

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



## FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

### CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

Tema: “Efecto de la neutralización en la concentración del suero ácido del queso mozzarella”

Trabajo de titulación previa la obtención del  
título de Ingeniera en Alimentos

AUTORA: Quizhpi Chimborazo María Margarita

TUTORA: Yambay Vallejo Wilman Jenny MSc.

Tulcán, 2021

## **CERTIFICADO JURADO EXAMINADOR**

Certificamos que la estudiante Quizhpi Chimborazo María Margarita con el número de cédula 0302199377 ha elaborado el trabajo de titulación: “Efecto de la neutralización en la concentración del suero ácido del queso mozzarella”

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de Titulación, Sustentación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizamos la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

f.....

Yambay Vallejo Wilman Jenny MSc.

**TUTOR**

f.....

Rivas Rosero Carlos Alberto, MSc.

**LECTOR**

Tulcán, junio de 2021

## AUTORÍA DE TRABAJO

El presente trabajo de titulación constituye requisito previo para la obtención del título de **Ingeniera** en la Carrera de ingeniería en alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales

Yo, Quizhpi Chimborazo María Margarita con cédula de identidad número 0302199377 declaro: que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

f.....

Quizhpi Chimborazo María Margarita

AUTORA

Tulcán, junio de 2021

## **ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Quizhpi Chimborazo María Margarita declaro ser autora de los criterios emitidos en el trabajo de investigación: “Efecto de la neutralización en la concentración del suero ácido del queso mozzarella” y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

f.....

Quizhpi Chimborazo María Margarita

AUTORA

Tulcán, junio de 2021

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios por la vida y por darme la fuerza necesaria para seguir en cada etapa de mi vida.*

*Un agradecimiento infinito a mi padre Manuel Quizhpi por el apoyo incondicional y palabras brindadas a pesar de la distancia, de igual manera a mi madre Juana y mis hermanos Ana, Manuel, Luis y Aracely gracias por el apoyo brindado a lo largo de la vida.*

*A mis amig@s Anita, Gabriela y Alex un agradecimiento profundo por hacerme sentir parte de su familia y por compartir infinitos momentos.*

*A la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, a la Carrera de Ingeniería en Alimentos y a la Dra. Jenny Yambay por los conocimientos brindados para la culminación del proyecto de titulación y de mis estudios en general.*

## **DEDICATORIA**

*A la memoria de mi abuelo Manuel Chimborazo quien en vida nunca perdió la esperanza de vernos triunfar.*

## INDÍCE

RESUMEN .....	12
ABSTRACT .....	13
INTRODUCCIÓN .....	14
I. PROBLEMA .....	15
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	15
1.3. JUSTIFICACIÓN .....	15
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN .....	16
1.4.1. Objetivo General .....	16
1.4.2. Objetivos Específicos .....	16
1.4.3. Preguntas de Investigación .....	16
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....	18
2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS .....	18
2.2. MARCO TEÓRICO .....	19
2.2.1. Suero de leche .....	19
2.2.1.1. Aprovechamiento del suero .....	19
2.2.1.2. Contaminación ambiental por el suero .....	20
2.2.1.3. Composición química del suero .....	21
2.2.1.4. Requisitos fisicoquímicos del suero de leche .....	22
2.2.1.5. Requisitos microbiológicos .....	22
2.2.1.6. Tipos de suero .....	22
2.2.1.6.1. Suero dulce .....	23
2.2.1.6.2. Suero ácido .....	23
2.2.2.1. Técnicas de concentración .....	24
2.2.2.2. Concentración por evaporación .....	25

2.2.2.3. Evaporación utilizada en productos lácteos .....	26
2.2.2.4. Ventajas de la evaporación .....	26
2.2.3. Neutralización .....	26
2.2.3.1. Reguladores de acidez.....	27
2.2.3.2. Bicarbonato de sodio.....	27
2.2.3.3. Hidróxido de sodio.....	27
2.2.4.4. Desacidificación de lactosueros ácidos .....	28
III. METODOLOGÍA .....	29
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO .....	29
3.1.1. Enfoque .....	29
3.1.2. Tipo de Investigación.....	29
3.2. HIPÓTESIS.....	29
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	29
3.3.1. Operacionalización de variables .....	30
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS.....	31
3.4.1. Obtención de suero ácido .....	31
3.4.1.1. Diagrama de flujo de la obtención del suero ácido .....	32
3.4.2. Proceso de concentración del suero ácido.....	32
3.4.3. Proceso de neutralizado del suero ácido concentrado.....	33
3.4.3.1. Diagrama de flujo de concentración y neutralización del suero ácido .....	34
3.4.4. Evaluación Sensorial.....	34
3.4.5. Análisis fisicoquímico.....	34
3.4.6. Análisis Estadístico .....	35
3.4.7. Análisis microbiológico .....	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	36
4.1. RESULTADOS.....	36



4.2. DISCUSIÓN .....	41
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	43
5.1. CONCLUSIONES .....	43
5.2. RECOMENDACIONES .....	44
V. ANEXOS .....	47

### ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama de flujo de la obtención del suero ácido .....	32
<b>Figura 2.</b> Diagrama de flujo de concentración y neutralización del suero ácido .....	34
<b>Figura 3.</b> Evaluación sensorial del atributo color del suero ácido concentrado y neutralizado .....	38
<b>Figura 5.</b> Evaluación sensorial del atributo textura del suero ácido concentrado y neutralizado .....	40

### ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Requisitos fisicoquímicos del suero de leche líquido .....	22
<b>Tabla 2.</b> Requisitos microbiológicos del suero de leche líquido .....	22
<b>Tabla 3.</b> Composición de lactosuero dulce .....	23
<b>Tabla 4.</b> Composición de lactosuero ácido .....	24
<b>Tabla 5.</b> Tecnologías para la concentración de alimentos líquidos. ....	24
<b>Tabla 6.</b> Operacionalización de variables .....	30
<b>Tabla 7.</b> Tratamientos del Diseño Experimental .....	33
<b>Tabla 8.</b> Análisis fisicoquímicos de la leche cruda para la obtención del suero ácido .....	36
<b>Tabla 9.</b> Parámetros fisicoquímicos del suero ácido utilizado en cada tratamiento. ....	36
<b>Tabla 10.</b> Datos del análisis fisicoquímico de los parámetros pH, acidez, ceniza, grasa, proteína y lactosa del suero ácido concentrado y neutralizado .....	38
<b>Tabla 11.</b> Media de los parámetros sensoriales de los distintos tratamientos .....	40

<b>Tabla 12.</b> Resultados obtenidos del análisis microbiológico del mejor tratamiento (T1).....	41
<b>Tabla 13.</b> Tiempo requerido para el proceso de concentración por evaporación de los tratamientos.....	41
<b>Tabla 14.</b> Acidez del suero concentrado neutralizado de los diferentes tratamientos con sus respectivas repeticiones.....	56
<b>Tabla 15.</b> Cenizas del suero concentrado neutralizado de los diferentes tratamientos con sus respectivas repeticiones.....	56
<b>Tabla 16.</b> Grasa del suero concentrado neutralizado de los diferentes tratamientos con sus respectivas repeticiones.....	56
<b>Tabla 17.</b> Proteína del suero concentrado neutralizado de los diferentes tratamientos con sus respectivas repeticiones.....	56
<b>Tabla 18.</b> Lactosa del suero concentrado neutralizado de los diferentes tratamientos con sus respectivas repeticiones.....	57
<b>Tabla 19.</b> Análisis de varianza (ANOVA) del parámetro acidez.....	57
<b>Tabla 20.</b> Análisis de varianza (ANOVA) del parámetro ceniza.....	57
<b>Tabla 21.</b> Análisis de varianza (ANOVA) del parámetro grasa.....	57
<b>Tabla 22.</b> Análisis de varianza (ANOVA) del parámetro proteína.....	58
<b>Tabla 23.</b> Análisis de varianza (ANOVA) del parámetro lactosa.....	58
<b>Tabla 24.</b> Prueba de Friedman del atributo color.....	59
<b>Tabla 25.</b> Prueba de Friedman para el atributo olor.....	59
<b>Tabla 26.</b> Prueba de Friedman para el atributo textura.....	59

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Evidencias fotográficas.....	47
<b>Anexo 2.</b> Hoja de evaluación sensorial.....	50
<b>Anexo 3.</b> Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2594:2011.....	51

<b>Anexo 4.</b> Resultados del análisis estadístico de los parámetros acidez, ceniza, grasa, proteína y lactosa.....	56
<b>Anexo 5.</b> Resultados estadísticos del análisis sensorial mediante el método Friedman .....	59
<b>Anexo 6.</b> Informe Abstract.....	60
<b>Anexo 7.</b> Acta de sustentación de pre defensa .....	61

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto de la concentración y neutralización sobre las características fisicoquímicas y sensoriales del suero ácido proveniente del queso mozzarella, aplicando dos temperaturas 55 °C y 65 °C, así como dos neutralizantes Hidróxido de sodio (NaOH) y Bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>). La fase experimental y los análisis fisicoquímicos se realizaron en los laboratorios de la Universidad Politécnica Estatal Del Carchi; los parámetros analizados fueron acidez, ceniza, grasa, proteína y lactosa, los resultados se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) seguido de la prueba de rangos de Tukey, para los atributos sensoriales se aplicó la prueba no paramétrica de Friedman. Se establece como el mejor tratamiento a T1 (65 °C – 5 g de NaHCO<sub>3</sub>/100 mL); cuyo producto final presentó un aumento en el contenido de proteína, grasa y lactosa; de 0,86 % a 5,30 %; de 0,7 % a 14 % y de 4,2 % a 17,1 % respectivamente, dicho incremento se debe a la evaporación del agua y concentración de los sólidos. Además, se presentaron cambios en los atributos sensoriales, ya que se parte del suero ácido líquido, de color blanco verdoso, olor característico a suero y que al ser sometido a los procesos mencionados se obtiene un producto de color blanco hueso, olor característico y textura semisólida. Finalmente, los resultados del análisis microbiológico presentaron valores < 30000 ufc/g respecto a aerobios mesófilos, *Escherichia coli* < 10 ufc/g y *Staphylococcus aureus* < 100 ufc/g, los cuales se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa vigente NTE INEN 2594, concluyendo que se obtuvo un producto inocuo y con características sensoriales y físico químicas diferentes al producto de partida y que puede ser utilizado en la elaboración de alimentos permitiendo de esta manera disminuir la contaminación que provoca el suero ácido.

**Palabras claves:** Suero ácido, concentrado, neutralizado.

## ABSTRACT

The present research aimed to determine the effect of the concentration and neutralization on the physicochemical and sensory characteristics of the acid serum that comes from mozzarella cheese, applying two temperatures 55 ° C and 65 ° C, as well as two neutralizers Sodium hydroxide (NaOH) and Sodium bicarbonate (NaHCO<sub>3</sub>). The experimental stage and the physicochemical analyzes were carried out at Universidad Politécnica Estatal Del Carchi laboratories; the parameters analyzed were acidity, ash, fat, protein, and lactose, the results were subjected to an analysis of variance (ANOVA) followed by the Tukey rank test, for the sensory attributes the non-parametric Friedman test was applied. It is established as the best treatment at T1 (65 ° C - 5 g of NaHCO<sub>3</sub> / 100 mL); whose final product presented an increase in the content of protein, fat, and lactose; from 0.86% to 5.30%; from 0.7% to 14% and from 4.2% to 17.1% respectively, this increase is due to the evaporation of water and concentration of solids. In addition, there were changes in the sensory attributes, since it starts from the liquid acid serum, greenish-white in color, modernistic to serum and that when subjected to the aforementioned processes a product of bone-white color, characteristic odor and semi-solid texture is obtained. Finally, the results of the microbiological analysis presented values <30,000 cfu / g concerning mesophilic aerobes, Escherichia coli <10 cfu / g and Staphylococcus aureus <100 cfu / g, which are within the limits established in the current regulation NTE INEN 2594, concluding that a harmless product was obtained and with chemical and sensory characteristics different from the starting product and that it can be used in food preparation, thus reducing the contamination caused by acidic serum.

Keywords: Acid serum, concentrated, neutralized.

## INTRODUCCIÓN

Por año a nivel mundial se producen de 180 a 190 millones de toneladas de lactosuero, lo que ocasiona una reducción parcial de los nutrientes que contiene la leche, los que incluyen vitaminas, minerales, lactosa y proteína. Varias posibilidades del uso han sido planteadas, no obstante, las estadísticas señalan que una importante cantidad de este residuo es desechado como emisario el mismo que crea un impacto ambiental negativo afectando física y químicamente la estructura (Campos, 2019).

Se estima que a partir de 10 litros de leche de vaca se puede producir de 1 a 2 kg de queso mozzarella y un promedio de 8 a 9 kg de suero. Al representar cerca del 90 % del volumen total, el suero retiene cerca del 55 % del total de nutrientes de la leche, es así como contiene la mayor parte de los compuestos hidrosolubles de ésta, el 95% de lactosa, el 25% de las proteínas y el 8% de la materia grasa (Poveda, 2013).

Villareal (2017) menciona que se han impulsado investigaciones que permitan su empleo en el desarrollo de ingredientes y productos alimenticios, debido al valor nutricional que este puede aportar. No obstante, su uso requiere equipos industriales para su tratamiento, por lo que el pequeño y mediano productor quesero no dispone de recursos para acondicionar el efluente.

Existen métodos como la concentración por evaporación que permiten reducir gastos de almacenamiento, material de empaque y transporte, dado que, disminuye el volumen del producto, mejorando su conservación.

En base a lo expuesto se crea la necesidad de realizar la presente investigación que busca conocer el efecto de la neutralización sobre las características fisicoquímicas y sensoriales del suero ácido proveniente del queso mozzarella concentrado por evaporación.

## **I. PROBLEMA**

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Cada año Ecuador genera 1.20 millones de litros de suero de leche, que se obtiene durante la elaboración de los quesos. Del volumen total de este subproducto, la industria nacional apenas procesa el 10 %, una mínima parte es aprovechado como alimento para animales (porcinos) y la mayoría restante es desechada en cuerpos de agua y desagües, generando un problema económico y ambiental (Mieles & Yépez, 2015).

Riofrío (2014) menciona que el impacto de la contaminación de los sueros varía de acuerdo con el tipo, siendo así que el suero dulce ejerce 42 g/L de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y 65 g/L de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), mientras que el suero ácido 35 g/L de DBO y 60 g/L de DQO; siendo en los dos casos la lactosa la principal responsable del 90 % de dichos valores de DBO y DQO.

Las proteínas y la lactosa presentes en el suero se transforman en sustancias altamente contaminantes cuando el líquido es arrojado al ambiente sin ningún tipo de tratamiento, ya que al ser un compuesto con alta DBO hace que los microorganismos que lo degradan necesiten una gran cantidad de oxígeno disuelto en el agua y si la cantidad de esta baja significativamente, se producen olores fétidos por putrefacción y se provoca la muerte por asfixia de la fauna de estos ecosistemas (Brito, 2015).

El suero contiene aproximadamente el 55% del total de los ingredientes de la leche, las cuales se elimina en las descargas industriales (Brito, 2015).

En la actualidad las investigaciones realizadas demuestran que el suero ácido no es tomado en cuenta para nuevos estudios, esto debido a las características que presenta, sin tomar en cuenta el aporte nutricional que proporciona si se da un manejo adecuado.

### **1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿En el proceso de concentración por evaporación, la temperatura y los neutralizantes influirán en las características fisicoquímicas y sensoriales del suero ácido concentrado?

### **1.3. JUSTIFICACIÓN.**

Riofrío (2014) manifiesta que el suero ácido generado de la elaboración de queso mozzarella contiene 1,29% de proteína, 53,36 mg/L de calcio, 23,59 mg/L de sodio, 148,03 mg/L de

potasio, 27,65 mg/L de fósforo y 2,72 % de lactosa, por lo tanto, es indispensable darle un uso en las industrias alimenticias.

“Las sales minerales y la acidez afectan el sabor, la funcionalidad y el valor de los productos de lacto suero. Su desmineralización y des acidificación, facilita el aprovechamiento del lactosuero” (Pillo, 2015, p.5).

Según Burgos (2015) la utilización del suero de leche deja como ventaja el costo, ya que no se invierte en la importación de un producto y la oportunidad de aprovechar como materia prima algo que ya generó un alimento. Sin embargo, la conservación del lacto suero líquido, no es duradera, por lo que la utilización de un producto concentrado o pulverizado es lo más recomendable.

En base a lo expuesto, el presente trabajo de investigación busca conocer el efecto de la temperatura y neutralización en el proceso de concentración por evaporación del suero ácido procedente de la elaboración del queso mozzarella y de esta manera darle un uso a este tipo de suero.

## **1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1. Objetivo General**

Determinar el efecto de la neutralización sobre las características fisicoquímicas y sensoriales del suero ácido proveniente del queso mozzarella concentrado por evaporación.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Establecer la temperatura óptima para proceso de evaporación en la obtención del suero ácido concentrado.
- Determinar el efecto de la neutralización del suero ácido concentrado en las características fisicoquímicas y sensoriales.
- Evaluar la calidad microbiológica del suero ácido concentrado del mejor tratamiento para verificar su cumplimiento con la normativa nacional vigente (NTE INEN 2594).

### **1.4.3. Preguntas de Investigación**

1. ¿Cómo influye la temperatura en las características fisicoquímicas durante la concentración del suero ácido?



2. Cómo influyen los diferentes reguladores de acidez (hidróxido de sodio y bicarbonato de sodio) en las características del suero ácido concentrado.
3. ¿La concentración por evaporación del suero ácido afecta las características sensoriales del mismo?

## II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

### 2.1. ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Riofrío (2014) manifiesta que el suero ácido generado de la elaboración de queso mozzarella retiene mayor cantidad de nutrientes en comparación al suero generado del queso Semi maduro, Port Salut y fresco, presentando los siguientes valores: 1,29 % de proteína, 53,36 mg/L de calcio, 23,59 mg/L de sodio, 148,03 mg/L de potasio, 27,65 mg/L de fósforo y 2,72 % de lactosa, por lo tanto, recomienda el uso de este en la elaboración de nuevos productos alimenticios.

Pilamonta (2015) en su trabajo para la obtención leche en polvo por proceso de evaporación, y la desnaturalización de las proteínas del suero utilizó un evaporador al vacío, a diferentes temperaturas (65 °C, 55 °C y 38 °C) y a una presión de - 5 mm Hg. Concluye que el tratamiento término superiores a 65 °C afecta directamente en la desnaturalización de las proteínas del suero de leche, puesto que se forman compuestos sulfurados libre y grupos de SH, induciendo el cambio de color y sabor a cocido, por lo tanto, recomienda aplicar temperaturas menores a 65 °C a una presión de vacío para evitar la desnaturalización descontrolada del producto.

Pillo (2015), manifiesta que en el suero concentrado obtenido usando los siguientes procesos: prefiltración, centrifugación y nanofiltración, la proteína aumentó en un 114 % respecto al lactosuero inicial. Durante el proceso de des acidificación mediante electrodiálisis la cantidad de proteínas y grasas se mantiene, pero en el caso del calcio la cantidad disminuyó. Además, en la des-acidificación de lacto suero ácido concentrado para llegar al pH de 6,5 se necesitó un mayor tiempo de tratamiento ya que la cantidad a remover de ácido láctico es alta. Y menciona que con la preconcentración mejoró el rendimiento de la des-acidificación.

Yungáy (2017), menciona que en el proceso de concentración del manjar aplicó dos metodologías (método tradicional y diseño de evaporador) para obtener el mismo producto, teniendo como resultado que el método tradicional requiere un tiempo de evaporación de 5,58 h mientras que el equipo diseñado demanda 3,99 h, la cual es menor a la anterior, por lo que recomienda la aplicación de la metodología que presente menor tiempo y mayor eficiencia. Las partes que presentó el evaporador fueron cámara de evaporación, chaqueta de calentamiento, calentador y sistema eléctrico y electrónico para el calefactor y automatización del equipo.

## **2.2. MARCO TEÓRICO**

### **2.2.1. Suero de leche**

“El suero de leche es el producto lácteo líquido conseguido durante la producción del queso, la caseína o productos similares, mediante la separación de la cuajada, después de la coagulación de la leche y/o los productos derivados de la leche” (NTE INEN 2594, 2011, p.1).

El suero engloba alrededor del 50% de los macro y micronutrientes de la leche original; sales minerales, lactosa, vitaminas y proteínas solubles, lo que representa entre el 80 a 90% del volumen que entra en el proceso. A pesar de que el suero contiene valiosos nutrientes, apenas se han desarrollado técnicas comerciales para la producción de alimentos de alta calidad a partir del lactosuero (Riofrío, 2014).

El perfil del suero de leche tiene minerales en el que predomina la presencia de potasio en una medida de 3 a 1 respecto al sodio, lo que ayuda a la eliminación de toxinas y líquidos, además, contiene otros minerales relevantes como magnesio fosforo y calcio. Asimismo, prevalecen los oligoelementos como; hierro, cobre y zinc, produciendo todos ellos sales de gran biodisponibilidad para nuestro organismo (Pintado, 2012).

#### **2.2.1.1. Aprovechamiento del suero**

Generalmente, debido a la falta de comprensión del contenido nutricional del suero de leche, su bajo contenido de proteínas y alto contenido de lactosa y minerales, no se ha considerado para el consumo humano. Sin embargo, el esfuerzo por utilizarlo ha nacido desde hace algún tiempo, ya que las tendencias de producción indican que su disponibilidad mundial está aumentando rápidamente. Actualmente, los sólidos de suero se utilizan en la nutrición humana de diversas formas, como suero concentrado, suero en polvo, suero parcialmente desmineralizado, suero parcialmente deslactosado y mezclas de los dos últimos, y proteína de suero concentrada. Por lo tanto, desde el punto de vista de la nutrición, la fisiología y la función, ha aumentado la tendencia a utilizarlo en la nutrición humana para utilizar sus ingredientes. (Pintado, 2012).

Pintado (2012) menciona que los derivados lácteos como sus componentes son utilizados como ingredientes funcionales en varias áreas de la industria alimentaria a raíz de tres razones principales:

1. Aporte nutricional.

2. Otorgan ciertas características físicas y reológicas al producto terminado (textura, consistencia, capacidad de batido).
3. Favorecen la aceptabilidad por parte del consumidor

Además, Pintado (2012) menciona que la formulación de alimentos con el adquieren un rango amplio de propiedades funcionales y nutricionales por lo que pueden ser empleados en una amplia gama de alimentos. A partir de entonces los productos que tradicionalmente se han obtenido a partir del suero aplicando diferentes métodos han sido:

1. Concentración de los sólidos por evaporación y secado (suero en polvo)
2. Intercambio iónico o por electrodiálisis (suero en polvo desmineralizado) donde se eliminan previamente las sales minerales.
3. Lactosa, obtenida por concentración, cristalización y separación.
4. Ultrafiltración del suero (concentrados proteínicos)

#### **2.2.1.2. Contaminación ambiental por el suero**

La descarga de suero a las corrientes de agua causa un elevado consumo de oxígeno disuelto, lo que ocasiona empobrecimiento y perturbación de la vida vegetal y animal, de modo que, el consumo se debe a la oxidación de la materia orgánica, la misma que se mide a través de la demanda biológica de oxígeno en 5 días. Este problema de contaminación grave se podría disminuir si las queserías le dieran un tratamiento, no obstante, debido a lo difícil que es rentabilizar su aprovechamiento muchos queseros lo arrojan a los sumideros (Brito, 2015).

Cuando el suero líquido es arrojado al medio ambiente sin ningún tratamiento, las proteínas y lactosa se convertirán en contaminantes, porque la carga orgánica contenida en ellas hará que los microorganismos se multipliquen, lo que cambiará significativamente la DBO del agua contaminada (Poveda, 2013).

La demanda bioquímica de oxígeno del suero se produce en la lactosa (30 g de oxígeno) y en la proteína (10 g de oxígeno), es decir un litro de suero requiere alrededor de 40 g de oxígeno, valor muy similar a la demanda generada por 0.75 habitantes de la ciudad en un día (Brito, 2005).

### 2.2.1.3. Composición química del suero

La composición del suero, en cuanto a macro constituyentes es respectivamente poco variable, no obstante dicha estructura depende del tipo de leche y procesos empleados en la elaboración del queso (Parra, 2009).

Con relación a los componentes identificados en el suero de la industria quesera se encuentran los siguientes:

- **Proteína.** – Contiene alrededor de un 0,6%, son consideradas completas, debido, a que contienen todos los aminoácidos esenciales, al igual que los aminoácidos ramificados (isoleucina, leucina y valina). La leucina corresponde a la tercera parte de los músculos del esqueleto en el cuerpo humano y cumple un papel importante en la síntesis de proteínas. Para la alimentación infantil se recomienda formular alimentos con lactosuero ya que estos aumentan sus niveles de proteína como también mejora la calidad sensorial (Riofrío, 2014).
- **Lactosa.** – En el lactosuero la concentración de lactosa se reduce, dado que, durante la fermentación es transformada en ácido láctico reduciendo el riesgo de intolerancia, como también el efecto acidificante que evita el uso de acidulantes artificiales consiguiendo menor contenido de lactosa, mejor digestibilidad de sus proteínas, menor concentración de aminoácidos libres y reducido contenido alergénico (Riofrío, 2014).
- **Sales minerales.** - El perfil que presenta el lactosuero contiene minerales en la cual el potasio tiene mayor porcentaje de 3 a 1 respecto al sodio, lo que ayuda a la eliminación de toxinas y líquidos, además, contiene otros minerales relevantes como magnesio fosforo y calcio. Asimismo, prevalecen los oligoelementos como; hierro, cobre y zinc, produciendo todos ellos sales de gran biodisponibilidad para el organismo. El calcio es un componente principal para que el organismo cumpla varias funciones metabólicas como el transporte de oxígeno, actividades enzimáticas, coagulación de la sangre, funcionamiento de los nervios y músculos.

El magnesio participa en el correcto funcionamiento del musculo cardiaco, como también interviene en la asimilación del calcio. El fósforo fortalece el sistema nervioso, mejorando la capacidad de concentración y memoria. El hierro, cobre y zinc intervienen de forma sinérgica como potentes antioxidantes, mejoramiento del sistema inmunitario, favoreciendo el proceso digestivo y protegiendo las membranas celulares (Riofrío, 2014).

#### 2.2.1.4. Requisitos fisicoquímicos del suero de leche

El suero de leche líquido debe cumplir con lo establecido en la tabla 1 (NTE INEN 2594, 2011).

**Tabla 1.** Requisitos fisicoquímicos del suero de leche líquido

Requisitos	Suero de leche dulce		Suero de leche ácido		Método de ensayo
	Min.	Max.	Min.	Máx.	
Lactosa, % (m/m)	--	5,0	--	4,3	AOAC 984.15
Proteína láctea, % (m/m) <sup>(1)</sup>	0,8	--	0,8	--	NTE INEN 16
Grasa láctea, % (m/m)	--	0,3	--	0,3	NTE INEN 12
Ceniza, % (m/m)	--	0,7	--	0,7	NTE INEN 14
Acidez titulable, % (calculada como ácido láctico)	--	0,16	0,35	--	NTE INEN 13
pH	6,8	6,4	5,5	4,8	AOAC 973.41

(1) el contenido de proteína láctea es igual a 6,38 por el % nitrógeno total determinado

Fuente: (NTE INEN 2594, 2011). Suero de leche líquido: Requisitos.

#### 2.2.1.5. Requisitos microbiológicos

De acuerdo con la NTE INEN 9524 (2011) el suero de leche líquido debe cumplir con lo establecido en la tabla 2.

**Tabla 2.** Requisitos microbiológicos del suero de leche líquido

Requisitos	n	M	M	C	Método de ensayo
Recuento de microorganismos aerobios mesófilos ufc/g.	5	30 000	100 000	1	NTE INEN 1529-5
Recuento de <i>Escherichia coli</i> ufc/g.	5	< 10	-	0	NTE INEN 1529-8
<i>Staphylococcus aureus</i> ufc/g.	5	<100	100	1	NTE INEN 1529-14
<i>Salmonella</i> /25g.	5	Ausencia	-	0	NTE INEN 1529-15
Detección de <i>Listeria monocytogenes</i> /25 g	5	Ausencia	-	0	ISO 11290-1

Fuente: (NTE INEN 2594, 2011). Suero de leche líquido: Requisitos.

#### 2.2.1.6. Tipos de suero

De acuerdo con la normativa NTE INEN 2594 (2011) los tipos de suero dependiendo de su contenido de lactosa y acidez se clasifican en:

### 2.2.1.6.1. Suero dulce

Es el derivado lácteo líquido conseguido durante la elaboración del queso, la caseína o productos similares, por acción de la separación de la cuajada, después de la coagulación de la leche pasteurizada. La coagulación se logra principalmente mediante la acción enzimática del tipo del cuajo. (NTE INEN 2594, 2011, p.1)

Pintado (2012) afirma, el suero dulce viene de quesos coagulados con renina. Tiene una gran concentración de lactosa alrededor del 51 % y se compone de nitrógeno no proteico (22% del total). Tiene mayor contenido de proteína (7%), en cuestión de ácido láctico su contenido es limitado (0%). El pH fluctúa entre 6,4 y 6,6, con relación a las sales grasas y minerales, están varían de acuerdo con cada especie.

La composición del suero dulce se encuentra en la tabla 3.

**Tabla 3.** Composición de lactosuero dulce

Componente (g/L)	Suero dulce
Sólidos totales	63,0 – 70,0
Lactosa	46,0 – 52,0
Grasa	0,0 – 5,0
Proteína	6,0 – 10,0
Calcio	0,4 – 0,6
Fósforo	0,4 – 0,7
Potasio	1,4 – 1,6
Cloruros	2,0 – 2,2

**Fuente:** (Hernández & Vélez, 2014). Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales.

### 2.2.1.6.2. Suero ácido

Es el producto lácteo líquido conseguido durante la elaboración del queso, la caseína o productos similares, por medio de la separación de la cuajada, después de la coagulación de la leche pasteurizada. La coagulación se logra principalmente, por acidificación química y/o bacteriana. (NTE INEN 2594, 2011, P.1)

Es el subproducto común de la producción de queso blanco con un pH (4,6), proviene de quesos coagulados con ácido acético. Debido a su acidez resulta corrosivo para los metales, por la fermentación partes de la lactosa se convierte en ácido láctico. Posee menos lactosa en concentración (42%) ya que se obtiene de leches acidas, a causa de la desnaturalización es más pobre en proteínas (6,0%) (Pintado, 2012). Composición del suero ácido

La composición del suero ácido se encuentra en la tabla 4.

**Tabla 4.** Composición de lactosuero ácido

<b>Componente (g/L)</b>	<b>Suero dulce</b>
Sólidos totales	63,0 – 70,0
Lactosa	44,0 – 46,0
Grasa	0,0 – 5,0
Proteína	6,0 – 8,0
Calcio	1,2 – 1,6
Fósforo	0,5 – 0,8
Potasio	1,4 – 1,6
Cloruros	2,0 – 2,2

**Fuente:** (Hernández & Vélez, 2014). Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales.

En alimentos líquidos es una operación importante en los procesos de la industria alimentaria, se diferencia de la deshidratación en el contenido final de agua y en las propiedades de los productos obtenidos. Los alimentos que se concentran generalmente se mantienen en estado líquido, en cambio, el secado produce alimentos sólidos con un bajo contenido de agua. La finalidad que persigue la concentración de alimentos líquidos es aumentar la vida útil o incrementar su valor, del mismo modo, reducir costes de transporte, cuando el producto final se consigue por restitución del agua hasta su nivel inicial (Casp & Abril, 2003).

Por medio de la concentración se alcanza una reducción de la actividad de agua a valores entre 0.6 y 0.8, con estos rangos el crecimiento de microorganismos y la velocidad de las reacciones químicas bioquímicas y enzimáticas disminuyen, pero no se inhiben.

### **2.2.2.1. Técnicas de concentración**

Casp & Abril (2003) menciona que. “En la actualidad existe una serie de tecnologías cuya finalidad es la concentración de alimentos líquidos, estas técnicas se presentan de manera resumida en la tabla 4, que se muestra a continuación” p.402.

En la tabla 5 se encuentran las diferentes tecnologías para la concentración de alimentos.

**Tabla 5.** Tecnologías para la concentración de alimentos líquidos.

<b>Tecnología</b>	<b>Agente de separación</b>	<b>Principio de separación</b>	<b>Productos</b>
Evaporación	Calor	Diferencias de volatilidad (presión de vapor)	Líquido y vapor



<b>Tecnología</b>	<b>Agente de separación</b>	<b>Principio de separación</b>	<b>Productos</b>
Expansión flash	Reducción de presión	Diferencia de volatilidad (presión de vapor)	Líquido y vapor
Destilación	Calor	Diferencia de volatilidad	Líquido y vapor
Osmosis inversa	Gradiente de presión Membrana selectiva	Combinación de diferente solubilidad y difusividad de las especies en la membrana	Dos productos líquidos
Ultrafiltración	Gradiente de presión Membrana selectiva	Diferente permeabilidad a través de la membrana	Dos productos líquidos
Diálisis	Membrana selectiva Solvente	Ratios diferentes de transporte difusional a través de membrana	Dos productos líquidos
Electrodiálisis	Membranas iónicas Campo eléctrico	Selectividad de membranas iónicas a especies específicas de iones	Dos productos líquidos
Concentración por congelación	Refrigerante	Cristalización selectiva del agua pura	Líquido concentrado y hielo puro

**Fuente:** (Casp & Abril, 2003). Proceso de Conservación de Alimentos.

En la presente investigación se utilizará el proceso de evaporación para la concentración del suero ácido.

#### **2.2.2.2. Concentración por evaporación**

Históricamente, la evaporación ha sido la operación unitaria más importante para concentrar alimentos líquidos. En este proceso, el solvente volátil (generalmente agua) se elimina hirviendo el alimento líquido hasta que el contenido sólido alcanza la concentración deseada. Por evaporación se elimina una parte del agua del alimento líquido, obteniendo así un producto final concentrado (Casp & Abril, 2003, p.402).

La concentración de ebullición se basa en la eliminación de parte del agua contenida en el alimento en forma de vapor para obtener un producto "concentrado". Puede utilizarse como operación intermedia en el proceso productivo o en la etapa final para la obtención de nuevos productos. La concentración evaporativa se lleva a cabo aportando calor (normalmente mediante vapor de agua) para evaporar parcialmente el disolvente y alcanzar la solución final de la concentración deseada (Toledo, 2016).

### **2.2.2.3. Evaporación utilizada en productos lácteos**

Casp & Abril (2003) indican, el proceso de evaporación de los productos lácteos líquidos se realiza antes del secado por atomización para obtener productos en polvo, con el fin de minimizar el costo energético del proceso de secado, también se utiliza para producir concentrados para diferentes propósitos.

En algunos casos, para reducir los efectos negativos que origina el calentamiento, la ebullición se realiza a temperaturas que oscilan entre 40 °C y 70 °C a presión reducida. En estas circunstancias, la temperatura de ebullición del producto está explícita por la presión (siempre vacío) y, en menor grado, por la concentración de la leche (aumento en el punto de ebullición) y la presión hidrostática de una columna de líquido (Toledo, 2016).

### **2.2.2.4. Ventajas de la evaporación**

Casp & Abril (2003) mencionan algunas ventajas que presenta la evaporación de los alimentos, las cuales se mencionan a continuación.

- Utiliza cantidades bajas de vapor para reducir gran cantidad de agua.
- Permite obtener concentraciones altas de 80 % - 85 % de sólidos.
- Aumenta el tiempo de vida útil de los alimentos.
- Mejora las características sensoriales (color, sabor o textura) de los alimentos.
- Reduce el volumen por lo que el espacio requerido para el envasado almacenamiento y transporte es menor.

### **2.2.3. Neutralización**

Whintten, Davis, & Peck (2015) menciona que la reacción de un ácido con un hidróxido metálico (base) da una sal y agua. Estas reacciones reciben el nombre de reacciones de neutralización porque se neutralizan las propiedades de ácido y bases. Se obtiene su respectiva especie conjugada y agua si una de las especies es de naturaleza débil y la neutralización se origina en disolución acuosa. Además, la neutralización es la combinación de iones de aniones hidróxido y de hidronio para crear moléculas de agua. Durante este proceso se forma una sal.

El punto de equivalencia es el punto en el que han reaccionado cantidades de ácido y base químicamente equivalentes. El punto en el que cambia el color de un indicador en una titulación se conoce con el nombre de punto final. Éste se determina mediante el valor de  $K_a$  del indicador de pH en los que ocurre el cambio de color.

### **2.2.3.1. Reguladores de acidez**

Son aditivos alimentarios empleados para regular o mantener el pH de los alimentos, usados para alterar y controlar la acidez o alcalinidad de un rango específico para el procesamiento, sabor y seguridad alimentaria. Un mal control del pH puede ocasionar un crecimiento indeseable de microorganismos patógenos en el alimento, de modo que, podría ser un peligro potencial a la salud

Los reguladores de acidez que se emplean en los alimentos se conocen como acidulantes y son sustancias naturales absolutamente inofensivas en la alimentación humana y que se utilizan en cantidades controladas. Los acidulantes son sustancias que aportan positivamente a la nutrición y se añaden para controlar el grado de acidez del producto.

### **2.2.3.2. Bicarbonato de sodio**

Bicarbonato de sodio o también llamado carbonato ácido de sodio, bicarbonato de hidrógeno sódico, hidrocarbonato de sodio o hidrógeno de sodio carbonato. En la industria alimentaria se usa como anti-aglomerante sintético, levadura y regulador de acidez. Se emplea en dulces, postres, chocolates, galletas, entre otros (NTE INEN - CODEX 192, 2016).

El bicarbonato de sodio es utilizado en la industria láctea, principalmente en la elaboración de manjar. El agregado de bicarbonato de sodio en la elaboración de manjar de dulce cumple la función de equilibrar el ácido láctico presente en la leche para que no se corte al concentrarla (Pintado, 2012).

### **2.2.3.3. Hidróxido de sodio**

Hidróxido de sodio también conocida como soda cáustica, sosa cáustica o lejía alimentaria. Es un estabilizante sintético y regulador de acidez. Se obtiene por electrólisis de cloruro de sodio. Se emplea como aditivo en cereales, frutos secos, cacao en polvo, chocolates, margarinas, entre otros. La normativa NTE INEN - CODEX 192 (2016), establece las disposiciones a las que deben estar sujetos los aditivos alimentarios, empleándose de acuerdo a lo siguiente:

- Para obtener el efecto deseado, se limitará la cantidad de aditivos según la dosis mínima requerida.
- Minimizar la cantidad de aditivos que no quieran obtener ningún efecto físico o técnico en la fabricación, procesamiento o envasado de alimentos.
- Los aditivos deben tener una calidad alimentaria adecuada y sus métodos de preparación y procesamiento son los mismos que los de los ingredientes alimentarios.

#### **2.2.4.4. Desacidificación de lactosueros ácidos**

La desacidificación radica en eliminar el sabor ácido y obtener suero de leche con características dulces aceptables para su utilización. Los sueros dulces son considerados como ingredientes aceptables y aprobados en las formulaciones de alimentos. Con el suero ácido sucede lo contrario debido a sus características como el sabor ácido que a los consumidores son desagradables, especialmente aquellos cuya comida tiene un sabor suave (Pillo, 2015).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

##### 3.1.1. Enfoque

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo, debido a que parte de la investigación corresponde a la recolección de información y datos numéricos a nivel de laboratorio realizando análisis fisicoquímicos y sensoriales.

Mediante la utilización de análisis estadístico se logró determinar si existe diferencia en las variables de estudio y por consiguiente aprobar o rechazar las hipótesis planteadas.

##### 3.1.2. Tipo de Investigación

Investigación experimental. - Se trabajó bajo el esquema del tipo de investigación experimental, debido a que se basó en la manipulación de variables en condiciones controladas. Este tipo de investigación permite con más seguridad establecer relaciones de causa a efecto.

#### 3.2. HIPÓTESIS

##### Hipótesis nula

H0: En el proceso de concentración por evaporación, la temperatura y los neutralizantes no influye en las características fisicoquímicas y sensoriales del suero ácido concentrado.

##### Hipótesis alternativa

H1: En el proceso de concentración por evaporación, la temperatura y los neutralizantes influyen en las características fisicoquímicas y sensoriales del suero ácido concentrado.

#### 3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

##### Variable Independiente (VI)

**Temperatura:** 65 °C y 55 °C

**Neutralizantes:** 5 mL de NaOH al 16,6 %/100 mL, B2= 5 g de NaHCO<sub>3</sub>/100 mL

##### Variable Dependiente (VD)

**Composición fisicoquímica:** Lactosa, proteína, grasa, acidez y ceniza

**Análisis sensorial del suero ácido concentrado:** Color, olor, textura y sabor.

En la tabla 6, se presenta la operalización de variables empleados en esta investigación.

### 3.3.1. Operacionalización de variables

**Tabla 6.** Operacionalización de variables

Variable	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
VI: Temperatura	Temperatura	A1= 65 °C	Medición directa	Registro de datos
		A2= 55 °C		
Neutralizantes	Concentración	B1= 5 mL de NaOH al 16,6 %/100 mL de Suero ácido concentrado	Volumetría	Registro de datos
		B2= 5 g de NaHCO <sub>3</sub> /100 mL de suero ácido concentrado	Gravimetría	Registro de datos
VD: Composición fisicoquímica del suero ácido concentrado	Análisis fisicoquímico	Lactosa, % (m/m)	AOAC 984.15	Método de Fehling
		Proteína, % (m/m)	NTE INEN 16	Método Kjeldahl
		Grasa, % (m/m)	NTE INEN 12	Método Gerber
		Ceniza, % (m/m)	NTE INEN 14	Gravimetría
		Acidez titulable, % (ácido láctico)	NTE INEN 13	
Características sensoriales del suero ácido concentrado	Evaluación sensorial	Color	Pruebas de aceptación	Hojas de cata
		Olor	Pruebas de aceptación	Hojas de cata
		Textura	Pruebas de aceptación	Hojas de cata

### **3.4. MÉTODOS UTILIZADOS**

La presente investigación se llevó a cabo en el laboratorio 203 de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi.

#### **3.4.1. Obtención de suero ácido**

##### **Recepción de la materia prima, filtrado y análisis**

La materia prima (leche cruda) utilizada para la obtención del suero ácido fue adquirida en el mercado Central de la ciudad de Tulcán. Esta fue filtrada con la finalidad de eliminar macropartículas que pudieran estar presentes en la leche.

##### **Acidificación**

Para este proceso se utilizó ácido cítrico 1,1 gramos por cada litro de leche, el cual fue añadido directamente a temperatura ambiente y con constante agitación.

##### **Calentado**

La mezcla anteriormente preparada se calentó en una paila de acero inoxidable hasta llegar a la temperatura de 35 °C, con una agitación constante para evitar la formación de grumos.

##### **Adición de cuajo**

En este proceso se añadió 1 ml de cuajo líquido por cada 10 litros de leche con constante agitación.

##### **Coagulación**

Luego de añadir el cuajo se dejó en reposo durante 30 minutos para que se produzca la cuajada.

##### **Corte y reposo de la cuajada**

La masa cuajada se cortó con una lira en cuadros pequeños y se agita hasta obtener el tamaño de grado de maíz, esto permite la salida del suero. Posteriormente se dejó reposar durante 3 minutos

##### **Desuerado**

Este proceso consiste en separar el suero de la cuajada dejándole escurrir, para lo cual se utilizó un lienzo.

### 3.4.1.1. Diagrama de flujo de la obtención del suero ácido

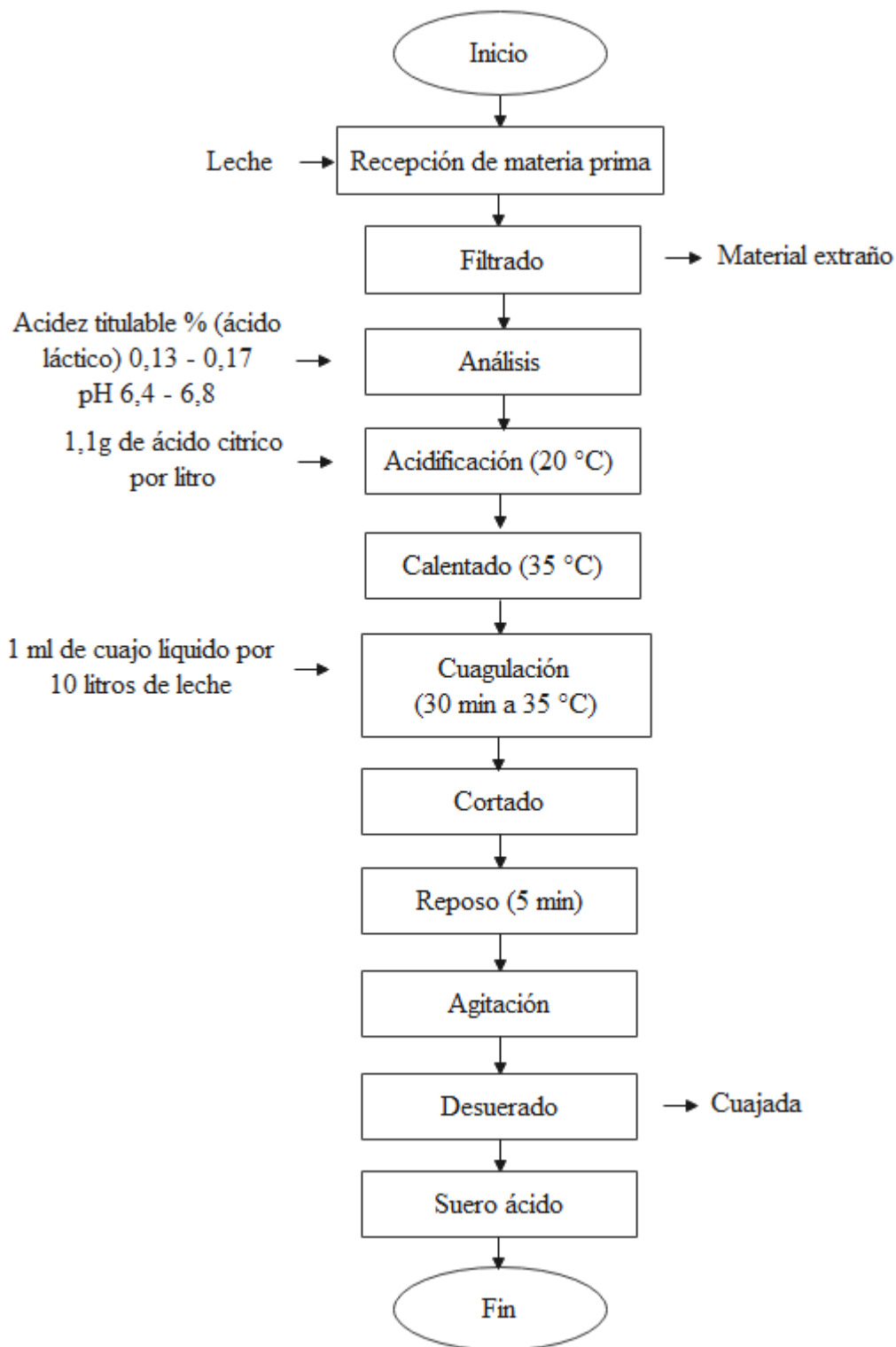


Figura 1. Diagrama de flujo de la obtención del suero ácido

### 3.4.2. Proceso de concentración del suero ácido

El suero obtenido de la elaboración del queso mozzarella con un brix inicial de  $6,7 \pm 2^\circ$  Brix se colocó en una paila y se aplicó fuego lento controlando las diferentes temperaturas ( $55^\circ\text{C}$  y  $65^\circ\text{C}$ )



°C) dependiendo del tratamiento y se agitó cada 10 minutos hasta obtener suero concentrado con 34 -35 °Brix.

**Tabla 7.** Tratamientos del Diseño Experimental

TRATAMIENTOS	CONBINACIÓN	DESRIPCIÓN
T1	A1B1	65 °C – 5 mL de NaOH al 16,6 %/100 mL
T2	A1B2	65 °C – 5 g de NaHCO <sub>3</sub> /100 mL
T3	A2B1	55 °C – 5 mL de NaOH al 16,6 %/100 mL
T4	A2B2	55 °C – 5 g de NaHCO <sub>3</sub> /100 mL

### **3.4.3. Proceso de neutralizado del suero ácido concentrado**

En el proceso de neutralización se llevó al suero ácido concentrado a un pH de 7, para lo cual se utilizó con dos reguladores de acidez: Hidróxido de sodio (NaOH) y Bicarbonato de sodio (NaHCO<sub>3</sub>).

Para el caso del hidróxido de sodio se preparó una disolución en agua, para lo cual se disolvió 1,66 g de hidróxido de sodio sólido de grado alimenticio al 98,8 % de pureza en 10 mL de agua, esta disolución se añadió 5 mL por cada 100 mL de muestra de suero ácido concentrado.

En el caso del bicarbonato de sodio se añadió directamente 5 g por cada 100 ml de muestra de suero ácido concentrado.

### 3.4.3.1. Diagrama de flujo de concentración y neutralización del suero ácido

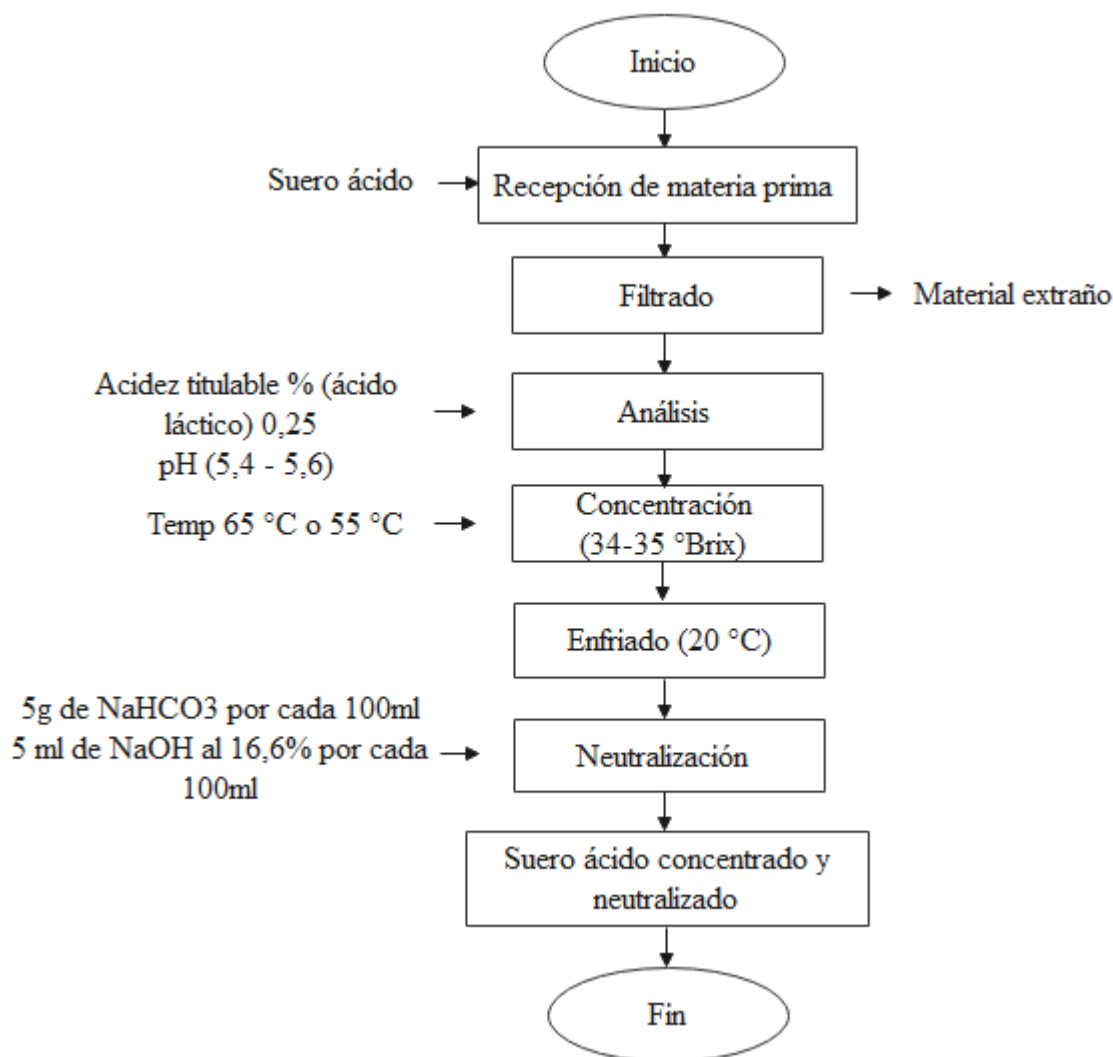


Figura 2. Diagrama de flujo de concentración y neutralización del suero ácido

### 3.4.4. Evaluación Sensorial

La evaluación sensorial del suero ácido concentrado se realizó utilizando pruebas de aceptación con escala hedónica verbal de 5 puntos, siendo 1: me disgusta mucho, 2: me disgusta, 3: no me gusta ni me disgusta, 4: me gusta y 5: me gusta mucho. La hoja de evaluación sensorial se encuentra en el anexo 2.

El grupo de catadores fueron 50 estudiantes. Los parámetros evaluados fueron: color, olor, y textura.

### 3.4.5. Análisis fisicoquímico

El análisis fisicoquímico del suero ácido concentrado y neutralizado se realizó en los laboratorios de la Universidad Politécnica Estatal Del Carchi, en donde se determinó los

parámetros acidez, ceniza, grasa, proteína y lactosa de cada tratamiento con 3 repeticiones para conocer las cantidades de cada uno.

#### **3.4.6. Análisis Estadístico**

Para la presente investigación se utilizó un diseño estadístico completamente al azar (DCA).

La información recolectada experimentalmente, se procesó mediante un análisis estadístico de varianza ANOVA simple para comparar las medias de los tratamientos con un 95 % de confianza, seguido de la prueba de rangos de Tukey con un 95 % de probabilidad y 5 % como margen de error.

El análisis estadístico aplicado para la evaluación sensorial fue la prueba no paramétrica de Friedman.

Para interpretar los datos obtenidos se empleó el software estadístico Minitab versión 2019 y Excel.

#### **3.4.7. Análisis microbiológico**

El análisis microbiológico se realizó al tratamiento que tuvo mayor aceptación T1, en el laboratorio de microbiología de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi, los microorganismos analizados fueron aerobios mesófilos ufc/g, *Escherichia coli* ufc/g y *Staphylococcus aureus* ufc/g.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. RESULTADOS

#### Análisis físico químico de la leche

En la tabla 8 se muestran los datos del análisis físico químico (acidez, ceniza, grasa, proteína y lactosa) de la leche que se utilizó para la obtención del suero ácido en cada tratamiento.

**Tabla 8.** Análisis fisicoquímicos de la leche cruda para la obtención del suero ácido.

Parámetros fisicoquímicos	*M1	*M2	*M3	*M4	Método
Acidez % (ácido láctico)	0,16	0,17	0,16	0,16	NTE INEN 13
Ceniza % (m/m)	0,62	0,72	0,65	0,74	NTE INEN 14
Grasa % (m/m)	2	2	2,6	2,6	NTE INEN 12
Proteína % (m/m)	3,48	3,50	3,14	3,14	NTE INEN 16
Lactosa % (m/m)	4,8	4,9	4,7	4,7	AOAC 984.15

\*muestras de leche tomadas de cada tratamiento.

#### Análisis físico químico de la materia prima (Suero ácido)

En la tabla 9 se dan a conocer los parámetros fisicoquímicos (acidez, ceniza, grasa, proteína y lactosa) del suero ácido del queso mozzarella utilizado para cada tratamiento.

**Tabla 9.** Parámetros fisicoquímicos del suero ácido utilizado en cada tratamiento.

Parámetros	*M1	*M2	*M3	*M4
Acidez % (ácido láctico)	0,25	0,25	0,25	0,25
Ceniza % (m/m)	0,51	0,59	0,53	0,59
Grasa % (m/m)	0,7	0,8	0,6	0,6
Proteína % (m/m)	0,86	0,81	0,88	0,88
Lactosa % (m/m)	4,2	4,4	4,3	4,3

\*muestras del suero ácido tomadas de cada tratamiento.

#### Análisis de parámetros fisicoquímicos de los diferentes tratamientos determinados durante la investigación.

A continuación, se muestran los resultados de los parámetros fisicoquímicos del suero ácido concentrado y neutralizado. Para el cual se utilizó un análisis de varianza ANOVA al 95 % de

confianza y se aplicó la prueba de Tukey con 95% de confianza para comparación de medias a través del programa minitab 19.

### **Análisis fisicoquímicos de los parámetros acidez, ceniza, grasa, proteína y lactosa del suero ácido concentrado y neutralizado.**

Para la obtención de los resultados del análisis fisicoquímico del suero ácido concentrado y neutralizado con respecto a los parámetros acidez, ceniza, grasa, proteína y lactosa, se puede observar que existe diferencia significativa entre los 4 tratamientos, esto se aprueba ya que al aplicar el análisis de varianza (ANOVA) el valor de p que presentan los parámetros mencionados fue inferior al 0,05 (ver anexo 4) por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. Además, en la tabla 10 se evidencia los diferentes grupos que se forman. En el caso del parámetro acidez el tratamiento T1 y T3 presentan la misma letra, lo que significa que entre estas medias no existe diferencias significativas, pero si existe diferencia significativa con respecto a los demás tratamientos, teniendo así que el tratamiento T2 es la que presenta mayor valor en cuanto a la media. En cuanto al parámetro ceniza el T2 y T4 comparten el mismo grupo, pero el T3 presenta mayor valor. En el caso del parámetro grasa los tratamientos T1 y T3 presentan similitud, pero el T1 es el tratamiento que presenta mayor contenido de grasa. Para el parámetro proteína los tratamientos T 1, T2 Y T4 presentan valores similares debido a que comparten la misma letra esto significa que los valores de proteína en los 3 tratamientos presentan valores similares, pero no en su totalidad, es así que el T4 es el que presenta mayor contenido de proteína. Finalmente, el parámetro lactosa presenta mayor contenido en el T4.

En la tabla 10 se muestran los parámetros fisicoquímicos que presentaron los diferentes tratamientos. Para el caso de la acidez el tratamiento T1 y T3 presenta valores inferiores al tratamiento 2 y 4, esto se debe a que el hidróxido de sodio se utilizó para la neutralización y también para la titulación de la acidez expresada en porcentaje de ácido láctico. En cuanto al parámetro ceniza el tratamiento con mayor contenido fue el tratamiento T3 con un valor de 3,56; el cuanto a grasa presentó un valor máximo en el tratamiento T1 con un valor de 3,19. El tratamiento T4 presentó mayor contenido de proteína y lactosa con un valor de 5,66 y 18,30 respectivamente.

**Tabla 10.** Datos del análisis fisicoquímico de los parámetros pH, acidez, ceniza, grasa, proteína y lactosa del suero ácido concentrado y neutralizado

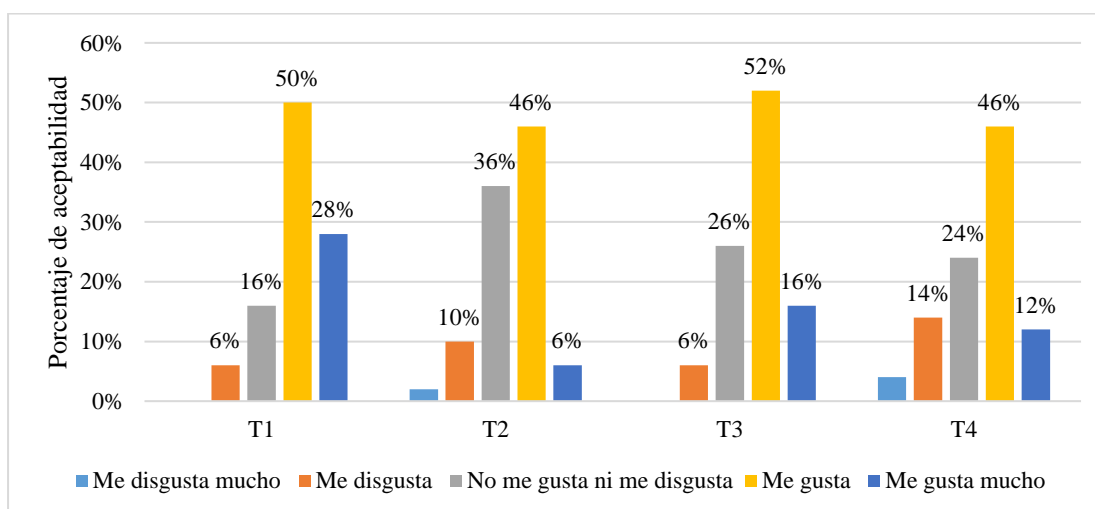
Parámetro	T1	T2	T3	T4
Acidez % (ácido láctico)	0,32 ± 0,577 c	<b>0,70 ± 0,577 a</b>	0,32 ± 0,577 c	0,66 ± 1,528 b
Ceniza % (m/m)	3,1977 ± 0,011 c	3,3145 ± 0,016 b	<b>3,564 ± 0,040 a</b>	3,344 ± ,015 b
Grasa % (m/m)	<b>13,767 ± 0,252 a</b>	12,016 ± 0,028 b	13,000 ± 0,500 a	12,167 ± 0,289 b
Proteína % (m/m)	5,302 ± 0,088 b	5,139 ± 0,011 b	5,487 ± 0,103 a	<b>5,661 ± 0,020 b</b>
Lactosa % (m/m)	17,167 ± 0,208 b	16,700 ± 0,173 b	18,133 ± 0,152 a	<b>18,300 ± 0,200 a</b>

### Evaluación sensorial

Para la interpretación estadística de los resultados sensoriales de la evaluación de los atributos color, olor y textura se aplicó un análisis de varianza no paramétrica de Friedman ( $P \leq 0,05$ ). De acuerdo con el valor de p calculados (ver anexo 5) de cada tratamiento se establece que presentan diferencias significativas.

En cuanto al atributo color, en la figura 3 se puede observar los porcentajes de frecuencia de elección de cada uno de los tratamientos, en la cual el tratamiento 1 es la que sobresale con un mayor puntaje en la calificación de me gusta mucho del 28 % y un 50 % de me gusta.

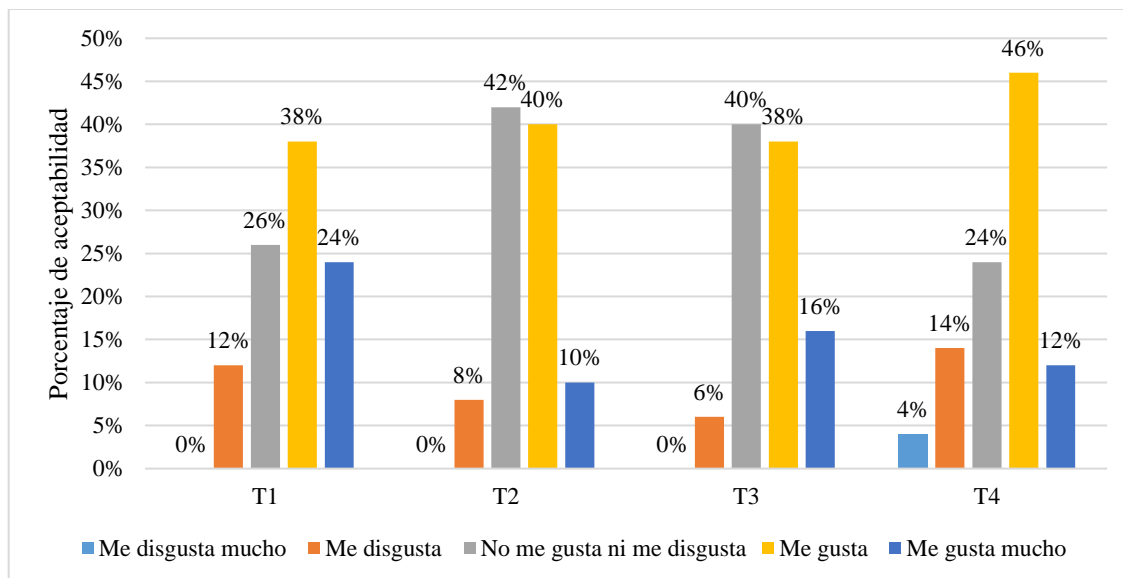
El suero ácido del queso mozzarella a medida que aumento el tiempo de exposición a la temperatura de 65 °C, presento un cambio de color blanco a un color blanco hueso y al ser neutralizada no presento ningún cambio.



**Figura 3.** Evaluación sensorial del atributo color del suero ácido concentrado y neutralizado

En la figura 3 se evidencia que el T4 presento mayor aceptación en cuanto al parámetro olor con un 46 % de me gusta, sin embargo, el tratamiento 1 obtuvo 24 % de aceptación con la calificación de me gusta mucho.

El suero ácido al concentrarlo y neutralizarlo presentó un olor característico al suero.



**Figura 4.** Evaluación sensorial del atributo olor del suero ácido concentrado y neutralizado

En la figura 5 se da a conocer los resultados en cuanto al atributo textura, en la cual el tratamiento que resalta con mayor porcentaje de aceptación es el T1 con un 32 % de me gusta y con un 32 % de me gusta mucho. El valor de p que presenta es de 0,0001 (ver anexo 5) que al ser menor que el nivel de tratamiento significación alfa = 0,05 se concluye que si existe diferencia significativa entre los tratamientos. Además, este parámetro presento cambios visibles, ya que el suero del estado líquido al aplicar el proceso de concentración por evaporación presento una textura semisólida.

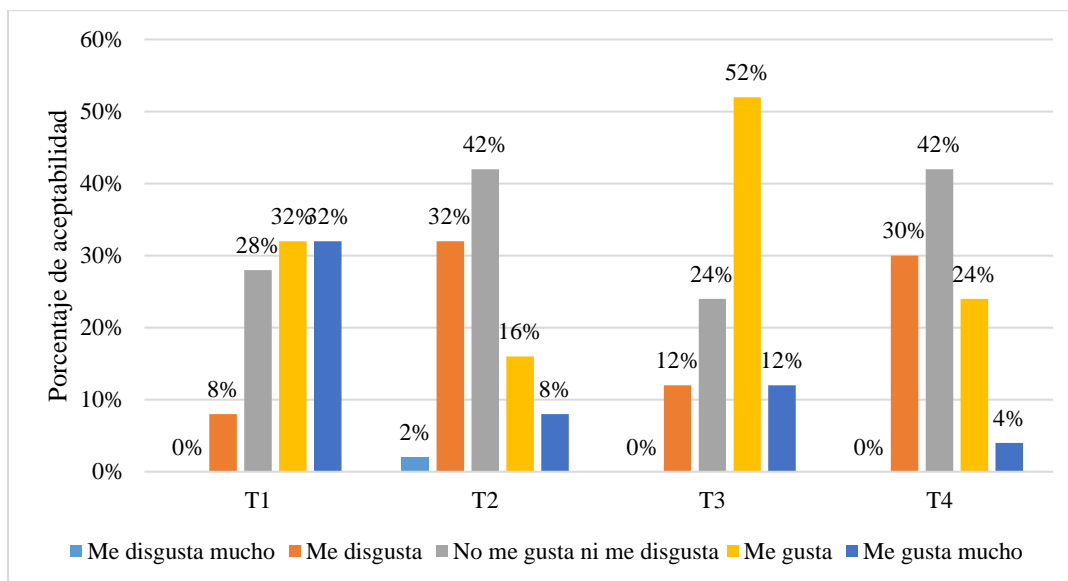


Figura 4. Evaluación sensorial del atributo textura del suero ácido concentrado y neutralizado

### Análisis estadístico de los atributos sensoriales

En la tabla 11 se detallan las medias de cada atributo sensorial de los diferentes tratamientos del suero ácido concentrado y neutralizado, se identifica los valores más altos para el atributo olor una media de 3,74; el atributo color una media de 4 y el atributo textura 3,88; estableciendo como el mejor tratamiento a T1 (65 °C – 5 mL de NaOH al 16,6 %/100 mL).

Tabla 11. Media de los parámetros sensoriales de los distintos tratamientos

Tratamientos	Media		
	Olor	Color	Textura
T1	3,740	4,000	3,880
T2	3,520	3,440	2,960
T3	3,640	3,780	3,640
T4	3,500	3,480	3,020

### Análisis microbiológico

El tratamiento que tuvo mayor aceptación por parte de los catadores fue el tratamiento T1 (65 °C – 5 mL de NaOH al 16,6 %/100 mL), por lo que a dicho tratamiento se le realizó análisis microbiológico, cuyos resultados se muestran en la tabla 24.

En la tabla 12 se muestra la calidad microbiológica del mejor tratamiento T1, se puede observar que los resultados del recuento de microorganismos aerobios mesófilos fueron < 30000 ufc/g, para Escherichia coli ufc/g < 10 y Staphylococcus aureus < 100 ufc/g, en los tres



microorganismos analizados el resultado fue con valores aceptables, esto indica que la calidad microbiológica está dentro del rango permitido de acuerdo con la norma NTE INEN 2594, garantizando de esta manera la calidad del producto.

**Tabla 12.** Resultados obtenidos del análisis microbiológico del mejor tratamiento (T1).

Microorganismo	Resultado	Método de ensayo
Recuento de microorganismos aerobios mesófilos ufc/g	< 30000	NTE INEN 1529-5
Recuento de <i>Escherichia coli</i> ufc/g	< 10	NTE INEN 1529-8
<i>Staphylococcus aureus</i> ufc/g.	< 100	NTE INEN 1529-14

### Consumo energético del proceso de concentración por evaporación

En la tabla 13 se detalla el tiempo necesario para realizar la concentración por evaporación del suero ácido, el cual presentó inicialmente 7 ° Brix y se concentró hasta obtener 34 ° Brix, en dicho proceso los tratamientos 1 y 2 requirieron de 3,3 horas, mientras que los tratamientos 3 y 4 de 4,05 horas. Además, se puede establecer que el consumo de gas licuado de petróleo será mayor para los tratamientos 3 y 4 en los que se trabajó con la temperatura de evaporación de 55 °C.

**Tabla 13.** Tiempo requerido para el proceso de concentración por evaporación de los tratamientos

Tratamientos	Tiempo de concentración
T1 (65 °C – 5 mL de NaOH al 16,6 %/100 mL)	3,3 horas
T2 (65 °C – 5 g de NaHCO <sub>3</sub> /100 mL)	3,3 horas
T3 (55 °C – 5 mL de NaOH al 16,6 %/100 mL)	4,05 horas
T4 (55 °C – 5 g de NaHCO <sub>3</sub> /100 mL)	4,05 horas

## 4.2. DISCUSIÓN

En la presente investigación el contenido de proteína del suero ácido concentrado y neutralizado del mejor tratamiento (65 °C – 5 mL de NaOH al 16,6 %/100 mL) fue de 5,66 % (m/m) dicho valor es superior al 0,70 % (m/m) de proteína del suero dulce obtenido por evaporación a temperaturas superiores a 65 °C reportado por Pilamonta (2015).

Pilamonta (2015) menciona que el suero dulce evaporado a temperaturas superiores de 100 °C presenta cambios sensoriales en el producto, lo cual se confirma en la presente investigación ya que se parte del suero ácido líquido, de color blanco verdoso, olor característico a suero y que, al ser sometida al proceso de concentración y neutralización, se obtiene un producto final de color blanco hueso, olor característico a suero y textura semisólida.

La cantidad de grasa que presentó el suero ácido concentrado y neutralizado (T1) fue de 13,76 % (m/m) valor superior al 0,90 % (m/m) reportado por Pillo (2015), el cual menciona que el suero ácido que es sometido a la desacidificación por electrodiálisis presentó un valor inferior debido a que cierta cantidad de grasa queda retenida en las membranas. Esta pérdida no se presenta en la presente investigación, ya que en este proceso se elimina agua y no los nutrientes.

El análisis microbiológico se realizó al mejor tratamiento T1 (65 °C – 5 mL de NaOH al 16,6 %/100 mL) teniendo como resultado del recuento de microorganismos aerobios mesófilos de < 30000 ufc/g, para *Escherichia coli* < 10 ufc/g y *Staphylococcus aureus* < 100 ufc/g, en los tres microorganismos analizados el resultado fue con valores aceptables, por lo tanto, el suero ácido concentrado y neutralizado cumple con la normativa vigente NTE INEN 2594. La ausencia de dichos microorganismos se debe a que el proceso de concentración se realizó a temperatura de 65°C por un tiempo prolongado que permite obtener un producto inocuo.

Aguilar (2012), indica que las condiciones de la pasteurización lenta son 65 °C por 30 minutos para asegurar la inocuidad de los alimentos, en la presente investigación para el tratamiento 1 se consideró una temperatura de 65 °C por 3,3 horas, por tanto, se asegura la inocuidad del producto. Para confirmar lo indicado se realizó el análisis microbiológico obteniendo los siguientes resultados: recuento de microorganismos aerobios mesófilos de < 30000 ufc/g, *Escherichia coli* < 10 ufc/g y *Staphylococcus aureus* < 100 ufc/g, valores que se encuentran dentro de los límites establecidos por la normativa vigente NTE INEN 2594.

El tiempo necesario para realizar el proceso de concentración por evaporación presentó mayor eficiencia en los tratamientos que se aplicó una temperatura de 65 °C, por lo tanto, se establece que existe menor consumo energético. En comparación con los resultados obtenidos en la investigación realizada por Yungáy (2017) en la cual aplicó dos metodologías (método tradicional y diseño de evaporador) para obtener el mismo producto, determinó que el método tradicional requiere un tiempo de evaporación de 5,58 h mientras que el equipo diseñado

demanda 3,99 h, por lo que recomienda la aplicación de la metodología que presente menor tiempo y mayor eficiencia.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- La temperatura óptima para el proceso de evaporación en la obtención del suero ácido concentrado es de 65 °C, ya que a temperaturas mayores se desnaturalizan las proteínas que se encuentran en el suero.
- De acuerdo al análisis estadístico ANOVA en el cual se obtuvo valores de  $p = 0$  para los parámetros acidez, ceniza, grasa, proteína y lactosa se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la alterna.
- En el proceso de concentración y neutralización del suero ácido, el contenido de proteína, grasa y lactosa se incrementa; de 0,86 % a 5,30 %; de 0,7 % a 14 % y de 4,2 % a 17,1 % respectivamente. Lo cual se debe a la evaporación del agua y concentración de los sólidos presentes.
- La parte sensorial también presentó cambios notables, ya que se parte del suero ácido líquido, de color blanco verdoso, olor característico a suero y que, al ser sometida al proceso de concentración y neutralización, se obtiene un producto final de color blanco hueso, olor característico a suero y textura semisólida.
- Los resultados del análisis microbiológico del tratamiento 1 con respecto a aerobios mesófilos, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* que presentó el suero ácido concentrado y neutralizado cumplen con los límites establecidos en la normativa vigente NTE INEN 2594, por tanto, se considera un producto inocuo.
- En cuanto al consumo energético existe mayor eficiencia concentrar a una temperatura de 65 °C puesto que requirió 3,3 h y un menor consumo de GLP, en comparación con los tratamientos que se aplicó una temperatura de 55 °C los cuales demandaron 35 min más para lograr el mismo resultado.
- En el proceso de concentración y neutralización del suero ácido, el contenido de proteína, grasa y lactosa se incrementa; de 0,86 % a 5,30 %; de 0,7 % a 14 % y de 4,2 % a 17,1 % respectivamente. Lo cual se debe a la evaporación del agua y concentración de los sólidos presentes.

- La parte sensorial también presentó cambios notables, ya que se parte del suero ácido líquido, de color blanco verdoso, olor característico a suero y que, al ser sometida al proceso de concentración y neutralización, se obtiene un producto final de color blanco hueso, olor característico a suero y textura semisólida.
- Los resultados del análisis microbiológico del tratamiento 1 con respecto a aerobios mesófilos, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* que presentó el suero ácido concentrado y neutralizado cumplen con los límites establecidos en la normativa vigente NTE INEN 2594, por tanto, se considera un producto inocuo.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar investigaciones aplicando el suero ácido concentrado y neutralizado como un aditivo para la elaboración de productos alimenticios.
- Para el proceso de concentración por evaporación del suero ácido se recomienda controlar la temperatura (inferior a 65 °C), ya que a temperaturas superiores las proteínas pueden sufrir la desnaturalización, presentando un olor a quemado y un color oscuro.
- Usar el suero de la producción de quesos semimaduros y maduros en investigaciones similares, para optimizar recursos en la industria láctea.
- Se recomienda realizar investigaciones sobre la construcción de equipos de evaporación para el suero ácido obtenido del queso mozzarella, que permitan la optimización del consumo energético considerando los resultados de la presente investigación.

#### IV. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, J. (2012). *Métodos de conservación de alimentos*. México: Red Tercer Milenio S.C. .
- Brito, H. (2015). *Aprovechamiento del suero de leche como bebida energizante para minimizar el impacto ambiental*. European Scientific Journm.
- Burgos, V. (2015). *Estudio Investigativo del suero de leche y propuesta gastronómica*. Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial .
- Campos, Y. (2019). *Formulación y elaboración de una bebida nutritiva a base de lactosuero con jugo de naranja (Citrus sinensis)*. Cajamarca - Peru: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Casp, A., & Abril, J. (2003). *Proceso de Conservación de Alimentos*. Madrid: Mundi - Prensa.
- Hernández, M., & Vélez, R. (2014). *Suero de leche y su aplicación en la elaboración de alimentos funcionales*. Puebla: Universidad de las Américas.
- Mieles, M., & Yépez, L. (2015). *Utilización de suero ácido y goma xanthan en la elaboración de un nectar de naranja*. Quito: Universidad San Fransisco De Quito.
- NTE INEN - CODEX 192. (2016). *NORMA GENERAL PARA LOS ADITIVOS ALIMENTARIOS (CODEX STAN 192-1995, IDT)*.
- NTE INEN 12. (1973). *Leche: Determinación del contenido de grasa*. Obtenido de Norma Técnica Ecuatoriana.
- NTE INEN 13. (1983). *Leche: Determinación de la acidez titulable*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- NTE INEN 14. (1983). *Leche: Determinación de sólidos totales y cenizas*. Norma Técnica Ecuatoriana.
- NTE INEN 16. (1984). *Leche: Determinación de proteínas*. Norma Técnica Ecuatoriana. Obtenido de Leche: Determinación de proteínas.
- NTE INEN 2594. (2011). *Suero de leche líquido. Requisitos*. Instituto Ecuatoriano de Normalización.
- Parra, R. (2009). *Lactosuero: Importancia en la Industria de Alimentos*. Tunja: Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.

- Pilamonta, D. (2015). *Determinar la desnaturalización de la proteína de la leche en la etapa de evaporación durante la producción de leche en polvo*. Cuenca: Universidad Del Azuay.
- Pillo, V. (2015). *Desacidificación de lactosuero ácido mediante electrodiálisis*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Pintado, P. (2012). *Elaboración de manjar utilizando suero de quesería a diferentes niveles como sustituto de leche en el cantón Pastaza*. Puyo: Universidad Estatal Amazónica.
- Poveda, E. (2013). *Suero lácteo, generalidades y potencial uso como fuente de calcio de alta biodisponibilidad*. Revista Chilena de Nutrición.
- Riofrío, R. (2014). *Caracterización del lactosuero provenientes de cuatro producciones de diferentes tipos de quesos*. Quito: Universidad San Fransisco de Quito.
- Toledo, J. (2016). *Evaporación*. Argentina: Universidad Nacional de la Plata.
- Villareal, B. (2017). *Desarrollo de una planta piloto de una bebida de lacto suero y fruta natural para adultos mayores*. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona.
- Whintten, K., Davis, R., & Peck, L. y. (2015). *Químico*. México: Cengage Learning.
- Yungáy, E. (2017). *Diseño, construcción y evaluación de un evaporador para la elaboración de manjar*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo .

## V. ANEXOS

### Anexo 1. Evidencias fotográficas

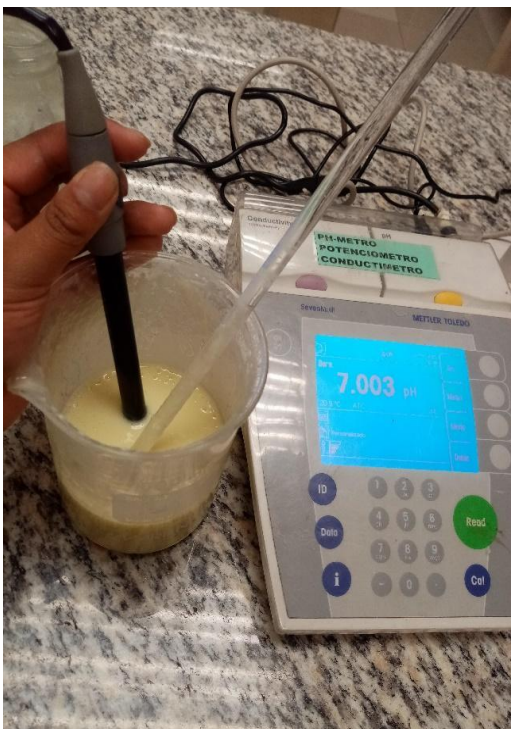


suero ácido.



Obtención del suero ácido.

Concentración del



Determinación del pH



Determinación de cenizas





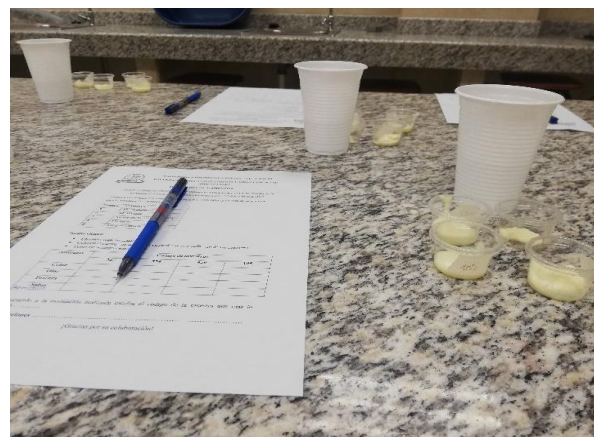
Determinación de grasa.



Determinación de lactosa.



Determinación de proteína



Preparación para la evaluación sensorial

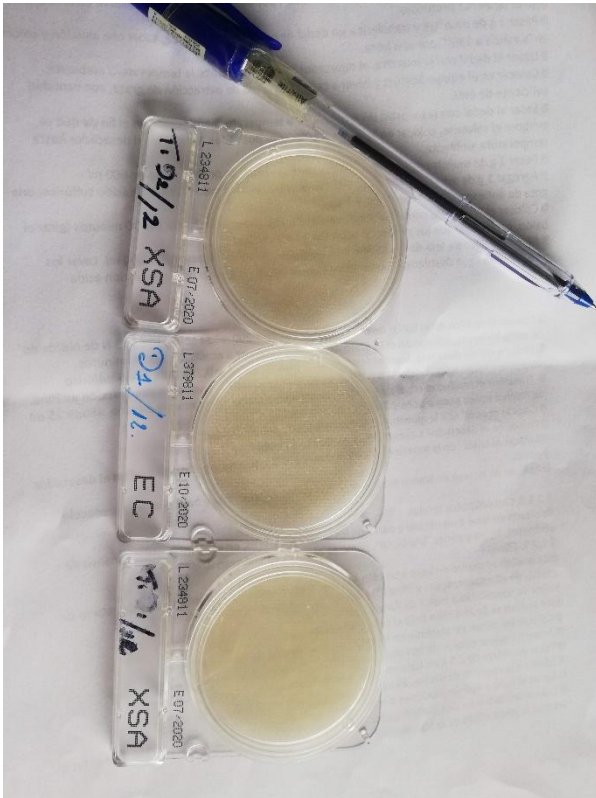




Realización de la catación



Preparado para el análisis microbiológico



Placas con el análisis de microorganismos

**Anexo 2.** Hoja de evaluación sensorial

**HOJA DE EVALUACIÓN SENSORIAL**

Test de evaluación sensorial para el trabajo de titulación denominado “Efecto de la neutralización en la concentración del suero ácido del queso mozzarella”

La siguiente evaluación sensorial medirá color, olor y textura en base a una escala hedónica de 5 puntos donde:

<b>Puntaje</b>	<b>Categoría</b>
<b>1</b>	Me disgusta mucho
<b>2</b>	Me disgusta
<b>3</b>	No me gusta ni me disgusta
<b>4</b>	Me gusta
<b>5</b>	Me gusta mucho

**Instrucciones:**

- Observar bien las muestras
- Colocar el puntaje de acuerdo con su preferencia a cada una de las muestras

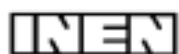
<b>Atributos</b>	<b>Código de muestras</b>			
	<b>247</b>	<b>324</b>	<b>450</b>	<b>105</b>
<b>Color</b>				
<b>Olor</b>				
<b>Textura</b>				

De acuerdo con la evaluación realizada escriba el código de la muestra que más le agradó.....

**Observaciones** .....

¡Gracias por su colaboración!

**Anexo 3.** Norma técnica ecuatoriana NTE INEN 2594:2011



**INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN**

Quito - Ecuador

---

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 2594:2011**

---

**SUERO DE LECHE LÍQUIDO. REQUISITOS.**

**Primera Edición**

FLUID WHEY. REQUIREMENTS.

First Edition

---

DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, leche y productos lácteos, otros productos lácteos, suero de leche líquido, requisitos.  
AL 03.01-448  
CDU: 637.142  
CIIU: 3112  
ICS: 67.100.99

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	SUERO DE LECHE LÍQUIDO. REQUISITOS.	NTE INEN 2594:2011 2011-08
<p style="text-align: center;"><b>1. OBJETO</b></p> <p>1.1 Esta norma establece los requisitos que debe cumplir el suero de leche líquido, destinado a posterior procesamiento como materia prima o como ingrediente.</p> <p style="text-align: center;"><b>2. ALCANCE</b></p> <p>2.1 Esta norma se aplica al suero de leche líquido, para uso en la industria alimenticia y otras como: higiene, cosméticos, farmacéutica. No se permite el uso, del suero de leche, en los productos lácteos en los que la norma pertinente lo considere como adulterante.</p> <p style="text-align: center;"><b>3. DEFINICIONES</b></p> <p>3.1 Para los efectos de esta norma se adoptan las siguientes definiciones:</p> <p>3.1.1 <b>Suero de leche.</b> Es el producto lácteo líquido obtenido durante la elaboración del queso, la caseína o productos similares, mediante la separación de la cuajada, después de la coagulación de la leche pasteurizada y/o los productos derivados de la leche pasteurizada. La coagulación se obtiene mediante la acción de, principalmente, enzimas del tipo del cuajo.</p> <p>3.1.2 <b>Suero de leche ácido.</b> Es el producto lácteo líquido obtenido durante la elaboración del queso, la caseína o productos similares, mediante la separación de la cuajada después de la coagulación de la leche pasteurizada y/o los productos derivados de la leche pasteurizada. La coagulación se produce, principalmente, por acidificación química y/o bacteriana.</p> <p>3.1.3 <b>Suero de leche dulce.</b> Es el producto definido en 3.1.2, en el cual el contenido de lactosa es superior y la acidez es menor a la que presenta el suero de leche ácido.</p> <p>3.1.4 <b>Suero de leche concentrado.</b> Es el producto líquido obtenido por la remoción parcial de agua de los sueros, mientras permanecen todos los demás constituyentes en las mismas proporciones relativas.</p> <p style="text-align: center;"><b>4. CLASIFICACIÓN</b></p> <p>4.1 Dependiendo de su acidez y del contenido de lactosa, el suero de leche líquido, se clasifica en:</p> <p>4.1.1 <i>Suero de leche ácido</i></p> <p>4.1.2 <i>Suero de leche dulce</i></p> <p style="text-align: center;"><b>5. DISPOSICIONES ESPECÍFICAS</b></p> <p>5.1 El suero de leche líquido, destinado a posterior procesamiento debe cumplir con los requisitos establecidos en el Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura, y provenir de productos que hayan utilizado leche pasteurizada para su elaboración.</p> <p>5.2 No debe contener sustancias extrañas a la naturaleza del producto y que no sean propias del procesamiento del queso.</p> <p>5.3 Los límites máximos de plaguicidas no deben superar los establecidos en el Codex Alimentarius CAC/ MRL 1 en su última edición.</p> <p>5.4 Los límites máximos de residuos de medicamentos veterinarios no deben superar los establecidos en el Codex Alimentario CAC/MRL 2 en su última edición.</p> <p style="text-align: right;"><i>(Continúa)</i></p> <p>DESCRIPTORES: Tecnología de los alimentos, leche y productos lácteos, otros productos lácteos, suero de leche líquido, requisitos.</p>		

## 6. REQUISITOS

### 6.1 Requisitos físicos y químicos

6.1.1 El suero de leche líquido, ensayado de acuerdo con las normas correspondientes, debe cumplir con lo establecido en la tabla 1.

**TABLA 1. Requisitos físico-químicos del suero de leche líquido**

Requisitos	Suero de leche dulce		Suero de leche ácido		Método de ensayo
	Min.	Max.	Min.	Max.	
Lactosa, % (m/m)	--	5,0	--	4,3	AOAC 984.15
Proteína láctea, % (m/m) <sup>(1)</sup>	0,8	--	0,8	--	NTE INEN 16
Grasa láctea, % (m/m)	--	0,3	--	0,3	NTE INEN 12
Caniza, % (m/m)	--	0,7	--	0,7	NTE INEN 14
Acidez titulable, % (calculada como ácido láctico)	--	0,18	0,35	--	NTE INEN 13
pH	6,8	6,4	5,5	4,8	AOAC 973.41

<sup>(1)</sup> el contenido de proteína láctea es igual a 8,38 por el % nitrógeno total determinado

6.1.2 **Requisitos microbiológicos.** El suero de leche líquido ensayado de acuerdo con las normas correspondientes, debe cumplir con lo establecido en la tabla 2.

**TABLA 2. Requisitos microbiológicos para el suero de leche líquido.**

Requisito	n	m	M	c	Método de ensayo
Recuento de microorganismos aerobios mesófilos ufc/g.	5	30 000	100 000	1	NTE INEN 1520-5
Recuento de <i>Escherichia coli</i> ufc/g.	5	< 10	-	0	NTE INEN 1520-8
<i>Staphylococcus aureus</i> ufc/g.	5	< 100	100	1	NTE INEN 1520-14
<i>Salmonella</i> /25g.	5	ausencia	-	0	NTE INEN 1520-15
Detección de <i>Listeria monocytogenes</i> /25 g	5	ausencia	-	0	ISO 11290-1

Donde:

n = Número de muestras a examinar.

m = Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad.

M = Índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad.

c = Número de muestras permisibles con resultados entre m y M.

6.1.3 **Aditivos.** Se permite el uso de los aditivos enlistados en la NTE INEN 2074.

6.1.4 **Contaminantes.** El límite máximo no debe superar lo establecido en el Codex Alimentarius CODEX STAN 193-1995, en su última edición.

6.2 **Requisitos complementarios.** El suero de leche líquido debe mantener la cadena de frío en el almacenamiento, y distribución a una temperatura de 4 °C ± 2 °C y su transporte debe ser realizado en condiciones idóneas que garanticen el mantenimiento del producto.

## 7. INSPECCIÓN

7.1 **Muestreo.** El muestreo debe realizarse de acuerdo con lo establecido en la NTE INEN 4.

7.2 **Aceptación o rechazo.** Se acepta el lote si cumple con los requisitos establecidos en esta norma; caso contrario se rechaza.

7.2.1 El producto rechazado debe identificarse claramente para evitar el mal uso.

(Continua)

## APENDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 4	<i>Leche y productos lácteos. Muestreo</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 12	<i>Leche. Determinación del contenido de grasa.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 13	<i>Leche. Determinación de la acidez titulable.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 14	<i>Leche. Determinación de sólidos totales y cenizas.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 16	<i>Leche. Determinación de proteínas.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-5	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación del número de microorganismos aerobios mesófilos REP.</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-8	<i>Control microbiológico de los alimentos. Determinación de coliformes fecales y escherichia coli</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-14	<i>Control microbiológico de los alimentos. Staphylococcus aureus. Recuento en placa de siembra por extensión en superficie</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1529-15	<i>Control microbiológico de los alimentos. Salmonella. Método de detección</i>
Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2074	<i>Aditivos alimentarios permitidos para consumo humano. Listas positivas. Requisitos.</i>
CAC/MRL 1	<i>Lista de límites máximo para residuos de plaguicidas</i>
CAC/MRL 2 (rev. 2008)	<i>Lista de Límites Máximos para Residuos de Medicamentos Veterinarios Programa conjunto FAO/OMS</i>
CXS 193-195 (Enm. 2009)	<i>Norma general del Codex para los contaminantes y las toxinas presentes en los alimentos y piensos</i>
Reglamento de Buenas Prácticas de Manufactura para alimentos procesados. Decreto Ejecutivo 3253, Registro Oficial 696 de 4 de Noviembre del 2002.	
AOAC Official Method 984.15	<i>Lactose in milk. Enzymatic method. Final accion. 18 Edc.</i>
AOAC Official Method 973.41	<i>pH of water. 18 Edc.</i>
ISO 11290-1:1998	<i>Microbiology of food and animal feeding stuffs -- Horizontal method for the detection and enumeration of Listeria monocytogenes -- Part 2: Enumeration method</i>

### Z.2 BASES DE ESTUDIO

CFR Code of Federal Regulations Title 21, chapter I, subchapter B, part 184 Direct Food Substances Affirmed as Generally Recognized as Safe, subpart B, page 118, Sec. 184.1979 Whey.

U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Food and Drug Administration, GRADE "A" Pasteurized Milk Ordinance, 2009 Revision.

República de Colombia. Ministerio de la Protección Social. Resolución No. 2997 del 29 de agosto del 2007. Modificado por Resolución 1031 de 2010 del 19 de marzo del 2010

CODEX STAN 289-1995(Rev. 2003, Enm. 2006). NORMA DEL CODEX PARA SUEROS EN POLVO

## INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 2694	<b>TÍTULO: SUERO DE LECHE LÍQUIDO. REQUISITOS.</b>	<b>Código:</b> AL. 03.01-448
<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio: 2010-12	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Acuerdo Ministerial No. de publicado en el Registro Oficial No. de  Fecha de iniciación del estudio:	
Fechas de consulta pública: de _____ a _____		
<b>Subcomité Técnico: LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS</b>		
Fecha de iniciación: 2011-01-20		Fecha de aprobación: 2011-02-09
Integrantes del Subcomité Técnico:		
<b>NOMBRES:</b>	<b>INSTITUCIÓN REPRESENTADA:</b>	
Dr. Rafael Vizcarra (Presidente)	Centro de la industria láctea, CIL-ECUADOR	
Dra. Teresa Rodríguez	INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, Guayaquil	
Dra. Indira Delgado	ALPINA ECUADOR S.A.	
Dra. Mónica Sosa	INSTITUTO NACIONAL DE HIGIENE, Quito	
Ing. Rocío Contero	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	
Ing. Paola Simbaña	UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA	
Tlga. Tatiana Gallegos	MINISTERIO DE SALUD – SISTEMA ALIMENTOS	
Dr. David Villegas	MIPRO	
Sr. Rodrigo Gómez de la Torre	PRODUCTORES DE LECHE	
Dra. Katya Yépez	NESTLÉ ECUADOR	
Dr. Galo Izurieta	PATEURIZADORA QUITO	
Ing. Lourdes Reinoso	SPG – MAGAP	
Ing. Daniel Tenorio	AILACCEP	
Dra. Mónica Quinatao	DIRECCIÓN PROVINCIAL DE SALUD DE PICHINCHA	
Dr. Rodrigo Dueñas	REYBANPAC	
Dra. Ma. Isabel Salazar	INDUSTRIAS LÁCTEAS TONI S.A.	
Ing. Jorge Chávez	MAGAP	
Ing. Franklin Hernández	UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE	
Ing. Fernando Párraga	PROLAC	
Ing. Ángel Oleas	PROLAC	
Dr. Marlon Revelo	PASTEURIZADORA QUITO	
Tlgo. Ernesto Toalombo	EL SALINERITO	
Dra. Ana María Hidalgo	LABORATORIO OSP – UNIVERSIDAD CENTRAL	
Dr. Alexander Salazar	REYBANPAC- LACTEOS	
Dr. Antonio Camacho	ACA FOOD SAFETY	
Ing. César Guzmán	ASAMBLEA NACIONAL	
Ing. Juan Romero	LACTEOS SAN ANTONIO S.A.	
Ing. Leonardo Baño	ASO SIERRA NEVADA	
Dr. Alfonso Alvarez	ALPINA ECUADOR S.A.	
Ing. Galo Sandoval	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	
Ing. María E. Dávalos (Secretaría Técnico)	INEN	
<b>Otros trámites:</b>		
La Subsecretaría de Industrias, Productividad e Innovación Tecnológica del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma		
Oficializada como: Voluntaria		Por Resolución No. 11 205 de 2011-07-12
Registro Oficial No. 511 de 2011-08-11		

**Anexo 4.** Resultados del análisis estadístico de los parámetros acidez, ceniza, grasa, proteína y lactosa.

**Tabla 14.** Acidez del suero concentrado neutralizado de los diferentes tratamientos con sus respectivas repeticiones.

TRATAMIENTOS	FACTORES		REPETICIONES			Media
	Temperatura °C	Neutralizante	1	2	3	
T1	65	NaOH	32	33	32	32,33
T2	65	NaHCO <sub>3</sub>	70	71	71	70,67
T3	55	NaOH	32	33	32	32,33
T4	55	NaHCO <sub>3</sub>	68	65	67	66,67

**Tabla 15.** Cenizas del suero concentrado neutralizado de los diferentes tratamientos con sus respectivas repeticiones.

TRATAMIENTOS	FACTORES		REPETICIONES			Media
	Temperatura °C	Neutralizante	1	2	3	
T1	65	NaOH	3,21018	3,19543	3,18748	3,19770
T2	65	NaHCO <sub>3</sub>	3,31042	3,30061	3,3327	3,31458
T3	55	NaOH	3,521	3,60029	3,571538	3,56428
T4	55	NaHCO <sub>3</sub>	3,34567	3,60029	3,32846	3,34466

**Tabla 16.** Grasa del suero concentrado neutralizado de los diferentes tratamientos con sus respectivas repeticiones.

TRATAMIENTOS	FACTORES		REPETICIONES			Media
	Temperatura °C	Neutralizante	1	2	3	
T1	65	NaOH	14	13,5	13,8	13,7667
T2	65	NaHCO <sub>3</sub>	12	12	12,05	12,0167
T3	55	NaOH	13,5	12,5	13	13,0000
T4	55	NaHCO <sub>3</sub>	12	12,5	12	12,1667

**Tabla 17.** Proteína del suero concentrado neutralizado de los diferentes tratamientos con sus respectivas repeticiones

TRATAMIENTOS	FACTORES		REPETICIONES			Media
	Temperatura °C	Neutralizante	1	2	3	



T1	65	NaOH	5,30562	5,38898	5,21242	5,30234
T2	65	NaHCO3	5,15314	5,13314	5,13191	5,13940
T3	55	NaOH	5,60661	5,43276	5,42225	5,48721
T4	55	NaHCO3	5,66861	5,67758	5,63841	5,66153

**Tabla 18.** Lactosa del suero concentrado neutralizado de los diferentes tratamientos con sus respectivas repeticiones

TRATAMIENTOS	FACTORES		REPETICIONES			Media
	Temperatura °C	Neutralizante	1	2	3	
T1	65	NaOH	17,1	17,4	17	17,1667
T2	65	NaHCO3	16,6	16,9	16,6	16,7000
T3	55	NaOH	18,1	18,3	18	18,1333
T4	55	NaHCO3	18,5	18,1	18,3	18,3000

**Tabla 19.** Análisis de varianza (ANOVA) del parámetro acidez.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Acidez	3	3984,33	1328,11	1593,733	0,000
Error	8	6,67	0,83		
Total	11	3991,00			

**Tabla 20.** Análisis de varianza (ANOVA) del parámetro ceniza.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Ceniza	3	0,211238	0,070413	124,06	0,000
Error	8	0,004541	0,000568		
Total	11	0,215778			

**Tabla 21.** Análisis de varianza (ANOVA) del parámetro grasa.

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Grasa	3	5,9206	1,97354	19,86	0,000
Error	8	0,7950	0,09938		
Total	11	6,7156			

**Tabla 22.** Análisis de varianza (ANOVA) del parámetro proteína.

---

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Proteína	3	0,46068	0,153561	32,16	0,000
Error	8	0,03839	0,004798		
Total	11	0,49907			

---

**Tabla 23.** Análisis de varianza (ANOVA) del parámetro lactosa.

---

<b>Fuente</b>	<b>GL</b>	<b>SC Ajust.</b>	<b>MC Ajust.</b>	<b>Valor F</b>	<b>Valor p</b>
Lactosa	3	5,3092	1,76972	51,80	0,000
Error	8	0,2733	0,03417		
Total	11	5,5825			

---

## Anexo 5. Resultados estadísticos del análisis sensorial mediante el método Friedman

**Tabla 24.** Prueba de Friedman del atributo color

Q (Valor observado)	18,649
Q (Valor crítico)	7,815
GL	3
valor-p (unilateral)	0,000
Alfa	0,050

**Tabla 25.** Prueba de Friedman para el atributo olor

Q (Valor observado)	4,530
Q (Valor crítico)	7,815
GL	3
valor-p (unilateral)	0,210
Alfa	0,050

**Tabla 26.** Prueba de Friedman para el atributo textura

Q (Valor observado)	33,779
Q (Valor crítico)	7,815
GL	3
valor-p (unilateral)	<0,0001
Alfa	0,050

Anexo 6. Informe Abstract



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI  
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER**

<b>ABSTRACT- EVALUATION SHEET</b>				
<b>NAME:</b> María Margarita Quizhpi Chimborazo				
<b>DATE:</b> 31 de mayo de 2021				
<b>TOPIC:</b> "EFECTO DE LA NEUTRALIZACIÓN EN LA CONCENTRACIÓN DEL SUERO ÁCIDO DEL QUESO MOZZARELLA"				
<b>MARKS AWARDED</b> <b>QUANTITATIVE AND QUALITATIVE</b>				
<b>VOCABULARY AND WORD USE</b>	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2	GOOD: 1,5	AVERAGE: 1	LIMITED: 0,5
<b>WRITING COHESION</b>	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2	GOOD: 1,5	AVERAGE: 1	LIMITED: 0,5
<b>ARGUMENT</b>	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2	GOOD: 1,5	AVERAGE: 1	LIMITED: 0,5
<b>CREATIVITY</b>	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2	GOOD: 1,5	AVERAGE: 1	LIMITED: 0,5
<b>SCIENTIFIC SUSTAINABILITY</b>	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2	GOOD: 1,5	AVERAGE: 1	LIMITED: 0,5
<b>TOTAL/AVERAGE</b>	<b>TOTAL 9</b> 9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED			

## Anexo 7. Acta de sustentación de pre defensa



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI  
FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES  
CARRERA DE INGENIERIA EN ALIMENTOS

### ACTA

#### DE LA SUSTENTACIÓN DE PREDEFENSA DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN DE:

**NOMBRE:** Quizhpi Chimborazo María Margarita

**CÉDULA DE IDENTIDAD:** 0302199377

**NIVEL/PARALELO:** 0

**PERIODO ACADÉMICO:** Nov 2020 - mar 2021

**TEMA DE INVESTIGACIÓN:**

“Efecto de la neutralización en la concentración del suero ácido del queso mozzarella”

Tribunal designado por la dirección de esta Carrera, conformado por:

**PRESIDENTE:** MSC. Chamorro Hernández Liliana Margoth

**LECTOR:** MSC. Rivas Rosero Carlos Alberto

**ASESOR:** Dra. Yambay Vallejo Wilman Jenny

De acuerdo al artículo 21: Una vez entregados los requisitos para la realización de la pre-defensa el Director de Carrera integrará el Tribunal de Pre-defensa del informe de investigación, fijando lugar, fecha y hora para la realización de este acto:

**EDIFICIO DE AULAS:** 0 **AULA:** Virtual

**FECHA:** martes, 11 de mayo de 2021

**HORA:** 15H00

Obteniendo las siguientes notas:

1) Sustentación de la predefensa: 5,50

2) Trabajo escrito 2,60

**Nota final de PRE DEFENSA 8,10**

Por lo tanto: **APRUEBA CON OBSERVACIONES** ; debiendo acatar el siguiente artículo:

Art. 24.- De los estudiantes que aprueban el Plan de Investigación con observaciones. - El estudiante tendrá el plazo de 10 días laborables para proceder a corregir su informe de investigación de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros Tribunal de sustentación de la pre-defensa.

Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el martes, 11 de mayo de 2021



Firmado electrónicamente por:  
LILIANA MARGOTH  
CHAMORRO HERNANDEZ

MSC. Chamorro Hernández Liliana Margoth

**PRESIDENTE**



Firmado electrónicamente por:  
WILMAN JENNY  
YAMBAY  
VALLEJO

Dra. Yambay Vallejo Wilman Jenny

**TUTOR**



Firmado electrónicamente por:  
CARLOS ALBERTO  
RIVAS ROSERO

MSC. Rivas Rosero Carlos Alberto

**LECTOR**

Adj.: Observaciones y recomendaciones