



Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Química

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL
EXTRACTO ACUOSO OBTENIDO DEL FRUTO DE LA PIÑA (*Ananás comosus* (L.) Merr.)
VARIEDAD CAYENA LISA Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA- MCU- DE LA
BROMELINA PRESENTE A ESCALA LABORATORIO**

Claudia María Quiroa Robles

Asesorado por la Inga. Telma Maricela Cano Morales
e Ing. Mario José Mérida Meré

Guatemala, abril de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL
EXTRACTO ACUOSO OBTENIDO DEL FRUTO DE LA PIÑA (*Ananás comosus* (L.) Merr.)
VARIEDAD CAYENA LISA Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA –MCU- DE LA
BROMELINA PRESENTE A ESCALA LABORATORIO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CLAUDIA MARÍA QUIROA ROBLES

ASESORADO POR LA INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES
E ING. MARIO JOSÉ MÉRIDA MERÉ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, ABRIL DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL I	
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Renato Giovanni Ponciano Sandoval
EXAMINADOR	Ing. Manuel Gilberto Galván Estrada
EXAMINADORA	Inga. Dinna Lissette Estrada Moreira
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL
EXTRACTO ACUOSO OBTENIDO DEL FRUTO DE LA PIÑA (*Ananás comosus* (L.) Merr.)
VARIEDAD CAYENA LISA Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA –MCU- DE LA
BROMELINA PRESENTE A ESCALA LABORATORIO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 10 de septiembre de 2013.

Claudia María Quiroa Robles



Guatemala, 17 de Marzo de 2015

Ingeniero
Victor Manuel Monzón Valdez
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

Ingeniero Monzón:

Por medio de la presente HACEMOS CONSTAR que hemos revisado y dado nuestra aprobación al Informe Final del trabajo de graduación titulado **"EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EXTRACTO ACUOSO OBTENIDO DEL FRUTO DE LA PIÑA (*Ananás comosus* (L.) Merr.) VARIEDAD CAYENA LISA Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA -MCU- DE LA BROMELINA PRESENTE A ESCALA LABORATORIO"**, de la estudiante de Ingeniería Química Claudia María Quiroa Robles quien se identifica con el carné número 2007-14373.

Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente,

Ing. Qco. Mario José Mérida Meré
Coordinador
Laboratorio de Investigación
de Extractos Vegetales -LIEXVE-

Asesor

Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
Directora
Centro de Investigaciones de Ingeniería / CII
Asesora





Guatemala, 18 de marzo de 2015.
Ref. EI.Q.TG-IF.015.2015.

Ingeniero
Víctor Manuel Monzón Valdez
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Monzón:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EI.Q-PRO-REG-007 correlativo **092-2013** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Solicitado por la estudiante universitaria: **Claudia María Quiroa Robles**.
Identificada con número de carné: **2007-14373**.
Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA**.

Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

**EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DEL
EXTRACTO ACUOSO OBTENIDO DEL FRUTO DE LA PIÑA (*Ananás comosus* (L.)
Merr.) VARIEDAD CAYENA LISA Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA
-MCU- DE LA BROMELINA PRESENTE A ESCALA LABORATORIO**

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por los Ingenieros Químicos: **Telma Maricela Cano Morales** y **Mario José Mérida Meré**.

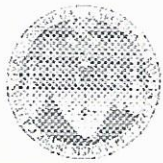
Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. César Alfonso García Guerra
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo



USAC
TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA

Edificio T-5, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala, Centroamérica
EIQD-REG-SG-004

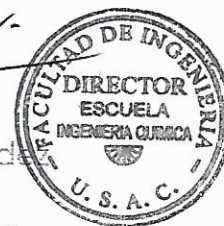
Ref.EIQ.TG.044.2015

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **CLAUDIA MARÍA QUIROA ROBLES** titulado: **"EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL EXTRACTO ACUOSO OBTENIDO DEL FRUTO DE LA PIÑA (ANANÁS COMOSUS (L.) MERR.) VARIEDAD CAYENA LISA Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA -MCU- DE LA BROMELINA PRESENTE A ESCALA LABORATORIO"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Víctor Manuel Monzón Valdés
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, abril 2015

Cc: Archivo
VMMV/ale





DTG. 161.2015

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN DEL EXTRACTO ACUOSO OBTENIDO DEL FRUTO DE LA PIÑA (*Ananás comosus* (L.) Merr.) VARIEDAD CAYENA LISA Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA -MCU- DE LA BROMELINA PRESENTE A ESCALA LABORATORIO**, presentado por la estudiante universitaria: **Claudia María Quiroa Robles**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Angel Roberto Sic García
Decano

Guatemala, 16 de abril de 2015



/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser mi fuente de inspiración, por ayudarme en el transcurso de mi vida y darme siempre la fuerza necesaria para seguir adelante.

Mis padres

Julio Quiroa y Leticia Robles, por todo su amor, apoyo y comprensión en el transcurso de mi vida, les estoy eternamente agradecida.

Mis hermanos

Juan Carlos y Julio César Quiroa, por todo su cariño y apoyo incondicional.

Mi abuela

María Cristina Higueros, por ser una parte importante en mi vida.

Mis tíos y primos

Por estar siempre al pendiente de mí, en especial a mi tío Adolfo Robles y mi tía Diega Quiroa.

Mis amigos

Vivian Cano, Gabriela Caal, Grissel Navichoque, Pável Bracamonte, Billy Hernández, Oziel Hernández, Saida Bautista, Josué Utrera, Sergio Palencia, Manuel Aroche y demás amigos, porque cada uno de ustedes hizo que mi vida durante todo este tiempo haya sido una de las mejores épocas. Cuentan conmigo siempre.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por ser mi fortaleza.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de superarme profesionalmente.
Facultad de Ingeniería	Por abrirme sus puertas y compartir sus conocimientos.
Inga. Telma Cano	Por su asesoría y por la colaboración en la realización de este proyecto.
Ing. Mario Mérida	Por su colaboración, asesoría y apoyo en este proyecto.
Ing. Jorge Godínez	Por marcar una diferencia como catedrático y transmitir sus enseñanzas con dedicación.
Ing. Manuel Tay	Por ser un excelente catedrático y por todas sus enseñanzas transmitidas.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XV
OBJETIVOS.....	XVII
Hipótesis	XVIII
INTRODUCCIÓN	XXI
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. La piña.....	3
2.1.1. Variedad de piña.....	5
2.1.1.1. Variedad Perolera.....	5
2.1.1.2. Variedad Cayena Lisa	5
2.1.1.3. Variedad Manzana.....	6
2.1.2. Origen	7
2.1.3. Datos nutricionales	7
2.1.4. Propiedades.....	8
2.1.5. Rica en fibra.....	9
2.1.6. Facilita las digestiones.....	9
2.2. Proteínas	10
2.2.1. Aminoácido	11
2.2.2. Peptonas	12
2.2.3. Polipéptidos	12

2.2.4.	Metaloproteínas.....	12
2.3.	Enzimas	13
2.4.	Código enzimático de la bromelina (EC. 3.4.22.33)	14
2.4.1.	Primer número.....	15
2.4.2.	Hidrolasas (EC. 3)	15
2.4.2.1.	Nomenclatura	16
2.4.2.2.	Clasificación	16
2.4.3.	Enlaces peptídicos (peptidasas) (EC. 3.4)	17
2.4.3.1.	Clasificación	17
2.4.4.	Endopeptidasas cisteína (EC. 3.4.22)	18
2.4.4.1.	Clasificación	18
2.4.4.2.	Bromelina (EC. 3.4.22.33)	21
2.5.	Lixiviación.....	21
2.5.1.	Preparación del sólido	22
2.5.2.	Temperatura de lixiviación.....	23
2.5.3.	Naturaleza del solvente	23
2.5.4.	Agitación.....	24
2.5.5.	Velocidad de lixiviación	24
2.5.6.	Rapidez de lixiviación cuando se disuelve un sólido	25
2.5.7.	Rapidez de lixiviación cuando controla la difusión en el sólido	26
2.5.8.	pH.....	26
2.5.9.	Métodos de operación y equipo	26
2.5.10.	Equipo de lixiviación	27
2.5.11.	Lixiviación de sólidos dispersos	27
2.5.12.	Operación en estado no estacionario	28
2.5.13.	Lixiviación <i>in situ</i>	28
2.5.14.	Lixiviación a la intemperie	29

2.5.15.	Maceración	30
2.6.	Cuajo	32
2.6.1.	Coagulante de leche	33
2.6.2.	Título de un cuajo	33
3.	DISEÑO METODOLÓGICO	35
3.1.	Localización	35
3.2.	Variables.....	35
3.3.	Delimitación del campo de estudio	36
3.4.	Obtención de las muestras	36
3.5.	Recursos humanos disponibles	36
3.6.	Recursos materiales disponibles	37
3.7.	Técnicas cuantitativas de la investigación	38
3.7.1.	Análisis estadístico de los datos	41
3.8.	Recolección y ordenamiento de la información	44
3.9.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información	51
4.	RESULTADOS	57
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	65
	CONCLUSIONES	71
	RECOMENDACIONES.....	73
	BIBLIOGRAFÍA.....	75
	APÉNDICES	77
	ANEXOS	129

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Partes de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.).....	3
2.	Estructura del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.)	4
3.	Estructura del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.)	4
4.	Evaluación de los tiempos de extracción para las diferentes partes del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, siendo estas cáscara, corona, bagazo y jugo, para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2, 4 y 6 horas a temperatura de 23 °C	58

TABLAS

I.	Características según la variedad de piña	6
II.	Datos típicos para el diseño de bloques al azar	42
III.	Análisis de varianza para el experimento de bloque aleatorio	44
IV.	Resultados obtenidos del extracto acuoso obtenido del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, del bagazo, cáscara, corona y jugo para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2 horas a una temperatura de 23 °C	45
V.	Resultados obtenidos del extracto acuoso obtenido del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, del bagazo, cáscara, corona y jugo para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 4 horas a una temperatura de 23 °C	47

VI.	Resultados obtenidos del extracto acuoso obtenido del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, del bagazo, cáscara, corona y jugo para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 6 horas a una temperatura de 23 °C	48
VII.	Resultados de la determinación de grados Brix e índice de refracción obtenidos del azúcar, para la determinación de los grados Brix del extracto acuoso obtenido del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa a temperatura de 23 °C	49
VIII.	Actividad enzimática en unidades de coagulación (MCU) de la corona, bagazo, cáscara y jugo del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, y pastilla de bromelina de GNC (testigo) a temperatura de 23 °C de la leche en polvo anchor	50
IX.	Porcentaje de rendimiento del extracto acuoso obtenido de las diferentes partes del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2, 4 y 6 horas a temperatura de 23 °C	51
X.	Actividad enzimática en unidades de coagulación (MCU) de la corona, bagazo, cáscara y jugo del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa y de la pastilla de bromelina de GNC a temperatura de 23 °C de la leche en polvo	52
XI.	Caracterización fisicoquímica del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, siendo estas cáscara, corona, bagazo y jugo, cuantificando el porcentaje de sólidos totales, grados Brix de los extractos y pH para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2 horas a temperatura de 23 °C.....	53

XII.	Caracterización fisicoquímica del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, siendo estas cáscara, corona y pulpa, cuantificando el porcentaje de sólidos totales, grados Brix de los extractos y pH para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 4 horas a temperatura de 23 °C.....	54
XIII.	Caracterización fisicoquímica del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, siendo estas cáscara, corona y pulpa, cuantificando el porcentaje de sólidos totales, grados Brix de los extractos y pH para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 6 horas a temperatura de 23 °C.....	55
XIV.	Porcentaje de rendimiento del extracto acuoso obtenido de las diferentes partes del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2, 4 y 6 horas a temperatura de 23 °C.....	57
XV.	Datos obtenidos de la evaluación de los tiempos de extracción para las diferentes secciones del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, siendo estas cáscara, corona, cáscara y jugo, para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2, 4 y 6 horas a temperatura de 23 °C	59
XVI.	Actividad enzimática en unidades de coagulación (MCU) de la corona, bagazo, cáscara y jugo obtenido del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, y de la pastilla de bromelina de GNC para leche en polvo anchor a temperatura de 23 °C	59
XVII.	Caracterización fisicoquímica del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa siendo estas cáscara, corona, bagazo	

	y jugo, cuantificando el porcentaje de sólidos totales, grados Brix de los extractos y pH para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2 horas a temperatura de 23 °C.....	60
XVIII.	Caracterización fisicoquímica del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, siendo estas cáscara, corona, bagazo y jugo, cuantificando el porcentaje de sólidos totales, grados Brix de los extractos y pH para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 4 horas a temperatura de 23 °C.....	61
XIX.	Caracterización fisicoquímica del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, siendo estas cáscara, corona, bagazo y jugo, cuantificando el porcentaje de sólidos totales, grados Brix de los extractos y pH para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 6 horas a temperatura de 23 °C.....	62
XX.	Resultado del análisis microbiológico del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, para el bagazo	63
XXI.	Resultado del análisis microbiológico del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, para la cáscara	63
XXII.	Resultado del análisis microbiológico del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, para la corona.....	64
XXIII.	Resultado del análisis microbiológico del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, para el jugo.....	64

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
cm	Centímetros
σ	Desviación estándar
ΔG	Energía de Activación
GNC	<i>General Nutrition centers</i>
°Brix	Grados Brix
°C	Grados centígrados
has	Hectáreas
h	Horas
IR	Índice de refracción
kg	Kilogramos
Me	Mediana
m	Metros
mL	Mililitros
%	Porcentaje
TM/ha	Producción/Años Superficie Cosechada
pl	Punto Isoeléctrico
s	Segundos
T	Temperatura
t	Tiempo
ft	Unidad de medida en pies
V	Voltios
σ^2	Varianza

GLOSARIO

Aminoácidos	Molécula orgánica con un grupo amino ($-\text{NH}_2$) y un grupo carboxilo ($-\text{COOH}$). Los aminoácidos más frecuentes y de mayor interés son aquellos que forman parte de las proteínas.
Catálisis	Proceso por el cual se aumenta la velocidad de una reacción química, debido a la participación de una sustancia llamada catalizador y las que desactivan la catálisis son denominados inhibidores.
Densidad	Magnitud vectorial referida a la cantidad de masa en un determinado volumen de una sustancia.
Difusión	Fenómeno físico consistente en el transporte de materia entre dos medios con distinta concentración.
Energía de activación	Energía mínima que necesita un sistema antes de poder iniciar un determinado proceso.
Enlace peptídico	Enlace amida entre el grupo amino ($-\text{NH}_2$) de un aminoácido y el grupo carboxilo ($-\text{COOH}$) de otro aminoácido.

Fisicoquímica	Estudia la materia empleando conceptos físicos y químicos.
GNC	General Nutrition Centers, empresa estadounidense de productos nutricionales.
Grados Brix	Determina el cociente total de sacarosa o sal disuelta en un líquido; es una medida de la concentración de azúcar en una disolución.
Índice de refracción	Medida que determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio homogéneo, determina la pureza de los reactivos químicos.
Ósmosis	Fenómeno físico relacionado con el movimiento de un solvente a través de una membrana semipermeable.
Papaína	Enzima digestiva que segrega el estómago y que hidroliza las proteínas en el estómago.
pH	Medida de acidez o alcalinidad de una disolución.
Polianfólito	Moléculas grandes como las proteínas que tienen muchos grupos ácidos o básicos.
Punto isoelectrico	pH al que un polianfólito tiene carga neta cero.

Reacción Redox

Reacción química en la que uno o más electrones se transfieren entre los reactivos, provocando un cambio en sus estados de oxidación.

Rendimiento

Cantidad de producto obtenido que sirve para medir la efectividad de un procedimiento.

RESUMEN

En el presente trabajo de graduación, se evaluó el rendimiento y caracterización fisicoquímica del extracto acuoso de las diferentes secciones del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, a las cuales se les evaluó la actividad enzimática (MCU) de la bromelina presente a escala laboratorio.

Se presentan a continuación los porcentajes de rendimiento del extracto acuoso obtenido de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, siendo estos rendimientos de 29,605 por ciento para el bagazo, 25,497 por ciento para el jugo, 11,892 por ciento para la cáscara y 4,822 por ciento para la corona.

En la actividad enzimática en unidades de coagulación de leche (MCU) de la corona, bagazo, cáscara y jugo del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para la leche en polvo, se tiene una fuerza de cuaje para la corona con $10,008 \text{ s}^{-1}$, la cáscara con $9,764 \text{ s}^{-1}$, el bagazo con $9,661 \text{ s}^{-1}$, el jugo con $9,599 \text{ s}^{-1}$ y la pastilla de bromelina de la empresa estadounidense de productos nutricionales GNC (General Nutrition Centers) con $9,516 \text{ s}^{-1}$; en la tabla también se encuentran los datos del porcentaje de rendimiento respecto a la leche utilizada con la caseína obtenida, en la cual el bagazo posee un rendimiento de 7,520 por ciento la pastilla de bromelina de la empresa estadounidense de productos nutricionales GNC (General Nutrition Centers) con 5,757 por ciento y la cáscara, la corona y jugo con 2,303 por ciento 2,957 por ciento y 2,457 por ciento respectivamente.

Los datos para la caracterización fisicoquímica del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, en la cual cuantifica el porcentaje de sólidos totales, grados Brix de los extractos y pH para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2, 4 y 6 horas, en los cuales en los tres tiempos de lixiviación con maceración dinámica el porcentaje de sólidos totales es de 82,958 por ciento para la corona y 82,832 por ciento para la cáscara con un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2 horas; de 81,07 por ciento para la corona y 81,04 por ciento para la cáscara con un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 4 horas y 81,06 por ciento para la corona y 80,77 por ciento para la cáscara con un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 6 horas; para los grados Brix en los tres tiempos el jugo tiene 11,980; por último se encuentra tabulado el pH siendo estos datos para para el bagazo 3,58, para la cáscara y corona 3,65 y para el jugo fue de 3,70 aproximadamente.

OBJETIVOS

General

Evaluación del rendimiento y caracterización fisicoquímica del extracto acuoso obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa y la evaluación de la actividad enzimática (MCU) de la bromelina presente a escala laboratorio.

Específicos

1. Evaluar el porcentaje de rendimiento del extracto acuoso obtenido de la corona, bagazo, cáscara y jugo del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) en función del tiempo de extracción (2, 4 y 6 horas).
2. Evaluar los tiempos de extracción (2, 4 y 6 horas) del extracto acuoso obtenido de la corona, bagazo, cáscara y jugo del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.).
3. Evaluar la actividad enzimática en unidades de coagulación de leche (MCU) de la corona, bagazo, cáscara y jugo del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.).
4. Realizar la caracterización fisicoquímica del extracto acuoso, cuantificando el porcentaje de sólidos totales, grados Brix de los extractos y pH.

Hipótesis

Hipótesis nula:

- Si existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento del extracto acuoso obtenido de las diferentes partes (cáscara, bagazo, corona y jugo) del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) a escala laboratorio.
- Si existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento del extracto acuoso a diferentes tiempos de extracción (2, 4 y 6 horas) de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) (cáscara, bagazo, corona y jugo) a escala laboratorio.
- Si existe diferencia significativa entre la actividad enzimática (MCU) de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) (bagazo, corona, cáscara y jugo).

Hipótesis alternativa:

- No existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento del extracto acuoso obtenido de las diferentes partes (cáscara, bagazo, corona y jugo) del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) a escala laboratorio.
- No existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento del extracto acuoso a diferentes tiempos de extracción (2, 4 y 6 horas) de las

diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) (cáscara, bagazo, corona y jugo) a escala laboratorio.

- No existe diferencia significativa entre la actividad enzimática (MCU) de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) (bagazo, corona, cáscara y jugo).

INTRODUCCIÓN

La piña es originaria de Brasil (*Ananas* significa en portugués "fruta excelente") y fue introducida en la península ibérica en el siglo XVI, de la mano de los conquistadores españoles del Nuevo Mundo. Durante este período también pasaría a formar parte de los cultivos localizados en Hawái, Costa de Marfil y otros puntos del continente africano, procediendo en la actualidad de estos puntos la mitad de piña que se consume en Europa.

La composición de su carne comestible está protagonizada mayoritariamente por el agua, destacando también los hidratos de carbono y la bromelina. Aunque presenta cierto dulzor en su sabor, aporta índices moderados de calorías (55 calorías cada 100 gramos de porción comestible).

Contiene una enzima conocida con el nombre de bromelina o bromelaína. Esta es una enzima proteolítica, lo que quiere decir que es capaz de "romper" las proteínas dejando libres las unidades que las forman, los aminoácidos. Por tanto, se puede decir que la piña ayuda al estómago a digerir los alimentos ricos en proteínas como las carnes, el pescado, los lácteos o el huevo.

Es una fruta rica en fibra, vitamina C, ácido fólico, beta carotenos, potasio y yodo.

La piña representa en la actualidad el segundo fruto tropical más cultivado del mundo (aproximadamente el 20 por ciento de la producción comercial de estos productos), tan solo por detrás de la banana.

Los cuajos vegetales pueden ser obtenidos de la piña (bromelina), lechosa (papaina) e higo (ficina). También se utiliza la extraída del Crdoon. Estas enzimas tienen una capacidad proteolítica menos específica por lo cual pueden causar sabores amargos en los quesos si no son bien utilizados. Su uso a nivel comercial es limitado, generalmente se utilizan en la elaboración artesanal de determinados tipos de quesos.

1. ANTECEDENTES

La piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) es un cultivo de mucha importancia entre las frutas tropicales, ocupa un lugar preferencial, siendo los principales productores de esta fruta Hawaii, las Filipinas y Formosa, su origen es sudamericano, de la amazonia y orinoquia, de donde se extendió por toda América y el mundo.

Guatemala exporta principalmente piña en fresco hacia los Estados Unidos, Alemania, México, El Salvador, Honduras y Nicaragua. En los últimos dos años, la exportación ha crecido de una manera acelerada. Debido al incremento de las áreas de siembra en Guatemala se prevé también un notable crecimiento en la exportación de dicho cultivo.

La temperatura anual requerida para un adecuado crecimiento oscila entre 23 y 30 grados centígrados, con un óptimo de 27 grados centígrados. Temperaturas inferiores a 23 grados, aceleran la floración, disminuyendo el tamaño del fruto y haciéndolo más ácido y perecedero, mientras que temperaturas superiores a 30 grados, pueden quemar la epidermis y tejidos subyacentes ocasionando lo que se llama “golpe de sol”.

Departamentos productores de piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.):

Guatemala (Depto.): aldea el Jocotillo en Villa Canales, con aproximadamente 800 hectáreas, con un rendimiento promedio de 40-50 TM/ha (producción/Años Superficie Cosechada)

Izabal: en Puerto Barrios; aldeas Limones, Machacas, Entre Ríos, Manacas, Piedra Parada. En Livingston; aldeas San Marcos, El Milagro, y los Ángeles. En Morales; aldeas San José y Nueva Esperanza. Con aproximadamente 220 hectáreas con un rendimiento promedio de 9 TM/ha.

Santa Rosa: en los municipios de Taxisco, Cuilapa, Barberena y Chiquimulilla. Con aproximadamente 30 has. Con un rendimiento promedio de 30 TM/ha.

Escuintla: en los municipios de Guanagazapa, Santa Lucía, Masagua y La Democracia. Con aproximadamente 220 has. Con un rendimiento de 30-40 TM/ha.

Retalhuleu: municipio de San Sebastián, con aproximadamente 30 has. Con un rendimiento de 30-40 TM/ha.

La piña no se conoce en estado verdaderamente silvestre. Tampoco parece derivarse de las otras especies de frutos comestibles del género *Ananás* de la familia bromeliaceae, como: *A. bracteatus*, *A. fritzmuelleri*, *A. erectifolia* y *A. ananasioides*, las cuales producen frutas pequeñas, con pocas semillas.

Los cuajos vegetales pueden ser obtenidos de la piña (bromelina), lechosa (papaina) e higo (ficina).

2. MARCO TEÓRICO

2.1. La piña

(*Ananás comosus* (L.) Merr.) la piña o el ananá es una planta perenne de la familia de las bromeliáceas, nativa de América del Sur. Esta especie, de escaso porte y con hojas duras y lanceoladas de hasta un metro de largo, fructifica una vez cada tres años produciendo un único fruto fragante y dulce, muy apreciado en gastronomía.

La piña tiene forma cilíndrica, una corteza escamosa de color marrón, una corona de hojas espinosas y una pulpa amarilla. Esta exótica fruta se forma de muchas frutas pequeñas que se funden juntas.

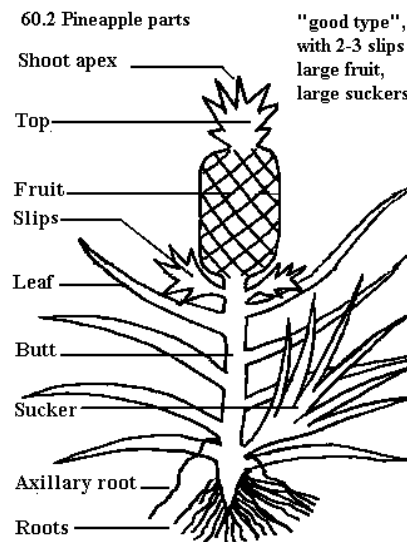
La piña tiene un punto isoeléctrico (pI) de 9,55.

Figura 1. Partes de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.)



Fuente: Pineapple: Botany, production and Uses, Edited by D.P. Bartholomew, R.E. Paull and K.G. Rohrbach, p. 4.

Figura 2. **Estructura del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.)**



Fuente: Pineapple fruit structure. http://www.uq.edu.au/_School_Science_Lessons/Pine_Proj.html. Consulta: octubre de 2014.

Figura 3. **Estructura del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.)**



Fuente: Pineapple fruit structure. http://www.esu.edu/~milewski/intro_biol_two/lab_4_seeds_fruits/Seeds_and_Fruits.html. Consulta: octubre de 2014.

2.1.1. Variedad de piña

Una buena preparación del terreno es muy importante para facilitar la siembra y permitir el rápido crecimiento de las raíces. Se recomienda arar a una profundidad de 6 a 8 pulgadas y de 8 a 12 pulgadas si se va a encamar.

2.1.1.1. Variedad Perolera

Esta variedad se caracteriza por que sus hojas no presentan espinas, lo cual facilita la recolección de los frutos. El fruto al madurar es de color: amarillo anaranjado; ojos profundos, corona única, pulpa amarilla y forma cilíndrica cuando el fruto alcanza un peso de 2 kg.

Es la variedad más sembrada en Colombia y apetecida por su sabor y calidad; además presenta una muy buena resistencia a los golpes durante el transporte.

2.1.1.2. Variedad Cayena Lisa

Es la variedad más sembrada en el mundo, la hojas solo presentan espinas en la parte superior y algunas en la base; los bordes son lisos. El peso promedio del fruto es de 2,4 kg es cilíndrico y alargado. Tiene un alto contenido de jugo y poco de fibra; la cáscara es lisa y el color de la pulpa es: blanco-amarillenta.

Fue introducida al país de Costa Rica para siembras comerciales.

2.1.1.3. Variedad Manzana

Esta variedad es una mutación de la variedad perolera. Esta seleccionada y sembrada en cultivos ubicados en Cerritos, Risaralda. Las hojas no presenta espinas es los bordes. El fruto es de tamaño pequeño y cuando está maduro presenta un color rojo. Tiene ojos menos profundos que la perolera, la pulpa es de color rosado hay una limitante que dificulta el manejo y mercado y es que presenta en su corona varios bulbos; a la vez presenta baja resistencia a la manipulación.

Tabla I. Características según la variedad de piña

CARACTERÍSTICAS	VARIEDAD		
	CAYENA LISA	MANZANA	PEROLERA
PESO (Kg)	1,97	1,95	2,02
Diámetro	9,68	10,08	10,68
Apical (cm)	13,13	13,35	14,28
Medio (cm)	10,43	11,93	11,08
Longitud (cm)	16,58	16,93	15,3
Longitud corona (cm)	1,68	20,21	16,28
Profundidad de ojos (cm)	0,95	0,93	1,23
Diámetro central (cm)	3,33	3,7	3,55
Porcentaje de pulpa	65,93	67,3	61,89
Porcentaje de corteza	31,88	29,55	34,05
Porcentaje de jugo	50,13	52,78	49,6
°Brix	15,95	13,83	13,25
Acidez	0,58	0,56	0,52
Fibra	0,49	0,51	0,56
Color de pulpa	Amarillo Brillante	Rosado pálido	Rosado pálido

Fuente: Piña en guatemala. <http://fitomejoramientoenpina.blogspot.com/2010/10/variedades-de-pina.html>. Consulta: 8 de enero 2014.

2.1.2. Origen

Es una fruta tropical originaria de América del Sur, no se sabe con certeza el país donde se dio origen, pero los estudios señalan a Brasil, Paraguay y Argentina. De ahí se propagó principalmente al Amazonas, Venezuela y Perú para luego emigrar a Europa y Asia.

Con su forma y corona distintiva la piña es una fruta muy disfrutada en la gastronomía latino-caribeña y ha sido el producto procedente de América Latina que más éxito y aceptación ha tenido en Europa.

Los indígenas la llamaron Ananas que significa fruta excelente. El nombre piña proviene de la similitud de la fruta a la semilla o cono de los pinos.

2.1.3. Datos nutricionales

La piña es rica en nutrientes que beneficia la salud:

- Vitaminas: C, B1, B6, B9 y E
- Minerales: potasio, magnesio, yodo, cobre, manganeso
- Enzima bromelina que ayuda a metabolizar los alimentos y por esto es utilizada en la medicina para tratar problemas gastrointestinales.
- Tiene propiedades diuréticas, desintoxicantes, antiácidas y antiinflamatorias.
- Es rica en fibra.

2.1.4. Propiedades

- Indicaciones: es proteolítico, digestivo: la bromelina es un fermento digestivo comparable a la pepsina y la papaína. Antiinflamatorio, hipolipemiente, antiagregante plaquetario. Diurético, vitamínico, de gran valor nutritivo. Agente de difusión, detergente de las llagas. Indicado para dispepsias hiposecretoras, reumatismo, artritis, gota, urolitiasis, arteriosclerosis, bronquitis, efisemas, asma, mucoviscidosis. En uso tópico: limpieza de heridas y ulceraciones tróficas. El corazón de piña se ha preconizado como coadyuvante en regímenes de adelgazamiento, por su contenido en fibra, con acción saciante y ligeramente laxante.
- Aporta menos de 50 calorías por cada 100 gramos pero en almíbar su aporte puede aumentar ligeramente.

El nutriente principal de la piña son los hidratos de carbono simples, que suponen aproximadamente el 11 por ciento de su peso, mientras que las proteínas y las grasas apenas están presentes en esta fruta, al igual que en el resto.

En cuanto al contenido en vitaminas cabe destacar la presencia de vitamina C, responsable de numerosas e importantes funciones en el organismo como su participación en la formación del colágeno (proteína presente en huesos, dientes y cartílagos), de los glóbulos rojos, de los corticoides (hormonas) y de los ácidos biliares. Además la vitamina C favorece la absorción de hierro por parte del cuerpo humano y posee una importante función inmunológica ya que potencia la resistencia del organismo frente a la infecciones. La vitamina C es una sustancia con acción antioxidante, es decir, protege frente a los radicales libres, asociados al envejecimiento y a algunas

enfermedades. Además de vitamina C, la piña posee en cantidades inferiores, vitamina B1 y B6. En relación con los minerales, potasio, magnesio, cobre y manganeso, son los más abundantes.

2.1.5. Rica en fibra

Aunque la piña presenta una composición interesante de vitaminas y minerales, su componente más significativo es la fibra. Esta fruta aporta 1,2 gramos de fibra por cada 100 gramos de porción comestible. Una cantidad considerable que convierte a la piña en un alimento idóneo, tanto para prevenir como para mejorar los síntomas del estreñimiento.

Además, la fibra disminuye la absorción del colesterol y retarda la de otros nutrientes como la glucosa, por lo que su consumo será beneficioso tanto para personas con niveles elevados de colesterol en sangre como para quienes tienen diabetes.

La fibra también tiene la capacidad de alargar el tiempo de vaciado gástrico por lo que aporta sensación de saciedad, lo que la convierte en un buen complemento para personas que llevan a cabo dietas de control de peso.

2.1.6. Facilita las digestiones

La piña contiene una enzima conocida con el nombre de bromelina o bromelaína. Esta es una enzima proteolítica, lo que quiere decir que es capaz de "romper" las proteínas dejando libres las unidades que las forman, los aminoácidos. Por tanto, se puede decir que la piña ayuda al estómago a digerir los alimentos ricos en proteínas como las carnes, el pescado, los lácteos o el huevo. Además, gracias a la presencia de esta enzima, el consumo de piña

está aconsejado en personas con hipoclorhidria (falta de ácido clorhídrico en el jugo del estómago), cuyos síntomas son la pesadez de estómago y las digestiones lentas. También es recomendable la piña en casos de atonía gástrica, o lo que es lo mismo, cuando el estómago presenta dificultades para vaciarse. En cualquiera de estos casos, la piña va a resultar beneficiosa tanto si se toma antes como después de las comidas, siempre que esté fresca y bien madura.

2.2. Proteínas

Las proteínas son moléculas por cadenas lineales de aminoácidos

Por sus propiedades físicoquímicas, las proteínas se pueden clasificar en proteínas simples (holoproteidos), que por hidrólisis dan solo aminoácidos o sus derivados; proteínas conjugadas (heteroproteidos), que por hidrólisis dan aminoácidos acompañados de sustancias diversas, y proteínas derivadas, sustancias formadas por desnaturalización y desdoblamiento de las anteriores. Las proteínas son indispensables para la vida, sobre todo por su función plástica (constituyen el 80 por ciento del protoplasma deshidratado de toda célula), pero también por sus funciones biorreguladoras (forman parte de las enzimas) y de defensa (los anticuerpos son proteínas).

Las proteínas desempeñan un papel fundamental para la vida y son las biomoléculas más versátiles y diversas. Son imprescindibles para el crecimiento del organismo y realizan una enorme cantidad de funciones diferentes, entre las que destacan:

- Estructural. Esta es la función más importante de una proteína (Ej: colágeno).

- Inmunológica (anticuerpos).
- Enzimática (Ej: sacarasa y pepsina).
- Contráctil (actina y miosina).
- Homeostática: colaboran en el mantenimiento del pH (ya que actúan como un tampón químico).
- Transducción de señales (Ej: rodopsina).
- Protectora o defensiva (Ej: trombina y fibrinógeno).

Las proteínas están formadas por aminoácidos los cuales a su vez están formados por enlaces peptídicos para formar esfosinas.

Las proteínas de todos los seres vivos están determinadas mayoritariamente por su genética (con excepción de algunos péptidos antimicrobianos de síntesis no ribosomal), es decir, la información genética determina en gran medida qué proteínas tiene una célula, un tejido y un organismo.

Las proteínas se sintetizan dependiendo de cómo se encuentren regulados los genes que las codifican. Por lo tanto, son susceptibles a señales o factores externos. El conjunto de las proteínas expresadas en una circunstancia determinada es denominado proteoma.

2.2.1. Aminoácido

Un aminoácido es una molécula orgánica con un grupo amino ($-NH_2$) y un grupo carboxilo ($-COOH$). Los aminoácidos más frecuentes y de mayor interés son aquellos que forman parte de las proteínas. Dos aminoácidos se combinan en una reacción de condensación entre el grupo amino de uno y el carboxilo del otro, liberándose una molécula de agua y formando un enlace amida que se

denomina enlace peptídico; estos dos "residuos" de aminoácido forman un dipéptido. Si se une un tercer aminoácido se forma un tripéptido y así, sucesivamente, hasta formar un polipéptido. Esta reacción tiene lugar de manera natural dentro de las células, en los ribosomas.

2.2.2. Peptonas

Las peptonas son polipéptidos formados durante la degradación enzimática de proteínas. Son la principal fuente de nitrógeno en el medio orgánico para el cultivo de bacterias. Contienen aminoácidos libres y cadenas cortas de péptidos, ciertas vitaminas y a veces carbohidratos. Es soluble en agua e insoluble en etanol y éter.

2.2.3. Polipéptidos

Polipéptido es el nombre utilizado para designar un péptido de tamaño suficientemente grande; como orientación, se puede hablar de más de 10 aminoácidos. Cuando el polipéptido es suficientemente grande y, en particular, cuando tiene una estructura tridimensional única y estable, se habla de una proteína.

Químicamente, un polipéptido es una poliamida, con la única salvedad de que los monómeros constituyentes son únicamente aminoácidos en hélice alfa.

2.2.4. Metaloproteínas

Metaloproteína es un término genérico para una proteína que contiene un ion metálico como cofactor. Las funciones de las metaloproteínas son muy variadas en las células, actuando como enzimas, proteínas de transporte y

almacenamiento, y en la transducción de señales. De hecho, aproximadamente un cuarto a un tercio de todas las proteínas requieren metales para llevar a cabo sus funciones. El metal suele estar coordinado por átomos de nitrógeno, oxígeno o azufre pertenecientes a los aminoácidos de la cadena polipeptídica y/o un ligando macrocíclico incorporado en la proteína. La presencia de los iones metálicos en las metaloenzimas les permite llevar a cabo funciones tales como reacciones redox, que no pueden ser fácilmente realizadas por el conjunto limitado de grupos funcionales que se encuentran en los aminoácidos.

2.3. Enzimas

Las enzimas son moléculas de naturaleza proteica y estructural que catalizan reacciones químicas, siempre que sean termodinámicamente posibles: una enzima hace que una reacción química que es energéticamente posible, pero que transcurre a una velocidad muy baja, sea cinéticamente favorable, es decir, transcurra a mayor velocidad que sin la presencia de la enzima. En estas reacciones, las enzimas actúan sobre unas moléculas denominadas sustratos, las cuales se convierten en moléculas diferentes denominadas productos. Casi todos los procesos en las células necesitan enzimas para que ocurran a unas tasas significativas. A las reacciones mediadas por enzimas se las denomina reacciones enzimáticas.

Debido a que las enzimas son extremadamente selectivas con sus sustratos y su velocidad crece solo con algunas reacciones, el conjunto de enzimas sintetizadas en una célula determina el tipo de metabolismo que tendrá cada célula. A su vez, esta síntesis depende de la regulación de la expresión génica.

Como todos los catalizadores, las enzimas funcionan disminuyendo la energía de activación ($\Delta G^\ddagger$) de una reacción, de forma que se acelera sustancialmente la tasa de reacción. Las enzimas no alteran el balance energético de las reacciones en que intervienen, ni modifican, por lo tanto, el equilibrio de la reacción, pero consiguen acelerar el proceso incluso millones de veces. Una reacción que se produce bajo el control de una enzima, o de un catalizador en general, alcanza el equilibrio mucho más deprisa que la correspondiente reacción no catalizada.

La actividad de las enzimas puede ser afectada por otras moléculas. Los inhibidores enzimáticos son moléculas que disminuyen o impiden la actividad de las enzimas, mientras que los activadores son moléculas que incrementan dicha actividad. Asimismo, gran cantidad de enzimas requieren de cofactores para su actividad. Muchas drogas o fármacos son moléculas inhibidoras. Igualmente, la actividad es afectada por la temperatura, el pH, la concentración de la propia enzima y del sustrato, y otros factores físicoquímicos.

Algunas enzimas son usadas comercialmente, por ejemplo, en la síntesis de antibióticos y productos domésticos de limpieza. Además, son ampliamente utilizadas en diversos procesos industriales, como son la fabricación de alimentos, destinción de jeans o producción de biocombustibles.

2.4. Código enzimático de la bromelina (EC. 3.4.22.33)

Los números EC (*Enzyme Commission numbers*) son un esquema de clasificación numérica para las enzimas, basado en las reacciones químicas que catalizan.

Como sistema de nomenclatura de enzimas, cada número EC está asociado a un nombre recomendado para dicha enzima. En realidad los números EC codifican reacciones catalizadas por enzimas. Enzimas diferentes (por ejemplo que procedan de organismos diferentes) que catalicen la misma reacción recibirán el mismo número EC.

Cada código de enzimas consiste en las dos letras EC seguidas por 4 números separados por puntos. Estos números representan una clasificación progresivamente más específica.

2.4.1. Primer número

EC 1 Oxidorreductasas

EC 2 Transferasas

EC 3 Hidrolasas

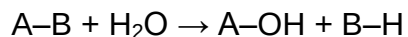
EC 4 Liasas

EC 5 Isomerasas

EC 6 Ligasas

2.4.2. Hidrolasas (EC. 3)

Una hidrolasa es una enzima capaz de catalizar la hidrólisis de un enlace químico. Por ejemplo, una enzima que catalice la reacción siguiente será una hidrolasa: la nomenclatura sistemática denomina a estas enzimas como sustrato hidrolasa; no obstante, aún se emplea la nomenclatura tradicional de sustratoasa. Por ejemplo, la ácido nucleico hidrolasa se conoce como nucleasa. Las enzimas digestivas pertenecen a esta categoría.



2.4.2.1. Nomenclatura

La nomenclatura sistemática denomina a estas enzimas como sustrato hidrolasa; no obstante, aún se emplea la nomenclatura tradicional de sustratoasa. Por ejemplo, la ácido nucleico hidrolasa se conoce como nucleasa. Las enzimas digestivas pertenecen a ésta categoría.

2.4.2.2. Clasificación

Pertenecen a la categoría EC 3 en la numeración EC. Poseen como subclases:

- EC 3.1: actúan sobre enlaces éster. (Esterasas, nucleasas, fosfodiesterasas, lipasas, fosfatasas)
- EC 3.2: glicosidasas
- EC 3.3: actúan sobre enlaces éter
- EC 3.4: actúan sobre enlaces peptídicos. (Peptidasas)
- EC 3.5: actúan sobre enlaces carbono-nitrógeno no peptídicos
- EC 3.6: actúan sobre los anhídridos de los ácidos. (Helicasas, GTPasa)
- EC 3.7: actúan sobre los enlaces carbono-carbono
- EC 3.8: actúan sobre los enlaces haluro
- EC 3.9: actúan sobre los enlaces fósforo-nitrógeno
- EC 3.10: actúan sobre los enlaces azufre-nitrógeno
- EC 3.11: actúan sobre los enlaces carbono-fósforo
- EC 3.12: actúan sobre los enlaces azufre-azufre
- EC 3.13: actúan sobre los enlaces carbono-azufre

2.4.3. Enlaces peptídicos (peptidasas) (EC. 3.4)

Las peptidasas (antes conocidas como proteasas) son enzimas que rompen los enlaces peptídicos de las proteínas. Usan una molécula de agua para hacerlo y por lo tanto se clasifican como hidrolasas.

Las peptidasas están presentes en todos los organismos y constituyen del 1-5 por ciento del contenido del genoma. Estas enzimas están implicadas en una multitud de reacciones fisiológicas desde la simple digestión de las proteínas de los alimentos hasta cascadas altamente reguladas (ejemplo: cascada de coagulación sanguínea, el sistema del complemento, vías de la apoptosis y la cascada que activa la profenoloxidasas del invertebrado). Las peptidasas pueden romper enlaces peptídicos específicos (proteólisis limitada), dependiendo de la secuencia de aminoácidos de la proteína; así como también derrumbar un péptido completo de aminoácidos (proteólisis ilimitada).

2.4.3.1. Clasificación

- EC 3.4.11 aminopeptidasas
- EC 3.4.13 dipeptidasas
- EC 3.4.14 dipeptidil-peptidasas y tripeptidil-peptidasas
- EC 3.4.15 peptidil-dipeptidasas
- EC 3.4.16 carboxipeptidasas tipo serina
- EC 3.4.17 metalocarboxipeptidasas
- EC 3.4.18 carboxipeptidasas tipo cisteína
- EC 3.4.19 pepetidasas omega
- EC 3.4.21 serina endopeptidasas
- EC 3.4.22 cisteína endopeptidasas
- EC 3.4.23 ácido aspártico endopeptidasas

- EC 3.4.24 metaloendopeptidasas
- EC 3.4.25 treonina endopeptidasas

2.4.4. Endopeptidasas cisteína (EC. 3.4.22)

Endopeptidasas que tienen una cisteína involucrada en el proceso catalítico. Este grupo de enzimas resulta desactivado por reactivos sulfhidrúlicos.

2.4.4.1. Clasificación

- CE 3.4.22.1 catepsina B
- CE 3.4.22.2 papaína
- CE 3.4.22.3 ficain
- CE 3.4.22.4 ahora cubierto por CE 3.4.22.32 y 3.4.22.33 CE
- CE 3.4.22.5 ahora EC 3.4.22.33
- CE 3.4.22.6 quimiopapaína
- CE 3.4.22.7 asclepain
- CE 3.4.22.8 clostripaína
- CE 3.4.22.9 ahora EC 3.4.21.48
- EC 3.4.22.10 streptopain
- EC 3.4.22.11 ahora EC 3.4.24.56 (suplemento 3)
- EC 3.4.22.12 ahora EC 3.4.19.9
- EC 3.4.22.13 eliminada
- EC 3.4.22.14 actinidain
- EC 3.4.22.15 catepsina L
- EC 3.4.22.16 catepsina H
- EC 3.4.22.17 ahora EC 3.4.22.52 y 3.4.22.53 CE

- EC 3.4.22.18 eliminado, incluido en EC 3.4.21.26
- EC 3.4.22.19 eliminado, incluido en EC 3.4.24.15
- EC 3.4.22.20 eliminada
- EC 3.4.22.21 eliminado, incluido en EC 3.4.99.46
- EC 3.4.22.22 ahora EC 3.4.24.37
- EC 3.4.22.23 eliminado, incluido en EC 3.4.21.61
- EC 3.4.22.24 catepsina T
- EC 3.4.22.25 endopeptidasa glicilo
- EC 3.4.22.26 procoagulante cáncer
- EC 3.4.22.27 catepsina S
- EC 3.4.22.28 3C picornain
- EC 3.4.22.29 picornain 2A
- EC 3.4.22.30 caricain
- EC 3.4.22.31 ananaína
- EC 3.4.22.32 bromelina madre
- EC 3.4.22.33 bromelina fruta
- EC 3.4.22.34 legumain
- EC 3.4.22.35 histolysain
- EC 3.4.22.36 caspasa-1
- EC 3.4.22.37 gingipain R
- EC 3.4.22.38 catepsina K
- EC 3.4.22.39 adenain
- EC 3.4.22.40 hidrolasa bleomicina
- EC 3.4.22.41 catepsina F
- EC 3.4.22.42 catepsina S
- EC 3.4.22.43 catepsina V
- EC 3.4.22.44 -inclusión nucleares una endopeptidasa
- 3.4.22.45 CE proteinasa helper-componente

- EC 3.4.22.46 L-peptidasa
- EC 3.4.22.47 gingipain K
- EC 3.4.22.48 staphopain
- EC 3.4.22.49 separase
- EC 3.4.22.50 V-Cath endopeptidasa
- EC 3.4.22.51 cruzipaina
- EC 3.4.22.52 calpaina-1
- EC 3.4.22.53 calpaina-2
- EC 3.4.22.54 calpaina-3
- EC 3.4.22.55 caspasa-2
- EC 3.4.22.56 caspasa-3
- EC 3.4.22.57 caspasa-4
- EC 3.4.22.58 caspasa-5
- EC 3.4.22.59 caspasa-6
- EC 3.4.22.60 caspasa-7
- EC 3.4.22.61 caspasa-8
- EC 3.4.22.62 caspasa-9
- EC 3.4.22.63 caspasa-10
- EC 3.4.22.64 caspasa-11
- EC 3.4.22.65 peptidasa 1 (ácaro)
- EC 3.4.22.66 calicivirin
- EC 3.4.22.67 zingipain
- EC 3.4.22.68 Ulp1 peptidasa
- EC 3.4.22.69 SARS proteinasa principal coronavirus
- EC 3.4.22.70 sortase A
- EC 3.4.22.71 sortase B

2.4.4.2. Bromelina (EC. 3.4.22.33)

La bromelina (EC 3.4.22.33) es un extracto crudo que se obtiene de la piña y que contiene, entre otros componentes, varias enzimas proteinasas de las que se han demostrado, tanto en el laboratorio como en estudios en animales y humanos, sus propiedades antiinflamatorias, antitrombóticas, antiedematosas (evitan el edema) y fibrinolíticas (deshacen los coágulos).

La bromelina es una enzima con acción proteolítica (que rompe las moléculas protéicas) para una mejor asimilación de los aminoácidos que las componen. La bromelina deshace las proteínas de igual manera que la pepsina, enzima que forma parte del jugo gástrico. La bromelina se encuentra en las piñas.

2.5. Lixiviación

La lixiviación es la disolución preferente de uno o más componentes de una mezcla sólida por contacto con un disolvente líquido. Esta operación unitaria, una de las más antiguas en la industria química, ha recibido muchos nombres, según la técnica más o menos compleja utilizada para llevarla a cabo.

La colada se refería originalmente a la percolación del líquido a través de un lecho fijo del sólido, pero en la actualidad se utiliza para describir la operación en forma general, sin importar la forma en que se realice. Lixiviación se utiliza con menos frecuencia como sinónimo para colada, aunque al principio se refería específicamente a la colada de álcali a partir de cenizas de madera. El término extracción también se emplea por lo común para describir esta operación particular, aunque también se aplica a todas las operaciones de separación, que utilicen métodos de transferencia de masa o mecánicos.

La decocción se refiere específicamente al uso del disolvente a su temperatura de ebullición. Cuando el material soluble está sobre todo en la superficie de un sólido insoluble y simplemente se lava con el disolvente, la operación algunas veces recibe el nombre de elución.

2.5.1. Preparación del sólido

El éxito de una lixiviación y la técnica que se va a utilizar dependen con mucha frecuencia de cualquier tratamiento anterior que se le pueda dar al sólido. En algunos casos, las pequeñas partículas del material soluble están completamente rodeadas de una matriz de materia insoluble. Entonces, el disolvente se debe difundir en la masa y la solución resultante se debe difundir hacia el exterior antes de poder lograr una separación. Esto es lo que sucede con muchos materiales metalúrgicos. La trituración y molienda de estos sólidos acelerará bastante la acción de lixiviación, porque las porciones solubles son entonces más accesibles al disolvente.

Cuando la sustancia soluble está distribuida más o menos uniformemente en todo el sólido o aun en solución del sólido, la acción de lixiviación puede proporcionar canales para el paso del disolvente fresco y tal vez no sea necesaria una molienda muy fina. El derrumbe del esqueleto insoluble que permanece después de la separación del soluto puede, sin embargo, presentar problemas.

Los cuerpos vegetales y animales tienen una estructura celular, los productos naturales que se van a lixiviar a partir de estos materiales se encuentran generalmente dentro de las células. Si las paredes celulares permanecen intactas después de la exposición a un disolvente adecuado, entonces en la acción de lixiviación interviene la ósmosis del soluto a través de

las paredes celulares. Este puede ser un proceso lento. Sin embargo, moler el material lo suficientemente pequeño como para liberar el contenido de las células es poco práctico y algunas veces indeseable.

Cuando el soluto se adsorbe sobre la superficie de las partículas sólidas o se disuelve simplemente en una solución adherente, no es necesaria la trituración o molienda y las partículas pueden lavarse directamente.

2.5.2. Temperatura de lixiviación

Por lo general se desea realizar la lixiviación a temperaturas lo más elevadas posible.

Las temperaturas elevadas producen la mayor solubilidad del soluto en el disolvente y en consecuencia, concentraciones finales mayores en el licor de lixiviación.

A temperaturas elevadas la viscosidad del líquido es menor y mayores las difusividades; esto incrementa la rapidez de lixiviación.

2.5.3. Naturaleza del solvente

Dependiendo de la finalidad deseada, el solvente utilizado extrae, selectivamente o no, cierta clase de compuestos. Entre los solventes generales, los más utilizados son los alcoholes alifáticos de hasta 3 carbonos o mezclas de estos con el agua. Estos solventes logran extraer la gran mayoría de las sustancias naturales de interés como los alcaloides, los flavonoides, los glicósidos cardiotónicos y los terpenos.

Debido a su poder extractivo, estos solventes son los indicados para los casos en que los constituyentes activos de las plantas no son bien conocidos, siendo necesario agotar completamente la materia prima. El alcohol etílico y sus mezclas con agua es el solvente por excelencia para la obtención de extractos y tinturas. Cuando no existen estudios específicos, se recomienda utilizar la mezcla de alcohol: agua 7:3 o 8:2 para la extracción de las partes leñosas de la planta, raíces y semillas, mientras la proporción de 1:1 es recomendada para extraer las hojas o las partes aéreas verdes, ya que en esta concentración se evita la extracción de la clorofila y de las sustancias polimerizadas o resinoides que, generalmente, no presentan actividad terapéutica, pero complican las etapas siguientes de purificación, por el hecho de presentar precipitados viscosos.

2.5.4. Agitación

La eficiencia del proceso extractivo es función del equilibrio de saturación del solvente. La agitación hace que nuevas cantidades de solvente, pobre en las sustancias extraíbles, entren en contacto con el sólido y un nuevo punto de equilibrio de saturación sea alcanzado. El movimiento del líquido, con ayuda de bombas para la recirculación del solvente o agitadores mecánicos, desplaza el equilibrio en el sentido de la saturación del solvente, aumentando la eficiencia del proceso.

2.5.5. Velocidad de lixiviación

La velocidad de transferencia del disolvente de la solución general hasta la superficie del sólido es bastante rápida, y la velocidad hacia el interior del sólido puede ser rápida o lenta. Sin embargo, en la mayoría de los casos estas no son las etapas que limitan a velocidad del proceso total de lixiviación. La

transferencia de disolventes suelen ocurrir al principio, cuando las partículas se ponen en contacto con el disolvente; aun así, la disolución del soluto en el disolvente en el interior del sólido puede ser un simple proceso físico de disolución o una verdadera reacción química que libera al soluto para la disolución. El conocimiento del proceso de disolución es bastante limitado y el mecanismo puede ser diferente en cada caso.

La velocidad de difusión del soluto a través del sólido, y la del disolvente hasta la superficie del sólido suelen ser la resistencia que controla el proceso global de lixiviación y dependen de diversos factores. Si el sólido está constituido por una estructura inerte porosa, con el soluto y el disolvente localizados en los poros del sólido, la difusión a través del sólido poroso se puede describir como una difusividad efectiva. Se requieren entonces, la fracción de espacios huecos y la sinuosidad.

En sustancias biológicas o naturales hay complejidades adicionales debido a la presencia de células.

La resistencia a la transferencia de masa del soluto desde la superficie sólida hasta el disolvente general, suele ser bastante pequeña en comparación con la resistencia a la difusión dentro del propio sólido.

2.5.6. Rapidez de lixiviación cuando se disuelve un sólido

Cuando un material se disuelve de un sólido a la solución de disolvente, la velocidad de transferencia de masa desde la superficie sólida al líquido, suele ser el factor que controla la totalidad del proceso.

2.5.7. Rapidez de lixiviación cuando controla la difusión en el sólido

En caso de que la difusión en estado no estacionario en el sólido sea la resistencia que controla el proceso de lixiviación del soluto con un disolvente externo, pueden ser útiles las aproximaciones.

2.5.8. pH

El pH influye en la solubilidad de diversos compuestos ya que permite la posibilidad de formación de sales. La obtención de alcaloides constituye un ejemplo clásico de la influencia del pH en el proceso de extracción. La extracción de alcaloides con solventes orgánicos de baja polaridad exige un pretratamiento con soluciones alcalinas, buscando con esto liberar los alcaloides de sus sales y, así, volverlos solubles en el solvente orgánico. En el caso de extracción de alcaloides con soluciones acuosas es necesario un pH ácido, buscando con esto la conversión de los alcaloides en sus respectivas sales, solubles en agua.

2.5.9. Métodos de operación y equipo

Las operaciones de lixiviación se realizan por lotes o semilotes (estado no estacionario) y también en condiciones totalmente continuas (estado estacionario).

En cada categoría se encuentran equipos del tipo de etapas y de contacto continuo.

Se utilizan dos técnicas principales de manejo: la aspersión o goteo del líquido sobre el sólido y la completa inmersión del sólido en el líquido. En cualquier caso, la elección del equipo que se va a utilizar depende bastante de la forma física de los sólidos y de las dificultades y costo de manejo. En muchos casos, esto ha llevado al uso de equipos muy especializados en ciertas industrias.

Las operaciones en estado no estacionario incluyen aquellas en que los sólidos y los líquidos se ponen en contacto únicamente en forma de lotes y también aquellas, en que un lote del sólido se pone en contacto con una corriente que fluye continuamente del líquido (método por semilotes). Las partículas sólidas gruesas generalmente se tratan en lechos fijos mediante métodos de percolación, mientras que los sólidos finamente divididos, que pueden mantenerse más fácilmente en suspensión, pueden dispersarse en todo el líquido con la ayuda de algún tipo de agitador.

2.5.10. Equipo de lixiviación

Cuando los sólidos forman una masa abierta y permeable a lo largo de toda la operación de lixiviación, el disolvente se puede percolar a través de un lecho no agitado de sólidos. Con materiales impermeables o que se desintegran durante la lixiviación, los sólidos se dispersan en el disolvente y después se separan de él. Ambos métodos pueden realizarse por cargas o en operación continua.

2.5.11. Lixiviación de sólidos dispersos

Los sólidos que forman lechos impermeables, bien antes o durante la lixiviación, se tratan dispersándolos mediante agitación mecánica en un tanque

o mezclador de flujo. El residuo lixiviado se separa después de la disolución concentrada por sedimentación o filtración.

De esta forma se pueden lixiviar pequeñas cantidades de material por cargas en un tanque agitado, con una salida en el fondo para retirar el residuo sedimentado.

2.5.12. Operación en estado no estacionario

Las operaciones en estado no estacionario incluyen aquellas en que los sólidos y los líquidos se ponen en contacto únicamente en forma de lotes y también aquellas, en que un lote del sólido se pone en contacto con una corriente que fluye continuamente del líquido (método por semilotes). Las partículas sólidas gruesas generalmente se tratan en lechos fijos mediante métodos de percolación, mientras que los sólidos finamente divididos, que pueden mantenerse más fácilmente en suspensión, pueden dispersarse en todo el líquido con la ayuda de algún tipo de agitador.

2.5.13. Lixiviación *in situ*

Esta operación, que algunas veces se llama minería en solución, se refiere a la lixiviación por percolación de los minerales en la mina, mediante la circulación del disolvente sobre y a través del cuerpo del mineral. Se utiliza regularmente para obtener sal a partir de los depósitos en la superficie de la tierra mediante la disolución de la sal en agua, la cual se bombea hasta el depósito. Se ha aplicado a la lixiviación de minerales con bajo contenido de cobre, tan bajo como 0,2 por ciento de cobre y a vetas a profundidades de hasta 335 m (1 100 ft) debajo de la superficie. En la minería en solución para uranio, el mineral debe oxidarse *in situ*, con el fin de solubilizarlo en soluciones de carbonato.

Los reactivos pueden inyectarse continuamente a través de una serie de tuberías que bajan hasta la veta; el licor resultante se obtiene a través de otra serie de tuberías. En forma alternativa, el reactivo puede bombearse intermitentemente y sacarse a través del mismo pozo.

2.5.14. Lixiviación a la intemperie

Los minerales con bajo contenido, cuyo valor en mineral no garantiza el gasto de molienda o trituración, pueden lixiviarse en forma de rocas extraídas de la mina y colocadas en grandes montones sobre terreno impermeable. El licor de lixiviación se bombea sobre el mineral y se obtiene cuando sale del montón.

El cobre se ha lixiviado de esta forma a partir de minerales de pirita en montones que contienen hasta 2,2 (10') toneladas métricas de mineral; con este propósito se han utilizado más de 20 000 m³ diarios (5 millones de galones) de licor de lixiviación. Tal vez se necesiten 7 o más años para reducir el contenido de cobre de estos montones del 2 al 0,3 por ciento.

En un caso normal de lixiviación a la intemperie de uranio, después de colocar una tubería perforada de drenaje sobre una base de arcilla impermeable, el mineral se apila sobre las tuberías, en montones de 6 a 8 m de altura, con sección transversal trapezoidal y 120 m de ancho en la base, con una longitud de hasta 800 m (0,5 millas). La solución de lixiviación, que se introduce en forma de lagunas en la parte superior del montón, se va percolando hasta las tuberías de drenaje en la base, de donde se lleva a otro lugar.

2.5.15. Maceración

La maceración es un proceso de extracción sólido-líquido. El producto sólido (materia prima) posee una serie de compuestos solubles en el líquido extractante que son los que se pretende extraer.

En general en la industria química se suele hablar de extracciones, mientras que cuando se trata de alimentos, hierbas y otros productos para consumo humano se emplea el término maceración. En este caso el agente extractante (la fase líquida) suele ser agua, pero también se emplean otros líquidos como vinagre, jugos, alcoholes o aceites aderezados con diversos ingredientes que modificarán las propiedades de extracción del medio líquido.

A veces el producto obtenido es el extracto propiamente dicho y otras el sólido sin los citados compuestos o incluso ambas partes. La naturaleza de los compuestos extraídos depende de la materia prima empleada así como del líquido de maceración. En los casos en que se utilice el producto extraído se suele emplear una etapa de secado bien al sol, con calor o incluso una liofilización.

El proceso clásico de maceración consiste en dejar la materia prima en contacto con el solvente durante varios días, con agitación ocasional. Este proceso, también conocido como maceración simple o estática, es sumamente lento. Para abreviar el tiempo de operación, la materia prima y el solvente deben mantenerse en movimiento constante. Este procedimiento es conocido como maceración dinámica. Tanto la maceración simple como la maceración dinámica pueden ser ejecutadas a una temperatura ambiente o a temperaturas más elevadas. En este último caso el procedimiento es conocido como digestión.

Las grandes desventajas del proceso de maceración son la lentitud del proceso y el hecho de no ser posible alcanzar la extracción completa de la materia prima. Para disminuir las pérdidas del extracto en el residuo de la extracción, la operación de maceración (estática o dinámica) puede repetirse dos o tres veces. Después de haber escurrido el solvente de la extracción anterior. Este procedimiento disminuye la cantidad de extracto retenido en el residuo, pero aumenta la cantidad de solvente a ser recuperado. Este inconveniente puede superarse, adoptándose el esquema de procesamiento en serie, conforme es descrito para la percolación.

La maceración en frío consiste en sumergir el producto a macerar en un líquido y dejarlo una determinada cantidad de tiempo, para transmitir al líquido características del producto macerado. Los productos a macerar son varios, y en la gastronomía se puede destacar la infusión de especies varias en aceite de oliva virgen extra, concediendo a estos últimos aromas y paladares propios de las especies maceradas. Son especialmente recomendados para ensaladas y platos fríos.

También se podrá añadir a un recipiente con la menor cantidad de agua posible, solo lo suficiente como para cubrir totalmente lo que se desea macerar. Esto se hace por un lapso más o menos largo, dependiendo de lo que se vaya a macerar.

La ventaja de la maceración en frío consiste en que al ser solo con agua se logran extraer todas las propiedades de lo que se macera, es decir, toda su esencia sin alterarla en lo más mínimo.

En la maceración con calor el proceso a ejecutar en este tipo de maceración es el mismo que en la maceración en frío, solo que en este caso

puede variar el medio por el cual se logra la maceración. El tiempo que se desea macerar varía mucho de la maceración en frío ya que al utilizar calor se acelera el proceso tomando como referencia que 3 meses de maceración en frío, es igual a 2 semanas en maceración con calor, esto es en el caso de las plantas y hierbas medicinales.

La desventaja de la maceración en calor es que no logra extraer totalmente pura la esencia del producto a macerar, ya que siempre quema o destruye alguna pequeña parte de esta (muchas veces se trata de compuestos termolábiles).

Pero muchas veces, para acortar más los tiempos de extracción y que las sustancias pasen el menor tiempo posible a elevadas temperaturas, se hacen extracciones con corriente de vapor.

2.6. Cuajo

El cuajo es una enzima proteolítica. Se puede extraer a partir del cuarto estómago de los rumiantes, tener origen microbiano normalmente a partir del *Mucor miehei* o de origen vegetal.

El cuajo es un producto líquido, pastoso o sólido, cuyo componente activo está constituido por la mezcla de las enzimas obtenidas por extracción de los cuajares de rumiantes exclusivamente.

2.6.1. Coagulante de leche

Es el producto líquido pastoso o sólido cuyo componente activo está constituido por otras enzimas diferentes, es decir no procedentes de los cuajares de rumiantes.

2.6.2. Título de un cuajo

Es la indicación de la actividad coagulante (AC) de las enzimas presentes, expresadas en unidades de coagulación (UC).

No se debe confundir título con fuerza o poder de coagulación. Mientras que el título indica la actividad coagulante del cuajo en unas condiciones determinadas de acidez, temperatura, entre otros. la fuerza indica la cantidad de cuajo que se debe añadir para cuajar la leche en las condiciones propias de la fabricación.

3. DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Localización

La parte experimental de la investigación, se realizó en la Universidad de San Carlos de Guatemala en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE), Sección de Química Industrial, Centro de Investigaciones de Ingeniería, Facultad de Ingeniería.

3.2. Variables

Propiedad, característica o atributo que es susceptible a asumir diferentes valores, es decir, puede variar. Dentro de ellas se encuentran las variables independientes, consideradas como las causas y las variables dependientes; consideradas como el factor que es observado y medido para determinar el efecto de la variable independiente.

- Variables independientes
 - Parte de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa a utilizar para la extracción del extracto acuoso (corona, cáscara, bagazo y jugo).
 - Tiempo de maceración (2, 4, 6 horas).
- Variables dependientes

- Rendimiento del extracto acuoso
- Actividad enzimática del extracto acuoso (MCU)
- Índice de refracción del extracto acuoso
- pH del extracto acuoso
- Porcentaje de sólidos totales del extracto acuoso
- Grados Brix del extracto acuoso

3.3. Delimitación del campo de estudio

La evaluación del rendimiento y caracterización fisicoquímica del extracto acuoso obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) y la evaluación de la actividad enzimática de la bromelina presente a escala laboratorio. Se realizó en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEXVE), sección de Química Industrial del Centro de Investigaciones de Ingeniería (CII), edificio T-5 de la Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.4. Obtención de las muestras

La obtención de la muestra de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa se realizó de piña importada de Panamá por la compañía Walmart, la marca de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) utilizada fue Piña Dorada.

3.5. Recursos humanos disponibles

Investigadora: Claudia María Quiroa Robles

Asesora: Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales

Asesor: Ing. Qco. Mario José Mérida Meré

3.6. Recursos materiales disponibles

Es toda la materia prima, materiales auxiliares, cristalería, reactivos y equipos utilizados en el desarrollo adecuado de la parte experimental del proyecto de investigación. Estos se enlistan a continuación:

- Materia prima
 - Piña (corona, cáscara, bagazo y jugo)
 - Leche en polvo Anchor 0,096 (g/mL)
- Materiales auxiliares
 - Película selladora marca Parafilm
 - Magnéticos
- Cristalería
 - Beackers marca BOECO de 600 mL
 - Probetas marca EXAX de 500 mL
- Reactivos
 - Agua desmineralizada marca Salvavidas
 - Ácido cítrico grado industrial marca Quimiprova
 - Ácido ascórbico grado industrial marca Quimiprova

- Instrumentos de medición
 - Picnómetro
 - Termómetro
 - Balanza analítica digital BOECO de 120 V
 - Refractómetro Fisher Scientific de 60 Hz
- Equipo auxiliar
 - Rotavaporador RII BUCHI

3.7. Técnicas cuantitativas de la investigación

La piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) se obtuvo de piña importada de Panamá por la compañía Walmart, la marca de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) utilizada es Piña Dorada.

- Obtención del extracto acuoso

Se utilizó como conservante ácido ascórbico y ácido cítrico al 2.5 por ciento en una proporción 1:1.

- Pulpa de la piña

Se extrajo el jugo quedando solo el bagazo, el bagazo se cortó en trozos de 0,5x0,5 cm, para luego ponerlo en maceración dinámica, en la cual se realizó a diferentes tiempos de extracción (2, 4, 6 horas) después de la maceración dinámica se procedió a filtrar para luego rotavaporar la solución.

- Cáscara de la piña

En la cáscara de la piña se realizaron cortes de 0.5x0.5 cm luego se inició con la maceración dinámica a diferentes tiempos de extracción (2, 4 y 6 horas) después se procedió a filtrar y rotavaporar.

- Corona de la piña

En la corona de la piña se hicieron cortes de 0,3 x 0,3 cm luego se inició con la maceración dinámica a diferentes tiempos de extracción (2, 4 y 6 horas) después se filtró la maceración y se rotavaporó la solución.

- Maceración dinámica

Para llevar a cabo la maceración se colocó en una proporción materia prima:solvente de 9:1 en un beacker con agua destilada para el bagazo, en una proporción de materia prima:solvente de 5:1 para la cáscara y la corona los cuales luego se inició con la agitación durante el tiempo correspondiente (2, 4, 6 horas).

- Rotavaporación

Para la rotavaporación se procedió de la siguiente manera: se concentró a presión reducida en un rotavapor, girando a una velocidad determinada. El tiempo de extracción de solvente es continuo, hasta que la muestra no tuviera presencia de solvente.

Al extracto acuoso obtenido se le realizaron pruebas de porcentaje de solidos totales, grados Brix, pH y actividad enzimática.

- Determinación de solidos totales

Para la determinación de solidos totales se tomó una alícuota cada cierto tiempo dependiendo el tiempo de maceración.

Para la maceración dinámica de 2 horas se tomó una alícuota cada media hora, para la de 4 horas se tomó una alícuota cada hora y para la de 6 horas se tomó una alícuota cada hora y media.

- Determinación de la curva de calibración para grados Brix utilizando azúcar, el cual es utilizado para determinar los grados Brix de las diferentes secciones de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.)

- Se hicieron soluciones de 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 grados Briz.
- Se tomó el índice de refracción de las muestras.
- Se realizó este procedimiento tres veces.

- Determinación de la actividad enzimática

- Se hizo la solución de leche en polvo Anchor, 24 gramos de leche por cada 250 mL de agua.
- En 40 mL de leche se agregó 1 gramo tanto del extracto acuoso como de la pastilla de bromelina de GNC.
- Se esperó hasta que se haya separado la caseína del suero totalmente.

- Se anotó el tiempo, volumen y peso.
- Se realizó nuevamente el procedimiento tres veces.
- Índice de refracción
 - Primero se limpió el prisma con etanol y agua desmineralizada.
 - Se agregaron 2 gotas del aceite esencial al prisma con una micropipeta.
 - Se encendió la lámpara usando el interruptor en el lado izquierdo y se ajustó para asegurar el brillo adecuado en el prisma de medición.
 - Se observó por el ocular, se giró la perilla de compensación de color hasta que apareció una línea clara y definida en el campo de visión.
 - Se giró la perilla de medición alineando la línea delimitadora, con las líneas de intersección (ajustando claro y oscuro al centro).
 - Se movió el interruptor de la parte inferior izquierda y se leyó en la escala superior, el índice de refracción.
 - Se registró el índice de refracción.

3.7.1. Análisis estadístico de los datos

Para cada componente de la determinación fisicoquímica se utilizó un análisis de varianza por medio de un diseño de bloques aleatorio con la distribución de Fisher.

Tabla II. Datos típicos para el diseño de bloques al azar

COMPONENTE	OBSERVACIONES O SERIES					
Cn						
Tratamientos		2	3	J	Total a	Promedio a
1	1,1	Y _{1,2}	Y _{1,3}	Y _{1,J}	Y _{1,a}	Y _{1,a}
2	2,1	Y _{2,2}	Y _{2,3}	Y _{2,J}	Y _{2,a}	Y _{2,a}
3	3,1	Y _{3,2}	Y _{3,3}	Y _{3,J}	Y _{3,a}	Y _{3,a}
		:	:	:	:	:
I	i,1	Y _{i,2}	Y _{i,3}	Y _{i,J}	Y _{i,a}	Y _{i,a}
Total b	i,b	Y _{2,b}	Y _{3,b}	Y _{1,b}	Y _{i,j}	
Promedio b	i,b	Y _{2,b}	Y _{3,b}	Y _{1,b}		Y

Fuente: MORAZAN, Francisco. *Manual del cultivo de la piña*. p. 47.

En donde:

Y_{i,j} = total de las observaciones bajo el i,j-ésimo tratamiento

y = promedio total de las observaciones bajo el i,j-ésimo tratamiento

Y_{a,b} = datos obtenidos para cada observación bajo cada tratamiento

Por lo general un procedimiento para el diseño de un bloque aleatorio consiste en seleccionar *b* bloques y en ejecutar una repetición completa del experimento en cada bloque, con un solo factor con *a* niveles. Cada una de las

observaciones establecidas puede representarse por medio de un modelo estadístico lineal de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}i &= 1, 2, \dots, a \\ y_{ij} &= \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \\ j &= 1, 2, \dots, b\end{aligned}$$

Dónde:

y_{ij} = observación

μ = media general

τ_i = efecto del tratamiento i ésimo

β_j = efecto del bloque j ésimo

ε_{ij} = error aleatorio

Los efectos de bloque y tratamiento se definen como desviaciones respecto a la media general. Como el interés es probar la igualdad de los efectos del tratamiento, siendo:

$$H_0: \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_a = 0$$

$$H_1: \tau_i \neq 0 \text{ al menos una } i$$

Las operaciones para el análisis de varianza se resumen en la siguiente tabla, así como las fórmulas para el cálculo de suma de cuadrados.

Tabla III. **Análisis de varianza para el experimento de bloque aleatorio**

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F _o
Tratamientos	$\sum_{i=1}^a y_{i.}^2 b - y^2 \dots ab$	$a - 1$	$(SS_{tratamientos}) / (a - 1)$	$(MS_{tratamientos}) / MS_E$
Bloques	$\sum_{j=1}^b y_{.j}^2 b - y^2 \dots ab$	$b - 1$	$(SS_{tratamientos}) / (b - 1)$	
Error	$SS_E \left(\begin{smallmatrix} por \\ sustracción \end{smallmatrix} \right)$	$(a - 1)(b - 1)$	$(SS_E) / [(a - 1)(b - 1)]$	
Total	$\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b y_{ij}^2 - y^2 \dots ab$	$ab - 1$		

Fuente: MORAZAN, Francisco. *Manual del cultivo de la piña*. p. 48.

La hipótesis nula de ningún efecto de tratamiento se probó mediante la razón de Fisher, que se define como: $F = \frac{MS_{Tratamientos}}{MS_E}$ donde $MS_{tratamientos}$ es la media cuadrática de los tratamientos y MSE es la media cuadrática del error; y que para un nivel de confianza $\alpha = 0,05$ y con 2 grados de libertad para tratamientos y 5 para bloques.

3.8. Recolección y ordenamiento de la información

En el presente estudio de investigación, se recolectaron y ordenaron los datos obtenidos en la medición de porcentaje de rendimiento, densidades, pH, grados Brix y medición de índice de refracción; obteniendo con ello las siguientes tablas.

Tabla IV. **Resultados obtenidos del extracto acuoso obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, del bagazo, cáscara, corona y jugo para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2 horas a una temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Peso Inicial (g)	Densidad (g/mL)	Índice de Refracción	pH	Peso del Extracto
Bagazo	1	50,21	1,194	1,335	3,60	6,32
			1,208			
			1,213			
			1,217			
	2	50,09	1,189	1,335	3,54	5,97
			1,199			
			1,215			
			1,217			
	3	50,12	1,199	1,335	3,58	5,63
			1,205			
			1,214			
			1,218			
Cáscara	1	50,17	1,192	1,334	3,65	2,38
			1,201			
			1,225			
			1,234			
	2	50,15	1,184	1,3340	3,70	2,37
			1,202			
			1,218			
			1,227			

Continuación de la tabla IV.

	3	50,18	1,190	1,3350	3,58	2,360
			1,206			
			1,220			
			1,231			
Corona	1	50,07	1,178	1,334	3,65	1,280
			1,199			
			1,213			
			1,233			
	2	50,06	1,180	1,3335	3,65	1,480
			1,202			
			1,221			
			1,234			
	3	49,82	1,175	1,334	3,64	1,320
			1,197			
			1,209			
			1,226			
Jugo*	1	65,02	1,292	1,352	3,84	16,65
	2	65,08	1,292	1,352	3,84	16,57
	3	65,01	1,293	1,352	3,84	16,61

*Extracción líquido-líquido.

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE.

Tabla V. **Resultados obtenidos del extracto acuoso obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, del bagazo, cáscara, corona y jugo para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 4 horas a una temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Peso Inicial (g)	Densidad (g/mL)	Índice de refracción	pH	Peso del Extracto
Bagazo	1	50,120	1,237	1,335	3,530	14,61
			1,240			
			1,243			
			1,247			
	2	49,700	1,234	1,335	3,630	14,63
			1,234			
			1,236			
			1,238			
	3	50,030	1,236	1,335	3,500	14,10
			1,239			
			1,241			
			1,251			
Cáscara	1	50,120	1,236	1,335	3,750	5,30
			1,238			
			1,239			
			1,240			
	2	50,050	1,234	1,335	3,750	5,80
			1,234			
			1,237			
			1,239			
	3	50,010	1,198	1,336	3,650	4,80
			1,236			
			1,238			
			1,240			
Corona	1	50,000	1,232	1,334	3,730	2,180
			1,234			
			1,236			
			1,238			
	2	50,60	1,231	1,335	3,650	2,150
			1,232			
			1,232			
			1,234			
	3	50,010	1,232	1,335	3,670	1,950
			1,233			
			1,233			
			1,235			
Jugo*	1	65	1,292	1,352	3,75	16,53
	2	65,03	1,293	1,352	3,75	16,62
	3	65,01	1,293	1,352	3,75	16,58

*Extracción líquido-líquido.

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE.

Tabla VI. **Resultados obtenidos del extracto acuoso obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, del bagazo, cáscara, corona y jugo para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 6 horas a una temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Peso Inicial (g)	Densidad (g/mL)	Índice de refracción	pH	Peso del Extracto
Bagazo	1	50,030	1,235	1,335	3,580	14,850
			1,241			
			1,241			
			1,250			
	2	50,010	1,236	1,335	3,620	14,640
			1,240			
			1,240			
			1,241			
	3	50,000	1,239	1,335	3,650	14,930
			1,241			
			1,242			
			1,243			
Cáscara	1	50,150	1,236	1,336	3,780	5,900
			1,240			
			1,240			
			1,241			
	2	50,020	1,234	1,335	3,650	5,950
			1,235			
			1,237			
			1,242			
	3	50,100	1,235	1,335	3,680	6,020
			1,236			
			1,240			
			1,241			
Corona	1	50,080	1,231	1,334	3,620	2,650
			1,232			
			1,235			
			1,240			
	2	50,050	1,232	1,335	3,690	2,130
			1,233			
			1,234			
			1,235			
	3	50,010	1,231	1,335	3,640	2,460
			1,232			
			1,234			
			1,235			
Jugo*	1	65,01	1,292	1,353	3,7	16,51
	2	65,15	1,292	1,353	3,7	16,58
	3	65,08	1,293	1,353	3,7	16,62

*Extracción líquido-líquido.

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE.

Tabla VII. **Resultados de la determinación de grados Brix e índice de refracción obtenidos del azúcar, para la determinación de los grados Brix del extracto acuoso obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa a temperatura de 23 °C**

Brix	IR
-	
1	1,3350
2	1,3360
3	1,3380
4	1,3395
5	1,3410
10	1,3485
15	1,3560
20	1,3650
30	1,3820
40	1,4010
50	1,4200
60	1,4440
70	1,4545
80	1,4910
85	1,5040

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE.

Tabla VIII. **Actividad enzimática en unidades de coagulación (MCU) de la corona, bagazo, cáscara y jugo del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, y pastilla de bromelina de GNC (testigo) a temperatura de 23 °C de la leche en polvo anchor**

Materia Prima	Corrida	Tiempo total de cuaje (s)	Cantidad de leche (mL)	Tiempo de formación de cuajo (min)
Bagazo	1	2 490	40	415
	2	2 478	40	413
	3	2 484	40	414
Cáscara	1	2 460	40	410
	2	2 448	40	408
	3	2 466	40	411
Corona	1	2 400	40	400
	2	2 406	40	401
	3	2 388	40	398
Jugo	1	2 502	40	417
	2	2 490	40	415
	3	2 508	40	418
Pastilla de BromelinaG NC	1	2 520	40	420
	2	2 532	40	422
	3	2 514	40	419

Fuente: datos experimentales, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales LIEXVE.

3.9. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

En el presente estudio de investigación, se tabularon, ordenaron y procesaron los datos obtenidos de la medición del índice de refracción, pH, porcentaje de rendimiento, grados Brix, densidad y actividad enzimática para el extracto acuoso extraído de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.); obteniendo para ello las siguientes tablas:

Tabla IX. **Porcentaje de rendimiento del extracto acuoso obtenido de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2, 4 y 6 horas a temperatura de 23 °C**

Sección de la piña utilizada	Porcentaje de rendimiento promedio		
	2 horas	4 horas	6 horas
Bagazo	11,913 $\pm$ 0,677	29,196 $\pm$ 0,221	29,605 $\pm$ 0,300
Cáscara	4,724 $\pm$ 0,020	10,114 $\pm$ 0,142	11,892 $\pm$ 0,126
Corona	2,721 $\pm$ 0,209	4,185 $\pm$ 0,249	4,822 $\pm$ 0,525
Jugo	25,54 $\pm$ 0,074	25,497 $\pm$ 0,064	25,461 $\pm$ 0,072

Fuente: elaboración propia, con base en tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información, tabla IV, V y VI.

Tabla X. **Actividad enzimática en unidades de coagulación (MCU) de la corona, bagazo, cáscara y jugo del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa y de la pastilla de bromelina de GNC a temperatura de 23 °C de la leche en polvo**

Sección de la piña utilizada	Fuerza de cuaje promedio (s ⁻¹)	σ de fuerza de cuaje	Porcentaje del rendimiento promedio	σ del porcentaje de rendimiento
Bagazo	9,661	$\pm 0,023$	7,520	$\pm 0,044$
Cáscara	9,764	$\pm 0,036$	2,303	$\pm 0,093$
Corona	10,008	$\pm 0,038$	2,957	$\pm 0,057$
Jugo	9,599	$\pm 0,035$	2,457	$\pm 0,074$
Pastilla de Bromelina GNC	9,516	$\pm 0,035$	5,757	$\pm 0,297$

Fuente: elaboración propia, con base en tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información, tabla VIII.

Tabla XI. **Caracterización fisicoquímica del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, siendo estas cáscara, corona, bagazo y jugo, cuantificando el porcentaje de sólidos totales, grados Brix de los extractos y pH para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2 horas a temperatura de 23 °C**

Sección del fruto de la piña	Porcentaje de sólidos totales	σ del porcentaje de sólidos totales	Grados Brix	σ de grados Brix	pH	σ del pH
Bagazo	82,832	$\pm 0,145$	3.258	$\pm 0,000$	3,573	$\pm 0,031$
Cáscara	82,603	$\pm 0,187$	3.001	$\pm 0,257$	3,643	$\pm 0,060$
Corona	82,958	$\pm 0,238$	-	-	3,647	$\pm 0,006$
Jugo*	77,379	$\pm 0,0341$	11.980	$\pm 0,000$	3,840	$\pm 0,000$

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información, tabla IV, VII.

Tabla XII. **Caracterización fisicoquímica del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, siendo estas cáscara, corona y pulpa, cuantificando el porcentaje de sólidos totales, grados Brix de los extractos y pH para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 4 horas a temperatura de 23 °C**

Sección del fruto de la piña	Porcentaje de sólidos totales	σ del porcentaje de sólidos totales	Grados Brix	σ de los grados Brix	pH	σ del pH
Bagazo	80,67	$\pm 0,34$	3,43	$\pm 0,15$	3,55	$\pm 0,07$
Cáscara	81,04	$\pm 0,78$	3,51	$\pm 0,26$	3,72	$\pm 0,06$
Corona	81,07	$\pm 0,13$	-	-	3,68	$\pm 0,04$
Jugo*	77,36	$\pm 0,03$	12,24	$\pm 0,00$	3,75	$\pm 0,00$

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información, tabla IV, VII.

Tabla XIII. **Caracterización fisicoquímica del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, siendo estas cáscara, corona y pulpa, cuantificando el porcentaje de sólidos totales, grados Brix de los extractos y pH para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 6 horas a temperatura de 23 °C**

Sección del fruto de la piña	Porcentaje de sólidos totales	σ del porcentaje de sólidos totales	Grados Brix	σ de los grados Brix	pH	σ del pH
Bagazo	80,60	$\pm 0,24$	3,34	$\pm 0,15$	3,62	$\pm 0,04$
Cáscara	80,77	$\pm 0,19$	3,60	$\pm 0,15$	3,70	$\pm 0,07$
Corona	81,06	$\pm 0,16$	-	-	3,65	$\pm 0,04$
Jugo*	77,38	$\pm 0,03$	12,49	$\pm 0,00$	3,70	$\pm 0,00$

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información, tabla IV, VII.

4. RESULTADOS

En el presente estudio de investigación, se recolectaron y ordenaron los datos obtenidos en la medición de porcentaje de rendimiento, densidades, pH, grados Brix y medición de índice de refracción y actividad enzimática; obtenidos de las diferentes partes de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, obteniendo con ello los siguientes resultados.

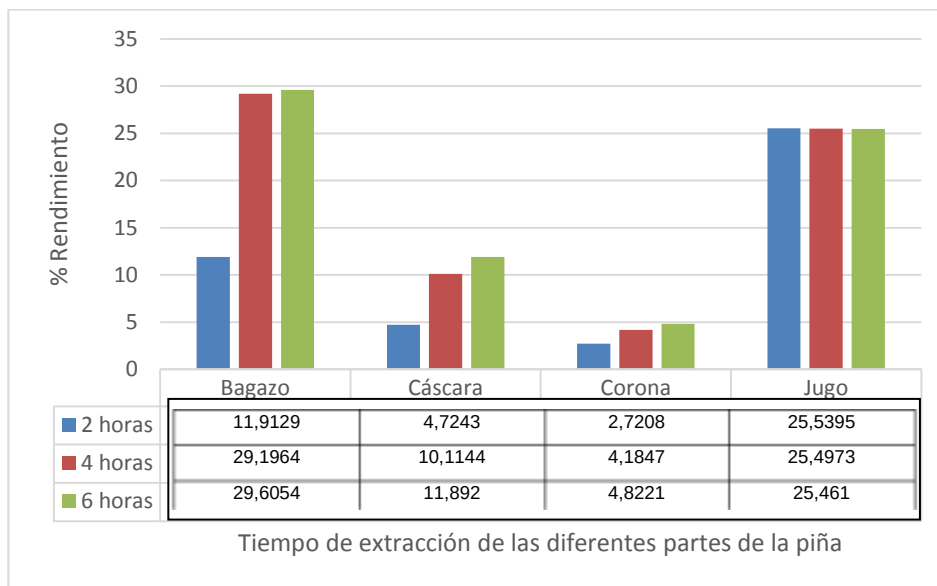
Tabla XIV. **Porcentaje de rendimiento del extracto acuoso obtenido de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2, 4 y 6 horas a temperatura de 23 °C**

Sección de la piña utilizada	Porcentaje, rendimiento promedio		
	2 horas	4 horas	6 horas
Bagazo	11,913 $\pm$ 0,677	29,196 $\pm$ 0,221	29,605 $\pm$ 0,300
Cáscara	4,724 $\pm$ 0,020	10,114 $\pm$ 0,142	11,892 $\pm$ 0,126
Corona	2,721 $\pm$ 0,209	4,185 $\pm$ 0,249	4,822 $\pm$ 0,525
Jugo*	25,54 $\pm$ 0,074	25,497 $\pm$ 0,064	25,461 $\pm$ 0,072

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información, tabla IV, V, VI.

Figura 4. **Evaluación de los tiempos de extracción para las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, siendo estas cáscara, corona, bagazo y jugo, para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2, 4 y 6 horas a temperatura de 23 °C**



*Jugo extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información, tabla IV, V, VI.

Tabla XV. **Datos obtenidos de la evaluación de los tiempos de extracción para las diferentes secciones del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, siendo estas cáscara, corona, cáscara y jugo, para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2, 4 y 6 horas a temperatura de 23 °C**

Sección de la piña utilizada	Línea de Tendencia	Valor de R ²
Bagazo	%R=-8,4372t ² +42,595t-22.245	1
Cáscara	%R=-1,8063t ² +10,809t-4.2786	1
Corona	%R=1,9341ln(t)+2,754	0,9946
Jugo	%R = -0,0393t + 25,578	0,9981

Fuente: elaboración propia, figura 4.

Tabla XVI. **Actividad enzimática en unidades de coagulación (MCU) de la corona, bagazo, cáscara y jugo obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, y de la pastilla de bromelina de GNC para leche en polvo anchor a temperatura de 23 °C**

Sección de la piña utilizada	Fuerza de cuaje promedio (s ⁻¹)	σ de fuerza de cuaje	Porcentaje de rendimiento promedio	σ del porcentaje de rendimiento
Bagazo	9,661	$\pm 0,023$	7,520	$\pm 0,044$
Cáscara	9,764	$\pm 0,036$	2,303	$\pm 0,093$
Corona	10,008	$\pm 0,038$	2,957	$\pm 0,057$
Jugo	9,599	$\pm 0,035$	2,457	$\pm 0,074$
Pastilla de Bromelina GNC	9,516	$\pm 0,035$	5,757	$\pm 0,297$

Fuente: elaboración propia, con base en tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información, tabla VIII.

Tabla XVII. **Caracterización fisicoquímica del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa siendo estas cáscara, corona, bagazo y jugo, cuantificando el porcentaje de sólidos totales, grados Brix de los extractos y pH para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2 horas a temperatura de 23 °C**

Sección del fruto de la piña	% sólidos totales	σ del % de sólidos totales	Grados Brix	σ de grados Brix	pH	σ del pH
Bagazo	82,603	$\pm 0,145$	3,258	$\pm 0,000$	3,573	$\pm 0,031$
Cáscara	82,832	$\pm 0,187$	3,001	$\pm 0,257$	3,643	$\pm 0,060$
Corona	82,958	$\pm 0,238$	0,00	$\pm ,.00$	3,647	$\pm 0,006$
Jugo*	77,379	$\pm 0,034$	11,980	$\pm 0,000$	3,840	$\pm 0,000$

*Extracción Líquido-líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información, tabla IV.

Tabla XVIII. **Caracterización fisicoquímica del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, siendo estas cáscara, corona, bagazo y jugo, cuantificando el porcentaje de sólidos totales, grados Brix de los extractos y pH para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 4 horas a temperatura de 23 °C**

Sección del fruto de la piña	% sólidos totales	σ del % sólidos totales	Grados Brix	σ de los grados Brix	pH	σ del pH
Bagazo	80,67	$\pm 0,34$	3,43	$\pm 0,15$	3,55	$\pm 0,07$
Cáscara	81,04	$\pm 0,78$	3,51	$\pm 0,26$	3,72	$\pm 0,06$
Corona	81,07	$\pm 0,13$	0,00	$\pm 0,00$	3,68	$\pm 0,04$
Jugo*	77,36	$\pm 0,03$	12,24	$\pm 0,00$	3,75	$\pm 0,00$

*Extracción Líquido-líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información, tabla IV.

Tabla XIX. **Caracterización fisicoquímica del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, siendo estas cáscara, corona, bagazo y jugo, cuantificando el porcentaje de sólidos totales, grados Brix de los extractos y pH para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 6 horas a temperatura de 23 °C**

Sección del fruto de la piña	% sólidos totales	σ del % sólidos totales	Grados Brix	σ de los grados Brix	pH	σ del pH
Bagazo	80,60	$\pm 0,24$	3,34	$\pm 0,15$	3,62	$\pm 0,04$
Cáscara	80,77	$\pm 0,19$	3,60	$\pm 0,15$	3,70	$\pm 0,07$
Corona	81,06	$\pm 0,16$	0,00	$\pm 0,00$	3,65	$\pm 0,04$
Jugo*	77,38	$\pm 0,03$	12,49	$\pm 0,00$	3,70	$\pm 0,00$

*Extracción Líquido-líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información, tabla VI.

Tabla XX. **Resultado del análisis microbiológico del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, para el bagazo**

ANÁLISIS	RESULTADO	Límite máximo RTCA 67.04.50:08/4.1
Recuento de Bacterias Aeróbicas en placa	$1,0 \times 10^3$ UFC/g	No presenta límites
Cuantificación de Coliformes Totales	< 10 UFC/g	No presenta límites
Cuantificación de Coliformes Fecales	< 10 UFC/g	No presenta límites
Cuantificación e identificación de <i>Escherichia coli</i>	< 10 UFC/g	10^2 UFC/g

Fuente: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Tabla XXI. **Resultado del análisis microbiológico del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, para la cáscara**

ANÁLISIS	RESULTADO	Límite máximo RTCA 67.04.50:08/4.1
Recuento de Bacterias Aeróbicas en placa	$4,0 \times 10^3$ UFC/g	No presenta límites
Cuantificación de Coliformes Totales	< 10 UFC/g	No presenta límites
Cuantificación de Coliformes Fecales	< 10 UFC/g	No presenta límites
Cuantificación e identificación de <i>Escherichia coli</i>	< 10 UFC/g	10^2 UFC/g

Fuente: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Tabla XXII. **Resultado del análisis microbiológico del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, para la corona**

ANÁLISIS	RESULTADO	Límite máximo RTCA 67.04.50:08/4.1
Recuento de Bacterias Aeróbicas en placa	$2,0 \times 10^2$ UFC/g	No presenta límites
Cuantificación de Coliformes Totales	< 10 UFC/g	No presenta límites
Cuantificación de Coliformes Fecales	< 10 UFC/g	No presenta límites
Cuantificación e identificación de <i>Escherichia coli</i>	< 10 UFC/g	10^2 UFC/g

Fuente: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

Tabla XXIII. **Resultado del análisis microbiológico del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, para el jugo**

ANÁLISIS	RESULTADO	Límite máximo RTCA 67.04.50:08/4.1
Recuento de Bacterias Aeróbicas en placa	$6,0 \times 10^7$ UFC/g	No presenta límites
Cuantificación de Coliformes Totales	< 10 UFC/g	No presenta límites
Cuantificación de Coliformes Fecales	< 10 UFC/g	No presenta límites
Cuantificación e identificación de <i>Escherichia coli</i>	< 10 UFC/g	10^2 UFC/g

Fuente: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente trabajo de graduación, se evaluó el rendimiento y caracterización fisicoquímica del extracto acuoso de las diferentes secciones del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, siendo estas bagazo, cáscara y pulpa, a las cuales se les evaluó la actividad enzimática de la bromelina presente a escala laboratorio.

La preparación de la materia prima consistió en extraer el jugo de la pulpa de la piña quedando como resultado de la extracción, el jugo y el bagazo, el bagazo se cortó en trozos de 0,5x0,5 cm aproximadamente; para la cáscara de la piña se realizaron cortes de 0,5x0,5 cm aproximadamente; para la corona de la piña se realizaron cortes de 0,3x0,3 cm aproximadamente para luego ponerlos en maceración dinámica, en la cual se realizaron a diferentes tiempos de extracción (2, 4, 6 horas) después de la maceración dinámica se procedió a filtrar para luego rotavaporar la solución.

Para llevar a cabo la maceración se colocó la materia prima en una proporción materia prima: solvente de 9:1 en un beacker con agua destilada para el bagazo, proporción materia prima:solvente de 5:1 para la cáscara y la corona los cuales luego se pusieron en agitación durante el tiempo correspondiente (2, 4, 6 horas) a la misma se le agregó conservante ácido ascórbico y ácido cítrico al 2.5 por ciento en una proporción 1:1, todo el estudio se realizó a temperatura de 23 °C.

La realización de la concentración se llevó a cabo en un rotavapor el cual funciona a presión reducida, girando a una velocidad determinada, el tiempo de

extracción de solvente es continuo, hasta que la muestra no tenga presencia de solvente.

En la tabla XIV se encuentran tabulados los datos para el porcentaje de rendimiento del extracto acuoso, obtenido de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2, 4, 6 horas a temperatura de 23 °C, en el cual se puede observar que el bagazo y el jugo tienen un mayor porcentaje de rendimiento con respecto a la cáscara y la corona, siendo estos de rendimientos de 29,605 por ciento para el bagazo y 25,497 por ciento para el jugo de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.), después la cáscara con 11,892 por ciento y por último la corona con 4,822 por ciento entre las 2 y 4 horas de lixiviación con maceración dinámica si existe diferencia significativa entre los datos obtenidos del porcentaje de rendimiento del bagazo, cáscara y corona y no existe diferencia significativa entre las 4 horas y 6 horas de lixiviación con maceración dinámica, para los datos obtenidos del porcentaje de rendimiento del bagazo, cáscara y corona.

En la figura 4 se encuentra la evaluación de los tiempos de extracción para las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, siendo estas cáscara, corona, bagazo y jugo, para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2, 4 y 6 horas a temperatura de 23 °C, como se observa en la figura cuando existe un mayor tiempo de extracción se obtiene un mayor porcentaje de rendimiento; si existe diferencia significativa entre los datos obtenidos del porcentaje de rendimiento para el bagazo, cáscara y corona.

La actividad enzimática se realizó con la prueba de la caseína, la cual consistía en separar la caseína del suero de la leche, para este caso se utilizó leche en polvo Anchor para hacer la prueba se utilizó 40 mL de leche 0.096 g/mL, en la cual se agregó un gramo tanto del extracto acuoso como de la pastilla de bromelina de la empresa estadounidense de productos nutricionales GNC (*General Nutrition Centers*).

En la tabla XVI se encuentra tabulada la actividad enzimática en unidades de coagulación (MCU) de la corona, bagazo, cáscara y jugo obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, y la pastilla de bromelina de GNC para leche en polvo Anchor a temperatura de 23 °C, en la cual se puede observar que la corona y la cáscara tienen una mayor fuerza de cuaje, siendo estas de 10,008 y 9,764 s⁻¹ respectivamente, el bagazo y el jugo tienen una fuerza de cuaje de 9,661 y 9,599 s⁻¹ respectivamente y por último la pastilla de bromelina de la empresa estadounidense de productos nutricionales GNC (*General Nutrition Centers*) tiene una fuerza de cuaje de 9,516 s⁻¹; en esta tabla también se encuentra lo que es el porcentaje de rendimiento respecto a la leche utilizada con la caseína obtenida, en la cual el bagazo posee el mayor rendimiento con 7,520 por ciento después la pastilla de bromelina de la empresa estadounidense de productos nutricionales GNC (*General Nutrition Centers*) con 5,757 por ciento y la cáscara, la corona y jugo con 2,303, 2,957, y 2,457 por ciento respectivamente; no existe diferencia significativa en la fuerza de cuaje y el porcentaje de rendimiento entre las diferentes secciones del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.).

Al extracto acuoso se le realizó una caracterización fisicoquímica cuantificando el porcentaje de sólidos totales, grados Brix de los extractos y pH.

Para la determinación de sólidos totales se tomó una alícuota cada cierto tiempo dependiendo el tiempo de maceración, para la maceración dinámica de 2 horas se tomó una alícuota cada media hora, para la de 4 horas se tomó una alícuota cada hora y para la de 6 horas se tomó una alícuota cada hora y media.

Para realizar la curva de calibración para la obtención de los grados Brix de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.), obtenida de la determinación de grados Brix respecto del índice de refracción del azúcar se realizaron soluciones de 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 grados Brix de azúcar, luego se les tomó el índice de refracción de las muestras de azúcar, este procedimiento se realizó tres veces.

En las tablas XVII, XVIII, XIX se encuentran tabulados los datos para la caracterización fisicoquímica del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa siendo estas cáscara, corona, bagazo y jugo en la cual cuantifica el porcentaje de sólidos totales, grados Brix de los extractos y pH para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2, 4 y 6 horas a temperatura de 23 °C.

En estas se puede observar que en los tres tiempos de lixiviación con maceración dinámica la corona y la cáscara poseen un mayor porcentaje de sólidos totales siendo estos de 82,958 por ciento para la corona y 82,832 por ciento para la cáscara con un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2 horas; de 81,07 por ciento para la corona y 81,04 por ciento para la cáscara con un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 4 horas y 81,06 por ciento para la corona y 80,77 por ciento para la cáscara con un tiempo de

lixiviación con maceración dinámica de 6 horas; para los grados Brix en los tres tiempos el jugo mayor grados Brix con respecto al bagazo y la cáscara.

Por último se encuentra tabulado el pH, en los tres tiempos el pH se mantuvo constante, siendo estos para el bagazo fue de 3,58, para la cáscara y corona fue de 3,65 y para el jugo fue de 3,70 aproximadamente; no existe diferencia significativa entre el porcentaje de sólidos totales, grados Brix y pH en los tres tiempos de lixiviación con maceración dinámica y las diferentes secciones del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.).

En las tablas XX, XXI y XXII se encuentran los resultados de los análisis microbiológicos del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, siendo estas bagazo, cáscara, corona y jugo, los cuales estaban entre los límites normales de coliformes totales, coliformes fecales, *E. coli* y bacterias aeróbicas, el resultado de recuento de bacterias aeróbicas en placa para el bagazo fue de $1,0 \times 10^3$ UFC/g, la cáscara de $1,0 \times 10^3$ UFC/g, la corona de $2,0 \times 10^2$ UFC/g y el jugo de $6,0 \times 10^7$ UFC/g.

CONCLUSIONES

1. Se obtuvo de forma satisfactoria el porcentaje de rendimiento del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, teniendo un mayor porcentaje de rendimiento el bagazo y un menor porcentaje en la corona, con 29,605 y 4,822 por ciento respectivamente.
2. Si existe diferencia significativa en el porcentaje de rendimiento del extracto acuoso obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.), variedad Cayena Lisa a escala laboratorio, variando el tiempo de extracción para las diferentes partes del fruto de la piña.
3. En la evaluación de los tiempos de lixiviación con maceración dinámica para el bagazo, cáscara y corona, se tiene que a mayor tiempo de extracción mayor será el porcentaje de rendimiento, válido en un rango de 2 a 6 horas de lixiviación con maceración dinámica; si existe diferencia significativa entre los datos obtenidos del porcentaje de rendimiento para el bagazo, cáscara y corona.
4. Para la actividad enzimática en unidades de coagulación (MCU) de la corona, bagazo, cáscara y jugo del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, para leche en polvo Anchor, no existe diferencia significativa en la fuerza de cuaje y el porcentaje de rendimiento entre las diferentes secciones del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.).

5. Para la caracterización fisicoquímica del extracto acuoso obtenido de las diferentes secciones del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, siendo estas la cáscara, corona, bagazo y jugo no existe diferencia significativa entre el porcentaje de sólidos totales, grados Brix y pH en los tres tiempos de lixiviación con maceración dinámica.

RECOMENDACIONES

1. Realizar las lixiviaciones con maceración dinámica del extracto acuoso obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.), con otras variables independientes, para así poder realizar una comparación de los resultados con el presente estudio.
2. Realizar las lixiviaciones con maceración dinámica del extracto acuoso obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.), a escala planta piloto y comparar los resultados con el presente estudio.
3. Para la realización de estudios posteriores al presente, utilizar el bagazo si se quiere tener un mayor porcentaje de rendimiento respecto a la leche utilizada.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALDANA, José Alejandro. *Cultivo de piña*. [en línea]: <<http://pineappleharvesting.blogspot.com/>> [Consulta: 09 de abril de 2013].
2. CARVAJAL, Carol; MÁRQUEZ, Margarita. PÉREZ, Aurora., CHÁVEZ, María de los A., HERNÁNDEZ, Martha. *Caracterización cinética de un preparado semipurificado de Bromelina para uso antitumoral*. [en línea]: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1028-47962010000200004&script=sci_arttext> 2010. [Consulta: 21 de agosto de 2013].
3. EROSKI COSTUMER. *La piña*. [en línea]: <http://www.consumer.es/web/es/alimentacion/aprender_a_comer_bien/alimentos_a_debate/2005/06/22/143156.php.2006> [Consulta: 09 de abril de 2013].
4. Escuela Obrera Campesina Internacional, Francisco Morazán. *Manual del Cultivo de la Piña*. [en línea]: <http://www.escampi.org/PDF/Manual_Cultivo_Pina.pdf> Managua, julio 2010. [Consulta: 2 de marzo de 2015].

5. GARCÍA SUÁREZ, Dolores; SERRANO, Héctor. *La piña, Ananas comosus (L.) Merr. (Bromeliaceae), algo más que un fruto dulce y jugos* [en línea]<<http://www.izt.uam.mx/newpage/contactos/anterior/n56ne/pina.pdf>. 2005.> [Consulta: 09 de abril de 2013].
6. GEANKOPLIS, Christie J. *Procesos de Transporte y Operaciones Unitarias*. 3ra ed.. México: CECSA, 1998. 802 p.
7. McCabe, Warren L; SMITH, Julian C; HARRIOTT, Peter. *Operaciones unitarias en ingeniería química*. 4a ed. España: McGraw-Hill, 1985. 616 p.
8. MONTGOMERY, Douglas C; HINES, William W. *Probabilidad y estadística para ingeniería y administración*. 3a ed. México: Continental, 1994.834 p.
9. RODRÍGUEZ, Mayra. *La piña: origen y características* [en línea]: <<http://cocinalatina.about.com/od/Postresentremesesydulces/a/La-Pi-Na-Origen-Y-Character-Isticas.htm>. 2009.> [Consulta: 09 de abril de 2013].
10. RUEDA de ARVELO, Emma. *Metabolismo de compuestos nitrogenados*. [en línea]: <<http://saber.ucv.ve/jspui/bitstream/123456789/6103/7/UNIDAD%206a.pdf>. 2011.> [Consulta: 21 de agosto de 2013].
11. TREYBAL, Robert E. *Operaciones de transferencia de masa*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 1988. 792 p.

APÉNDICES

1. Datos Calculados

Apéndice 1. **Resultados obtenidos del extracto acuoso obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, del bagazo, cáscara, corona y jugo para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Peso Inicial (g)	Densidad (g/mL)	Índice de Refracción	pH	Peso del Extracto
Bagazo	1	50,21	1,194	1,335	3,60	6,32
			1,208			
			1,213			
			1,217			
	2	50,09	1,189	1,335	3,54	5,97
			1,199			
			1,215			
			1,217			
	3	50,12	1,199	1,335	3,58	5,63
			1,205			
			1,214			
			1,218			
Cáscara	1	50,17	1,192	1,334	3,65	2,38
			1,201			
			1,225			
			1,234			
	2	50,15	1,184	1,340	3,70	2,37
			1,202			
			1,218			
			1,227			

Continuación del apéndice 1.

	3	50,18	1,190	1,3350	3,58	2,360
			1,206			
			1,220			
			1,231			
Corona	1	50,07	1,178	1,334	3,65	1,280
			1,199			
			1,213			
			1,233			
	2	50,06	1,180	1,3335	3,65	1,480
			1,202			
			1,221			
			1,234			
	3	49,82	1,175	1,334	3,64	1,320
			1,197			
			1,209			
			1,226			
Jugo*	1	65,02	1,292	1,352	3,84	16,65
	2	65,08	1,292	1,352	3,84	16,57
	3	65,01	1,293	1,352	3,84	16,61

*Extracción Líquido-Líquido

Fuente: Datos experimentales, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –(LIEXVE)
tabla IV del trabajo de investigación.

Apéndice 2. Resultados obtenidos del extracto acuoso obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, del bagazo, cáscara, corona y jugo para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 4 horas a temperatura de 23 °C

Materia Prima	Corrida	Peso Inicial (g)	Densidad (g/mL)	Índice de Refracción	pH	Peso del Extracto
Bagazo	1	50,120	1,237	1,335	3,530	14,61
			1,240			
			1,243			
			1,247			
	2	49,700	1,234	1,335	3,630	14,63
			1,234			
			1,236			
			1,238			
	3	50,030	1,236	1,335	3,500	14,10
			1,239			
			1,241			
			1,251			
Cáscara	1	50,120	1,236	1,335	3,750	5,130
			1,238			
			1,239			
			1,240			
	2	50050	1,234	1,335	3,750	5,080
			1,234			
			1,237			
			1,239			
	3	50,010	1,198	1,336	3,650	4,980
			1,236			
			1,238			
			1,240			
Corona	1	50,000	1,232	1,334	3,730	2,180
			1,234			
			1,236			
			1,238			
	2	50,060	1,231	1,335	3,650	2,150
			1,232			
			1,232			
			1,234			
	3	50,010	1,232	1335	3,670	1,950
			1,233			
			1,233			
			1,235			
Jugo*	1	65	1,292	1,352	3,75	16,53
	2	65,03	1,293	1,352	3,75	16,62
	3	65,01	1,293	1,352	3,75	16,58

*Extracción Líquido-Líquido

Fuente: Datos experimentales, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –(LIEXVE) tabla V del trabajo de investigación.

Apéndice 3. Resultados obtenidos del extracto acuoso obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, del bagazo, cáscara, corona y jugo para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 6 horas a temperatura de 23 °C

Materia Prima	Corrida	Peso Inicial (g)	Densidad (g/mL)	Índice de Refracción	pH	Peso del Extracto
Bagazo	1	50,030	1,235	1,335	3,580	14,850
			1,241			
			1,241			
			1,250			
	2	50,010	1,236	1,335	3,620	14,640
			1,240			
			1,240			
			1,241			
	3	50,000	1,239	1,335	3,650	14,930
			1,241			
			1,242			
			1,243			
Cáscara	1	50,150	1,236	1,336	3,780	5,900
			1,240			
			1,240			
			1,241			
	2	50,020	1,234	1,335	3,650	5,950
			1,235			
			1,237			
			1,242			
	3	50,100	1,235	1,335	3,680	6,020
			1,236			
			1,240			
			1,241			
Corona	1	50,080	1,231	1,334	3,620	2,650
			1,232			
			1,235			
			1,240			
	2	50,050	1,232	1,335	3,690	2,130
			1,233			
			1,234			
			1,235			
	3	50,010	1,231	1,335	3,640	2,460
			1,232			
			1,234			
			1,235			
Jugo*	1	6,01	1,292	1,353	3,7	6,51
	2	6,15	1,292	1,353	3,7	1,58
	3	6,08	1,293	1,353	3,7	16,62

*Extracción Líquido-Líquido.

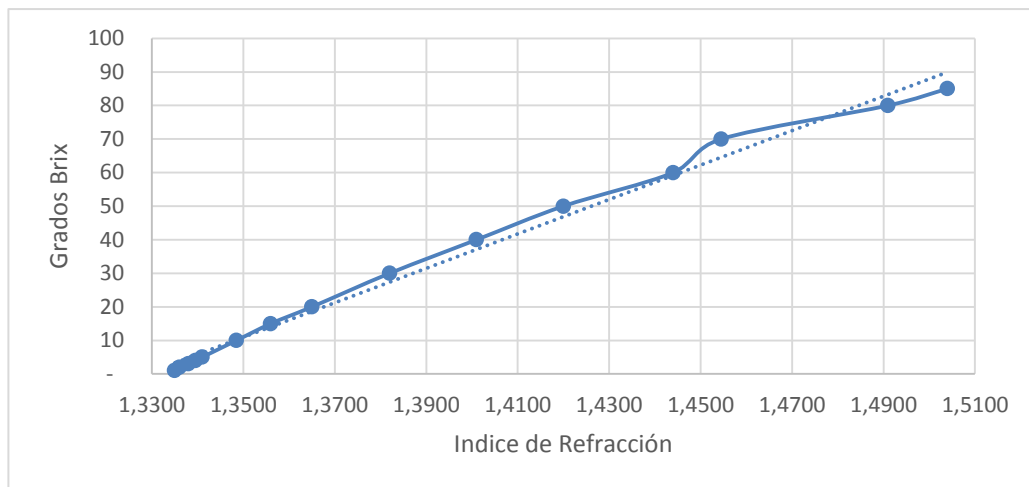
Fuente: Datos experimentales, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –(LIEEXVE) tabla VI del trabajo de investigación.

Apéndice 4. **Resultados de la determinación de grados Brix e índice de refracción obtenidos del azúcar, para la determinación de los grados Brix del extracto acuoso obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa a temperatura de 23 °C**

Brix	IR
-	
1	1,3350
2	1,3360
3	1,3380
4	1,3395
5	1,3410
10	1,3485
15	1,3560
20	1,3650
30	1,3820
40	1,4010
50	1,4200
60	1,4440
70	1,4545
80	1,4910
85	1,5040

Fuente: Datos experimentales, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –(LIEXVE) tabla VII del trabajo de investigación.

Apéndice 5. **Curva de calibración para la obtención de los grados Brix de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, obtenida de la determinación de grados Brix respecto del índice de Refracción del azúcar**



Fuente: elaboración propia, tabla VII. del trabajo de investigación.

Apéndice 6. **Datos obtenidos de la curva de calibración para la obtención de los grados Brix de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, obtenida de la determinación de Grados Brix respecto al Índice de Refracción del azúcar.**

Línea de Tendencia	Valor de R ²
$^{\circ}\text{Brix}=513,04(\text{IR})-681,65$	0,9915

Fuente: elaboración propia, figura 5. del trabajo de investigación.

Apéndice 7. Información nutricional de la leche en polvo Anchor, utilizada para realizar la actividad enzimática del extracto acuoso de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.)

Contiene	100g
Energía (kcal)	455
Proteínas	16,8
Grasas Totales (g)	17,2
Carbohidratos (g)	58,1
Vitamina A (UI)	370,0
Vitamina D (UI)	4,6
Calcio (mg)	1 000
Fósforo (mg)	500
Hierro (mg)	10

Fuente: Leche en polvo Anchor de Nestlé.

Apéndice 8. Determinación del porcentaje de rendimiento del extracto acuoso obtenido de la corona, cáscara, bagazo y jugo del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa a temperatura de 23 °C

Materia Prima	Corrida	% Rendimiento			% Rendimiento promedio		
		2 horas	4 horas	6 horas	2 horas	4 horas	6 horas
Bagazo	1	12,587	29,150	29,682	11,913	29,196	29,605
	2	11,918	29,437	29,274			
	3	11,233	29,003	29,860			
Cáscara	1	4,744	10,235	11,765	4,724	10,114	11,892
	2	4,726	10,150	11,895			
	3	4,703	9,958	12,016			
Corona	1	2,556	4,360	5,292	2,721	4,85	4,822
	2	2,957	4,295	4,256			
	3	2,650	3,899	4,919			
Jugo*	1	25,608	25,43	25,396	25,540	25,497	25,461
	2	25,461	25,557	25,449			
	3	25,550	25,504	25,538			

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: Datos experimentales, Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales –(LIEEXVE) tablas IV, V, VI. del trabajo de investigación.

Apéndice 9. **Actividad enzimática en unidades de coagulación (MCU) de la corona, bagazo, cáscara y jugo obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, y de la pastilla de bromelina de GNC para leche en polvo anchor a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	tiempo total de cuaje (s)	Fuerza de Cuaje (s ⁻¹)	Cantidad de leche (mL)	Temperatura (°C)	Duración (min)	Cantidad de cuajo (mL)	% Rendimiento
Bagazo	1	2 490	9,638	40	23	415	0,608	7,540
	2	2 478	9,685	40	23	413	0,608	7.470
	3	2 484	9,661	40	23	414	0,608	7,550
Cáscara	1	2 460	9,756	40	23	410	0,608	2,330
	2	2 448	9,803	40	23	408	0,608	2,380
	3	2 466	9,732	40	23	411	0,608	2,200
Corona	1	2 400	10,000	40	23	400	0,608	3,020
	2	2 406	9,975	40	23	401	0,608	2,940
	3	2 388	10,053	40	23	398	0,608	2,910
Jugo	1	2 502	9,592	40	23	417	0,608	2,430
	2	2 490	9,638	40	23	415	0,608	2,400
	3	2 508	9,569	40	23	418	0,608	2,540
Pastilla de GNC	1	2 520	9,523	40	23	420	0,608	6,030
	2	2 532	9,478	40	23	422	0,608	5,440
	3	2 514	9,546	40	23	419	0,608	5,800

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación. tabla XIX.
del trabajo de investigación.

Apéndice 10. **Resultados de la varianza y desviación estándar del índice de refracción de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Índice de Refracción	σ^2	σ
Bagazo	1	1,335	0,000	0,000
	2	1,335		
	3	1,335		
Cáscara	1	1,335	0,000	0,000
	2	1,334		
	3	1,335		
Corona	1	1,334	0,000	0,000
	2	1,334		
	3	1,334		
Jugo*	1	1,352	0,000	0,000
	2	1,352		
	3	1,352		

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información. tabla IV. del trabajo de investigación.

Apéndice 11. **Resultados de la varianza y desviación estándar del índice de refracción de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 4 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Índice de Refracción	σ^2	σ
Bagazo	1	1.335	0,000	0,000
	2	1.336		
	3	1.336		
Cáscara	1	1.335	0,000	0,000
	2	1.336		
	3	1.336		
Corona	1	1.334	0,000	0,000
	2	1.335		
	3	1.335		
Jugo*	1	1.353	0,000	0,000
	2	1.353		
	3	1.353		

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información. tabla V. del trabajo de investigación.

Apéndice 12. Resultados de la varianza y desviación estándar del índice de refracción de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 6 horas a temperatura de 23 °C

Materia Prima	Corrida	Índice de Refracción	σ^2	σ
Bagazo	1	1.335	0,000	0,000
	2	1.336		
	3	1.335		
Cáscara	1	1.336	0,000	0,000
	2	1.336		
	3	1.336		
Corona	1	1.335	0,000	0,000
	2	1.335		
	3	1.335		
Jugo*	1	1.353	0,000	0,000
	2	1.353		
	3	1.353		

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información. Tabla VI. del trabajo de investigación.

Apéndice 13. **Resultados de la varianza y desviación estándar para el pH de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	pH	σ^2	σ
Bagazo	1	3,60	0,00	0,03
	2	3,54		
	3	3,58		
Cáscara	1	3,65	0,00	0,06
	2	3,70		
	3	3,58		
Corona	1	3,65	0,00	0,01
	2	3,65		
	3	3,64		
Jugo*	1	3,84	0,00	0,00
	2	3,84		
	3	3,84		

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información. tabla IV. del trabajo de investigación.

Apéndice 14. **Resultados de la varianza y desviación estándar para el pH de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 4 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	pH	σ^2	σ
Bagazo	1	3,53	0,00	0,06
	2	3,63		
	3	3,50		
Cáscara	1	3,75	0,00	0,05
	2	3,75		
	3	3,65		
Corona	1	3,73	0,00	0,04
	2	3,65		
	3	3,67		
Jugo*	1	3,75	0,00	0,00
	2	3,75		
	3	3,75		

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información. tabla V. del trabajo de investigación.

Apéndice 15. **Resultados de la varianza y desviación estándar para el pH de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 6 horas**

Materia Prima	Corrida	pH	σ^2	σ
Bagazo	1	3,58	0,00	0,03
	2	3,62		
	3	3,65		
Cáscara	1	3,78	0,00	0,06
	2	3,65		
	3	3,68		
Corona	1	3,62	0,00	0,03
	2	3,69		
	3	3,64		
Jugo	1	3,7	2,96E-31	5,44E-16
	2	3,7		
	3	3,7		

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información. tabla VI. del trabajo de investigación.

Apéndice 16. **Resultados de la varianza y desviación estándar del porcentaje de rendimiento de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	% Rendimiento	σ^2	σ
Bagazo	1	12,587	0,458	0,677
	2	11,919		
	3	11,233		
Cáscara	1	4,744	0,000	0,020
	2	4,726		
	3	4,703		
Corona	1	2,556	0,044	0,209
	2	2,956		
	3	2,650		
Jugo*	1	25,608	0,005	0,074
	2	25,461		
	3	25,550		

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información. tabla IV. del trabajo de investigación.

Apéndice 17. Resultados de la varianza y desviación estándar del porcentaje de rendimiento de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 4 horas a temperatura de 23 °C

Materia Prima	Corrida	% Rendimiento	σ^2	σ
Bagazo	1	29,150	0,049	0,221
	2	29,437		
	3	29,003		
Cáscara	1	10,235	0,020	0,142
	2	10,150		
	3	9,958		
Corona	1	4,360	0,062	0,249
	2	4,295		
	3	3,899		
Jugo	1	25,431	0,004	0,064
	2	25,557		
	3	25,504		

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información. tabla V. del trabajo de investigación.

Apéndice 18. **Resultados de la varianza y desviación estándar del porcentaje de rendimiento de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 6 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	% Rendimiento	σ^2	σ
Bagazo	1	29,682	0,090	0,300
	2	29,274		
	3	29,860		
Cáscara	1	11,765	0,016	0,126
	2	11,895		
	3	12,016		
Corona	1	5,292	0,275	0,525
	2	4,256		
	3	4,919		
Jugo*	1	2,396	0,005	0,072
	2	25,449		
	3	25,538		

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información. tabla VI. del trabajo de investigación.

Apéndice 19. **Resultados de la varianza y desviación estándar de los grados Brix de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Grados Brix	σ^2	σ
Bagazo	1	3,258	0,000	0,000
	2	3,258		
	3	3,258		
Cáscara	1	3,002	0,066	0,257
	2	2,745		
	3	3,258		
Corona	1	2745	0,022	0,148
	2	2,489		
	3	2,745		
Jugo*	1	11,980	0,000	0,000
	2	11,980		
	3	11,980		

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información. tabla IV. del trabajo de investigación.

Apéndice 20. **Resultados de la varianza y desviación estándar de los grados Brix de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 4 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Grados Brix	σ^2	σ
Bagazo	1	3,258	0,022	0,148
	2	3,515		
	3	3,515		
Cáscara	1	3,258	0,066	0,257
	2	3,515		
	3	3,771		
Corona	1	2,745	0,088	0,296
	2	3,258		
	3	3,258		
Jugo*	1	12,237	0,000	0,000
	2	12,237		
	3	12,237		

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información. tabla V. del trabajo de investigación.

Apéndice 21. **Resultados de la varianza y desviación estándar de los grados Brix de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 6 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Grados Brix	σ^2	σ
Bagazo	1	3,258	0,022	0,148
	2	3,515		
	3	3,258		
Cáscara	1	3,771	0,022	0,148
	2	3,515		
	3	3,515		
Corona	1	3,002	0,022	0,148
	2	3,258		
	3	3,258		
Jugo*	1	12,493	0,000	0,000
	2	12,493		
	3	12,493		

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información. tabla VI. del trabajo de investigación.

Apéndice 22. Resultados de la Varianza y Desviación Estándar de la densidad de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2 horas a temperatura de 23 °C

Materia Prima	Corrida	Densidad (g/mL)	σ^2	σ^2 promedio	σ	σ promedio
Bagazo	1	1,194	0,000	0,000	0,010	0,011
		1,208				
		1,214				
		1,217				
	2	1,189	0,000		0,014	
		1,200				
		1,215				
		1,218				
	3	1,199	0,000		0,009	
		1,205				
		1,215				
		1,219				
Cáscara	1	1,193	0,000	0,000	0,020	0,019
		1,202				
		1,226				
		1,234				
	2	1,184	0,000	0,000	0,019	
		1,202				
		1,219				
		1,228				
	3	1,190	0,000		0,018	
		1,207				
		1,221				
		1,232				
Corona	1	1,178	0,001	0.01	0,023	0,023
		1,199				
		1,213				
		1,233				
	2	1,180	0,001		0,024	
		1,203				
		1,222				
		1,234				
	3	1,175	0,000		0,022	
		1,198				
		1,210				
		1,227				
Jugo*	1	1,293	0,000	0.000	0,001	0,001
	2	1,292				
	3	1,293				

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información. tabla IV. del trabajo de investigación.

Apéndice 23. **Resultados de la varianza y desviación estándar de la densidad de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 4 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Densidad (g/mL)	σ^2	σ^2 promedio	σ	σ promedio
Bagazo	1	1,237	0,000	0,000	0,004	0,004
		1,240				
		1,244				
		1,247				
	2	1,234	0,000		0,002	
		1,235				
		1,237				
		1,238				
	3	1,237	0,000		0,007	
		1,240				
		1,241				
		1,252				
Cáscara	1	1,236	0,000	0,000	0,002	0,008
		1,239				
		1,239				
		1,241				
	2	1,234	0,000		0,002	
		1,235				
		1,237				
		1,240				
	3	1,199	0,000		0,020	
		1,236				
		1,239				
		1,241				
Corona	1	1,233	0,000	0,000	0,002	0,002
		1,235				
		1,237				
		1,238				
	2	1,231	0,000		0,001	
		1,233				
		1,233				
		1,234				
	3	1,233	0,000		0,001	
		1,234				
		1,234				
		1,236				
Jugo*	1	1,292	0,000	0,000	0,001	0,001
	2	1,293				
	3	1,294				

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información. tabla V. del trabajo de investigación.

Apéndice 24. **Resultados de la varianza y desviación estándar de la densidad de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 6 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Densidad (g/mL)	σ^2	σ^2 promedio	σ	σ promedio
Bagazo	1	1,235	0,000	0.000	0,006	0,003
		1,241				
		1,242				
		1,250				
	2	1,236	0,000		0,002	
		1,240				
		1,241				
		1,241				
	3	1,239	0,000		0,002	,
		1,241				
		1,242				
		1,243				
Cáscara	1	1,236	0,000	0.000	0,002	0,003
		1,240				
		1,241				
		1,241				
	2	1,234	0.000		0,004	
		1,236				
		1,238				
		1,243				
	3	1,235	0,000		0,003	
		1,236				
		1,240				
		1,241				
Corona	1	1,231	0,000	0.000	0,004	0,002
		1,233				
		1,235				
		1,241				
	2	1,233	0,000		0,001	
		1,234				
		1,235				
		1,236				
	3	1,232	0,000		0,002	
		1,232				
		1,234				
		1,235				
Jugo*	1	1,293	0,000	0.000	0,000	0,000
	2	1,292				
	3	1,293				

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información. tabla VI. del trabajo de investigación.

Apéndice 25. **Análisis de varianza, desviación estándar, mediana y F de Fisher para el índice de refracción de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Índice de Refracción	Me	σ^2	σ	F de Fisher
Bagazo	1	1,335	1,335	0,000	0,000	0,000
	2	1,335				
	3	1,335				
Cáscara	1	1,335	1,335	0,000	0,001	0,001
	2	1,334				
	3	1,335				
Corona	1	1,334	1,334	0,000	0,000	0,000
	2	1,334				
	3	1,334				
Jugo*	1	1,352	1,352	0,000	0,000	0,000
	2	1,352				
	3	1,352				

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación.

Apéndice 26. **Análisis de varianza, desviación estándar, mediana y F de Fisher para el índice de refracción de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 4 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Índice de Refracción	Me	σ^2	σ	F de Fisher
Bagazo	1	1,335	1,336	0,000	0,000	0,000
	2	1,336				
	3	1,336				
Cáscara	1	1,335	1,336	0000	0,001	0,001
	2	1,336				
	3	1,336				
Corona	1	1,334	1,335	0,000	0,001	0,001
	2	1,335				
	3	1,335				
Jugo*	1	1,353	1,353	0,000	0,000	0,000
	2	1,353				
	3	1,353				

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información. tabla VII. del trabajo de investigación.

Apéndice 27. **Análisis de varianza, desviación estándar, mediana y F de Fisher para el índice de refracción de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 6 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Índice de Refracción	Me	σ^2	σ	F de Fisher
Bagazo	1	1,335	1,335	0,000	0,000	0,000
	2	1,336				
	3	1,335				
Cáscara	1	1,336	1,336	0,000	0,000	0,000
	2	1,336				
	3	1,336				
Corona	1	1,335	1,335	0,000	0,000	0,000
	2	1,335				
	3	1,335				
Jugo*	1	1,353	1,353	0,000	0,000	0,000
	2	1,353				
	3	1,353				

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en la recolección y ordenamiento de la información. tabla VII. del trabajo de investigación.

Apéndice 28. **Análisis de varianza, desviación estándar, mediana y F de Fisher para el pH de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	pH	Me	σ^2	σ	F de Fisher
Bagazo	1	3,60	3,58	0,00	0,03	0,03
	2	3,54				
	3	3,58				
Cáscara	1	3,65	3,65	0,00	0,06	0,06
	2	3,70				
	3	3,58				
Corona	1	3,65	3,65	0,00	0,01	0,01
	2	3,65				
	3	3,64				
Jugo*	1	3,84	3,84	0,00	0,00	0,00
	2	3,84				
	3	3,84				

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: en base en las técnicas cuantitativas de la investigación. tabla IV. del trabajo de investigación.

Apéndice 29. **Análisis de varianza, desviación estándar, Mediana y F de Fisher para el pH de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 4 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	pH	Me	σ^2	σ	F de Fisher
Bagazo	1	3,53	3,53	0,00	0,07	0,07
	2	3,63				
	3	3,50				
Cáscara	1	3,75	3,75	0,00	0,06	0,06
	2	3,75				
	3	3,65				
Corona	1	3,73	3,67	0,00	0,04	0,04
	2	3,65				
	3	3,67				
Jugo*	1	3,75	3,75	0,00	0,00	0,00
	2	3,75				
	3	3,75				

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación. tabla V.
del trabajo de investigación.

Apéndice 30. **Análisis de varianza, desviación estándar, mediana y F de Fisher para el pH de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 6 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	pH	Me	σ^2	σ	F de Fisher
Bagazo	1	3,58	3,62	0,00	0,04	0,04
	2	3,62				
	3	3,65				
Cáscara	1	3,78	3,68	0,00	0,07	0,07
	2	3,65				
	3	3,68				
Corona	1	3,62	3,64	0,00	0,04	0,04
	2	3,69				
	3	3,64				
Jugo*	1	3,70	3,70	0,00	0,00	0,00
	2	3,70				
	3	3,70				

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación. tabla VI.
del trabajo de investigación.

Apéndice 31. **Análisis de varianza, desviación estándar, mediana y F de Fisher para el porcentaje de rendimiento de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	% Rendimiento	Me	σ^2	σ	F de Fisher
Bagazo	1	12,587	11,900	0,458	0,677	0,677
	2	11,919				
	3	11,233				
Cáscara	1	4,744	4,730	0,000	0,020	0,020
	2	4,726				
	3	4,703				
Corona	1	2,556	2,650	0,044	0,209	0,209
	2	2,956				
	3	2,650				
Jugo*	1	25,608	25,500	0,005	0,074	0,074
	2	25,461				
	3	25,550				

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación. tabla IV. del trabajo de investigación.

Apéndice 32. **Análisis de varianza, desviación estándar, mediana y F de Fisher para el porcentaje de rendimiento de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 4 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	% Rendimiento	Me	σ^2	σ	F de Fisher
Bagazo	1	29,150	29,200	0,049	0,221	0,221
	2	29,437				
	3	29,003				
Cáscara	1	10,235	10,100	0,020	0,142	0,142
	2	10,150				
	3	9,958				
Corona	1	4,360	4,90	0,062	0,249	0,249
	2	4,295				
	3	3,899				
Jugo	1	25431	25,500	0,004	0,064	0,064
	2	25,557				
	3	25,504				

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación. tabla V.
del trabajo de investigación.

Apéndice 33. **Análisis de varianza, desviación estándar, mediana y F de Fisher para el porcentaje de rendimiento de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 6 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	% Rendimiento	Me	σ^2	σ	F de Fisher
Bagazo	1	29,682	29,700	0,090	0,300	0,300
	2	29,274				
	3	29,860				
Cáscara	1	11,765	11,900	0,016	0,126	0,126
	2	11,895				
	3	12,016				
Corona	1	5,292	4,920	0,275	0,525	0,525
	2	4,256				
	3	4,919				
Jugo*	1	25,396	25,400	0,005	0,072	0,072
	2	25,449				
	3	25,538				

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación. tabla VI.
del trabajo de investigación.

Apéndice 34. **Análisis de varianza, desviación estándar, mediana y F de Fisher para los grados Brix de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Grados Brix	Me	σ^2	σ	F de Fisher
Bagazo	1	3,258	3,260	0,000	0,000	0,000
	2	3,258				
	3	3,258				
Cáscara	1	3,002	3,000	0,066	0,257	0,257
	2	2,745				
	3	3,258				
Corona	1	2,745	2,750	0,022	0,148	0,148
	2	2,489				
	3	2,745				
Jugo*	1	11,980	12,000	0,000	0,000	0,000
	2	11,980				
	3	11,980				

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación. tabla IV.
del trabajo de investigación.

Apéndice 35. **Análisis de varianza, desviación estándar, mediana y F de Fisher para los grados Brix de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 4 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Grados Brix	Me	σ^2	σ	F de Fisher
Bagazo	1	3,258	3,510	0,022	0,148	0,148
	2	3,515				
	3	3,515				
Cáscara	1	3,258	3,510	0,066	0,257	0,257
	2	3,515				
	3	3,771				
Corona	1	2,745	3,260	0,088	0,296	0,296
	2	3,258				
	3	3,258				
Jugo*	1	12,237	12,200	0,000	0,000	0,000
	2	12,237				
	3	12,237				

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación. tabla V.
del trabajo de investigación.

Apéndice 36. **Análisis de varianza, desviación estándar, mediana y F de Fisher para los grados Brix de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 6 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Grados Brix	Me	σ^2	σ	F de Fisher
Bagazo	1	3,258	3,260	0,022	0,148	0,148
	2	3,515				
	3	3,258				
Cáscara	1	3,771	3,510	0,022	0,148	0,148
	2	3,515				
	3	3,515				
Corona	1	3,002	3,260	0,022	0,148	0,148
	2	3,258				
	3	3,258				
Jugo*	1	12,493	12,500	0,000	0,000	0,000
	2	12,493				
	3	12,493				

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación. tabla VI.
del trabajo de investigación.

Apéndice 37. **Análisis de varianza y desviación estándar para la densidad de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Densidad (g/mL)	σ^2	σ^2 promedio	σ	σ promedio
Bagazo	1	1,194	0,000	0,000	0,010	0,011
		1,208				
		1,214				
		1,217				
	2	1,189	0,000		0,014	
		1,200				
		1,215				
		1,218				
	3	1,199	0,000		0,009	
		1,205				
		1,215				
		1,219				
Cáscara	1	1,193	0,000	0,000	0,020	0,019
		1,202				
		1,226				
		1,234				
	2	1,184	0,000		0,019	
		1,202				
		1,219				
		1,228				
	3	1,190	0,000		0,018	
		1,207				
		1,221				
		1,232				
Corona	1	1,178	0,001	0,001	0,023	0,023
		1,199				
		1,213				
		1,233				
	2	1,180	0,001		0,024	
		1,203				
		1,222				
		1,234				
	3	1,175	0,000		0,022	
		1,198				
		1,210				
		1,227				
Jugo*	1	1,293	0,000	0,000	0,001	0,001
	2	1,292				
	3	1,293				

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación. tabla IV.
del trabajo de investigación.

Apéndice 38. Análisis de mediana y F de Fisher para la densidad de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 2 horas a temperatura de 23 °C

Materia Prima	Corrida	Densidad (g/mL)	Me	Me promedio	F de Fisher	F de Fisher promedio
Bagazo	1	1,194	1,210	1,210	0,010	0,011
		1,208				
		1,214				
		1,217				
	2	1,189	1,210		0,014	
		1,200				
		1,215				
		1,218				
	3	1,199	1,210		0,009	
		1,205				
		1,215				
		1,219				
Cáscara	1	1,193	1,210	1,210	0,020	0,019
		1,202				
		1,226				
		1,234				
	2	1,184	1,210		0,019	
		1,202				
		1,219				
		1,228				
	3	1,190	1,210		0,018	
		1,207				
		1,221				
		1,232				
Corona	1	1,178	1,210	1,210	0,023	0,023
		1,199				
		1,213				
		1,233				
	2	1,180	1,210		0,024	
		1,203				
		1,222				
		1,234				
	3	1,175	1,200		0,022	
		1,198				
		1,210				
		1,227				
Jugo*	1	1,293	1,290	1,290	0,000	0,000
	2	1,292				
	3	1,293				

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación. tabla IV. del trabajo de investigación.

Apéndice 39. **Análisis de varianza y desviación estándar para la densidad de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 4 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Densidad (g/mL)	σ^2	σ^2 promedio	σ	σ promedio
Bagazo	1	1,237	0,000	0,000	0,004	0,004
		1,240				
		1,244				
		1,247				
	2	1,234	0,000		0,002	
		1,235				
		1,237				
		1,238				
	3	1,237	0000		0,007	
		1,240				
		1,241				
		1,252				
Cáscara	1	1,236	0,000	0,000	0,008	0,008
		1,239				
		1,239				
		1,241				
	2	1,234	0,000		0,007	
		1,235				
		1,237				
		1,240				
	3	1,199	0,000		0,009	
		1,236				
		1,239				
		1,241				
Corona	1	1,233	0,000	0,000	0,002	0,002
		1,235				
		1,237				
		1,238				
	2	1,231	0,000		0,001	
		1,233				
		1,233				
		1,234				
	3	1,233	0,000		0,001	
		1,234				
		1,234				
		1,236				
Jugo*	1	1,292	0,000	0,000	0,001	0,001
	2	1,293				
	3	1,294				

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación. tabla V. del trabajo de investigación.

Apéndice 40. **Análisis de mediana y F de Fisher para la densidad de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 4 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Densidad (g/mL)	Me	Me promedio	F de Fisher	F de Fisher promedio
Bagazo	1	1,237	1,240	1,240	0,004	0,004
		1,240				
		1,244				
		1,247				
	2	1,234	1,240		0,002	
		1,235				
		1,237				
		1,238				
	3	1,237	1,240		0,007	
		1,240				
		1,241				
		1,252				
Cáscara	1	1,236	1,240	1,240	0,002	0,008
		1,239				
		1,239				
		1,241				
	2	1,234	1,240		0,002	
		1,235				
		1,237				
		1,240				
	3	1,199	1,240		0,020	
		1,236				
		1,239				
		1,241				
Corona	1	1,233	1,240	1,230	0,002	0,002
		1,235				
		1,237				
		1,238				
	2	1,231	1,230		0,001	
		1,233				
		1,233				
		1,234				
	3	1,233	1,230		0,001	
		1,234				
		1,234				
		1,236				
Jugo*	1	1,292	1,290	1,290	0,001	0,001
	2	1,293				
	3	1,294				

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación. tabla V. del trabajo de investigación.

Apéndice 41. **Análisis de varianza y desviación estándar para la densidad de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 6 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Densidad (g/mL)	σ^2	σ^2 promedio	σ	σ promedio
Bagazo	1	1,235	0,000	0,000	0,006	0,003
		1,241				
		1,242				
		1,250				
	2	1,236	0,000		0,002	
		1,240				
		1,241				
		1,241				
	3	1,239	0,000		0,002	
		1,241				
		1,242				
		1,243				
Cáscara	1	1,236	0,000	0,000	0,002	0,003
		1,240				
		1,241				
		1,241				
	2	1,234	0,000		0,004	
		1,236				
		1,238				
		1,243				
	3	1,235	0,000		0,003	
		1,236				
		1,240				
		1,241				
Corona	1	1,231	0,000	0,000	0,004	0,002
		1,233				
		1,235				
		1,241				
	2	1,233	0,000		0,001	
		1,234				
		1,235				
		1,236				
	3	1,232	0,000		0,002	
		1,232				
		1,234				
		1,235				
Jugo*	1	1,293	0,000	0,000	0,000	0,000
	2	1,292				
	3	1,293				

*Extracción Líquido-Líquido.

Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación. tabla VI. del trabajo de investigación.

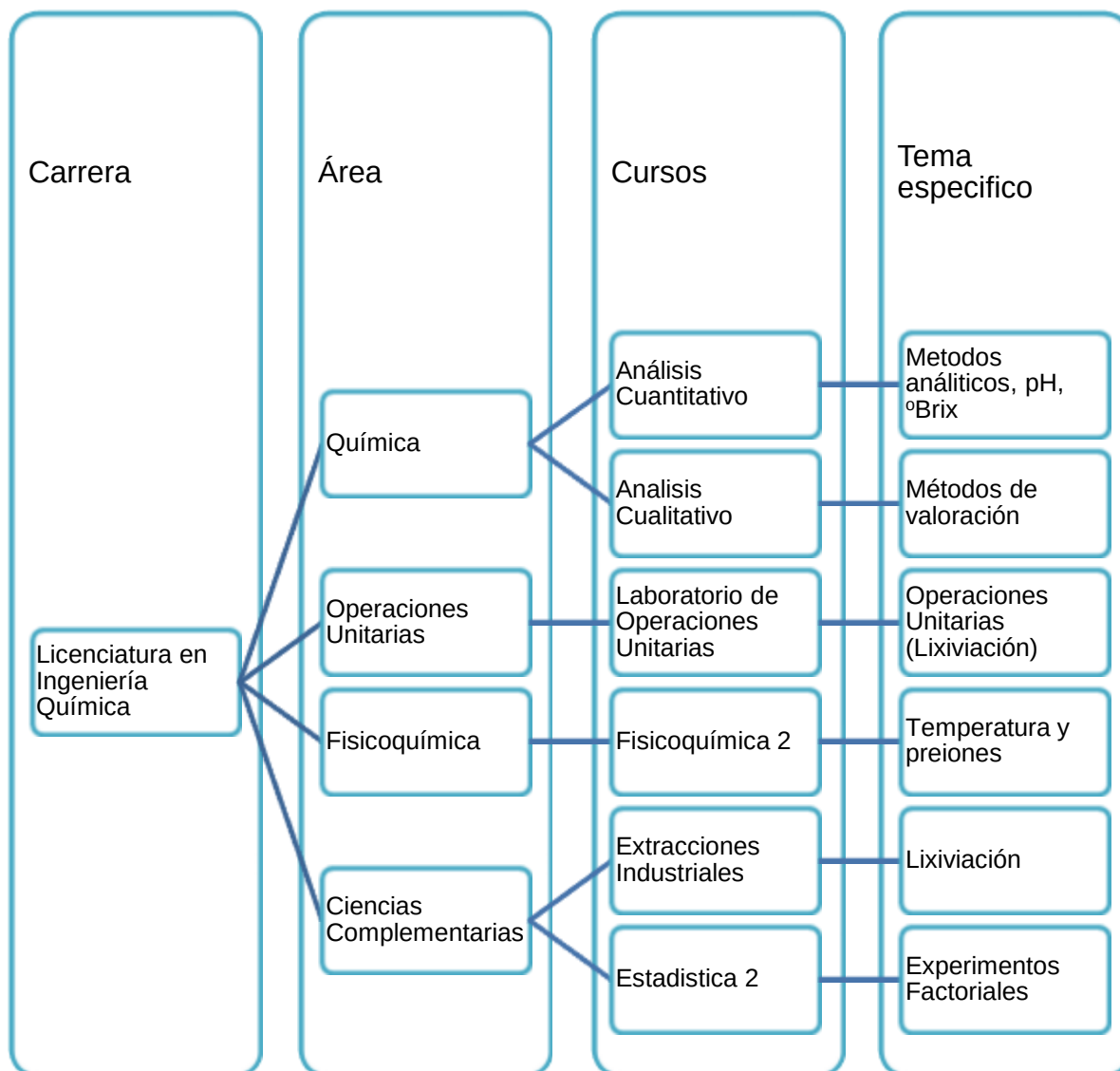
Apéndice 42. **Análisis de mediana y F de Fisher para la densidad de las diferentes partes del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa para un tiempo de lixiviación con maceración dinámica de 6 horas a temperatura de 23 °C**

Materia Prima	Corrida	Densidad (g/mL)	Me	Me promedio	F de Fisher	F de Fisher promedio
Bagazo	1	1,235	1,240	1,240	0,006	0,003
		1,241				
		1,242				
		1,250				
	2	1,236	1,240		0,002	
		1,240				
		1,241				
		1,241				
	3	1,239	1240		0,002	
		1,241				
		1,242				
		1,243				
Cáscara	1	1,236	1,240	1,40	0,002	0,003
		1,240				
		1,241				
		1,241				
	2	1,234	1,240		0,004	
		1,236				
		1,238				
		1,243				
	3	1,235	1,240		0,003	
		1,236				
		1,240				
		1,241				
Corona	1	1,231	1,230	1,230	0,004	0,002
		1,233				
		1,235				
		1,241				
	2	1,233	1,230		0,001	
		1,234				
		1,235				
		1,236				
	3	1,232	1,230		0,002	
		1,232				
		1,234				
		1,235				
Jugo*	1	1,293	1,290	1,290	0,000	0,000
	2	1,292				
	3	1,293				

*Extracción Líquido-Líquido.

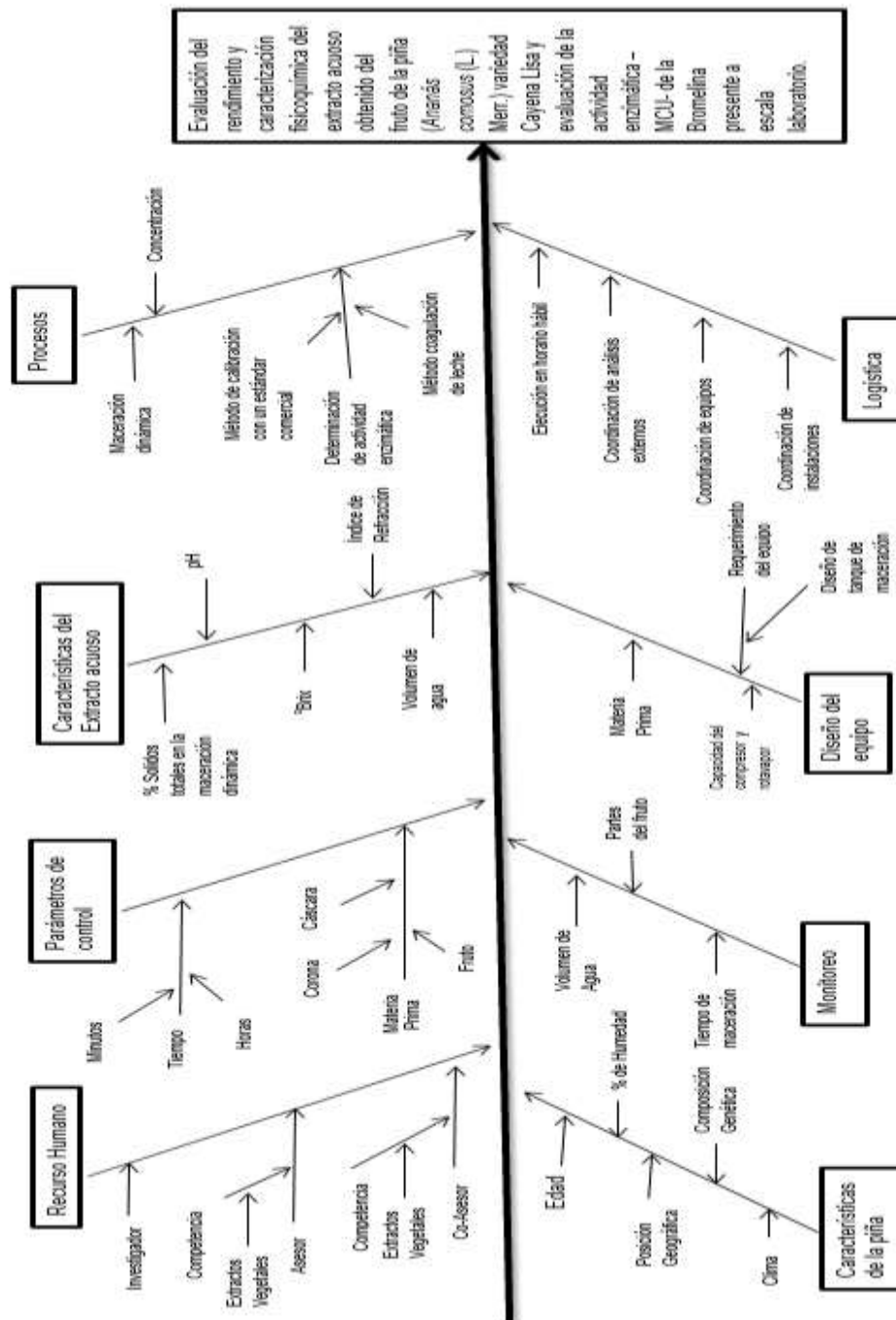
Fuente: elaboración propia, con base en las técnicas cuantitativas de la investigación. tabla VI.
del trabajo de investigación.

Apéndice 43. Requisitos Académicos



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 44. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 45. **Bagazo obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales.

Apéndice 46. **Cáscara obtenida del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales.

Apéndice 47. **Corona obtenida del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales.

Apéndice 48. **Jugo obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales.

Maceración Dinámica

Apéndice 49. **Maceración Dinámica del Bagazo obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales.

Apéndice 50. **Maceración Dinámica de la Cáscara obtenida del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales.

Apéndice 51. **Maceración Dinámica de la Corona obtenida del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales.

Concentración del Extracto Acuoso

Apéndice 52. **Sistema de Concentración**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales.

Extractos

- Apéndice 53. **Extracto del Bagazo obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales.

- Apéndice 54. **Extracto de la Cáscara obtenida del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales.

Apéndice 55. **Extracto de la Corona obtenida del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales.

Apéndice 56. **Extracto del Jugo obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales.

Fuerza de Cuajo

Apéndice 57. **Fuerza de Cuaje del Bagazo obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, prueba realizada con leche en polvo Anchor**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales.

Apéndice 58. **Fuerza de Cuaje de la Cáscara obtenida del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, prueba realizada con leche en polvo Anchor**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales.

Apéndice 59. **Fuerza de Cuaje de la Corona obtenida del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, prueba realizada con leche en polvo Anchor**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales.

Apéndice 60. **Fuerza de Cuaje del Jugo obtenido del fruto de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) variedad Cayena Lisa, prueba realizada con leche en polvo Anchor**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales.

Apéndice 61. **Fuerza de Cuaje de la pastilla de Bromelina marca GNC,
prueba realizada con leche en polvo Anchor**



Fuente: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales.

ANEXOS

1. Análisis Microbiológico del bagazo obtenido de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.).

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos LAFYM

Informe de Resultados de Análisis Microbiológico en Alimentos

No. de ingreso: 1304

Dirigido a: Clamir Quirón

Nombre del producto: EXTRACTO DE PIÑA

Lote: Bagazo

No. De muestra: 1 (unidad)

Responsable de la toma de muestra: Personal ajeno a LAFYM

Fecha y Hora de toma de muestra: 27/08/14

Fecha y Hora ingreso al laboratorio: 27/08/14

Inicio del análisis: 01/09/14

ANÁLISIS	RESULTADO	Límite máximo RTCA 67.04.50-08 / 4.1
Recuento de Bacterias Aeróbicas en placa	1.0×10^3 UFC/g	No presenta límites
Cuantificación de Coliformes Totales	< 10 UFC/g	No presenta límites
Cuantificación de Coliformes Fecales	< 10 UFC/g	No presenta límites
Cuantificación e identificación de <i>Escherichia coli</i>	< 10 UFC/g	10^3 UFC/g

CONCLUSIONES:
De la muestra recibida y analizada en el laboratorio, no se aislaron bacterias indicadoras.

*Métodos de Referencia: BAM, APHA
*Prohibida la parcial o total reproducción por el cliente u otra persona, sin la debida autorización escrita por parte del laboratorio LAFYM
*Este informe pertenece única y exclusivamente a la muestra descrita, tal y como fue recibida en el laboratorio.

1. Nomenclatura utilizada:

NMF/g Número Más Probable por gramo
RTCA Reglamento Técnico Centroamericano

Licda. Vera Paredes, QB
Analista

Licda. Ana Ríos de García, QB
Gerente de Calidad

Licda. Ana L. Ríos de García
QUÍMICA BIÓLOGA
COL. 7523

3^{er} Calle 6-47 zona 1
Telfax: 22531319
lafym@usac.edu.gt

Fuente: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC

2. Análisis Microbiológico de la cáscara obtenido de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.).

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos LAFYM

Informe de Resultados de Análisis Microbiológico en Alimentos

No. de ingreso: **1303**

Dirigido a: **Claudia Quiroa**

Nombre del producto: **EXTRACTO DE PIÑA**

Lote: **Cáscara**

No. De muestra: **1 (unidad)**

Responsable de la toma de muestra: **Personal ajeno a LAFYM**

Fecha y Hora de toma de muestra: **27/08/14**

Fecha y Hora ingreso al laboratorio: **27/08/14**

Inicio del análisis: **01/09/14**

ANÁLISIS	RESULTADO	Límite máximo RTCA 67.04.50:08 / 4.1
Recuento de Bacterias Aeróbicas en placa	4.0×10^3 UFC/g	No presenta límites
Cuantificación de Coliformes Totales	< 10 UFC/g	No presenta límites
Cuantificación de Coliformes Fecales	< 10 UFC/g	No presenta límites
Cuantificación e identificación de <i>Escherichia coli</i>	< 10 UFC/g	10^3 UFC/g

CONCLUSIONES:
De la muestra recibida y analizada en el laboratorio, no se aislaron bacterias indicadoras.

*Métodos de Referencia: BAM, APHA
*Prohibida la parcial o total reproducción por el cliente u otra persona, sin la debida autorización escrita por parte del laboratorio LAFYM
*Este informe pertenece única y exclusivamente a la muestra descrita, tal y como fue recibida en el laboratorio.

L. Nomenclatura utilizada:

NMP/g: Número Más Probable por gramo
RTCA: Reglamento Técnico Centroamericano

Licda. Vera Paredes, QB
Analista

Licda. Ana Roldán de García, QB
Gerente de Calidad

Licda. Ana E. Roldán García
QUÍMICA BIÓLOGA
COL. 2323

3^a. Calle 6-47 zona 1
Teléfono: 22531319
lafymano@infoinec.com

Fuente: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC

3. Análisis Microbiológico de la corona obtenido de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.).

Universidad de San Carlos de Guatemala



Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos LAFYM

1

Informe de Resultados de Análisis Microbiológico en Alimentos

No. de ingreso: **1305** No. De muestra: 1 (unidad)

Dirigido a: *Claudia Quiroa* Responsable de la toma de muestra: Personal ajeno a LAFYM

Nombre del producto: **EXTRACTO DE PIÑA** Fecha y Hora de toma de muestra: 27/08/14

Lote: **Corona** Fecha y Hora ingreso al laboratorio: 27/08/14

Inicio del análisis: 01/09/14

ANÁLISIS	RESULTADO	Límite máximo RTCA 67.04.50:08 / 4.1
Recuento de Bacterias Aeróbicas en placa	2.0×10^2 UFC/g	No presenta límites
Cuantificación de Coliformes Totales	< 10 UFC/g	No presenta límites
Cuantificación de Coliformes Fecales	< 10 UFC /g	No presenta límites
Cuantificación e identificación de <i>Escherichia coli</i>	< 10 UFC /g	10^2 UFC/g

CONCLUSIONES:
De la muestra recibida y analizada en el laboratorio, no se aislaron bacterias indicadoras.

*Métodos de Referencia: BAM, APHA
*Prohibida la parcial o total reproducción por el cliente o otra persona, sin la debida autorización escrita por parte del laboratorio LAFYM
*Este informe pertenece única y exclusivamente a la muestra descrita, tal y como fue recibida en el laboratorio.

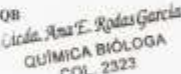
I. Nomenclatura utilizada:

NMP/g Número Más Probable por gramo
RTCA Reglamento Técnico Centroamericano


Lidia Vera Paredes, QB
Analista




Lidia Ana Rodas de García, QB
Gerente de Calidad


Lidia Ana E. Rodas García
QUÍMICA BIÓLOGA
COL. 2323

3^a Calle 6-47 zona 1
Teléfono: 22531319
lafym@usac.edu.gt

Fuente: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC

4. Análisis Microbiológico del jugo obtenido de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.).

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia

Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos LAFYM

Informe de Resultados de Análisis Microbiológico en Alimentos

No. de ingreso: **1302** No. De muestra: **1 (unidad)**

Dirigido a: **Claudia Quiroa** Responsable de la toma de muestra: **Personal ajeno a LAFYM**

Nombre del producto: **EXTRACTO DE PIÑA** Fecha y Hora de toma de muestra: **27/08/14**

Lote: **Jugo** Fecha y Hora ingreso al laboratorio: **27/08/14**

Inicio del análisis: **01/09/14**

ANÁLISIS	RESULTADO	Límite máximo RTCA 67.04.50:08 / 4.1
Recuento de Bacterias Aeróbicas en placa	6.0×10^7 UFC/g	No presenta límites
Cuantificación de Coliformes Totales	< 10 UFC/g	No presenta límites
Cuantificación de Coliformes Fecales	< 10 UFC /g	No presenta límites
Cuantificación e identificación de <i>Escherichia coli</i>	< 10 UFC /g	10^3 UFC/g

CONCLUSIONES:
De la muestra recibida y analizada en el laboratorio, no se aislaron bacterias indicadoras.

*Métodos de Referencia: BAM, APHA
*Prohibida la parcial o total reproducción por el cliente u otra persona, sin la debida autorización escrita por parte del laboratorio LAFYM
*Este informe pertenece única y exclusivamente a la muestra descrita, tal y como fue recibida en el laboratorio.

I. Nomenclatura utilizada:

NMP/g Número Más Probable por gramo
RTCA Reglamento Técnico Centroamericano

Licda. Vera Paredes, QB
Analista

Licda. Ana E. Rodas García, QB
Gerente de Calidad

Licda. Ana E. Rodas García
QUÍMICA BIÓLOGA
COL 2323

3^a Calle 6-47 zona 1
Telfax: 22531319
lafymasac@intelnet.gt.com

Fuente: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, USAC

5. Informe del Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales
-LIECVE-

	CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		No. 0072
		O.T. No. 33526 No. Informe LIECVE-QI 24-2014
INTERESADO:	Claudia María Quiroa Robles Estudiante de Ingeniería Química/USAC Carné estudiantil: 2007-14373	
PROYECTO:	Trabajo de Graduación "EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO Y CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL EXTRACTO ACUOSO OBTENIDO DEL FRUTO DE LA PIÑA (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE LA BROMELINA PRESENTE A ESCALA LABORATORIO."	
FECHA:	Guatemala, 05 de Noviembre de 2014	
Se realizó la evaluación del rendimiento y caracterización físicoquímica del extracto acuoso obtenido del fruto de la piña (<i>Ananás comosus</i> (L.) Merr.) para evaluar la actividad enzimática de la bromelina presente. Para la realización de la extracción se utilizó como conservante ácido ascórbico y ácido cítrico al 2.5% en una proporción 1:1 Para llevar a cabo la maceración dinámica se colocó la materia prima en una proporción 9:1 en un beacker con agua destilada para el bagazo, 5:1 para la cáscara y la corona los cuales luego se pondrán en agitación durante el tiempo correspondiente (2, 4, 6 horas).		
Página 1 de 30 FACULTAD DE INGENIERÍA -USAC- Edificio T-3, Ciudad Universitaria zona 12 Teléfono directo: 2418-9115, Planta: 2418-9000 Exts. 86208 y 86221 Fax: 2418-9121 Página web: http://ci.usac.edu.gt		



No. 0073

RESULTADOS

Tabla No. 1 Porcentaje de rendimiento para el extracto de bagazo de piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) Para diferentes tiempos de extracción.

MATERIA PRIMA	TIEMPO (h)	CORRIDA	RENDIMIENTO (%)	RENDIMIENTO PROMEDIO (%)
Bagazo	2	1	12.587	11.913 ± 0.677
		2	11.919	
		3	11.233	
	4	1	29.150	29.197 ± 0.221
		2	29.437	
		3	29.003	
	6	1	29.682	29.605 ± 0.300
		2	29.274	
		3	29.860	

Fuente: Datos experimentales LIEXVE

Tabla No. 2 Porcentaje de rendimiento para el extracto de cáscara de piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) Para diferentes tiempos de extracción.

MATERIA PRIMA	TIEMPO (h)	CORRIDA	RENDIMIENTO (%)	RENDIMIENTO PROMEDIO (%)
Cáscara	2	1	4.744	4.724 ± 0.0204
		2	4.726	
		3	4.703	
	4	1	10.235	10.114 ± 0.142
		2	10.15	
		3	9.958	
	6	1	11.765	11.892 ± 0.126
		2	11.895	
		3	12.016	

Fuente: Datos experimentales LIEXVE

Página 2 de 10



No. 0874

Tabla No. 3 Porcentaje de rendimiento para el extracto de corona de piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) Para diferentes tiempos de extracción.

MATERIA PRIMA	TIEMPO (h)	CORRIDA	RENDIMIENTO (%)	RENDIMIENTO PROMEDIO (%)
Corona	2	1	2.556	2.721 ± 0.209
		2	2.956	
		3	2.650	
	4	1	4.360	4.185 ± 0.249
		2	4.295	
		3	3.899	
	6	1	5.292	4.822 ± 0.525
		2	4.256	
		3	4.919	

Fuente: Datos experimentales LIEXVE

Tabla No. 4 Porcentaje de rendimiento para el extracto de jugo de piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) para diferentes tiempos de extracción.

MATERIA PRIMA	TIEMPO (h)	CORRIDA	RENDIMIENTO (%)	RENDIMIENTO PROMEDIO (%)
Jugo	2	1	25.608	25.540 ± 0.073
		2	25.461	
		3	25.550	
	4	1	25.431	25.497 ± 0.063
		2	25.557	
		3	25.504	
	6	1	25.396	25.461 ± 0.071
		2	25.449	
		3	25.538	

Fuente: Datos experimentales LIEXVE

Página 3 de 10



No. 0075

Tabla No. 5 Índice de refracción de para el extracto de bagazo de piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) Para diferentes tiempos de extracción.

MATERIA PRIMA	TIEMPO (h)	CORRIDA	ÍNDICE DE REFRACCIÓN	RENDIMIENTO PROMEDIO (%)
Bagazo	2	1	1.335	1.335 ± 0.000
		2	1.335	
		3	1.335	
	4	1	1.335	1.336 ± 0.001
		2	1.336	
		3	1.336	
	6	1	1.335	1.335 ± 0.001
		2	1.336	
		3	1.335	

Fuente: Datos experimentales LIEXVE

Tabla No. 6 pH de para el extracto de bagazo de piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) Para diferentes tiempos de extracción

MATERIA PRIMA	TIEMPO (h)	CORRIDA	pH	PROMEDIO PH
Bagazo	2	1	3.60	3.57 ± 0.03
		2	3.54	
		3	3.58	
	4	1	3.53	3.55 ± 0.06
		2	3.63	
		3	3.50	
	6	1	3.58	3.61 ± 0.04
		2	3.62	
		3	3.65	

Fuente: Datos experimentales LIEXVE

Página 4 de 10



No. 0076

Tabla No. 7 Índice de refracción de para el extracto de cáscara de piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) Para diferentes tiempos de extracción.

MATERIA PRIMA	TIEMPO (h)	CORRIDA	ÍNDICE DE REFRACCIÓN	PROMEDIO
Cáscara	2	1	1.335	1.335 ± 0.0005
		2	1.334	
		3	1.335	
	4	1	1.335	1.336 ± 0.0005
		2	1.336	
		3	1.336	
	6	1	1.336	1.336 ± 0.0000
		2	1.336	
		3	1.336	

Fuente: Datos experimentales LIEXVE

Tabla No. 8 PH del extracto de cáscara de piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) Para diferentes tiempos de extracción.

MATERIA PRIMA	TIEMPO (h)	CORRIDA	pH	PROMEDIO pH
Cáscara	2	1	3.65	3.64 ± 0.06
		2	3.70	
		3	3.58	
	4	1	3.75	3.72 ± 0.06
		2	3.75	
		3	3.65	
	6	1	3.78	3.70 ± 0.07
		2	3.65	
		3	3.68	

Fuente: Datos experimentales LIEXVE



No. 0877

Tabla No. 9 Índice de refracción de para el extracto de corona de piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) para diferentes tiempos de extracción.

MATERIA PRIMA	TIEMPO (h)	CORRIDA	INDICE DE REFRACCIÓN	PROMEDIO
Corona	2	1	1.334	1.334 ± 0.000
		2	1.334	
		3	1.334	
	4	1	1.334	1.335 ± 0.001
		2	1.335	
		3	1.335	
	6	1	1.335	1.335 ± 0.001
		2	1.335	
		3	1.335	

Fuente: Datos experimentales LIEXVE

Tabla No. 10 PH del extracto de corona de piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) Para diferentes tiempos de extracción.

MATERIA PRIMA	TIEMPO (h)	CORRIDA	pH	PROMEDIO pH
Corona	2	1	3.65	3.65±0.01
		2	3.65	
		3	3.64	
	4	1	3.73	3.68±0.04
		2	3.65	
		3	3.67	
	6	1	3.62	3.65±0.01
		2	3.69	
		3	3.64	

Fuente: Datos experimentales LIEXVE



No. 0878

Tabla No. 11 pH del extracto de jugo de piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) para diferentes tiempos de extracción

MATERIA PRIMA	TIEMPO (h)	CORRIDA	pH	PROMEDIO pH
Jugo	2	1	3.84	3.84±0.00
		2	3.84	
		3	3.84	
	4	1	3.75	3.75±0.00
		2	3.75	
		3	3.75	
	6	1	3.7	3.7±0.00
		2	3.7	
		3	3.7	

Fuente: Datos experimentales LIEXVE

Tabla No. 12 Densidad del extracto de jugo de piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) para diferentes tiempos de extracción

MATERIA PRIMA	TIEMPO (h)	CORRIDA	DENSIDAD	DENSIDAD PROMEDIO (g/mL)
Bagazo	2	1	1.2082	1.2078±0.0020
		2	1.2055	
		3	1.2095	
	4	1	1.2420	1.2402±0.0036
		2	1.2360	
		3	1.2425	
	6	1	1.2420	1.2409±0.0012
		2	1.2395	
		3	1.2412	

Fuente: Datos experimentales LIEXVE



No. 0879

Tabla No. 13 Densidad del extracto de cáscara de piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) para diferentes tiempos de extracción

MATERIA PRIMA	TIEMPO (h)	CORRIDA	DENSIDAD (g/mL)	DENSIDAD PROMEDIO (g/mL)
Cáscara	2	1	1.2137	1.212±0.0028
		2	1.2082	
		3	1.2125	
	4	1	1.2387	1.235±0.0052
		2	1.2365	
		3	1.2287	
	6	1	1.2395	1.238±0.0009
		2	1.2377	
		3	1.2380	

Fuente: Datos experimentales LIEXVE

Tabla No. 14 Densidad del extracto de corona de piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) para diferentes tiempos de extracción

MATERIA PRIMA	TIEMPO (h)	CORRIDA	DENSIDAD (g/mL)	DENSIDAD PROMEDIO (g/mL)
Corona	2	1	1.2057	1.206±0.0036
		2	1.2097	
		3	1.2025	
	4	1	1.2357	1.234±0.0015
		2	1.2327	
		3	1.2342	
	6	1	1.2350	1.232±0.0009
		2	1.2345	
		3	1.2332	

Fuente: Datos experimentales LIEXVE



No. 0000

Tabla No. 15 Densidad del extracto de jugo de piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.) para diferentes tiempos de extracción

MATERIA PRIMA	TIEMPO (h)	CORRIDA	DENSIDAD (g/mL)	DENSIDAD PROMEDIO (g/mL)
Jugo	2	1	1.2930	1.2927±0.0005
		2	1.2920	
		3	1.2930	
	4	1	1.2920	1.2930±0.0010
		2	1.2930	
		3	1.2940	
	6	1	1.2930	1.2927±0.0005
		2	1.2920	
		3	1.2930	

Fuente: Dgts experimentales LIEXVE

ANEXOS

Extracto acuoso obtenido de la piña (*Ananás comosus* (L.) Merr.)

Materia prima bagazo, cáscara y corona



Maceración dinámica



Página 9 de 10



No. 0001

Concentración del extracto acuoso



Extracto obtenido



Fuerza de cuajo




Mg. Qco. Mario José Méndez Mera
COORDINADOR
Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales
-LIEVE-
Sección Química Industrial CII/USAC


Vo.Bo. Inga. Qca. Teima Maricela Cano Morales
DIRECTORA
Centro de Investigaciones de Ingeniería/USAC

Página 10 de 10