

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario de Sur-Occidente  
Carrera de Ingeniería en Alimentos



## **TRABAJO DE GRADUACIÓN**

# **EVALUACIÓN DEL EFECTO FILTRANTE DE CARBÓN ACTIVADO EN LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS, QUÍMICO PROXIMAL Y MICROBIOLÓGICAS EN EL LACTOSUERO DULCE OBTENIDO DE LA ELABORACIÓN DEL QUESO FRESCO.**

Max Eliseo Rodríguez Mazariegos

**Carné:** 8540237

Mazatenango, Suchitepéquez, Enero de 2020

Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario de Sur-Occidente  
Carrera de Ingeniería en Alimentos



## **TRABAJO DE GRADUACIÓN**

# **EVALUACIÓN DEL EFECTO FILTRANTE DE CARBÓN ACTIVADO EN LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS, QUÍMICO PROXIMAL Y MICROBIOLÓGICAS EN EL LACTOSUERO DULCE OBTENIDO DE LA ELABORACIÓN DEL QUESO FRESCO.**

Max Eliseo Rodríguez Mazariegos

**Carné:** 8540237

**Asesor:** MSc. Edgar del Cid Chacón

Mazatenango, Suchitepéquez, Enero de 2020

**Universidad de San Carlos de Guatemala**

**Centro Universitario del Suroccidente**

M.Sc. Murphy Olimpo Paiz Recinos

Rector

Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo

Secretario General

**Miembros del Consejo Directivo del Centro Universitario del Suroccidente**

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano

Director

**Representante de Profesores**

Dr. Reynaldo Humberto Alarcón Noguera

Secretario

Lic. Luis Carlos Muñoz López

Vocal

**Representante Graduado del CUNSUROC**

Lic. Vilser Josvin Ramírez Robles

Vocal

**Representantes Estudiantiles**

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE. Rony Roderíco Alonzo Solís

Vocal

## **COORDINACIÓN ACADÉMICA**

Coordinador Académico  
M.Sc. Héctor Rodolfo Fernández Cardona

Coordinador Carrera de Licenciatura en Administración de Empresas  
M.Sc. Rafael Armando Fonseca Ralda

Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social  
Lic. Edin Aníbal Ortíz Lara

Coordinador de las Carreras de Pedagogía  
Dr. René Humberto López Cotí

Coordinador Carrera de Ingeniería en Alimentos  
MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo

Coordinador Carrera de Ingeniería en Agronomía Tropical  
M.Sc. Erick Alexander España Miranda

Coordinadora Carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local  
M.Sc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes

Coordinador Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales,  
Abogado y Notario  
M.Sc. José David Barillas Chang

Coordinador de Área Social Humanista  
Lic. José Felipe Martínez Domínguez

## **CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA DEL CUNSUROC**

Coordinadora de las Carreras de Pedagogía  
M.Sc. Tania Elvira Marroquín Vásquez

Coordinador Carrera de Periodista Profesional y Licenciatura en Ciencias  
de la Comunicación  
Lic. Heinrich Herman León

## INDICE

<b>Contenido</b>	<b>Página</b>
RESUMEN.....	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	4
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
4. OBJETIVOS.....	7
4.1. Objetivo General.....	7
4.2. Objetivos Específicos .....	7
5. HIPÓTESIS.....	8
6. MARCO TEÓRICO.....	9
6.1. Importancia del lactosuero en la industria de alimentos.....	9
6.2. Definición composición y tipos de lactosuero.....	9
6.3. Importancia de las proteínas de lactosuero.....	10
6.4. Tecnología de membranas .....	11
6.4.1. Procesos de membranas comúnmente utilizados en la industria láctea.....	11
6.4.2. Aprovechamiento y tratamiento del suero lácteo .....	11
6.5. Lactosuero.....	12
6.5.1. Importancia de las proteínas de lactosuero.....	13
6.5.2. Tipos de lactosuero .....	15
6.5.3. Factores que afectan al lactosuero .....	15
6.5.4. Espumas aireación.....	16
6.5.5. Amarronamiento .....	17
6.5.6. Aroma .....	17
6.6. Carbón activado.....	17

6.6.1. Usos del carbón activado en la industria de alimentos .....	17
6.6.2. Mecanismo de operación como adsorbente .....	18
6.6.3. Propiedades del carbón activado relacionadas con el adsorbato .....	19
6.6.4. Propiedades del carbón activado relacionadas con el líquido que lo rodea.....	20
6.6.5. Métodos de activación del carbón .....	20
6.6.6. Carbón Activado y medio ambiente .....	21
6.7. Diseño estadístico .....	22
6.7.1. Pruebas de Hipótesis.....	22
6.8. Evaluación sensorial .....	23
6.8.1. Laboratorio de pruebas .....	24
6.8.2. Muestras.....	25
7. ANTECEDENTES.....	27
7.1. Reutilización de lactosuero para fortificación de galleta tipo escolar e incremento del contenido nutricional con adición de micronutrientes (vitaminas B <sub>1</sub> , B <sub>2</sub> , B <sub>6</sub> , B <sub>9</sub> , B <sub>12</sub> y fumarato ferroso).....	27
7.2. Bebidas elaboradas a base de lactosuero .....	28
7.2.1. Bebida elaborada a base de lactosuero parcialmente desproteínizado saborizado con maracuyá y naranjilla.....	28
7.2.2. Formulación y elaboración de dos bebidas refrescantes con base en suero dulce de queso fresco y sabores de frutas .....	28
8. RECURSOS .....	30
8.1. Humanos .....	30
8.2. Institucionales .....	30
8.3. Físicos .....	30
8.4. Económicos.....	30
9. MATERIALES Y MÉTODOS.....	31
9.1. Materiales y equipos .....	31

9.1.1. Materiales .....	31
9.1.2. Equipos .....	31
9.1.3. Materiales para el panel de evaluación sensorial.....	31
9.1.4. Equipos para el panel de evaluación sensorial .....	32
9.2. Metodología general del proceso.....	32
9.2.1. Obtención de la muestra .....	32
9.2.2. Tratamiento de lactosuero dulce de queso fresco .....	32
9.3. Metodología de evaluación sensorial.....	33
9.4. Metodología estadística .....	34
9.4.1. Prueba de T de Student Antes-después.....	34
10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	35
10.1. Evaluación sensorial de muestras de lactosuero con carbón activado .....	35
10.2. Evaluación estadística de las muestras de lactosuero.....	36
10.3. Características bromatológicas.....	38
10.4. Características microbiológicas.....	39
11. CONCLUSIONES.....	41
12. RECOMENDACIONES .....	42
13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	43
14. ANEXOS.....	44
15. APÉNDICE .....	49
16. GLOSARIO.....	60

## INDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Composición de lactosuero dulce y ácido.....	10
2. Contenido de vitaminas del lactosuero.....	13
3. Composición en aminoácidos esenciales (g/100gr de proteína.....	15
4. Puntuación de la escala Hedónica.....	34
5. Análisis estadístico método de t de stúdent “Antes-Después.....	37
6. Resultados de los análisis bromatológicos del lactosuero.....	38
7. Resultados de análisis microbiológicos del lactosuero.....	39

## RESUMEN

El departamento de Suchitepéquez se caracteriza por ser una zona muy productiva, según el ministerio de agricultura ganadería y alimentación, MAGA, con respecto a la producción de alimentos uno de los más importantes es la leche de vaca, este tipo de alimento tiene una gran importancia para la economía del país, el consumo de la leche de vaca fluida está por debajo de la cantidad producida, por lo que una buena parte de ella se destina para la elaboración de queso fresco y en buena parte de forma artesanal. El municipio de San Bernardino Suchitepéquez es una zona productora de leche de vaca y por consiguiente de queso fresco, este alimento es producido de forma artesanal en muchos hogares de los residentes, este tipo de queso es elaborado a base de enzimas denominada renina a un pH de 6.5 llamando al subproducto de este queso lactosuero dulce.

Se ha comprobado, por medio de análisis bromatológicos, que el lactosuero dulce obtenido del queso fresco posee muchos nutrientes propios de la leche de vaca, estos nutrientes no son aprovechados o se utilizan para la alimentación de cerdos o es desechado al ambiente provocando contaminación ambiental por la alta carga bioquímica que posee.

El presente trabajo de investigación se enfoca en el aprovechamiento del lactosuero dulce de leche de vaca obtenido de la producción de queso fresco, para dicha investigación se utiliza un medio filtrante utilizado para la eliminación de olores y sabores de agua potable y para la clarificación de licor de jugo de caña y vinos, este medio filtrante es conocido como carbón activado granular C.A.G. el cual posee características de adsorción hacia ciertos compuestos orgánicos presentes en los materiales de estudio.

Se obtuvo una muestra de lactosuero dulce de queso fresco de una quesería artesanal del municipio de San Bernardino Suchitepéquez, dicha muestra se envasó en un recipiente de un galón se rotuló y se almacenó en un refrigerador doméstico durante un periodo de 12 horas hasta llevarla al laboratorio de análisis químicos del Centro Universitario del Sur Occidente CUNSUROC de la ciudad de Mazatenango Suchitepéquez, se pasteurizó la muestra y se trataron 1600 ml de dicha muestra con carbón activado granular en 5 beakers con mezclas de 0.1 a 3.0 % p/v de carbón activado respectivamente, todas las muestras se agitaron durante un periodo de 10 min. con un agitador magnético, luego se filtraron las muestras en erlenmeyers de 1000 ml con papel filtro, el filtrado obtenido se envasó en frascos de vidrio

previamente rotulados con código determinados, dichas muestras incluyendo una muestra patrón sin tratamiento con código específico se refrigeraron en el laboratorio de química del CUNSUROC.

Las muestras tratadas con carbón activado se evaluaron por medio de un análisis sensorial en el laboratorio de evaluación sensorial del CUNSUROC, dicha evaluación generó resultados de aceptación de una de las muestras, la cual fue la tratada con 3.00% de carbón activado granular que fue la concentración más alta del tratamiento del lactosuero. La muestra con mayor aceptación del panel sensorial previamente codificada fue enviada al laboratorio de análisis bromatológico de la facultad de veterinaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala donde se obtuvieron resultados de los componentes principales del lactosuero que no fueron muy afectados por el tratamiento con carbón activado granular.

Por medio de un análisis estadístico, se determinó las variaciones tanto en el ámbito sensorial como bromatológico experimentado por el tratamiento del lactosuero dulce con carbón activado, donde se demostró que no hubo cambios significativos en las muestras comparadas antes y después de dicho tratamiento por lo que se aceptó la hipótesis.

## 1. INTRODUCCIÓN

En el proceso de elaboración de quesos a nivel local, se obtiene el lactosuero, que se define como sustancia líquida traslúcida verde obtenida después de la precipitación de la caseína. Existen varios tipos de lactosuero, pero en el área de estudio, como en el departamento de Suchitepéquez, el lactosuero dulce se obtiene por la coagulación de la caseína por la renina, una enzima extraída de las vísceras del ganado bovino, coagulada a un pH de 6.5 en la elaboración de quesos frescos.

En el área de estudio, se utiliza más el uso de la renina para la producción de queso fresco en las queserías artesanales, por lo que en la presente investigación se utilizó una muestra de este lactosuero dulce para evaluar el efecto filtrante del carbón activado como agente mejorador de las características bromatológicas, químico proximal y microbiológicas de dicho subproducto del queso fresco.

Se utilizó carbón activado como medio filtrante debido a las características adsorbentes de dicho material y porque se ha utilizado para el tratamiento de eliminación de color y olor en otros productos, como licor de jarabe para la producción de azúcar refinado y para el tratamiento de vinos, además el C.A.G (Carbón Activado Granular) no es muy costoso por lo que se puede utilizar como medio filtrante de bajo costo y de una gran versatilidad.

El lactosuero dulce de queso fresco posee una amplia variedad de nutrientes que pueden aprovecharse para consumo humano, posee una cantidad considerable de proteínas, carbohidratos y minerales, que al desecharse al ambiente o los cuerpos de agua provocan un alto índice de contaminación, por lo que los objetivos de esta investigación es primordialmente, tratar de encontrar un medio para eliminar algunas características organolépticas como el olor, sabor y color de dicho subproducto, con el fin de que tenga una aceptabilidad considerable hacia los consumidores.

Algunos antecedentes del uso del lactosuero se refieren a la producción de bebidas saborizadas y fortificación de galletas para consumo infantil, esto debido a que aún no se ha podido eliminar el sabor y olor característicos de dicho subproducto.

Con la tecnología de membranas, los recuperados del lactosuero presentan una amplia gama de usos industriales como la confitería, la fabricación de bebidas hidratantes, panadería,

industria cárnica, etc. Pero esta tecnología es bastante cara y los costos no compensan la utilización de estos productos para uso en alimentos a pequeña escala.

En los procesos de filtración, el carbón activado es uno de los materiales más utilizados, es un producto que posee una estructura cristalina reticular similar a la del grafito, es extremadamente porosa y puede llegar a desarrollar áreas superficiales del orden de 500 a 1500 m<sup>2</sup> /g. Las propiedades del carbón activado se dan por el proceso de adsorción, por lo cual los átomos de la superficie de un sólido atraen y retienen moléculas de otros compuestos presentes en el fluido a tratar. Todos los átomos de carbón en la superficie de un cristal son capaces de atraer moléculas de compuestos que causan color, olor o sabor deseables o indeseables; por lo tanto, cuando se desea remover una impureza orgánica que causa olor, color y sabor indeseable, la adsorción con carbón activado suele ser la técnica más económica y sencilla.

Uno de los principales problemas que enfrenta la industria quesera, es la producción de subproductos como el lactosuero, dado a su bajo aprovechamiento y las regulaciones medioambientales, por lo que es necesario determinar nuevas formas de aprovechamiento de este tipo de subproducto para minimizar el impacto ambiental y obtener beneficios económicos y sociales en su utilización, pero que enfrenta muchas veces el rechazo por el olor, color, contaminación y pérdida de nutrientes.

Por tal razón el presente trabajo de investigación desarrolló un nuevo método de pretratamiento al lactosuero, con diversas concentraciones de carbón activado para evaluar las características químicas proximales, organolépticas y microbiológicas, con el propósito de utilizar el lactosuero como materia prima para consumo humano. Dicho estudio se llevó a cabo en el laboratorio de química del Centro Universitario de Sur-Occidente, CUNSUROC, obteniéndose una base acuosa con ciertas características organolépticas pero con nutrientes propios del lactosuero que se describe detalladamente en los resultados de la presente investigación.

Se realizó una evaluación sensorial y se analizó estadísticamente dicha evaluación, obteniéndose como resultado que la muestra con mayor aceptación para las apreciaciones de olor, color, sabor y apariencia, fue la tratada con 3.0% p/v de carbón activado granular, con una media aritmética de 91.25, siendo esta la concentración más alta de carbón activado

granular utilizado. Por otro lado, la muestra con menor aceptación del panel sensorial, fue la que se utilizó una concentración de 1.5% p/v de carbón activado granular, con una media aritmética de 82.25.

Los resultados de la evaluación sensorial, permitieron afirmar que no existe diferencia significativa entre las muestras de lactosuero y su aceptación a nivel sensorial. A estos resultados se les aplicó un análisis estadístico mediante la metodología antes-después, tabulándose los datos mediante la prueba t-student, con lo cual se determinó que el pretratamiento de suero dulce de queso fresco con carbón activado, no mejoró las características organolépticas, bromatológicas y microbiológicas.

Las muestras de lactosuero tratada y sin tratar con carbón activado granular, obtenidos de la evaluación sensorial, fueron enviadas al laboratorio de Bromatología y Microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala para su análisis respectivo; en el aspecto bromatológico, los carbohidratos se concentraron 11.78%, la grasa se redujo 3.96%, por la capacidad del carbón activado de retener ácidos grasos, las proteínas se redujeron 1.7% y las cenizas se redujeron 0.52% experimentando estabilidad frente a la capacidad de adsorción del carbón activado.

En el aspecto microbiológico, se experimenta una disminución considerable de microorganismos mesófilos aeróbicos, tanto el efecto de la temperatura, como la adsorción con carbón activado, coadyuvaron a la baja presencia de microorganismos mesófilos aerófilos y coliformes totales en las muestras analizadas debido a la inhibición de dichos microorganismos por la temperatura y a la adsorción por al carbón activado por las fuerzas electrostáticas y de VanderWalls a cortas y largas distancias.

## 2. JUSTIFICACIÓN

Actualmente, en el área de estudio del departamento de Suchitepéquez, se estima que el lactosuero es aprovechado para alimentar animales de granja, sin embargo este aprovechamiento es mínimo, el restante es vertido como efluente en los ríos convirtiéndose en contaminante principal de la industria láctea y/o las procesadoras artesanales de queso fresco. Por cada 1000 L de lactosuero se generan 35 kg de Demanda Biológica de Oxígeno (DBO) y 68 kg de Demanda Química de Oxígeno (DQO). Esta contaminación es equivalente a la producción de aguas negras de 450 personas en un día (Parra, 2009).

Sin embargo, el lactosuero de leche es ideal para consumo humano, tiene un perfil de minerales en el que se destaca sobre todo la presencia de potasio, lo que favorece la eliminación de líquidos y toxinas en el ser humano. Cuenta con una cantidad relevante de otros minerales como calcio, fósforo y magnesio y de los oligoelementos zinc, hierro y cobre formando todos ellos sales de gran biodisponibilidad para el organismo. Además el lactosuero de leche contiene todos los aminoácidos esenciales y proteínas de una calidad extraordinaria con un alto coeficiente de uso para el buen funcionamiento del cuerpo.

En el lactosuero se puede encontrar cantidades apreciables de vitaminas A, C, D y E y del complejo B que es fundamental para la adsorción de minerales como calcio, fósforo y ácido láctico que ayuda a mejorar el proceso de respiración celular. (Jelen P. 2002).

Hoy en día muchas de las industrias relacionadas con el procesamiento de la leche, en particular en la elaboración de quesos, el principal residuo generado es el lactosuero. El problema del uso del lactosuero aún no ha podido resolverse y las alternativas para reutilizarlo han sido difíciles por las características organolépticas, fisicoquímicas y microbiológicas, lo que hace que este subproducto agrave los problemas medioambientales.

Tomando en cuenta la problemática planteada que representa el lactosuero para el ambiente y su valor nutricional, se evaluó una metodología que colabore con mejorar las características organolépticas y donde se mantengan los valores nutrimentales, que no permita crecimiento de bacterias que hagan indeseable su utilización, por lo cual se espera que la metodología del uso del pre tratamiento del lactosuero con carbón activado, el cual posee una estructura porosa dándole cualidades excepcionales para la adsorción de impurezas

orgánicas que causan olor, sabor y color indeseables, siendo un producto accesible de bajo costo y no residual, como una técnica económica y sencilla, permitiendo la utilización de un volumen considerable de dicha materia prima.

Por lo anterior, el pretratamiento del lactosuero con diversas concentraciones de carbón activado contribuya a que este subproducto se pueda utilizar en la industria alimenticia, para evitar su desecho y posterior impacto que afecte el ambiente y la sociedad, obteniéndose ventajas económicas atractivas en su industrialización.

### 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El mercado de los lácteos incluye productos varios derivados de la leche tales como: leche saborizada, leche deslactosada, leche fluida y distintos tipos de quesos. Del procesamiento del queso se obtiene el lactosuero, el cual ha aumentado su volumen en los últimos años considerablemente y no se ha aprovechado su alto valor nutritivo y únicamente una pequeña parte se aprovecha para la producción de requesón, constituyendo un desecho industrial altamente contaminante.

En otros países, para el aprovechamiento del lactosuero se utilizan tecnologías de centrifugación, clarificación, pasteurización, secado en spray y tratamiento por membranas, con lo cual sus características organolépticas no presentan variaciones, por lo tanto se hace deseable para elaboración de nuevos productos alimenticios.

A pesar de las tecnologías antes expuestas para el aprovechamiento del lactosuero, se encuentran en desarrollo nuevas tecnologías y procesos para la obtención de alimentos y productos de elevada calidad nutricional, pues el lactosuero presenta una gran versatilidad en la preparación de diversos alimentos con un elevado potencial de aplicación en la industria alimentaria.

En Guatemala las industrias alimenticias hacen intentos para la utilización de subproductos lácteos, pero no tienen los medios y las tecnologías que resultan onerosas para su mejor aprovechamiento, por lo cual se propone evaluar diversas concentraciones de carbón activado para desarrollar un producto que pueda ser de bajo costo y útil para su aprovechamiento. Por lo tanto para resolver en parte la problemática medioambiental y aprovechando los valores nutricionales del lactosuero se plantea la siguiente interrogante:

¿El pre tratamiento con carbón activado del lactosuero dulce obtenido del queso fresco, elimina el olor, color y sabor desagradable y mantiene sus características nutritivas como proteínas minerales y carbohidratos, para poder utilizarlo en el desarrollo de alimentos?

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. Objetivo General

Evaluar el efecto filtrante del carbón activado en las características organolépticas (olor, sabor, color y apariencia general) bromatológicas y microbiológicas del lactosuero dulce obtenido de la elaboración de queso fresco.

### 4.2. Objetivos Específicos

- 4.2.1. Evaluar por medio de un panel sensorial el sabor, color, olor y apariencia del lactosuero sin tratamiento y pretratado con carbón activado.
- 4.2.2 Realizar análisis bromatológico al lactosuero dulce de queso fresco sin tratamiento y pre tratado con carbón activado.
- 4.2.2. Realizar un recuento microbiano (*mesófilos*, *aerófilos* y *coliformes* totales) al lactosuero dulce de queso fresco, sin tratamiento y pretratado con carbón activado.

## **5. HIPÓTESIS**

El pretratamiento con carbón activado no mejora las características organolépticas, bromatológicas (como proteínas, grasas, minerales y azúcares totales) y microbiológicas del lactosuero dulce de queso fresco.

## **6. MARCO TEÓRICO**

### **6.1. Importancia del lactosuero en la industria de alimentos**

La industria láctea es uno de los sectores más importantes de la economía de países industrializados y en desarrollo. Aproximadamente 90% del total de la leche utilizada en la industria quesera, es eliminada como lactosuero el cual retiene cerca del 55% del total de ingredientes de la leche como la lactosa, proteínas solubles, lípidos y sales minerales. Algunas posibilidades de la utilización de este residuo han sido propuestas, pero las estadísticas apuntan que una importante porción de este residuo es descartada como efluente, el cual crea un serio problema ambiental, debido a que afecta física y químicamente la estructura del suelo, lo anterior resulta en una disminución en el rendimiento de cultivos agrícolas y cuando se desecha en el agua, reduce la vida acuática al agotar el oxígeno disuelto.

Considerables esfuerzos han sido realizados en el pasado para explorar nuevas alternativas para la utilización del lactosuero y reducción de la contaminación ambiental. Entre los productos de exitosa aceptación debido a sus bajos costos de producción, grado de calidad alimenticia y aceptable sabor, se encuentran las bebidas refrescantes, bebidas fermentadas y alcohólicas, proteína unicelular, biopelículas, producción de ácidos orgánicos, concentrado de proteínas, derivados de lactosa entre otros (Parra, 2009, p. 4968).

### **6.2. Definición composición y tipos de lactosuero**

El lactosuero es definido como “la sustancia líquida obtenida por separación del coágulo de leche en la elaboración del queso”. Es un líquido translúcido verde obtenido de la leche después de la precipitación de la caseína.

Existen varios tipos de lactosuero dependiendo principalmente de la eliminación de la caseína, el primero denominado dulce, está basado en la coagulación por la renina a pH 6.5. El segundo llamado ácido resulta del proceso de fermentación o adición de ácidos orgánicos o ácidos minerales para coagular la caseína como en la elaboración de quesos frescos. En la tabla 1 se puede detallar la composición nutricional del lactosuero dulce y ácido, observándose que el dulce tiene mayor lactosa y mayor proteína respecto al ácido.

**Tabla No 1.** Composición de lactosuero dulce y ácido

Componente	Lactosuero dulce (g/l)	Lactosuero ácido (g/l)
Sólidos totales	63.0 – 70.0	63.0 – 70.0
Lactosa	46.0 – 52.0	44.0 - 46.0
Proteína	6.0 – 10.0	6.0 - 8.0
Calcio	0.4 – 00.6	1.2 - 1.6
Fosfatos	1.0 - 03.0	2.0 - 4.5
Lactato	2.0	6.4
Cloruros	1.1	1.1

Fuente: Parra (2009).

En cualquiera de los dos tipos de lactosuero obtenidos, se estima que por cada kg de queso se producen 9 kg de lactosuero, esto representa cerca del (85 – 90) % del volumen de la leche y contiene aproximadamente el 55% de sus nutrientes. Entre los más abundantes de estos nutrientes están la lactosa (4.5 – 5.0) % p/v, proteínas solubles (0.6 – 0.8 %) p/v, lípidos (0.4 – 0.5) % p/v y sales minerales (8 – 10) % de extracto seco.

Presenta una cantidad rica en minerales donde sobresalen el potasio, seguido del calcio, fósforo, sodio y magnesio. Cuenta también con vitaminas del grupo B (*tiamina, ácido pantoténico, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico, cobalamina*) y ácido ascórbico. Este gran contenido de nutrientes genera aproximadamente 3.5 kg de (DBO) y 6.8 kg de (DQO) por cada 100 kg de lactosuero líquido, siendo la lactosa, el principal componente de sólidos que contribuye a la alta DBO y DQO. (Parra, 2009, p. 4969)

### **6.3. Importancia de las proteínas de lactosuero**

No constituyen la fracción más abundante, pero es la más interesante en los terrenos económicos y nutricionales. Representa una rica y variada mezcla de proteínas secretadas que poseen amplio rango de propiedades químicas, físicas y funcionales. Concretamente, suponen alrededor del 20% de las proteínas de la leche del bovino, siendo su principal componente la *β-lactoglobulina* (β-LG) con cerca del 10% y *α-lactoalbúmina* con 4% de

toda la proteína láctea, además contiene otras proteínas como, *lactoferrina*, *lactoperoxidasa*, *inmunoglobulinas* y *glicomacropéptidos*. La  $\beta$ -LG es secretada en leches de rumiantes con alta resistencia a la digestión gástrica, lo que origina intolerancia y/o alergenidad en seres humanos.

Las proteínas de este subproducto de la industria quesera desempeñan un importante papel nutritivo como una rica y balanceada fuente de aminoácidos esenciales alrededor de 26%, además son de alto valor biológico (por su contenido en *leucina*, *triptófano*, *lisina* y *aminoácidos azufrados*). Parecen ejercer determinados efectos biológicos y fisiológicos, *in vivo*, potenciando la respuesta inmune, tanto humoral como celular (Parra, 2009, pág. 4969).

#### **6.4. Tecnología de membranas**

##### **6.4.1. Procesos de membranas comúnmente utilizados en la industria láctea**

La leche constituye una matriz muy compleja que está compuesta por una emulsión de glóbulos grasos en una fase acuosa, la que tiene en forma suspendida o disuelta micelas de caseína, proteínas de suero, lactosa y sales. Su complejidad aumenta si se considera que la composición varía según la temporada del año, el clima, la raza y el mantenimiento del animal.

Las técnicas de procesos de membranas en la industria láctea son diversas, los procesos de membranas más comunes y basadas en la presión aplicada como fuerza motriz corresponden a la micro filtración, la ultrafiltración, la nano filtración y la ósmosis inversa.

##### **6.4.2. Aprovechamiento y tratamiento del suero lácteo**

El suero contiene más de la mitad de los sólidos presentes en la leche entera, incluyendo el 20% de las proteínas, así como 75% de materia seca en forma de lactosa, y un 8% de materia seca correspondiente a la fracción mineral. Es por ello que actualmente se le visualiza más como una materia prima que como un desecho, donde el mayor esfuerzo se centra en la recuperación de las proteínas y de muchas de las vitaminas que contiene.

Los primeros indicios de recuperaciones de sueros lácteos datan de los inicios de los años ochenta, donde el proceso se efectuaba por intercambio iónico, lo cual no resultaba del todo

satisfactorio dado que se generaba un cierto grado de desnaturalización. Este aspecto ha mejorado en la actualidad gracias a las tecnologías de membranas.

Los recuperados presentan una amplia gama de usos industriales como es el caso de la confitería, la fabricación de bebidas hidratantes, panadería, industria cárnica etc. En estas industrias se aprovechan sus propiedades tales como la gelificación, la capacidad de retención de agua, la emulsificación y la capacidad espumante (Chacón, 2006, págs. 6-9).

## **6.5. Lactosuero**

El lactosuero es definido como “la sustancia líquida obtenida por separación del coágulo de leche en la elaboración de queso”. Es un líquido translúcido verde obtenido de la leche después de la precipitación de la caseína.

Existen varios tipos de lactosuero dependiendo principalmente de la eliminación de la caseína, el primero denominado dulce, está basado en la coagulación por la renina a pH 6,5. El segundo llamado ácido resulta del proceso de fermentación o adición de ácidos orgánicos o ácidos minerales para coagular la caseína como en la elaboración de quesos frescos. En la Tabla 1 se puede detallar la composición nutricional del lactosuero dulce y ácido, observándose que el dulce tiene mayor lactosa y mayor proteína respecto al ácido.

En cualquiera de los dos tipos de lactosuero obtenidos, se estima que por cada kg de queso se producen 9 kg de lactosuero, esto representa cerca del (85-90) % del volumen de la leche y contiene aproximadamente el 55% de sus nutrientes. Entre los más abundantes de estos nutrientes están la lactosa (4,5-5,0) % p/v, proteínas solubles (0,6-0,8) % p/v, lípidos (0,4-0,5) % p/v y sales minerales (8-10% de extracto seco). Presenta una cantidad rica de minerales donde sobresale el potasio, seguido del calcio, fósforo, sodio y magnesio. Cuenta también con vitaminas del grupo B (tiamina, ácido pantoténico, riboflavina, piridoxina, ácido nicotínico, cobalamina) y ácido ascórbico. En la Tabla 2 se registran los contenidos de vitaminas, su concentración y necesidades diarias, encontrándose con que el ácido pantoténico presenta la mayor concentración con 3,4 mg/ml seguido de ácido ascórbico con 2,2 mg/ml (Jelen, 2002, págs. 2739-2745).

**Tabla No 2**

Contenido de vitaminas del lactosuero

<b>Vitaminas</b>	<b>Concentración (mg/ml)</b>	<b>Necesidades diarias (mg)</b>
Tiamina	0,38	1,5
Riboflavina	1,2	1,5
Acido nicotínico	0,85	10-20
Ácido pantoténico	3,4	10
Piridoxina	0,42	1,5
Cobalamina	0,03	2
Ácido ascórbico	2,2	10-75

*Fuente: Linden y Lorient, (1996)*

Este gran contenido de nutrientes genera aproximadamente 3,5 kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y 6,8 kg de demanda química de oxígeno (DQO) por cada 100 kg de lactosuero líquido siendo la lactosa, el principal componente de sólidos que contribuye a la alta DBO y DQO (Almeida, 2009, págs. 672-678).

### **6.5.1. Importancia de las proteínas de lactosuero**

De las proteínas del lactosuero. -  $\beta$ -lactoglobulina; es la mayor proteína del suero, insoluble en agua, soluble en solución salina diluida y precipita en presencia de sulfato de magnesio o de amonio en medio saturado. Se clasifica dentro de las albúminas debido a su gran solubilidad, relativo bajo peso molecular, movilidad electroforética y su naturaleza holoproteica. El peso molecular de un monómero alcanza los 18.360 Da. Esta proteína se encuentra formada por una sola cadena peptídica de 162 restos de aminoácidos. La cadena se repliega sobre si misma por acción de dos puentes S-S, asegurando la estructura terciaria y quedando un grupo sulfhidrilo libre.

La -  $\alpha$ -lactoalbúmina; también clasificada dentro de las albúminas, esta proteína parece estar presente en la leche de todos los mamíferos, lo que la hace característica del suero lácteo. Es una proteína cuyo peso molecular alcanza los 14.200 Da aproximadamente. Las Inmunoglobulinas, en la leche son las mayores moléculas encontradas y tienen la propiedad

de transmitir inmunidad. Su peso molecular es de aproximadamente 180.000 Da y son las más sensibles a la desnaturalización por temperatura.

La Seroalbúmina; es similar a la Seroalbúmina sanguínea. Presenta el mismo peso molecular de 69.000 Da y la misma composición en aminoácidos. Está conformada por una única cadena peptídica con varios repliegues que se estabilizan por puentes disulfuro.

No constituyen la fracción más abundante, pero es la más interesante en los terrenos económico y nutricional. Representa una rica y variada mezcla de proteínas secretadas que poseen amplio rango de propiedades químicas, físicas y funcionales. Concretamente, suponen alrededor del 20% de las proteínas de la leche de bovino, siendo su principal componente la  $\beta$ -lactoglobulina ( $\beta$ -LG) con cerca de 10% y  $\alpha$ -lactoalbúmina con 4% de toda la proteína láctea, además, contiene otras proteínas como, lactoferrina, lactoperoxidasa, inmunoglobulinas, y glicomacropéptidos. La  $\beta$ -LG es secretada en leches de rumiantes con alta resistencia a la digestión gástrica, lo que origina intolerancia y/o alergenidad en seres humanos, sin embargo, tratamientos industriales como esterilización, calentamiento o presión hidrostática alta y la hidrólisis mejoran la digestibilidad de la  $\beta$ -LG presente en el lactosuero.

Las proteínas de este subproducto de la industria quesera desempeñan un importante papel nutritivo como una rica y balanceada fuente de aminoácidos esenciales 26%, además, son de alto valor biológico (por su contenido en leucina, triptófano, lisina y aminoácidos azufrados), tienen una calidad igual a las del huevo y no son deficientes en ningún aminoácido, esto puede ser observado en la Tabla No. 3 donde se relaciona el contenido de aminoácidos que contiene el lactosuero respecto al huevo, encontrándose que la leucina y lisina son los aminoácidos que se encuentran en mayor cantidad, además, parecen

ejercer determinados efectos biológicos y fisiológicos, in vivo, potenciando la respuesta inmune, tanto humoral como celular (Linden, 1996, pág. 454).

**Tabla No. 3**

Composición en aminoácidos esenciales (g/100g de proteína)

<b>Aminoácido</b>	<b>Lactosuero</b>	<b>Huevo</b>	<b>Equilibrio recomendado por la FAO</b>
Treonina	6,2	4,9	3,5
Cisteína	1,0	2,8	2,6
Metionina	2,0	3,4	2,6
Valina	6,0	6,4	4,8
Leucina	9,5	8,5	7,0
Isoleucina	5,9	5,2	4,2
Fenilalanina	3,6	5,2	7,3
Lisina	9,0	6,2	5,1
Histidina	1,8	2,6	1,7
Triptófano	1,5	1,6	1,1

*Fuente: Linden y Lorient, (1996)*

### **6.5.2. Tipos de lactosuero**

Existen dos tipos de lactosuero, el lactosuero dulce y el lactosuero ácido, el primero se obtiene en la elaboración de lácteos en donde se utiliza la coagulación enzimática con un pH cercano a 5.6. El lactosuero ácido se produce cuando la coagulación es por acidificación a un pH de 5.1 o menor. Aproximadamente 47% de los 115 millones de toneladas de lactosuero producido anualmente a nivel mundial son desechados al medio ambiente. Esto representa una pérdida de una fuente de alimentación y causa serios problemas de contaminación, ya que el lactosuero contiene una alta carga orgánica con valores de DBO de (40,000-60,000) mg/L y DQO (50,000-80,000) mg/L.

### **6.5.3. Factores que afectan al lactosuero**

Las proteínas han favorecido propiedades funcionales como solubilidad, la emulsificación, retención de agua/grasa, espumado, espesantes y propiedades de gelificación, además, que hacen del producto un interesante ingrediente alimenticio.

#### **6.5.4. Espumas aireación**

La espuma la define la creación y estabilización de burbujas de gas en un líquido. Es esencial para la formación de espumas sobre la base de proteínas una rápida difusión de proteína en la interface aire - agua para reducir la tensión superficial, seguida de un despliegue de la proteína.

El resultado en la encapsulación de las burbujas de aire y en la asociación de las moléculas de proteína conduce a un film cohesivo intermolecular con cierto grado de elasticidad. Esto se cumple cuando la proteína no está desnaturalizada (molecularmente soluble) y sin competición con otros surfactantes en la interface aire – agua (por ejemplo grasa) y estabilizada por un incremento de viscosidad cuando la espuma está formada (adición de ligantes de agua).

Las propiedades aireantes de las proteínas de suero se afectan por múltiples factores: concentración y estado, pH, ambiente iónico, precalentamientos, y presencia de lípidos. Cuanta más proteína de suero más densa y uniforme son las burbujas y fina su textura. Generalmente el overrum se incrementa con las proteínas hasta un punto donde empieza a decrecer. Para un wpc este máximo se observa entre el 8 y el 12%. Las proteínas desnaturalizadas pierden la habilidad de difundirse rápidamente en la interface y de reorientarse para la formación de un film viscoso. Sin embargo pueden retardar la suelta de agua en las espumas y afecta positivamente la formación y rotura de las espumas.

Diferentes iones varían las propiedades espumantes, vía sus efectos en la formación de la estructura de agua y/en proteína. Y el precalentamiento de la proteína del suero previo a su uso como ingrediente mejora sus propiedades espumantes. La alteración de las espumas de proteínas de suero por los fosfolípidos y grasas insaturadas está bien documentada. Estos lípidos rompen la espuma como resultado de su alta actividad superficial y su efecto adelgazante del film proteico.

Las proteínas de suero debidamente procesadas son beneficiosas para el desarrollo de las espumas que caracterizan los postres congelados, los rellenos montados, los merengues y las mousses.

### **6.5.5. Amarronamiento**

No es, normalmente, una propiedad de las proteínas lácteas pero es importante en determinados alimentos.

Las proteínas de suero contribuyen al amarronamiento a través de la lactosa por las reacciones de Millar. Por ejemplo durante el horneado, la fritura, u otros tipos de calentamiento, los grupos amino de las proteínas del suero reaccionan con la lactosa y otros azúcares reductores presentes en las formulaciones desarrollando color en productos horneados y salsas.

### **6.5.6. Aroma**

Sobre todo las proteínas de suero son completamente suaves y contribuye a la no aparición de sabores extraños cuando se usan como ingrediente.

Algunas proteínas de suero, especialmente las de alta concentración de proteína, dan un suave sabor dulce a los horneados y permite a otros aromas como las del chocolate a desarrollar su potencial. El pan ácido, el característico aroma del suero ácido contribuye a ensalzar el aroma de la fermentación. En sopas y salsas, el suero dulce en polvo añade aroma suave dulce. Durante el calentamiento la lactosa presente en el suero dirige la producción de diferentes aromas incluyendo aromas ácidos y dulces y amargos (Parra, A., 2009, pág. 4977).

## **6.6. Carbón activado**

### **6.6.1. Usos del carbón activado en la industria de alimentos**

El carbón activado al igual que otros tipos de carbón, forman un grupo de materiales carbonosos en los cuales la estructura y las propiedades son más o menos similares a la estructura y propiedades del grafito. El carbón activado es un producto que posee una estructura cristalina reticular similar a la del grafito solo que el orden en la estructura del carbón activado es menos perfecta; es extremadamente porosa y puede llegar a desarrollar áreas superficiales del orden de 500 a 1500 metros cuadrados por gramo de carbón. El área de superficie del carbón activado varía dependiendo de la materia prima y del proceso de

activación. Son las altas temperaturas, la atmosfera especial y la inyección de vapor del proceso de fabricación del carbón activado lo que activa y crea la porosidad.

Las propiedades del carbón activado se dan por el proceso de adsorción, por lo cual los átomos de la superficie de un sólido, atraen y retienen moléculas de otros compuestos. Estas fuerzas de atracción son conocidas como “fuerzas de Van Der Waals”. Por lo tanto al ser un fenómeno que ocurre en la superficie mientras mayor área superficial disponible tenga un sólido, mejor adsorbente podrá ser.

Todos los átomos de carbón en la superficie de un cristal son capaces de atraer moléculas de compuestos que causan color, olor o sabor deseables o indeseables; la diferencia con un carbón activado consiste en la cantidad de átomos en la superficie disponibles para realizar la adsorción. En otras palabras, la activación de cualquier carbón consiste en multiplicar el área superficial creando una estructura porosa. Es importante mencionar que el área superficial del carbón activado es interna. Por lo tanto, cuando se desea remover una impureza orgánica que causa color, olor o sabor indeseable, normalmente la adsorción con carbón activado suele ser la técnica más económica y sencilla.

### **6.6.2. Mecanismo de operación como adsorbente**

Existen dos tipos de fenómenos de adsorción del carbón activado; fisisorción y quimisorción. La fisisorción es la más común para el caso del carbón activado, en este tipo de adsorción no existe intercambio de electrones entre adsorbente y adsorbato, lo que permite que el proceso sea reversible.

La quimisorción, es menos frecuente, este tipo de adsorción suele ser irreversible debido a que ocurren modificaciones de las estructuras químicas del adsorbato y del adsorbente.

La clasificación de la porosidad para el carbón activado según la IUPAC (Internacional Union of pure and Applied chemists), que se basa en el diámetro de los poros es la siguiente:

Micro poros: menores a 3 nm

Meso poros: entre 2 y 50 nm

Macro poros: entre 50 y 100,000 nm.

Arriba de 100,000 nm ya se consideran como grietas y empiezan a ser detectables por el ojo humano.

Los microporos tienen un tamaño adecuado para retener moléculas pequeñas, que aproximadamente corresponden a compuestos más volátiles que el agua, tales como olores, sabores y muchos solventes. Los macro poros atrapan moléculas grandes, como los colores intensos o las sustancias húmicas –ácidos húmicos y fúlvicos- que se generan al descomponerse la materia orgánica. Los meso poros son los apropiados para moléculas de tamaño intermedio.

El carbón activado posee la virtud de adherir o retener en su superficie uno o más componentes (átomos, moléculas, iones) que se encuentran disueltas en el líquido que está en contacto con él. Este fenómeno se denomina poder adsorbente. La adsorción es la responsable de purificar, desodorizar y decolorar el agua u otros líquidos o gases que entren en contacto con el elemento adsorbente.

### **6.6.3. Propiedades del carbón activado relacionadas con el adsorbato**

Todo tipo de moléculas orgánicas se adsorbe bien en el carbón activado. No así las inorgánicas, excepto algunas como los molibdatos, los cianuros de oro, el cianuro de cobre, el cloruro de mercurio, el yodo y las sales de plata, entre otros.

- La adsorción de orgánicos es más fuerte al aumentar su peso molecular, mientras el tamaño de la molécula no rebase el del poro.
- Las moléculas orgánicas no polares se adsorben con mayor fuerza que las polares.
- Las moléculas orgánicas ramificadas se adsorben con mayor fuerza que las lineales.
- La mayoría de moléculas orgánicas que tienen ligados átomos de cloro, bromo o yodo se adsorben con mayor fuerza.
- La adsorción en fase líquida aumenta al disminuir la solubilidad del adsorbato.

#### **6.6.4. Propiedades del carbón activado relacionadas con el líquido que lo rodea**

- Generalmente aumenta la adsorción al disminuir el pH.
- La adsorción no se ve afectada por la temperatura; sin embargo, a mayor temperatura, aumenta la solubilidad del adsorbato y se adsorbe en menor proporción. Por otro lado, a mayor temperatura, también disminuye la viscosidad del solvente, facilitando la movilidad del adsorbato y por lo tanto acelerando su velocidad de difusión hacia los poros. En términos prácticos, generalmente aumenta la adsorción al aumentar la temperatura.

#### **6.6.5. Métodos de activación del carbón**

El proceso del carbón activado se basa en producir un carbón a partir de materiales como: cortezas de almendras, cáscara de coco, turba, petróleo, brea y polímeros, nueces, palmeras u otras maderas, y carbón mineral.

Este proceso se puede dividir en dos tipos:

- Activación física (térmica). Se lleva a cabo en dos etapas, la carbonización que elimina elementos como hidrógeno y oxígeno para dar lugar a una estructura porosa rudimentaria y la etapa de gasificación del carbonizado que se expone a una atmósfera oxidante que elimina los productos volátiles y átomos de carbono, aumentando el volumen de poros y la superficie específica. Esto se hace en distintos hornos a temperaturas cercanas a 1000°C.
- Activación química. El material se impregna con un agente químico que puede ser ácido fosfórico o hidróxido de potasio y se calienta en un horno a (500-700) °C. Los agentes químicos reducen la formación de material volátil y alquitranes, aumentando el rendimiento del carbón. El resultante se lava para la eliminación de ácido.

El tipo de material con el que se produce el carbón activado afecta el tamaño de los poros y las características de regeneración del carbón activado. Los dos tipos de clasificación son:

carbón activado en polvo, con diámetro menor o igual a 0.25 mm y el carbón granular, con diámetro superior a los 0.25mm.

#### **6.6.6. Carbón Activado y medio ambiente**

Con los Estados Unidos imponiendo una reducción de 28 por ciento en las emisiones de carbono en 2025 y con la Unión Europea comprometiéndose a una reducción de 40 por ciento para el año 2030, el cambio global hacia una política energética más limpia y sostenible está finalmente en marcha. Esta reducción se logrará a través de sistemas de fijación de precios del carbono que capitaliza las emisiones, poniendo fin a los subsidios de combustibles fósiles para estimular el crecimiento bajo en carbono, construyendo infraestructura de bajo carbono en las ciudades modernas e implementando técnicas de agricultura climáticamente inteligentes en todo el mundo. Aunque es necesario, estas soluciones son sólo una parte del enfoque multifacético para disminuir la concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera – que ha aumentado en un 40% a 400 partes por millón desde la Revolución Industrial.

Uno de los impulsores mundiales para la demanda será de los firmantes de la “Convención Minamata” - un tratado global acordado en enero de 2013 para proteger la salud y el medio ambiente de los efectos adversos del mercurio poniendo controles en las minas y en las medidas de mercurio en las emisiones del aire. En China, donde niveles peligrosamente altos de contaminación del suelo y del aire son comunes, la demanda por carbón activado será impulsada por una población cada vez más amplia y por la necesidad de eliminación eficaz de los residuos. Debido a que el aumento de los requerimientos regulatorios estará forzando el cumplimiento gubernamental y empresarial, el mercado mundial de carbón activado se vio afectado por la crisis de los mercados económicos y financieros que prosiguió a la crisis financiera mundial (GFC) de 2007.

En los Estados Unidos, el sector del mercado de carbono activado en polvo recibirá un impulso de los estándares de Mercurio y de Aire Tóxico de los EE.UU., que estimulará la instalación de sistemas de inyección de carbón activado para ayudar en la eliminación del mercurio de las centrales eléctricas de carbón. Las plantas de energía de los Estados Unidos también son responsables por 38 por ciento de las emisiones de CO<sub>2</sub> total de los Estados Unidos relacionadas con la energía. Los críticos sostienen que esto es un acto de guerra contra el sector del carbón de los Estados Unidos, a pesar de que se reconoce que ampliará

enormemente el mercado de carbón activado. Con la participación del carbón de la generación de energía de los Estados Unidos después de haber disminuido un 50 por ciento en 2003 a 39 por ciento en 2013, su supervivencia en el sector de la energía puede depender de la filtración con carbón activado.

## **6.7. Diseño estadístico**

### **6.7.1. Pruebas de Hipótesis**

Son procedimientos de decisión basada en datos que puedan producir una conclusión acerca de algún sistema científico. Una hipótesis estadística es una afirmación o conjetura acerca de una o más poblaciones. No es posible saber con absoluta certeza la verdad o falsedad de una hipótesis estadística, pues para ello habría que trabajar con toda la población. En la práctica se toma una muestra aleatoria de la población de interés y se utilizan los datos que contiene tal muestra para proporcionar evidencias que confirmen o no la hipótesis. Si la evidencia de la muestra es inconsistente con la hipótesis planteada, entonces esta se rechaza y si la evidencia apoya la hipótesis planteada, entonces se acepta esta.

La aceptación de una hipótesis implica tan solo que los datos no proporcionan evidencia suficiente para refutarla. Por otro lado, el rechazo implica que la evidencia de la muestra la refuta.

La estructura de una prueba de hipótesis consiste en la formulación de una hipótesis nula, es decir, cualquier hipótesis que se desee probar, se denota por  $H_0$ . El rechazo de  $H_0$ , genera la aceptación de una hipótesis alternativa, que se denomina por  $H_1$ .

Una hipótesis nula referente a un parámetro poblacional siempre debe establecerse de manera que especifique un valor exacto del parámetro, mientras que la hipótesis alternativa admite la posibilidad de varios valores.

En la hipótesis alternativa se plantea usualmente lo que se cree verdadero y en la hipótesis nula lo que se desea rechazar.

Para tomar una decisión acerca de un parámetro es necesaria una prueba estadística para cuantificar esta decisión. Esto se logra al establecer primero la distribución muestra que sigue la muestra estadística (es decir, la media) y después calcular la prueba estadística apropiada.

Esta prueba estadística mide que tan cerca de la hipótesis nula se encuentra el valor de la muestra. La prueba estadística suele seguir una distribución estadística conocida (normal, t de Student, ji cuadrado).

La distribución apropiada de la prueba estadística se divide en dos regiones:

- a) Región de rechazo (región crítica)
- b) Región de no rechazo

Si la prueba estadística cae en la región de no rechazo no se puede rechazar la hipótesis nula y si cae en la región de rechazo, se rechaza la hipótesis nula. Para decidir con relación a la hipótesis nula, primero se tiene que determinar el valor crítico para la distribución estadística de interés. El valor crítico separa la región de no rechazo de la de rechazo.

La prueba t de Student se utiliza para contrastar hipótesis sobre medias en poblaciones con distribución normal. También proporciona resultados aproximados para los contrastes de medias en muestras suficientemente grandes cuando estas poblaciones no se distribuyen normalmente.

Existen dos versiones de la prueba t de Student: una que supone que las varianzas poblacionales son iguales y otra versión que no asume esto último. La prueba t de Student fue desarrollada en 1899 por el químico inglés William Sealey Gasket (1873-1937), mientras trabajaba en técnicas de control de calidad para las destilerías Guinness en Dublín. Debido a que en la destilería, su puesto de trabajo no era inicialmente de estadístico y su dedicación debía estar exclusivamente encaminada a mejorar los costes de producción, publicó sus hallazgos anónimamente firmando sus artículos con el nombre de “Student” (Aaron, 2012, págs. 151-152).

## **6.8. Evaluación sensorial**

### Requisitos para una evaluación sensorial de alimentos

Cuando se ha decidido hacer una correcta y científica Evaluación Sensorial de alimentos, se deben considerar los siguientes aspectos

### **6.8.1. Laboratorio de pruebas**

La razón de contar con un laboratorio de degustación es controlar todas las condiciones de la investigación, eliminando al máximo las variables que interfieren en los juicios. Para ello el laboratorio comprende:

- Sala de cabinas individuales
- Sala para reuniones del panel de degustadores: está destinada a discutir los problemas que surjan de los métodos, para dar instrucciones y entrenar o explicar técnicas nuevas.
- Sala para preparación de las muestras: debe contar con una cocina moderna, con utensilios de material que no afecte el sabor (gusto y olor) de los alimentos. Debe tener mesones para preparar las muestras y campanas de extracción para eliminar los olores generados durante la preparación. Esta sala debe tener comunicación con las cabinas de degustación por ventanillas, a través de las cuales se hace llegar las muestras. Frente a cada ventanilla existe una luz que el juez acciona cada vez que desea ser atendido o ha terminado su tarea.
- Sala de instrumentos: debe contar con los instrumentos necesarios para preparar las muestras, balanzas, tamices, licuadoras, homogeneizadoras, molinillos, etc.
- Sala para almacenar muestras: provista de anaqueles, con ventilación e iluminación adecuadas
- Oficinas: aquí se procesan los datos que el panel entrega.

Los test de aceptación se realizan con grupos grandes de consumidores, en el laboratorio sólo puede hacerse a escala piloto, lo que permite reacondicionar el test antes de plantearlo a una muestra importante de consumidores, a los que se les entrega un cuestionario que determinará el grado de aceptación o rechazo del alimento.

### 6.8.2. Muestras

Con este nombre se designa al producto que será entregado a los jueces para su evaluación. Estas deben ser representativas del producto total. El investigador debe conocer exactamente el problema de que se trate, confeccionando un historial de la muestra, y saber cuáles variables son de menor importancia. Acerca de la muestra interesa su preparación y presentación. Cada producto tiene una técnica de preparación que debe ser reproducida cada vez que el panel vaya a degustarlo. Se debe preparar una cantidad de muestra suficiente para todo el panel, considerando un pequeño exceso por si fuera necesario repetir alguna muestra, en caso de error en la distribución, confusión de las muestras, o bien que los jueces pidan una nueva porción para tener más seguridad sobre el juicio, etc. La cantidad total de muestra a preparar se calcula con base al diseño estadístico que se usará, y la razón de hacerlo es evitar el introducir nuevas variables. La muestra total se distribuye en utensilios que deben ser semejantes a los utilizados habitualmente en el consumo del alimento que se ensaya. Por ejemplo: vasos, cucharitas, copas, platillos, flaneras, tazas, etc.

En la presentación de las muestras son varios los factores que deben tenerse presente:

- a. Apariencia: todas las muestras que se entreguen al mismo tiempo, deben tener la misma forma, consistencia, color y apariencia. Este es el primer factor de calidad que los jueces evalúan.
- b. Tamaño: todas las muestras entregadas al mismo tiempo deben tener el mismo tamaño, dependiendo éste del producto de que se trate.
- c. Temperatura: debe ser la óptima para detectar las diferencias bajo estudio. Todas las muestras de un mismo producto deben presentarse a la misma temperatura, y ésta debe ser la que habitualmente se usa para ese producto, a excepción de investigaciones que estudien el efecto de la temperatura sobre el producto. Cuando se valora el sabor de un producto aromático, se entrega éste a baja temperatura

para eliminar en parte la influencia del aroma. No olvidar que a temperaturas muy bajas o muy altas, los bulbos sensoriales de la boca son menos sensibles y se encuentra disminuida la capacidad de captar todo el sabor.

- d. Recipientes: todas las muestras que serán degustadas, deben servirse en recipientes de la misma medida y color, que no comunique olor ni sabor al alimento. Debe elegirse el recipiente adecuado al caso. Los recipientes deben ir marcados en código, cuidando que éste no sugiera ninguna información.
- e. Orden de presentación: generalmente se obtiene por sorteo para evitar errores de posición. El orden de presentación debe quedar inscrito en la hoja maestra o planilla de control.
- f. Número de muestras: el número de muestras a evaluarse por sesión es discutible. Con 5 muestras para principiantes es suficiente, y para casos con adiestramiento bastarían 7. Según otros autores deberían ser de 3 a 8. Aquí se debe considerar el producto, intensidad de sabor, capacidad e interés de los jueces.
- g. Frecuencia de las degustaciones: como regla general, no debe hacerse más de dos al día. En caso de tener que hacer obligadamente más degustaciones, éstas deben de estar separadas por lo menos por 30 minutos
- h. Duración de la degustación: no deben prolongarse exageradamente. Generalmente toman de 5 a 15 minutos.

## 7. ANTECEDENTES

### **7.1. Reutilización de lactosuero para fortificación de galleta tipo escolar e incremento del contenido nutricional con adición de micronutrientes (vitaminas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>9</sub>, B<sub>12</sub> y fumarato ferroso)**

La incorporación de lactosuero como fortificante de alimentos ha sido comprobada tanto en el aspecto técnico al ser factible su utilización en el desarrollo de las formulaciones como en el aspecto nutricional ya que presentó beneficios en los grupos de riesgo a los que les fue suministrada la galleta fortificada con el mismo.

El consumo de galleta fortificada con lactosuero y micronutrientes ha demostrado su eficacia al permitir el aumento del IMC de 1.4687739 en niños y 0.975833 en niñas que en este caso es el mejor indicador antropométrico de cambio en los sujetos a estudio.

La utilización de lactosuero para la fortificación de alimentos o simplemente para la creación de nuevos alimentos representa un reto para esta industria, enfocado desde tres puntos de vista: en referencia a su valor nutricional debido a su alto contenido de proteína digerible que representa una fuente alternativa de nutrientes; con base a preservar el medio ambiente, ya que al ser desechado representa un severo contaminante, al demostrar su utilidad en procesos alternos, su reutilización sería más ampliamente aceptada y no representaría un contaminante tan severo; y desde el punto de vista socio-económico, su bajo precio, podría representar un nuevo mercado de productos alimenticios de bajo costo con base a un nuevo nicho de mercado.

En el proyecto de reutilización de lactosuero para fortificación de galleta tipo escolar e incremento del contenido nutricional con adición de micronutrientes (vitaminas B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>6</sub>, B<sub>9</sub>, B<sub>12</sub> y fumarato ferroso), se recomendó para la utilización del lactosuero, desarrollar nuevos productos que puedan ser realizados con premezcla de harina de trigo con micronutrientes y lactosuero, para poder ofrecer nuevas alternativas dentro del mercado de productos fortificados. Además de efectuar estudios de vida de anaquel de galletas fortificadas con lactosuero y micronutrientes (Barascout, 2010, págs. 47-48).

## **7.2.Bebidas elaboradas a base de lactosuero**

### **7.2.1. Bebida elaborada a base de lactosuero parcialmente desproteínizado saborizado con maracuyá y naranjilla.**

La determinación de la formulación de una bebida de lactosuero desproteínizado, saborizado con maracuyá y naranjilla, se realizó través de paneles de catación conformado por panelistas de laboratorio, seleccionado de seis formulaciones realizadas las dos más aceptadas, una de cada sabor. Posteriormente para determinar la aceptabilidad de las bebidas por parte de consumidores, se realizó un panel de catación en el Centro Universitario de sur-occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala en el cual se evaluaron las dos formulaciones, obteniendo aceptabilidad en un rango de aceptación de 5 a 6 en la escala hedónica, es decir desde gusta poco hasta gusta moderadamente. Además se estableció que la vida de anaquel de las bebidas con los dos diferentes sabores es de 18 días para el maracuyá y 12 días para naranjilla.

El análisis fisicoquímico y proximal realizado a las formulaciones de mayor aceptabilidad indicó que ambas son alimentos altamente nutricionales, los cuales pueden proporcionar los elementos esenciales requeridos en una dieta básica (García, 2006, pág. 2).

### **7.2.2. Formulación y elaboración de dos bebidas refrescantes con base en suero dulce de queso fresco y sabores de frutas**

En la planta de lácteos de Zamorano se produce aproximadamente 2,500 kg por semana de suero dulce de queso Zamorela, que contiene proteínas, vitaminas y minerales, que son destinados a la alimentación de cerdos o drenados. Sin embargo, en los países industrializados se aprovecha el alto valor nutritivo y las propiedades de las proteínas del suero a través de productos como concentrados proteicos.

El estudio se desarrolló a partir de tres formulaciones, cada una con suero al 75, 65 y 50 %, agua, sorbato de potasio, azúcar, ácido cítrico y sabores a naranja y uva, las cuales se optimizaron a través de una prueba de preferencia en la misma planta y se analizaron a través de un ANDEVA, una prueba DUNCAN y a través de pruebas de Diferencias Críticas Absolutas de las Sumas de Rangos. Seguidamente se hizo una prueba de aceptación, con 77 encuestados, en el puesto de ventas del Zamorano. El 77% de los encuestados en la prueba

de aceptación afirmó que le agradaba la bebida con sabor a uva y el 23 % le agradó la bebida con sabor a naranja.

La composición proteica de las bebidas fue de 0.39% y 0.38% y de azúcares totales 11.58% y 12.82% para las bebidas con sabor a naranja y uva respectivamente. En las pruebas microbiológicas para ambas bebidas no se observó crecimiento de coliformes, *Escherichia coli*, mohos ni levaduras; se observó el crecimiento de 10 UFC/ml de aerobios en dos de tres corridas para ambas bebidas (Mena, 2002, pág. 7).

## **8. RECURSOS**

### **8.1.Humanos**

- T.U. Max Eliseo Rodríguez Mazariegos
- M.V. Edgar Del Cid Chacón (Asesor principal)
- PhD. Marco Antonio Del Cid Flores (Asesor adjunto)
- Panelistas de laboratorio (estudiantes del noveno semestre de la carrera de ingeniería en Alimentos e invitados)

### **8.2.Institucionales**

- Carrera de Ingeniería en Alimentos del Centro Universitario del Sur Occidente, CUNSUROC, Mazatenango Suchitepéquez (Laboratorio de evaluación Sensorial)
- Planta piloto, carrera de Ingeniería en Alimentos CUNSUROC.

### **8.3.Físicos**

- Laboratorio de Evaluación Sensorial de la planta piloto de la carrera de Ingeniería en Alimentos CUNSUROC-USAC
- Laboratorio de análisis de alimentos del Laboratorio de bromatología de la facultad de Veterinaria y zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, USAC.
- Biblioteca del Centro Universitario del Sur Occidente CUNSUROC
- Laboratorio de Química del Centro Universitario del Sur-Occidente CUNSUROC, USAC.

### **8.4.Económicos**

- Los gastos fueron sufragados por responsable de la investigación del trabajo de graduación.

## **9. MATERIALES Y MÉTODOS**

La metodología que se empleó para la evaluación del efecto de seis concentraciones de carbón activado como agente mejorador de las características organolépticas, fisicoquímicas y bacteriológicas del lactosuero dulce obtenido del queso fresco, fue la siguiente:

### **9.1. Materiales y equipos**

#### **9.1.1. Materiales**

- Suero dulce de queso fresco
- Carbón activado vegetal

#### **9.1.2. Equipos**

- Beacker de 500 ml
- Papel filtro grado comercial 0.2 micras
  - Termómetro, escala de 0 – 100°C
  - Estufa a gas propano
  - Cilindro de gas propano de 25 lb
  - Embudo de vidrio para filtrado por gravedad
  - Frascos de vidrio de 250 ml
  - Mesa de acero inoxidable
  - Balanza analítica
  - Agitador magnético o mecánico
  - Potenciómetro digital
  - Recipientes plásticos de 1 galón

#### **9.1.3. Materiales para el panel de evaluación sensorial**

- Suero dulce de queso fresco sin tratamiento
- Suero dulce de queso fresco filtrado con carbón activado
- Boletas para la evaluación
- Galletas de soda

#### **9.1.4. Equipos para el panel de evaluación sensorial**

- Servilletas de papel comercial
- Lápices de madera
- Vasos plásticos
- Mobiliario del Laboratorio de Evaluación Sensorial
- Computadora personal.

### **9.2. Metodología general del proceso**

#### **9.2.1. Obtención de la muestra**

- Se lavó recipiente plástico de 1 galón con suficiente jabón y agua caliente
- Se desinfectó el recipiente con agua caliente con temperatura mayor a 65°C durante 5 minutos
- Se tomó una muestra de 3785 ml (1 galón) de lactosuero dulce obtenido luego del proceso de queso ricota de una procesadora artesanal de queso del municipio de San Bernardino Suchitepéquez
- Se rotuló la muestra en el recipiente conteniendo lactosuero dulce con fecha 26/04/ 2017 a las 16:30 horas, de toma de muestra.
- Se refrigeró la muestra dentro del recipiente plástico a temperatura de 2 a 4 °C dentro de un refrigerador doméstico, en un periodo no mayor de 8 horas hasta llevarla a laboratorio de química del Centro Universitario de Sur occidente CUNSUROC para su tratamiento.

#### **9.2.2. Tratamiento de lactosuero dulce de queso fresco**

- Se obtuvo la muestra refrigerada a una temperatura de 2 a 4°C del refrigerador del laboratorio de química del centro universitario de sur-occidente CUNSUROC.
- Se tomó una muestra de 600 ml de lactosuero sin procesar y se calentó a 85°C para inactivar microorganismos, se envasó dicha muestra en un frasco de vidrio plenamente rotulado y codificado con código 101.

- Se tomó una muestra con volumen de 1600 ml de lactosuero para su tratamiento
- Se calentó la muestra hasta 85°C para inactivar microorganismos que pudiera obtener dicha muestra.
- Se tomaron 6 muestras de 250 ml cada uno de lactosuero, en el mismo número de beakers para su tratamiento
- Se pesó el equivalente de (0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0) % p/v de carbón activado y se agregó a cada muestra de 250 ml de lactosuero
- Se agitó cada muestra con un agitador magnético hasta obtener una alícuota homogénea
- Se filtró cada muestra en un Beacker de 500 ml con papel filtro Watman de 0.2 micras
- El filtrado obtenido se envasó en frascos de vidrio previamente rotulado y codificado con el equivalente de carbón activado, con códigos; 365, 478, 264, y 576, (las muestras con el equivalente a 0.5 y 1.0 % se desecharon debido a que no presentaron variaciones considerables perceptibles como olor, color y apariencia, debido a la baja concentración de carbón activado).
- Se realizó un panel sensorial con panelistas de la carrera de Ingeniería en Alimentos del Centro Universitario de Sur Occidente, para determinar la muestra más idónea y de mayor aceptabilidad del panel de catación
- Se determinó contenido proteico, azúcares totales (como extracto libre de nitrógeno E.L.N.), minerales y recuento microbiano (mesófilos, aerófilos y coliformes totales) del lactosuero en laboratorio de Bromatología de la facultad de veterinaria de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

### **9.3. Metodología de evaluación sensorial**

Preparación de la muestra: se determinó por análisis visual las muestras más idóneas que presentaron características más agradables como sabor, color, olor y apariencia, para su análisis sensorial; de las seis muestras tratadas se tomaron cuatro, las cuales se codificaron y se pasaron a las pruebas sensoriales. Dichas muestras se colocaron en recipientes plásticos

transparentes de descarte, un vaso con agua para enjuagar el paladar previo a la prueba, una servilleta y la boleta respectiva para anotar los resultados perceptibles en la evaluación.

La boleta para la prueba sensorial contenía las siguientes ponderaciones, donde se evaluaron los atributos apariencia, color, olor y sabor según el objetivo principal de la investigación, para este caso solo se tomaron siete puntos.

Tabla No. 4: Puntuación de la escala Hedónica.

Me disgusta mucho	1
Me disgusta moderadamente	2
Me disgusta levemente	3
No me gusta ni me disgusta	4
Me gusta levemente	5
Me gusta moderadamente	6
Me gusta mucho	7

Fuente: Análisis sensorial de los alimentos

## 9.4. Metodología estadística

### 9.4.1. Prueba de T de Student Antes-después

Se evaluó las propiedades organolépticas, bacteriológicas y fisicoquímicas como proteínas, carbohidratos, grasas y cenizas del lactosuero, luego se trató el lactosuero con carbón activado y se volvió a evaluar dichas propiedades para verificar si existe diferencia estadística significativa entre los resultados.

Se utilizó prueba de T de Student mediante la metodología “antes-después”. Para realizar la prueba de verificación de hipótesis se calculó la media aritmética  $\bar{X}$  antes y después, luego la desviación estándar mediante la fórmula  $S = \sqrt{((\varepsilon d^2)/n - (\bar{A} - D))^2}$ . Luego de ello se calculó el error estándar de la diferencia con la fórmula  $\sigma \text{ dif.} = s/\sqrt{n - 1}$ . el valor de tc se obtuvo mediante la fórmula  $t_c = \bar{A} - \bar{D} / \sigma \text{ dif.}$ . La hipótesis será aceptada si el valor “tc” es menor que el valor encontrado en la tabla de “t”, de lo contrario será rechazada la hipótesis, lo cual significaría que el carbón activado incide en las características sensoriales del lactosuero.

## **10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

El carbón activado es un material derivado de biomasa que se prepara a nivel industrial para aplicaciones diversas de adsorción en una gran cantidad de compuestos muy diversos, para el estudio de tratamiento de lactosuero dulce de queso fresco se tomó en cuenta una serie de variables para determinar su factibilidad en el uso de este material filtrante, tales como la temperatura, solubilidad, contenido proteico, lactosa y colorantes, pero el aspecto más importante para su estudio fue su disponibilidad y bajo costo al ser un producto que se desecha o se le da mal uso en las queserías artesanales del país. Los resultados obtenidos permitieron adquirir una idea clara de los posibles usos del lactosuero dulce de queso fresco tratado con carbón activado en la producción y uso de alimentos, los cuales se presentan a continuación incluyendo su incidencia en el aspecto microbiológico.

### **10.1. Evaluación sensorial de muestras de lactosuero con carbón activado**

El lactosuero 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. Por otro lado, está el carbón activado, con dos características fundamentales en las que se basan las aplicaciones de este: elevada capacidad de eliminación de sustancias y baja selectividad de retención. Las propiedades adsorbentes del carbón activado no dependen solo de la superficie y la porosidad. De forma intuitiva, se puede deducir que un carbón de tipo básico será preferible para la adsorción de compuestos ácidos que un carbón de tipo ácido y viceversa.

En el presente estudio se realizó una evaluación de seis muestras con concentraciones diferentes de carbón activado y dando como resultado experimental, el rechazo a las muestras con concentraciones de 0.5% y 1.0% debido a que no presentaron cambios sustanciales en las características sensoriales olor, color y apariencia, por lo que sólo se evaluaron cuatro muestras (concentraciones %: 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0) con sus respectivos códigos. Sin embargo, cabe realzar que ciertos atributos sensoriales como el olor y el sabor del lactosuero, son atributos considerados como desagradables ante los panelistas evaluadores, estos resultados se basan en los datos tabulados obtenidos en las boletas de evaluación sensorial. A pesar,

que dichos atributos son característicos del lactosuero, provocaron desagrado no solo ante evaluadores entrenados sino también ante personas que conocen la obtención, procedencia, y tratamiento de este. A juicio del investigador, estos olores y sabores se deben a la baja reactividad del carbón activado ante los componentes del lactosuero, también a la baja concentración del carbón con respecto a la mayor concentración de compuestos que generan dichas características.

## **10.2. Evaluación estadística de las muestras de lactosuero**

La media aritmética obtenida en la evaluación sensorial revela que la muestra con mayor aceptación ha sido la del código 576, para las apreciaciones de olor, sabor, color y apariencia, con una media aritmética de 91.25, la cual se trató con 3.0% de carbón activado, siendo esta la concentración más alta. Por otro lado, la muestra con menor aceptación en dicha evaluación ha sido la de código 365 con una media aritmética de 82.25 que corresponde a una concentración de 1.5% de carbón activado.

Los resultados de la evaluación sensorial, permiten afirmar que no existe diferencia significativa entre las muestras de lactosuero y su aceptación a nivel sensorial, siendo las más determinantes las muestras con código 101 que corresponde a lactosuero dulce de queso fresco sin tratar con algún tipo de producto y la muestra con código 576 que fue la muestra tratada con una concentración de 3.0% de carbón activado. Asimismo, a estos resultados se les aplicó un análisis estadístico mediante la metodología de análisis de un mismo grupo “antes-después”, tabulándose los datos mediante la prueba de *t*-stúdent. Para realizar la prueba de verificación de hipótesis se calculó la media aritmética antes-después, luego la desviación estándar, posteriormente el error estándar de la diferencia y finalmente el valor de *t* calculado. Dicho valor se comparó con el valor crítico de *t*, que se obtuvo con *n*-1 grados de la libertad en la tabla de *t* de Student de dos colas, con lo que se determinó que el pretratamiento del lactosuero dulce de queso fresco con carbón activado no mejoró las características organolépticas, bromatológicas y microbiológicas.

Tabla 5: Análisis estadístico método de *t de Student* “Antes-Después”

Nutriente	Formulación	
	101 - A	576 - D
Agua	93.69	93.71
Extracto Etéreo (E.E)	7.74	3.78
Proteína	11.17	9.47
Cenizas	9.4	8.88
Carbohidratos (E.L.N.)	72.75	84.53

Prueba t: Dos muestras apareadas "Antes - Despues"

Resumen		Alfa		0.05				
Grupos	n	Media	Desv Estand	Error Estand	t-Student	gl	Desv típica	r
101 - A	5	38.95	41.1032316					
576 - D	5	40.074	44.9446363					
Diferencia	5	-1.124	6.15007967	2.75039924	-0.40866794	4	0.18276186	0.20019735

Prueba t

	p-valor	t-crítico	inferior	superior	sig
Una cola	0.35185791	2.13184679			no
Dos colas	0.70371583	2.77644511	-8.76033252	6.51233252	no

**Fuente: elaboración propia en base a apéndice 8 (p.57), datos de investigación 2017.**

En la tabla 5 se presenta la composición proximal de la formulación desarrollada. Puede observarse que el contenido de agua permanece estable, pues la variabilidad es de 0.02, en cuanto al componente extracto etéreo si hay una variación considerable pues en el valor “antes” es de 7.74 y en el valor “después” es de 3.78; es decir, el contenido de extracto etéreo se redujo a 48.84%. En lo referente a proteína, cabe indicar que de 11.17 se redujo a 9.47, con lo cual se evidencia que se redujo al 84.78% de la proteína inicial. En el componente cenizas, el valor inicial fue de 9,4 y el final 8.88, con lo cual se establece que se redujo al 94.47%. Es conveniente mencionar que en el componente carbohidratos, se dio un incremento de 72.75 a 84.53, por lo cual el incremento fue de 16.69%.

En lo referente al análisis estadístico de *t de Student* se evidencia que no existe diferencia estadística en cuanto a sólidos totales del lactosuero, por lo cual se concluye que se mantiene la composición proximal antes y después del tratamiento con carbón activado; es decir, el tratamiento con carbón activado no altera la composición del lactosuero, en cuanto a concentración de sólidos totales. Los resultados obtenidos coinciden con lo expresado por Víctor Hugo Pillo Santa María en su tesis titulada “Desacidificación del lactosuero ácido mediante electrodiálisis”, previo a obtener el título de Ingeniero Agroindustrial de la Universidad “Escuela Politécnica Nacional” de Quito, Ecuador.

### 10.3. Características bromatológicas

Las muestras de lactosuero tratado y sin tratar con los códigos 576 y 101 respectivamente, obtenidos de la evaluación sensorial fueron enviadas al laboratorio de Bromatología y Microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad de San Carlos de Guatemala para su análisis respectivo, obteniéndose los resultados detallados en la tabla 6 que a continuación se presenta.

Tabla 6: Resultado de análisis bromatológico del lactosuero

Formulación	Porcentaje Base Seca				
	Humedad	Carbohidratos como E.L.N	Grasa como E.E.	Proteína	Minerales como cenizas
101	93.69	72.75	7.74	11.17	9.4
576	93.71	84.53	3.78	9.47	8.88

Fuente: Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia-USAC 2017

De acuerdo con los resultados de las características bromatológicas del lactosuero tratado con carbón activado (presentados en la tabla 6), se puede observar que los carbohidratos se concentraron 11.78 % a causa de que la lactosa es bastante soluble y ocupó el lugar de componente no muy solubles que se redujeron por la capacidad de adsorción del carbón activado. En cuanto a la grasa se reporta una reducción de 3.96 % a causa de la capacidad de adsorción del carbón activado que retuvo ácidos grasos. En cuanto al componente proteína, cabe indicar que experimentan una reducción de 1.7 puntos porcentuales por lo que se puede decir que dichos componentes experimentan estabilidad molecular frente a la adsorción del carbón activado.

En cuanto a las cenizas presentes en el lactosuero vale mencionar que presentan una caída de 0.52 %, lo que indica que el carbón activado interfiere en bajo porcentaje con los minerales presentes en el lactosuero, mejorando considerablemente y permitiendo un aspecto favorable, en términos de apariencia. Tomando en cuenta, que en el análisis proximal el contenido de cenizas se tipifica como concentración de minerales, es conveniente inferir que los minerales experimentan muy poca adsorción frente al carbón activado. Aunque la caída del porcentaje de cenizas es baja, se debe tomar en consideración a una escala industrial, puesto que, representan un factor importante para cuantificar la calidad de los alimentos.

#### 10.4. Características microbiológicas

En el análisis microbiológico, se experimenta una disminución considerable de microorganismos mesófilos aeróbicos, se hace referencia a esta familia de microorganismos por su afinidad al rango de temperatura entre 20 – 45°C en presencia de oxígeno o dependientes de este, en la cuantificación de este grupo de microorganismos permite estimar de forma general la carga microbiana presente en una muestra, pueden ser gram + o gram -, y son los principales agentes etiológicos de las enfermedades transmitidas por alimentos ETA's.

En el desarrollo experimental, para realizar el proceso de tratamiento con carbón activado, la muestra fue sometida a calor con una temperatura de 85°C (358.16K) durante diez minutos, alcanzándose la pasteurización de dicha muestra que luego fue envasada en caliente previo a su análisis. Este resultado corresponde a lo establecido en la teoría, pues, la pasteurización afecta el crecimiento y la multiplicación de estos microorganismos, no obstante, la norma COGUANOR para productos lácteos determina que el conteo total de este tipo de microorganismos debe ser menor a diez unidades formadores de colonias -UFC- (<10 UFC).

La muestra de lactosuero sin tratamiento con carbón activado se obtuvo de una quesería artesanal, donde previamente es tratado con calor para obtener el queso tipo *ricota* llamado popularmente como “*requesón*” mediante el cocimiento del lactosuero y filtrado que se realiza en mantas de hilo de algodón, bajo estas condiciones de proceso los coliformes no proliferan ni crecen en el lactosuero, de acuerdo con el análisis microbiológico descrito en la tabla 7, se puede apreciar que las muestras de coliformes presentan 0 UFC/ml.

Tabla 7: Resultado de análisis microbiológico del lactosuero

Formulación	Microbiología	
	Recuento bacteriano total mesófilos aerófilos. UFC/ml	Recuento de coliformes totales UFC/ml
101	15 x 10 <sup>4</sup>	0
576	30	0

Fuente: Laboratorio de Microbiología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia - USAC 2017

Técnicamente, la multiplicación y el crecimiento microbiano se encuentran influenciados por varios factores, entre ellos los más importantes son la aireación y la temperatura. Con referencia a la temperatura, los microorganismos tienen un margen en la cual pueden multiplicarse y crecer con el objetivo de influir/afectar en la descomposición de la materia orgánica.

Tanto el efecto de la temperatura como la adsorción con carbón activado coadyuvaron a la baja presencia de microorganismos mesófilos aerófilos y coliformes totales en las muestras analizadas. Los mecanismos por los cuales los microorganismos se adhieren al carbón activado son debido a las fuerzas electrostáticas y de VanderWaals a cortas y largas distancias respectivamente, además el carbón activado presenta remociones mayores para quistes de *Cryptosporidium parvum*, por lo que se deduce que el carbón activado puede retener cualquier microorganismo que se reproduce por esporas.

También se sabe que los microorganismos alteran los constituyentes de los alimentos de forma que los estabilizan o desestabilizan permitiendo su mayor duración o deterioro, respectivamente y además, le confieren sabores característicos producidos por ellos.

## 11. CONCLUSIONES

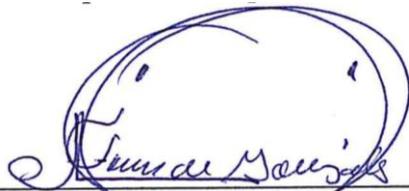
- 11.1.** Se acepta la hipótesis planteada puesto que el pretratamiento con carbón activado no mejora las características organolépticas, bromatológicas y microbiológicas del lactosuero dulce de queso fresco.
- 11.2.** La muestra con 3.0% de concentración de carbón activado presenta mejor preferencia y aceptación por parte de los panelistas evaluadores, debido a su sabor y olor (atributos desagradables propios del lactosuero), donde son eliminados parcialmente.
- 11.3.** Se establece que no existe diferencia estadística significativa para ambas muestras, según los datos suministrados por el laboratorio que realizó los análisis fisicoquímicos.
- 11.4.** En los resultados de los análisis microbiológicos, se observa baja presencia mesófilos y ninguna presencia de coliformes, en el proceso de filtración se elevó su temperatura a 85°C hasta ebullición durante un periodo aproximado de 10 minutos y al tratamiento con carbón activado el cual retiene las bacterias por su naturaleza adsortiva.

## 12. RECOMENDACIONES

- 12.1. Desarrollar otras investigaciones y pruebas, utilizando una concentración mayor al 3.0% p/v de carbón activado para determinar otros cambios en el lactosuero ya que, según el estudio realizado, el lactosuero tratado con dicha concentración elimina parcialmente el sabor y olor y una considerable reducción del extracto etéreo.
- 12.2. Realizar pruebas químicas específicas para determinar el comportamiento de las proteínas presentes en la leche de vaca tales como la  $\beta$ -lactoglobulina y  $\alpha$ -lactoalbúmina.
- 12.3. Realizar pruebas a nivel semiindustrial o de planta piloto con grandes volúmenes de lactosuero de manera continua para evaluar factibilidad industrial con el fin de evitar que este subproducto del proceso de queso fresco sea vertido a los afluentes de agua dulce.
- 12.4. Eliminar la lactosa presente en el lactosuero dulce de queso fresco puesto que podría mejorar considerablemente su aceptación ante los consumidores con intolerancia a la lactosa y dejar de ser un factor determinante de rechazo ante estas.

### 13. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 13.1. Aarón, C. (2012). *Estadística y probabilidades*. Santiago de Chile, Chile: Universidad Católica de Chile.
- 13.2. Almeida, K. E., Tamime, A. Y., & Oliveira, M. N. (Marzo de 2009). Influence of total solids contents of milk whey on the acidifying profile and viability of various lactic acid bacteria. *Food Science and Technology*, 42(2), 672-678.
- 13.3. Barrascout, G. (2010). *Reutilización del lactosuero para fortificación de galleta tipo escolar e incremento del contenido nutricional con adición de micronutrientes (vitaminas B1, B2, B6, B9, B12 y fumarato ferroso. (Tesis de Ingeniería en Alimentos)USAC. Cunsuroc. Mazatenango, Suchitepéquez, GT.*
- 13.4. Chacón Villalobos, A. (2006). Tecnología de membranas en la industria láctea. *Agronomía Mesoamericana*, 17(2), 243-264.
- 13.5. García, E. (2006). *Formulación y evaluación de la vida de anaquel y desproteínizado y saborizado con maracuyá y naranjilla*. Mazatenango, Suchitepéquez, GT.: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- 13.6. Jelen, P. (2002). Whey processing | Utilization and Products. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 28(3), 2739-2745.
- 13.7. Jiménez Soto, M. C. (2006). *Control analítico de leche entera pasteurizada en la planta de lácteos San Antonio sucursal Cuenca*. Cuenca, EC: Universidad de Cuenca.
- 13.8. Linden, G., & Lorient, D. (1996). *Bioquímica Agroindustrial: revalorización alimentaria de la producción agrícola*. (1ª. ed.). Zaragoza, ES.: Acribia.
- 13.9. Mena, P. W. (Abril de 2002). *Formulación y elaboración de dos bebidas refrescantes con base en suero dulce de queso fresco y sabores de frutas*. Recuperado el 17 de Abril de 2017, de Biblioteca Wilson Popenoe: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1523/1/AGI-2002-T027.pdf>
- 13.10. Parra Huertas, R. A. (2009). Lactosuero: importancia en la industria de alimentos. *Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 62(1), 4967-4982,.
- 13.11. Reyes, P. (1990). *Diseño de experimentos aplicados*. (3ª. ed.). México, DF.: Trillas.



Vo. Bo. Licda. Ana Teresa Cap Yes  
BIBLIOTECARIA, CUNSUROC



## 14. ANEXOS

### Anexo 1

#### BOLETAS DE EVALUACIÓN SENSORIAL



Universidad de San Carlos de Guatemala

Boleta No. \_\_\_\_\_

Centro Universitario de Sur-occidente

Cunsuroc, Mazatenango Suchitepéquez

Fecha \_\_\_\_\_

A continuación se le presentan 5 muestras de lactosuero procesado por sistemas de filtración para uso de base para alimentos.

**Instrucciones:** Marque con una X debajo del código de la muestra que esté evaluando según su apreciación. Agradecemos su valiosa colaboración.

#### COLOR

	101	365	478	264	576
Me gusta mucho					
Me gusta moderadamente					
Me gusta levemente					
No me gusta ni me disgusta					
Me disgusta levemente					
Me disgusta moderadamente					
Me disgusta mucho					

**Observaciones:**

---

---



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Centro Universitario de sur-occidente  
Cunsuroc, Mazatenango Suchitepéquez.

Boleta No. \_\_\_\_\_

Fecha \_\_\_\_\_

A continuación se le presentan 5 muestras de lactosuero procesado por sistemas de filtración para uso en base de bebidas alimenticias.

**Instrucciones:** Marque con una X debajo del código de muestra que esté evaluando según su apreciación. Agradecemos su valiosa colaboración.

### OLOR

	101	365	478	264	576
Me gusta mucho					
Me gusta moderadamente					
Me gusta levemente					
No me gusta ni me disgusta					
Me disgusta levemente					
Me disgusta moderadamente					
Me disgusta mucho					

**Observaciones:**

---

---



Universidad de San Carlos de Guatemala

Boleta No. \_\_\_\_\_

Centro Universitario de sur-occidente

Cunsuroc, Mazatenango Suchitepéquez.

Fecha \_\_\_\_\_

A continuación se le presentan 5 muestras de lactosuero procesado por sistemas de filtración para uso en base de alimentos.

**Instrucciones:** Marque con una X debajo del código de muestra que esté evaluando según su apreciación. Agradecemos su valiosa colaboración.

### SABOR

	101	365	478	264	576
Me gusta mucho					
Me gusta moderadamente					
Me gusta levemente					
No me gusta ni me disgusta					
Me disgusta levemente					
Me disgusta moderadamente					
Me disgusta mucho					

**Observaciones:**

---

---



Universidad de San Carlos de Guatemala

Boleta No. \_\_\_\_\_

Centro Universitario de sur-occidente

Cunsuroc, Mazatenango Suchitepéquez.

Fecha \_\_\_\_\_

A continuación se le presentan 5 muestras de lactosuero procesado por sistemas de filtración para uso en base de alimentos.

**Instrucciones:** Marque con una X debajo del número del código que esté evaluando según su apreciación. Agradecemos su valiosa colaboración.

### APARIENCIA

	101	365	478	264	576
Me gusta mucho					
Me gusta moderadamente					
Me gusta levemente					
No me gusta ni me disgusta					
Me disgusta levemente					
Me disgusta moderadamente					
Me disgusta mucho					

**Observaciones:**

---

---

## Anexo 2

### Tabla de valores de t.

n	1 - a							
	0.75	0.8	0.85	0.9	0.95	0.975	0.99	0.995
1	1	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.92	4.303	6.965	9.925
3	0.765	0.978	1.25	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.741	0.941	1.19	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.727	0.92	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	0.718	0.906	1.134	1.44	1.943	2.447	3.143	3.707
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.86	2.306	2.896	3.355
9	0.703	0.883	1.1	1.383	1.833	2.262	2.821	3.25
10	0.7	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	0.694	0.87	1.079	1.35	1.771	2.16	2.65	3.012
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	0.69	0.865	1.071	1.337	1.746	2.12	2.583	2.921
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.74	2.11	2.567	2.898
18	0.688	0.862	1.067	1.33	1.734	2.101	2.552	2.878
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	0.687	0.86	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.08	2.518	2.831
22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	0.685	0.858	1.06	1.319	1.714	2.069	2.5	2.807
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.06	2.485	2.787
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	0.683	0.854	1.055	1.31	1.697	2.042	2.457	2.75
40	0.681	0.851	1.05	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	0.679	0.848	1.046	1.296	1.671	2	2.39	2.66
120	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.98	2.358	2.617
∞	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.96	2.326	2.576

## 15. APÉNDICE

Apéndice 1: Valores obtenidos en el panel piloto de evaluación sensorial

Valores Numéricos		<i>Olor</i>					<i>Sabor</i>					<i>Color</i>					<i>Apariencia</i>				
Apreciación	Categoría	101	365	478	264	576	101	365	478	264	576	101	365	478	264	576	101	365	478	264	576
7	Gusta mucho	0	2	2	2	5	1	1	2	1	4	4	1	1	1	7	1	2	2	2	5
6	Gusta moderadamente	4	2	3	3	4	2	3	2	4	5	8	7	3	3	5	6	3	3	3	3
5	Gusta levemente	6	9	4	6	2	5	2	6	6	2	2	3	3	1	1	4	5	2	2	2
4	No gusta ni disgusta	5	2	6	4	3	2	5	6	6	1	0	2	5	4	3	4	4	6	5	2
3	Disgusta levemente	0	1	3	3	2	3	5	1	1	4	4	3	4	5	1	2	3	4	4	4
2	Disgusta moderadamente	0	2	0	0	1	2	2	1	0	2	0	2	1	3	0	0	1	0	2	2
1	Disgusta mucho	3	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0
		18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Valores Categóricos		<i>Olor</i>					<i>Sabor</i>					<i>Color</i>					<i>Apariencia</i>				
Apreciación	Categoría	101	365	478	264	576	101	365	478	264	576	101	365	478	264	576	101	365	478	264	576
7	Gusta mucho	0	14	14	14	35	7	7	14	7	28	28	7	7	7	49	7	14	14	14	35
6	Gusta moderadamente	24	12	18	18	24	12	18	12	24	30	48	42	18	18	30	36	18	18	18	18
5	Gusta levemente	30	45	20	30	10	25	10	30	30	10	10	15	15	5	5	20	25	10	10	10
4	No gusta ni disgusta	20	8	24	16	12	8	20	24	24	4	0	8	20	16	12	16	16	24	20	8
3	Disgusta levemente	0	3	9	9	6	9	15	3	3	12	12	9	12	15	3	6	9	12	12	12
2	Disgusta moderadamente	0	4	0	0	2	4	4	2	0	4	0	4	2	6	0	0	2	0	4	4
1	Disgusta mucho	3	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0
		77	86	85	87	90	68	74	85	88	88	98	85	75	68	100	86	84	79	78	87

Fuente: elaboración propia, 2018

Apéndice 2: Sumatoria de valores obtenidos de cada panel piloto de evaluación sensorial

		Panel Sensorial					$\Sigma$	$\bar{x}$
		<b>101</b>	<b>365</b>	<b>478</b>	<b>264</b>	<b>576</b>		
Olor		77	86	85	87	90	425	85
Sabor		68	74	85	88	88	403	81
Color		98	85	75	68	100	426	85
Apariencia		86	84	79	78	87	414	83
$\Sigma =$		329	329	324	321	365		
$\bar{x} =$		82.25	82.25	81.00	80.25	91.25		

Fuente: elaboración propia, 2018

Apéndice 3: Valores transformados obtenidos de panel piloto de evaluación sensorial según formulación

	<b>101</b>		<b>365</b>		<b>478</b>		<b>264</b>		<b>576</b>	
	<b>A</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>D</b>
Olor	29	31	31	33	31	32	31	32	30	30
Sabor	27	23	28	24	31	26	32	27	29	27
Color	33	34	31	32	29	31	27	31	32	31
Apariencia	31	32	30	31	30	30	30	30	29	31
Prueba F	0.332544259		0.065563658		0.1086736		0.759923404		0.311509611	

Fuente: elaboración propia, 2018

Apéndice 4: Valores transformados obtenidos de panel piloto de evaluación sensorial según característica sensorial

	<b>Olor</b>		<b>Sabor</b>		<b>Color</b>		<b>Apariencia</b>	
	<b>A</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>D</b>	<b>A</b>	<b>D</b>
101	25	24	24	22	29	26	27	26
365	27	26	25	23	27	25	27	25
478	27	28	27	27	25	27	26	26
264	27	28	28	29	24	27	26	27
Prueba F	0.183832		0.165796		0.214346		0.113941	

Fuente: elaboración propia, 2018

Apéndice 5: Prueba de *t-Student* sobre formulaciones

		<b>101</b>		Prueba t: Dos muestras apareadas "Antes - Después"																																										
		<b>A</b>	<b>D</b>				Alfa 0.05																																							
<b>Olor</b>	29	31	Resumen																																											
<b>Sabor</b>	27	23	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Grupos</th> <th>n</th> <th>media</th> <th>Desv Estand</th> <th>Error Estand</th> <th>t-Student</th> <th>gl</th> <th>Desv típica</th> <th>r</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>4</td> <td>29.950</td> <td>2.577</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>4</td> <td>29.810</td> <td>4.810</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diferencia</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>2.718</td> <td>1.359</td> <td>0.103</td> <td>3</td> <td>0.051</td> <td>0.059</td> </tr> </tbody> </table>								Grupos	n	media	Desv Estand	Error Estand	t-Student	gl	Desv típica	r	A	4	29.950	2.577						D	4	29.810	4.810						Diferencia	4	0	2.718	1.359	0.103	3	0.051	0.059
Grupos	n	media	Desv Estand	Error Estand	t-Student	gl	Desv típica	r																																						
A	4	29.950	2.577																																											
D	4	29.810	4.810																																											
Diferencia	4	0	2.718	1.359	0.103	3	0.051	0.059																																						
<b>Color</b>	33	34																																												
<b>Apariencia</b>	31	32																																												
<b>Prueba F</b>	0.333		Prueba t																																											
			<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>p-valor</th> <th>t-crítico</th> <th>inferior</th> <th>superior</th> <th>sig</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Una cola</td> <td>0.462</td> <td>2.353</td> <td></td> <td></td> <td>no</td> </tr> <tr> <td>Dos colas</td> <td>0.925</td> <td>3.182</td> <td>-4.185</td> <td>4.465</td> <td>no</td> </tr> </tbody> </table>								p-valor	t-crítico	inferior	superior	sig	Una cola	0.462	2.353			no	Dos colas	0.925	3.182	-4.185	4.465	no																			
	p-valor	t-crítico	inferior	superior	sig																																									
Una cola	0.462	2.353			no																																									
Dos colas	0.925	3.182	-4.185	4.465	no																																									
		<b>365</b>		Prueba t: Dos muestras apareadas "Antes - Después"																																										
		<b>A</b>	<b>D</b>				Alfa 0.05																																							
<b>Olor</b>	31	33	Resumen																																											
<b>Sabor</b>	28	24	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Grupos</th> <th>n</th> <th>media</th> <th>Desv Estand</th> <th>Error Estand</th> <th>t-Student</th> <th>gl</th> <th>Desv típica</th> <th>r</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>4</td> <td>29.990</td> <td>1.131</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>4</td> <td>29.868</td> <td>4.028</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diferencia</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>2.902</td> <td>1.451</td> <td>0.084</td> <td>3</td> <td>0.042</td> <td>0.049</td> </tr> </tbody> </table>								Grupos	n	media	Desv Estand	Error Estand	t-Student	gl	Desv típica	r	A	4	29.990	1.131						D	4	29.868	4.028						Diferencia	4	0	2.902	1.451	0.084	3	0.042	0.049
Grupos	n	media	Desv Estand	Error Estand	t-Student	gl	Desv típica	r																																						
A	4	29.990	1.131																																											
D	4	29.868	4.028																																											
Diferencia	4	0	2.902	1.451	0.084	3	0.042	0.049																																						
<b>Color</b>	31	32																																												
<b>Apariencia</b>	30	31																																												
<b>Prueba F</b>	0.066		Prueba t																																											
			<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>p-valor</th> <th>t-crítico</th> <th>inferior</th> <th>superior</th> <th>sig</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Una cola</td> <td>0.469</td> <td>2.353</td> <td></td> <td></td> <td>no</td> </tr> <tr> <td>Dos colas</td> <td>0.938</td> <td>3.182</td> <td>-4.495</td> <td>4.740</td> <td>no</td> </tr> </tbody> </table>								p-valor	t-crítico	inferior	superior	sig	Una cola	0.469	2.353			no	Dos colas	0.938	3.182	-4.495	4.740	no																			
	p-valor	t-crítico	inferior	superior	sig																																									
Una cola	0.469	2.353			no																																									
Dos colas	0.938	3.182	-4.495	4.740	no																																									
		<b>478</b>		Prueba t: Dos muestras apareadas "Antes - Después"																																										
		<b>A</b>	<b>D</b>				Alfa 0.05																																							
<b>Olor</b>	31	32	Resumen																																											
<b>Sabor</b>	31	26	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Grupos</th> <th>n</th> <th>media</th> <th>Desv Estand</th> <th>Error Estand</th> <th>t-Student</th> <th>gl</th> <th>Desv típica</th> <th>r</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A</td> <td>4</td> <td>29.992</td> <td>1.004</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>4</td> <td>29.931</td> <td>2.962</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Diferencia</td> <td>4</td> <td>0</td> <td>3.459</td> <td>1.730</td> <td>0.036</td> <td>3</td> <td>0.018</td> <td>0.021</td> </tr> </tbody> </table>								Grupos	n	media	Desv Estand	Error Estand	t-Student	gl	Desv típica	r	A	4	29.992	1.004						D	4	29.931	2.962						Diferencia	4	0	3.459	1.730	0.036	3	0.018	0.021
Grupos	n	media	Desv Estand	Error Estand	t-Student	gl	Desv típica	r																																						
A	4	29.992	1.004																																											
D	4	29.931	2.962																																											
Diferencia	4	0	3.459	1.730	0.036	3	0.018	0.021																																						
<b>Color</b>	29	31																																												
<b>Apariencia</b>	30	30																																												
<b>Prueba F</b>	0.109		Prueba t																																											
			<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>p-valor</th> <th>t-crítico</th> <th>inferior</th> <th>superior</th> <th>sig</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Una cola</td> <td>0.487</td> <td>2.353</td> <td></td> <td></td> <td>no</td> </tr> <tr> <td>Dos colas</td> <td>0.974</td> <td>3.182</td> <td>-5.443</td> <td>5.566</td> <td>no</td> </tr> </tbody> </table>								p-valor	t-crítico	inferior	superior	sig	Una cola	0.487	2.353			no	Dos colas	0.974	3.182	-5.443	5.566	no																			
	p-valor	t-crítico	inferior	superior	sig																																									
Una cola	0.487	2.353			no																																									
Dos colas	0.974	3.182	-5.443	5.566	no																																									

Fuente: elaboración propia, 2018

... continuación

<b>264</b>		Prueba t: Dos muestras apareadas "Antes - Después"								
<b>A</b>	<b>D</b>	Resumen		Alpha		0.05				
<b>Olor</b>	31 32	<i>Grupos</i>	<i>n</i>	<i>media</i>	<i>Desv Estand</i>	<i>Error Estand</i>	<i>t-Student</i>	<i>gl</i>	<i>Desv típica</i>	<i>r</i>
<b>Sabor</b>	32 27	A	4	29.971	1.942					
<b>Color</b>	27 31	D	4	29.957	2.353					
<b>Apariencia</b>	30 30	Diferencia	4	0	3.563	1.781	0.008	3	0.004	0.005
<b>Prueba F</b>	0.760	Prueba t								
			<i>p-valor</i>	<i>t-crítico</i>	<i>inferior</i>	<i>superior</i>	<i>sig</i>			
		Una cola	0.497	2.353			no			
		Dos colas	0.994	3.182	-5.655	5.683	no			

<b>576</b>		Prueba t: Dos muestras apareadas "Antes - Después"								
<b>A</b>	<b>D</b>	Resumen		Alpha		0.05				
<b>Olor</b>	30 30	<i>Grupos</i>	<i>n</i>	<i>media</i>	<i>Desv Estand</i>	<i>Error Estand</i>	<i>t-Student</i>	<i>gl</i>	<i>Desv típica</i>	<i>r</i>
<b>Sabor</b>	29 27	A	4	29.991	1.072					
<b>Color</b>	32 31	D	4	29.967	2.060					
<b>Apariencia</b>	29 31	Diferencia	4	0	1.933	0.966	0.026	3	0.013	0.015
<b>Prueba F</b>	0.312	Prueba t								
			<i>p-valor</i>	<i>t-crítico</i>	<i>inferior</i>	<i>superior</i>	<i>sig</i>			
		Una cola	0.491	2.353			no			
		Dos colas	0.981	3.182	-3.051	3.101	no			

Fuente: elaboración propia, 2018

Apéndice 6: Prueba de t-Student sobre características sensoriales

	Olor	
	A	D
101	25	24
365	27	26
478	27	28
264	27	28
576	27	28

Prueba t: Dos muestras apareadas "Antes - Despues"

Resumen		Alfa		0.05				
Grupos	n	Media	Desv Estand	Error Estand	t-Student	gl	Desv típica	r
A	5	26.5578	0.8249					
D	5	26.5334	1.7194					
Diferencia	5	0	1.0582	0.4732	0.0516	4	0.0231	0.0258

Prueba F | 0.183832

Prueba t

	p-valor	t-crítico	inferior	superior	sig
Una cola	0.4807	2.1318			no
Dos colas	0.9613	2.7764	-1.2895	1.3383	no

	Sabor	
	A	D
101	24	22
365	25	23
478	27	27
264	28	29
576	28	31

Prueba t: Dos muestras apareadas "Antes - Despues"

Resumen		Alfa		0.05				
Grupos	n	Media	Desv Estand	Error Estand	t-Student	gl	Desv típica	r
A	5	26.5366	1.6360					
D	5	26.4333	3.5278					
Diferencia	5	0	2.0107	0.8992	0.1149	4	0.0514	0.0574

Prueba F | 0.1657963

Prueba t

	p-valor	t-crítico	inferior	superior	sig
Una cola	0.4570	2.1318			no
Dos colas	0.9140	2.7764	-2.3933	2.6000	no

Fuente: elaboración propia, 2018

... continuación

	<b>Color</b>	
	<b>A</b>	<b>D</b>
<b>101</b>	29	26
<b>365</b>	27	25
<b>478</b>	25	27
<b>264</b>	24	27
<b>576</b>	29	28

**Prueba F** | 0.214346

	<b>Apariencia</b>	
	<b>A</b>	<b>D</b>
<b>101</b>	27	26
<b>365</b>	27	25
<b>478</b>	26	26
<b>264</b>	26	27
<b>576</b>	27	29

**Prueba F** | 0.1139407

**Prueba t: Dos muestras apareadas "Antes - Despues"**

Resumen		Alpha		0.05					
<i>Grupos</i>	<i>n</i>	<i>Media</i>	<i>Desv Estand</i>	<i>Error Estand</i>	<i>t-Student</i>	<i>gl</i>	<i>Desv típica</i>	<i>r</i>	
A	5	26.5060	2.3660						
D	5	26.5502	1.1951						
Diferencia	5	0	2.3120	1.0340	-0.0427	4	0.0191	0.0213	

**Prueba t**

	<i>p-valor</i>	<i>t-crítico</i>	<i>inferior</i>	<i>superior</i>	<i>sig</i>
Una cola	0.4840	2.1318			no
Dos colas	0.9680	2.7764	-2.9149	2.8266	no

**Prueba t: Dos muestras apareadas "Antes - Despues"**

Resumen		Alpha		0.05					
<i>Grupos</i>	<i>n</i>	<i>Media</i>	<i>Desv Estand</i>	<i>Error Estand</i>	<i>t-Student</i>	<i>gl</i>	<i>Desv típica</i>	<i>r</i>	
A	5	26.5598	0.7085						
D	5	26.5346	1.7206						
Diferencia	5	0	1.6926	0.7569	0.0332	4	0.0148	0.0166	

**Prueba t**

	<i>p-valor</i>	<i>t-crítico</i>	<i>inferior</i>	<i>superior</i>	<i>sig</i>
Una cola	0.4876	2.1318			no
Dos colas	0.9751	2.7764	-2.0765	2.1268	no

Fuente: elaboración propia, 2018

## Apéndice 7: Criterio de exclusión

### Criterio de exclusión

---

$p\text{-valor} \leq \text{nivel de significancia}$ , se rechaza hipótesis nula

$p\text{-valor} > \text{nivel de significancia}$ , se acepta hipótesis nula

---

---

$H_0$		las varianzas son iguales
$H_a$		las varianzas son distintas





FACULTAD DE MEDICINA  
VETERINARIA Y ZOOTECNIA

DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGÍA  
TEL. PBX 24188000, ext. 84185

**INFORME RESULTADOS DE LABORATORIO**

Remitente: Sr. Max Eliseo Rodríguez Centro Universitario de Sur Occidente Cunsuroc Mazatenango, Suchitepéquez	Protocolo No. 616/17 Fecha de Recepción: Agosto 24 de 2017	
Muestra: Lacto suero de queso fresco 101 Propietario:	Análisis Solicitado: Bacteriológico	
<b>Resultado:</b>		
Recuento Bacteriano Total:	15 x 10 <sup>4</sup> UFC/ml	
Recuento de Coliformes:	0 UFC/ml	
Fecha de Entrega Septiembre 1 de 2017	Sección: Bacteriología	Firma y Sello Responsable:

Dra. Jacqueline Escobar Muñoz  
Coordinadora  
Departamento de Microbiología





FACULTAD DE MEDICINA  
VETERINARIA Y ZOOTECNIA

DEPARTAMENTO DE MICROBIOLOGÍA  
TEL. PBX 24188000, ext. 84185

**INFORME RESULTADOS DE LABORATORIO**

Remitente:		Protocolo No. 618/17
Sr. Max Eliseo Rodríguez		Fecha de Recepción:
Centro Universitario de Sur Occidente		Agosto 24 de 2017
Cunsuroc		
Mazatenango, Suchitepéquez		
Muestra:		Análisis Solicitado:
Lacto suero de queso fresco		Bacteriológico
Tratado con carbón activado 576		
Propietario:		
<b><u>Resultado:</u></b>		
Recuento Bacteriano Total:	30	UFC/ml
Recuento de Coliformes:	0	UFC/ml
Fecha de Entrega	Sección:	Firma y Sello
Septiembre 1 de 2017	Bacteriología	Responsable:

Dra. Jacqueline Escobar Muñoz  
Coordinadora  
Departamento de Microbiología



## 16. GLOSARIO

**Adsorción:** proceso por el cual, átomos, iones o moléculas son atrapados o retenidos en la superficie de un material en contraposición a la absorción, que es un fenómeno de volumen.

**Amarronamiento:** proceso en el cual una sustancia toma un color parecido al marrón por acción de actividades biológicas o físicas como el calor o acción enzimática.

**BTEX:** es un acrónimo que significa benceno, tolueno, etilbenceno y xileno. Estos compuestos forman parte de los compuestos orgánicos volátiles que se encuentran en los derivados del petróleo, tales como la gasolina. El tolueno, el etilbenceno y el xileno producen efectos nocivos sobre el sistema nervioso central.

**Carbón activado:** es un término genérico que describe una familia de adsorbentes carbonícos altamente cristalinos y con una porosidad interna altamente desarrollada.

**Caseína:** fosfoproteína presente en la leche y en algunos de sus derivados. En la leche se encuentra en la fase soluble asociada al calcio (fosfato de calcio) en un complejo que se ha denominado caseinógeno.

**Cuajo:** nombre de varias enzimas proteolíticas de acción similar a la de los extractos del estómago de los rumiantes. Se emplea en la elaboración de quesos.

**DBO:** demanda bioquímica de oxígeno; Parámetro que mide la cantidad de oxígeno consumido al degradar la materia susceptible de ser consumida u oxidada por medios biológicos que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión. Se utiliza para medir el grado de contaminación, normalmente se mide transcurridos 5 días de reacción ( $DBO_5$ ) y se expresa en mg de oxígeno diatómico por litro ( $mgO_2/l$ ). El método de ensayo se basa en medir el oxígeno consumido por una población microbiana en condiciones en las que se ha inhibido los procesos fotosintéticos de producción de oxígeno en condiciones que favorecen el desarrollo de microorganismos.

**Deslactosado:** proceso por el cual la lactosa presente en la leche de vaca se degrada en sus disacáridos principales glucosa y galactosa por acción de una enzima agregada, lactasa, con el fin de mejorar aspectos nutricionales.

**DQO:** demanda química de oxígeno; Es un parámetro que mide la cantidad de sustancias susceptibles de ser oxidadas por medios químicos que hay disueltas o en suspensión en una muestra líquida. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro ( $\text{mgO}_2/\text{l}$ ).

**Fosfolípidos:** son tipos de lípidos anfipáticos compuestos por una molécula de glicerol, a la que se le unen dos ácidos grasos y un grupo fosfato.

**Holoproteína:** proteínas simples que solo tienen aminoácidos en su composición, en contraposición a una heteroproteína o proteína conjugada.

**Humoral:** relativo a líquidos del cuerpo, la inmunidad humoral es el principal mecanismo de defensa contra los microorganismos extracelulares y sus toxinas, en el cual, los componentes del sistema inmunitario que atacan a los antígenos, no son las células directamente sino son macromoléculas, como anticuerpos o proteínas del sistema del complemento.

**Lactasa:** un tipo de  $\beta$ -galactosidasa, es una enzima producida en el intestino delgado y que se sintetiza durante la infancia de todos los mamíferos. Su acción es imprescindible en el proceso de conversión de la lactosa en sus componentes glucosa y galactosa.

**Lactosa:** azúcar presente en la leche de los mamíferos, a la que comunica su sabor dulce, se emplea en la industria farmacológica y en alimentación.

**Lactosuero:** líquido translúcido verde obtenido después de la precipitación de la caseína por separación del coágulo de la leche en la elaboración de queso.

**Mesóporos:** distribución del tamaño de los poros o radios polares del carbón activado, de esta forma los carbones activados mesóporos tiene una distribución del radio polar entre 2 a 50 nanómetros.

**Overrum:** vocablo de la lengua inglesa que denota invasión o inundación.

**Polaridad:** propiedad de las moléculas que representa la separación de las cargas eléctricas en la misma molécula. Esta propiedad está íntimamente relacionada con otras propiedades como la solubilidad, el punto de fusión, el punto de ebullición, las fuerzas intermoleculares etc.

**Renina:** es una enzima proteasa aspártica encontrada en el cuajo. Es producida por las vacas en el abomaso (la cuarta y última cámara del estómago).

**Sinéresis:** separación de las fases que componen una suspensión o mezcla. Es la extracción o expulsión de un líquido de un gel, por lo que el gel pasa de ser una sustancia homogénea a una segregación de componentes sólidos separados y contenidos en la fase líquida. Como ejemplo, la separación en suero y cuajada de la leche cortada.

**Ultrafiltración:** tipo de filtración por membranas en la cual la presión hidrostática fuerza un líquido contra una membrana semipermeable.

**Wpc:** siglas en Inglés para denominar los concentrados de proteína de lactosuero.



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Mazatenango, 4 de Noviembre de  
2019

Comisión de trabajo de graduación

Carrera de ingeniería en Alimentos

CUNCUROC-USAC

Presente:

Estimados profesionales, reciban un cordial saludo deseándoles éxitos en sus labores cotidianas.

Por este medio hacemos constar, que como evaluadores de seminario 2 del estudiante Max Eliseo Rodríguez Mazariegos, carné # 8540237 hemos finalizado el proceso de revisión del trabajo titulado "Evaluación del efecto filtrante de carbón activado en las características organolépticas, químico proximal y microbiológica en el lactosuero dulce, obtenido de la elaboración del queso fresco", el cual fue corregido de acuerdo a las sugerencias hechas por esta terna.

En virtud de lo anterior, consideramos que el estudiante Max Eliseo Rodríguez Mazariegos, puede continuar con el proceso establecido para los trabajos de graduación.

Sin otro particular, nos es grato suscribirnos de ustedes,

Atentamente,

Inga. Carolina Estrada

Inga. Alma Liliana Esquit Donis

Inga. Dora Emilia Rodas Álvarez

Terna Evaluadora.

cc. Archivo.

Mazatenango, 06 de noviembre de 2019.



M. Sc. Víctor Nájera Toledo  
Coordinador carrera de Ingeniería en Alimentos.  
CUNSUROC –USAC–.  
Presente.

Le escribo cordialmente, deseándole éxitos en sus labores diarias.

El motivo de la presente, es para informarle que la comisión de trabajo de graduación ha recibido el informe revisado de los asesores nombrados y las correcciones correspondientes de la terna evaluadora de la evaluación de seminario II, del Trabajo de Graduación titulado: **“Evaluación del efecto filtrante del carbón activado en las características organolépticas, químico proximal y microbiológicas del lactosuero dulce obtenido de la elaboración del queso fresco”**, del (la) estudiante: **Max Eliseo Rodríguez Mazariegos**, identificado (a) con número de carné: **8540237**.

El documento antes mencionado presenta los requisitos establecidos de redacción y corrección, para que proceda con los trámites correspondientes.

Deferentemente.

Ing. Marvin Manolo Sánchez López.  
Secretario de comisión de Trabajo de Graduación.





**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Mazatenango, Octubre de 2019

Comisión de trabajo de graduación  
Carrera de ingeniería en Alimentos  
CUNCUROC-USAC

Estimados profesionales, reciban un cordial saludo deseándoles éxitos en sus labores cotidianas, aprovechamos la oportunidad para informarles que hemos procedido a revisar las modificaciones del trabajo de graduación del estudiante Max Eliseo Rodríguez Mazariegos, carné # 8540237 titulado "Evaluación del efecto filtrante de carbón activado en las características organolépticas, químico-proximal y microbiológicas de lactosuero dulce obtenido de la elaboración del queso fresco,".

Sin otro particular, nos es grato suscribirnos de ustedes,

Atentamente,

M.Sc. Edgar del Cid Chacón  
Asesor principal

PhD. Marco Antonio del Cid Flores  
Asesor adjunto

cc. Archivo.



Mazatenango, 06 de noviembre de 2019.

Dr. Guillermo Vinicio Tello Cano.  
Director del Centro Universitario del sur Occidente.  
CUNSUROC –USAC–.  
Presente.

Le escribo cordialmente, deseándole éxitos en sus labores diarias.

De conformidad con el cumplimiento de mis funciones, como Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Alimentos del Centro Universitario del Suroccidente – CUNSUROC-, de la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC–, he tenido a bien revisar el informe de trabajo de gradación titulado: **“Evaluación del efecto filtrante del carbón activado en las características organolépticas, químico proximal y microbiológicas del lactosuero dulce obtenido de la elaboración del queso fresco”**. El cual ha sido presentado por el (la) estudiante: **Max Eliseo Rodríguez Mazariegos**, quien se identifica con número de carné: **8540237**.

El documento antes mencionado llena los requisitos necesarios para optar al título de Ingeniero en Alimentos. En el grado académico de licenciado, por lo que solicito la autorización del imprímase.

Deferentemente.



M. Sc. Víctor Manuel Nájera Toledo

Coordinador

Carrera de Ingeniería en Alimentos.



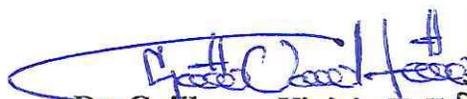
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUR OCCIDENTE  
MAZATENANGO, SUCHITEPEQUEZ  
DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO

### CUNSUROC/USAC-I-01-2020

DIRECCION DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,  
Mazatenango, Suchitepéquez, veintitrés de enero de dos mil veinte\_\_\_\_\_

Encontrándose agregados al expediente los dictámenes del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN TITULADO: “EVALUACIÓN DEL EFECTO FILTRANTE DE CARBÓN ACTIVADO EN LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS, QUÍMICO PROXIMAL Y MICROBIOLÓGICAS EN EL LACTOSUERO DULCE OBTENIDO DE LA ELABORACIÓN DEL QUESO FRESCO”, del estudiante: TPA. Max Eliseo Rodríguez Mazariegos, carné 8540237 CUI: 1671 21812 1001 de la carrera Ingeniería en Alimentos.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Dr. Guillermo Vinicio Tello  
Director



/gris