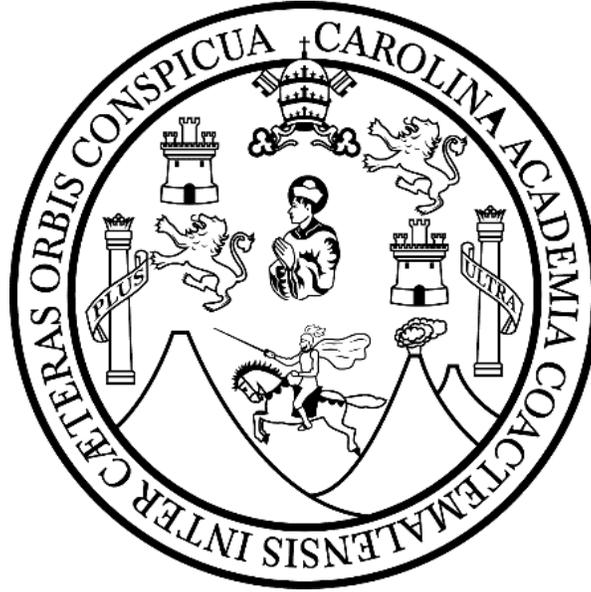


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE  
INGENIERÍA EN ALIMENTOS**



**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**ELABORACIÓN DE QUESO DE CAPAS UTILIZANDO COMO AGENTE DE CUAJO,  
UNA MEZCLA DE RENINA Y EXTRACTO DE BROMELINA DEL EPICARPIO DE  
LA PIÑA VARIEDAD CAYENA LISA (*Ananas comosus*)**

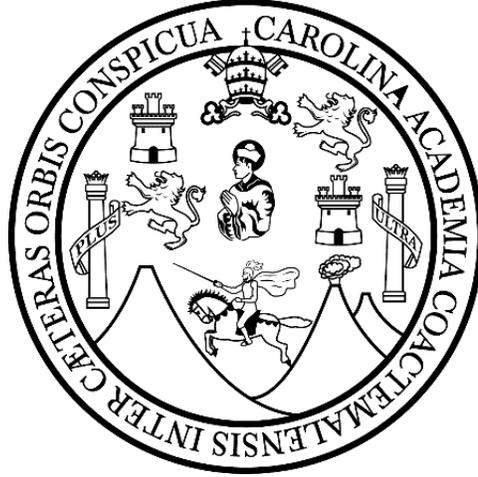
**POR: DIANA LUCÍA DOMÍNGUEZ DÍAZ**

**CARNÉ: 201340980**

**CORREO ELECTRÓNICO: dianadominguez1314@hotmail.com**

**MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ, AGOSTO 2023**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE  
INGENIERÍA EN ALIMENTOS



TRABAJO DE GRADUACIÓN

ELABORACIÓN DE QUESO DE CAPAS UTILIZANDO COMO AGENTE DE CUAJO,  
UNA MEZCLA DE RENINA Y EXTRACTO DE BROMELINA DEL EPICARPIO DE LA  
PIÑA VARIEDAD CAYENA LISA (*Ananas comosus*)

POR: DIANA LUCÍA DOMÍNGUEZ DÍAZ

CARNÉ: 201340980

CORREO ELECTRÓNICO: dianadominguez1314@hotmail.com

ASESOR PRINCIPAL: MSc. VÍCTOR MANUEL NÁJERA TOLEDO

ASESOR ADJUNTO: Q. B. GLADYS FLORISELDA CALDERÓN CASTILLA

MAZATENANGO, SUCHITEPÉQUEZ, AGOSTO 2023

## **CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis                      Rector

Lic. Luis Fernando Cordón Lucero                      Secretario General

## **MIEMBROS DEL CONSEJO DIRECTIVO DEL CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

M.A. Luis Carlos Muñoz López                      Director en Funciones

## **REPRESENTANTE DE PROFESORES**

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón                      Vocal

## **REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC**

Lic. Vílser Josvin Ramírez Robles                      Vocal

## **REPRESENTANTES ESTUDIANTILES**

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel                      Vocal

PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís                      Vocal

## **COORDINACIÓN ACADÉMICA**

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar  
Coordinador Académico

Dr. Álvaro Estuardo Gutierrez Gamboa  
Coordinador Carrera Licenciatura en Administración de Empresas

M.A. Edín Aníbal Ortiz Lara  
Coordinador Carrera de Licenciatura en Trabajo Social

Dr. Nery Edgar Saquimux Canastuj  
Coordinador de las Carreras de Pedagogía

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo  
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

Dr. Mynor Raúl Otzoy Rosales  
Coordinador Carrera Ingeniería Agronomía Tropical

MSc. Karen Rebeca Pérez Cifuentes  
Coordinadora Carrera Ingeniería en Gestión Ambiental Local

MSc. Tania María Cabrera Ovalle  
Coordinadora Carrera de Licenciatura en Ciencias Jurídicas y Sociales  
Abogacía y Notariado

Lic. José Felipe Martínez Domínguez  
Coordinador de Área

### **CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA**

Lic. Néstor Fridel Orozco Ramos  
Coordinador de las carreras de Pedagogía

M.S. Juan Pablo Ángeles Lam  
Coordinador Carrera Periodista Profesional y  
Licenciatura en Ciencias de la Comunicación

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS:**

Por ser mi guía y fuente de fortaleza

### **A MIS PADRES:**

Erika por su apoyo, ser guía y ejemplo, y Erdwin por su apoyo incondicional

### **A MIS ABUELITAS:**

Mamita Mayta y abuelita Marta Q. E. P. D. por sus sabios consejos y ejemplo de perseverancia

### **HERMANA:**

Jennike María por su amor y acompañamiento

### **TIAS:**

Mónica, Rafaela y Yasi por siempre estar presente en los momentos más trascendentales

### **A MI NOVIO:**

Sergio M. por brindarme sus consejos, amor y paciencia

### **AMIGOS DE UNIVERSIDAD:**

Fabiola S., Mishel M., Oscar A., y María S. por hacer de mi experiencia universitaria una de las mejores etapas de mi vida

### **AMIGOS DE LA VIDA:**

Dulce L., Karla S., Elvira C., Keyri C. y Gloria S., quienes me han acompañado en distintos andares de la vida y me han proporcionado su apoyo incondicional

### **A MIS SEGUNDOS PADRES:**

Carlota S. acogiéndome en la ciudad de Mazatenango con el cariño de madre, y Gabriel O., quién sin dudarle siempre estuvo para mi

### **A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO:**

Por brindarme su apoyo y acompañamiento en mi etapa de desarrollo profesional

### **A MIS CATEDRATICOS:**

Inga. Silvia G., Inga. Lilian S., Licda. Gladys C. y MSc. Mynor C., por compartir su conocimiento y aportar en la formación que hoy tengo

## INDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	1
2.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
3.	JUSTIFICACIÓN .....	3
4.	MARCO TEÓRICO.....	4
4.1.	Antecedentes investigativos .....	4
4.2.	Morfología de la piña ( <i>Ananas comosus</i> ).....	5
4.2.1.	Variedad Cayena lisa.....	6
4.2.2.	Composición nutricional de la piña ( <i>Ananas comosus</i> ).....	6
4.3.	Enzimas .....	7
4.3.1.	Enzimas proteolíticas o proteasas .....	8
4.3.2.	Bromelina en la piña .....	8
4.4.	El cuajo .....	10
4.4.1.	Fuerza del cuajo .....	10
4.4.2.	Tipos de coagulantes .....	11
4.5.	Fases de la acción enzimática del cuajo sobre la caseína .....	11
4.6.	El queso .....	12
4.6.1.	Clasificación de quesos .....	13
4.6.2.	Composición de la leche para la elaboración de queso .....	14
4.7.	Etapas de elaboración de queso de capas .....	15
4.7.1.	Normalización .....	15
4.7.2.	Pasteurización.....	15
4.7.3.	Coagulación.....	16
4.7.4.	Desuerado.....	16
4.7.5.	Prensado .....	16
4.7.6.	Maduración.....	16
4.8.	Evaluación sensorial .....	17
4.8.1.	Método de respuesta objetiva.....	17

4.8.2.	Método de respuesta subjetiva .....	18
4.8.3.	Análisis de varianza de bloques al azar.....	19
5.	OBJETIVOS .....	20
5.1.	General.....	20
5.2.	Específicos.....	20
6.	HIPÓTESIS.....	21
7.	METODOLOGÍA.....	22
7.1.	Recursos humanos .....	22
7.2.	Extracción de bromelina por precipitación (Método de Ketnawa, 2011).....	22
7.2.1.	Recursos físicos.....	22
7.2.2.	Recursos materiales.....	22
7.2.3.	Procedimiento de extracción de bromelina por precipitación (Método de Ketnawa, 2011):.....	23
7.3.	Preparación de las mezclas de renina con extracto de bromelina.....	25
7.3.1.	Recurso físicos .....	25
7.3.2.	Recursos materiales.....	25
7.3.3.	Procedimiento.....	25
7.4.	Elaboración de queso de capas .....	26
7.4.1.	Recurso físico.....	26
7.4.2.	Recursos materiales.....	27
7.4.3.	Procedimiento.....	27
7.5.	Elaboración de panel sensorial queso de capas .....	28
7.5.1.	Recursos físicos.....	28
7.5.2.	Recursos materiales.....	28
7.5.3.	Procedimiento.....	29
7.5.4.	Evaluación sensorial aplicando el método de respuesta objetiva.....	29
8.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	33
8.1.	Resultados de la obtención de bromelina en piña ( <i>Ananas comosus</i> ).....	33
8.2.	Resultados del rendimiento de cuajada .....	33
8.3.	Resultados de la evaluación sensorial .....	36
8.3.1.	Primer panel sensorial .....	36

8.3.2. Segundo panel sensorial .....	37
8.4. Determinación de la aceptabilidad mediante escala hedónica.....	38
9. CONCLUSIONES .....	40
10. RECOMENDACIONES.....	41
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
12. ANEXO.....	45
13. APÉNDICE.....	48
14. GLOSARIO .....	57

#### INDICE DE TABLA

Tabla 1 Clasificación del método de respuesta objetiva.....	19
Tabla 2 Clasificación del método de respuesta subjetiva .....	20
Tabla 3 Porcentaje de las muestras de renina con bromelina extraída .....	27
Tabla 4 Valoración numérica según escala hedónica de 7 puntos.....	31
Tabla 5 Tabulación de datos obtenidos de la evaluación sensorial .....	32
Tabla 6 Fórmulas de análisis de bloques al azar.....	33
Tabla 7 Comportamiento de rendimiento del extracto de seis piñas ( <i>Ananas comosus</i> )	34
Tabla 8 Comportamiento del rendimiento de cuajada en cada formulación .....	36
Tabla 9 Resultados estadístico de la primera evaluación sensorial al queso de capas ...	37
Tabla 10 Resultados estadístico del segunda evaluación sensorial al queso de capas....	38
Tabla 11 Comparación de resultados promedio hedónico del primer y segundo panel sensorial.....	39

#### INDICE DE FÓRMULAS

Fórmula 1 Determinación del porcentaje de rendimiento teórico de cuajada (Lucey & Kelly, 1,994) .....	34
Fórmula 2 Determinación porcentual de rendimiento práctico del queso de capas (Lucey & Kelly, 1,994) .....	35

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Diagrama de flujo para la obtención del extracto de bromelina .....	46
Anexo 2 Diagrama de flujo elaboración de queso de capas .....	47
Anexo 3 Tabla de grados de libertad, análisis de varianza de bloques al azar .....	48

## INDICE DE APÉNDICES

Apéndice 1 Resultados del primer panel sensorial atributo color.....	49
Apéndice 2 Resultados del primer panel sensorial atributo olor .....	50
Apéndice 3 Resultados del primer panel sensorial atributo sabor .....	51
Apéndice 4 Resultados del primer panel sensorial atributo textura.....	52
Apéndice 5 Resultados del segundo panel sensorial para el atributo color .....	53
Apéndice 6 Resultados del segundo panel sensorial para el atributo olor .....	54
Apéndice 7 Resultados del segundo panel sensorial para el atributo sabor.....	55
Apéndice 8 Resultados del segundo panel sensorial para el atributo textura .....	56
Apéndice 9 Resultados de escala hedónica del primer panel sensorial de queso de capas empleando bromelina y renina en diferentes formulaciones .....	57
Apéndice 10 Resultados de escala hedónica del segundo panel sensorial de queso de capas empleando bromelina y renina en diferentes formulaciones .....	57

## RESUMEN

En la presente investigación se elaboró queso de capas utilizando una mezcla de cuajo a partir de renina y extracto de bromelina del epicarpio de piña variedad Cayena lisa (*Ananas comosus*). Para la obtención del extracto de la enzima bromelina se procesaron seis piñas por medio del método experimental por precipitado (Ketnawa, 2011); se obtuvo un promedio de 93.67 ml de extracto de bromelina a partir de una cantidad de 2.27 kg de epicarpio de la fruta.

Se determinaron formulaciones de renina y extracto de bromelina, teniendo la capacidad de coagular la caseína para elaborar queso de capas, utilizando leche de vaca estandarizada.

Como resultado de la fase experimental, se demostró que la muestra 2, que contiene 0.25 ml de renina y 0.75 ml de extracto de bromelina, fue la de mejor rendimiento práctico con 17.21%; y la muestra 5, que contiene 1.0 ml de extracto de bromelina únicamente, fue la segunda de mejor rendimiento práctico con un 14.20%, comparado con el rendimiento teórico de 42.30%.

Para evaluar la aceptabilidad sensorial, se evaluaron las cinco muestras formuladas por medio de quince panelistas en dos rondas de evaluación sensorial, utilizando el método descriptivo de escala hedónica de 7 puntos; se tuvo como resultado que la muestra 3, que contiene 0.50 ml de renina y 0.50 extracto de bromelina, obtuvo la mayor aceptabilidad en la evaluación sensorial, con un promedio de 6 puntos para ambas rondas y apreciación sensorial de “Me gusta mucho”.

Utilizando el método de análisis estadístico de bloques al azar, se determinó que, el olor en el queso de capas es el único atributo que es común entre las distintas muestras presentadas, contrarios a los atributos color, sabor y textura, que sí denotan una diferencia estadísticamente significativa.

## ABSTRACT

This research is about layered cheese, it was made using a mixture of coagulant from renin and bromelain, extracted from the epicarp of Cayena lisa pineapple variety (*Ananas comosus*). Six pineapples were processed to get the bromelain enzyme extract, it was using the experimental method by precipitation (Ketnawa, 2011); an average of 93.67 ml of bromelain extract was obtained from 2.27 kg of fruit epicarp.

Formulations of coagulant mixture were determined (renin and bromelain extract), it was having the ability to coagulate casein to obtain layered cheese, using standardized cow's milk.

The result of the experimental phase, shown that the sample 2, which contains 0.25 ml of renin and 0.75 ml of bromelain extract, had the best practical performance with 17.21%; and the sample 5, which contains 1.0 ml of bromelain extract only, was the second with the best practical performance of 14.20%, compared with the theoretical performance of 42.30%.

For the sensory acceptability assessment, the five formulated samples were evaluated by fifteen panelists in two rounds of sensory evaluation, using the 7-point hedonic scale descriptive method; The result was that mixture 3, which contains 0.50 ml of renin and 0.50 bromelain extract, obtained the highest acceptability in the sensory evaluation, with an average score of 6 points for both rounds and sensory appreciation of "I like it very much".

Using the randomized block statistical analysis method, it was determined that smell in layered cheese is the only attribute that is common among the different samples presented, contrary of color, flavor, and texture attributes, which do show a statistically significant difference.

## INTRODUCCIÓN

La enzima bromelina tiene la capacidad de fraccionar a las proteínas causando una ruptura en los enlaces químicos con la introducción de una molécula de agua, acelerando así la velocidad de esta reacción química, por lo tanto, la bromelina puede fraccionar a la caseína, proteína obtenida de la leche de vaca, formando caseinato de calcio conocido como cuajada. Este principio bioquímico es de suma importancia en la presente investigación experimental, ya que se extrajo la enzima bromelina del epicarpio de la piña, variedad Cayena Lisa (*Ananas comosus*), empleando el método de extracción por precipitación Ketnawa (2011).

A partir del extracto de bromelina, se formularon mezclas de cuajo con renina que posteriormente se utilizaron como coagulante para la elaboración de queso de capas. Se identificó que la muestra 5 (utilizando como cuajo 100% extracto de bromelina), produjo un rendimiento práctico de 14.20%, comparado con el teórico de 42.30%, siendo la tercer mejor alternativa de mezcla para la producción de queso de capas; sin embargo, la muestra 3 (utilizando como cuajo 50% extracto de bromelina y 50% renina), fue la de mayor puntuación en la escala hedónica de evaluación sensorial, con un promedio de seis puntos y una percepción de “Me gusta mucho”. Asimismo, se empleó el método de análisis estadístico de varianza de bloques al azar, encontrando que el olor es el único atributo que no difiere entre las diferentes muestras, mientras que los atributos sensoriales de color, sabor y textura, sí presentaron diferencia estadística.

El proceso descrito anteriormente se llevó a cabo como parte de la investigación experimental, realizándola en las instalaciones del laboratorio de Química y Planta Piloto del Centro Universitario de Suroccidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala, y en un laboratorio sensorial externo.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La industria alimentaria en Guatemala, está generando miles de toneladas métricas de desechos orgánicos como subproductos en las líneas de fabricación, los cuales no reciben ningún proceso de transformación y aprovechamiento, considerados como productos de descarte. Estos desechos están generando un impacto negativo al medio ambiente, causando contaminación en suelo, aire y agua.

En la actualidad se buscan alternativas que sean amigables para el medio ambiente, es decir aprovechar los desechos generados por la industria alimenticia, extrayendo sustancias útiles.

La piña es un fruto tropical cosechado en algunas áreas del país, se considera que el 30% de todo el fruto (hojas, inflorescencia y epicarpio) son desechos, conteniendo aún sustancias que pueden ser aprovechadas. La piña (*Ananas comosus*) en la composición, presenta grandes cantidades de una enzima llamada bromelina, que normalmente se ha utilizado en los ablandadores de carnes, y también en fármacos.

Partiendo del aprovechamiento de un residuo agroindustrial de gran impacto ambiental, y sabiendo la cantidad de enzima bromelina que contiene el epicarpio de la piña, es que se inicia el desarrollo de este proyecto que consiste en la elaboración de un queso de capas, utilizando una mezcla de cuajo comercial y bromelina obtenida del epicarpio de la piña.

Con el desarrollo de la presente investigación, se espera ofrecer a los productores una nueva alternativa para ser utilizada en la fabricación de quesos, además de reducir la contaminación ambiental. Por lo que surge la siguiente interrogante:

¿La mezcla de renina con el extracto de bromelina extraída del epicarpio de la piña variedad Cayena lisa, tendrá la misma capacidad de coagulación que utilizando solamente renina?

## JUSTIFICACIÓN

Uno de los principales problemas en la industria alimentaria son las toneladas de desechos de materia orgánica que se producen anualmente contaminando el ambiente. Muchos de estos desechos contienen grandes cantidades de sustancias que pueden ser de utilidad en la industria alimenticia, formulando nuevos subproductos con valor agregado.

En Guatemala, la piña (*Ananas comosus*) es un cultivo de mucha importancia entre las frutas tropicales cosechadas. Esta fruta se ha convertido en una importante fuerza económica, sin embargo, puede generar un gran impacto negativo sobre el ambiente por las mermas que se producen durante su procesamiento, como lo son el epicarpio, corona, eje de inflorescencia y residuos de pulpa. Todos estos desechos, pueden ser aprovechados para elaborar nuevos productos.

La piña (*Ananas comosus*) contiene una enzima llamada bromelina, la cual está presente en el fruto, epicarpio, tallo y hojas de la planta y tiene la capacidad de descomponer las proteínas causando una ruptura en los enlaces químicos con la introducción de una molécula de agua, por lo tanto, la bromelina puede descomponer la caseína de la leche formando caseinato de calcio.

En la investigación “Extracción de bromelina a partir de residuos de la piña, GALLARDO y otros (s.f.) aseguran que la mayor cantidad de bromelina se encuentra ubicada en el epicarpio de la piña.

Por lo explicado con anterioridad, se ha considerado en esta investigación, el aprovechamiento del epicarpio de la piña de la variedad Cayena lisa (*Ananas comosus*), para la obtención de extracto de bromelina mezclado con renina, para ser usado como coagulante de la leche en la elaboración de queso de capas.

## MARCO TEÓRICO

### 4.1. Antecedentes investigativos

“En las últimas décadas el consumo de alimentos procesados ha aumentado, la tendencia del consumidor se ve reflejada en la búsqueda de alternativas innovadoras y amigables con el medio ambiente, tendencia del consumo responsable. La FAO establece como objetivo 12 la producción y consumo responsables, garantizando modalidades de consumo y producción sostenible de alimentos” (FAO, 2009, Pág. 10).

“Cada año las industrias producen grandes cantidades de desechos, generando mermas de residuos orgánicos que representan un aumento en el costo de producción y un alto índice de contaminación ambiental. El Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales establece en enero de 2016 un reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental de proyectos, obras, industrias o actividades, obligando a las industrias a buscar alternativas para el aprovechamiento de los residuos de procesos productivos, tal es el caso de la producción de piña” (MARN, 2016, Pág. 23).

En junio de 2018, se publicó en la Universidad de Costa Rica el artículo: “Con el ojo sobre la piña; desechos de la piña: un dolor de cabeza para productores” (Murillo, 2018, Pág. 9). En este artículo se hace énfasis a la problemática que enfrenta la industria alimentaria por la gran cantidad de desechos y el manejo de éstos, los cuales son generados durante la cosecha hasta el proceso de producción de la piña.

La piña contiene una enzima conocida como Bromelina; esta enzima está presente en el fruto, epicarpio, tallo y hojas de la planta.

En la Carrera de Ingeniería Bioquímica de la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, se han elaborado estudios sobre la extracción, concentración y cuantificación de la enzima bromelina de la piña, donde se concluye que para la extracción de esta enzima es eficiente al macerar la fruta, y concentrarla mediante un método de secado, a una temperatura de 30 °C, considerando que a esta temperatura no hay desnaturalización de la proteína. Además, indica que la mayor actividad enzimática de la bromelina se observa con menor madurez del fruto (Robayo 2011, Pág. 8).

En la investigación “Extracción de bromelina a partir de residuos de la piña, aseguran que la mayor cantidad de bromelina se encuentra ubicada en el epicarpio de la piña. Para la extracción de bromelina las condiciones óptimas fueron con etanol como solución solvente a una temperatura de -10 °C, almacenando la muestra durante 7 días. El epicarpio de la piña al ser un residuo agroindustrial, la extracción de su contenido de bromelina representa un menor costo respecto a las demás partes del fruto. Los resultados de esta investigación demostraron que con un mayor grado de purificación es factible aplicar esta enzima en tratamientos industriales (Gallardo, 2010, pág. 6).

#### **4.2. Morfología de la piña (*Ananas comosus*)**

La piña es una herbácea perenne, cuya inflorescencia terminal da origen a una fruta múltiple. Después de la maduración de los primeros frutos, la planta desarrolla nuevos brotes a partir de yemas axilares, para producir nuevos ejes de crecimiento capaces de producir otro fruto (Bartholomew, 2002). La planta adulta es de (1-2) m de altura y (1-2) m de ancho, y está inscrita en la forma general de un trompo. El epicarpio de la piña se compone principalmente de los tejidos de sépalos que al madurar forman una corteza dura y cerosa compuesta por unidades hexagonales de color verde, amarillo o rojizo que protegen al fruto (Bartholomew, 2002).

#### **4.2.1. Variedad Cayena lisa**

La variedad de la piña Cayena lisa es de tamaño mediano ovoide, pesa aproximadamente de (1.50 a 2.50) kg. La pulpa es de color amarillo pálido, suave y jugosa, con una variación considerable de azúcar de entre (13-19) °brix, acidez y bajo contenido de ácido ascórbico. A pesar del alto contenido de azúcar su acidez es a menudo considerada excesiva entre los consumidores tropicales, lo que ha contribuido en gran parte a considerar que la piña es una fruta ácida. La planta es de tamaño mediano de (80-100) cm, con 60 a 80 hojas verdes oscuro que llevan pequeñas espinas en su base y en la punta. Es sensible a muchas plagas conocidas como el gorgojo de la fruta, ácaros, nemátodos, putrefacción del núcleo de la fruta y pardeamiento interno (Bartholomew, 2002).

#### **4.2.2. Composición nutricional de la piña (*Ananas comosus*)**

La piña es rica en carotenos y azúcares. El contenido de azúcares permanece constante después de haber realizado la cosecha. La acidez y el contenido de betacarotenos en el fruto incrementa moderadamente y la concentración de ésteres y el color aumentan considerablemente después de la cosecha (Murillo G., 2012).

El sabor del fruto depende principalmente de su contenido de azúcares totales, el cual está ligado a alterar por la temperatura y la intensidad de la luz durante el crecimiento del fruto y por la estación, el clima, el grado de madurez en la cosecha y la aplicación de hormonas y pesticidas empleados (Murillo G., 2012).

Es baja en calorías por su alto contenido en agua, pero posee minerales como calcio, magnesio, hierro en mayor proporción y es rica fuente de vitaminas como la “A”, “C”, “E” y “K”, que son esenciales para una nutrición óptima al momento de consumirla. La pulpa de la piña contiene grasas no saturadas y es una rica fuente de fibras dietéticas solubles e insolubles. Contiene

la enzima bromelina que funciona como digestor para el fraccionamiento de proteínas (Carías Alvarado, 2015).

La bromelina posee propiedades antiinflamatorias y propiedades que previenen la metástasis de tumores (Carías Alvarado, 2015).

### **4.3. Enzimas**

Las enzimas son moléculas especializadas en catalizar reacciones químicas, su principal función es incrementar la velocidad con la que ocurren estos procesos químicos, provocando el fraccionamiento de las cadenas de aminoácidos que contienen las proteínas (Alvarado Paiz, 2012).

Las enzimas poseen rasgos estructurales y propiedades químicas específicos. Se ha encontrado que las enzimas pierden su actividad catalítica cuando sufren desnaturalización por acción de los mismos agentes que a las proteínas. La conformación tridimensional nativa es una propiedad indispensable ya que, de acuerdo a ésta, la enzima puede realizar su función específica (Alvarado, 2012, Pág. 5).

Poseen un centro activo, el cual fomenta la interacción con las moléculas del sustrato, que es el medio ligante. La actividad catalítica como el grado de especificidad química, residen en la interacción específica entre la enzima y su sustrato.

También son proteínas, tienen una estructura tridimensional globular, y están formadas generalmente por una sola cadena polipeptídica, y sólo logran ser activas cuando los polímeros desarrollan una conformación que permite establecer un centro activo (Alvarado, 2012, Pág. 5).

*Según la función específica de cada enzima, éstas se clasifican de la siguiente manera:*

- Oxidorreductasas: enzimas que catalizan oxidaciones y reducciones.

- Transferasas: catalizan la transferencia de grupos como glucosilo, metilo o grupos fosforilo.
- Hidrolasas o proteasas: producen ruptura de enlaces químicos con la introducción de una molécula de agua.
- Liasas: catalizan la ruptura de los enlaces C-C, C-O, C-N y otros enlaces; mediante eliminación de átomos o simplemente rompen los enlaces sin la participación de agua, dejando enlaces dobles.
- Isomerasas: catalizan las isomerizaciones de distintos compuestos.
- Ligasas: catalizan la unión de dos moléculas acopladas a la hidrólisis del ATP (Adenosin-Trifosfato) (Lehringer, 2005).

En la elaboración de alimentos, existe gran interés de la aplicación de enzimas en los procesos, enfocándose en gran manera en la conversión de alimentos, uso más eficiente de materias primas y al mejoramiento de la calidad sensorial de los alimentos. Las enzimas también se han utilizado en la elaboración de alimentos bajos en calorías y la eliminación de sustancias anti nutricionales presentes en la materia prima (Badui Dergal, 2012).

#### ***4.3.1. Enzimas proteolíticas o proteasas***

Las enzimas proteolíticas o proteasas, son moléculas que rompen los enlaces peptídicos de las proteínas, utilizando una molécula de agua; por ello se clasifican entre las enzimas hidrolasas (Montalvo & Alonso, 2008).

#### ***4.3.2. Bromelina en la piña***

Es una enzima presente en las hojas, tallo, fruto y epicarpio de la piña. La denominación bromelina era utilizada para nombrar la enzima obtenida y purificada del tallo de la planta de la

piña. Posteriormente al determinar que se encuentra en el fruto, se denominó como “StemBromelian” a la extraída del tallo y “FruitBromelian” a la extraída de la fruta. Se encontró que la enzima proveniente del fruto es una proteasa con características óptimas en medio ácido, al igual que el de la misma familia que la enzima papaína, que es extraída de la papaya. Al tratarse de una glicoproteína la bromelina extraída del fruto actúa sobre proteínas como la caseína, hemoglobina y gelatina (López & Días, 1996, Pág. 34).

#### **4.3.2.1. Características de la bromelina**

La piña es una fruta tropical de la familia de las bromeliaceae, es rica en vitaminas “A”, “B”, “C” y tiene actividad proteolítica debida a la bromelina que se activa por la cisteína y tiosulfato, descomponiendo a las proteínas en aminoácidos (Montalvo & Alonso, 2008).

La bromelina posee una intensa actividad proteolítica; esta actividad no se modifica en zonas de pH entre 3 y 8. Es una proteína constituida por aminoácidos que se encuentran enrollados en dos partes separadas por un puente que tiene un lugar activo con un grupo tiol (SH) libre (Montalvo & Alonso, 2008).

#### **4.3.2.2. Aplicaciones de la bromelina**

Esta enzima es utilizada en la industria alimenticia como ablandador de carnes, en tratamientos de pescado y en otros productos del mar como lo son la producción de salsa de ostras, galletas (eliminando el contenido de gluten), sustituto de los sulfitos en jugos de frutas y en la clarificación del vino blanco, como en la cerveza (Bartholomew, 2002).

En la industria farmacéutica, en el tratamiento para enfermedades virales, evita metástasis de tumores malignos y como componente en la formulación de vacunas. Posee propiedades antiinflamatorias, antitrombóticas y antiedematoso (Montalvo & Alonso, 2008).

En el 2012 en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se evaluó la actividad enzimática de la bromelina presente en el eje de inflorescencia del fruto deshidratado de la piña (*Ananas comosus (L.) Merr.*).

Otra investigación fue realizada en febrero del 2014 en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en donde se evaluó la acción de la enzima bromelina en la disgregación de hematomas y disminución de la inflamación.

En el año 2015, en la Facultad de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, se elaboró una tesis que consistió en elaborar una harina utilizando la cáscara de la piña alta en fibra para la elaboración de galletas y otras aplicaciones en la industria alimentaria.

#### **4.4. El cuajo**

Es el elemento básico que actúa directamente sobre las micelas de caseína contenidas en la leche, formando un sistema de dos fases (el suero y la fase sólida), en donde la fase sólida es la que conforma el queso. En la actualidad hay una gran variedad de cuajos que se utilizan en la industria, las cuales se pueden clasificar en 2 grandes grupos (Paiz, 2012, Pág.7).

- Cuajadas precipitadas: con sal y con ácido
- Cuajadas enzimáticas: origen animal, vegetal y microbiológicos

La coagulación enzimática de la leche es influida por la concentración del cuajo, acidez de la leche, la temperatura y cantidad de calcio soluble presente (Revilla, 1982, pág. 13).

##### ***4.4.1. Fuerza del cuajo***

La concentración del cuajo, fuerza del cuajo o poder de coagulación del cuajo, está determinado por el número de centímetros cúbicos de leche que coagula un centímetro cúbico de

cuajo a una temperatura dada y tiempo determinado; de esto deriva que un cuajo normal sea aquel que a 35 °C de temperatura cuaja en 40 minutos 10,000 litros de leche por cada litro de cuajo, o sea, que tiene una fuerza de 1:10,000 (Revilla, 1982).

#### ***4.4.2. Tipos de coagulantes***

Cuajo de origen animal: el cuajo de ternero, cordero o cabrito, se considera ideal por su alto contenido en quimosina. En el abomaso y los extractos de otros tejidos se encuentra la porción de dos enzimas la quimosina y pepsina variando según la edad del animal y su alimentación.

Cuajo de origen microbiano: de origen fúngico, el más utilizado es el de *hizomucormiehei*. Existen 3 tipos de enzima; la nativa, estable térmicamente; la desestabilizada, termolábil y la extra termolábil, con mayor dependencia al pH.

Cuajos de origen vegetal: se han estudiado proteasas aisladas de piña, papaya, variedad de manzana y jugo de calabaza. Por ejemplo, ficina y bromelina, extraídas de la higuera y tallos de la piña respectivamente. La actividad proteolítica de estas enzimas es excesiva y por sobre su poder coagulante, lo que afecta las características sensoriales de los productos como es el caso de algunas plantas estudiadas (Gupta & Eskin, 1977) (Broome & Limsowtin, 1998).

#### **4.5. Fases de la acción enzimática del cuajo sobre la caseína**

Diferentes son las hipótesis que hablan sobre la alteración enzimática que realiza el cuajo sobre los componentes de la caseína, que interaccionan formando un coloide protector frente a los otros componentes:

Fase enzimática o reacción primaria. Es cuando el cuajo realiza su trabajo enzimático solubilizando pequeñas partes de caseína y la solubilizándolo, estableciendo que al realizar un pequeño aumento en la temperatura la velocidad enzimática aumenta (Juan Pablo Pérez, 2004).

Fase de coagulación o fase secundaria. Procede una mayor parte de las sustancias que siguen la reacción primaria, por ser un coeficiente de temperatura elevada, este proceso se vuelve una reacción de desnaturalización, a temperaturas inferiores de 15°C la cinética de la reacción se vuelve una reacción lenta en donde el producto lácteo ya no cuaja, agregando en esta fase el calcio.

Proteólisis General o reacción terciaria. Se obtienen sabores amargos en la fabricación de quesos por la desintegración de enlaces proteicos de caseína u otras proteínas contenidas en la leche, que son separados a su forma básica de aminoácidos.

Sinéresis del coágulo. Se produce la separación del lacto suero en dos fases, la fase líquida que es el suero de leche y la fase sólida de caseína con algunos ácidos grasos y lactosa entre otros (Pérez, 2004, Pág. 5).

#### **4.6. El queso**

Producto obtenido mediante la coagulación de la leche y eliminación del suero. Puede ser hecho de diferentes tipos de leche y con diferentes técnicas, según la clase de queso que se desea obtener (Revilla, 1982).

El queso es una de las formas más antiguas de conservar los principales elementos nutritivos de la leche. Está compuesto por caseína, grasa, sales insolubles, agua y pequeñas cantidades de lactosa, albúmina y sales orgánicas de la leche que son concentradas por la coagulación de la misma, por medio de la renina o ácido láctico. Después de la coagulación, parte

del agua de la leche es removida mediante el calentamiento, agitación, desuerado y prensado de la cuajada (Revilla, 1982).

#### ***4.6.1. Clasificación de quesos***

Existen más de 2,000 nombres de quesos y unas 400 clases, pero sólo 10 tipos diferentes de quesos naturales basados en el proceso de obtención, sin embargo, es posible clasificarlo en:

##### *Según el contenido de humedad*

- Queso muy duro
- Queso duro
- Queso semiblando
- Queso blando (Revilla, 1982)

##### *Según el contenido de grasa láctea*

- Rico en grasa
- Graso
- Semigraso
- Magro (Lemus Godoy, 2006)

##### *Según características del proceso*

- Fresco: para consumir hasta 10 días después de su fabricación
- Semiduro: para consumir de 10 y 30 días después de su fabricación
- Madurado: para consumir después del tiempo asignado según el tipo de queso
- Madurado por mohos
- Fundido (Lemus, 2006)

#### ***4.6.2. Composición de la leche para la elaboración de queso***

La elaboración de productos demanda el conocimiento de los componentes de la leche para producir nuevos productos que permitan el incremento en el consumo de este alimento. Los constituyentes de la leche se encuentran en tres estados físicos: solución o fase hídrica, suspensión micelar o suspensión de la caseína ligada a sales minerales y emulsión de la materia grasa bajo forma globular, lo cual permite la división de los ingredientes en tres grupos: agua, sólidos no grasos (SNG) y grasa (G).

La composición nutricional de la leche en promedio es de: agua que representa el 87%, lactosa 4.90%, grasa 3.80%, proteína 3.50% y ceniza 0.80% (Revilla, 1982, pág. 12).

##### **4.6.2.1. Características de los constituyentes de la leche**

Agua: el contenido de agua en la leche puede variar de 79 a 90.5%, normalmente representa el 87% de la leche. El porcentaje de agua varía cuando se altera la cantidad de cualquiera de los otros componentes de la leche (Revilla, 1982, pág 13).

Grasa: está formada por varios compuestos que hacen de ella una sustancia de naturaleza relativamente compleja y es la responsable de ciertas características especiales que posee la leche. Es una fuente de energía y rinde aproximadamente nueve calorías por gramo de grasa, además de servir como medio de transporte de las vitaminas liposolubles (A, D, E y K). El caroteno, que da origen a la vitamina "A" da a la leche el color crema característico. La grasa de la leche es utilizada en la elaboración de mantequilla, helados y crema (Revilla, 1982, pág. 13).

Proteína: dentro de los compuestos orgánicos uno de los más complejos es el formado por las proteínas, juega un papel importante en la manufactura de los quesos ya que forma casi un 30%

del producto. Las proteínas de la leche están formadas por 78% caseína, 17% de proteínas del suero y 5% de sustancias nitrogenadas no proteínicas (Revilla, 1982, pág 13).

#### **4.7. Etapas de elaboración de queso de capas**

##### ***4.7.1. Normalización***

La producción de queso indica la riqueza de grasa de la leche de la cual proviene, por tal motivo es necesario reducir o aumentar el contenido graso de la leche normal, con la finalidad de obtener las mismas características en el queso, cuando éste se elabora.

##### ***4.7.2. Pasteurización***

Durante este proceso se destruyen todos los microorganismos patógenos, facilitando el desarrollo de las cepas inoculadas, lo cual permite obtener quesos de calidad uniforme, y aumentar el rendimiento de la leche en quesos, debido a la desnaturalización de las proteínas solubles.

La pasteurización reduce la aptitud de la leche para la coagulación por el cuajo, la cuajada obtenida es menos dura y el desuerado es difícil. Si la temperatura de pasteurización no es mayor de 73.85 °C, la adición de 0.1 a 0.2 g de cloruro de calcio por litro de leche, antes de la adición del cuajo, puede corregir el problema. El aroma y textura del queso difiere con la utilización de leche cruda y leche pasteurizada (Revilla, 1982, pág. 14).

Es recomendable realizar esta etapa, ya que en los quesos frescos y de pasta blanda el bacilo de la tuberculosis puede vivir más de tres meses, en cuanto el pH del queso no baje de 5 durante la etapa de maduración (Revilla, 1982).

#### ***4.7.3. Coagulación***

La coagulación enzimática es la más generalizada en la producción de quesos de pasta blanda, firme o dura. La acción enzimática transforma el caseinato de calcio en paracaseinato de calcio y a pH 6.8 el coágulo es formado por el complejo fosfo-paracaseinato de calcio, el cual le da la apariencia de gelatina elástica con retracción natural que permite la expulsión del suero de forma rápida (Revilla, 1982).

#### ***4.7.4. Desuerado***

Consiste en la separación del suero de la leche con la cuajada, por acción de los agentes coagulantes. Se considera que a mayor acidez el proceso de desuerado es más rápido. El corte de la cuajada debe ser horizontal y posteriormente vertical, este proceso facilita la evacuación del suero, favoreciendo la sinéresis de la cuajada (Revilla, 1982).

#### ***4.7.5. Prensado***

En esta etapa se le da forma y solidez al queso, agregando sal entre cada capa. Los moldes pueden ser de diversas formas y tamaños; cuadrados, redondos, largos, cónicos, cilíndricos, etc. (Revilla, 1982, pág. 14).

#### ***4.7.6. Maduración***

Es un proceso complejo y que involucra varios fenómenos físicos, químicos y microbiológicos. Al terminar el período de maduración el queso debe lograr la textura, aroma y sabor deseado. Con la maduración se logra: pérdida de humedad, destrucción de la lactosa, neutralización, hidrólisis parcial de la grasa y la formación de corteza (Revilla, 1982).

La temperatura y la humedad de las cámaras de maduración son importantes. La temperatura adecuada puede variar de (4.4 - 13) °C, la humedad relativa de 75% a 90%, por 3

semanas hasta 12 meses. Para la protección del queso se recomienda el uso de parafina, bolsa plástica al vacío, etc. (Revilla, 1982).

#### **4.8. Evaluación sensorial**

El análisis sensorial de alimentos se lleva a cabo de acuerdo a distintas pruebas, según el objetivo y la finalidad para el cual se realiza (Anzaldúa-Morales, 1994). Las pruebas sensoriales pueden clasificarse de diferentes maneras; para los estadísticos en pruebas paramétricas y no – paramétricas, según sea el tipo de datos que se obtengan de las pruebas realizadas (Watts et al., 1995), y para los científicos de alimentos se clasifican en pruebas subjetivas (afectivas u orientadas al consumidor) y pruebas objetivas (analíticas u orientadas al producto) en base a la finalidad de la prueba (Wittig De Penna, 1981; Watts et al., 1995). Según el tipo de prueba se puede tener diferentes objetivos, tales como: mantención y mejoramiento de la calidad, desarrollo de nuevos productos, correlación entre evaluación sensorial y métodos físicos, químicos y microbiológicos, selección y entrenamiento de panelistas, y otros (Wittig De Penna, 1981).

##### ***4.8.1. Método de respuesta objetiva***

El panelista no considera su preferencia personal y este requiere de un entrenamiento previo, para tener la habilidad sensorial y repetir los juicios, dando una mayor seguridad sobre sus resultados (Wittig De Penna, 1981). Este método se clasifica como aparece en la siguiente tabla.

**Tabla 1***Clasificación del método de respuesta objetiva*

Método de respuesta objetiva		
Test de diferencia	Test descriptivo	Test analítico
Permite detectar diferencias, pero no necesariamente identifican cual es y/o la causa de ella.	Los panelistas desarrollan descripciones de las características organolépticas de los productos para luego cuantificar la diferencia hallada de manera objetiva.	Proporciona información completa sobre las características sensoriales de la muestra. Estas pruebas utilizan paneles altamente entrenados.

*Fuente: Wittig de Penna ,1980***4.8.2. Método de respuesta subjetiva**

También conocidas como pruebas orientadas al consumidor o afectivas, incluyen pruebas de preferencia y aceptabilidad (Watts et al., 1992). En éstas, los panelistas expresan su reacción de forma subjetiva ante el producto, es decir, indicando si le gusta o disgusta, si lo aceptan o lo rechaza, o si lo prefiere a otro. (Anzaldúa-Morales, 1994). Este método se clasifica como aparece en la tabla 2.

**Tabla 2***Clasificación del método de respuesta subjetiva*

Método de respuesta subjetiva	
Test de referencia	Test de aceptabilidad
Permite la selección de varias muestras, indicando la preferida o si no hay preferida.	Determina qué tan bien está el producto de acuerdo al agrado del consumidor.

*Fuente: Wittig de Penna ,1980*

#### ***4.8.3. Análisis de varianza de bloques al azar***

Se utiliza este método para tener comparaciones precisas entre los tratamientos o muestras bajo estudio. Utilizar bloques es una forma de reducir y controlar la varianza del error experimental para tener mayor precisión. Elimina una fuente de variación del error, aumentando de esta forma la precisión del ensayo, permitiendo una gran flexibilidad en la relación tratamiento bloque, siempre y cuando se reserven un número igual (o un múltiplo) de tratamientos por unidad experimental, la pérdida de información por bloque o tratamiento no dificulta el análisis estadístico.

## 5. OBJETIVOS

### 5.1. General

Elaborar queso de capas utilizando una mezcla de renina y extracto de bromelina obtenida del epicarpio de la piña variedad Cayena lisa (*Ananas comosus*).

### 5.2. Específicos

1. Obtener el extracto de bromelina a partir del epicarpio de la piña variedad Cayena lisa (*Ananas comosus*).
2. Establecer las mezclas en diferentes proporciones de renina con extracto de bromelina como agente de cuajo, para la elaboración de un queso de capas.
3. Identificar el queso de capas con mayor aceptabilidad sensorial, empleando el método de respuesta objetiva de escala hedónica, evaluando las formulaciones de queso elaborado con la mezcla de renina y extracto de bromelina.
4. Realizar una comparación estadística entre los atributos sensoriales de las formulaciones de queso de capas, utilizando el método de análisis de varianza de bloques al azar.

## 6. HIPÓTESIS

La mezcla de renina y extracto de bromelina del epicarpio de la piña variedad Cayena lisa (*Ananas comosus*), tiene la capacidad de cuajar la caseína de la leche para elaborar queso de capas, manteniendo la aceptabilidad sensorial.

## 7. METODOLOGÍA

### 7.1. Recursos humanos

Estudiante investigador: T. U. Diana Lucía Domínguez Díaz

Asesor principal: MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo

Asesor adjunto: Q. B. Gladys Floriselda Calderón Castilla

### 7.2. Extracción de bromelina por precipitación (Método de Ketnawa, 2011)

#### 7.2.1. Recursos físicos

Laboratorio de Química del CUNSUROC

#### 7.2.2. Recursos materiales

##### *Equipo*

- Licuadora
- Balanza digital
- Centrífuga
- Vortex

##### *Instrumento*

- Termómetro de mercurio

##### *Cristalería de laboratorio*

- Mortero y pistilo
- Jeringa de 10 ml
- 20 tubos de ensayo para centrífuga
- 10 beaker de 100 ml

*Reactivos de laboratorio*

- Fosfato de sodio
- Fosfato de potasio
- Cisteína
- EDTA (ácido etilendiaminotetraacético)

*Reactivos de tipo comercial*

- Agua destilada
- Renina

*Instrumentos auxiliares*

- Papel filtro o manta
- Cinta masking tape
- Parafilm

*Materia prima*

- Epicarpio de piña variedad Cayena lisa

**7.2.3. Procedimiento de extracción de bromelina por precipitación (Método de Ketnawa, 2011):***Preparación de solución buffer a pH 7*

1. En un beaker se preparó 1 litro de solución a 0.1 molar de fosfato de sodio
2. Se pesaron 81.97 g de fosfato de sodio, 0.28 g de cisteína y 0.05 g de EDTA
3. A la solución de fosfato de sodio, se mezclaron los reactivos cisteína y EDTA

*Preparación de solución precipitante*

4. En un beaker se prepararon 1.5 litros de la solución precipitante, agregando 242.7 g de EDTA y 240.0 g de fosfato de potasio

5. Se mezcló y aforó con agua destilada, obteniendo 1.5 litros de solución precipitante

*Procedimiento de extracción de bromelina por precipitación*

1. Se lavó el epicarpio de la piña con abundante agua purificada, eliminando todas las partículas de suciedad y residuos sólidos
2. El epicarpio fue fraccionado en aproximadamente 2 cm \* 2 cm, lo que facilitó la trituración en la licuadora sin el uso de agua
3. El producto obtenido se colocó en un beaker tapado con parafilm a 4°C durante 2 horas
4. Posteriormente se agregaron 5 ml del triturado y 30 ml de solución buffer a pH 7, en los tubos de centrifuga
5. Se centrifugaron las muestras a 8,000 r.p.m. durante 30 minutos
6. Se separó el precipitado del sobrenadante y se maceró el precipitado en un mortero
7. Se agregaron 45 ml de solución precipitante en tubos de centrifuga, agitando en el vortex por 45 segundos
8. A los tubos de ensayo con la solución se agregaron 9 ml de extracto macerado y se agitó por 20 segundos en el vortex
9. Los tubos con la mezcla se centrifugaron a 8,000 r.p.m. durante 10 minutos
10. Se removió la fase superior e inferior con una jeringa, etiquetando como muestra enzimática la fase superior
11. Las muestras enzimáticas se almacenaron a 4°C durante 7 días

Ver diagrama de flujo para la obtención del extracto de bromelina en anexo 1, página 51.

### **7.3. Preparación de las mezclas de renina con extracto de bromelina**

#### **7.3.1. Recurso físicos**

Laboratorio de Química del CUNSUROC

#### **7.3.2. Recursos materiales**

##### *Equipo*

- Balanza digital

##### *Instrumentos*

- Termómetro de mercurio

##### *Cristalería de laboratorio*

- 5 beaker de 100 ml
- 2 pipeta 10 ml

##### *Instrumentos auxiliares*

- Papel filtro o manta
- Cinta masking tape

##### *Reactivos de tipo comercial*

- Leche de vaca en polvo marca Borden
- Agua purificada

##### *Materia prima*

- Muestra enzimática de renina y bromelina

#### **7.3.3. Procedimiento**

A continuación se presentan las mezclas de cuajo utilizadas para la preparación de queso de capas en la siguiente tabla:

**Tabla 3***Porcentaje de las muestras de renina con bromelina extraída*

Ingrediente	Muestra				
	1*	2	3	4	5
Renina	100%	75%	50%	25%	0%
Extracto de bromelina	0%	25%	50%	75%	100%

*Fuente:* elaboración propia, 2019

\*La muestra 1 fue la referencia en el panel sensorial, ya que contenía 100% de renina.

Nota: los porcentajes de la tabla 3 se refieren al volumen de renina y volumen de bromelina.

Considerando que para la coagulación de 1 litro de leche se requiere 1 ml de renina, se utilizó 1 litro de leche para cada muestra y como coagulante la proporción siguiente:

- Muestra 1: 1.0 ml de renina
- Muestra 2: 0.75 ml de renina y 0.25 ml de extracto de bromelina
- Muestra 3: 0.50 ml de la renina y 0.50 ml de extracto de bromelina
- Muestra 4: 0.25 ml de renina y 0.75 ml de extracto de bromelina
- Muestra. 5: 1.0 ml de extracto de bromelina

#### **7.4. Elaboración de queso de capas**

##### **7.4.1. Recurso físico**

Planta Piloto del CUNSUROC

### **7.4.2. Recursos materiales**

#### *Equipo*

- Cubeta para cuajo

#### *Instrumentos*

- Termómetro de mercurio
- Balanza digital

#### *Instrumentos auxiliares*

- Escurridores
- Cuchillo

#### *Reactivos de tipo comercial*

- Leche entera de vaca en polvo marca Borden
- Agua purificada
- Cloruro de calcio

### **7.4.3. Procedimiento**

1. En la elaboración del queso de capas se utilizó como coagulante las muestras previamente establecidas (ver tabla 3 porcentaje de las muestras de renina con bromelina extraída, página 32)
2. Para la preparación de la leche se utilizaron 80 g de leche en polvo y se aforó a 2 litros con agua purificada
3. Se calentó la leche a una temperatura de (32 - 38) °C
4. A la leche caliente se adicionaron 0.4 g de cloruro de calcio
5. En la leche caliente se agregó la mezcla enzimática de bromelina y renina
6. Se dejó en reposo la leche, con una temperatura de (25 - 30) °C durante 60 minutos

7. Se cortó la cuajada con un cuchillo en cuadros lo que facilitó el desuerado
8. Para el desuerado de la cuajada, se utilizó un escurridor, dejando el queso en reposo hasta la eliminación del suero
9. Se colocó la cuajada por capas en moldes de plásticos de media libra. Después de la primera capa se agregaron 10 g de sal, luego se agregó la segunda capa y encima de esta agregaron 10 g de sal. Finalmente se colocó la tercera capa de cuajada
10. Para el proceso de desuerado se colocó un peso sobre los moldes
11. Se utilizó plástico nylon film como empaque de los quesos
12. Los quesos se sumergieron en agua caliente a 90°C de (2 - 4) s y enfriaron inmediatamente a temperatura ambiente
13. Se midió el volumen obtenido de queso y se almacenó en refrigeración de (4 - 6) °C por 24 horas para el proceso de maduración
14. Se pesó el queso obtenido luego de las 24 horas de maduración y con la diferencia de peso se calculó el rendimiento

## **7.5. Elaboración de panel sensorial queso de capas**

### ***7.5.1. Recursos físicos***

Laboratorio sensorial

### ***7.5.2. Recursos materiales***

#### *Equipo*

- Refrigeradora

#### *Instrumentos*

- Termómetro de mercurio

*Instrumentos auxiliares*

- Tabla plástica
- Cuchillo
- 30 vasos de 8 onzas descartables
- 150 platos descartables
- 150 tenedores descartables
- 150 servilletas descartables

*Materia prima*

- Queso de capas utilizando como cuajo las muestras descritas en la tabla 1
- Agua purificada

**7.5.3. Procedimiento***Preparación de las muestras*

1. Los quesos de capas se refrigeraron a una temperatura de (4 - 8) °C
2. Las muestras de queso se colocaron en una tabla y se cortaron en cuadros de dos centímetros cuadrados aproximadamente
3. Se asignó un código de referencia de tres dígitos para las muestras. La muestra de referencia se identificó con el código 185 muestra 1 (letra “R”)
4. Las muestras se colocaron en un plato, identificándolas según el código asignado

**7.5.4. Evaluación sensorial aplicando el método de respuesta objetiva**

1. Se convocaron a 15 panelistas para el panel sensorial
2. Se entregó a cada panelista cuatro boletas para la evaluación de los atributos de las muestras de queso de capas: olor, color, sabor y textura
3. Se entregaron las muestras, un vaso de agua purificado y un vaso para descarte

4. Previo al inicio de la evaluación se leyeron las instrucciones de las boletas
5. Los resultados obtenidos se tabularon y se procedió a la realización del análisis estadístico, determinando la aceptabilidad por medio de una ponderación hedónica de 7 puntos, establecida en cada boleta
6. Se repitió el mismo proceso para el segundo panel sensorial

*Análisis estadístico de resultados*

De acuerdo a los resultados obtenidos en el panel sensorial del método de respuesta objetiva, se le asignó un valor numérico a cada respuesta, según la siguiente tabla:

**Tabla 4**

*Valoración numérica según escala hedónica de 7 puntos*

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

*Fuente: Anzaldúa-Morales, 1994*

**Tabla 5***Tabulación de datos obtenidos de la evaluación sensorial*

No. de panelista	Muestra código R (185) 1	Muestra código (579) 2	Muestra código (848) 3	Muestra código (487) 4	Muestra código (354) 5	Total
------------------	--------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	------------------------	-------

Total ( $\Sigma$ )\* $\Sigma^2$ 


---

*Fuente:* elaboración propia, 2019

*Nota:* los datos obtenidos en la evaluación sensorial, se consolidaron y se realizó la sumatoria vertical y horizontal de los resultados de las muestras. Donde \* $\Sigma^2$ , es la sumatoria elevada al cuadrado del total.

Se utilizó un diseño de análisis estadístico simple con arreglo en bloques al azar. Contando con cinco tipos de muestras diferentes (tratamientos), codificadas con los numerales 579, 848, 487, 354 y “R” 185 (tratamiento testigo o de referencia). Se convocaron a 15 panelistas. Los resultados se consolidaron para su análisis estadístico, de acuerdo a las fórmulas que se presentan:

**Tabla 6***Fórmulas de análisis de bloques al azar*

Causas de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Factor calculado	Factor tabulado
Muestras	$\sum(\sum_{\text{muestra}}) - FC$	$N_{\text{muestras}} - 1$	$\underline{SC}_{\text{muestra}}$	$\underline{CM}_{\text{muestra}}$	Anexo 3 Tabla de grados de libertad, página 53.
	$N_{\text{repeticiones}}$		$GL_{\text{muestra}}$	$CM_{\text{error}}$	
Error	$SC_{\text{total}} - SC_{\text{muestra}}$	$GL_{\text{total}} - GL_{\text{muestra}}$	$\underline{SC}_{\text{error}}$		
			$GL_{\text{error}}$		
Total	$\sum(\text{datos})^2 - FC$	$N_{\text{repeticiones}} - 1$			

*Fuente: Méndez, 2013*

## 8. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 8.1. Resultados de la obtención de bromelina en piña (*Ananas comosus*)

**Tabla 7**

*Comportamiento de rendimiento del extracto de seis piñas (Ananas comosus)*

Promedio de las piñas (kg)	Total de epicarpio (kg)	pH	Grados Brix	Promedio de extracto de bromelina (ml)
1.2	2.27	3.2	4.0	93.67

*Fuente:* Elaboración propia, 2021

*Análisis de la tabla 7, sobre el rendimiento de extracto de piña*

De las seis piñas variedad Cayena Lisa utilizadas en la fase experimental, para la obtención de extracto de bromelina se determinó un promedio por piña de 93.67 ml del extracto conteniendo dicha enzima, un peso promedio de epicarpio de 2.27 kg y un peso promedio de piña de 1.2 kg. Determinándose como control de calidad un pH de 3.2 y sólidos solubles (Grados Brix) de 4.0.

### 8.2. Resultados del rendimiento de cuajada

Para realizar los cálculos de rendimiento de cuajada se procedió a determinar de los siguientes datos:

#### Fórmula 1

*Determinación del porcentaje de rendimiento teórico de cuajada (Lucey & Kelly, 1,994)*

$$\text{Rendimiento teórico} = \frac{0.86 * F + C + 0.36 * 1.22}{100 - W} * 100$$

Donde:

- F = porcentaje de grasa según ficha técnica del fabricante
- C= porcentaje de caseína en la leche según ficha técnica del fabricante
- W= humedad remanente en el queso (lacto suero en el cuajo)
- 1.22= constante de adición de sal y sólidos del suero
- 0.36= pérdida de caseína durante la elaboración de la cuajada

$$\text{Rendimiento teórico} = \frac{(0.86 * 2.8) + 2.4 + 0.36 + (0.36 * 1.22)}{100 - 85} * 100$$

Para calcular W se promedió el lactosuero de las cinco cuajadas siendo 425.55 ml, siendo 85% el promedio de lactosuero obtenido en el proceso de cuajado.

## **Fórmula 2**

*Determinación porcentual de rendimiento práctico del queso de capas (Lucey & Kelly, 1,994)*

$$\text{Rendimiento práctico} = \frac{\text{g de cuajo desuerado}}{100 \text{ g de leche}} = \frac{\text{peso de cuajada desuerada}}{\text{peso de leche total}} * 100$$

**Tabla 8***Comportamiento del rendimiento de cuajada en cada formulación*

Muestra	1 (185)	2 (579)	3 (848)	4 (487)	5 (354)
Ingrediente					
Renina	100%	75%	50%	25%	0%
Extracto de bromelina	0%	25%	50%	75%	100%
Volumen de cuajada (ml)	86.64	86.07	67.62	62.01	71.00
Volumen lactosuero (ml)	413.93	413.93	432.38	437.99	429.00
Rendimiento teórico porcentual de queso de capas (%)	42.03	42.03	42.03	42.03	42.03
Rendimiento práctico porcentual de queso de capas (%)	17.32	17.21	13.52	12.40	14.20

*Fuente:* Elaboración propia 2021*Análisis de la tabla 8:*

En la tabla se observa que el rendimiento teórico porcentual de queso de capas fue de 42.03%, sin embargo, para la muestra 1 se obtuvo un rendimiento práctico porcentual de queso de capas de 17.32 % siendo el rendimiento más alto. Para la muestra 2 se obtuvo un rendimiento de 17.21%, en la muestra 5 un rendimiento de 14.20%, en la muestra 3 un rendimiento de 13.52% y para la muestra 4 un rendimiento de 12.40%. Se determinó que la muestra 5, en donde se empleó como coagulante solamente extracto de bromelina, fue la tercer mejor alternativa para la producción de queso de capas. Cabe mencionar que el rendimiento práctico obtenido fue bajo, debido a que se empleó leche de vaca en polvo estandarizada, la cual fue sometida a ultra pasteurización lo que afectó el rendimiento práctico en la elaboración de queso de capas.

### 8.3. Resultados de la evaluación sensorial

#### 8.3.1. Primer panel sensorial

Los resultados obtenidos del análisis de panelistas en la primera ronda de evaluación sensorial fueron tabulados para posterior cálculo estadístico, mediante el método de análisis de varianza de bloques al azar (ver apéndice 1 resultados del primer panel sensorial atributo color, página 54, apéndice 2 resultados del primer panel sensorial atributo olor, página 55, apéndice 3 resultados del primer panel sensorial atributo sabor, página 56 y apéndice 4 resultados del primer panel sensorial atributo textura, página 57), obteniendo los siguientes valores consolidados por atributo sensorial:

**Tabla 9**

*Resultados estadístico de la primera evaluación sensorial al queso de capas*

Atributo	Factor calculado	Factor tabulado
Color	15.35	2.50
Olor	1.85	2.50
Sabor	17.66	2.50
Textura	18.77	2.50

*Fuente:* Elaboración propia, 2021

*Análisis de la tabla 9:*

Se determina que existe diferencia estadísticamente significativa para los atributos de color, sabor y textura, debido a que el factor calculado es mayor al factor tabulado, sin embargo, para el atributo sensorial de olor, no se encontró diferencia estadísticamente significativa, ya que se obtuvo un valor de 1.85 de factor calculado, siendo menor comparado con el factor tabulado de

2.50. Por lo anterior, se considera que, según la percepción de los panelistas, los atributos sensoriales de color, sabor y textura de las muestras de queso de capas elaborado con una mezcla de extracto de bromelina y renina, tienen diferencia al compararlas con la referencia de queso de capas elaborado solamente con renina como coagulante.

### **8.3.2. Segundo panel sensorial**

A continuación, se presentan en la siguiente tabla los datos obtenidos mediante el análisis estadístico de varianza de bloques al azar del segundo panel sensorial, que por medio de la evaluación de los panelistas permitieron la determinación de diferencia estadística sensorial entre los atributos evaluados en esta investigación: (ver apéndice 5 resultados del segundo panel sensorial atributo color, página 58, apéndice 6 resultados del segundo panel sensorial atributo olor, página 59, apéndice 7 resultados del segundo panel sensorial atributo sabor, página 60 y apéndice 8 resultados del segundo panel sensorial atributo textura, página 61)

**Tabla 10**

*Resultados de la segunda evaluación sensorial al queso de capas*

Atributo	Factor calculado	Factor tabulado
Color	17.19	2.50
Olor	1.38	2.50
Sabor	9.47	2.50
Textura	9.91	2.50

*Fuente:* elaboración propia, 2021

*Análisis de la tabla 10:*

Los resultados de la segunda evaluación sensorial, demuestran que los atributos color, sabor y textura, sí presentan diferencia estadísticamente significativa, debido a los valores

calculados mediante el método estadístico de análisis de varianza de bloques al azar, donde el factor calculado fue mayor al valor 2.50 de factor tabulado; sin embargo, para el atributo de olor no se encontró diferencia significativa, debido a que el valor de 1.38 de factor calculado fue menor al factor tabulado de 2.50, por lo que el atributo de olor es parecido en las muestras de queso en comparación con la referencia. Se determinó que se mantuvo la tendencia en los resultados del análisis estadístico del primer y segundo panel sensorial.

#### **8.4. Determinación de la aceptabilidad mediante escala hedónica**

Con los resultados del primer y segundo panel sensorial, se determinó la puntuación de aceptabilidad de las muestras de queso de capas, basado en la escala hedónica de 7 puntos, empleando un número de quince panelistas. Para la determinación de la aceptabilidad de cada muestra, se calculó el promedio hedónico del puntaje total en los cuatro atributos sensoriales evaluados: color, olor, sabor y textura. A continuación, se presenta los resultados obtenidos:

**Tabla 11**

*Comparación de resultados promedio hedónico del primer y segundo panel sensorial*

Código de muestras	Promedio hedónico primer panel	Promedio hedónico segundo panel
R (185) 1	4	5
(579) 2	4	5
(848) 3	6	6
(487) 4	5	6
(345) 5	4	5

*Fuente:* elaboración propia, 2021

*Análisis de la tabla 11:*

La tabla 11 muestra la comparación del promedio hedónico correspondiente al primer y segundo panel sensorial, determinando en la primera evaluación (ver apéndice 9, página 62), que las muestras con código 848 y 487 tuvieron un promedio hedónico de 6 y 5 respectivamente, por lo tanto, basado en la escala hedónica de 7 puntos, están calificadas como “Me gusta mucho” y “Me gusta levemente”. En los resultados del segundo panel sensorial (ver apéndice 10, página 62), se mantiene la tendencia de aceptabilidad hacia las muestras con codificación 848 y 487, cuyo promedio es de 6 y 6 puntos, lo que indica que ambas muestras están calificadas como “Me gusta mucho”. Por los resultados obtenidos, se comprueba que existió una tendencia de aceptabilidad sensorial sobre las muestras 848 (queso elaborado con cuajo, 50% de renina y 50% de bromelina) y 487 (queso elaborado con cuajo, 75% de renina y 25% de bromelina).

Al comprobarse diferencia estadísticamente significativa en los atributos color, sabor y textura en las cinco formulaciones analizadas, se demostró que en el primer panel sensorial la diferencia se hace notoria y cuantificable en los atributos de color, sabor y textura, especialmente en las formulaciones con codificación 185, 848, 487 y 354, esto es debido al cuajo (renina y bromelina) empleado en la elaboración del queso de capas, sin embargo, no se detectó alteración en el atributo de olor, manteniendo el mismo, característico de queso de capas fresco artesanal.

Por lo tanto, a nivel experimental, se determinó que la muestra con codificación 848 fue la de mayor aceptabilidad, según la percepción sensorial de los panelistas; en esta muestra predominaron los atributos de color, olor, sabor y textura.

## 9. CONCLUSIONES

1. La hipótesis fue comprobada, debido a que la mezcla de renina y extracto de bromelina obtenida del epicarpio de la piña variedad Cayena lisa (*Ananas comosus*), sí tiene la capacidad de coagular la caseína de la leche para elaborar queso de capas, teniendo aceptabilidad sensorial.
2. A partir de la mezcla de renina y extracto de bromelina del epicarpio de la piña Cayena lisa (*Ananas comosus*), se elaboró queso de capas.
3. Aplicando el método de extracción por precipitado (Ketnawa,2011), se obtuvo un volumen medio de 93.67 ml de extracto de bromelina.
4. De las mezclas de renina y extracto de bromelina establecidas, se determinó que las fórmulas que obtuvieron los dos rendimientos prácticos más altos fueron: muestra 2 (0.25 ml de renina y 0.75 ml de extracto de bromelina), con un rendimiento práctico de 17.21% y la muestra 5 (1.0 ml de extracto de bromelina), con un rendimiento de 14.20%, con base a esta prueba experimental, se observa que el rendimiento disminuye al aumentar el volumen de extracto de bromelina.
5. Mediante el análisis estadístico de bloques al azar, utilizando la herramienta de la escala hedónica de 7 puntos, se determinó que la muestra 3 (0.50 ml de renina y 0.50 ml de extracto de bromelina como cuajo), obtuvo la mayor aceptabilidad, promediando los resultados de las dos evaluaciones sensoriales en 6 puntos, con apreciación de los panelistas de “Me gusta mucho”. Dicha muestra obtuvo un rendimiento práctico de 13.52%.

## RECOMENDACIONES

1. Evaluar el uso de otros agentes coagulantes comerciales para realizar una mezcla con extracto de bromelina y evaluar la aceptabilidad sensorial del queso.
2. Formular diferentes clases de quesos madurados utilizando como cuajo la mezcla de renina y extracto de bromelina, evaluando la aceptabilidad sensorial.
3. Para el aislamiento y purificación de la enzima bromelina, evaluar otras metodologías experimentales y determinar sus costos.
4. Investigar a nivel laboratorio la elaboración de queso de capas, con diferentes volúmenes de cuajo con las formulaciones establecidas en el presente trabajo, para comparar en un nuevo estudio nuevos rendimientos y llegar a establecer la formulación más precisa.
5. Realizar un estudio de pre-factibilidad de la muestra 3 (0.50 ml de renina y 0.50 ml de extracto de bromelina como cuajo), para producción y comercialización como alternativa de quesos de capas, en el mercado local que cumpla con los requerimientos sensoriales, químicos y microbiológicos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvarado Paiz, E. J. (2012). *Evaluación de la actividad enzimática de la Bromelina presente en el eje de inflorescencia del fruto deshidratado de piña (Ananas comosus (L.) Merr)*. Ciudad de Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

Badui Dergal, S. (2012). *Química de los Alimentos*. México: Quinta Edición. Pearson.

Barrita, R., & Pacheco, P. (2010). *Etanol a partir de desechos lignocelulósicos del cultivo de piña (Ananas comosus (L.) Merr) con dos microorganismos (Sacharomyces cerevisiae y Zymomona mobilis)*. Estado de México, México: Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Ingeniería Agroindustrial.

Bartholomew, P. (2002). *The pineapple: botany, production and uses*. University of Hawaii at Manoa. Hawaii: Cabi publishing. Honolulu.

Broome, M., & Limsowtin, G. (1998). *Milk coagulants*. The Australian Journal of Dairy Science.

Carías Alvarado, J. J. (abril de 2015). *Elaboración de una harina de cáscara de piña (Ananas comosus (L.) Merr) para su aplicación en una harina alta en fibra con su respectiva evaluación nutricional y organoléptica*. Obtenido de file:///harina%20a%20base%20de%20epicarpio%20de%20la%20piña%20.pdf

FAO. (2000). *Perspectivas a plazo medio de los productos básicos agrícolas. Frutas Tropicales*. Departamento Económico y Social.

Fennema, O., & Damodaran, (2010). *Química de los Alimentos*. España: ACRIBIA S. A.

Garcidueñas Paz, J. A. (2013). *Caracterización Morfológica y molecular de piña (Ananas comosus) híbrido MD-2 y su establecimiento in vitro*. Chapingo, México: Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Fototecnia.

García, R. (2021). Evaluación de tres agentes de cuajo (ácido, jugo de limón (*Citrus aurantifolia*) y rennina enzimática) y su rendimiento en la elaboración de queso fresco a partir de leche de vaca (*Bos Taurus*)

Gupta, C., & Eskin, N. (1977). *Potential Use of Vegetable Rennet in the Production of cheese*. Food Technology.

Lehringer. (2005). *Principios de Bioquímica. cuarta edición*. Ciudad de México: Omega.

Lemus Godoy, C. A. (2006). *Determinación de grasa y reductasa en quesos frescos de marcas comerciales*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

López, L., & Dias J., V. (1996). *La Bromelina una proteasa de interés comercial*. Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria, vol. 1. España: Facultad de ciencias. Universidad de la Coriña.

Montalvo, C., & Alonso, A. (2008). *Extracción de Bromelina a partir de residuos de piña*. Puebla, México: Universidad Politécnica de Puebla, Programa Académico en Ingeniería en Biotecnología.

Murillo G., O. M. (2012). *Ficha Técnica de industrialización de Piña (Ananas comosus L.)*. Costa Rica: Dirección de Mercadeo y Agroindustria. Área de Desarrollo de Producto.

Páez, M. (1998). *Caracterización morfológica de especies silvestres de Ananas spp*. Proc. Interamec.

Revilla, A. (1982). *Tecnología de la leche. Procesamiento, Manufactura y Análisis*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Salas Murillo, O. (21 de junio de 2018). *Universidad de Costa Rica*. Obtenido de <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2018/06/21/desechos-de-la-pina-un-dolor-de-cabeza-para-productores.html>

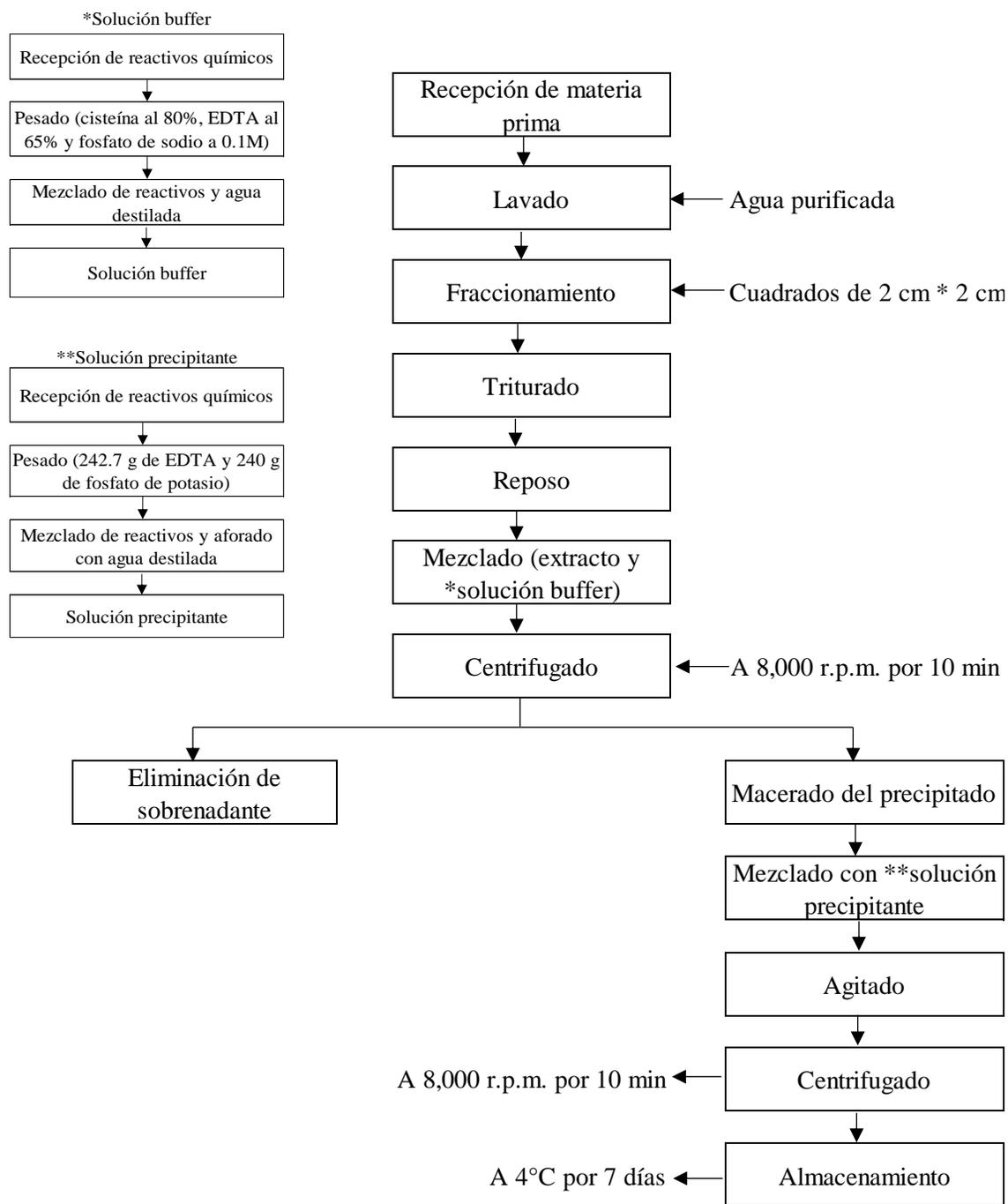
Vo. Bo.   
Lcda. Ana Teresa de González.  
Bibliotecaria CUNSUROC.



## 10. ANEXO

## Anexo 1

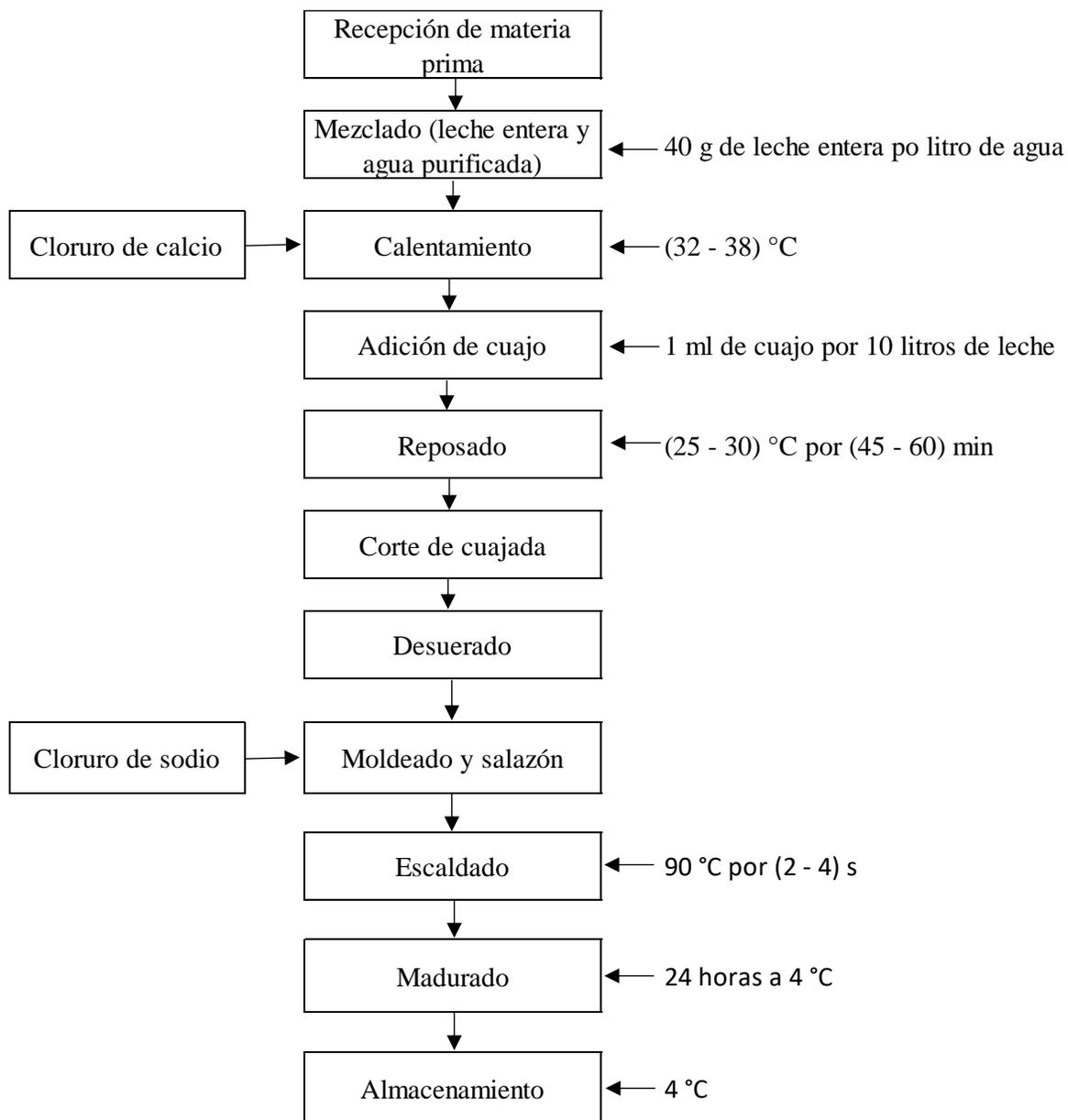
Diagrama de flujo para la obtención del extracto de bromelina



Fuente: Ketnawa, 2011

## Anexo 2

### Diagrama de flujo elaboración de queso de capas



Fuente: Revilla, 1982

## Anexo 3

Tabla de grados de libertad, análisis de varianza de bloques al azar

Grados de libertad de numerador	Grados de libertad del denominador								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	161.4	199.5	215.7	224.6	230.20	234.0	236.8	238.9	240.5
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00
5	6.61	5.71	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10
7	5.59	4.74	4.38	4.12	3.47	3.87	3.79	3.73	3.68
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39
21	4.32	3.47	3.07	2.84	2.68	2.57	2.49	2.42	2.37
22	4.30	3.44	3.05	2.82	2.66	2.55	2.46	2.40	2.34
23	4.28	3.42	3.03	2.80	2.64	2.53	2.44	2.37	2.32
24	4.26	3.40	3.01	2.78	2.62	2.51	2.42	2.36	2.30
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28
26	4.23	3.37	2.98	2.74	2.59	2.47	2.39	2.32	2.27
27	4.21	3.35	2.96	2.73	2.57	2.46	2.37	2.31	2.25
28	4.20	3.34	2.95	2.71	2.56	2.45	2.36	2.29	2.24
29	4.18	3.33	2.93	2.70	2.55	2.43	2.35	2.28	2.22
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.17	2.09	2.02	1.96
$\infty$	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88

Fuente: Estadística descriptiva, 1994

## 11. APÉNDICE

### Apéndice 1

*Resultados del primer panel sensorial atributo color*

Repetición	Muestra R(185) 1	Muestra (579) 2	Muestra (848) 3	Muestra (487) 4	Muestra (354) 5
1	5	5	6	4	5
2	3	4	5	3	4
3	4	3	6	3	3
4	4	2	6	3	4
5	2	2	7	2	5
6	3	2	4	1	4
7	2	2	7	1	3
8	2	3	6	1	5
9	2	3	5	3	6
10	3	3	5	4	5
11	5	3	5	3	3
12	4	2	5	3	3
13	3	3	6	5	2
14	2	4	6	5	1
15	1	3	7	4	1
Sumatorias	45	44	86	45	54
Promedio hedónico	3	3	6	3	4
Causas de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Factor calculado	Factor tabulado
Tratamiento	85.52	4	21.38	15.35	2.50
Error	97.47	70	1.39		
Total	182.99	74			

#### Conclusión

Existe diferencia estadística en el atributo color en las muestras de queso de capas elaborado con bromelina y renina en diferentes formulaciones, debido a que el factor calculado 15.35, es mayor que el factor tabulado 2.5

*Fuente:* elaboración propia, 2021

## Apéndice 2

### Resultados del primer panel sensorial atributo olor

Repetición	Muestra R(185) 1	Muestra (579) 2	Muestra (848) 3	Muestra (487) 4	Muestra (354) 5
1	5	5	6	5	5
2	3	4	5	4	5
3	4	6	6	6	6
4	6	6	6	7	5
5	4	6	7	7	5
6	6	5	4	5	6
7	5	4	7	6	7
8	4	5	6	6	7
9	7	5	5	6	7
10	6	5	5	6	6
11	5	5	5	6	5
12	4	6	5	6	5
13	5	7	6	6	5
14	5	7	6	6	5
15	6	7	7	5	6
Sumatorias	75	83	86	87	85
Promedio Hedónico	5	5.56= 6	6	6	6
Causas de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Factor calculado	Factor tabulado
Tratamiento	6.19	4	1.55	1.85	2.50
Error	58.40	70	0.83		
Total	64.59	74			

#### Conclusión

No existe diferencia estadística en el atributo olor en las muestras de queso de capas elaborado con bromelina y renina en diferentes formulaciones, debido a que el factor calculado 1.85, es menor que el factor tabulado 2.5

Fuente: elaboración propia, 2021

### Apéndice 3

#### *Resultados del primer panel sensorial atributo sabor*

Repetición	Muestra R(185) 1	Muestra (579) 2	Muestra (848) 3	Muestra (487) 4	Muestra (354) 5
1	5	4	6	5	5
2	3	4	5	4	5
3	4	3	6	6	6
4	6	3	6	7	5
5	4	4	7	7	5
6	6	5	5	5	6
7	5	4	7	6	7
8	4	4	6	6	7
9	7	4	5	6	7
10	6	3	5	6	6
11	5	4	5	6	5
12	4	4	5	6	5
13	5	4	6	6	5
14	5	3	6	6	5
15	6	2	7	5	6
Sumatorias	75	55	87	87	85
Promedio hedónico	5	4	6	6	6
Causas de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Factor calculado	Factor tabulado
Tratamiento	49.92	4	12.48	17.66	2.50
Error	49.47	70	0.71		
Total	99.39	74			

#### Conclusión

Existe diferencia estadística en el atributo sabor en las muestras de queso de capas elaborado con bromelina y renina en diferentes formulaciones, debido a que el factor calculado 17.66, es mayor que el factor tabulado 2.5

*Fuente:* elaboración propia, 2021

## Apéndice 4

### *Resultados del primer panel sensorial atributo textura*

Repetición	Muestra R(185) 1	Muestra (579) 2	Muestra (848) 3	Muestra (487) 4	Muestra (354) 5
1	5	4	6	5	6
2	3	4	5	4	6
3	4	3	6	6	6
4	6	3	6	7	5
5	4	4	7	7	5
6	6	5	5	5	6
7	5	4	7	6	7
8	4	4	6	6	7
9	7	4	5	6	7
10	6	3	5	6	6
11	5	4	5	6	5
12	4	4	5	6	5
13	5	4	6	6	5
14	5	3	6	6	5
15	6	2	7	5	6
Sumatorias	75	55	87	87	87
Promedio hedónico	5	4	6	6	6
Causas de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Factor calculado	Factor tabulado
Tratamiento	52.05	4	13.01	18.77	2.50
Error	48.53	70	0.69		
Total	100.59	74			

#### Conclusión

Existe diferencia estadística en el atributo textura en las muestras de queso de capas elaborado con bromelina y renina en diferentes formulaciones, debido a que el factor calculado 18.77, es mayor que el factor tabulado 2.5

*Fuente:* elaboración propia, 2021

## Apéndice 5

### Resultados del segundo panel sensorial para el atributo color

Repetición	Muestra R(185) 1	Muestra (579) 2	Muestra (848) 3	Muestra (487) 4	Muestra (354) 5
1	5	4	6	5	6
2	2	4	5	4	6
3	4	3	6	6	6
4	6	3	6	7	5
5	4	4	7	7	5
6	6	5	5	5	6
7	5	4	7	6	7
8	4	4	6	6	7
9	7	4	5	6	7
10	6	3	5	6	6
11	5	4	5	6	5
12	4	4	5	6	5
13	5	4	6	6	5
14	5	3	6	6	5
15	6	2	7	5	6
Sumatorias	74	55	87	87	87
Promedio hedónico	5	4	6	6	6
Causas de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Factor calculado	Factor tabulado
Tratamiento	52.53	4	13.13	17.19	2.50
Error	53.47	70	0.76		
Total	100.59	74			

#### Conclusión

Existe diferencia estadística en el atributo color en las muestras de queso de capas elaborado con bromelina y renina en diferentes formulaciones, debido a que el factor calculado 17.19, es mayor que el factor tabulado 2.5

*Fuente:* elaboración propia, 2021

## Apéndice 6

*Resultados del segundo panel sensorial para el atributo olor*

Repetición	Muestra R(185) 1	Muestra (579) 2	Muestra (848) 3	Muestra (487) 4	Muestra (354) 5
1	5	5	6	5	6
2	5	5	5	4	6
3	7	6	6	6	6
4	6	5	6	7	5
5	5	6	7	7	5
6	6	5	5	5	6
7	5	5	7	6	7
8	5	6	6	6	7
9	7	6	5	6	7
10	6	6	5	6	6
11	5	5	5	6	5
12	4	5	5	6	5
13	5	5	6	6	5
14	5	5	6	6	5
15	6	5	7	5	6
Sumatorias	82	80	87	87	87
Promedio hedónico	5	5	6	6	6
Causas de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Factor calculado	Factor tabulado
Tratamiento	3.01	4	0.75	1.38	2.50
Error	38.27	70	0.55		
Total	41.28	74			

### Conclusión

No existe diferencia estadística en el atributo olor en las muestras de queso de capas elaborado con bromelina y renina en diferentes formulaciones, debido a que el factor calculado 1.38, es menor que el factor tabulado 2.5

*Fuente:* elaboración propia, 2021

## Apéndice 7

### *Resultados del segundo panel sensorial para el atributo sabor*

Repetición	Muestra R(185) 1	Muestra (579) 2	Muestra (848) 3	Muestra (487) 4	Muestra (354) 5
1	6	5	6	5	3
2	5	5	5	4	2
3	7	6	6	6	1
4	6	5	6	7	1
5	5	6	7	7	5
6	6	5	5	5	3
7	5	5	7	6	7
8	5	6	6	6	2
9	7	6	5	6	3
10	6	6	5	6	6
11	5	5	6	6	5
12	4	5	5	6	5
13	5	5	6	6	3
14	5	5	6	6	5
15	6	5	7	5	6
Sumatorias	83	80	88	87	57
Promedio Hedónico	5	5	6	6	4
Causas de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Factor calculado	Factor tabulado
Tratamiento	43.07	4	10.77	9.47	2.50
Error	79.60	70	1.14		
Total	122.67	74			

#### Conclusión

Existe diferencia estadística en el atributo sabor en las muestras de queso de capas elaborado con bromelina y renina en diferentes formulaciones, debido a que el factor calculado 9.47, es mayor que el factor tabulado 2.5

*Fuente:* elaboración propia, 2021

## Apéndice 8

### Resultados del segundo panel sensorial para el atributo textura

Repetición	Muestra R(185) 1	Muestra (579) 2	Muestra (848) 3	Muestra (487) 4	Muestra (354) 5
1	7	5	6	5	3
2	5	5	5	4	2
3	7	6	6	6	1
4	6	5	6	7	1
5	5	6	7	7	5
6	6	5	6	5	3
7	5	5	7	6	7
8	5	6	6	6	2
9	7	6	5	6	3
10	6	6	5	6	6
11	6	5	6	6	5
12	4	5	5	6	5
13	5	5	6	6	3
14	5	5	6	6	5
15	6	5	7	5	6
Sumatorias	85	80	89	87	57
Promedio Hedónico	6	5	6	6	4
Causas de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Factor calculado	Factor tabulado
Tratamiento	45.55	4	11.39	9.91	2.50
Error	80.40	70	1.15		
Total	125.95	74			

#### Conclusión

Existe diferencia estadística en el atributo textura en las muestras de queso de capas elaborado con bromelina y renina en diferentes formulaciones, debido a que el factor calculado 9.91, es mayor que el factor tabulado 2.5

*Fuente:* elaboración propia, 2021

### Apéndice 9

*Resultados de escala hedónica del primer panel sensorial de queso de capas empleando bromelina y renina en diferentes formulaciones*

Atributo	Código de las muestras				
	R (185)1	(579) 2	(848) 3	(487) 4	(354) 5
Color	3	3	6	3	4
Olor	5	6	6	6	4
Sabor	5	4	6	6	4
Textura	5	4	6	6	4
Sumatoria	18	17	24	21	16
Promedio hedónico	4.5 = 4	4	6	5	4

*Fuente: elaboración propia, 2021*

### Apéndice 10

*Resultado hedónico del segundo panel sensorial de queso de capas empleando bromelina y renina en diferentes formulaciones*

Atributo	Código de las muestras				
	R (185)1	(579) 2	(848) 3	(487) 4	(354) 5
Color	5	4	6	6	6
Olor	5	5	6	6	6
Sabor	5	5	6	6	4
Textura	6	5	6	6	4
Sumatoria	21	19	24	24	20
Promedio hedónico	5	4	6	6	6

*Fuente: elaboración propia, 2021*

## 14. GLOSARIO

### 1. *Abomaso*

Cuarto y último compartimiento del estómago de los rumiantes. Segrega renina, cuya variedad artificial se denomina cuajo y es utilizado en la elaboración de quesos.

### 2. *Análisis sensorial*

Análisis normalizado de los alimentos que se realiza con los sentidos, en donde se evalúan los atributos sensoriales de una muestra. Se suele denominar "normalizado" con el objeto de disminuir la subjetividad que pueden dar la evaluación mediante los sentidos.

### 3. *ANOVA*

Método estadístico, análisis de varianza de bloques al azar. Se utiliza para la comparación precisa entre los tratamientos o bajo estudio.

### 4. *Carotenos*

Sustancias responsables de la pigmentación del color naranja y verde en vegetales y algunos animales.

### 5. *Cisteína*

Aminoácido no esencial que contiene azufre, es un importante componente estructural y funcional de las proteínas y enzimas, utilizado junto con otras enzimas como coagulante de la leche.

## 6. *Cuajo*

Elemento básico que actúa directamente sobre las micelas de la caseína contenidas en la leche, formando un sistema de dos fases, el suero y el queso.

## 7. *Clases de cuajo*

Existen cuajos de origen vegetal, cuajos de origen microbiológicos y cuajos de origen animal.

## 8. *EDTA*

El ácido etilendiaminotetraacético, es una sustancia utilizada como agente quelante, que tiene la capacidad de crear complejos con un metal que tenga una estructura de coordinación octaédrica, o sea que es un poliedro con ocho caras.

## 9. *Eje de inflorescencia*

Disposición de las flores sobre las ramas o la extremidad del tallo. Para la piña es el corazón del fruto.

## 10. *Enlace peptídico*

Unión que ocurre entre dos aminoácidos y ocurre entre grupo amino (-NH<sub>2</sub>) de uno de los aminoácidos y el grupo carboxilo (-COOH) del otro, perdiendo una molécula de agua y formando un enlace (CO-NH).

## 11. *Enzima*

Proteína soluble producida por las células del organismo, que favorece y regula las reacciones químicas del organismo de los seres vivos, acelerando los procesos en las reacciones.

### *12. Epicarpio*

Capa externa que suele proteger al fruto del exterior, forma la epidermis protectora del fruto que, a menudo, contiene pigmentos. En muchas frutas comúnmente llamada piel.

### *13. Glicoproteína*

También conocidas como glucopeteína, son moléculas compuestas por una proteína unida a uno o varios azúcares, simples o compuestos unidos a ellas.

### *14. Proteasa*

Enzimas encargadas de romper los enlaces peptídicos de las proteínas. Para ello utilizan una molécula de agua por lo que se clasifican como enzimas hidrolasas.

### *15. Proteólisis*

Degradación de proteínas en el interior de la célula, ya sea mediante enzimas específicas, llamadas peptidasas o por medio de degradación intracelular.

### *16. Renina*

Enzima secretada por las células del riñón. Cataliza la rotura de los enlaces simple de a caseína de la leche a una cierta temperatura, desestabiliza a la caseína y promueve su precipitación, formando la cuajada.

### *17. Sinéresis del coágulo*

Separación del lacto suero en dos fases, la fase líquida que es el suero de leche y la fase sólida de caseína con algunos ácidos grasos y lactosa entre otros.

### *18. Solución buffer*

Mezcla de concentraciones relativamente elevadas de un ácido y su base conjugada, que tienen la propiedad de mantener estable el pH de una disolución frente a la adición de cantidades relativamente pequeñas de ácidos o bases fuertes.

### *19. Sustrato*

Molécula sobre la cual actúa una enzima, las cuales catalizan reacciones químicas que involucran sustratos, que se unen al sitio activo de la enzima y forman un complejo llamado enzima-sustrato.

### *20. Quelante*

Sustancia secuestrante que forma complejos con iones de metales pesados.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



CENTRO UNIVERSITARIOS DE SUROCCIDENTE  
-CUNSUROC-

Mazatenango, 05 de junio 2023

Comisión Evaluadora de Trabajo de Graduación  
Ingeniería en Alimentos  
CUNSUROC-USAC  
Presente

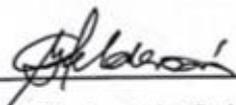
Señores Comisión Trabajo de Graduación:

Por este medio hacemos de su conocimiento que hemos realizado las correcciones correspondientes al seminario II del trabajo de graduación titulado: ELABORACIÓN DE QUESO DE CAPAS UTILIZANDO UNA MEZCLA DE RENINA Y EXTRACTO DE BROMELINA DEL EPICARPIO DE LA PIÑA VARIEDAD CAYENA LISA (*Ananas comosus*). Elaborado por Diana Lucía Domínguez Díaz con carné 201340980; en donde se han incorporado las correcciones necesarias, por lo que consideramos, cumple con los requisitos para el trámite correspondiente de IMPRIMASE.

Sin otro particular, nos despedimos de ustedes.

F.   
M Sc. Víctor Manuel Nájera Toledo  
Asesor Principal



F.   
Q.B. Gladys Floriscelda Calderón  
Castilla  
Asesor Adjunto

*Gladys Calderón Castilla*  
Química Bióloga  
Colegiado No. 1613



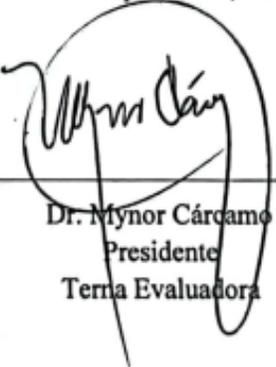
Mazatenango, Suchitepéquez, 06 de julio de 2023

Comité de Trabajo de Graduación  
Ingeniería en Alimentos  
CUNSUROC  
USAC

Respetables señores miembros de la comisión:

Atentamente nos dirigimos a ustedes con la finalidad de hacer de su conocimiento que como tema de evaluación de Trabajo de Graduación de la estudiante: **Diana Lucía Domínguez Díaz** de la carrera de Ingeniería en Alimentos, con número de DPI 2525 68001 0801 y número de carné 2013 40980; hemos finalizado la revisión de las correcciones del documento Seminario II con título: **ELABORACIÓN DE QUESO DE CAPAS UTILIZANDO COMO AGENTE DE CUAJO, UNA MEZCLA DE RENINA Y EXTRACTO DE BROMELINA DEL EPICARPIO DE LA PIÑA VARIEDAD CAYENA LISA (*Ananas comosus*)**.

Sin otro particular, nos suscribimos de ustedes, atentamente:



---

Dr. Mynor Cárcamo  
Presidente  
Terna Evaluadora



---

M. Sc. Aldo de León  
Secretario  
Terna Evaluadora



---

Ing. Carlos Hernández  
Vocal  
Terna Evaluadora

Mazatenango, 01 de agosto de 2023.



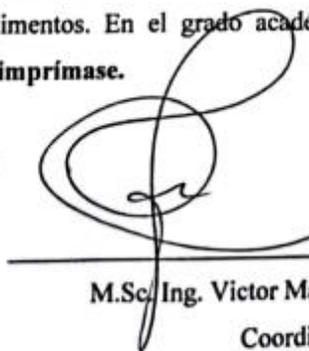
M.Sc. Bernardino Hernández  
Coordinador Centro Universitario de Sur Occidente.  
CUNSUROC –USAC–.  
Presente.

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: **“ELABORACIÓN DE QUESO DE CAPAS UTILIZANDO COMO AGENTE DE CUAJO, UNA MEZCLA DE RENINA Y EXTRACTO DE BROMELINA DEL EPICARPIO DE LA PIÑA VARIEDAD CAYENA LISA (*Ananas comosus*)”**, el cual ha sido presentado por la estudiante: **Diana Lucía Domínguez Díaz**, quien se identifica con los siguientes datos:

- Numero de Carné del estudiante: **201340980**.
- Carrera: **Ingeniería en Alimentos**.
- Número de Teléfono del estudiante: **57648163**.
- Correo de la estudiante: **dianadominguez1314@hotmail.com**

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

Deferentemente.



M.Sc/ Ing. Victor 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-62-2023**

DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,  
Mazatenango, Suchitepéquez, veinticinco de agosto de dos mil veintitrés. \_\_\_\_\_

Encontrándose agregado al expediente el dictamen del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN: "ELABORACIÓN DE QUESO DE CAPAS UTILIZANDO COMO AGENTE DE CUAJO, UNA MEZCLA DE RENINA Y EXTRACTO DE BROMELINA DEL EPICARPIO DE LA PIÑA VARIEDAD CAYENA LISA (Ananas comosus)", de la estudiante: Diana Lucía Domínguez Díaz, carné No. 201340980 CUI: 2525 68001 0801 de la carrera Ingeniería en Alimentos.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

M.A. Luis Carlos Muñoz López  
Director CUNSUROC



/gris