

DESARROLLO DE BEBIDA LÁCTEA TIPO YOGUR CON EDULCORANTE NO CALÓRICO

LINA CONSUELO VÉLEZ ARIAS

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
ESPECIALIZACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
PROGRAMA INTERFACULTADES
MANIZALES**

2002

**DESARROLLO DE BEBIDA LÁCTEA TIPO YOGUR CON EDULCORANTE NO
CALÓRICO**

LINA CONSUELO VÉLEZ ARIAS

**Trabajo final para optar al título de
Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos**

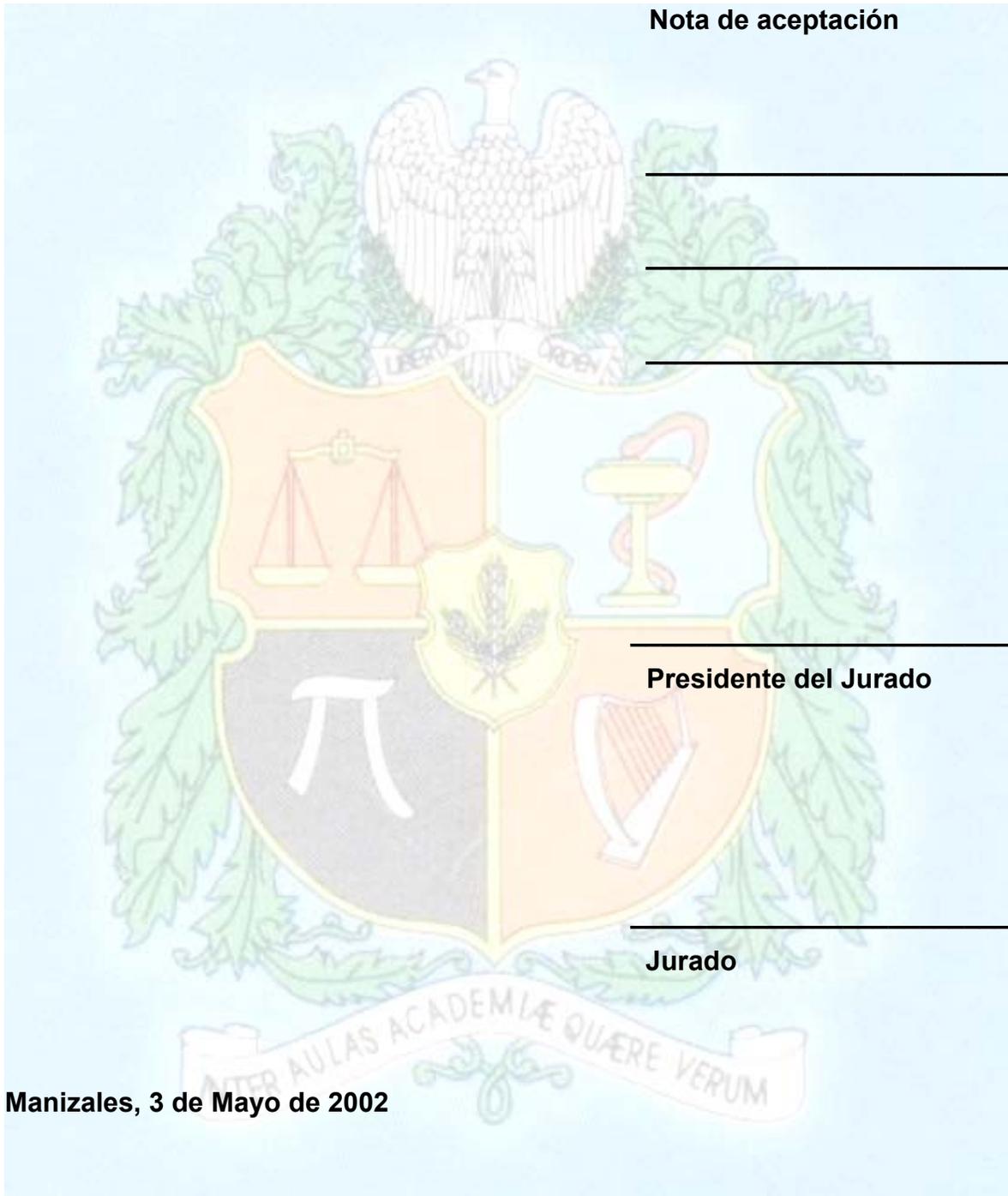
**Director:
ÁLVARO RODRÍGUEZ CALDERÓN
Ingeniero Agrícola M. Sc.**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
ESPECIALIZACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
PROGRAMA INTERFACULTADES**

MANIZALES

2002

Nota de aceptación



Presidente del Jurado

Jurado

Manizales, 3 de Mayo de 2002

CONTENIDO

	pág.
<u>INTRODUCCIÓN</u>	<u>1</u>
<u>1. MATERIALES Y MÉTODOS</u>	<u>5</u>
<u>1.1 LOCALIZACIÓN</u>	<u>5</u>
<u>1.2 MATERIAS PRIMAS</u>	<u>5</u>
<u>1.3 MATERIALES</u>	<u>5</u>
<u>1.4 EQUIPOS</u>	<u>6</u>
<u>1.5 REACTIVOS</u>	<u>6</u>
<u>1.6 METODOLOGÍA</u>	<u>7</u>
<u>1.6.1 Procedimiento de preparación de la bebida láctea.</u>	<u>7</u>
<u>1.6.1.1 Tratamiento térmico de la leche.</u>	<u>7</u>
<u>1.6.1.2 Inoculación e incubación.</u>	<u>7</u>
<u>1.6.1.3 Enfriamiento-batido.</u>	<u>8</u>

1.6.1.4	<u>Dosificación de edulcorantes.</u>	8
1.6.1.5	<u>Envasado.</u>	8
1.6.2	<u>Caracterización de la materia prima.</u>	10
1.6.3	<u>Selección del edulcorante.</u>	10
1.6.4	<u>Producción en planta piloto y seguimiento del producto.</u>	11
2.	<u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	13
2.1	<u>PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN DE LA BEBIDA LÁCTEA</u>	13
2.2	<u>CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA</u>	15
2.3	<u>SELECCIÓN DEL EDULCORANTE</u>	16
2.4	<u>PRODUCCIÓN EN PLANTA PILOTO Y SEGUIMIENTO DEL PRODUCTO</u>	22
2.5	<u>ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS</u>	26
	<u>CONCLUSIONES</u>	28
	<u>BIBLIOGRAFÍA</u>	29
	<u>ANEXOS</u>	30

LISTA DE TABLAS

pág.

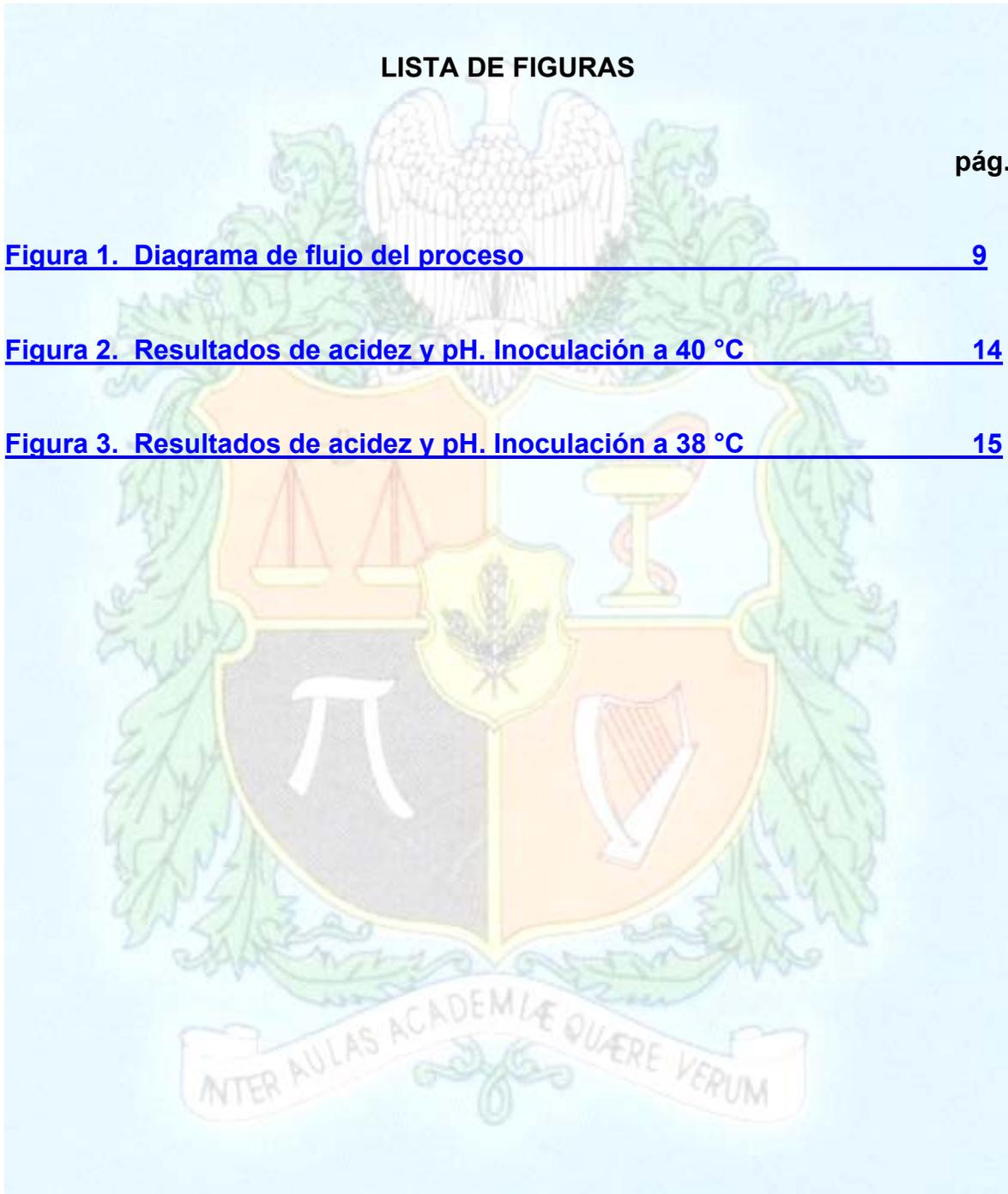
Tabla 1. pH y acidez durante la acidificación

13



LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama de flujo del proceso	9
Figura 2. Resultados de acidez y pH. Inoculación a 40 °C	14
Figura 3. Resultados de acidez y pH. Inoculación a 38 °C	15

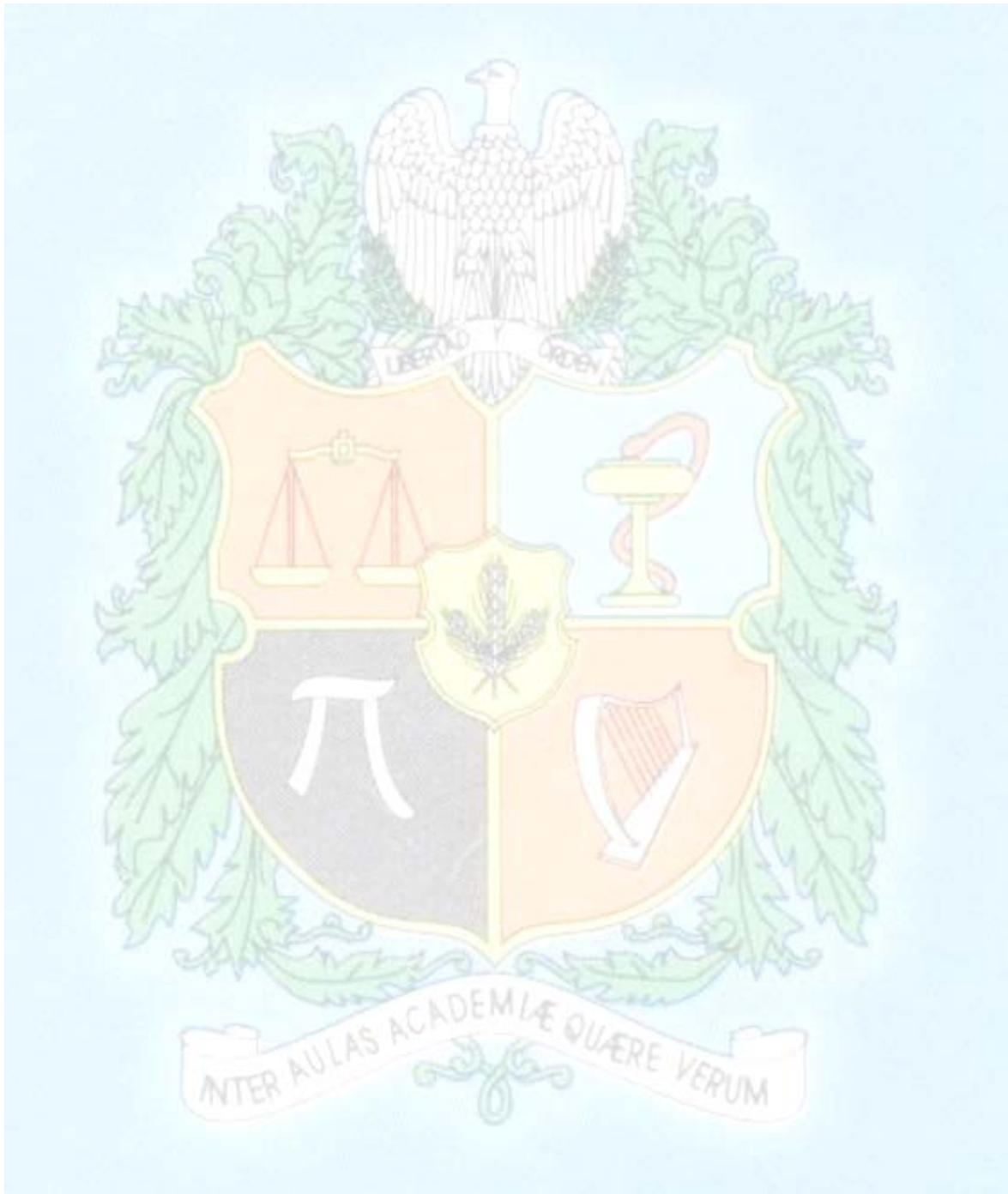


LISTA DE CUADROS

	pág.
<u>Cuadro 1. Metodologías para caracterización de leche higienizada</u>	<u>10</u>
<u>Cuadro 2. Metodología para análisis fisicoquímicos del producto final</u>	<u>11</u>
<u>Cuadro 3. Metodología para análisis microbiológicos del producto final</u>	<u>12</u>
<u>Cuadro 4. Caracterización de la materia prima</u>	<u>16</u>
<u>Cuadro 5. Dosificaciones para cada edulcorante</u>	<u>16</u>
<u>Cuadro 6. Hoja de trabajo para prueba triangular con sucralosa</u>	<u>18</u>
<u>Cuadro 7. Hoja de trabajo para prueba triangular con acesulfame K</u>	<u>19</u>
<u>Cuadro 8. Hoja de trabajo para prueba triangular con aspartame</u>	<u>20</u>
<u>Cuadro 9. Resultados de las pruebas triangulares</u>	<u>21</u>
<u>Cuadro 10. Resultados fisicoquímicos y microbiológicos del producto</u>	<u>22</u>
<u>Cuadro 11. Resultados de análisis microbiológicos de la calidad higiénica del producto</u>	<u>24</u>

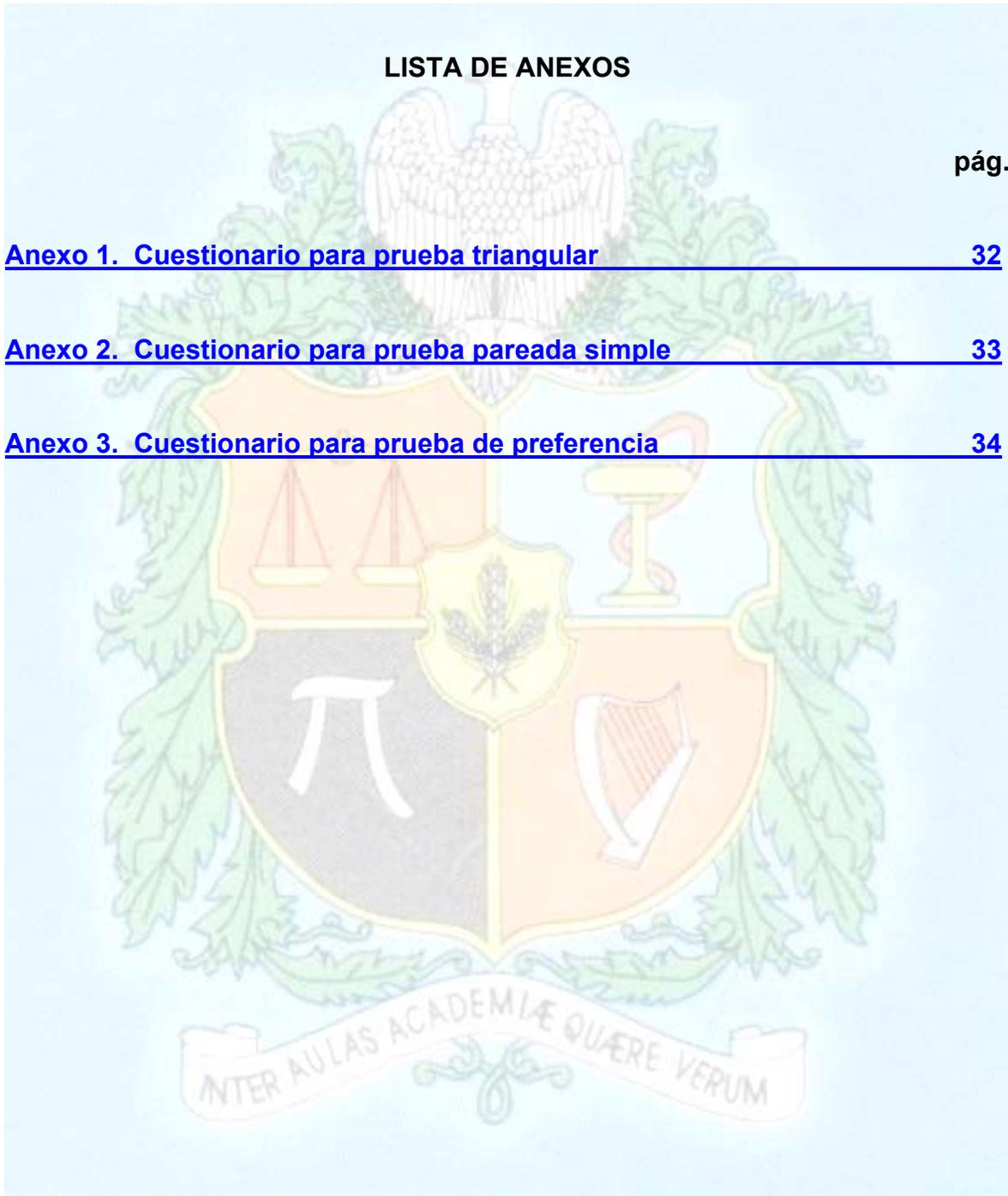
Cuadro 12. Resultados de pruebas sensoriales del producto final 25

Cuadro 13. Costo del edulcorante por kilogramo de producto 26



LISTA DE ANEXOS

	pág.
<u>Anexo 1. Cuestionario para prueba triangular</u>	<u>32</u>
<u>Anexo 2. Cuestionario para prueba pareada simple</u>	<u>33</u>
<u>Anexo 3. Cuestionario para prueba de preferencia</u>	<u>34</u>



RESUMEN

El principal objetivo de este trabajo es obtener una bebida láctea tipo yogur, usando un sustituto de sacarosa, para obtener un producto con un bajo aporte calórico, al mismo tiempo que los beneficios de un producto natural a base de leche.

El trabajo se desarrolló en dos etapas: la primera para determinar el mejor edulcorante para sustituir la sacarosa; y la segunda, una producción en planta piloto para hacer el seguimiento del producto.

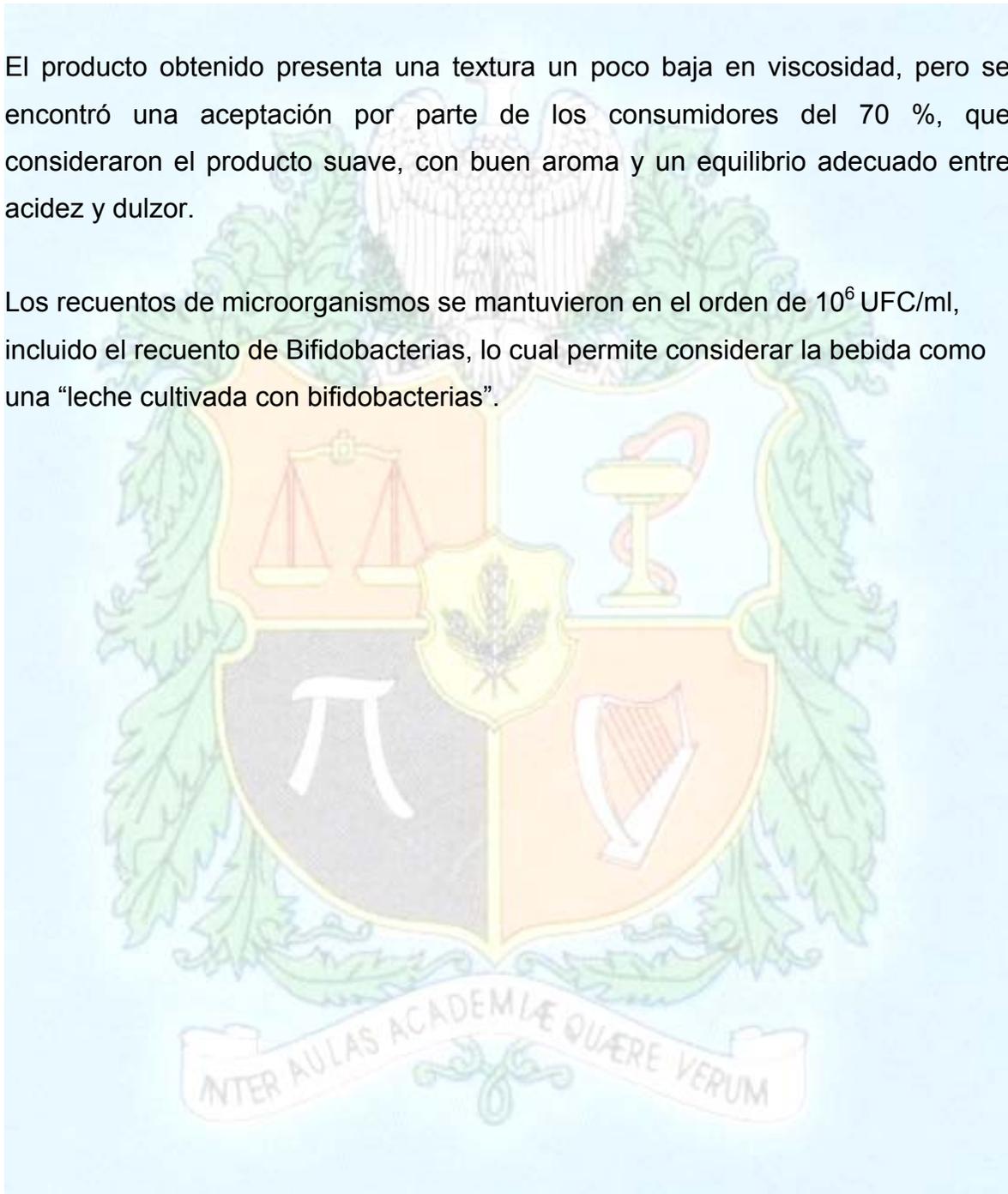
En ambas etapas, se partió de una leche semidescremada estandarizada y homogenizada, la cual se trató térmicamente a una temperatura de 85 °C durante 30 minutos. Posteriormente se inoculó con un cultivo termófilo mixto de inoculación directa DVS tipo ABT-4 que contiene *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium* sp. y *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, con el cual se buscó desarrollo de acidez a una temperatura de 38 °C durante aproximadamente 6 horas, hasta lograr un pH de 4,6. Posteriormente se sometió a un enfriamiento rápido con agitación, y se dosificaron los edulcorantes antes del envasado.

A la bebida láctea se le hicieron controles fisicoquímicos de viscosidad, pH y acidez, a los 4, 12 y 21 días después de la elaboración. Al igual que recuento microbiológico y pruebas sensoriales, éstas últimas se analizaron usando tablas específicas para tales pruebas.

El edulcorante con el que se obtuvo un dulzor cercano al de una bebida endulzada con 8 % m/v de sacarosa fue la sucralosa, con el cual se debió usar un 0,0116 % m/v.

El producto obtenido presenta una textura un poco baja en viscosidad, pero se encontró una aceptación por parte de los consumidores del 70 %, que consideraron el producto suave, con buen aroma y un equilibrio adecuado entre acidez y dulzor.

Los recuentos de microorganismos se mantuvieron en el orden de 10^6 UFC/ml, incluido el recuento de Bifidobacterias, lo cual permite considerar la bebida como una “leche cultivada con bifidobacterias”.



ABSTRACT

The main goal of this work is to produce a lactic beverage, yoghurt type, using a saccharose substitute, to obtain a low calorie product and, at the same time, the benefits of natural, milk based product.

The development had two steps: the first, to select the best edulcorant to substitute the saccharose; and the second was a pilot production to follow the behavior of the product.

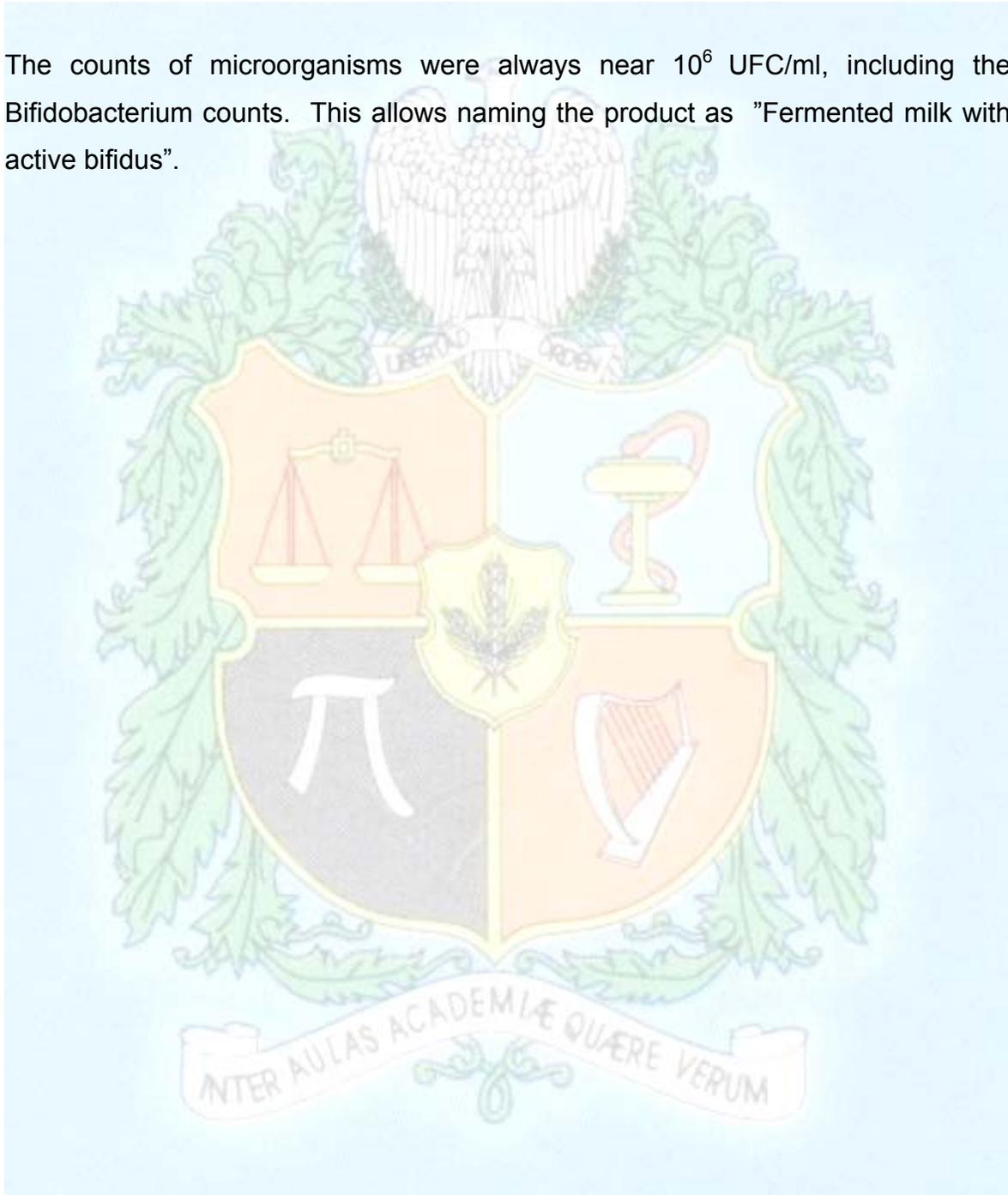
Both steps started with medium fat, standardized and homogenized milk, thermally treated at 85 °C by 30 minutes. After the thermal process, the milk was inoculated with a thermophilus isolate, DVS ABT-4 type, which contains *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium* sp. y *Streptococcus salivarius* subsp. *Thermophilus*., The development of the acidity was conducted at 38 °C for about 6 hours, until achieve a pH of 4.6. When the final point was accomplished, the fermented milk was agitated to reduce the temperature, and the edulcorants were added then.

The controls made to the dairy beverage were viscosity, pH and acidity measure, at the 4th, 11th and 21st days after production. The same with microbiological and sensory tests, using specific tables.

The edulcorant that achieve the closer sweetness to a 8% m/v saccharose beverage was the Sucralose, at a 0.0116% m/v level.

The product obtained this way was a little low on viscosity, but the acceptance was of 70%, that found the product soft, good in aroma and with adequate balance between acid and sweetness.

The counts of microorganisms were always near 10^6 UFC/ml, including the Bifidobacterium counts. This allows naming the product as "Fermented milk with active bifidus".



INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la búsqueda de alternativas diferentes en la presentación de productos lácteos es una de las prioridades para las empresas de este sector industrial. Esto debido a que el auge por consumir productos naturales cada vez aumenta, y las propiedades nutricionales de la leche y sus derivados es un gran gancho comercial, sumado a cualquier otra alternativa atractiva para el consumidor.

En general, los productores de bebidas lácteas trabajan con sacarosa como edulcorante. Pero en éste momento existe un auge comercial por los productos bajos en calorías o no calóricos, no sólo pensando en la parte estética, sino también en la parte de salud.

Dentro de los edulcorantes con bajos aportes calóricos que se han venido usando como sustitutos totales o parciales de la sacarosa en la industria de productos lácteos, específicamente bebidas tipo yogur, se ha trabajado con sucralosa, acesulfame K y aspartame.

Dentro de las ventajas de la sucralosa [\(1\)](#) esta el hecho de ser un producto obtenido directamente de la molécula de sacarosa mediante un proceso de múltiples pasos que reemplaza selectivamente 3 grupos hidroxilos por tres átomos de cloro.

Su poder edulcorante esta entre 400 y 750 veces el de la sacarosa dependiendo de la aplicación. Específicamente para yogures la dosificación recomendada es

de 0,010 % a 0,023 % m/v. Su gran estabilidad en un amplio rango de pH en el producto final y en el proceso (2,0 a 8,0), excelente rango de temperatura (-18 °C a 210 °C), compatibilidad con ácidos y estabilizantes y el hecho de no ser metabolizada por microorganismos en sistemas de fermentación, le da grandes ventajas comparativas en este tipo de productos.

El acesulfame K [\(2\)](#) es un edulcorante con un sabor dulce rápidamente perceptible. Comparado con soluciones al 3 % de sacarosa, es aproximadamente 200 veces más dulce. Es estable a la temperatura y ha sido aplicado en numerosos productos entre los cuales están los yogures (se ha usado mezclado con aspartame), los cuales han sido sometidos a pasteurización y esterilización, sin presentar inestabilidad o descomposición. Además no se encontró que fuera atacado por las bacterias acidolácticas. Este producto no es metabolizado por el cuerpo por lo tanto no tiene un aporte calórico.

Finalmente, el aspartame [\(3\)](#) es un compuesto formado por dos aminoácidos naturales (ácido aspártico y la fenilalanina), que son componentes de las proteínas, idénticos a los contenidos en forma natural en alimentos tales como carne, verduras, productos lácteos y cereales.

El poder edulcorante es de hasta 160 a 220 veces más que la sacarosa [\(2\)](#), y a pesar de que su aporte calórico es de 4 calorías por gramo, las cantidades usadas garantizan que dicho aporte sea casi nulo; además, se ha comprobado que las esterasas y peptidasas del aparato gastrointestinal lo metabolizan en tres componentes dietéticos naturales: los aminoácidos ácido aspártico, fenilalanina y el metanol [\(4\)](#). Su capacidad para fortalecer y extender sabores frutales le convierte en un ingrediente ideal para yogures y bebidas frutales [\(3, 4, 5\)](#).

Es usado en la producción de yogur, sin presentar inconvenientes por los bajos niveles de pH, ya que presenta buena estabilidad en un rango de 3 a 5. Su

solubilidad en productos con leche, aumenta a medida que la temperatura aumenta y el pH se aleja de 5 [\(2\)](#).

Para su uso en bebidas lácteas la sacarosa es reemplazada por jugos de frutas y también se usan estabilizantes para lograr el cuerpo de un yogur [\(2\)](#).

De otro lado, los productos lácteos fermentados, como se sabe, se caracterizan porque obtienen su acidez y textura típica debido a una fermentación láctica unida a una producción de aroma.

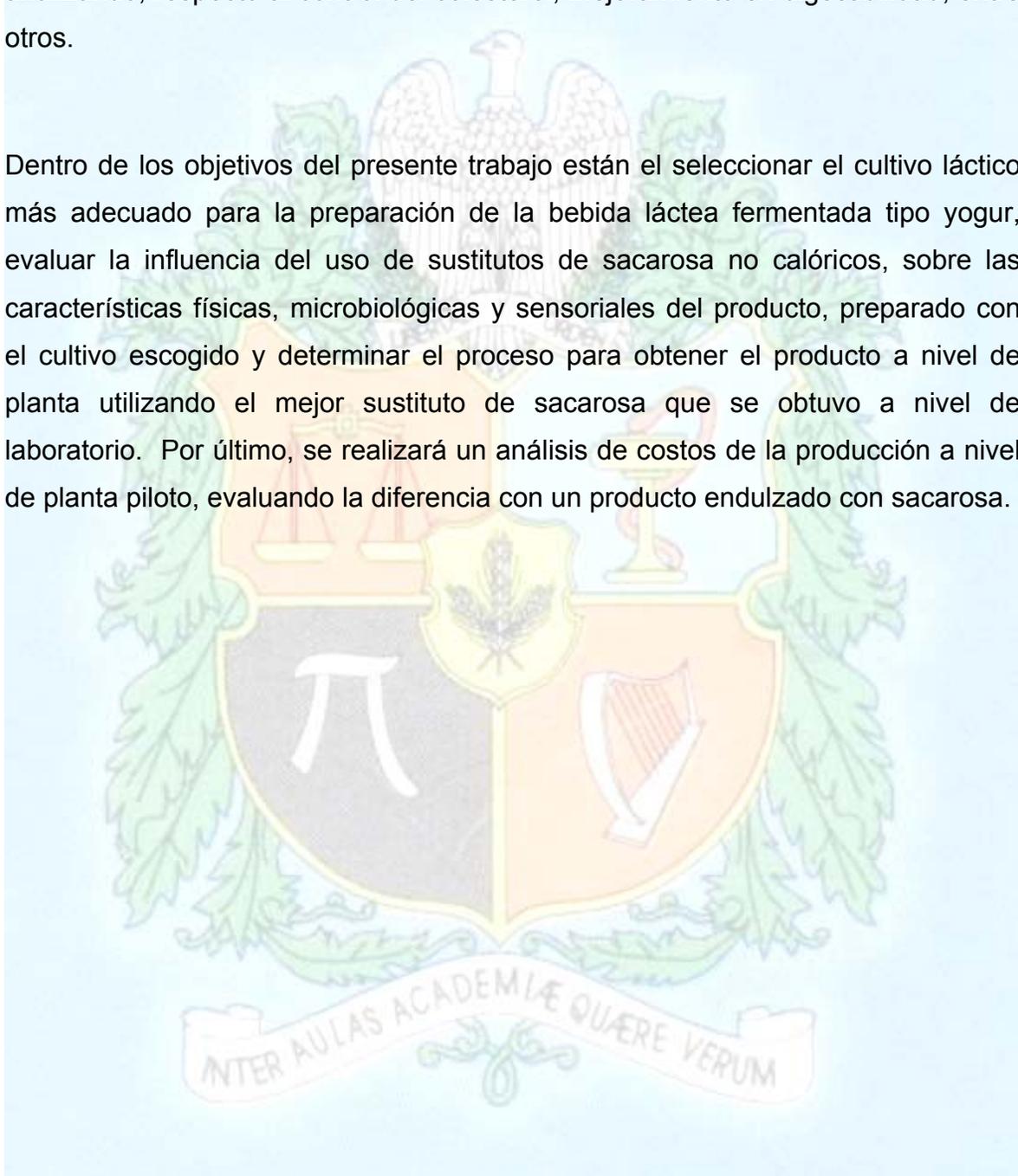
Dicha fermentación es llevada a cabo por especies y combinaciones de especies de bacterias lácticas acidificantes que tienen como característica común la producción de ácido láctico como el principal producto final del metabolismo y, aunque en menor cantidad, a otros ácidos orgánicos y sustancias aromáticas (diacetilo y acetaldehído). Además, este proceso provoca la coagulación de las proteínas, lo que facilita su aprovechamiento en reacciones de proteólisis.

En el campo de las bebidas lácteas, se ha mostrado gran interés por el uso de los cultivos probióticos. Estas preparaciones de microorganismos vivos benefician al huésped confiriéndole propiedades similares a la microflora intestinal. Dentro de éste grupo de microorganismos que presentan estas características, los más comúnmente usados son los *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* [\(5\)](#).

Lo que diferencia a los cultivos probióticos de los otros cultivos tradicionales es que los primeros viven en el tracto intestinal y por lo tanto tienen la capacidad de resistir la acidez natural del estómago y las sales biliares y al llegar al intestino se adhieren a la mucosa. Los segundos, por no ser habitantes de nuestro organismo, no resisten las condiciones ácidas y el porcentaje que alcanzan al llegar al colon es muy bajo [\(6\)](#).

Con este estudio se busca esa alternativa adicional, ya que si se logra que la bebida láctea mantenga viables los microorganismos y que puedan llegar al consumidor, se obtendrían los beneficios que diferentes estudios han venido analizando, respecto al control del colesterol, mejoramiento en digestibilidad, entre otros.

Dentro de los objetivos del presente trabajo están el seleccionar el cultivo láctico más adecuado para la preparación de la bebida láctea fermentada tipo yogur, evaluar la influencia del uso de sustitutos de sacarosa no calóricos, sobre las características físicas, microbiológicas y sensoriales del producto, preparado con el cultivo escogido y determinar el proceso para obtener el producto a nivel de planta utilizando el mejor sustituto de sacarosa que se obtuvo a nivel de laboratorio. Por último, se realizará un análisis de costos de la producción a nivel de planta piloto, evaluando la diferencia con un producto endulzado con sacarosa.



1. MATERIALES Y MÉTODOS

1.1 LOCALIZACIÓN

El proyecto se desarrolló en los laboratorios de procesos de la Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales. Además se contó con la colaboración de los laboratorios de Celema S. A., para la caracterización de la leche, y el laboratorio de microbiología de alimentos INGECAL, Instituto de Gestión de la Calidad Agroalimentaria de la Universidad Católica de Manizales para los análisis microbiológicos.

1.2 MATERIAS PRIMAS

Leche semidescremada

Acesulfame K

Aspartame

Sucralosa

Sacarosa

Cultivo láctico termófilo mixto (*Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium sp.* y *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*) de inoculación directa (DVS), tipo ABT – 4, producido por CHR Hansen's

1.3 MATERIALES

Canecas

Baldes

Agitador metálico
Recipientes de icopor con tapa
Papel cristal
Papel aluminio
Cinta de enmascarar
Mechero
Pipetas
Bureta
Soporte universal
Erlenmeyer
Beaker
Probetas
Cajas de Petri

1.4 EQUIPOS

Marmita
Termómetro digital
Balanza analítica
Nevera
Potenciómetro
Viscosímetro Brookfield DV III
Titulador automático Titrino Metrohm 702
Autoclave
Incubadora
Cuenta colonias
Cámara de anaerobiosis
Microscopio
Cámara de microaerofilia



1.5 REACTIVOS

Agua destilada

Agar MRS

Anaerocult C (MERCK)

Plate Count

Caldo Fluorocult LMX Bovillon (MERCK)

Agar YGC (MERCK)

Reactivo de Kovac's

Solución de hidróxido de sodio

Fenolftaleína

1.6 METODOLOGÍA

El desarrollo del trabajo se realizó en dos partes: la primera con el fin de determinar la dosificación de cada uno de los 3 edulcorantes seleccionados (sucralosa, acesulfame K y aspartame) y escoger el mejor, y la segunda para determinar un procedimiento al nivel de planta piloto y hacer seguimiento de las características fisicoquímicas del producto final y de la viabilidad de los microorganismos.

1.6.1 Procedimiento de preparación de la bebida láctea.

El procedimiento para la preparación de la bebida láctea, fue el siguiente:

1.6.1.1 Tratamiento térmico de la leche. Se partió de una leche semidescremada, que ya había sido estandarizada, homogenizada y caracterizada en Celema S.A. Se trataron 10 L, llevándolos hasta 85 °C y manteniéndolos así por espacio de 30 minutos. Se mantuvo una agitación suave y constante.

1.6.1.2 Inoculación e incubación. La leche ya tratada térmicamente se llevó hasta 38 °C.

Posteriormente se adicionó el cultivo a la leche, se disolvió con agitación, luego se tapó y se dejó en reposo. La caneca con la leche, se dejó dentro de una marmita enchaquetada que se llenó con agua, a manera de baño maría para mantener la temperatura de incubación. Usando vapor en la chaqueta de manera intermitente, el agua se mantuvo a la temperatura requerida.

Para el seguimiento de la temperatura se hizo uso de un termómetro digital. Estas condiciones se mantuvieron hasta lograr un pH de aproximadamente de 4,6.

Durante el proceso de elaboración se hizo seguimiento de acidez (titulación con NaOH 0,1 N) y pH (potenciómetro) para determinar el punto final de la acidificación.

1.6.1.3 Enfriamiento-batido. Después de alcanzar el pH esperado, se bajó la temperatura con un baño de agua con hielo hasta aproximadamente 15 °C, al mismo tiempo que se realizó el batido para romper el coágulo y homogenizar el yogur. Este batido se ejecutó manualmente para evitar un trabajo mecánico excesivo que pudiera afectar la textura del producto final y la viabilidad de los microorganismos.

1.6.1.4 Dosificación de edulcorantes. Se trabajó con sucralosa, acesulfame K y aspartame como los sustitutos de la sacarosa. Las pruebas organolépticas se hicieron comparando los productos con los diferentes sustitutos contra una bebida endulzada con 8 % m/v de sacarosa.

1.6.1.5 Envasado. Se envasó el producto en recipientes de icopor debidamente tapados. Cada uno de los recipientes se marcó debidamente y se guardó refrigerado a 4 °C. De allí se tomaron las muestras tanto para análisis microbiológicos, como fisico-químicos (viscosidad, acidez y pH), los cuales se realizaron a los 4, 12 y a los 21 días. También se empacaron de igual manera las

muestras para los paneles de degustación (pruebas triangulares y de aceptación de consumidores).

El diagrama de flujo está en la [Figura 1](#).

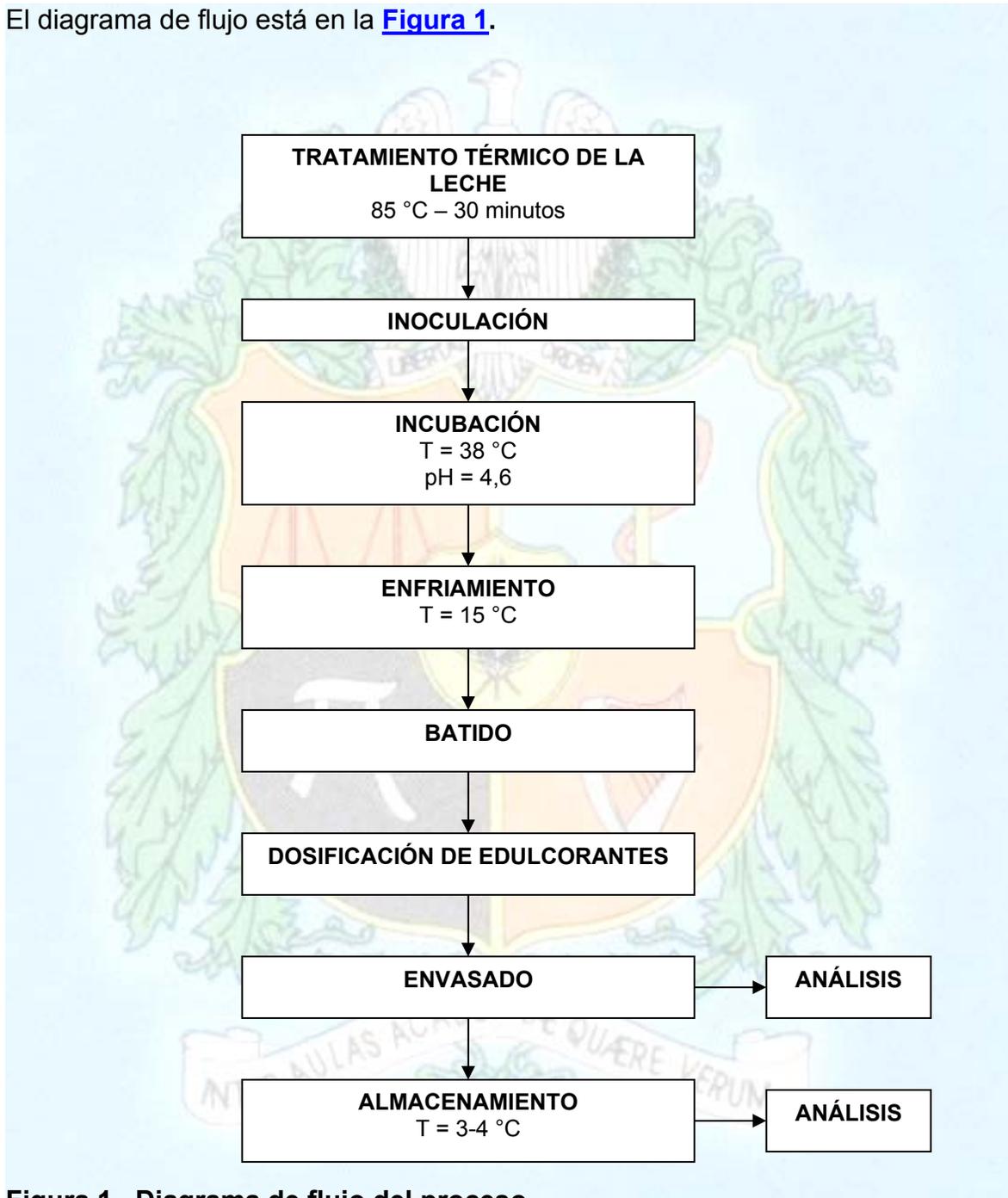


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso

1.6.2 Caracterización de la materia prima. Los métodos empleados para la caracterización de la materia prima se muestran en el [Cuadro 1](#):

Cuadro 1. Metodologías para caracterización de leche higienizada

Característica	Método	Parámetro *
Termoestabilidad	Prueba de alcohol	Negativo
Acidez	Titulación	0,14 a 0,19 % de ácido láctico
Densidad	Lactodensímetro	1,0310 a 1,0335 g./ml
Materia Grasa	Método de Gerber	1,5 % a 2,0 % m/m.
Extracto seco desengrasado ESD **	Fórmula de Richmond**	Mínimo 8,3 % m/m
Extracto seco total ES ***	Fórmula de Fleischmann***	Mínimo 9,8 % m/m
Índice crioscópico (°C)	Sistema de congelación	- 0,54 °C ± ,01 °C
Neutralizantes	Reacción química	Negativo
Apariencia	Organolépticas	Sabor y color normal

* Fuente: [\(8\)](#)

** [\(8\)](#) Fórmula para el cálculo de sólidos no grasos

$$\%ESD = \{250 * (D - 1)\} + \{0,2 * G\} + 0,14$$

*** [\(7\)](#) Fórmula de Fleischmann

$$\%ST = \{1,2 * \% MG\} + \{266,5 * (\rho_{15\text{ °C}} - 1) / \rho_{15\text{ °C}}\}$$

1.6.3 Selección del edulcorante. Para la determinación de la dosificación de cada uno de los edulcorantes a evaluar (sucralosa, acesulfame K y aspartame), se realizaron pruebas al nivel del laboratorio, basándose en las recomendaciones teóricas de poder edulcorante de cada uno de ellos [\(1, 2, 3\)](#),

y haciendo ajustes en caso de ser necesario. Para dichos ajustes se comparó contra un patrón de bebida endulzada con 8 % de sacarosa.

Posteriormente se realizaron pruebas triangulares evaluando cada una de las posibilidades contra la bebida patrón con sacarosa. Dichos paneles se realizaron a las 24 horas de prepararse la bebida láctea, después de haber sido refrigerada a 4 °C. El cuestionario usado se puede ver en el [Anexo 1](#). El panel era un panel piloto que contaba con 6 panelistas semi-entrenados.

Para la interpretación de la prueba se usaron las tablas para interpretación de resultados de pruebas triangulares [\(9\)](#). En la tabla se encuentra para el número de jueces que participan en una prueba, el número mínimo de respuestas correctas para establecer diferencia estadísticamente significativa.

1.6.4 Producción en planta piloto y seguimiento del producto. Después de determinar que la sucralosa era la mejor opción como sustituto de la sacarosa, se preparó una bebida láctea siguiendo el procedimiento descrito anteriormente. También se prepararon patrones endulzados con sacarosa.

A la bebida láctea se le realizaron análisis fisicoquímicos a los 4, 12 y 21 días de elaboración. Los métodos usados se muestran en el [Cuadro 2](#):

Cuadro 2. Metodología para análisis fisicoquímicos del producto final

Análisis	Método
pH	Potenciométrico
Acidez	Titulación
Viscosidad	Viscosímetro Brookfield DV III

Además, se realizaron los análisis de viabilidad de los microorganismos con siembras en placa profunda. Los métodos se muestran en el [Cuadro 3](#):

Cuadro 3. Metodología para análisis microbiológicos del producto final

Microorganismo	Medio de cultivo	Temperatura y tiempo de incubación	Condiciones de incubación
<i>L. acidophilus</i>	Agar MRS	37 °C por 48 horas	Microaerofilia
<i>Bifidobacterium sp.</i>	Agar MRS	37 °C por 48 horas	Anarobiosis
<i>S. thermophilus</i>	Agar MRS	37 °C por 48 horas	Aerobiosis

Fuente: [\(10\)](#)

También se hicieron pruebas de coliformes totales y fecales, con caldo fluorocult LMX Bovillon (MERCK), y hongos y levaduras con agar YGC [\(8\)](#).

Finalmente, con dos pruebas de consumidores, con un total de 30 panelistas se evaluó lo siguiente: con una prueba pareada simple se buscó determinar si había diferencia entre una bebida endulzada con sacarosa y la bebida con sucralosa, evaluando la viscosidad; y con una prueba de preferencia para consumidores, evaluar la aceptación del producto. Los cuestionarios empleados se muestran en los [Anexos 2 y 3](#).

Para las dos pruebas se usó una Tabla de significancia para pruebas de dos muestras [\(9\)](#). Para la pareada simple buscando el número mínimo de respuestas correctas necesario para establecer diferencia significativa (Una cola) y para la prueba de preferencia de consumidores, se analizó el número mínimo de respuestas coincidentes necesario para establecer diferencia significativa (Una cola) [\(9\)](#). Ambas con un nivel de significancia del 5 %.

2. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

2.1 PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN DE LA BEBIDA LÁCTEA

Durante los tres procesos de elaboración que se realizaron, se hizo el seguimiento de pH y acidez, hasta lograr un pH de aproximadamente 4,6. Los resultados fueron los siguientes:

Tabla 1. pH y acidez durante la acidificación

Tiempo (horas)	Incubación a 40 °C		Incubación a 38 °C	
	Acidez (% ácido láctico)	pH	Acidez (% ácido láctico)	pH
0	0,180	6,57	0,180	6,65
1	0,189	6,50	0,189	6,62
2	0,234	6,24	0,216	6,60
3	0,369	5,58	0,297	5,94
4	0,558	5,00	0,513	5,25
5	0,666	4,70	0,648	4,78
5,5	0,675	4,55	-	-
6	-	-	0,675	4,66
6,5	-	-	0,684	4,55

La diferencia en la temperatura de incubación, se debió a que la temperatura óptima de incubación de las Bifidobacterias esta entre 35 y 38 °C [\(6\)](#), y el objetivo que se persigue es mantener estos microorganismos viables y abundantes, para acogernos a las normas legales [\(8\)](#).

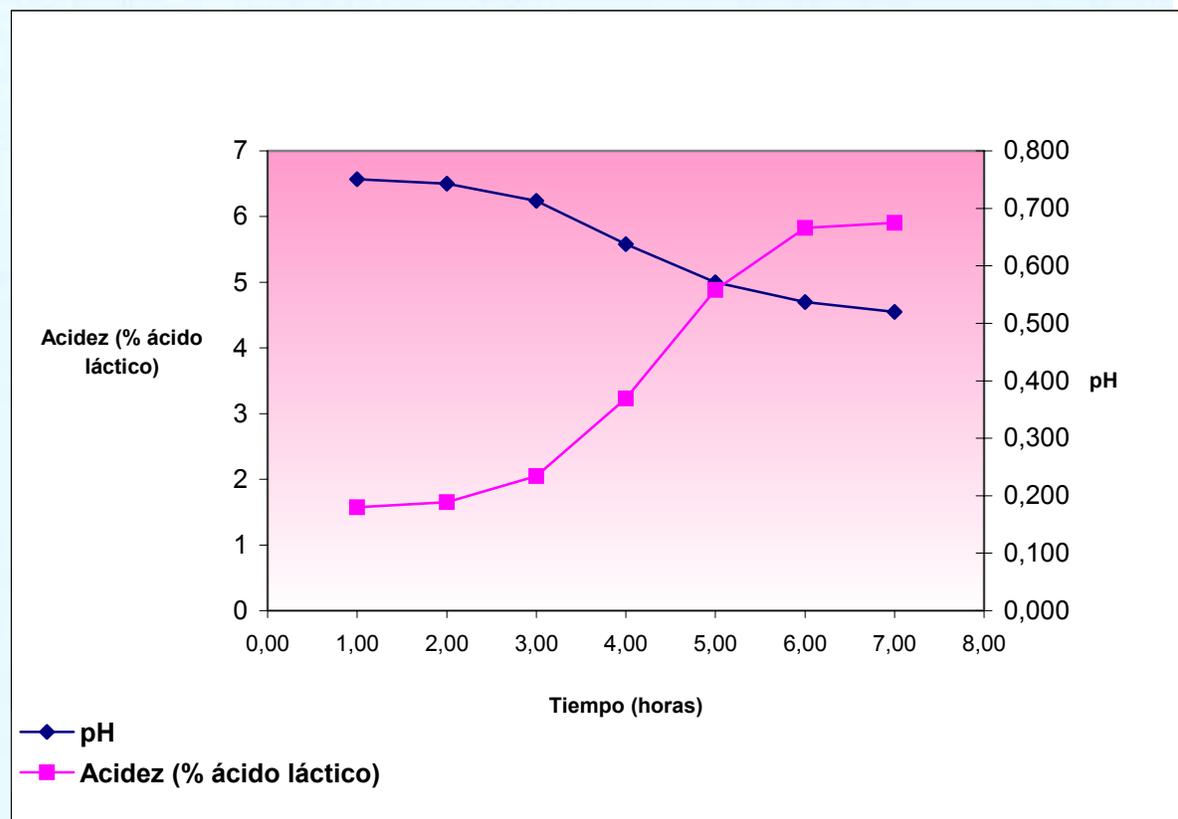
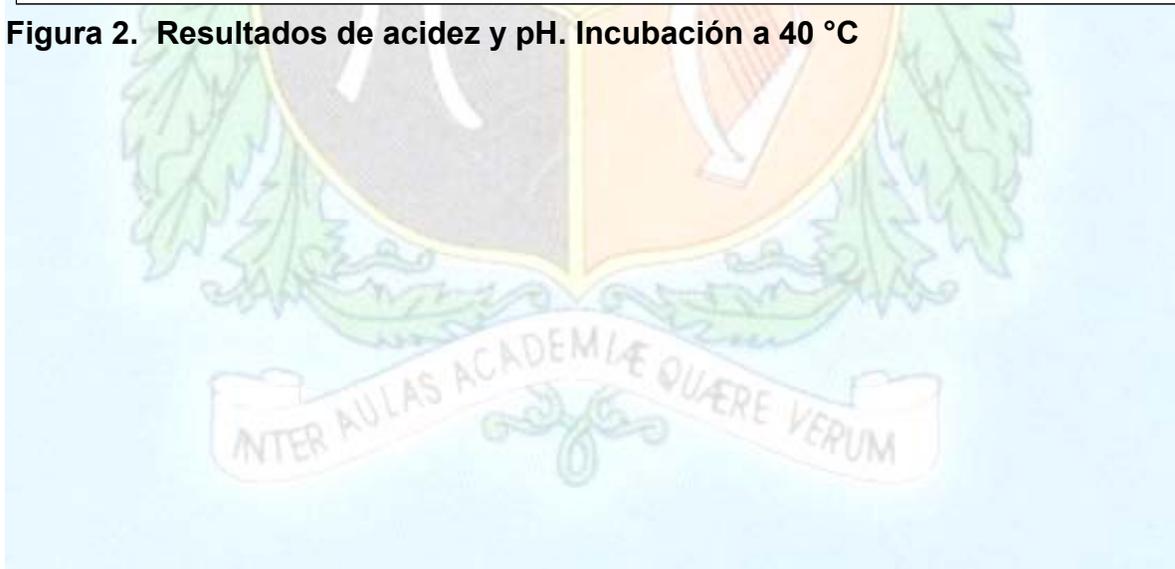


Figura 2. Resultados de acidez y pH. Incubación a 40 °C



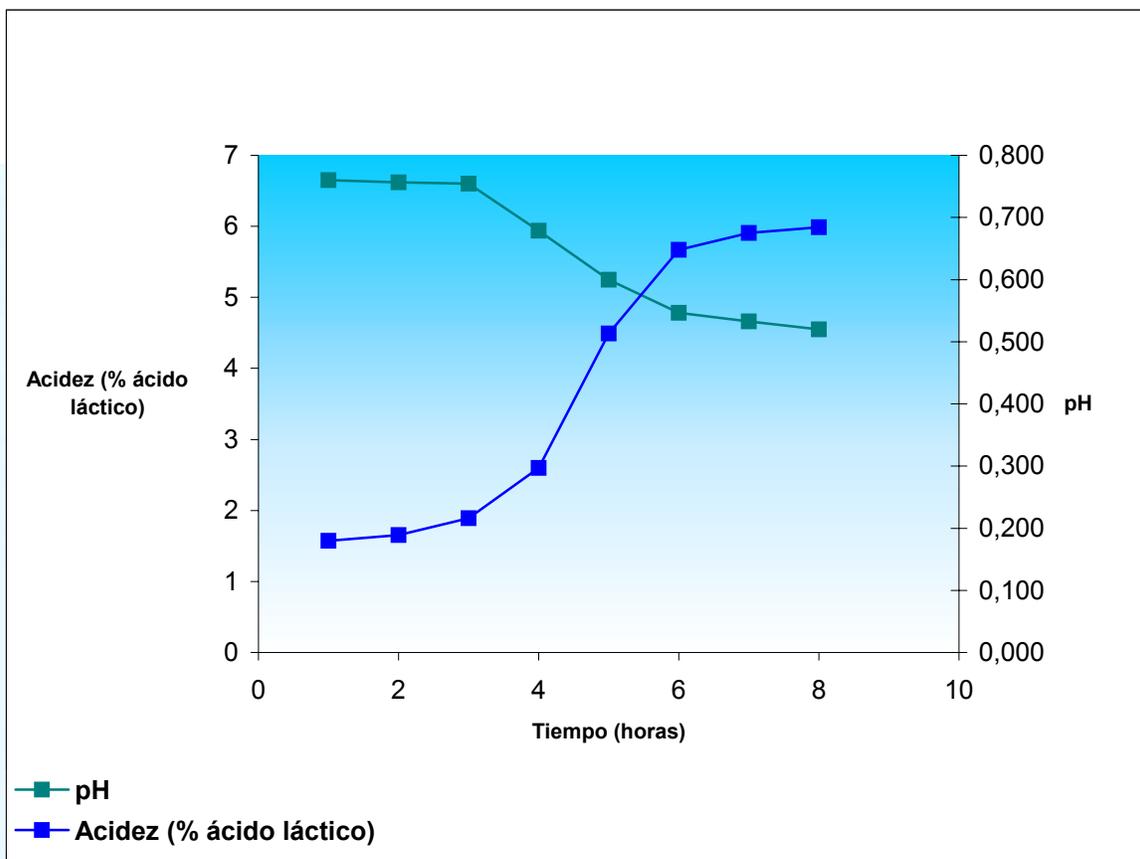


Figura 3. Resultados de acidez y pH. Incubación a 38 °C

Como se observa en las [Figuras 2 y 3](#), el tiempo para llevar al pH a 4,6, fue más corto para el tratamiento con 40 °C (5,5 horas) que para 38 °C (6,5 horas), debido a que el desarrollo de acidez que llevan a cabo el *St. thermophilus*, se beneficia con temperaturas entre 40-44 °C y el *L. acidophilus* con temperaturas entre 37-42 °C [\(6\)](#).

Sin embargo, el producto obtenido en el segundo tratamiento presenta una textura más suave, sin sinéresis y con un aroma levemente más agradable. Además, como se analizará más adelante se logró el objetivo de mantener las bifidobacterias viables en el producto final.

2.2 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

Los resultados de la caracterización de la leche semidescremada en las dos pruebas fueron los que se muestran en el siguiente [cuadro](#):

Cuadro 4. Caracterización de la materia prima

Parámetro	Primera Prueba	Segunda Prueba
Termoestabilidad	Negativo	Negativo
Acidez (% de ácido láctico)	0,15	0,15
Densidad (g./ ml a 15 °C)	1,0315	1,033
Materia Grasa (% m/m)	1,8	1,8
Extracto seco desengrasado ESD (% m/m)	8,375	8,750
Extracto seco total ES (% m/m)	10,298	10,674
Índice crioscópico (°C)	- 0,544	- 0,540
Neutralizantes	Negativo	Negativo
Sabor y color	Normal	Normal

Todos los parámetros cumplen con las especificaciones para una leche higienizada semidescremada [\(8\)](#).

2.3 SELECCIÓN DEL EDULCORANTE

Las dosificaciones de los edulcorantes empleados se encuentran en el [Cuadro 5](#).

Cuadro 5. Dosificaciones para cada edulcorante.

Edulcorante	% recomendado (m/v)	% encontrado (m/v)
Sacarosa	7,0 a 12,0	8,0000
Sucralosa	0,010 a 0,023	0,0116
Acesulfame K	0,038 a 0,042	0,0608
Aspartame	0,036 a 0,050	0,0280

Los parámetros teóricos recomendados según el poder edulcorante de cada uno, se encuentran en el [Cuadro 5 \(1, 2, 3\)](#).

Se puede observar que lo encontrado para la sucralosa se ajusta a lo recomendado. Esto posiblemente a que se parte de una recomendación muy específica para bebidas lácteas [\(1\)](#).

En el caso del acesulfame K se trabajó con un porcentaje por encima del recomendado para lograr la mayor proximidad en el dulzor, comparando contra un patrón con 8 % de sacarosa. El parámetro de 0,038 a 0,042 %, se basa en comparaciones con soluciones al 3 % de sacarosa, por esta razón es posible que en este caso lo encontrado no coincida con lo recomendado teóricamente [\(2\)](#).

Para el aspartame la dosificación encontrada esta por debajo del rango recomendado. Uno de los parámetros que es importante considerar en este caso es que la solubilidad de este edulcorante en productos con leche, aumenta a medida que la temperatura aumenta y el pH se hace más ácido (cercano a 2) [\(3\)](#), y dicha solubilidad es una característica importante en el momento de buscar similitud en dulzor por medios sensoriales.

Con las dosificaciones determinadas, se realizaron pruebas triangulares con un panel semi-entrenado de 6 personas.

La hoja de trabajo fue la siguiente:

Sucralosa:

Muestra A: Sucralosa

Muestra B: Sacarosa

Cuadro 6. Hoja de trabajo para prueba triangular con sucralosa

Degustador	Patrón de degustación	Acierto	
		SI	NO
1	ABB	X	
2	AAB		X
3	ABA	X	
4	BAA		X
5	BBA		X
6	BAB		X

$H_0 : A = B$

$H_1 : A \neq B$

$n = 6$

n_0 esperado = 5

n_0 encontrado = 4

Acesulfame K:

Muestra A: Sacarosa

Muestra B: Acesulfame K

INTER AULAS ACADEMIE QUERE VERUM

Cuadro 7. Hoja de trabajo para prueba triangular con acesulfame K

Degustador	Patrón de degustación	Acierto	
		SI	NO
1	ABB		X
2	AAB	X	
3	ABA	X	
4	BAA	X	
5	BBA	X	
6	BAB	X	

$H_0: A = B$

$H_1: A \neq B$

$n = 6$

n_0 esperado = 5

n_0 encontrado = 1

Aspartame:

Muestra A: Sacarosa

Muestra B: Aspartame

INTER AULAS ACADEMIE QUERE VERUM

Cuadro 8. Hoja de trabajo para prueba triangular con aspartame

Degustador	Patrón de degustación	Acierto	
		SI	NO
1	ABB		X
2	AAB	X	
3	ABA	X	
4	BAA	X	
5	BBA		X
6	BAB	X	

$H_0: A = B$

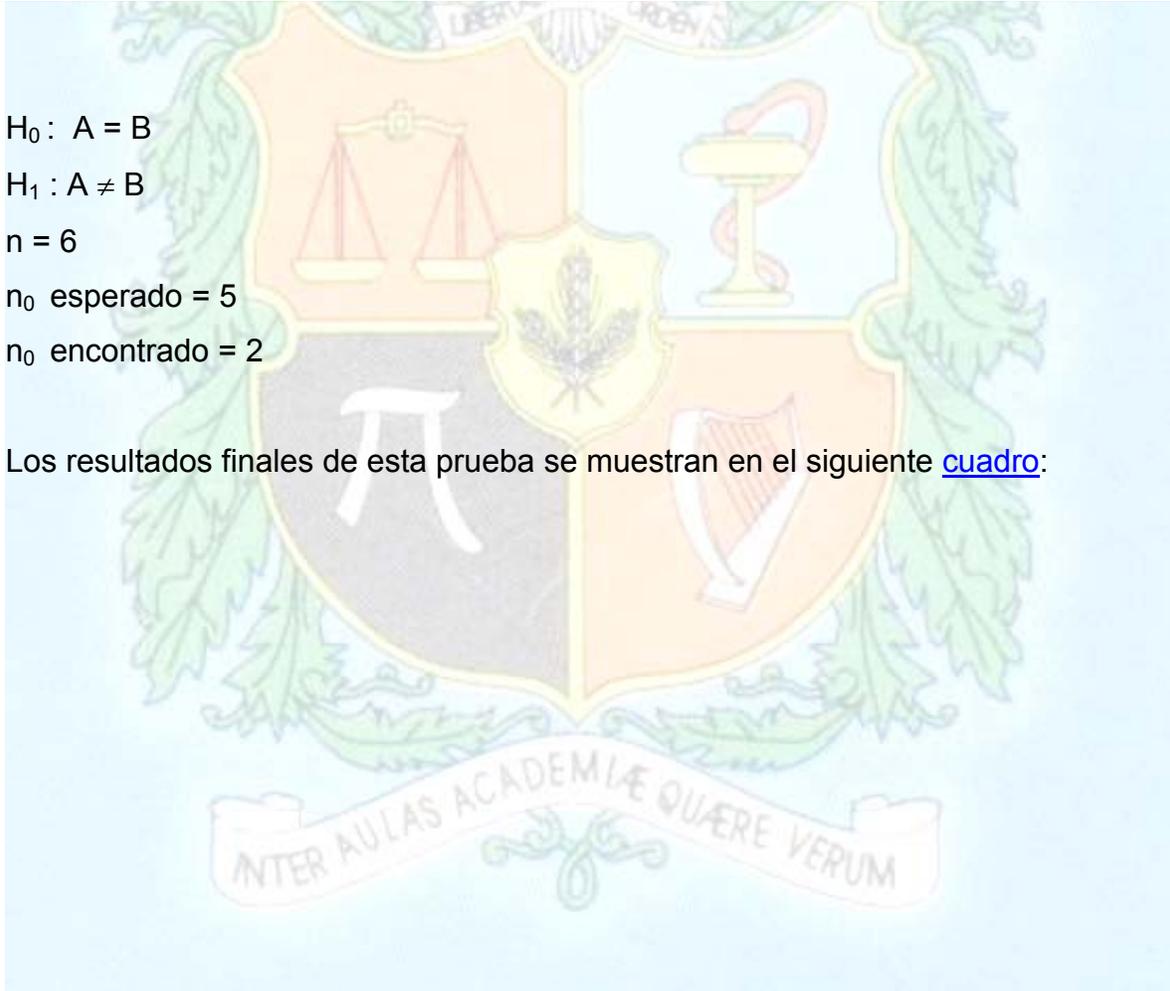
$H_1: A \neq B$

$n = 6$

n_0 esperado = 5

n_0 encontrado = 2

Los resultados finales de esta prueba se muestran en el siguiente [cuadro](#):



Cuadro 9. Resultados de las pruebas triangulares

Prueba	Conclusión estadística	% personas que consideraron iguales	Observaciones
Sucralosa	Si hay diferencia estadísticamente significativa	66,6	La diferencia la definieron una por arenosidad y la otra por dulzor un poco menor, ambos en la muestra con la sucralosa
Acesulfame K	Si hay diferencia estadísticamente significativa	16,7	Todos coinciden en percibir un sabor metálico o amargo desagradable en el producto endulzado con Acesulfame K
Aspartame	Si hay diferencia estadísticamente significativa	33,3	La diferencia la encontraron por: una encuentra el ensayo más dulce que el patrón con sacarosa, y las otras 3 encuentran el ensayo menos dulce que el patrón con sacarosa

En general se observa que las dosificaciones que se encontraron para cada caso eran relativamente correctas, ya que en las observaciones manifiestan que casi no se percibe diferencia en cuanto a dulzor para el ensayo con sucralosa, o que por lo menos eran contradictorios los comentarios cuando se trataba de aspartame. Por otra parte, se ha observado según estudios [\(2\)](#), que cuando se usan altas concentraciones de acesulfame K, es posible que se lleguen a presentar sabores amargos en los productos, lo cual se presentó en este caso.

Analizando los datos anteriores se toma la decisión de trabajar con sucralosa, ya que a pesar de encontrarse diferencia estadísticamente significativa en todos, en este caso sólo una respuesta liga la diferencia al dulzor.

2.4 PRODUCCIÓN EN PLANTA PILOTO Y SEGUIMIENTO DEL PRODUCTO

Los análisis fisicoquímicos y de viabilidad de microorganismos se realizaron a los 4, 12 y 21 días de producción. Los resultados fueron los siguientes:

Cuadro 10. Resultados fisicoquímicos y microbiológicos del producto

Análisis Fisicoquímicos						
	4 días		12 días		21 días	
	Sacarosa	Sucralosa	Sacarosa	Sucralosa	Sacarosa	Sucralosa
Viscosidad (cP)	313	432	499	607	608	705
Acidez (% ácido láctico)	0,757	0,783	0,765	0,790	0,786	0,794
pH	4,06	4,04	4,11	4,12	4,06	4,07
Bacterias viables en el producto final (UFC/ml)						
	4 días		12 días		21 días	
	Sacarosa	Sucralosa	Sacarosa	Sucralosa	Sacarosa	Sucralosa
<i>Lb. acidophilus</i>	94 x 10 ⁶	40 x 10 ⁶	30 x 10 ⁶	26 x 10 ⁶	10 x 10 ⁶	13 x 10 ⁶
<i>Bifidobacteriun sp.</i>	86 x 10 ⁶	21 x 10 ⁶	56 x 10 ⁶	18 x 10 ⁶	24 x 10 ⁶	17 x 10 ⁶
<i>St. thermophilus</i>	50 x 10 ⁶	35 x 10 ⁶	46 x 10 ⁶	30 x 10 ⁶	31 x 10 ⁶	20 x 10 ⁶

La viscosidad es mayor en el producto endulzado con sucralosa, que en el producto endulzado con sacarosa. Por otra parte, la viscosidad en ambos productos fue aumentando paulatinamente durante el almacenamiento en la

cadena de frío. Este aumento paulatino se debe a que durante este período se producen distintos galactooligosacáridos (6), que contribuyen a conferirle la textura característica a las bebidas lácteas. El hecho de que la sucralosa no tenga ningún tipo de reacción con otras sustancias, favorece una mayor producción de estos componentes, por lo que la bebida endulzada con ella presenta mayor viscosidad (1).

En cuanto al comportamiento de la acidez, se observa también que el producto con sacarosa presentó un menor aumento del % ácido láctico durante el almacenamiento, lo cual pudo presentarse por el efecto inhibitor sobre los microorganismos, de la concentración usada de este edulcorante respecto a la de sucralosa.

Sin embargo, ambos productos cumplen con la acidez establecida para las bebidas cultivadas con *Bifidobacterium*, que debe mantenerse entre 0,6 y 1,5 % ácido láctico (8).

Analizando los resultados microbiológicos se observa una disminución poco perceptible en el recuento de *St. thermophilus*, lo cual se ha demostrado en otras investigaciones cuando se manejan producto almacenados a 4 °C (6).

En cuanto a la población de *Lb. acidophilus* y bifidobacterias, se presentó una disminución en el recuento inicial, pero al final del proceso de almacenamiento tendió a equilibrarse, tanto en el producto con sacarosa como en el producto con sucralosa.

Los recuentos del producto con sacarosa, siempre estuvieron por encima de los recuentos del producto con el sustituto. Sin embargo, el primer producto presentó unas disminuciones bruscas en los recuentos iniciales, mientras que la bebida con sucralosa presentó una tendencia a cambios más pequeños y equilibrados desde el inicio. Esto puede ser porque la sucralosa no presenta ningún tipo de

interacción con los microorganismos, garantizando así que con el manejo de la temperatura en la cadena de frío se logre controlar el crecimiento bacteriano (1), mientras que la sacarosa, presenta efectos inhibidores por presión osmótica (6).

También se realizaron análisis higiénico sanitarios al producto final, obteniéndose los resultados que se muestran en el [Cuadro 11](#).

Cuadro 11. Resultados de análisis microbiológicos de calidad higiénica del producto final

	Recuento microbiológico según norma *	Recuento microbiológico en producto final
Número más probable de coliformes totales	20 – 93 m.o / ml	23 m.o / ml
Número más probable de coliformes fecales	< 3 m.o / ml	< 3 m.o / ml
Recuento de mohos y levaduras	200 – 500 UFC / ml	35 x 10 ¹ UFC / ml

* Fuente: (8)

Como se puede observar, los resultados de estos análisis garantizan que las condiciones de asepsia en el momento de la producción fueron las adecuadas.

En las pruebas sensoriales de consumidores que se realizaron con el producto endulzado con sucralosa comparándola con un producto endulzado con sacarosa, se encontró lo siguiente:

Cuadro 12. Resultados de pruebas sensoriales del producto final

Prueba pareada simple		
Número de panelistas	Número mínimo de respuestas correctas necesario para establecer diferencia significativa (9)	Número de respuestas que consideraban que la muestra con sucralosa era más viscosa
30	20	19
Prueba de preferencia		
Número de panelistas	Número mínimo de respuestas coincidentes necesario para establecer diferencia significativa (9)	Número de respuestas que preferían la bebida con sucralosa
30	21	21

Partiendo del hecho de que la muestra con sucralosa tiene una mayor viscosidad, de acuerdo con los resultados de la prueba pareada, no hay diferencia estadísticamente significativa entre el producto con sucralosa y el de sacarosa.

En cuanto a la prueba de preferencia, se concluye que sí hay diferencia estadísticamente significativa entre ambos productos.

La preferencia se inclinó hacia el producto con sucralosa (70 %). Los comentarios de las personas en cuanto a la muestra ensayo fueron entre otros, que la perciben un poco aguada pero agradable, se guiaron más por el equilibrio entre acidez y dulzura que en sí por la viscosidad.

Las personas que prefirieron la sacarosa la evaluaron así: 5 personas la prefirieron por la textura, a pesar de percibir una mayor acidez, y 4 personas por percibir una acidez más cercana al patrón de yogur comercial que tenían codificado.

En general la aceptación del producto fue buena, aunque la percepción de viscosidad no era muy cercana al patrón de bebida láctea al que están acostumbrados.

2.5 ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS

Analizando el costo de las materias primas por kilogramo de producto que representa el uso de la sacarosa contra el de la sucralosa se tiene el siguiente [cuadro](#) comparativo:

Cuadro 13. Costo del edulcorante por kilogramo de producto

Materia Prima	% Edulcorante usado (% m/v)	Costo del edulcorante (Pesos por kilogramos)	Costo del edulcorante por kilogramo de producto
Sacarosa	8,0000	1.117	89,4
Sucralosa	0,0116	567.500 *	65,8

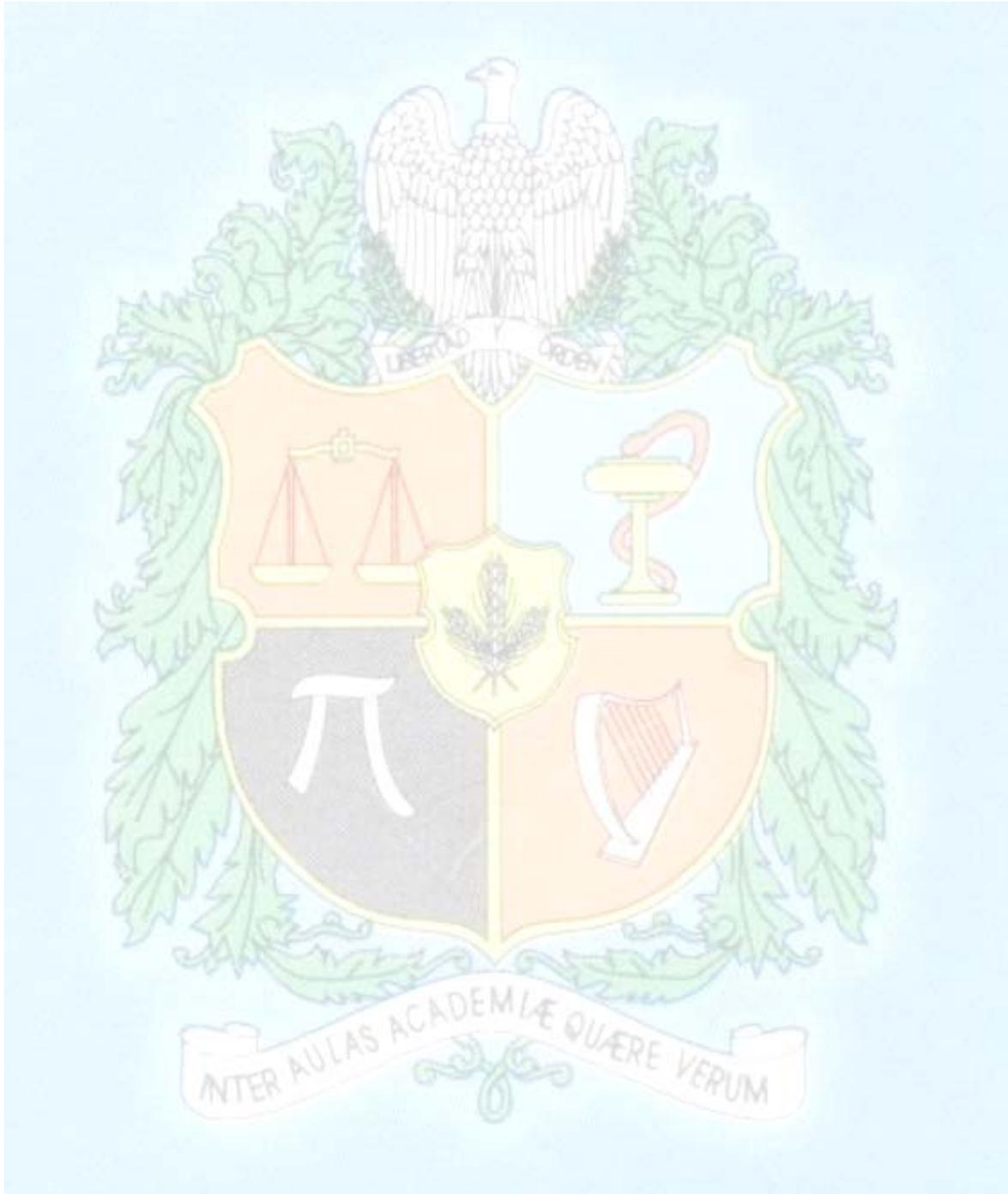
* **Nota:** Teniendo este precio si la cantidad a manejar está por debajo de 100 kg de sucralosa

Esto muestra que para alcanzar la misma intensidad de dulzor, se lograría una disminución en costos por materia prima del 21,03 % al utilizar sucralosa.

Es importante tener en cuenta que la característica de textura que fue la que se pensó que se afectaría por disminuir la cantidad de sólidos al reemplazar sacarosa por sucralosa, no presenta una diferencia estadísticamente significativa.

Se puede decir que usando estos porcentajes de sacarosa (8 % m/v) y de sucralosa (0,0116 % m/v), la elaboración de una bebida láctea con este edulcorante no calórico representaría un ahorro en costos de producción, ya que el proceso y los equipos usados para ambos son los mismos, lográndose un

producto de muy buena calidad y con una ventaja competitiva en costos, además de suministrar a los consumidores el beneficio adicional que buscan en una bebida baja en calorías, y por la cual están dispuestos a pagar un precio un poco mayor.



CONCLUSIONES

La tecnología empleada en este trabajo, permitió obtener un producto con buenas características organolépticas, y un buen recuento de microorganismos al final de la vida útil (21 días), especialmente de Bifidobacterias.

Dentro de las características organolépticas, la única diferencia encontrada fue en la textura final. Sin embargo, comparando el producto endulzado con sacarosa y el producto endulzado con sucralosa, las diferencias en viscosidad fueron alrededor de 100 cP, lo que no es fácilmente perceptible por los consumidores.

El uso de la sucralosa como sustituto de la sacarosa para el desarrollo de una bebida láctea, no tuvo incidencia sobre el recuento de microorganismos viables al cabo de los 21 días de vida útil, manteniéndose recuentos del orden de 10^6 para las tres microorganismos del cultivo empleado.

Teniendo en cuenta que la característica de textura que fue la que se vio afectada, no presenta una diferencia estadísticamente significativa comparada con la bebida endulzada con sacarosa, se puede lograr una disminución en costo por materia prima del 21,03 %.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) **GONZÁLEZ**, E. Fernando. Sucralosa: Un nuevo concepto edulcorante. Énfasis alimentación. (6), 1999.
- (2) **WOLFHARD-GERT; LIPINSKI**, Rymon. Acesulfame-K en Alternative Sweeteners editado por Lyn O'Brien Nabors y Robert C. Gelardi, Estados Unidos, 1991. Pág. 11.
- (3) **HOMLER**, Barry E; **DEIS**, Ronald C; **SHAZER**, William H. Aspartame en Alternative Sweeteners editado por Lyn O'Brien Nabors y Robert C. Gelardi, Estados Unidos, 1991. Pág. 39.
- (4) **VELASCO CANDADO**, Luis R y col. Aspartame: Revisión clínica. Reimpreso de Mundo Médico. XX (232):45-50, 1993.
- (5) **Anónimo**. Conocimiento actuales sobre nutrición. Organización Panamericana de la Salud Washington D:C, 1991. Capítulo 6 y 43
- (6) **ARISTIZÁBAL RESTREPO**, Isabel Cristina. "Tecnología para la elaboración de un yogur con efecto probiótico". Trabajo de Investigación, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, 2000.
- (7) **TAMIME**, A. Y; **ROBINSON**, R.K. Yogur ciencia y tecnología. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España, 1991.

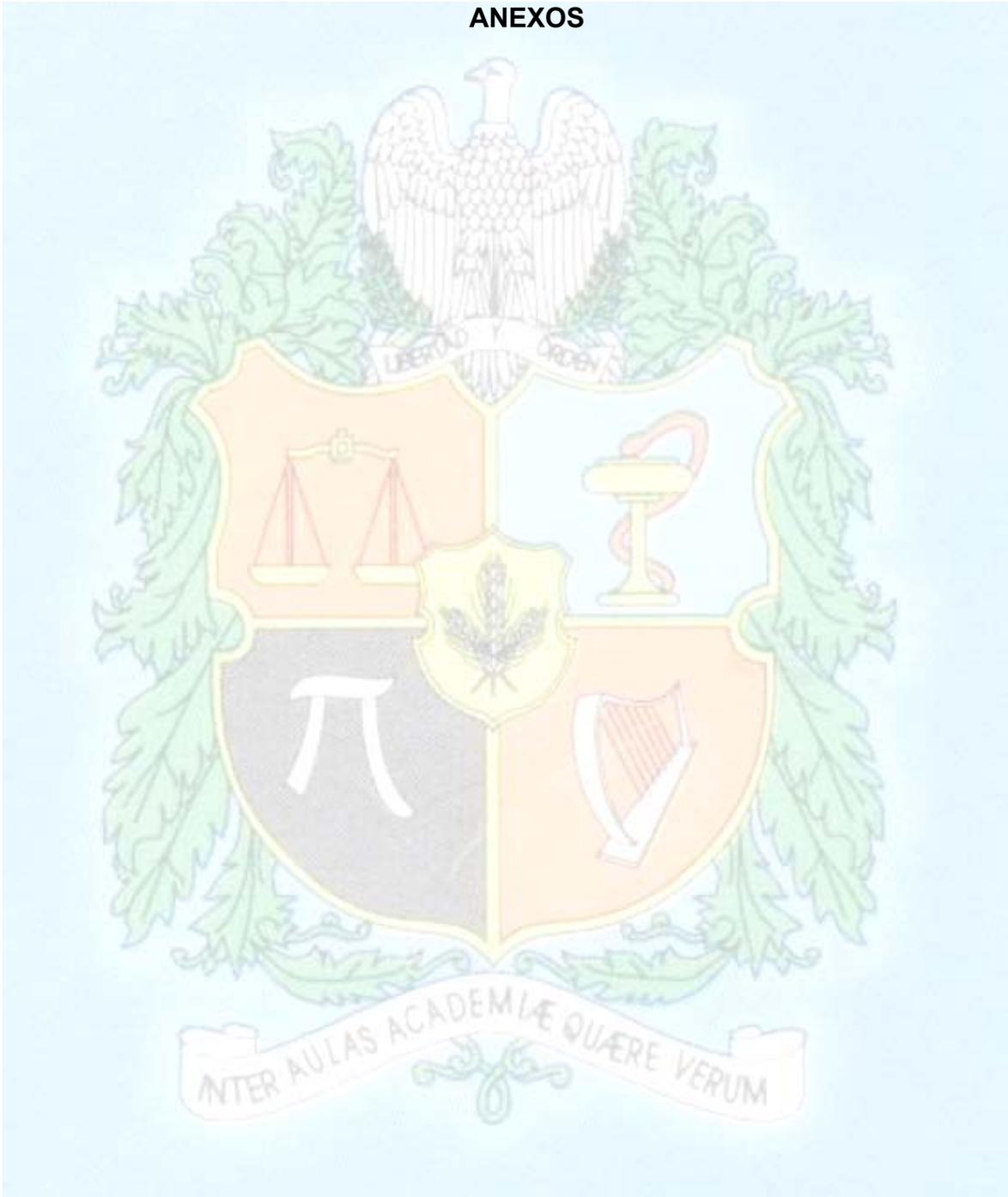
(8) **ASOCIACIÓN NACIONAL DE INDUSTRIALES – ANDI** – Comité Central de la Industria de Alimentos. Junta del acuerdo de Cartagena – JUNAC. Normas y procedimiento reglamentarios de la industria de alimentos. Actualización Noviembre de 1992.

(9) **ANZALDUA-MORALES**, Antonio. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España, 1994. p. 161.

(10) **MERCK**. Microbiology Manual. 2000.



ANEXOS



ANEXO 1. Cuestionario para prueba triangular

Nombre: _____
Fecha: _____

A continuación encontrará un juego de tres muestras de bebidas lácteas con un código numérico cada una, dentro de las cuales hay dos iguales y una diferente.

Al objetivo de la prueba es que usted determine **CUAL ES LA MUESTRA DIFERENTE.**

724

290

224

Me parece diferente por: _____

MUCHAS GRACIAS!



ANEXO 2. Cuestionario para prueba pareada simple

Nombre: _____
Fecha: _____

A continuación encontrará dos muestras de bebidas lácteas con un código numérico cada una.

Al objetivo de la prueba es que usted determine **CUAL ES LA MUESTRA MÁS VISCOSA.**

724

290

Comentarios: _____

MUCHAS GRACIAS!



ANEXO 3. Cuestionario para prueba de preferencia

Nombre: _____
Fecha: _____

A continuación encontrará dos muestras de bebidas lácteas con un código numérico cada una.

INDIQUE EL NÚMERO QUE IDENTIFICA LA BEBIDA QUE USTED PREFIERE.

724

290

Comentarios: _____

MUCHAS GRACIAS!

