota: Los \* indican que existen diferencias estadísticamente significativas entre la gomosidad de gomitas a 4 °C y a 22°C en un mismo tiempo.

**Figura 3.12 Diferencia en la gomosidad de gomitas de suero de leche almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas.**

En la **Figura 3.12** se observa que en las 4 semanas de almacenamiento, se obtuvo mayor gomosidad en las gomitas almacenadas a 4 °C que en las almacenadas a 22 °C. Es decir, se requiere mayor energía para desintegrar gomitas almacenadas a 4 °C que para desintegrar gomitas almacenadas a 22 °C.

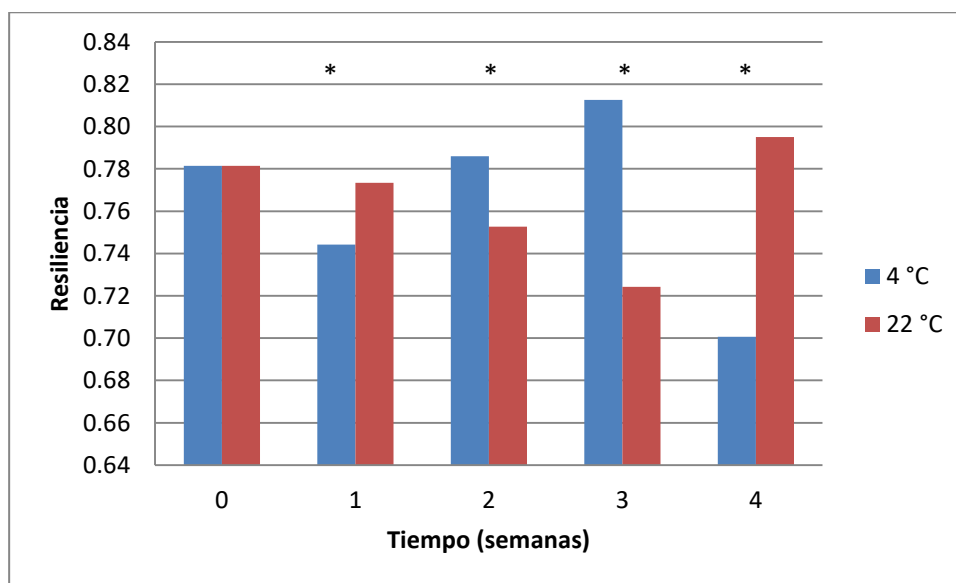
Los resultados obtenidos en el análisis de varianza de gomosidad en las 4 semanas de almacenamiento, indican que si hay diferencias estadísticamente significativas entre las gomitas almacenadas a 22 °C y a 4 °C, por lo que se ve afectada la gomosidad con respecto al tiempo de almacenamiento a las diferentes temperaturas. Al realizar el análisis estadístico con Duncan para la temperatura de 4 °C se obtuvo 3 grupos homogéneos, primer grupo tiempo cero, segundo grupo tiempo 2 y tercer grupo tiempo 1, 3 y 4. Para la temperatura de 22 °C también se obtuvo 3 grupos homogéneos, primer grupo tiempos cero y 1, segundo grupo tiempos 1 y 3 y tercer grupo 2 y 4, es decir no hay diferencias estadísticamente significativas entre las gomosidades de un mismo grupo pero si entre las gomosidades de los diferentes grupos. Considerando la gomosidad, se atribuye mayor estabilidad a las gomitas almacenadas a 22 °C debido a que sus valores están cercanos al tiempo cero.



Nota: Los \* indican que existen diferencias estadísticamente significativas entre la masticabilidad de gomitas a 4 °C y a 22°C en un mismo tiempo.

**Figura 3.13 Diferencia en la masticabilidad de gomitas de suero de leche almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas.**

En la **Figura 3.13** se muestra que la masticabilidad de las gomitas almacenadas a 4 °C es mayor que la masticabilidad de las gomitas almacenadas a 22 °C. Es decir, se requiere más trabajo para desintegrar las gomitas almacenadas a 4 °C que para desintegrar las gomitas almacenadas a 22 °C. El análisis de varianza muestra que sí hay diferencias estadísticamente significativas entre las gomitas almacenadas a 22 °C y a 4 °C. Por lo tanto se ve afectada la masticabilidad con respecto al tiempo de almacenamiento a las diferentes temperaturas. Al realizar el análisis estadístico con Duncan para la temperatura de 4 °C se obtuvo 3 grupos homogéneos, primer grupo tiempo cero, segundo grupo tiempo 2 y tercer grupo tiempo 1, 3 y 4, es decir no hay diferencias estadísticamente significativas entre la masticabilidad de un mismo grupo pero sí se encuentran diferencias en la masticabilidad de diferentes grupos. Para la temperatura de 22 °C se presentan 3 grupos homogéneos, primer grupo tiempos 2 y 4, segundo grupo tiempos cero y 2 y tercer grupo tiempos 1 y 3. Considerando la masticabilidad, se atribuye mayor estabilidad en gomitas almacenadas a 22 °C ya que sus valores son más cercanos al tiempo cero.



Nota: Los \* indican que existen diferencias estadísticamente significativas entre la resiliencia de gomitas a 4 °C y a 22°C en un mismo tiempo.

**Figura 3.14 Diferencia en la resiliencia de gomitas de suero de leche almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas.**

Como se observa en la **Figura 3.14**, en las gomitas almacenadas a 22 °C conforme aumentó el tiempo de almacenamiento de las gomitas, disminuyó la resiliencia a excepción de la semana 4 que presentó el mayor valor de resiliencia, lo contrario ocurrió con las gomitas almacenadas a 4 °C en las que conforme aumentó el tiempo de almacenamiento, aumentó la resiliencia, a excepción de la semana 4 que obtuvo el valor de resiliencia más bajo.

El análisis de varianza muestra que sí hay diferencias estadísticamente significativas entre las gomitas almacenadas a 4 °C y a 22 °C. Por lo tanto se ve afectada la resiliencia con respecto al tiempo de almacenamiento a las temperaturas trabajadas. Las gomitas almacenadas a 22 °C tienen mayor resiliencia en las semanas 1 y 4 que las gomitas almacenadas a 4 °C, ocurriendo lo contrario en las semanas 2 y 3. El análisis estadístico con Duncan para 4 °C tiene 3 grupos homogéneos, el primer grupo incluye los tiempo cero, 2 y 3, el segundo grupo el tiempo 1 y el tercer grupo el tiempo 4. Para 22 °C también se presentan 3 grupos homogéneos, el primer grupo entre los tiempos 2 y 3, el segundo grupo entre los tiempos cero, 1 y 2 y el último grupo entre los grupos cero, 1, y 4.

---

## CONCLUSIONES

Se desarrollaron gomitas a partir de suero de leche dulce deslactosado de bovino y de caprino, enriquecidas con concentrado de proteína de suero de leche por su alta calidad proteínica, también se les adicionó inulina como fuente de fibra soluble, jarabe de agave y edulcorante natural por su bajo aporte calórico, las cuales tuvieron un porcentaje de aceptación entre la población encuestada del 83%. El deslactosado de los sueros se realizó para evitar problemas digestivos en niños intolerantes a la lactosa. Al reutilizar los sueros de leche se aprovecharon sus valiosos nutrimentos y además se redujo la contaminación que genera su desecho sin previo tratamiento.

Se realizó una prueba de aceptación, nivel de agrado y preferencia en niños de 6 a 11 años de edad en la cual al analizar sus resultados, no se presentaron diferencias estadísticamente significativas en los dos tipos de gomitas, por lo que se pueden utilizar los sueros de leche de bovino y de caprino indistintamente en la elaboración de gomitas. Sin embargo en este proyecto se propone elaborar gomitas a base de suero de leche de caprino como alternativa de consumo para niños en etapa escolar, debido a que este suero tiene menor aceptación por poblaciones que han evaluado distintos productos a base del mismo, por su contenido de ácidos grasos de cadena corta: cáprico, caprílico y capróico causantes de un resabio poco agradable.

Con los resultados del análisis de color y textura se encontró que existe mayor estabilidad en gomitas de suero de leche almacenadas a 22 °C y se propone una vida estimada de 4 semanas.



## RECOMENDACIONES

La elaboración de gomitas a base de sueros de leche dulce resulta conveniente para centros de enseñanza práctica y pequeños productores que no tienen acceso a tecnologías para transformar el suero de leche en productos de valor agregado debido a la falta de infraestructura y altos costos de equipos. Es una forma de aprovechar los componentes del suero a bajo costo y combatir la contaminación ambiental que ocasiona su desecho.

## ANEXOS

### Anexo 1



BOLETÍN TÉCNICO

### LACTOSET®

#### DESCRIPCIÓN

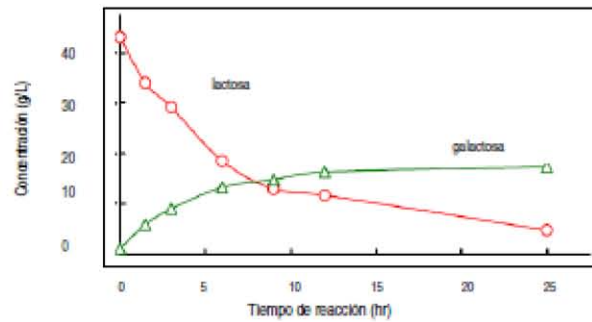
Lactoset® es una preparación de lactasa en forma líquida proveniente de una cepa de levadura denominada *Kluyveromyces fragilis*. Lactoset® es una enzima que hidroliza la lactosa.

#### PROPIEDADES

Forma : Líquida  
Actividad : 10,000 u/g

#### APLICACIONES

Hidrólisis de lactosa en leche utilizando Lactoset®.



Condiciones del proceso: 6°C, pH 6.75

Leche: producto comercial

Dosis : 0.45 ml /lt

## Anexo 2

1.- Cálculo para determinar la cantidad de enzima necesaria para deslactosar suero de leche dulce de caprino.

$$(3.64 \text{ g de lactosa}) \left( \frac{1 \text{ mol de lactosa}}{342 \text{ g de lactosa}} \right) = 0.0106 \text{ mol de lactosa}$$

$$(0.0106 \text{ mol de lactosa}) \left( \frac{1\,000\,000 \mu\text{mol de lactosa}}{1 \text{ mol de lactosa}} \right) = 10\,643.27 \mu\text{mol de lactosa}$$

$$\frac{\mu\text{mol de lactosa}}{\text{actividad enzimática por gramo de enzima } \left( \frac{u}{g} \right)} \longrightarrow \frac{10\,643.27 \mu\text{mol de lactosa}}{10\,000 \frac{u}{g}} = 1.06 \text{ g de Lactoset}^{\circledR}$$

$$\left( \frac{1.06 \text{ g de Lactoset}^{\circledR}}{100 \text{ mL de lactosuero}} \right) (1000 \text{ mL de lactosuero}) = 10.6 \text{ g de Lactoset}^{\circledR}$$

Se necesitan 10.6 g de enzima Lactoset<sup>®</sup> para deslactosar 1000 mL de suero de leche dulce de caprino a pH 6.75.

2.- Cálculo para determinar la cantidad de enzima necesaria para deslactosar suero de leche dulce de bovino.

$$(3.97 \text{ g de lactosa}) \left( \frac{1 \text{ mol de lactosa}}{342 \text{ g de lactosa}} \right) = 0.0116 \text{ mol de lactosa}$$

$$(0.0116 \text{ mol de lactosa}) \left( \frac{1\,000\,000 \mu\text{mol de lactosa}}{1 \text{ mol de lactosa}} \right) = 11\,608.19 \mu\text{mol de lactosa}$$

$$\frac{\mu\text{mol de lactosa}}{\text{actividad enzimática por gramo de enzima } \left( \frac{u}{g} \right)} \longrightarrow \frac{11\,608.19 \mu\text{mol de lactosa}}{10\,000 \frac{u}{g}} = 1.16 \text{ g de Lactoset}^{\circledR}$$

$$\left( \frac{1.16 \text{ g de Lactoset}^{\circledR}}{100 \text{ mL de lactosuero}} \right) (1000 \text{ mL de lactosuero}) = 11.6 \text{ g de Lactoset}^{\circledR}$$

Se necesitan 11.6 g de enzima Lactoset® para deslactosar 1000 mL de suero de leche dulce de bovino a pH 6.75.

## Anexo 3

Nombre \_\_\_\_\_ Edad \_\_\_\_\_ Sexo: Masculino Femenino

Instrucciones: Frente a ti tienes dos gomitas, primero observa la gomita que tiene el número 117, pruébala y marca con **X** la carita que mejor la describa. Posteriormente toma agua y observa la gomita que tiene el número 208, pruébala y marca con **X** la carita que mejor la describa.

1.- Toda la gomita 117 es:



2.- El color de la gomita 117 es:



3.- El aroma de la gomita 117 es:



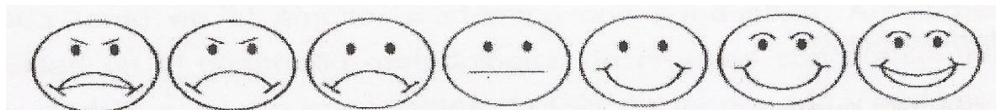
4.- El sabor de la gomita 117 es:



5.- La consistencia de la gomita 117 es:



1.- Toda la gomita 208 es:



super malo    muy malo    malo    ni bueno ni malo    bueno    muy bueno    super bueno

2.- El color de la gomita 208 es:



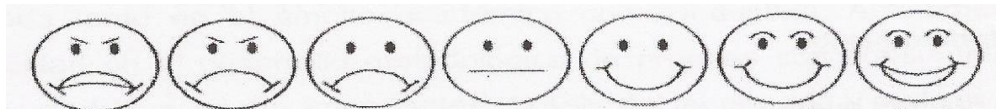
super malo    muy malo    malo    ni bueno ni malo    bueno    muy bueno    super bueno

3.- El aroma de la gomita 208 es:



super malo    muy malo    malo    ni bueno ni malo    bueno    muy bueno    super bueno

4.- El sabor de la gomita 208 es:



super malo    muy malo    malo    ni bueno ni malo    bueno    muy bueno    super bueno

5.- La consistencia de la gomita 208 es:



super malo    muy malo    malo    ni bueno ni malo    bueno    muy bueno    super bueno

**Contesta las siguientes preguntas:**

**1.- ¿Consumes gomitas?**

a) Sí

b) No

**2.- ¿Con qué frecuencia consumes gomitas?**

a) todos los días    b) una vez a la semana    c) una vez cada quince días    d) una vez al mes

**3.- De las dos gomitas, ¿cuál te gustó más? ¿Por qué?**

a) 117

b) 208

**4.- ¿Comprarías la gomita que más te gustó?**

a) Sí

b) No

**¡Gracias por tu participación!**

## Anexo 4

Del **Cuadro 4.1** al **Cuadro 4.7** se presentan los resultados del análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos de los sueros de leche de bovino y de caprino.

### Cuadro 4.1 Análisis de varianza de pH.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.437                    | 1                         | 0.437                            | 1874.571 | 0.000               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.001                    | 4                         | 0.000                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.438                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

### Cuadro 4.2 Análisis de varianza de acidez.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.027                    | 1                         | 0.027                            | 536.913  | 0.000               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.000                    | 4                         | 0.000                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.027                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

### Cuadro 4.3 Análisis de varianza del contenido de sólidos totales.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.308                    | 1                         | 0.308                            | 9.870    | 0.035               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.125                    | 4                         | 0.031                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.433                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

### Cuadro 4.4 Análisis de varianza del contenido de lactosa.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.814                    | 1                         | 0.814                            | 93.925   | 0.001               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.035                    | 4                         | 0.009                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.849                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |



#### Cuadro 4.5 Análisis de varianza del contenido de proteína.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.012                    | 1                         | 0.012                            | 42.882   | 0.003               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.001                    | 4                         | 0.000                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.013                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

#### Cuadro 4.6 Análisis de varianza del contenido de lípidos.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.282                    | 1                         | 0.282                            | 84.500   | 0.001               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.013                    | 4                         | 0.003                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.295                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

#### Cuadro 4.7 Análisis de varianza del contenido de cenizas.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.001                    | 1                         | 0.001                            | 1.581    | 0.277               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.002                    | 4                         | 0.001                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.003                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

Del **Cuadro 4.8** al **Cuadro 4.12** se presentan los resultados del análisis de varianza de los parámetros fisicoquímicos de las gomitas de sueros de leche de bovino y de caprino.

#### Cuadro 4.8 Análisis de varianza de pH

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.019                    | 1                         | 0.019                            | 60.842   | 0.001               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.001                    | 4                         | 0.000                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.021                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

**Cuadro 4.9 Análisis de varianza del contenido de sólidos totales.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 12.212                   | 1                         | 12.212                           | 209.953  | 0.000               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.233                    | 4                         | 0.058                            |          |                     |                             |
| Total                            | 12.445                   | 5                         |                                  |          |                     |                             |

**Cuadro 4.10 Análisis de varianza del contenido de carbohidratos reductores (base seca).**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.756                    | 1                         | 0.756                            | 4.121    | 0.112               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.734                    | 4                         | 0.183                            |          |                     |                             |
| Total                            | 1.490                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

**Cuadro 4.11 Análisis de varianza del contenido de proteína (base seca).**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 15.941                   | 1                         | 15.941                           | 52.517   | 0.002               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 1.214                    | 4                         | 0.304                            |          |                     |                             |
| Total                            | 17.156                   | 5                         |                                  |          |                     |                             |

**Cuadro 4.12 Análisis de varianza del contenido de cenizas (base seca).**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.011                    | 1                         | 0.011                            | 11.655   | 0.027               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.004                    | 4                         | 0.001                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.015                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

## Anexo 5

En el análisis estadístico t de student que se realizó con los resultados de las pruebas afectivas se propusieron las siguientes hipótesis:

**Hipótesis nula ( $H^0$ ):** no hay diferencia estadísticamente significativa entre el color, aroma, sabor, textura de las gomitas de suero de leche dulce deslactosado de bovino y el color, aroma, sabor, textura de las gomitas de suero de leche dulce deslactosado de caprino.

**Hipótesis alternativa ( $H_a$ ):** sí hay diferencia estadísticamente significativa entre el color, aroma, sabor, textura de las gomitas de suero de leche dulce deslactosado de bovino y el color, aroma, sabor, textura de las gomitas de suero de leche dulce deslactosado de caprino.

### Cuadro 5.1 Análisis estadístico t de student para gomitas de sueros de leche de bovino y de caprino.

|  | <i>Variable 1</i> | <i>Variable 2</i> |
|--|-------------------|-------------------|
| Media                                  | 5.467             | 5.600             |
| Varianza                               | 1.880             | 1.871             |
| Observaciones                          | 60.000            | 60.000            |
| Coefficiente de correlación de Pearson | 0.381             |                   |
| Diferencia hipotética de las medias    | 0.000             |                   |
| Grados de libertad                     | 59.000            |                   |
| Estadístico t                          | -0.678            |                   |
| P(T<=t) una cola                       | 0.250             |                   |
| Valor crítico de t (una cola)          | 1.671             |                   |
| P(T<=t) dos colas                      | <b>0.500</b>      |                   |
| Valor crítico de t (dos colas)         | <b>2.001</b>      |                   |

**Cuadro 5.6 Análisis estadístico t de student para el color de las gomitas de sueros de leche de bovino y de caprino.**

|  | <i>Variable 1</i> | <i>Variable 2</i> |
|--|-------------------|-------------------|
| Media                                  | 5.583             | 5.467             |
| Varianza                               | 1.739             | 1.440             |
| Observaciones                          | 60.000            | 60.000            |
| Coefficiente de correlación de Pearson | 0.232             |                   |
| Diferencia hipotética de las medias    | 0.000             |                   |
| Grados de libertad                     | 59.000            |                   |
| Estadístico t                          | 0.578             |                   |
| P(T<=t) una cola                       | 0.283             |                   |
| Valor crítico de t (una cola)          | 1.671             |                   |
| P(T<=t) dos colas                      | <b>0.565</b>      |                   |
| Valor crítico de t (dos colas)         | <b>2.001</b>      |                   |

**Cuadro 5.7 Análisis estadístico t de student para el aroma de las gomitas de sueros de leche de bovino y de caprino.**

|  | <i>Variable 1</i> | <i>Variable 2</i> |
|--|-------------------|-------------------|
| Media                                  | 5.667             | 5.517             |
| Varianza                               | 1.989             | 1.373             |
| Observaciones                          | 60.000            | 60.000            |
| Coefficiente de correlación de Pearson | 0.209             |                   |
| Diferencia hipotética de las medias    | 0.000             |                   |
| Grados de libertad                     | 59.000            |                   |
| Estadístico t                          | 0.711             |                   |
| P(T<=t) una cola                       | 0.240             |                   |
| Valor crítico de t (una cola)          | 1.671             |                   |
| P(T<=t) dos colas                      | <b>0.480</b>      |                   |
| Valor crítico de t (dos colas)         | <b>2.001</b>      |                   |

**Cuadro 5.8 Análisis estadístico t de student para sabor de las gomitas.**

|                                       | Variable 1   | Variable 2 |
|---------------------------------------|--------------|------------|
| Media                                 | 5.350        | 5.317      |
| Varianza                              | 2.842        | 2.491      |
| Observaciones                         | 60.000       | 60.000     |
| Coeficiente de correlación de Pearson |              |            |
| Diferencia hipotética de las medias   | 0.000        |            |
| Grados de libertad                    | 59.000       |            |
| Estadístico t                         | 0.145        |            |
| P(T<=t) una cola                      | 0.443        |            |
| Valor crítico de t (una cola)         | 1.671        |            |
| P(T<=t) dos colas                     | <b>0.885</b> |            |
| Valor crítico de t (dos colas)        | <b>2.001</b> |            |

**Cuadro 5.9 Análisis estadístico t de student para la textura de las gomitas**

|                                       | Variable 1   | Variable 2 |
|---------------------------------------|--------------|------------|
| Media                                 | 5.367        | 5.517      |
| Varianza                              | 1.762        | 1.305      |
| Observaciones                         | 60.000       | 60.000     |
| Coeficiente de correlación de Pearson | 0.231        |            |
| Diferencia hipotética de las medias   | 0.000        |            |
| Grados de libertad                    | 59.000       |            |
| Estadístico t                         | -0.755       |            |
| P(T<=t) una cola                      | 0.227        |            |
| Valor crítico de t (una cola)         | 1.671        |            |
| P(T<=t) dos colas                     | <b>0.453</b> |            |
| Valor crítico de t (dos colas)        | <b>2.001</b> |            |

## Anexo 6

Del **Cuadro 6.1** al **Cuadro 6.4** se presenta el análisis de varianza de los valores de luminosidad de gomitas de suero de caprino almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas.

### Cuadro 6.1 Análisis de varianza de luminosidad de gomitas semana 1.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.546                    | 1                         | 0.546                            | 3.994    | 0.116               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.547                    | 4                         | 0.137                            |          |                     |                             |
| Total                            | 1.093                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

### Cuadro 6.2 Análisis de varianza de luminosidad de gomitas semana 2.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 5.208                    | 1                         | 5.208                            | 8.196    | 0.046               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 2.542                    | 4                         | 0.635                            |          |                     |                             |
| Total                            | 7.750                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

### Cuadro 6.3 Análisis de varianza de luminosidad de gomitas semana 3.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 7.549                    | 1                         | 7.549                            | 33.803   | 0.004               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.893                    | 4                         | 0.223                            |          |                     |                             |
| Total                            | 8.442                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

### Cuadro 6.4 Análisis de varianza de luminosidad de gomitas semana 4.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 2.720                    | 1                         | 2.720                            | 37.298   | 0.004               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.292                    | 4                         | 0.073                            |          |                     |                             |
| Total                            | 3.012                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

Del **Cuadro 6.5** al **Cuadro 6.8** se presenta el análisis de varianza de los valores del parámetro  $\alpha$  de gomitas de suero de caprino almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas.

**Cuadro 6.5 Análisis de varianza del parámetro  $\alpha$  de gomitas semana 1.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.000                    | 1                         | 0.000                            | 0.038    | 0.856               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.016                    | 4                         | 0.004                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.016                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

**Cuadro 6.6 Análisis de varianza del parámetro  $\alpha$  de gomitas semana 2.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.009                    | 1                         | 0.009                            | 4.266    | 0.108               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.008                    | 4                         | 0.002                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.017                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

**Cuadro 6.7 Análisis de varianza del parámetro  $\alpha$  de gomitas semana 3.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.380                    | 1                         | 0.380                            | 62.986   | 0.001               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.024                    | 4                         | 0.006                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.404                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

**Cuadro 6.8 Análisis de varianza del parámetro  $\alpha$  de gomitas semana 4.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.487                    | 1                         | 0.487                            | 223.214  | 0.000               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.009                    | 4                         | 0.002                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.496                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

Del **Cuadro 6.9** al **Cuadro 6.12** se presenta el análisis de varianza de los valores del parámetro  $b$  de gomitas de suero de caprino almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas.

**Cuadro 6.9 Análisis de varianza del parámetro  $b$  de gomitas semana 1.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.167                    | 1                         | 0.167                            | 0.118    | 0.749               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 5.652                    | 4                         | 1.413                            |          |                     |                             |
| Total                            | 5.818                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

**Cuadro 6.10 Análisis de varianza del parámetro  $b$  de gomitas semana 2.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 30.285                   | 1                         | 30.285                           | 26.211   | 0.007               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 4.622                    | 4                         | 1.155                            |          |                     |                             |
| Total                            | 34.907                   | 5                         |                                  |          |                     |                             |

**Cuadro 6.11 Análisis de varianza del parámetro  $b$  de gomitas semana 3.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 16.667                   | 1                         | 16.667                           | 32.238   | 0.005               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 2.068                    | 4                         | 0.517                            |          |                     |                             |
| Total                            | 18.735                   | 5                         |                                  |          |                     |                             |

**Cuadro 6.12 Análisis de varianza del parámetro  $b$  de gomitas semana 4.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 34.704                   | 1                         | 34.704                           | 91.019   | 0.001               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 1.525                    | 4                         | 0.381                            |          |                     |                             |
| Total                            | 36.229                   | 5                         |                                  |          |                     |                             |



## Anexo 7

Del **Cuadro 7.1** al **Cuadro 7.4** se presentan los resultados del análisis de varianza con un nivel del 95% de confianza de la dureza de gomitas de suero de leche de caprino almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas.

### Cuadro 7.1 Análisis de varianza de la dureza de gomitas semana 1.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 1896284.942              | 1                         | 1896284.942                      | 712.887  | 0.000               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 10640.036                | 4                         | 2660.009                         |          |                     |                             |
| Total                            | 1906924.978              | 5                         |                                  |          |                     |                             |

### Cuadro 7.2 Análisis de varianza de la dureza de gomitas semana 2.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 3810991.856              | 1                         | 3810991.856                      | 1110.109 | 0.000               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 13731.959                | 4                         | 3432.990                         |          |                     |                             |
| Total                            | 3824723.815              | 5                         |                                  |          |                     |                             |

### Cuadro 7.3 Análisis de varianza de la dureza de gomitas semana 3.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 1668254.572              | 1                         | 1668254.572                      | 221.435  | 0.000               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 30135.290                | 4                         | 7533.823                         |          |                     |                             |
| Total                            | 1698389.863              | 5                         |                                  |          |                     |                             |

### Cuadro 7.4 Análisis de varianza de la dureza de gomitas semana 4.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 3459434.810              | 1                         | 3459434.810                      | 570.552  | 0.000               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 24253.232                | 4                         | 6063.308                         |          |                     |                             |
| Total                            | 3483688.042              | 5                         |                                  |          |                     |                             |

Del **Cuadro 7.5** al **Cuadro 7.8** se presentan los resultados del análisis de varianza de la adhesividad de gomitas de suero de leche de caprino almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas.

### **Cuadro 7.5 Análisis de varianza de la adhesividad de gomitas semana 1.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 788.898                  | 1                         | 788.898                          | 4.000    | 0.116               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 788.985                  | 4                         | 197.246                          |          |                     |                             |
| Total                            | 1577.884                 | 5                         |                                  |          |                     |                             |

### **Cuadro 7.6 Análisis de varianza de la adhesividad de gomitas semana 2.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 2143.425                 | 1                         | 2143.425                         | 6.245    | 0.067               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 1372.864                 | 4                         | 343.216                          |          |                     |                             |
| Total                            | 3516.289                 | 5                         |                                  |          |                     |                             |

### **Cuadro 7.7 Análisis de varianza de la adhesividad de gomitas semana 3.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 1940.207                 | 1                         | 1940.207                         | 1.033    | 0.367               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 7516.108                 | 4                         | 1879.027                         |          |                     |                             |
| Total                            | 9456.315                 | 5                         |                                  |          |                     |                             |

### **Cuadro 7.8 Análisis de varianza de la adhesividad de gomitas semana 4.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 1208.259                 | 1                         | 1208.259                         | 0.907    | 0.395               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 5326.907                 | 4                         | 1331.727                         |          |                     |                             |
| Total                            | 6535.165                 | 5                         |                                  |          |                     |                             |

Del **Cuadro 7.9** al **Cuadro 7.12** se presentan los resultados del análisis de varianza de la elasticidad de gomitas de suero de leche de caprino almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas.

### Cuadro 7.9 Análisis de varianza de la elasticidad de gomitas semana 1.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.000                    | 1                         | 0.000                            | 3.864    | 0.121               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.000                    | 4                         | 0.000                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.001                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

### Cuadro 7.10 Análisis de varianza de la elasticidad de gomitas semana 2.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 1.468E-05                | 1                         | 1.468E-05                        | 0.092    | 0.777               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 6.401E-04                | 4                         | 1.600E-04                        |          |                     |                             |
| Total                            | 6.548E-04                | 5                         |                                  |          |                     |                             |

### Cuadro 7.11 Análisis de varianza de la elasticidad de gomitas semana 3.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.001                    | 1                         | 0.001                            | 17.643   | 0.014               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.000                    | 4                         | 0.000                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.001                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

### Cuadro 7.12 Análisis de varianza de la elasticidad de gomitas semana 4.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 1.322E-05                | 1                         | 1.322E-05                        | 0.005    | 0.946               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 1.008E-02                | 4                         | 2.521E-03                        |          |                     |                             |
| Total                            | 1.010E-02                | 5                         |                                  |          |                     |                             |

Del **Cuadro 7.13** al **Cuadro 7.16** se presentan los resultados del análisis de varianza de la cohesividad de gomitas de suero de leche de caprino almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas.

**Cuadro 7.13 Análisis de varianza de la cohesividad de gomitas semana 1.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.000                    | 1                         | 0.000                            | 20.529   | 0.011               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.000                    | 4                         | 0.000                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.000                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

**Cuadro 7.14 Análisis de varianza de la cohesividad de gomitas semana 2.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.001                    | 1                         | 0.001                            | 51.394   | 0.002               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.000                    | 4                         | 0.000                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.001                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

**Cuadro 7.15 Análisis de varianza de la cohesividad de gomitas semana 3.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 6.086E-06                | 1                         | 6.086E-06                        | 2.448    | 0.193               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 9.945E-06                | 4                         | 2.486E-06                        |          |                     |                             |
| Total                            | 1.603E-05                | 5                         |                                  |          |                     |                             |

**Cuadro 7.16 Análisis de varianza de la cohesividad de gomitas semana 4.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.002                    | 1                         | 0.002                            | 29.731   | 0.005               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.000                    | 4                         | 0.000                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.003                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

Del **Cuadro 7.17** al **Cuadro 7.20** se presentan los resultados del análisis de varianza de la gomosidad de gomitas de suero de leche de caprino almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas.

**Cuadro 7.17 Análisis de varianza de la gomosidad de gomitas semana 1.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 1580090.752              | 1                         | 1580090.752                      | 742.239  | 0.000               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 8515.267                 | 4                         | 2128.817                         |          |                     |                             |
| Total                            | 1588606.019              | 5                         |                                  |          |                     |                             |

**Cuadro 7.18 Análisis de varianza de la gomosidad de gomitas semana 2.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 3228464.737              | 1                         | 3228464.737                      | 1468.785 | 0.000               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 8792.205                 | 4                         | 2198.051                         |          |                     |                             |
| Total                            | 3237256.942              | 5                         |                                  |          |                     |                             |

**Cuadro 7.19 Análisis de varianza de la gomosidad de gomitas semana 3.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 1484583.287              | 1                         | 1484583.287                      | 229.873  | 0.000               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 25833.134                | 4                         | 6458.284                         |          |                     |                             |
| Total                            | 1510416.421              | 5                         |                                  |          |                     |                             |

**Cuadro 7.20 Análisis de varianza de la gomosidad de gomitas semana 4.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 2732829.403              | 1                         | 2732829.403                      | 891.602  | 0.000               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 12260.316                | 4                         | 3065.079                         |          |                     |                             |
| Total                            | 2745089.719              | 5                         |                                  |          |                     |                             |

Del **Cuadro 7.21** al **Cuadro 7.24** se presentan los resultados del análisis de varianza de la masticabilidad de gomitas de suero de leche de caprino almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas.

### Cuadro 7.21 Análisis de varianza de la masticabilidad de gomitas semana 1.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 1516907.363              | 1                         | 1516907.363                      | 781.014  | 0.000               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 7768.911                 | 4                         | 1942.228                         |          |                     |                             |
| Total                            | 1524676.275              | 5                         |                                  |          |                     |                             |

### Cuadro 7.22 Análisis de varianza de la masticabilidad de gomitas semana 2.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 3010984.164              | 1                         | 3010984.164                      | 1056.079 | 0.000               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 11404.392                | 4                         | 2851.098                         |          |                     |                             |
| Total                            | 3022388.557              | 5                         |                                  |          |                     |                             |

### Cuadro 7.23 Análisis de varianza de la masticabilidad de gomitas semana 3.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 1495687.557              | 1                         | 1495687.557                      | 310.893  | 0.000               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 19243.782                | 4                         | 4810.946                         |          |                     |                             |
| Total                            | 1514931.339              | 5                         |                                  |          |                     |                             |

### Cuadro 7.24 Análisis de varianza de la masticabilidad de gomitas semana 4.

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 2369158.180              | 1                         | 2369158.180                      | 122.672  | 0.000               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 77251.659                | 4                         | 19312.915                        |          |                     |                             |
| Total                            | 2446409.839              | 5                         |                                  |          |                     |                             |

Del **Cuadro 7.25** al **Cuadro 7.28** se presentan los resultados del análisis de varianza de la resiliencia de gomitas de suero de leche de caprino almacenadas a 4 °C y a 22 °C durante 4 semanas.

**Cuadro 7.25 Análisis de varianza de la resiliencia de gomitas semana 1.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.001                    | 1                         | 0.001                            | 8.999    | 0.040               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.001                    | 4                         | 0.000                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.002                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

**Cuadro 7.26 Análisis de varianza de la resiliencia de gomitas semana 2.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.002                    | 1                         | 0.002                            | 13.100   | 0.022               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.001                    | 4                         | 0.000                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.002                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

**Cuadro 7.27 Análisis de varianza de la resiliencia de gomitas semana 3.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.012                    | 1                         | 0.012                            | 224.953  | 0.000               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.000                    | 4                         | 0.000                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.012                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

**Cuadro 7.28 Análisis de varianza de la resiliencia de gomitas semana 4.**

| <i>Origen de las variaciones</i> | <i>Suma de cuadrados</i> | <i>Grados de libertad</i> | <i>Promedio de los cuadrados</i> | <i>F</i> | <i>Probabilidad</i> | <i>Valor crítico para F</i> |
|----------------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------------|----------|---------------------|-----------------------------|
| Entre grupos                     | 0.013                    | 1                         | 0.013                            | 35.338   | 0.004               | 7.709                       |
| Dentro de los grupos             | 0.002                    | 4                         | 0.000                            |          |                     |                             |
| Total                            | 0.015                    | 5                         |                                  |          |                     |                             |

## Anexo 8

Del **Cuadro 8.1** al **Cuadro 8.7** se presentan los resultados del procedimiento de comparación múltiple de Duncan con un 95% de confianza, para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras (en los parámetros de textura: dureza, adhesividad, elasticidad, cohesividad, gomosidad, masticabilidad y resiliencia de gomitas de suero de leche de caprino almacenadas a 22 °C durante 4 semanas). Se identifican los grupos homogéneos de acuerdo a la alineación de las X's en las columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.

### Cuadro 8.1 Prueba de rango múltiple para dureza por semana.

| <i>Semana</i> | <i>Casos</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|---------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 4             | 3            | 575.013         | 17.1079         | X                        |
| 2             | 3            | 613.77          | 17.1079         | X                        |
| 0             | 3            | 764.273         | 17.1079         | X                        |
| 1             | 3            | 771.457         | 17.1079         | X                        |
| 3             | 3            | 790.933         | 17.1079         | X                        |

### Cuadro 8.2 Prueba de rango múltiple para adhesividad por semana

| <i>Semana</i> | <i>Casos</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|---------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 4             | 3            | -118.77         | 14.5479         | X                        |
| 3             | 3            | -68.15          | 14.5479         | X                        |
| 2             | 3            | -47.9467        | 14.5479         | X                        |
| 1             | 3            | -47.6767        | 14.5479         | X                        |
| 0             | 3            | -43.2567        | 14.5479         | X                        |

### Cuadro 8.3 Prueba de rango múltiple para elasticidad por semana

| <i>Semana</i> | <i>Casos</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|---------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 0             | 3            | 0.886667        | 0.0057735       | X                        |
| 4             | 3            | 0.92            | 0.0057735       | X                        |
| 1             | 3            | 0.943333        | 0.0057735       | X                        |
| 3             | 3            | 0.95            | 0.0057735       | X                        |
| 2             | 3            | 0.953333        | 0.0057735       | X                        |



**Cuadro 8.4 Prueba de rango múltiple para cohesividad por semana**

| <i>Semanas</i> | <i>Casos</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|----------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 0              | 3            | 0.853333        | 0.0161245       | X                        |
| 4              | 3            | 0.926667        | 0.0161245       | X                        |
| 1              | 3            | 0.936667        | 0.0161245       | X                        |
| 3              | 3            | 0.94            | 0.0161245       | X                        |
| 2              | 3            | 0.95            | 0.0161245       | X                        |

**Cuadro 8.5 Prueba de rango múltiple para gomosidad por semana**

| <i>Semanas</i> | <i>Casos</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|----------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 4              | 3            | 542.977         | 21.9549         | X                        |
| 2              | 3            | 585.563         | 21.9549         | X                        |
| 0              | 3            | 656.963         | 21.9549         | X                        |
| 1              | 3            | 725.13          | 21.9549         | XX                       |
| 3              | 3            | 749.057         | 21.9549         | X                        |

**Cuadro 8.6 Prueba de rango múltiple para masticabilidad por semana**

| <i>Semanas</i> | <i>Casos</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|----------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 4              | 3            | 502.1           | 21.2666         | X                        |
| 2              | 3            | 562.773         | 21.2666         | XX                       |
| 0              | 3            | 585.943         | 21.2666         | X                        |
| 1              | 3            | 688.717         | 21.2666         | X                        |
| 3              | 3            | 715.413         | 21.2666         | X                        |

**Cuadro 8.7 Prueba de rango múltiple para resiliencia por semana**

| <i>Semanas</i> | <i>Casos</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|----------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 3              | 3            | 0.72            | 0.00966092      | X                        |
| 2              | 3            | 0.746667        | 0.00966092      | XX                       |
| 1              | 3            | 0.766667        | 0.00966092      | XX                       |
| 0              | 3            | 0.776667        | 0.00966092      | XX                       |
| 4              | 3            | 0.79            | 0.00966092      | X                        |

Del **Cuadro 8.8** al **Cuadro 8.14** se presentan los resultados del procedimiento de comparación múltiple de Duncan con un 95% de confianza, para determinar cuáles medias son significativamente diferentes de otras (en los parámetros de textura: dureza, adhesividad, elasticidad, cohesividad, gomosidad, masticabilidad y resiliencia de gomitas de suero de leche de caprino almacenadas a 4 °C durante 4 semanas). Se identifican los grupos homogéneos de acuerdo a la alineación de las X's en las columnas. No existen diferencias estadísticamente significativas entre aquellos niveles que compartan una misma columna de X's.

**Cuadro 8.8 Prueba de rango múltiple para dureza por semana.**

| <i>Semana</i> | <i>Casos</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|---------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 0             | 3            | 764.273         | 48.7892         | X                        |
| 3             | 3            | 1845.52         | 48.7892         | X                        |
| 1             | 3            | 1895.82         | 48.7892         | X                        |
| 4             | 3            | 2093.66         | 48.7892         | X                        |
| 2             | 3            | 2207.71         | 48.7892         | X                        |

**Cuadro 8.9 Prueba de rango múltiple para adhesividad por semana.**

| <i>Semana</i> | <i>Casos</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|---------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 4             | 3            | -90.39          | 17.0274         | X                        |
| 0             | 3            | -43.2567        | 17.0274         | XX                       |
| 3             | 3            | -32.1833        | 17.0274         | X                        |
| 1             | 3            | -24.7467        | 17.0274         | X                        |
| 2             | 3            | -10.1467        | 17.0274         | X                        |

**Cuadro 8.10 Prueba de rango múltiple para elasticidad por semana.**

| <i>Semana</i> | <i>Casos</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|---------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 0             | 3            | 0.886667        | 0.0210291       | X                        |
| 4             | 3            | 0.92            | 0.0210291       | XX                       |
| 1             | 3            | 0.95            | 0.0210291       | XX                       |
| 2             | 3            | 0.96            | 0.0210291       | X                        |
| 3             | 3            | 0.98            | 0.0210291       | X                        |

**Cuadro 8.11 Prueba de rango múltiple para cohesividad por semana.**

| <i>Semana</i> | <i>Casos</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|---------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 0             | 3            | 0.853333        | 0.0158465       | X                        |
| 4             | 3            | 0.9             | 0.0158465       | XX                       |
| 1             | 3            | 0.92            | 0.0158465       | X                        |
| 2             | 3            | 0.926667        | 0.0158465       | X                        |
| 3             | 3            | 0.94            | 0.0158465       | X                        |

**Cuadro 8.12 Prueba de rango múltiple para gomosidad por semana.**

| <i>Semana</i> | <i>Casos</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|---------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 0             | 3            | 656.963         | 44.2009         | X                        |
| 1             | 3            | 1751.48         | 44.2009         | X                        |
| 3             | 3            | 1810.57         | 44.2009         | X                        |
| 4             | 3            | 1892.75         | 44.2009         | X                        |
| 2             | 3            | 2052.65         | 44.2009         | X                        |

**Cuadro 8.13 Prueba de rango múltiple para masticabilidad por semana.**

| <i>Semana</i> | <i>Casos</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|---------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 0             | 3            | 585.943         | 62.2336         | X                        |
| 1             | 3            | 1694.34         | 62.2336         | X                        |
| 3             | 3            | 1713.97         | 62.2336         | X                        |
| 4             | 3            | 1758.85         | 62.2336         | X                        |
| 2             | 3            | 1979.57         | 62.2336         | X                        |

**Cuadro 8.14 Prueba de rango múltiple para resiliencia por semana.**

| <i>Semana</i> | <i>Casos</i> | <i>Media LS</i> | <i>Sigma LS</i> | <i>Grupos Homogéneos</i> |
|---------------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------------|
| 4             | 3            | 0.696667        | 0.0111555       | X                        |
| 1             | 3            | 0.736667        | 0.0111555       | X                        |
| 2             | 3            | 0.776667        | 0.0111555       | X                        |
| 0             | 3            | 0.776667        | 0.0111555       | X                        |
| 3             | 3            | 0.806667        | 0.0111555       | X                        |

Anexo 9



**Figura 9.1 Gomitas a partir de suero de leche dulce deslactosado de bovino.**



**Figura 9.2 Gomitas a partir de suero de leche dulce deslactosado de bovino y caprino.**



**Figura 9.3 Par de gomitas a evaluar por consumidores**



**Figura 9.4 Grupo 1 de consumidores que participaron en la evaluación sensorial.**





**Figura 9.5 Grupo 1 de consumidores que participaron en la evaluación sensorial.**



**Figura 9.6 Grupo 2 de consumidores que participaron en la evaluación sensorial.**

## BIBLIOGRAFÍA

Acuerdo nacional para la salud alimentaria (1 de marzo de 2012). Disponible en: [http://www.promocion.salud.gob.mx/dgps/interior1/programas/acuerdo\\_nacional.html](http://www.promocion.salud.gob.mx/dgps/interior1/programas/acuerdo_nacional.html) (Consultado 12 de enero de 2018).

Anema, S., (2014) The whey proteins in milk thermal denaturation, physical interactions, and effects on the functional properties of milk, 273-274.

Badui, S. (2013) *Química de los Alimentos*. (5ª edición) México: PEARSON pp 615-617.

Baldasso, C., Barros, T., Tessaro, I., (2011) Concentration and purification of whey proteins by ultrafiltration. *Desalination*, 278, 381-386.

CANILEC (sin fecha) *El libro blanco de la leche y los productos lácteos*. Disponible en: [http://www.canilec.org.mx/descarga\\_archivos\\_publico/Libro\\_Blanco\\_mail.pdf](http://www.canilec.org.mx/descarga_archivos_publico/Libro_Blanco_mail.pdf) (Consultado 26 de noviembre de 2017).

Carrasco, C., Guerra, M., (2010) Lactosuero como fuente de péptidos bioactivos. *Anales Venezolanos de Nutrición*; Vol 23(1): 42-49.

Carvalho, F., Prazeres, A., Rivas, J., (2013) Cheese whey wastewater: Characterization and treatment. *Science of the Total Environment*, 445-446, 385-396.

Chopra, H., Panesar, P. (2010) *Food Chemistry*. India: Alpha Science International. pp 175,176, 241.

Encuesta nacional de salud y nutrición de medio camino ENSANUT MC (31 de octubre de 2016) *Informe final de resultados*. Disponible en: [http://www.promocion.salud.gob.mx/dgps/descargas1/doctos\\_2016/ensanut\\_mc\\_2016-310oct.pdf](http://www.promocion.salud.gob.mx/dgps/descargas1/doctos_2016/ensanut_mc_2016-310oct.pdf) (Consultado 12 de enero de 2018).

Ersch, C., Meinders, M., Bouwman, W., Nieuwland, M., Van der Linden, E., Venema, P., Martin, A., (2016) Microstructure and rheology of globular protein gels in the presence of gelatin. *Food Hydrocolloids*, 55, 34-46.

Escobar, A., (2012) Desarrollo de gomitas de grenetina con ingredientes funcionales. Tesina Licenciatura. Facultad de Química, UNAM.

FAO (sin fecha) *Necesidades nutricionales*. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/014/am401s/am401s03.pdf> (Consultado 7 de junio de 2017).

González, V., (2013) Desarrollo de gomitas enriquecidas con fibra (*Plantago psyllium*, *Linum usitatissimum* o *Salvia hispanica*). Tesis de Licenciatura. Facultad de Química, UNAM.

Guimaraes, P., Teixeira, J., Domingues, L., (2010) Fermentation of lactose to bio-ethanol by yeasts as part of integrated solutions for the valorisation of cheese whey. *Biotechnology Advances*, 28, 375-384.

Jensen, T., Bechshoef, R., Giacalone, D., Haulund, M., Castro, J., Bin, H., Reitelseder, S., Pernille, A., (2016). Whey protein stories. An experiment in writing a multidisciplinary biography. *Appetite*, 107, 285-294.

Konica Minolta (sin fecha) *Espacio de color*. Disponible en: <http://sensing.konicaminolta.com.mx/2014/09/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/> (Consultado 17 de agosto de 2017).

Latimer, G. (Ed.). (2012). *Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL*. (19<sup>th</sup> Edition) USA: AOAC INTERNATIONAL.

LEGISCOMEX (sin fecha) *Clasificación de golosinas*. Disponible en: [https://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/est confites mex 14.pdf](https://www.legiscomex.com/BancoMedios/Documentos%20PDF/est%20confites%20mex%2014.pdf) (Consultado 9 de marzo de 2017).

López, V., (2014) Manual de textura. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. pp 3–12.

Madureira, A., Pereira, C., Gomes, A., Pintado, M., Malcata, F., (2007). Bovine whey proteins. Overview on their main biological properties. *Food Research International*, 40, 1197-1211.



Martínez, A., (2014) Estudio del efecto de capsaicinoides en las características sensoriales y de textura en geles elaborados con almidones modificados. Tesis de Licenciatura. Facultad de Química, UNAM.

Mollea, C., Marmo, L., Bosco, F., (2013). Valorisation of cheese whey, a by-product from the dairy industry. INTECH <http://dx.doi.org/10.5772/53159> (ISBN: 978-953-0911-2).

Morales, R., Martinez, M., Pilosof, A., (2016). Dynamics of gelation, textural and microstructural properties of gelatin gels in the presence of casein glycomacropeptide. Food Research International, 84, 102-107.

Navarro, D., (2013) Gomitas con jugo de frutas adicionadas con hierro, vitamina C y ácido fólico. Tesina de Licenciatura. Facultad de Química, UNAM.

Nor Afizah, M., Rizui, S., (2014). Functional properties of whey protein concentrate texturized at acidic pH: Effect of extrusion temperature. Food Science and Technology, 57, 290-298.

Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012. Leche denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información commercial y métodos de prueba.

Pang, Z., Deeth, H., Sopade, P., Sharma, R., Bamsal, N., (2014). Rheology, texture and microstructure of gelatin gels with and without milk proteins. Food Hydrocolloids, 35, 484-493.

Parra, R., (2009). Lactosuero: Importancia en la industria de alimentos. Revista Facultad Nacional Agroalimentaria de Medellín 62 (1): 4967-4982.

Pouliot, Y., (2008). Membrane processes in dairy technology-from a simple idea to world wide panacea. International Dairy Journal, 18, 735-740.

Prazeres, A., Carvalho, F., Rivas, J., (2012). Cheese whey management: A review. Journal of Environmental Management, 110, 48-68.

PROY-NMX-F-721-COFOCALEC-2012. Sistema producto leche alimentos lácteos suero de leche (líquido o en polvo) especificaciones y métodos de prueba.

QUIMINET (sin fecha) *Propionato de sodio*. Disponible en: <https://www.quiminet.com/articulos/conserva-sus-alimentos-por-mucho-mas-tiempo-con-el-propionato-de-sodio-2680226.htm> (Consultado 10 de junio de 2017).

Rosenthal, A. (2001) *Textura de los alimentos: medida y percepción*. Ibarz, A. (Ed.). Zaragoza, España: Acribia, S. A. pp 282-284.

SIAP (abril-junio de 2016) *Boletín de leche*. Disponible en: [http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/B de Leche abril-junio 2016%20.pdf](http://infosiap.siap.gob.mx/opt/boletlech/B%20de%20Leche%20abril-junio%202016.pdf) (Consultado 18 de mayo de 2017).

Singh, J., Yan, S., Pilli, S., Kumar, L., Tyagi, R., *et al* (2015). Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. *Biotechnology Advances*, 33, 756-774.

Tavares, T., Malcata, F., (2016). Whey and whey powders: protein concentrates and fraction. *Encyclopedia of Food and Health* <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.007>, 506-513.

Tovar, X., Arna, A., Téllez, A., Abreu, A., Muro, C., (2012). Traditional methods for whey protein isolation and concentration: effects on nutritional properties and biological activity. *Journal of the Mexican Chemical Society* 2012, 56 (4), 369-377.

Valencia, E., Ramírez, M., (2009). La industria de la leche y la contaminación del agua. *Elementos*, 73, 27-31.

WHO (sin fecha) *Cifras y datos sobre obesidad infantil*. Disponible en: <http://www.who.int/end-childhood-obesity/facts/es/> (Consultado 15 de noviembre de 2017).

WHO (sin fecha) *Obesidad*. Disponible en: <http://www.who.int/topics/obesity/es/> (Consultado 11 de noviembre de 2017).

WHO (Octubre de 2017) *Obesidad y sobrepeso*. Disponible en: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs311/es/> (Consultado 27 de octubre de 2017).

Yamul, D., Galmarin, M., Lupan, C., Zamora, M., (2013). Whey protein concentrate gels with different sucrose content: Instrumental texture measurements and sensory perception. *International Dairy Journal*, 28, 24-31.

Texture technologies (sin fecha) *TPA measure*. Disponible en: <http://texturetechnologies.com/resources/texture-profile-analysis> (Consultado 5 de octubre de 2017).