

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Departamento Académico de Ciencia, Tecnología e Ingeniería de  
Alimentos**



**“ELABORACIÓN DE LECHE FERMENTADA  
EDULCORADA CON STEVIA (*Stevia rebaudiana Bertoni*)**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**PRESENTADO POR:**

**EDWARD DAVID DE LA CRUZ HUAMAN**

**Tingo María – Perú**

**2011**



Q02

D33

De la Cruz Huamán, Edward D.

Elaboración de Leche Fermentada Edulcorada con Stevia (*Stevia rebaudiana Bertoni*). Tingo María, 2011

65 h.; 12 cuadros; 13 fgrs.; 13 anexo; 68 ref.; 30 cm.

Tesis (Ing. Industrias Alimentarias) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

STEVIA REBAUDIANA BERTONI / EDULCORADA / MICROBIOLOGIA /  
ESTANDARIZACION / LECHE FERMENTADA / METODOLOGIA / TINGO  
MARIA / RUPA RUPA / LEONCIO PRADO / HUANUCO / PERU.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**  
**Tingo María**  
**FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**  
Av. Universitaria s/n. Teléfono (062) 561385 – Fax (062) 561156  
Apart. Postal 156 Tingo María E.mail; fia@unas.edu.pe

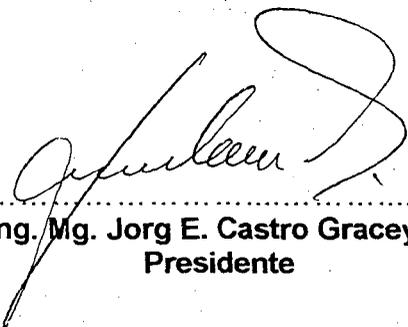
### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

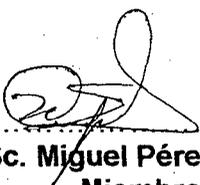
Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 29 de Abril de 2011, a horas 05:00 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentado por el Bach. **DE LA CRUZ HUAMAN, Edward David**, titulada:

### **“ELABORACIÓN DE LECHE FERMENTADA EDULCORADA CON STEVIA (*Stevia rebaudiana Bertoni*)”**

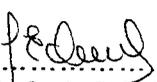
Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO** en consecuencia el Bachiller, queda apta para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el Art. 22° de la Ley Universitaria 23733; los artículos 51° y 52° del Estatuto Actualizado de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Tingo María, 29 de Abril de 2011

  
.....  
Ing. Mg. Jorg E. Castro Gracey  
Presidente

  
.....  
Ing. M.Sc. Miguel Pérez Olano  
Miembro

  
.....  
Ing. Jaime E. Basilio Atencio  
Miembro

  
.....  
Dra. Elizabeth S. Ordoñez Gómez  
Asesora

## DEDICATORIA

### A DIOS

Por permitirme la vida, salud e iluminar mí camino en cada instante.

### A mis padres:

DAVID DE LA CRUZ EGOAVIL y VICTORIA HUAMÁN RICALDI, ellos que siempre me brindaron su amor, su abnegado sacrificio y consejos para alcanzar mi meta.

### A mis hermanos:

TEÓFILO, DAVID, JAVIER, MIGUEL, PERCY y GABRIELA, por su apoyo de siempre para culminar exitosamente mi carrera profesional.

### A mis Abuelos, Tíos y primos:

Ellos siempre me aconsejaron y motivaron para poder culminar con éxito esta meta. Que enorgullece a toda la familia.

### A mis sobrinos:

AKIRA, FABIANA, CRISTOPHER, ROMINA, AARON, ADRIANA, futuro hijo (a) de JAVIER y mis futuros hijos, ya que ellos serán los futuros profesionales de la familia.

## **AGRADECIMIENTO**

**A la Dra. Elizabeth Ordoñez Gómez, Asesora del presente trabajo de investigación. Por su asesoría y talento profesional para sacar excelentes trabajos de investigación.**

**Al Ing. Mg. Jorge Castro Gracey, Decano de la facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, por ser mi profesor y amigo.**

**Al Sr. Nolberto Carranza Bonifacio y familia, por brindarme su apoyo en la fase final de la presente investigación.**

**Al técnico Juan Soto Bastidas, por su apoyo y facilitación del laboratorio de Análisis de Alimentos.**

**A mis colegas y amigos: Huanca Melgarejo, Carrión Roque, Chuqui, Vélez Urrelo y Vásquez Ramón, por apoyarme con la presente investigación.**

## ÍNDICE DE CAPITULOS

<b>CAPITULO</b>	<b>Página</b>
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades de la leche .....	3
2.1.1. Definición de la leche.....	3
2.1.2. Importancia de la leche.....	3
2.1.3. Propiedades fisicoquímicas de la leche.....	4
2.1.3.1. Acidez.....	6
2.1.3.2. pH.....	8
2.1.3.3. Materia grasa.....	9
2.1.3.4. Densidad.....	11
2.1.3.5. Viscosidad.....	11
2.1.3.6. Sólidos totales.....	13
2.2. Leche fermentada.....	13
2.2.1. Definición.....	13
2.2.2. Propiedades de la leche fermentada .....	13
2.2.3. Tipos de fermentaciones .....	14
2.2.4. Proceso de elaboración de leches fermentadas .....	16

2.3.Reología.....	17
2.3.1.Tipos de fluidos .....	17
2.3.2. Reología de la leche fermentada .....	20
2.4 Stevia.....	21
2.4.1. Características botánicas.....	21
2.4.2. Aspectos funcionales.....	24
III. MATERIALES Y METÓDOS .....	24
3.1. Lugar de ejecución .....	25
3.2. Materia prima e insumos.....	25
3.3.Equipos, Materiales y reactivos .....	26
3.3.2.Materiales de laboratorio .....	27
3.3.3.Reactivos.....	27
3.4.Métodos de análisis.....	27
3.4.1.Análisis fisicoquímicos de la leche fresca .....	27
3.4.2. Análisis para estandarización de los sólidos totales para la elaboración de leche fermentada.....	27
3.4.2.1.Análisis sensorial .....	27
3.4.2.2.Análisis reológico.....	28
3.4.3.Análisis sensorial para determinar la concentración de stevia en la edulcoración en la leche fermentada. ....	28
3.4.4. Evaluación fisicoquímica y microbiológica de la fermentada.....	28
3.4.4.1.Análisis fisicoquímico.....	28
3.4.4.2. Evaluación microbiológica .....	28
3.5. Metodología experimental.....	29

3.5.1. Caracterización fisicoquímica de la leche fresca.....	29
3.5.2. Proceso de elaboración de leche fermentada.....	29
3.5.3. Estandarización de los sólidos totales para la elaboración de leche fermentada.....	32
3.5.3.1. Evaluación sensorial.....	32
3.5.3.2. Evaluación reológica.....	33
3.5.4. Determinación de la concentración de stevia para edulcorar la leche fermentada.....	35
3.5.5. Evaluación fisicoquímica y microbiológica de la leche fermentada. .	36
3.5.5.1. Evaluación fisicoquímica.....	36
3.5.5.2. Evaluación microbiológica.....	36
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES.....</b>	<b>37</b>
4.1. Caracterización fisicoquímica de la leche fresca .....	37
4.2. Estandarización de los sólidos totales para la elaboración de la leche fermentada.....	39
4.2.1. Evaluación sensorial.....	39
4.2.2. Evaluación reológica.....	43
4.3. Determinación de la concentración de stevia para edulcorar la leche fermentada .....	46
4.3.1. Evaluación sensorial atributo dulzor.....	46
4.3.2. Evaluación sensorial del atributo aceptabilidad.....	49
4.4. Evaluación fisicoquímica y microbiológica de la leche fermentada.....	51
4.4.1. Evaluación fisicoquímica.....	51
4.4.2. Evaluación microbiológica de la leche fermentada.....	54
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>55</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>56</b>

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	57
ANEXO .....	65

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Pagina</b>
1. Características fisicoquímicos de la leche.....	5
2. Factores que influyen en el contenido graso de la leche.....	10
3. Principales modelos matemáticos para fluidos.....	19
4. Estevoles y glicósidos presentes en la <i>stevia rebaudiana</i> .....	23
5. Resultados de la composición fisicoquímica de la leche.....	38
6. Resultado del atributo fluidez para estandarizar los sólidos totales de la leche fermentada.....	40
7. Resultado del atributo agradabilidad para estandarizar los sólidos totales de la leche fermentada.....	42
8. Resultado del índice de consistencia para estandarizar los sólidos totales de la leche fermentada.....	44
9. Resultado del atributo dulzor para la edulcoración de la leche fermentada.....	48
10. Resultado del atributo aceptabilidad para la edulcoración de la leche fermentada.....	50
11. Resultados de la composición fisicoquímica de la leche fermentada.....	52
12. Evaluación microbiológica de la leche fermentada.....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Pagina</b>
1. Clasificación de los Fluidos.....	18
2. Comportamiento reológico de fluidos independientes del tiempo.....	20
3. Formula general de los glicósidos de <i>stevia rebaudiana</i> .....	22
4. Diagrama de flujo para la elaboración de leche fermentada.....	31
5. Formula del cuadrado de Pearson.....	32
6. Diagrama experimental para la evaluación sensorial de la leche fermentada.....	33
7. Diagrama experimental para la evaluación reológica de la leche fermentada.....	34
8. Diagrama experimental para la determinación de la concentración de Stevia, para edulcorar la leche fermentada.....	35
9. Comportamiento de la fluidez para estandarizar los sólidos totales de la leche fermentada.....	40
10. Comportamiento de la agradabilidad para estandarizar los sólidos totales de la leche fermentada.....	42
11. Comportamiento del índice de consistencia para estandarizar los sólidos totales de la leche fermentada.....	44
12. Comportamiento del atributo dulzor para la edulcoración de la leche fermentada.....	48
13. Comportamiento del atributo aceptabilidad para la edulcoración de la leche fermentada.....	50

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo</b>	<b>Pagina</b>
A-I. Ficha de la evaluación sensorial para los atributos fluidez y agradabilidad para la estandarización de la leche fermentada.	67
AII. Tabla de ordenamiento experimental para la estandarización de sólidos totales de la leche fermentada.	68
A-III. Ficha de la evaluación sensorial para los atributos dulzor y aceptabilidad de la leche fermentada.	69
A-IV. Cuadro de resultado del atributo fluidez para la estandarización de la leche fermentada.	70
A-V. Análisis de varianza del atributo fluidez para la estandarización de la leche fermentada.	70
A- VI. Cuadro de resultado del atributo agradabilidad para la estandarización de la leche fermentada.	71
A-VII. Análisis de varianza de la evaluación sensorial de la agradabilidad en la fluidez de la leche fermentada.	71
A-VIII. Análisis de varianza de la evaluación reológica, para la estandarización de la leche fermentada.	72
A. IX. Reograma de leche fermentada. REOSOFT V.1.	72
A-X. Cuadro de resultado del atributo dulzor para la edulcoración de la leche fermentada.	73
A XI. Análisis de varianza de la evaluación sensorial del dulzor para la edulcoración de la leche fermentada.	74

- A-XII. Cuadro de resultado del atributo aceptabilidad para la  
edulcoración de la leche fermentada. 74
- A-XIII. Análisis de varianza de la evaluación sensorial de la  
aceptabilidad para la edulcoración de la leche  
fermentada. 75

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue ejecutado en los laboratorios de: Análisis de Alimentos y Sensorial de la Universidad Nacional Agraria de la Selva. Los objetivos fueron: realizar una caracterización fisicoquímica de la leche, estandarizar los sólidos totales (ST), para la elaboración de la leche fermentada (LF), mediante evaluación sensorial (ES) y reológica, determinar la concentración adecuada de Stevia para edulcorar la LF, obtener los parámetros adecuados para la elaboración de leche fermentada y realizar una evaluación fisicoquímica de la leche fermentada. Se tuvo: acidez 18,0 °D, pH 6,67, densidad 1,030 g/c.c., grasa 2,8% y ST 11,8%. Para la evaluación sensorial, se utilizó un diseño de bloques incompleto, (Tipo V), de COCHRAN y COX (1980), con una cartilla de 5 puntos y para la evaluación reológica, se realizó con un viscosímetro de Brookfield Modelo RTV, con spin nº 4. (10°C). La estandarización adecuada, fue 12% ST, según la ES, en los atributo fluidez y agradabilidad, se tuvo un calificativo "me agrada mucho" y el índice de consistencia, fue 21 083,70 cp. La concentración de Stevia adecuada fue 0,03% (p/p), sensorialmente fue calificado como "dulce" y "me agrada mucho". Los parámetros adecuados para la elaboración de leche fermentada edulcorada con Stevia fue: Desnatado 1% grasa, pasteurización 85°C/30min., enfriado 45°C, inóculo 3.5%, incubado 44°C, refrigerado 10°C/8h, batido (manual) y almacenado a 10°C/24h. La evaluación fisicoquímica de la Leche fermentada fue: acidez 89°D, pH 4,5, grasa 1,04 %, ST 12%.

## I. INTRODUCCIÓN

La reconocida aceptación de los productos lácteos los posiciona como instrumentos efectivos al apoyo de la salud y bienestar del consumidor. En particular, las leches fermentadas han ayudado a mejorar la salud intestinal, y su aceptación y popularidad continúan en ascenso. Estas constituyen una herramienta excelente para explotar su potencial y posibilidades de innovación. Los "productos fermentados", son el resultado final de una serie de transformaciones que requieren la intervención de levaduras, mohos y bacterias lácticas. Éstas son bacterias (Gram +), que fermentan la lactosa, produciendo sobre todo ácido láctico (SOBRADO, 2005).

Actualmente, diversos investigadores han estudiado los microorganismos utilizados en la producción de leche fermentada y productos afines y sus efectos beneficiosos sobre el metabolismo humano y animal. Estos microorganismos vivos, conocidos como probióticos, son considerados como suplementos alimenticios que afectan benéficamente la fisiología del huésped, mediante la modulación intestinal y del sistema inmunológico ya que mejoran el balance nutricional y microbiano en el tracto gastrointestinal.

Debido al binomio alimentación-salud , los edulcorantes naturales son cada vez más solicitados por los consumidores específicos , como es el caso del Stevia, esta es una planta originaria del Paraguay y según investigaciones científicas afirman que dentro de la medicina natural, se utiliza como hipoglucemiante ya que ayuda a regular los niveles de azúcar en la sangre y los normaliza; es un digestivo, cardiotónico, diurético y antiácido, la hoja posee un poder endulzante 30 veces mayor que la sacarosa, contienen sustancias del tipo glicósidos conocidas como steviósidos, rebaudiósidos y dulcósidos que en su forma pura (steviosido concentrado en polvo), tienen un poder edulcorante de 200 a 300 más que la sacarosa. Bajo este marco de referencia se planteó los siguientes objetivos:

- Realizar una caracterización fisicoquímica de la leche fresca.
- Estandarizar los sólidos totales para la elaboración de la leche fermentada mediante evaluación sensorial y reológica.
- Determinar la concentración adecuada de Stevia para edulcorar la leche fermentada.
- Obtener los parámetros adecuados para la elaboración de leche fermentada y edulcorada con Stevia.
- Realizar una evaluación fisicoquímica de la leche fermentada.

## **II. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1. Generalidades de la leche.**

#### **2.1.1. Definición de la leche.**

VARGAS (2007), menciona que se entiende por leche, al producto integro normal y fresco obtenido del ordeño higiénico e interrumpido de vacas sanas. Requisitos generales: debe estar limpia, libre de calostros y de materias extrañas a su naturaleza Requisitos organolépticos: La leche deberá presentar olor, color, sabor, y aspecto característico del producto.

ALAIS (1985), reporta que la leche puede considerarse en general como segregado por las glándulas mamarias de las hembras de los mamíferos tras el nacimiento de sus crías.

#### **2.1.2. Importancia de la leche.**

La leche es un alimento especial que ha sido recomendado por organismos internacionales de desarrollo FAO/OMS (1997), como indispensable para la alimentación humana. Gran número de países consideran la producción y abasto de este producto como una prioridad nacional.

HAUFFEN (2008), manifiesta que la leche es un alimento importante para mantener el cuerpo sano, especialmente en los niños y adolescentes; el calcio que se encuentra en la leche y otros productos lácteos ayuda en el desarrollo y mantenimiento de huesos y dientes.

### **2.1.3. Propiedades fisicoquímicas de la leche.**

Los componentes de la leche se encuentran en diferentes formas de estado, el cual depende principalmente del grado de dispersión. Las soluciones verdaderas son las que están constituidas por sustancias en estado ionizado o por moléculas individuales dispersas en un solvente. Estas partículas tienen un diámetro inferior a 1nm y pueden atravesar las membranas semi-permeables (ultrafiltración). Las fuerzas de afinidad entre las partículas y el solvente son suficientes para mantener la dispersión. La lactosa y las sustancias salinas solubles se encuentran en la leche en solución verdadera. La estabilidad de las soluciones coloidales depende principalmente de las cargas eléctricas de la superficie de las partículas y en ocasiones también del agua de hidratación. Las cargas eléctricas superficiales les impiden coalescer. Frecuentemente, la neutralización de estas cargas es suficiente para que la solución pierda bruscamente su estabilidad, en este tipo de solución se encuentra las albuminas, las globulinas, la caseína soluble y los fosfatos coloidales. Las suspensiones están constituidas por agregados de diámetro variable entre 10nm y 1µm. Las micelas de caseína se encuentran en este estado. Otro estado es el de emulsión, donde una fase líquida está dispersa en forma de glóbulos en otra fase líquida. La dispersión de lípidos en el agua

constituye una emulsión. La materia grasa de la leche está en un estado de emulsión. (AMIOT, 1991).

En el Cuadro 1, se indican los requisitos fisicoquímicos oficiales y los exigidos por la industria, siempre se estrechan los límites de algunos de los parámetros tal como la acidez, eso por el tiempo de almacenamiento que si bien se hace a muy bajas temperaturas 4°C, suceden las reacciones enzimáticas, químicas y el crecimiento microbiano es lento pudiendo alterar los valores establecidos en la norma y perder la calidad, (VARGAS, 2007)

Cuadro 1. Características fisicoquímicas de la leche.

<b>Componentes</b>	<b>Valores</b>
Acidez Titulable (°D)	16-19
pH (%)	6,4 - 6,8
Grasa (%) (p/v)	2,2- 3,8
Densidad (g/ml)	1,028 – 1,033 (15°C)
Viscosidad (cp.)	2,1 (20°C)
Sólidos Totales (%) (p/v)	11-13
Sólidos No Grasos (%) (p/v)	8-10

Fuente. VARGAS (2006).

Es bueno destacar que no es posible recibir un producto con valores fuera de estas especificaciones, ya que el producto final es evaluado con estos mismos parámetros y el proceso, en caso de la leche líquida, sea pasteurización o esterilización, no justifica la alteración de ninguno de ellos, que deben ser los mismos en el producto final. La industria láctea está

consciente de que poco puede hacerse para cambiar la composición fisicoquímica y por ende el valor nutritivo de la leche, a no ser con el manejo adecuado de los rebaños. Factores endógenos como la especie o raza del animal, la carga genética, el estado fisiológico y los eventuales estados patológicos, sanidad del rebaño y la alimentación actúan directamente sobre la calidad fisicoquímica del producto y la cantidad del mismo; solo el asesoramiento constante de los productores permite mejoras en estos aspectos. El pago por porcentaje de grasa es un incentivo que estimula la mejora en la calidad de la producción; de todas formas en caso de no poseer el producto la calidad necesaria en su aspecto fisicoquímico, es la alternativa válida, es el rechazo a nivel de receptoría o centro de acopio. En cuanto a la calidad higiénica de la leche, que ha sido el problema constante a través del tiempo, se han determinado parámetros de clasificación y pagos de incentivos, con la finalidad de mejorar día a día esa condición del producto, que se relaciona directamente con la vida útil del alimento, (REQUENA, 1999).

#### **2.1.3.1. Acidez.**

La leche de vaca presenta una acidez total debida a una suma de tres reacciones fundamentales y a una cuarta de carácter eventual, estas reacciones son:

1. Acidez proveniente de la caseína.
2. Acidez debida a las sustancias minerales y a la presencia de ácidos orgánicos.
3. Reacciones secundarias debidas a los fosfatos presentes en la leche.

4. "Acidez desarrollada", debida al ácido láctico y a otros ácidos procedentes de la degradación microbiana de la lactosa en las leches en proceso de alteración.

Las tres primeras representan la "acidez natural" de la leche. La cuarta puede existir debido a condiciones higiénico-sanitarias no adecuadas.

En general, la determinación de la acidez de la leche es una medida indirecta de su calidad sanitaria. Este análisis es aplicado de forma habitual a la leche cruda, como así también a la leche tratada térmicamente. El primer caso, reviste particular importancia económica, puesto que la tendencia a nivel mundial es fijar el precio de la compra de leche a los productores por su calidad, valorando no solo el volumen o masa de leche, sino también la calidad fisicoquímica y sanitaria de la misma.(UAM, 2009).

AMIOT (1991), refiere que todos los componentes capaces de combinarse con iones básicos contribuyen a la acidez de la leche (sódio, potasio, magnesio, calcio e hidrogeno) y los ácidos (fosfatos, citratos, cloruros, carbonatos, hidroxilos y proteínas) determinan la acidez de la leche. La acidez de valoración global de la leche expresada en porcentaje de ácido láctico, puede variar entre el 0,10 y el 0,30%, la mayor parte de las leches tienen una acidez del 0,14 al 0,19 % de ácido láctico.

#### **2.1.3.2. pH.**

Es un método fácil para controlar la cantidad de ácido formado; pero hay que señalar que más que el ácido láctico, se valora la represión de la

disociación de los grupos ácidos y los grupos básicos disociados. En general, el pH es un parámetro más útil para conocer la acidificación de la leche que la acidez de valoración global. El pH determina la conformación de las proteínas, la actividad de las enzimas y la disociación de los ácidos presentes en la leche; los ácidos no disociados originan un sabor ácido e inhiben la actividad de los microorganismos (WALSTRA *et; al* 2001).

En parámetros anormales, valores superiores generalmente se observan en leches que tienen mastitis, mientras que valores inferiores indican presencia de calostro o descomposición bacteriana,(UNIVERSIDAD DE ZULIA, 2003)

El método de la NORMA MEXICANA (2004), referido a la determinación de pH en alimentos, se basa en la medición electrométrica de la actividad de los iones hidrógeno presentes en una muestra del producto mediante un aparato medidor de pH (potenciómetro).

El pH normal de la leche varía entre 6,6 – 6,8, con una media de 6,7 a 20°C. Esto significa que la actividad de los iones  $H^+$  se encuentra 0,6 y  $0,25 \mu\text{ml} \cdot L^{-1}$  (WALSTRA *et; al* 2001).

La acidez de valoración y el pH no están necesariamente correlacionados, pero cuando comienza la producción de ácido, la acidez de valoración aumenta proporcionalmente y el pH disminuye, (WALSTRA *et; al* 2001).

### **2.1.3.3. Materia grasa.**

AMIOT (1991), señala que las sustancias que pueden extraerse de la leche con solventes orgánicos no polares como éter, benceno o cloroformo, son las grasas; principalmente están compuestas por glicéridos (99%), pero también contienen lípidos complejos de gran importancia en lechería, como los fosfolípidos y cerebrósidos. Así mismo la fracción grasa incluye esteroides, como el colesterol (0,015%) y sus precursores, y ácidos grasos libres.

En el Cuadro 2, se resumen los factores que influyen en el contenido en materia grasa de la leche. Hay que señalar que las principales variaciones se deben a las características individuales de cada vaca, a medida que se van mezclando la leche procedente de distintos individuos, diversos rebaños o en la fábrica, la composición es cada vez más constante y las variaciones son menos significativas.

Cuadro 2. Factores que influyen en el contenido graso de la leche.

Factor	Variación
Características individuales	1-2% (máximo 6% en una semana)
Raza	Aumenta en el siguiente orden: Holstein, canadiense, Guernsey y Jersey.
Periodo de lactación	Disminuye durante los dos primeros meses y después aumenta gradualmente.
Gestación	Aumenta hacia el final de la lactación
Alimentación	Según la composición de la ración. El contenido aumenta con tiroxina y lípidos encapsulados.
Temperaturas	Inversamente proporcional
Estación	Máximo en invierno debido a la temperatura, tipo de alimentación y periodo de lactación.
Salud	Disminuye durante los estados patológicos.
edad	Disminuye con la edad
ejercicio	Aumento del 0,2-0,3%
Cuarterón de la ubre	Puede variar hasta 1%
Ordeño	La leche de tarde es más rica (0,04%)
Ambiente	Disminuye con los cambios (ordeño excitación, etc.).

Fuente: AMIOT (1991).

#### **2.1.3.4. Densidad.**

WALSTRA *et; al* (2001), reporta que la leche es una emulsión de grasa en agua; consecuentemente, su densidad es una función de la densidad de la grasa y del agua, así como de las proporciones de estos componentes. La densidad de la grasa es de aproximadamente 0,93 y la de los sólidos no grasos 1,5; cuando el contenido de grasa en la leche aumenta la densidad disminuye; cuando los sólidos no grasos de la leche aumentan, la densidad también se incrementa. La densidad de la leche fresca entera es de aproximadamente 1,030 Kg.m<sup>-3</sup>, si la materia grasa está completamente líquida durante la refrigeración, la grasa se solidificada, la densidad de la leche aumenta aproximadamente 1,2 Kg. m<sup>-3</sup> a 10°C y se eleva cuando incrementa el contenido en extracto seco magro, pero disminuye conforme aumenta el contenido en materia grasa.

Los valores medios se encuentran entre 1,030 y 1,033 a 15°C, expresados en g/cm<sup>3</sup>, (NORMA MEXICANA, 2004).

#### **2.1.3.5. Viscosidad.**

La viscosidad de un líquido es su resistencia a fluir, debida a la fricción entre las partículas que lo componen. En la leche, es función del número y tamaño de sus partículas y también de la temperatura, sobre este parámetro influyen principalmente las proteínas y la materia grasa; el efecto de la lactosa y de las sales es menos importante (AMIOT, 1991).

ALAIS (1985), menciona que la viscosidad es la resultante del frotamiento de las moléculas y se traduce como la resistencia más o menos

grande de los líquidos a fluir, la unidad de medida de la viscosidad es el Pa  $\cdot$ s, la viscosidad disminuye con la elevación de la temperatura a 20 °C, no es más que la mitad y a 40 °C, el tercio de la que tiene a 0 °C.

El grado de hidratación de las proteínas juega un importante papel en la viscosidad. Se ha demostrado que la viscosidad de la leche desnatada disminuye inversamente con los tratamientos térmicos hasta 62°C, temperatura a partir de la cual los tratamientos térmicos tienen el efecto de aumentar esta viscosidad, (AMIOT, 1991).

JENNESS *et; al* (1974), define a la viscosidad como la fuerza en (N/m<sup>2</sup>), requerido para mantener una velocidad relativa de 1m/s entre dos planos paralelos separados en 1m. a 20°C la viscosidad del suero 1,2 mPa-s, leche descremada 1,5 mPa-s, y leche entera 2,0 mPa-s. De estos valores se evidencia que las micelas de caseinatos y los glóbulos grasos son los más importantes contribuyentes a la viscosidad.

ROSELL y DOS SANTOS (1952), señalan con respecto a las proteínas, que influyen sobre la viscosidad no sólo su cantidad, sino también las dimensiones de sus partículas y su grado de hidratación, y en cuanto a la grasa el tamaño de sus partículas y la cuantía de su conglomeración.

#### **2.1.3.6. Sólidos totales.**

El total de todos los componentes exceptuando el agua; constituye el extracto seco de leche. Dentro del mismo, se distingue entre el contenido de extracto seco magro o sólidos no grasos y el contenido en materia grasa sobre extracto seco, (WALSTRA *et; al* 2001).

Tradicionalmente, los sólidos totales o el contenido de humedad se determinan tomando una parte alícuota de la muestra de leche y desecándola hasta peso constante a la temperatura especificada, (EARLY, 2000). La leche tiene un elevado contenido acuoso (87%), el resto de sus constituyentes es lo que se denomina extracto seco total (EST) que representa habitualmente unos 12,5 – 13,0 g / 100 mL de leche, (ASTIASARÁN y MARTÍNEZ, 2003). De acuerdo a POTTER y HOTCHKISS (1999). Los valores normales oscilan entre aproximadamente 12,9% (ST) y Humedad: 87,1%

## **2.2. Leche fermentada.**

### **2.2.1. Definición.**

SPREER (1991), afirma que las leches fermentadas se caracterizan por ser productos acidificados por el ácido láctico y por escasas cantidades de otros compuestos orgánicos, igualmente ácidos, formados por bacterias lácticas típicas, como consecuencia de este proceso de acidificación, se coagulan y precipitan las proteínas de la leche, que se disocian después en parte hasta convertirse en aminoácidos.

### **2.2.2. Propiedades de la leche fermentada.**

ALAÍS (1985), reporta que la fermentación acidificante constituye la primera forma de conservación de la leche, se trata de una protección de duración limitada, debido a su valor de pH bajo; sin embargo no se opone a la invasión de mohos.

Las leches fermentadas son productos derivados de la leche, tienen un valor nutritivo semejante al de la leche que la origina, pero deben tenerse en cuenta alguna modificación en su contenido vitamínico, debido al desarrollo de especies que pueden consumir o producir vitaminas. En el caso del yogurt, se ha observado la desaparición de la vitamina B<sub>12</sub>, aumentándose el contenido la vitamina B<sub>6</sub> (piridoxina) y permaneciendo sin cambio la riboflavina y los otros factores de este grupo.

Se conoce las principales especies que constituyen la microflora de las leches fermentadas, que pertenecen a los grupos siguientes:

- *Lactobacilos*, principalmente las especies que producen mucho ácido láctico a una temperatura relativamente alta (37 a 47°C); se encuentran también *lactobacilos* mesófilos poco acidificantes, cuya temperatura óptima se sitúa hacia los 30 °C.
- *Streptococos lácticos* termófilos o mesófilos, productores de menos cantidad de ácido que los anteriores, pero que originan un aroma característico.
- Levaduras de la lactosa, que producen gas carbónico y poco alcohol.

### 2.2.3. Tipos de fermentaciones.

SPREER (1991), menciona que las transformaciones que se producen en la leche o sus derivados por la acción de los microorganismos son múltiples y complejas, pueden clasificarse en 4 grandes grupos:

### **2.2.3.1 Fermentaciones de tipo láctico.**

En este tipo de fermentaciones, el principal sustrato es la lactosa, que se transforma en ácido láctico. En la mayor parte de estas fermentaciones solamente el 20 % sufre esta conversión, la flora láctica se añade en forma de cultivos puros o mixtos obteniéndose un medio preparado con leche desnatada, la acidificación puede llegar a producir la coagulación del producto si el pH desciende hasta el punto isoeléctrico de las caseínas.

### **2.2.3.2 Fermentaciones mixtas.**

En este tipo de fermentación se producen al menos dos tipos de conversiones biológicas: la acidificación y la fermentación alcohólica, el proceso se puede llevar a cabo en una o varias etapas dependiendo de las características buscadas en el producto final y de la complejidad de las reacciones necesarias.

### **2.2.3.3 Producción de biomasa.**

Se caracteriza por que toda la actividad fermentativa se orienta hacia la conversión de la lactosa y de un sustrato nitrogenado barato, como urea, amoníaco o proteínas vegetales, en una masa celular destinada a la alimentación animal o humana.

#### **2.2.3.4 Producción de metabolitos.**

Utilizando microorganismos seleccionados para la síntesis de productos que son difíciles o caros de obtener químicamente. Ejemplo: la producción de ácido láctico por *Lactobacillus bulgaricus*.

#### **2.2.4. Proceso de elaboración de leches fermentadas.**

EARLY (2000), menciona que el tratamiento térmico óptimo que recibe la leche para la fabricación es de 85 °C/30 minutos, en estas condiciones se consigue la máxima hidratación de las proteínas. En el proceso de elaboración, la leche es adicionado con un cultivo láctico en un tanque de fermentación: el coágulo formado se rompe durante las posteriores etapas de refrigeración y envasado. Los tiempos y temperaturas de incubación son los mismos que para el yogurt firme, una vez que el pH desciende hasta el valor deseado (4,2 - 4,4), el coágulo se enfría en la propia cuba o se extrae del tanque de fermentación y se refrigera.

Luego de la fermentación se realiza el batido, que consiste en la rotura del coágulo/gel caliente y la reincorporación del lactosuero, generalmente para obtener un gel homogéneo es suficiente una agitación muy suave durante unos 5 - 10 minutos, además la agitación tiene un efecto inhibitorio sobre la actividad del cultivo y reducción de la producción de ácido láctico.

## **2.3. Reología.**

La reología es una disciplina científica que se dedica al estudio de la deformación y flujo de la materia (BIRD *et al* 2002). Su objetivo está restringido a la observación del comportamiento de materiales sometidos a deformaciones muy sencillas, desarrollando posteriormente un modelo matemático que permita obtener las propiedades reológicas del material. Ejemplos cotidianos de interés para la reología se encuentran la mayonesa, yogurt, pinturas, asfalto, sangre y muchos más (CHHABRA, 2007).

### **2.3.1. Tipos de fluidos.**

Existen 2 tipos de fluidos

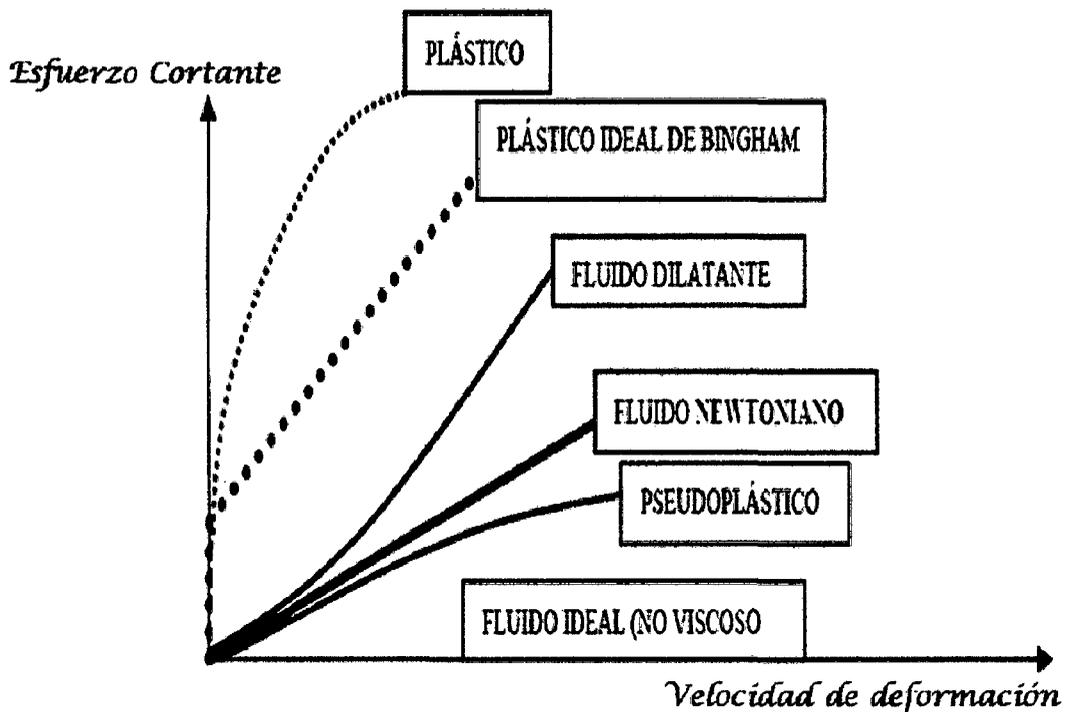
#### **A. Fluidos newtonianos.**

Existe Proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación. Los fluidos newtonianos poseen una relación lineal entre la magnitud del esfuerzo cortante aplicado ( $\tau$ ) y la velocidad de deformación ( $\dot{\gamma}$ ) resultante, lo anterior indica una viscosidad ( $\mu$ ) constante a diferentes velocidades de corte. (BLOOMER, 2000).

#### **B. Fluidos no newtonianos.**

Cuando no hay proporcionalidad entre el esfuerzo cortante y la velocidad de deformación, entonces se denominan fluidos no newtonianos y (MC'CLEMENTS, 1999). Estos fluidos a su vez se diferencian en dependientes e independientes del tiempo.

La clasificación de fluidos (Fig.1) está dada por las diferentes características reológicas que pueden ser descritas a través del uso de un viscosímetro (MC'CLEMENTS ,1999).



Fuente: REGALADO Y NORIEGA (2008)

Figura 1. Clasificación de los Fluidos.

Un fluido es capaz de fluir debido a las fuerzas de cohesión en sus moléculas y suele deformarse continuamente cuando se somete a un esfuerzo cortante, la viscosidad ( $\mu$ ), es una propiedad de transporte, ya que cuantifica la conductividad de cantidad de movimiento a través de un medio conductor o fluido. Se interpreta como la resistencia que ofrecen los fluidos a ser deformados cuando son sometidos a un esfuerzo (BARNES, 2000).

Existen viscosímetros rotacionales, como el viscosímetro de Brookfield, donde su elemento rotatorio sirve la doble finalidad de agitar la muestra y medir su viscosidad (ANÓNIMO, 2009)

De acuerdo a SHAMES (1995) y CHHABRA (2007) los principales modelos matemáticos para los fluidos son descritos en el cuadro 3.

Cuadro 3. Principales modelos matemáticos para fluidos

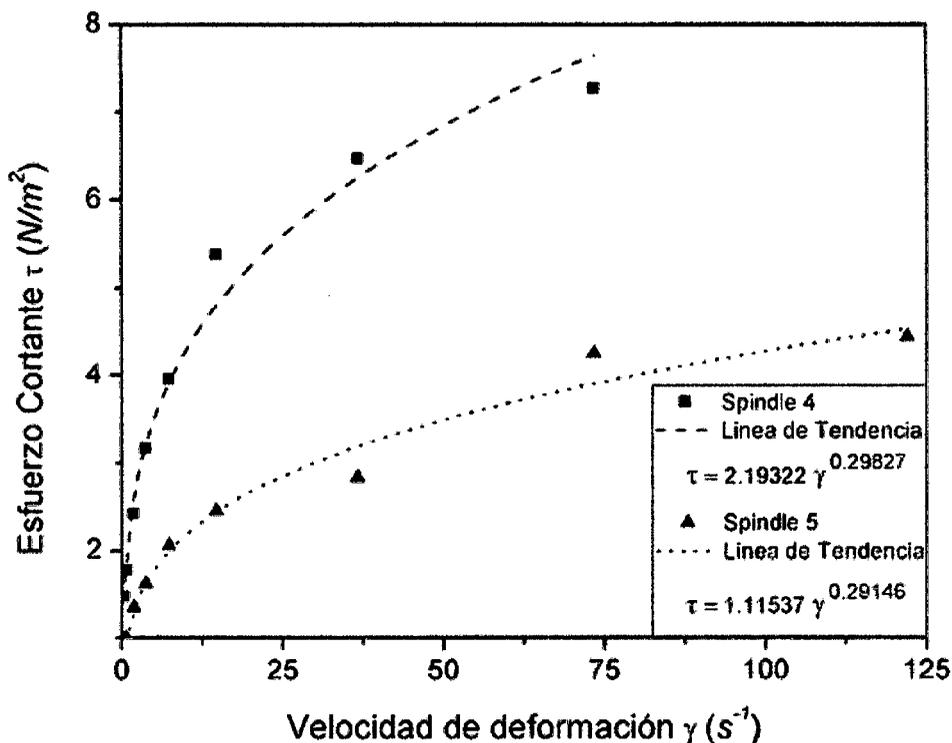
Tipo de Fluido	Ecuación
Fluido ideal de Bingham	$\tau = \tau_0 + \mu\dot{\gamma}$
Ley de Newton	$\tau = \mu\dot{\gamma}$
Ley de Ostwald	$\tau\dot{\gamma} = (k)^n$
Herschel–Bulkley	$\tau = \tau_0 + K\dot{\gamma}^n$

Esfuerzo cortante ( $\tau$ ), velocidad de deformación ( $\dot{\gamma}$ ), índice de consistencia ( $k$ ) e índice de comportamiento del fluido ( $n$ ).

Fuente: REGALADO y NORIEGA (2008).

Herschel–Bulkley, es un modelo generalizado de fluido no newtoniano, en el cual la tensión experimentada por el fluido está relacionada con la tensión de un modo complicado no lineal.

Los fluidos pseudoplásticos ( $\sigma = K \cdot \gamma^n$ ) y dilatantes muestran una relación no lineal entre ( $\sigma$ ) y ( $\gamma$ ), y en ambos casos se representa por la “ley de la potencia”.



Fuente: REGALADO y NORIEGA (2008)

Figura 2. Comportamiento reológico de fluidos independientes del tiempo.

### 2.3.2. Reología de la leche fermentada

Las leches fermentadas o acidificadas pueden ser clasificadas como un fluido no newtoniano independientes del tiempo de aplicación, de tipo pseudoplástico. (ROHM y SCHMID, 1993).

El comportamiento reológico de las leches fermentadas o acidificadas presenta un fenómeno de tixotropía. (GERAGTHY y BUTLER, 1999).

RASIC y KURMANN (1978), mencionan que durante los primeros días de almacenamiento en refrigeración ocurre una mejora en la consistencia y viscosidad de la leche fermentada o acidificada, está relacionada con la solidificación en la estructura del gel durante el enfriamiento y su eventual tixotropía. En unos días, la leche fermentada en refrigeración pierde su consistencia óptima porque la solidificación estructural tiene lugar durante un cierto intervalo de tiempo (aproximadamente en los primeros 10 días de almacenamiento), así mismo indica que la leche fermentada tiene una viscosidad dentro del intervalo de 19000 – 21000 cp.

ROHM y SCHIMID (1993), Menciona que dentro de los factores que afectan la viscosidad de las leches fermentadas están los siguientes:

- Contenido de grasa.
- Temperatura de incubación a mayor temperatura, la viscosidad disminuye.
- Velocidad de enfriamiento.
- Por efecto del calentamiento.
- Por efecto de la contaminación de sólidos en la leche.

## **2.4. Stevia**

### **2.4.1. Características botánicas**

Nombre científico: *Stevia rebaudiana Bertoni*

Nombre Común: ka'a he'e o "hierba dulce".

Familia: Asteraceae

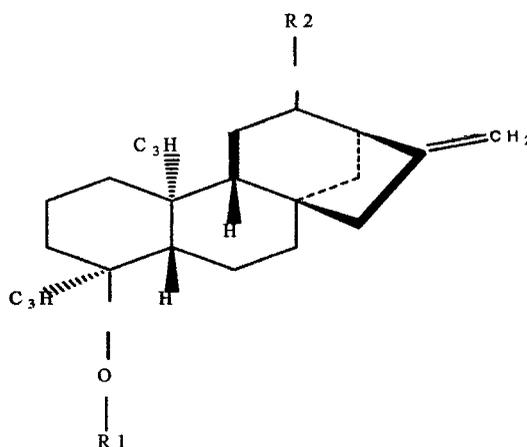
Altura: 30-80 cm.

Tallo: color pardo y hojas: sésiles ovoidales con bordes aserrados.

Flores: pequeñas terminales, blanquecinas, hermafroditas.

Existen en la actualidad alrededor de doscientas especies, diseminadas a través de toda América. En Paraguay destacan 14 especies, aunque la más empleada es *Stevia rebaudiana* Bertoni, el cual se cultiva en diversas regiones del norte de la Argentina y litoral Brasileño y Paraguay, cultivos en otras latitudes como Uruguay, México, Canadá, Sudoeste de EE.UU., China, Taiwán, Filipinas, Israel, Tailandia y Japón. Su cultivo requiere suelos arenosos-humíferos con un pH de 6,5-7,5 en ausencia de salinidad, siendo la mejor época entre primavera y verano, (SUMIDA y TETSUYA, 1980).

MOSETTIG (1963), dilucido la estructura química afirmando que el steviósidos es un glucósido diterpeno de  $M = 804,80$  g/mol y fórmula



Fuente: TANAKA (1982)

Figura 3. Formula general de los glicósidos de *stevia rebaudiana*.

TANAKA (1982), aisló cuatro glicósidos dulces adicionales, presentes en menor porcentaje, a los cuales denominó rebaudiósidos A, C, D y E. en el siguiente cuadro, se presenta estos 4 glicósidos.

Cuadro 4. Estevoles y glicósidos presentes en la *stevia rebaudiana*

Nombre	R1	R2
Esteviol glicósidos más comunes		
Steviosido	-G	-G(2,1)G
Rebaudiósido A.	-G	-G—(2,1)G (3,1)G
Rebaudiósido B	-G	-G—(2,1)R \\ (3,1)G
Dulcósidos A	-G	-G(2,1)R
Esteviol glicósidos presentes al nivel de trazas		
Rebaudiósido D.	-G(2,1)G	-G—(2,1)R \\ (3,1)G \\\
Rebaudiósido E.	-G(2,1)G	-G(2,1)G
Estructura del esqueleto		
Esteviol	H	-OH

Donde: G=  $\beta$  - glucopiranosil (glucosa) y R=  $\alpha$ - ramnopiranosil (ramnosa).

Fuente: TANAKA (1982)

#### 2.4.2. Aspectos funcionales.

MIQUEL (1977), afirma que dentro de la medicina popular paraguaya el stevia se utiliza como hipoglucemiante. YANG y WEI, (1979), afirman que la stevia es un digestivo, cardiotónico, diurético y antiácido.

FUJITA (1979), menciona que la hoja de stevia posee un poder endulzante 30 veces mayor al del azúcar común, contiene sustancias del tipo glicósidos conocidas como steviósidos, rebaudiósidos y dulcósidos que en su forma pura pueden tener un poder endulzante entre 200 a 300 veces más que la sacarosa. Combate la diabetes y la hipoglucemia, varios estudios científicos recientes han demostrado que la Stevia ayuda a regular los niveles de azúcar en la sangre y los normaliza.

### **III. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1 Lugar de ejecución.**

El presente trabajo de investigación se ejecutó en los laboratorios de: Análisis de Alimentos, Ingeniería de Alimentos y Análisis Sensorial pertenecientes a la Facultad de Ingeniería en Industrias alimentarias de la Universidad Nacional Agraria de la Selva (avenida universitaria s/n), en el km 1,5 de la carretera central Tingo María – Huánuco, en el Distrito de Rupa Rupa, Provincia de Leoncio Prado, Departamento de Huánuco, cuya altitud es 650 m.s.n.m, con una humedad relativa promedio de 80 % y una temperatura promedio de  $25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

#### **3.2 Materia prima e insumos.**

Leche: Centro de Investigación y Producción Tulumayo- La Divisoria.  
Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Insumos:

- Cultivo: VIVOLACT®. BIOFLORA DRI-SET ABY 424.Montana S.A. cultivo especial para elaborar leche fermentada.
- Leche en polvo descremada: PILI. ANDINA S.A ®. Del grupo Gloria S.A.
- Edulcorante Stevia: TREE-LIFE. PERÚ SAC ®.

### **3.3 Equipos, Materiales y reactivos.**

#### **3.3.1 Equipos.**

- Incubadora JSB, MOD: ST N° 356 30 -110 °C.
- Balanza analítica MOD: TS400S cap. 400 g.
- Descremadora. MOD: MC60. The Coburn Company.Inc.
- Centrifuga. Typ: IF45ILZ rpm. 1000. Budapesti Vegypari Gepgvar. Hungary.
- Refrigeradora, marca Inresa (-20 a 20°C)
- Batidora manual marca Oster 3 velocidades, 220 v.
- Viscosímetro, Modelo RTV, Marca Brookfield de 8 velocidades de un rango de 0,5 a 100 rpm.Stoughton, USA.

#### **3.3.2 Materiales de laboratorio.**

- Probeta de 10, 500 y 1000 mL.
- Matraces de 250 mL.
- Pipetas de 1, 2, 5 y 10 mL.
- Vasos de precipitación de 50, 600 mL.
- Butirometros con escala de 0 a 6 %, en contenido de grasa.
- pHmeter MOD: MP220.Mettler Toledo. digital, 220 v.
- Termómetro de 0 – 100 °C. Germany
- Equipo de titulación para medir acidez (bureta autoenrazable de 25 ml).
- Lactodensímetro de Quevenne, escala (15-40 milésimas de densidad)

### 3.3.3 Reactivos.

- Granos de Hidróxido de Sodio (Na OH) grado técnico 99% de pureza.
- Agua bidestilada.(sin CO<sub>2</sub>)
- Fenolftaleína 2% (en solución alcohólica)
- Acido sulfúrico concentrado puro de p.e= 1820- 1825 Q.P.
- Alcohol amílico puro ( p.e = 0.815 a 15° C y punto de ebullición (128-132 ° C).

### 3.4 Métodos de análisis.

#### 3.4.1 Análisis fisicoquímico de la leche fresca.

- Acidez. (AOAC, 947.05, 1995).
- pH, por potenciometría. (LEES, 1982)
- Densidad, con lactodensímetro (AOAC. 925.22, 1995).
- Grasa, método de Gerber. (SCHONHERR, 1959).
- Sólidos totales (REVILLA, 1982).
- Sólidos no grasos (REVILLA, 1982).

#### 3.4.2. Análisis para la estandarización de los sólidos totales para la elaboración de la leche fermentada.

##### 3.4.2.1 Evaluación sensorial.

Diseño de bloques incompletos (Tipo V), según COCHRAN y COX, (1980) de variables:( t=4, K=2, r=3, b=6,  $\lambda=1$ , E=0.67).

##### 3.4.2.2 Evaluación reológica.

Se trabajó utilizando un Viscosímetro rotacional (Brookfield) Modelo RTV, según, (MITCHKA, 1982 y TAFUR, 2005)

### **3.4.3. Análisis sensorial para determinar la concentración de stevia en la edulcoración la leche fermentada.**

Se utilizó Diseño de bloques incompletos (Tipo V), de COCHRAN y COX ,1980) de variables:(  $t=4$ ,  $K=2$ ,  $r=3$ ,  $b=6$ ,  $\lambda=1$ ,  $E=0.67$ ), los atributos evaluados fueron dulzor y aceptabilidad.

### **3.4.4. Evaluación fisicoquímica y microbiológica de la leche fermentada.**

#### **3.4.4.1 Análisis fisicoquímico**

- Acidez. (AOAC. 947.05, 1995).
- pH, por potenciometría. (LEES, 1982)
- Materia grasa, método de Gerber. (SCHONHERR, 1959).
- Sólidos totales (REVILLA, 1982).
- Sólidos no grasos (REVILLA, 1982).

#### **3.4.4.2 Evaluación microbiológica.**

- Recuento de coliformes totales, (ICMSF, 1983)
- Recuento de Mohos y levaduras,( ICMSF, 1983)

### **3.5 Metodología experimental.**

El presente trabajo de investigación se realizó como sigue:

#### **3.5.1 Caracterización fisicoquímico de la leche fresca.**

Para la caracterización de la leche fresca se realizó siguiendo los análisis especificados en los métodos de análisis.

#### **3.5.2 Proceso de elaboración de la leche fermentada.**

Para la elaboración de la leche fermentada se utilizó el flujograma de la Figura 4, recomendado por REVILLA (1996), tal como se describe a continuación.

##### **Recepción.**

La leche fresca se recibió en recipientes de porcelana esterilizados, se tomó la muestra para los análisis de la caracterización fisicoquímica de la leche.

##### **Desnatado.**

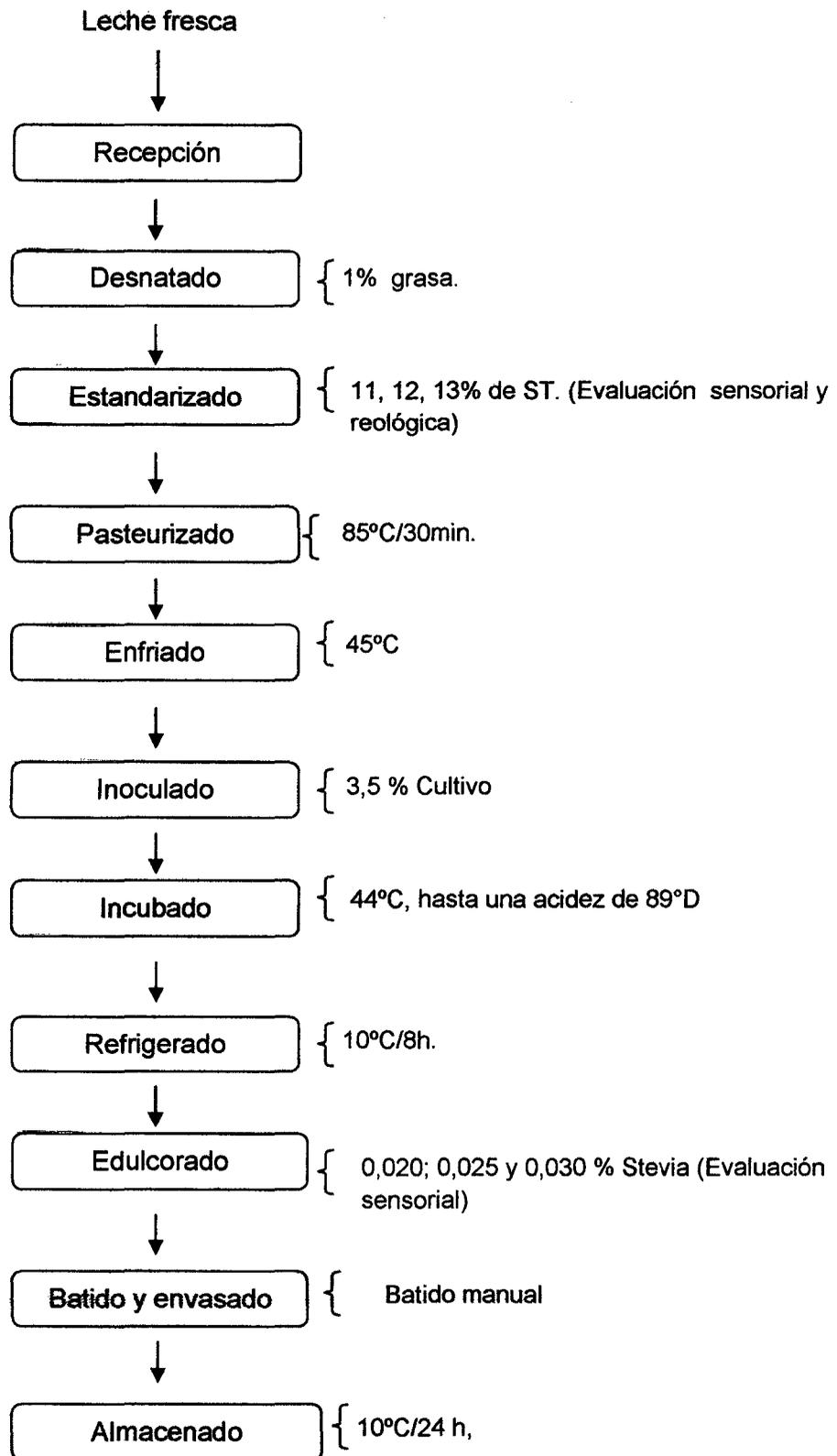
Se descremo hasta tener un contenido de 1% de contenido graso

##### **Estandarización.**

Se estandarizó, en base a 3 concentraciones:  $T_1=11\%$ ,  $T_2=12\%$ , y  $T_3=13\%$ , de sólidos totales, esta se realizó adicionando leche descremada en polvo (LDP); además se consideró como testigo al yogur bebible comercial (12,2% de ST).

##### **Pasteurizado.**

La leche fue pasteurizada a  $85^\circ\text{C}/30$  min, este tratamiento tiene por objeto favorecer la precipitación de una fracción de las proteínas del lactosuero, lo que implica una mejora de la consistencia.



Fuente: REVILLA (1996).

Figura 4. Diagrama de flujo para la elaboración de leche fermentada.

**Enfriado.**

La leche fue enfriada hasta la temperatura de 45°C, con la finalidad de preparar la temperatura de inoculación.

**Inoculación.**

Se inoculó a la leche con cultivo láctico a una concentración de 3,5% en base al volumen.

**Incubación.**

Se realizó a 44°C hasta lograr una acidez de 89°D, esto con la finalidad de obtener la acidez, textura y flavor óptimo.

**Refrigerado.**

Se refrigeró a 10°C/8h, con la finalidad de detener o disminuir una excesiva acidificación, esta provoca la retracción de las proteínas coaguladas, que resulta en la separación del suero.

**Edulcorado.**

Se adiciono el edulcorante Stevia a tres concentraciones  $E_1=0,020\%$ ,  $E_2=0,025\%$  y  $E_3=0,030\%$  y  $E_4=10\%$  de sacarosa (testigo).

**Batido y envasado.**

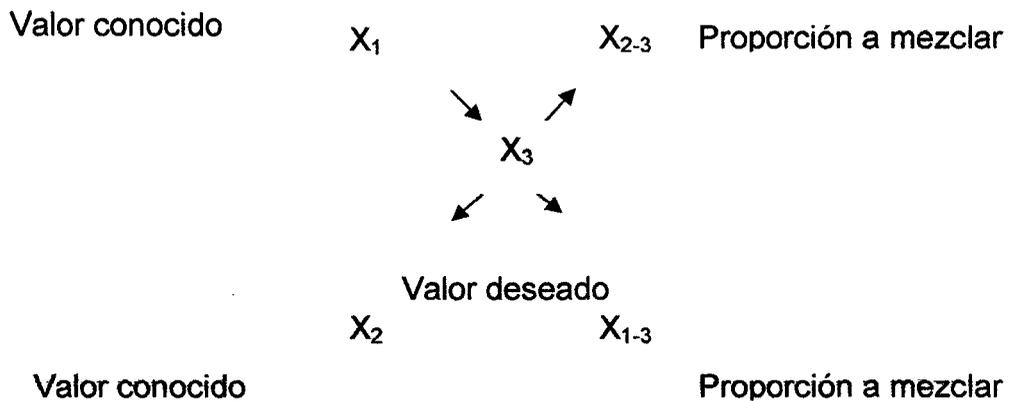
Se procedió al batido de manera manual tratando de romper el coágulo formado y luego se envaso en recipientes de plástico esterilizados de 1L.

**Almacenado.**

Se realizó a una temperatura de 10°C por un espacio de 24 horas.

### 3.5.3 Estandarización de los sólidos totales para la elaboración de la leche fermentada.

Para la elaboración de la leche fermentada, se descremó la leche fresca a 30 °C hasta un contenido graso de 1%, luego se estandarizó a tres concentraciones:  $T_1 = 11\%$ ,  $T_2 = 12\%$  y  $T_3 = 13\%$ , con leche en polvo descremada (LDP), el cálculo se realizó mediante el cuadrado Pearson, recomendado por REVILLA (1996), que se presenta en la siguiente figura.



Donde:  $X_1$ = leche fresca  $X_2$ = leche en polvo

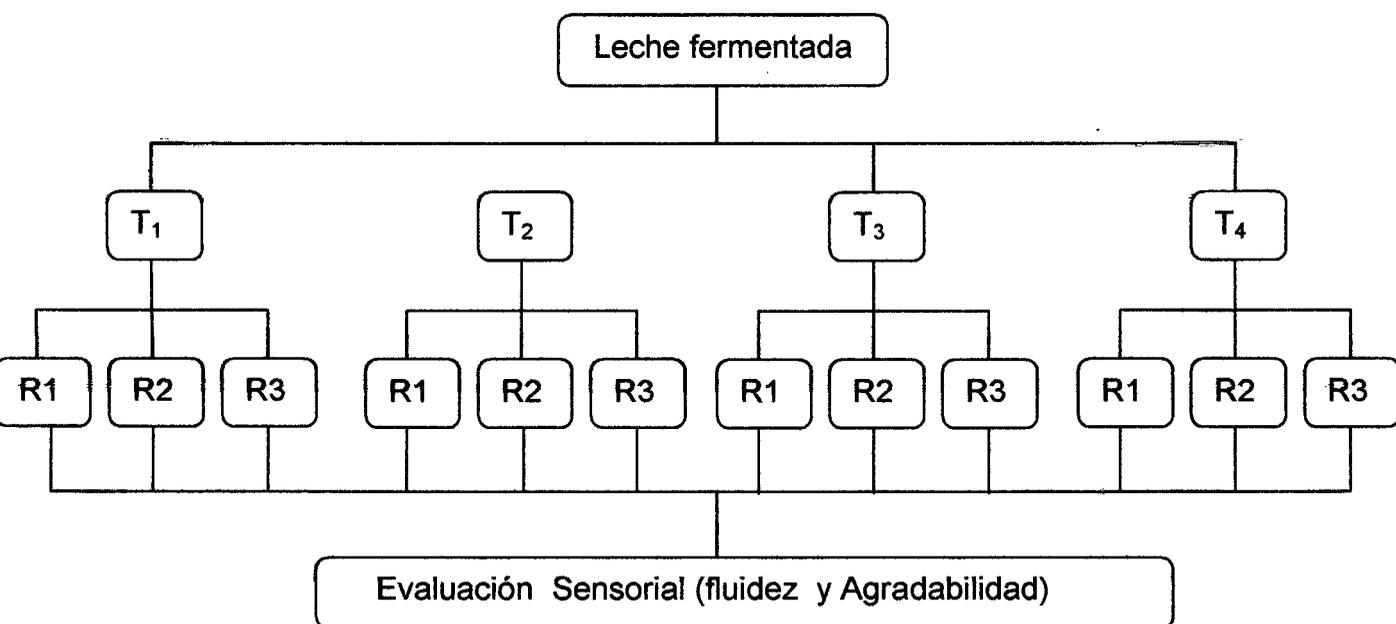
Figura 5. Formula del cuadrado de Pearson.

El  $T_4 = 12.2\%$  de ST (testigo comercial), para cada tratamiento se consideró tres repeticiones.

#### 3.5.3.1. Evaluación sensorial.

Para determinar la concentración adecuada de los sólidos totales se evaluó sensorialmente mediante los atributos de fluidez y agradabilidad,

para ello se utilizó una cartilla de 5 puntos, (A-I) los panelistas que evaluaron fueron semi entrenados, la distribución de los tratamientos se realizó, según COCHRAN y COX (1980), modelo estadístico de (Tipo V), los parámetros considerados fueron los siguientes:  $t=4$ ,  $K=2$ ,  $r=3$ ,  $b=6$ ,  $\lambda=1$ ,  $E=0,67$  (A-II). Las muestras se sirvieron en vasitos de plástico de 30 c.c. de capacidad.



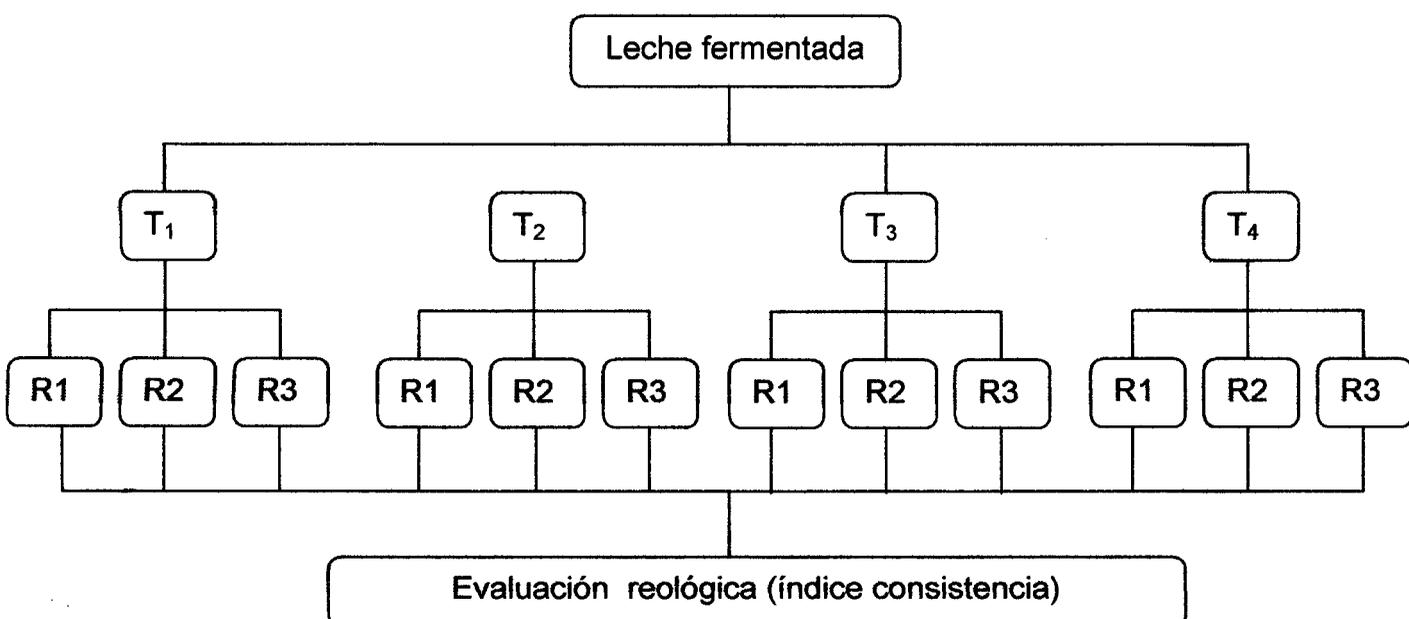
Donde:  $T_1 = 11\%$ ,  $T_2 = 12\%$ ,  $T_3 = 13\%$ , de ST y  $T_4 =$  testigo. R= repetición.

Figura 6. Diagrama experimental para la evaluación sensorial de la leche fermentada.

### 3.5.3.2. Evaluación reológica.

Para determinar la estandarización adecuada de sólidos totales se realizó la evaluación del comportamiento reológico de la leche fermentada, para ello se utilizó un viscosímetro rotacional (Brookfield) de 8 velocidades con rango de 5 a 100 r.p.m., con el spin nº 4 del equipo, la muestra se colocó en

vasos de precipitación de 600 c.c. (10°C). Las lecturas del viscosímetro fueron en dinas. cm y las velocidades utilizadas respectivamente de (1, 2.5, 5, 10, 20, 50 y 100 rpm), los resultados de las lecturas fueron procesadas en el programa REOSOFT V.1, Según TAFUR (2005), el cual da como resultado el índice de consistencia (k) o la viscosidad aparente. En la figura 7, se presenta el diseño experimental de los tratamientos en estudio.

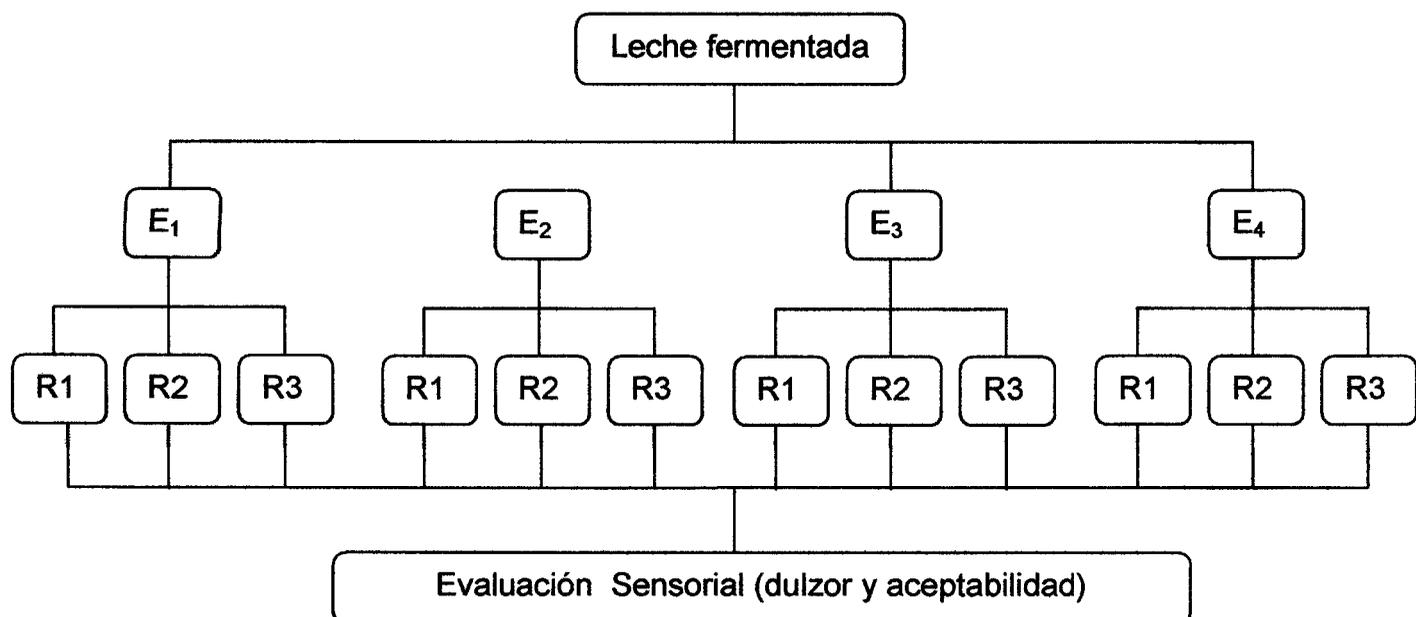


Donde:  $T_1 = 11\%$ ,  $T_2 = 12\%$ ,  $T_3 = 13\%$ , de ST y  $T_4 =$  testigo. R= repetición.

Figura 7. Diagrama experimental para la evaluación reológica de la leche fermentada.

### 3.5.4 Determinación de la concentración de Stevia para edulcorar la leche fermentada.

Para determinar la edulcoración adecuada de la leche fermentada, se practicó la evaluación sensorial mediante los atributos de dulzor y aceptabilidad, los tratamientos fueron  $E_1 = 0,020\%$ ,  $E_2 = 0,025\%$  y  $E_3 = 0,030\%$  de Stevia, y  $E_4 = 10\%$  de sacarosa (control). Para ello se utilizó una cartilla de 5 puntos A-III, los panelistas que evaluaron fueron semi entrenados la distribución de los tratamientos se realizó mediante el diseño de bloques incompletos (Tipo V), según (COCHRAN y COX, 1980). En la siguiente figura se detalla la distribución de los tratamientos en estudio.



Donde:  $E_1 = 0,020\%$ ,  $E_2 = 0,025\%$  y  $E_3 = 0,030\%$  de Stevia, y  $E_4 = 10\%$  de sacarosa (control). R= repetición.

Figura 8. Diagrama experimental para la determinación de la concentración de Stevia, para edulcorar la leche fermentada.

### **3.5.5. Evaluación fisicoquímica y microbiológica de la leche fermentada.**

#### **3.5.5.1. Evaluación fisicoquímica.**

En la leche fermentada elaborada con los parámetros de estandarización y edulcoración óptimos de esta investigación, se realizó los análisis fisicoquímicos (acidez, pH, grasas, sólidos totales y sólidos no grasos).

#### **3.5.5.2. Evaluación microbiológica.**

La evaluación microbiológica consistió en un recuento de coliformes totales, este se realizó por la técnica descrita por ICMSF (1983), que consiste en hacer el cultivo en medio VRBL (agar rojo-violeta neutro bilis lactosa); se incubo por 24 a 48 h a 37°C, cumplido el tiempo se realizó el recuento respectivo y recuento de Mohos y levaduras, se realizó la técnica recomendada por ICMSF (1983), que se fundamenta en hacer una siembra en superficie en el medio OGGA (oxidotetraciclina-gentamicina-glucosa-extracto de levadura), se incubó a temperaturas de 22°C/ 3 a 5 días, cumplido este tiempo se realizó el recuento correspondiente.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

### 4.1 Caracterización fisicoquímica de la leche fresca.

Observando el cuadro 5, con respecto a la acidez se determinó 18,0°D, según AMIOT (1991), reporta un rango de acidez 0,14 al 0,19 % de ácido láctico. CELESTINO *et; al* (1996), indica que la leche cruda después del ordeño; inmediatamente debe almacenarse temperatura de refrigeración para atenuar el daño, debido a la acumulación de ácido láctico producido por bacterias mesófilas. Al respecto CHOMBO (1999), indica que el ordeño debe realizarse con la máxima higiene, con equipos adecuados e inmediatamente guardados en tanques de enfriamiento.

Con respecto al pH el valor obtenido fue 6,67. Según CELESTINO *et; al* (1996), señala en general, la leche tiene una reacción iónica cercana a la neutralidad, entre 6,6 y 6,8, también afirma que el pH no es un valor constante, sino que puede variar en el curso del ciclo de la lactación y bajo la influencia de la alimentación. Por otro lado BRIÑEZ *et; al* (1995), encontró que el pH de la leche fue afectado por la raza.

Cuadro 5. Resultados de la composición fisicoquímica de la leche.

Componentes	Unidad	Resultados
Acidez*	D°	18,0 ± 0,14
pH		6,67 ± 0,04
Densidad **	g/c.c	1, 030 ± 0,03
Grasa	%	2,8 ± 0,08
Sólidos Totales	%	11,8 ± 0,14
Sólidos no grasos	%	8,9 ± 0,10

\* Expresado en grados Dornic (°D) y \*\* Medida a 15°C/15°C.

La densidad de la leche fue 1,030 g/mL, según ASSEMAT (1993), recomienda que una leche de óptima calidad, debe presentar, una densidad de 1,028 a 1,036 Kg. m<sup>-3</sup> y un litro de leche debe pesar 1,032 Kg, con este resultado se descubre que no existió la adulteración o el aguamiento ya que la incorporación de agua disminuye la densidad de la leche.

Con respecto al contenido graso fue de 2,8%, según SPREER (1991), indica que la grasa debe de ser de 3,5 %. Al respecto AMIOT (1991). Justifica que el contenido graso puede ser afectado por muchos factores como los citados en la revisión bibliográfica. Así mismo, REVILLA (1996), reporta que el contenido graso de la leche debe encontrarse en el rango de 2,20 a 6 % con un promedio de 3,5%, indicando que la grasa imparte una textura suave, fina y una sensación agradable a los productos de los cuales forma parte, aportando 9 calorías por gramos de grasa.

En cuanto al contenido de sólidos totales, fue 11,8%, según SPREER (1991), indica que los ST, deben encontrarse 11,5- 12,5 %. Según VELAZCO *et al* (1995), manifiesta que la leche de vaca está constituida por sustancias solidas solubles, dispersas y emulsionadas en una proporción de 11 al 13%.

Según el resultado, el contenido de sólidos no grasos en la leche fresca fue de 8,9%, con respecto a esto la UNIVERSIDAD DE ZULIA (2003), afirma que los sólidos no grasos nos permite establecer que la leche se no se encuentra adulterada, así mismo se puede establecer el rendimiento de la leche para la elaboración de productos lácteos; así mismo tener valores de referencia para la selección genética de los rebaños. Según SPREER (1991), indica que los sólidos no grasos, deben encontrarse 8 - 9%, para que sea una leche de buena calidad. Son entonces los sólidos no grasos de la leche son muy necesarios para obtener una textura más firme y un cuerpo más cremoso. La ausencia de los mismos debilita la estructura y su exceso como consecuencia de la baja solubilidad de la lactosa.

## **4.2 Estandarización de los sólidos totales para la elaboración de la leche fermentada.**

### **4.2.1 Evaluación sensorial.**

Para determinar la concentración adecuada de sólidos totales, se procedió a realizar la evaluación sensorial mediante el atributo de fluidez, los resultados se presentan en el siguiente cuadro 6 y figura 9.

Cuadro 6. Resultado del atributo fluidez para estandarizar los sólidos totales de la leche fermentada.

Tratamiento	Sólidos totales (%)	Atributo Fluidez
T <sub>1</sub>	11	2,9 <sup>a</sup>
T <sub>2</sub>	12	3,3 <sup>a</sup>
T <sub>3</sub>	13	2,4 <sup>b</sup>
T <sub>4</sub> Testigo	12,2	3,2 <sup>a</sup>

Los datos provienen de 3 repeticiones, valores en la misma columna con letra distinta son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ).

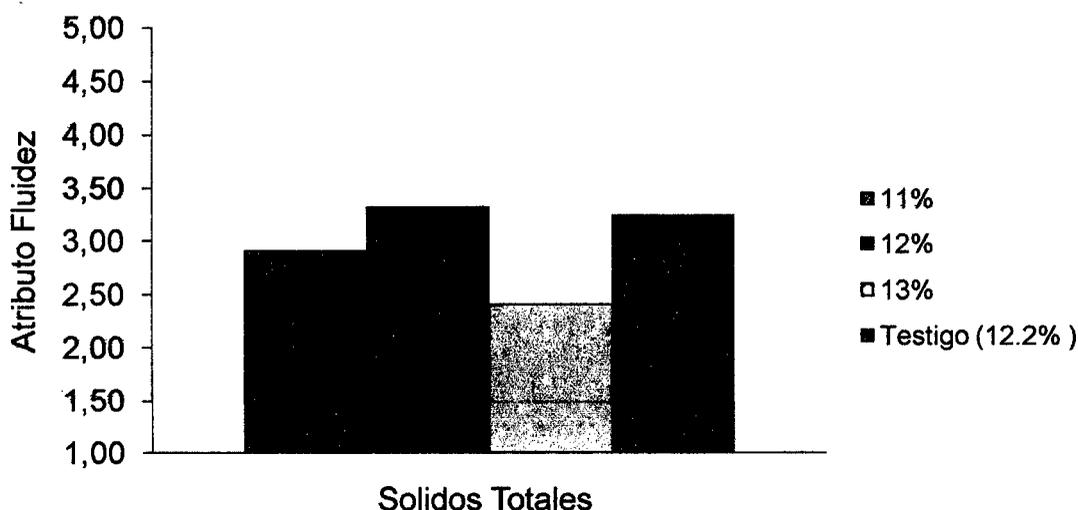


Figura 9. Comportamiento de la fluidez para estandarizar los sólidos totales de la leche fermentada.

Según los resultados del análisis estadístico (A-IV y A-V), se puede apreciar que existe diferencia significativa ( $p \leq 0,05$ ), entre los tratamientos. Realizando la prueba de tukey entre las medias, se puede apreciar que los tratamiento T<sub>2</sub> (12%ST) y T<sub>4</sub> (12,2%ST), tuvieron puntajes

similares 3,3 y 3,2 respectivamente, con un calificativo de “regularmente fluido” ambos no presentaron diferencia estadística. Esta correlación entre los sólidos totales de la leche y la consistencia de las leches fermentadas ha sido estudiada por TAMIME *et; al* (1977), quien comprobó que esta propiedad mejoraba notablemente al aumentar el extracto seco total de la leche de un 12,5 a un 15%.

El tratamiento diferente fue el T<sub>3</sub> (13%ST) que tuvo un calificativo “denso”, esto indica que a medida que se incrementa los sólidos totales se afecta la textura, al respecto AUTEL (2011), indica que cuanto mayor el tenor de sólidos totales, más cremoso será la leche fermentada o acidificada y que los sólidos totales tienen un efecto marcadamente en la firmeza del coagulo o gel de la leche fermentada.

Los resultados de la evaluación sensorial referida al atributo de agradabilidad de la leche fermentada, se presentan en el cuadro 7 y figura 10, según el análisis estadístico (A- VI y A-VII), se puede apreciar que entre los tratamientos no existe diferencia significativa ( $P \leq 0,05$ ). Según los resultados del cuadro 7 y de acuerdo a la escala de calificación (A-I), se puede apreciar que entre los tratamientos, existe una diferencia numérica, el mayor puntaje correspondió al T<sub>1</sub>= 2,7 (11% ST), cuyo calificativo fue “me agrada”. El calificativo obtenido puede deberse a que este tratamiento tuvo el menor contenido de sólidos totales, al respecto HERRERA *et; al* (2010), indican que la textura es un atributo de calidad y aceptabilidad y esta depende del contenido de sólidos totales.

Cuadro 7. Resultado del atributo agradabilidad para estandarizar los sólidos totales de la leche fermentada.

Tratamiento	Sólidos totales (%)	Agradabilidad
T <sub>1</sub>	11	2,7 <sup>a</sup>
T <sub>2</sub>	12	2,3 <sup>a</sup>
T <sub>3</sub>	13	2,4 <sup>a</sup>
T <sub>4</sub> Testigo	12,2	2,4 <sup>a</sup>

Los datos provienen de 3 repeticiones, los valores en la misma columna con letra distinta son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ).

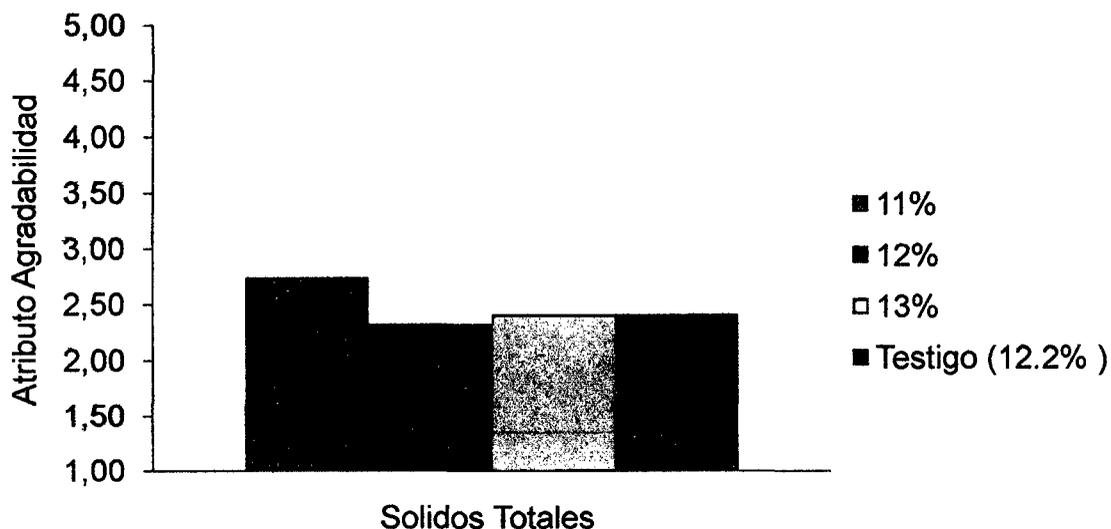


Figura 10. Comportamiento de la agradabilidad para estandarizar los sólidos totales de la leche fermentada.

Por otro lado los tratamientos: T<sub>2</sub> (12%ST), T<sub>3</sub> (13%ST) y T<sub>4</sub> (12,2%ST), tuvieron puntajes similares 2,4 con un calificativo de "me agrada mucho". Como sabemos la evaluación sensorial es una herramienta importante

para evaluar la aceptabilidad de un alimento porque permite simular la actitud que va tener el consumidor frente al producto; en los tratamientos con mayor contenido de sólidos y testigo tuvieron un mejor calificativo esto puede explicarse por lo reportado por MARTÍNEZ (2003), indicando que en la leche fermentada o acidificada batida existe una mejor calificación de la consistencia o fluidez al agregar hasta 6,4% de LPD.

#### **4.2.2. Evaluación reológica.**

La leche fermentada se puede elaborar con leche entera y/o descremada, con la adición de bacterias ácido lácticas (BAL), que transforman los azúcares en ácido láctico y otros compuestos, además se caracteriza por tener una consistencia gelatinosa. Para evaluar este comportamiento se determinó el índice de consistencia (K), para cada tratamiento (A-VIII). Los resultados se presentan en el cuadro 8 y figura 11, realizado el análisis estadístico (A-IX), se encontró que existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos, aplicando la prueba de tukey ( $p \leq 0,01$ ,) a los promedios se encontró el T<sub>1</sub> (11%ST), tuvo el menor índice de consistencia 13 144,97 cp, esto puede ser explicado por CASTILLO *et; al* (2004), quien indica que una leche fermentada o acidificada con la cantidad natural de sólidos de la leche, el gel formado es extremadamente débil y frágil e impropio para su uso comercial, la adición de 2-5% de sólidos lácteos como leche en polvo antes de la fermentación puede remediar esta situación.

Cuadro 8. Resultado del índice de consistencia para estandarizar los sólidos totales de la leche fermentada.

Tratamiento	Sólidos Totales (%)	Índice Consistencia (cp)
T <sub>1</sub>	11	13 144,97 ± 0,86 <sup>c</sup>
T <sub>2</sub>	12	21 083,70 ± 0,38 <sup>ab</sup>
T <sub>3</sub>	13	23 505,47 ± 1,50 <sup>a</sup>
T4 (Testigo)	12.2	18 674,03 ± 0,32 <sup>b</sup>

Los datos provienen de 3 repeticiones, los valores en la misma columna con letra distinta son significativamente diferentes ( $p \leq 0,01$ ); promedio ± valor del SEM.

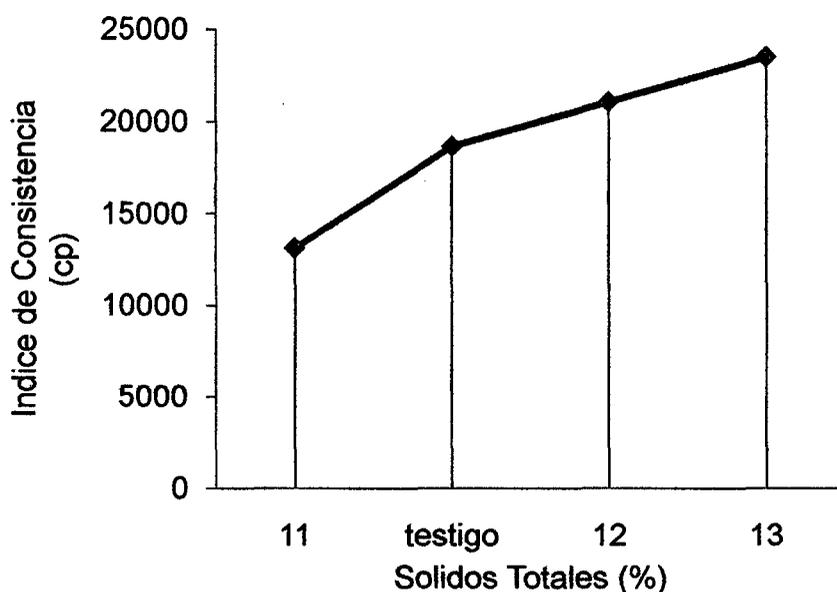


Figura 11. Comportamiento del índice de consistencia para estandarizar los sólidos totales de la leche fermentada.

Entre los tratamientos T<sub>2</sub> (12%ST) y T<sub>3</sub> (13%ST), no se encontró diferencia estadística entre los promedios 21 083,70 ± 0,38 y 23 505,47 ±

1,50 cp, este incremento del índice de consistencia favorece la estabilidad física de la leche fermentada cuya fase dispersa es acuosa. Al respecto RINCON *et; al* (2005), indica que el aumento de la viscosidad limita la migración de las moléculas de agua al núcleo del sistema, lo cual incide favorablemente en la textura del producto elaborado. CASTILLO *et; al* (2004), indica que la firmeza de la leche fermentada, aumenta con la adición de LPD hasta una concentración de 3% (p/p), no variando apreciablemente para concentraciones mayores. Es conocido que el uso de la leche en polvo mejora la firmeza del yogur lo cual se asocia a un aumento de la proporción de sólidos no grasos.

El T<sub>4</sub> (testigo) (12,2%ST) y el T<sub>2</sub> (12%ST) no presentaron diferencia estadística entre los promedios  $18\ 674,03 \pm 0,32$  y  $21\ 083,70 \pm 0,38$  cp, respectivamente. Este comportamiento de los tratamientos puede ser explicado por CASTILLO *et; al* (2004) que demostró utilizando un microscopio electrónico, en donde observo que la leche fermentada o acidificada, es una matriz de proteínas compuesta de cadenas y racimos de partículas de caseína asociada al azar con poros relativamente uniformes llenos de suero y observaron que un aumento de los sólidos totales con LPD producía un decrecimiento de dichas cadenas y racimos confiriendo mayor firmeza al gel. ROJAS *et; al.* (2007), Investigó que el índice de consistencia de la leche fermentada bebible se encuentra entre 18000 y 22000 cp, RASIC y KURMANN (1978), manifiestan que el índice de consistencia de leches fermentadas o acidificadas, están en el intervalo de (19000 – 21000 cp), además la viscosidad aparente y consistencia de la leche fermentada se ven

afectadas por la cantidad de sólidos no grasos incorporados a la mezcla de yogur y tipo de cultivo láctico empleado en su fabricación.

Así mismo PAULETTI *et; al* (2003), investigo la modelización de la leche fermentada o acidificada, encontrando como resultado valores entre 32970 y 38772 cp, estos valores se justifican por la utilización de gelificantes (almidón, gelatina y pectina).

Para determinar la estandarización adecuada de los sólidos totales para la elaboración de leche fermentada se realizó la evaluación sensorial mediante los atributos de fluidez y agradabilidad, así mismo se evaluó el comportamiento reológico de estas dos pruebas donde se determinó como mejor tratamiento  $T_2 = 12\%$  sólidos totales ya que tiene un comportamiento similar al comercial (testigo).

### **4.3. Determinación de la concentración de Stevia para edulcorar la leche fermentada.**

#### **4.3.1. Evaluación sensorial del atributo dulzor**

Los resultados de la edulcoración con Stevia para determinar la mejor concentración se presenta en el anexo A-X, realizando el análisis estadístico (A-XI) se encontró que existe diferencia altamente significativa. Los promedios de los tratamientos se presentan en el cuadro 9 y figura 12 Realizando la comparación de medias mediante la prueba de tukey ( $p \leq 0,05$ ) los tratamientos  $E_3$  y  $E_4$ , tuvieron los mayores puntajes pero entre ambos no existió diferencia estadística, la concentración de Stevia fue  $E_3$  (0,003%) y  $E_4$  (10% sacarosa) logrando ambos un calificativo de "dulce". La tendencia actual

del uso de la stevia como edulcorante se está haciendo notorio esto debido al poder edulcorante que posee, al respecto SOTO y DEL VAL (2002), indican que sus hojas tienen un intenso sabor dulce, propiedad que se debe al contenido de glicósidos, de los cuales, el steviósido es el que se halla en mayor proporción. La hoja en su forma natural es de 10 a 15 veces más dulce que el azúcar común. Los steviósidos tienen un poder edulcorante de 200 a 300 veces mayor que el azúcar, constituyendo un sustituto no calórico y seguro para los diabéticos. Como podemos apreciar en el cuadro 9, a concentraciones de 0,03%, el degustador califica al producto como dulce, según GALVIS (2009), investigo que la adición de Stevia en 0,04% (0,4 g/L), como edulcorante influye notoriamente en la característica de aroma y sabor, concluyendo que es posible obtener una leche fermentada o acidificada, endulzada con Stevia, con iguales características fisicoquímicas al endulzado tradicionalmente con sacarosa y reducir en un 11,57% el aporte calórico de este alimento. Además el mismo autor, señala que la edulcoración con Stevia-sacarosa, (0,4g/L y 0,571 g/L), respectivamente, produce mejor aroma y sabor.

**Cuadro 9. Resultado del atributo dulzor para la edulcoración de la leche fermentada.**

Tratamiento	Stevia (%)	Dulzor
E <sub>1</sub>	0,020	2,50 <sup>b</sup>
E <sub>2</sub>	0,025	2,42 <sup>b</sup>
E <sub>3</sub>	0,030	3,08 <sup>a</sup>
E <sub>4</sub> (sacarosa)	10	2,92 <sup>a</sup>

Los datos provienen de 3 repeticiones, valores en la misma columna con letra distinta son significativamente diferentes ( $p \leq 0,01$ ).

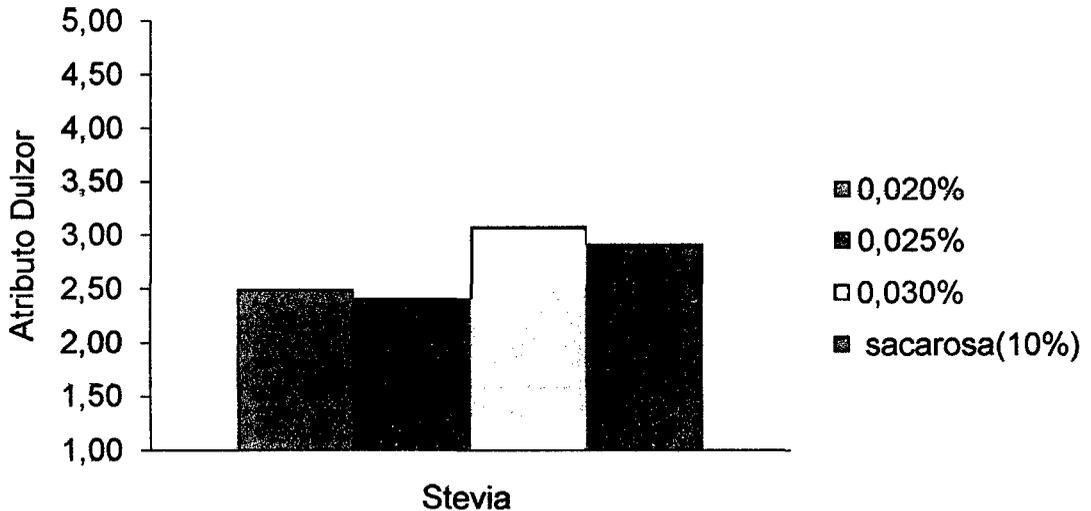


Figura 12. Comportamiento del atributo dulzor para la edulcoración de la leche fermentada.

Los tratamientos  $E_1$  (0,020% Stevia) y  $E_2$  (0,025% Stevia), no presentaron diferencia estadística y tuvieron un calificativo similar "Ligeramente dulce". En los últimos años ha surgido el consumo de alimentos nutritivos y con bajo nivel calórico por que se desea controlar la ingesta de nutrientes y reducir el consumo de calorías, bajo este marco las leches fermentadas también se conducen en esta vía, al respecto BLANCO *et; al* (2006), indica que la fructuosa forma parte en la composición de la sacarosa presentando igual aporte de energía que la glucosa; sin embargo, el aspartame, presenta menor aporte. Así mismo, LOMA *et; al* (2008), indica que las hojas contienen glicósidos de sabor dulce pero que no son metabolizables y tampoco contienen calorías, la mayor parte de los glucósidos consisten en moléculas de

steviósidos. Las hojas secas son entre 20 y 35 veces más dulces que el azúcar, con estas características puede ser consumido por los diabéticos y personas, que sufren de presión arterial mejorándoles su salud por sus propiedades alimenticias.

#### **4.3.2. Evaluación sensorial del atributo aceptabilidad.**

La aceptabilidad es frecuentemente utilizado para evaluar el posible comportamiento del producto alimenticio por los consumidores, en tal sentido se realizó la evaluación sensorial en base a este atributo, los resultados se presentan en el anexo (A-XII) y realizado el análisis estadístico se encontró que no existe diferencia significativa entre los tratamientos (A-XIII).

En el cuadro 10 y figura 13, se presentan los promedios de las calificaciones, en ella se puede apreciar que la leche fermentada con Stevia y sacarosa tuvieron una aceptabilidad similar logrando un calificativo de "me agrada mucho", esto indica que el consumidor acepta muy bien a la stevia como edulcorante, esto puede ser corroborado por VARGAS (2007), quien reporta que la hoja integral de Stevia o el extracto acuoso del mismo pueden usarse en leches fermentadas, leches fermentadas o acidificadas para reemplazar hasta un 75% del azúcar de caña, sin afectar negativamente su sabor y aroma. Así mismo, LOMA *et; al* (2008), indica que el sabor dulce de la planta se debe a un glucósido, compuesto de glucosa, y rebaudiosida; así mismo el mismo autor señala que la Stevia en su forma natural es 15 veces más dulce que el azúcar de mesa (sacarosa) y el extracto es de 100 a 300 veces más dulce que el azúcar refinado.

Cuadro 10. Resultado del atributo aceptabilidad para la edulcoración de la leche fermentada.

Tratamiento	Stevia (%)	Aceptabilidad
E <sub>1</sub>	0,020	2,33
E <sub>2</sub>	0,025	2,33
E <sub>3</sub>	0,030	2,58
E <sub>4</sub> (sacarosa)	10	2,67

Los datos provienen de 3 repeticiones, valores en la misma columna con letra distinta son significativamente diferentes ( $p \leq 0,01$ ).

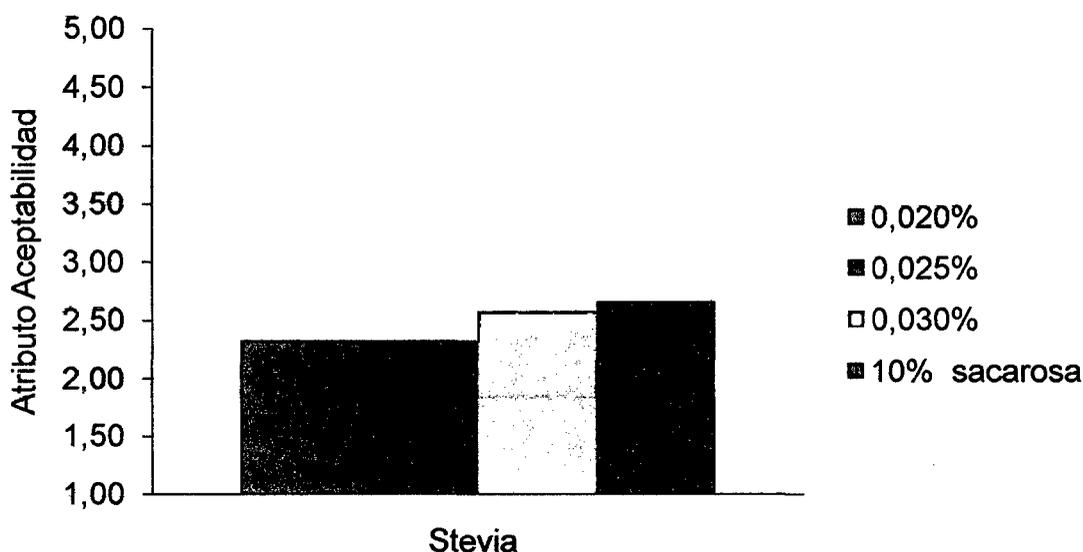


Figura 13. Comportamiento del atributo aceptabilidad para la edulcoración de la leche fermentada.

Después de haber realizado la evaluación sensorial con los atributos de dulzor y aceptabilidad para poder determinar el nivel de edulcoración se concluyó que la mejor concentración fue 0,03% de Stevia.

#### 4.4. Evaluación fisicoquímica y microbiológica de la leche fermentada.

##### 4.4.1. Evaluación fisicoquímica.

El producto elaborado con todos los parámetros de estudio establecidos fue analizado fisicoquímicamente, los resultados se presentan en el cuadro siguiente:

Cuadro 11. Resultados de la composición fisicoquímica de la leche fermentada.

Componentes	Unidad	Valores
Acidez	D°	89
pH		4,5
Grasa	%	1,04
Sólidos Totales	%	12,0
Sólidos no grasos	%	10,96

La acidez de la leche fermentada fue de 89°D, según la NORMA COVENIN (2001), el valor mínimo de acidez expresado como porcentaje de ácido láctico 0,7%. Es recomendable incubar hasta una acidez < a 0,90 % para que el cuarto frío llegue a 0,90 – 0,95% de acidez que es lo normalmente deseado. La refrigeración se lleva a cabo tan pronto como sea posible para que la leche no se acidifique después en exceso.

El pH de la leche fermentada fue de 4.5, al respecto BLANCO *et al* (2006), utilizó inóculo de 3%, incubando a una temperatura de 42°C, obtuvo una acidez expresada como porcentaje de ácido láctico (0,8-0,99%) ó 80 – 99 °D y pH (4-4,5), así mismo ESTRADA (2009), afirma que los agregados de micelas de caseína y/o las micelas aisladas se van asociando y coalescen parcialmente a medida que el pH se aproxima a su punto isoeléctrico, es decir, 4,6-4,7.

El contenido graso de la leche fermentada de 1,04 %, según SPREER (1991), indica que la grasa debe de ser de 3,5 %, la disminución se debe al descremado, hasta un 1% y la leche en polvo apporto de grasa un 0,04 %. EROSKI CONSUMER (2011), La categoría de LF, “desnatados” está establecida por la Ley, y deben llevar menos del 1% de grasa en su composición.

El contenido de Sólidos totales en la leche fermentada fue de 12%, según SPREER (1991), indica que los ST, deben encontrarse entre 11,5- 12,5 %. MANTELLO (2007), indica que la óptima concentración de sólidos es de 10 a 15%. Así se reduce el tiempo requerido para la coagulación y a la vez se obtiene mejor consistencia.

El contenido de sólidos no grasos (SNG), en la leche fermentada fue de de 10.96 %, según REVILLA (1996), indica que los nunca debe de ser menor de 8,25%, la disminución se debe a que la grasa extraída disminuyo este parámetro. AUTEL (2011), indica que las leches fermentadas o acidificadas, el porcentaje de sólidos no grasos debe estar en la banda de 8,5 a 10%.

#### 4.4.2. Evaluación microbiológica de la leche fermentada.

Los resultados del análisis microbiológico, se presenta en el cuadro siguiente:

Cuadro 12. Evaluación microbiológica de la leche fermentada.

Análisis	Unidad	Resultado
Coliformes	NMP/g	< 3
Mohos	UFC/g	10
Levaduras	UFC/g	< 10

Según resultados: Laboratorio ALEX STEWART (ASSAYERS) del PERU S.R.L

En cuanto a los resultados obtenidos los coliformes se encuentran en < 3 NMP/g esto nos indica una leche fermentada inócua, Según DIGESA (2003), los alimentos y bebidas deben cumplir íntegramente con los criterios microbiológicos correspondientes a su grupo y subgrupo, para ser considerados aptos para el consumo humano en el caso de leches fermentadas y acidificadas los límites/g para los coliformes es de:  $10^1$  a  $10^2$ , para Mohos de:  $10^1$  -  $10^2$  y para Levaduras de:  $10^1$  a  $10^2$ . Asumiendo que un alimento apto para el consumo, es aquel que cumplen con los criterios de calidad sanitaria e inocuidad establecidos por la norma sanitaria, cuyo consumo no causará daño a la salud del consumidor.

Así mismo según los resultados obtenidos para los mohos y levaduras estas fueron de 10 y <10 UFC/g, respectivamente, encontrándose como un producto apto para el consumo humano según ,NORMA TECNICA ANDINA (2007), para el caso de Mohos y Levaduras deben encontrarse entre 3

y 10 UFC/g. y el MINISTERIO DE SALUD (1998), Con arreglo a lo dispuesto en el Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas aprobado por Decreto Supremo N° 007-98-SA y los Principios para el Establecimiento y la Aplicación de Criterios Microbiológicos para los Alimentos (CAC/GL-21(1997)) del CODEX ALIMENTARIUS, la presente norma establece que para Productos Fermentados o Acidificados, los agentes microbianos coliformes termo tolerantes se deben encontrar los Límite por g/mL, deben estar entre 10 y  $10^2$  y para Mohos y levaduras es de 10 a  $10^2$ .

## V. CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se concluye lo siguiente:

- La caracterización fisicoquímica promedio de la leche fresca fue de (18,0 °D), pH (6,67), densidad (1,030 g/c.c.), grasa (2,8%) y sólidos totales (11,8%).
- La estandarización adecuada, fue 12% sólidos totales, según la evaluación sensorial en los atributo fluidez y agradabilidad tuvo un calificativo “me agrada mucho” y índice de consistencia fue 21 083,70 cp.
- La concentración de Stevia adecuada para edulcorar la leche fermentada fue 0,03% (p/p) sensorialmente fue calificado como “dulce” y “me agrada mucho”.
- Los parámetros adecuados para la elaboración de leche fermentada edulcorada con Stevia son: Desnatado (1% grasa), pasteurización (85°C/30min.), enfriado (45°C), inóculo (3.5%), incubado (44°C, hasta una acidez de 89°D), refrigerado (10°C/8h), batido (manual) y almacenado a 10°C/24h.
- La evaluación fisicoquímica de la leche fermentada fue: acidez (89°D), pH (4,5), grasa (1,04 %), sólidos totales (12%).

## **VI. RECOMENDACIONES**

- **Incentivar el consumo de leches fermentadas, ya que contienen cultivos beneficiosos para la salud y propiedades sensoriales atractivas.**
- **Promover el cultivo de Stevia en nuestro País.**
- **Elaborar las leches fermentadas con frutos tropicales y antioxidantes naturales.**
- **Evaluar el comportamiento de la sinéresis de leches fermentadas con adición de gomas estabilizantes.**

## ABSTRACT

The present work of investigation, It was executed in the laboratories of: Food analysis and sensory, of the National University Agrarian of the Forest, The aims were: to realize a physicochemical characterization of the milk, to standardize the solid total,(ST), For the production of the fermented milk(FM), By means an sensory evaluation(SE) and rheological, to determine the suitable concentration of Stevia to sweeten the fermented milk, to obtain the suitable parameters For the production of fermented milk and to realize a physicochemical evaluation of the fermented milk. It was had: acidity 18,0 °D, pH 6,67, Density 1,030 g/c.c., fat 2,8% and ST 11,8%. For the sensory evaluation, There was in use a design of incomplete blocks, (type V),of COCHRAN y COX (1980), With a primer of 5 points and For the rheological evaluation, A viscosimeter was in use of Brookfield, model RTV, with splinde n° 4, (10°C)The suitable standardization, it was 12% ST, as the SE, In the attribute fluency and pleasantness It had an epithet "I like much" and Index of consistency It was 21 083,70 cp, the concentration of Stevia suitable was 0,03% (w/w), sensority was qualified "sweet" and epithet "I like much". The parameters adapted for the production for the production of the fermented milk sweetened with Stevia is: Degreasing 1% fat, pasteurization 85°C/30min., Cooled 45°C, inoculate (3.5%), Incubated 44°C, refrigeration 10°C/8h, Batter and Stored by a 10°C/24h . finally to realize a physicochemical characterization of the fermented milk , was had: acidity of (89 °D), pH 4,5, fat 1,04 % and ST 12%.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALAIS. 1985. Ciencia de la leche. Editorial Reverte. Zaragoza- España. 873 p.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST (A.O.A.C).1995:. Acidity of milk.16th edition (947.05).
- ASOCIACIÓN URUGUAYA DE TÉCNICOS EN LECHERÍA (AUTEL). 2011. El portal de la lechería en Uruguay.
- ASSENAT, A. 1993. Leche y producto lacteos. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza España. 543 p.
- AMIOT. 1991. Ciencia y Tecnología de la leche. Editorial. Acribia. Zaragoza-España. 547 p.
- ANÓNIMO. 2009. Brookfield DV-II+ Programmable viscometer operating instructions. Brookfield Engineering. Consultado el 15 de enero de 2009 en:[www.brookfieldengineering.com/download/files/DV2P\\_prog\\_Manual.pdf](http://www.brookfieldengineering.com/download/files/DV2P_prog_Manual.pdf).
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMIST (AOAC). 1995. Oficial method ofs Analysis international, 16th. Edition. Vol II. Arlington, USA. Chapter. 337 p.
- ASOCIACIÓN URUGUAYA DE TÉCNICOS LECHEROS. (AUTEL). 2011. 4to. Congreso Internacional de Lechería organizado por AUTEL.

- ASTIASARÁN, I. y MARTÍNEZ, J.A. 2003. Alimentos. Composición y propiedades. Segunda reimpression. México, D.F.: Editorial McGraw-Hill interamericana
- BARNES, H.A. 2000. A handbook of elementary rheology. University of wales press, aberystwyth, 200 PP. BAYOD, E., E.W. PILMAN & E. TORNBERG. 2007. Rheological and structural characterization of tomato paste and its influence on the quality of ketchup. LWT (41):1289-1300.
- BRIÑEZ, W.J; FARIA, J.F; ISEA, W; ARANGUEREN, J.A. 1995. Produccion y algunos parámetros de calidad de la leche cruda de vacas mestizas en Venezuela. Rev. Argentina. Produc. Anim. 15(374): 1010-1012.
- BLANCO D.; SABRINA C.; DE LA HAYE. E. y FRÁGENAS, N. 2006. Evaluación física y nutricional de un yogurt con frutas tropicales bajo en calorías. Instituto de Química y Tecnología. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. (Maracay 2101).
- BLOOMER, J. 2000. Practical fluid mechanics for engineering applications. Marcel Dekker Inc. Pennsylvania, 392 pp.
- CASTILLO M., BORREGALES C., SANCHEZ M. 2004. Influencia de la pectina sobre las propiedades reológicas del yogurt. Rev. Fac. Farma. Vol. 46 (2): 33-37.
- CELESTINO. E, Iyer M, Roginski H. 1996. The effects of refrigerated storage on the quality of raw milk. Aust. J. Dairy Technol.; 5:119-126.
- CHHABRA, R.P. 2007. Bubbles, drops and particles in non-newtonian fluids. 2a ed., Taylor & Francis, Kanpur, India, 586 pp.

CHOMBO M. P. 1999. El reto que sobre la calidad enfrentan los productores de leche en Jalisco y Michoacán, como consecuencia de la apertura comercial. En: Dinámica del sistema lechero mexicano en el marco regional y global. México, D.F.: UNAM, UAMX y Plaza Valdéz; p. 325-358.

COCHRAN y COX 1980. Experimental Designs. John Wiley & Sons.

CODEX ALIMENTARIUS. 1997. Código internacional recomendado de prácticas, Principios Generales de Higiene de los Alimentos. Rev.3. Publicado por la secretaria del programa conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias, FAO, Roma-Italia.p17-19.

DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL. (DIGESA). 2003. Resolución directoral N° 05741 2003I digesa/sa.

EARLY. 2000. Tecnología de los productos lácteos. Editorial Acribia. S.A. 459 p.

ESTRADA ERICK. 2009. Fundamentos y microbiología del yogur. Licenciado en Biología, Microbiología y Parasitología. Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo". Maestrante en Ciencias con mención en Ingeniería Ambiental. EPG. UNPRG. Lambayeque. Correo- e:Erickestrada\_22@hotmail.com. Tel. Cel. (074978876178). Av. Arequipa 217 José Olaya .Chiclayo.

EROSKI CONSUMER 2011. Yogures y leches fermentadas. [www.consumer.es/alimentacion/aprender-a-comer-bien/alimentos-light/examen/yogures.php](http://www.consumer.es/alimentacion/aprender-a-comer-bien/alimentos-light/examen/yogures.php).

- FUJITA, T. 1979. Use of Stevia sweeteners in foods. *New Food Ind (Japan)* 21 (9):16.
- FAO/OMS. 1997. Leche y los productos lácteos en la nutrición humana. En: Colección FAO: Alimentación y nutrición. Roma;. p. 292.
- GALVIS, L. E. 2009. Evaluación de la utilización de stevia en yogurt. Universidad nacional de Colombia programa interfacultades de especialización en ciencia y tecnología de alimentos Bogotá D.C.
- GERAGHTY.R. y BUTLER.F. 1999. Viscosity characterization of a commercial yogurt at 5C using a cup in bob and a vane geometry over a wide shear rate range (10–5 s<sup>-1</sup> – 103 s<sup>-1</sup>). *Journal of Food Process Engineering* 22(1):1–10.
- HAUFFEN A. 2008. La importancia de la leche en la alimentación. Regentes de la Universidad de California. División de Agricultura y Recursos Naturales. EE.UU. 15p.
- HERRERA, R.; ALVARADO, C.; SALAZAR, L. 2010. Elaboración y evaluación sensorial de yogures obtenidos con diferentes cultivos iniciadores. Universidad Central de Venezuela. Facultad de Agronomía. Maracay, Venezuela. [rafaeloherrera@gmail.com](mailto:rafaeloherrera@gmail.com).
- INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS (ICMSF).1983.
- JENNESS, R., SHIPE, W.F., SHERBON, J.W., 1974. In: Sebb, B.H., Johnson, A.H., Alford, J.A.(Eds.), *Fundamentals of Dairy Chemistry*. A.V. Publishing Co., Westport, p. 402.

- LEES, R. 1982. Análisis de los alimentos, métodos analíticos y de control de calidad. 2da Edición Española. Editorial Acribia. Zaragoza- España.
- LOMA I.; CASTELLANOS E.; PAGALO M. y MORENO I. 2008. Introducción en Guayaquil del Yogurt Artesanal Hecho de Arazá con Stevia, con Fines Medicinales. Facultad de Economía y Negocios Escuela Superior Politécnica del Litoral Campus Gustavo Galindo, Km. 30.5 Vía Perimetral Guayaquil – Ecuador
- MC'CLEMENTS, D.J.1999. Food emulsions: principles, practices and techniques. CRC Press. Florida, 356 pp.
- MARTÍNEZ A. M. S. 2003. Estandarización de la producción de la mezcla base para yogur batido en la planta de lácteos de Zamorano. Honduras.
- MANTELLO SERGIO .2007. Materias primas: Yogurt: Preparación de la leche. Asesor Técnico Mundo helado Argentina.
- MOSETTIG. E. 1963. "The absolute configuration of steviol and isosteviol." J. Am. Chem. Soc., 85(15), 2305-2309, 1963.
- MIQUEL, O. 1977. Un nuevo hipoglicemiante oral. Revista Médica de Paraguay . Vol VII (nro. 5 y 6) Julio-dic.
- MINISTERIO DE SALUD .1998. Ley General de Salud N° 26842 y el Reglamento aprobado por Decreto Supremo N° 007-98-SA
- MITSCHKA, P. 1982. Simple conversion of Brookfield. RTV. readings into viscosity fuctions. Edith. Rheol. Acta 207-209.
- NORMA MEXICANA. 2004. NMX-F- 700-COFOCALEC-. Sistema producto leche alimento Lácteo. Leche cruda de vaca. Especificaciones fisicoquímicas, sanitarias y métodos de prueba.

- NORMA COVENIN. 2001. N° 2393. Yogurt. Fondo norma. Tercera Revisión.
- NORMA MEXICA NMX-F-424-S.1982. Productos alimenticios para uso humano. Determinación de la densidad en leche fluida.
- NORMA TECNICA ANDINA.2007. Leches fermentadas requisitos microbiológicos. PNA 16007:2007.
- PAULETTI. M; ROZYCKI. S; SABBAG. N y COSTA, S. 2003. Modelización de la consistencia de yogurt batido: Efecto de la adición de varios gelificantes. Instituto de tecnología de Alimentos. Facultad de Ingeniería Química (Universidad Nacional del Litoral). Santiago del Estero 2829 CC: 266,(3000) Santa Fe.
- POTTER, N. y HOTCHKISS, J.1999.Ciencia de los Alimentos. 5<sup>a</sup> Edición. Zaragoza- España.: Editorial Acriba. Zaragoza. España. 340p.
- RASIC, J y KURMANN, J. 1978. Yogurt: scientific grounds, technology, manufacture and preparations: technical Dairy Publishing. Copenhagen en. 466 p.
- REGALADO M. A. y NORIEGA R. O. 2008. Instituto de Industrias, Universidad del Mar, Ciudad Universitaria, campus Puerto Ángel, 70902, Oaxaca, México. Correo electrónico: alejandroregalao@hotmail.com
- ROSELL, J y DOS SANTOS, I. 1952. Métodos analíticos de laboratorio lactológico y microbiología de las industrias lácteas. Editorial Labor, Barcelona. 913p.
- REVILLA, A. 1996. Tecnología de la leche. 3<sup>ra</sup> edición. Editorial Zamorano. Honduras. 336 p.

- REVILLA, A. 1982. Tecnología de la leche. Procesamiento manufactura y análisis. 2<sup>da</sup> Edición. rev San José, Costa Rica : IICA.
- REQUENA, F. 1999. Factores que afectan la calidad de la leche. Boletín Técnico Agropecuario 7 (5): 4-6.
- ROHM, H. y SCHMID W. 1993. Influence of dry matter fortification on flow properties of yogurt. 1. Evaluation of flow curves, milchwissenschaft: 48 (10), 556 - 560.
- RINCÓN, F.; OBERTO A. y LEÓN DE PINTO. 2005. Funcionalidad de la goma de *Enterolobium cyclocarpum* en la preparación de yogurt líquido-semidescremado. Revista Científica (FCV-LUZ) 15 (1): 83-87.
- SHAMES, I.H. 1995. Mecánica de fluidos. McGraw-Hill. 3a ed., Colombia, 829 pp.
- SPREER. 1991. Lactología industrial. Editorial Acribia. Zaragoza - España. 617 p.
- SOBRADO, L. 2005. Prebióticos y probióticos: efectos e implicaciones en la fisiología de la nutrición.
- SUMIDA y TETSUYA. 1980. Studies on *Stevia rebaudiana* Bertoni as a new possible crop for sweetening resource in Japan. J. Cent. Agric. Exp. Sta. 31, 1-71.
- SCHONHERR, W. 1959. Manual práctico de análisis de leche. Editorial Acribia. Zaragoza- España. 205 p.
- TAMINE, A. Y., KALAB, M. y DAVIS, G. (1984). Microstructure of set-style yogurt manufacture from cows milk fortified by various methods. Food Microstructure: 3, 83 -92.

TAFUR PEREDA H. 2005. Diseño codificación y validación de un programa (Reosoft V 1.0) para el cálculo y modelamiento de parámetros reológicos en alimentos. Tesis. Universidad Nacional Agraria de la Selva( UNAS) Tingo María Perú.

TANAKA, O. 1982. Trends in Analytical Chemistry 1 N° 11: 246-248.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID (UAM). 2009. Manual de Análisis de Alimentos de la UAM. España.

UNIVERSIDAD DE ZULIA. 2003. Guía práctica. Parte II. Determinación de grasa y sólidos totales en leche y derivados. Recuperado de [http://www.lactologia.org/documentos\\_archivos/STyGRASA.pdf](http://www.lactologia.org/documentos_archivos/STyGRASA.pdf).

VELASCO. S, V. CAÑEQUE, M.T. DÍAZ, C. PÉREZ, S. LAUZURICA, F. HUIDOBRO, C. MANZANARES, J. GONZÁLEZ. 1995. Producción lechera y composición lipídica de la leche de ovejas Talaveranas durante el período de lactancia. Dpto. de Tecnología de los Alimentos. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. Ctra. de la Coruña, Km 7,5, 28040 Madrid

VARGAS, M. 2007. Programa de Investigación y Proyección Social en Leche. Facultad de Zootecnia-UNALM. [Jvargasm@lamolina.edu.pe](mailto:Jvargasm@lamolina.edu.pe)

VARGAS TRINA. 2006. Calidad de la leche: visión de la industria láctea. Fundación INLACA; Facultad de Ciencias Veterinarias, UCV.

WALSTRA, P., GEURTS, T.J., NOOMEN, A., JELLEMA, A. 2001. Traducción de Oria, Almudí. R. M. Ciencia y tecnología de la leche de los productos lácteos. Primera edición.: Editorial Acribia. Zaragoza. España. 230p.

XANTHOPOULOS, V., PETRIDIS, D., TZANETAKIS, N. 2001. Characterization and Classification of *Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* strains isolated from traditional greek yoghurt. *Journal of Food Science* 66(5):747-752.

YANG YAU WEN y WEI CHIN CHANG. 1979. In vitro Plant Regeneration from Leaf Explants of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Z. Pflazenphysiol.* Bd. 93. S.337-343.

## **VIII. ANEXO**

A-I. Ficha de la evaluación sensorial para los atributos fluidez y agradabilidad para la estandarización de la leche fermentada.

### Ficha de la evaluación sensorial

Nombre.....

Fecha y hora.....Muestra: leche fermentada

Señor panelista se presenta a usted una ficha para la evaluación sensorial del atributo fluidez y agradabilidad de leche fermentada, de acuerdo a su apreciación marque con una X, según la escala que crea conveniente.

<b>Atributo</b>	<b>Fluidez</b>
<b>Escala</b>	<b>Puntaje</b>
Muy denso	1
Denso	2
Regularmente fluido	3
Fluido	4
Muy fluido	5

<b>Atributo</b>	<b>Agradabilidad</b>
<b>Escala</b>	<b>Puntaje</b>
Me agrada muchísimo	1
Me agrada mucho	2
Me agrada	3
Me agrada regularmente	4
Me desagrada	5

A-II. Tabla de ordenamiento experimental para la estandarización de sólidos totales de la leche fermentada.

Panelistas	Tratamientos				Total
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	
1	x	x			
2			x	x	
3	x		x		
4		x		x	
5	x			x	
6		x	x		
Total					

$t=4$ ,  $K=2$ ,  $r=3$ ,  $b=6$ ,  $\lambda=1$ ,  $E=0.67$ ), (COCHRAN y COX, 1980).

A-III. Ficha de la evaluación sensorial para los atributos dulzor y aceptabilidad de la leche fermentada.

### Ficha de la evaluación sensorial

Nombre.....

Fecha y hora.....Muestra: leche fermentada

Señor panelista se presenta a usted una ficha para la evaluación sensorial del atributo dulzor y aceptabilidad de leche fermentada, de acuerdo a su apreciación marque con una X, según la escala que crea conveniente.

<b>Atributo</b>	<b>Dulzor</b>
<b>Escala</b>	<b>Puntaje</b>
Intensamente dulce	5
Muy dulce	4
Dulce	3
Ligeramente dulce	2
Sin dulzor	1

<b>Atributo</b>	<b>Aceptabilidad</b>
<b>Escala</b>	<b>Puntaje</b>
Me agrada muchísimo	1
Me agrada mucho	2
Me agrada	3
Me agrada regularmente	4
Me desagrada	5

A-IV. Cuadro de resultado del atributo fluidez para la estandarización de la leche fermentada.

Panelistas	Tratamientos				
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	
1	2	4			6
2			2	4	6
3	3		2		5
4		4		3	7
5	4			3	7
6		3	2		5
Total	9	11	6	10	36

Donde: T<sub>1</sub> = 11%, T<sub>2</sub> = 12% y T<sub>3</sub> = 13% y T<sub>4</sub> = 12.2%, Testigo (yogurt Gloria light ).

A-V. Análisis de varianza del atributo fluidez para la estandarización de la leche fermentada.

Fuente de variabilidad	G.L	S.C	C.M	F.c	Sig.
Grupos	2	0			
Tratamientos no ajustados	3	4.667			
Bloque dentro grupo ajustado	5	1.333	0.3	10.333	*
Error intrabloque	3	2	0.667		
Total	13				
Tratamientos ajustado			4		
Error ajustado			1.000		

F (5%)=9.27

F (1%)=29.45

A- VI. Cuadro de resultado del atributo agradabilidad para la estandarización de la leche fermentada.

Panelistas	Tratamientos				
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	
1	3	2			5
2			2	2	4
3	3		2		5
4		2		2	4
5	3			3	6
6		3	3		6
Total	9	7	7	7	30

Donde: T<sub>1</sub> = 11%, T<sub>2</sub> = 12% y T<sub>3</sub> = 13% y T<sub>4</sub> = 12.2%, Testigo (yogurt Gloria light).

A-VII. Análisis de varianza de la evaluación sensorial de la agradabilidad en la fluidez de la leche fermentada.

Fuente de variabilidad	G.L	S.C	C.M	F.c	Sig.
Grupos	2	1.5			
Tratamientos no ajustados	3	1.000			
Bloque dentro grupo ajustado	5	0.250	0.1	6.333	N.S
Error intrabloque	3	0.25	0.083		
Total	13				
Tratamientos ajustado			0.75		
Error ajustado			0.577		
F (5%)=9.27		F (1%)=29.45			

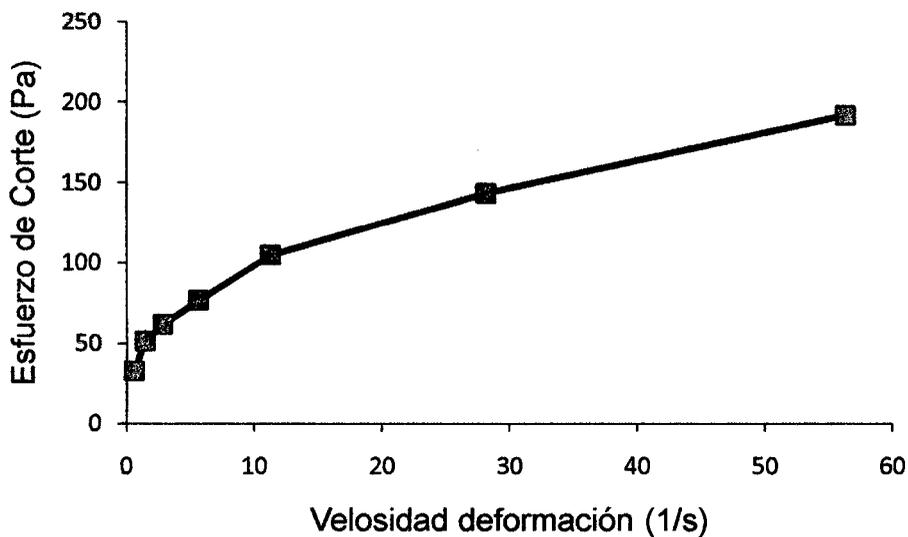
A-VIII. Análisis de varianza de la evaluación reológica, para la estandarización de la leche fermentada.

F.V	GL	Sc	CM	Fc	Sig
<b>Tratamientos</b>	3	176.96	58.98	24.23	**
<b>Error</b>	8	19.47	2.43		
<b>Total</b>	11	196.43			
	R=0.9	CV=8.17	ME= 1.56	Media= 19.10	

A. IX. Reograma de leche fermentada. REOSOFT V.1.

<b>RESULTADOS REOLÓGICOS</b>			
Producto :	T <sub>2</sub>	12% ST	
Viscosímetro :	RVT	Nº Vástago :	4
Método :	Ley de Potencia	Modelo :	Herschel Bulkley
Coeficiente de consistencia (K, Pa-s) :			21,4551
Índice de comportamiento de flujo (n) :			0.5371
Umbral de Fluencia(T <sub>0</sub> ) :			20,3395
Coeficiente de determinación (r <sup>2</sup> ) :			0.9757

Nº	Velocidad deformación (1/s)	Esfuerzo de Corte (Pa)
1	0.563	32.7416
2	1.4076	51.3448
3	2.8152	61.3905
4	5.6303	76.2731
5	11.2607	104.55
6	28.1516	143.2446
7	56.3033	191.6129



A-X. Cuadro de resultado del atributo dulzor para la edulcoración de la leche fermentada.

Panelistas	Tratamientos				
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	
1	2	2			4
2			3	3	6
3	2		3		5
4		2		4	6
5	2			3	5
6		3	4		7
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>33</b>

Donde: E<sub>1</sub> = 0,020%, E<sub>2</sub> = 0,025% y E<sub>3</sub> = 0,030% y E<sub>4</sub> = 10% sacarosa

A-XI. Análisis de varianza de la evaluación sensorial del dulzor para la  
edulcoración de la leche fermentada

Fuente de variabilidad	G.L	S.C	C.M	F.c	Sig.
Grupos	2	0.5			
Tratamientos no ajustados	3	4.250			
Bloque dentro grupo ajustado	5	1.250	0.3	13.583	*
Error intrabloque	3	0.25	0.083		
Total	13				
Tratamientos ajustado			3.25		
Error ajustado			0.816		
F (5%)=9.27		F (1%)=29.45			

A-XII. Cuadro de resultado del atributo aceptabilidad para la edulcoración de  
la leche fermentada.

Panelistas	Tratamientos				
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	
1	2	3			5
2			3	3	6
3	3		4		7
4		2		3	5
5	2			4	6
6		2	2		4
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>33</b>

Donde: E<sub>1</sub> = 0.020%, E<sub>2</sub> = 0.025% y E<sub>3</sub> = 0.030% y E<sub>4</sub>= Testigo (10% sacarosa)

A-XIII. Análisis de varianza de la evaluación sensorial de la aceptabilidad para la edulcoración de la leche fermentada.

<b>Fuente de variabilidad</b>	<b>G.L</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M</b>	<b>F.c</b>	<b>Sig.</b>
Grupos	2	0.5			
Tratamientos no ajustados	3	0.333			
Bloque dentro grupo ajustado	5	0.917	0.2	1.433	**
Error intrabloque	3	1.25	0.417		
Total	13				
Tratamientos ajustado			0.75		
Error ajustado			0.953		
F (5%)=9.27					
					F (1%)=29.45