

Guatemala, 28 de noviembre de 2014

M.Sc. Gerardo Arroyo Catalán
Director General de Investigación
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado M.Sc. Arroyo

Por este medio le informo sobre el proyecto de investigación, con número de partida **7.24** denominado ***“Evaluación de la cadena productiva para el aprovechamiento de los residuos sólidos del eje de la inflorescencia de la piña (Ananas comosus) en el Departamento de Guatemala”*** y realizado por el equipo de investigación conformado por la Licenciada en Química Ingrid Lorena Benítez Pacheco Coordinadora del proyecto, Ingeniera Industrial Márylyn Caribel Rojas Maldonado Investigador 1, Ingeniero Químico Jaime Ernesto Catalán Garrido Investigador 2 y Bachiller Edna Marina Dardón Juárez Auxiliara de Investigación, llevado a cabo durante los meses de febrero a noviembre del año 2014.

El presente documento fue revisado por esta autoridad en donde se determinó que cumple con los objetivos planteados en el proyecto. Así mismo con las instrucciones de elaboración del informe final y artículo científico establecidos por DIGI. Por tanto se ordena el pago correspondiente para los investigadores. Atentamente

Inga. Telma Maricela Cano Morales
DIRECTORA
Centro de Investigaciones de Ingeniería –FIUSAC-



Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Programa Universitario de Investigación
Alimentación y Nutrición
-PRUNIAN-

INFORME FINAL

Evaluación de la cadena productiva para el aprovechamiento de los residuos sólidos del eje de la inflorescencia de la piña (*Ananas comosus*) en el Departamento de Guatemala

Equipo de investigación

Licda. Qca. Ingrid Lorena Benítez Pacheco M.Sc

Coordinadora

Inga. Ind. Márilyn Caribel Rojas Maldonado

Investigador

Ing. Qco. Jaime Ernesto Catalán Garrido.

Investigador

Br. Edna Marina Dardón Juárez

Auxiliar de Investigación I

28 de noviembre 2014

ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA

M.Sc. Gerardo Arroyo Catalán
Director General de Investigación

Ing. Agr. MARN Julio Rufino Salazar
Coordinador General de Programas

Ingeniera Liuba Cabrera Ovalle
Coordinadora Programa Universitario de Investigación Alimentación y Nutrición

Licda. Qca. Ingrid Lorena Benítez Pacheco M.Sc
Coordinadora del proyecto.

Inga. Industrial Márilyn Caribel Rojas Maldonado
Investigadora

Ing. Qco. Jaime Ernesto Catalán Garrido
Investigador

Br. Edna Marina Dardón Juárez
Auxiliar de Investigación I

Partida Presupuestaria
4.8.63.7.24

Año de ejecución: 2014.

CONTENIDO GENERAL

CONTENIDO GENERAL	IV
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE GRÁFICAS.....	X
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	XI
ÍNDICE DE DIAGRAMAS	XI
TITULO DEL PROYECTO	1
1. RESUMEN	2
2. ABSTRACT.....	3
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
3.1 Descripción del Problema	4
3.2 Definición del Problema	4
3.3 Justificación	5
4. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	6
4.1. Piña.....	6
4.1.1. Origen	6
4.1.2. Características	6
4.1.3. Contenido nutricional	7
4.1.4. Utilización.....	7
4.1.5. Subproductos.....	7
4.1.6. Producción nacional.....	8
4.2. Típicos	8
4.2.1. Origen	8
4.2.2. Características	9
4.2.3. Nombre comunes.....	12
4.2.4. Fermentación	12
4.2.5. Catabolismo de los carbohidratos	13
4.2.6. Fermentación láctica	16

4.2.7. Fermentación acética.....	17
4.2.8. Fermentación alcohólica	18
4.2.9. Bacterias ácido-lácticas	19
4.2.10. Bacterias ácido-acéticas	21
4.2.11. Características de los alimentos fermentados.....	22
4.2.11.1 Antimicrobianas.....	22
4.2.11.2 Nutricionales	22
4.2.11.3 Degradación de compuestos.....	22
4.2.11.4 Organolépticas	22
4.2.11.5 Conservantes	22
4.2.11.6 Probióticas	23
4.2.11.7 Medicinales	23
4.2.11.8 Económicas.....	23
4.2.12. Alimentos probióticos	23
4.2.13. Microbiota intestinal	24
4.2.14. Microorganismos probióticos.....	25
4.2.15. Características deseables.....	26
4.2.16. Dosificación.....	26
4.2.17. Viabilidad	27
4.2.18. Técnicas de preservación	28
4.2.19. Asepsia	28
4.2.20. Análisis cuantitativos.....	29
4.2.20.1. Físicos.....	29
4.2.20.2. Peso drenado.....	29
4.2.20.3. Peso seco	29
4.2.20.4. Densidad relativa	30
4.2.21. Químicos.....	31
4.2.21.1. Acidez total titulable	31
4.2.21.2. Acidez activa	31
4.2.22. Microbiológicos	32
4.2.22.1. Recuento de microorganismos.....	32
4.3. Bromelina.....	33
4.3.1. Aplicaciones de la bromelina	34
4.3.2. Aditivos alimentarios	35
4.3.3. Antioxidantes	35
4.3.4. Ácido ascórbico.....	36
4.3.5. Antimicrobianos.....	36
4.3.6. Ácido cítrico	37
4.3.7. Secado convectivo de alimentos.....	37
4.3.8. Colorimetría	39
4.3.9. Sistemas de Color CIE.....	39

5. OBJETIVOS.....	41
5.1. General.....	41
5.2. Específicos.....	41
6. HIPÓTESIS.....	42
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
7.1. Descripción de la ubicación geográfica.....	42
7.2. Período de la investigación.....	42
7.3. Descripción del método, técnicas, procedimientos e instrumentos.....	43
7.4. Definición de las variables: tipos y formas de análisis.....	44
7.5. Metodología de análisis de la información.....	45
7.6. Recursos materiales disponibles.....	45
7.6.1. Materias primas.....	46
7.6.2. Reactivos.....	46
7.6.3. Equipo de medición.....	46
7.6.4. Equipo auxiliar.....	47
7.7. Cronograma de ejecución.....	48
7.8. Análisis de puntos críticos que afectaron la ejecución.....	48
7.9. Metodología de Ensayo (técnica cuantitativa).....	48
7.9.1. Muestreo y ordenamiento de la información.....	48
7.9.2. Preparación de Inoculo.....	50
7.9.3. Obtención de Tínicos.....	50
7.9.4. Acondicionamiento de los tínicos.....	51
7.9.5. Preparación del sustrato.....	51
7.9.6. Extracción del Jugo.....	51
7.9.7. Filtración.....	52
7.9.8. Esterilización.....	52
7.9.9. Análisis cuantitativos.....	53
7.9.10. Elaboración de curvas de secado.....	55
7.9.11. Medición de la actividad enzimática.....	55
7.9.12. Medición de Color.....	56
7.9.13. Realización de pruebas hedónicas.....	57
8. RESULTADOS.....	58
8.1. Resultados por objetivos.....	58
8.1.1. Evaluar la actividad enzimática de la bromelina en el jugo de la cáscara y la fibra del eje de inflorescencia de la piña.....	58
8.1.2. Determinar el peso drenado de los granos de tínicos con base a la dilución del jugo en el eje de inflorescencia.....	61

8.1.3. Establecer los parámetros fisicoquímicos del jugo del eje de inflorescencia con base a la proporción, dilución y tiempo de fermentación	62
8.1.4. Determinar los parámetros microbiológicos del jugo del eje de inflorescencia con base a la proporción, dilución y tiempo de fermentación	66
8.1.5. Evaluar propiedades organolépticas del jugo del eje de inflorescencia de piña fermentada con base a contenido de fibra insoluble, en función del tamaño de partícula y tiempo de fermentación	68
8.1.6. Calcular la actividad enzimática proteolítica con base a la temperatura de secado y a la función del tipo de preservantes ...	69
8.1.7. Determinar la coloración del eje de inflorescencia de la piña desecada en función de la proporción de preservantes.....	72
8.1.8. Elaborar los diagramas de flujo de la cadena productiva de los desechos obtenidos de la piña	74
9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	78
10. ACTIVIDAD DE GESTIÓN, VINCULACIÓN Y DIVULGACIÓN	84
11. CONCLUSIONES	87
12. RECOMENDACIONES	88
13. BIBLIOGRAFÍA	89
14. ORDEN DE PAGO.....	91
15. ANEXOS	92

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Morfología del fruto de la piña de la variedad Cayena lisa	6
2. Capa externa de un grano de túbico presentando bacterias y levaduras	10
3. Proceso de fisión de un grano de túbico.....	11
4. Ruta Embden-Meyerhof-Parnas (EMP)	14
5. Ruta Entner-Duodoroff (ED).....	15
6. Ruta Fosfocetolasa (ruta heteroláctica)	15
7. Estructura del ácido láctico	16
8. Reducción del piruvato a lactato	16
9. Estructura del ácido acético	18
10. Oxidación del etanol a ácido acético.....	18
11. Estructura del etanol	18
12. Transformación del piruvato a etanol.....	19
13. Géneros de bacterias ácido-lácticas y sus propiedades	20
14. Diluciones en serie para el recuento en placa	32
15. Curva equilibrio de la humedad de un sólido alimenticio	38
16. Isotherma de adsorción de agua para alimentos secos.....	38
17. Escala de color	40
18. Diseño general de la técnica cuantitativa.....	43
19. Rendimiento promedio de los residuos sólidos (eje de inflorescencia y cáscara) de la piña (<i>Ananas comosus</i>)	58
20. Acidez activa promedio de los residuos sólidos (eje de inflorescencia y cáscara) de la piña (<i>Ananas comosus</i>)	59
21. Sólidos solubles totales (°Brix) promedio de los residuos sólidos (eje de inflorescencia y cáscara) de la piña (<i>Ananas comosus</i>)	59
22. Concentración de Bromelina en el Jugo del Eje de la Inflorescencia y en la Cáscara de la Piña.....	60
23. Biomasa drenada con base en la proporción de dilución y en función del tiempo de fermentación.....	61
24. Biomasa seca con base en la proporción de dilución y en función de tiempo de fermentación	62
25. Acidez total titulable del medio fermentado con base en la proporción de dilución y en función del tiempo de fermentación	63
26. Acidez activa del medio fermentado con base en la proporción de dilución y en función del tiempo de fermentación	63

27. Densidad relativa del medio fermentado con base en la proporción de dilución y en función del tiempo de fermentación	64
28. Sólidos totales solubles del medio fermentado con base en la proporción de dilución y en función del tiempo de fermentación	65
29. Población total de bacterias ácido-lácticas viable en el medio fermentado con base en la proporción de dilución y en función del tiempo de fermentación	66
30. Población total de levaduras viables en el medio fermentado con base en la proporción de dilución y en función del tiempo de fermentación	67
31. Estudio Organoléptico del Jugo del Eje de la Inflorescencia de la Piña Fermentado Durante 24 y 48 horas	69
32. Curva de calibración de la actividad enzimática	70
33. Curva de calibración de la Bromelina	70
34. Actividad Enzimática (GDU) del Eje de la Inflorescencia de la Piña con Base en la Temperatura de Secado y en Función del Preservante	71
35. Coloración del Eje de la Inflorescencia de la Piña, Según Método CEICh, con Base en la Temperatura de Deshidratación	73
36. Coloración de la Cáscara de la Piña, Según Método CEICh, con Base en la Temperatura de Deshidratación	73

ÍNDICE DE TABLAS

1. Definición operacional y descripción de las variables independientes	44
2. Definición operacional y descripción de las variables dependientes.....	45
3. Resultados promedio de los residuos sólidos (eje de inflorescencia y cascara) de la piña (<i>Ananas comosus</i>).....	58
4. Resultados promedio de los análisis cuantitativos (eje de inflorescencia y cáscara) de la piña (<i>Ananas comosus</i>)	60
5. Resultados promedio de la biomasa drenada y seca del eje de Inflorescencia de la piña (<i>Ananas comosus</i>)	61
6. Datos Calculados para la acidez total titulable de la dilución 30:70.....	62
7. Resultados obtenidos para densidad relativa del medio fermentado.....	64
8. Resultados obtenidos para los sólidos solubles totales del medio fermentado.....	65
9. Resultados promedio para el recuento de bacterias ácido-lácticas del medio fermentado	66
10. Resultados promedio para el recuento de levaduras del medio fermentado	67
11. Resultados de la prueba Hedónica de 5 puntos para la evaluación	

sensorial de la bebida probiótica con 24 horas de fermentación Bebida No.1	68
12. Resultados de la prueba Hedónica de 5 puntos para la evaluación sensorial de la bebida probiótica con 24 horas de fermentación Bebida No.2	68
13. Datos para la elaboración de la curva de actividad enzimática.....	69
14. Actividad enzimática del eje de la cáscara de la piña (<i>Ananas comosus</i>) en función de la temperatura de secado y el tipo de preservante.....	71
15. Datos calculados para la determinación del color de los desechos de la piña deshidratada	72

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

1. Piña antes de procesar en la planta Montesol. S.A	48
2. Proceso de separación del eje y cáscara	49
3. Transporte de la materia prima	49
4. Inóculos (típicos).....	50
5. Granos de Típicos.....	50
6. Inoculación del jugo	51
7. Proceso mecánico de extracción	52
8. Proceso de Filtración del jugo.....	52
9. Cristalería Esterilizada por autoclave.....	53
10. Realización análisis cuantitativos.....	53
11. Peso seco típicos drenados	54
12. Toma de muestras para análisis microbiológicos	54
13. Proceso de secado	55
14. Determinación de la Actividad enzimática	55
15. Proceso de molienda	56
16. Equipo para medición de color.....	56
17. Muestras deshidratadas para medición de color.....	57
18. Realización de las pruebas hedónicas.....	57
19. Invitación al programa Ciencia y Sociedad de RADIOUSAC	84
20. Participación del equipo de trabajo en RADIOUSAC.....	85
21. Entrevista realizada al equipo de trabajo	85
22. Presentación de los avances del proyecto.....	86
23. En actividades de la Dirección General de Investigación	86

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

1. Flujo del sistema de deshidratado para evaluar la actividad proteolítica de la enzima bromelina	74
2. Flujo para evaluar la actividad enzimática de la enzima bromelina obtenida de las diferentes fracciones, (ejes y cascara)	75
3. Posible cadena productiva de los desechos sólidos de la piña en el proceso de enlatado.....	76
4. Flujo de una posible cadena productiva de la piña	77

**EVALUACIÓN DE LA CADENA PRODUCTIVA PARA EL
APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL EJE
DE LA INFLORESCENCIA DE LA PIÑA (*Ananas comosus*) EN
EL DEPARTAMENTO DE GUATEMALA**

1. RESUMEN

El proyecto consistió en evaluar la cadena productiva para aprovechar la cáscara y el eje de la inflorescencia de la piña (*Ananas comosus*) procedente de los residuos sólidos (corazón de la piña y cáscara), del procesamiento industrial de dicha fruta en una empresa manufacturera de piña enlatada del departamento de Guatemala y generar productos útiles para la industria alimenticia.

La evaluación se llevó a cabo mediante la cuantificación de parámetros físicos, químicos, microbiológicos, organolépticos y la elaboración de en las diferentes etapas de la implementación de una cadena productiva del desecho generado. Además, se establecieron los diagramas de flujo para la cadena productiva del desecho generada.

Como materia prima se utilizó el eje de la inflorescencia de la piña, de la especie *Ananas comosus* en la variedad Cayena lisa, procedente en su mayoría de la aldea Jocotillo, municipio de Villa Canales, Guatemala, principal proveedor de la empresa manufacturadora de alimentos ubicada en el departamento de Guatemala.

Además, dentro del proceso de innovación de la cadena productiva del desecho se utilizó granos de túbicos, los cuales fueron proporcionados por una familia particular residente en la ciudad de Guatemala y cultivados por el equipo de investigación.

Palabras claves: actividad enzimática, cadena productiva, Cayena lisa, eje de la inflorescencia de la piña, fermentación, granos de túbicos, residuos sólidos, probióticos.

2. ABSTRACT

The project was to evaluate the production chain to leverage the axis of the inflorescence of pineapple (*Ananas comosus*) solid waste from industrial processing of the fruit in a manufacturing company of canned pineapple department of Guatemala and generate useful products for food industry.

The evaluation was conducted by measuring physical, chemical, microbiological and organoleptic, at different stages of implementing a supply chain of waste generated (Heart of pineapple and shell) parameters. In addition, flowcharts for the production chain of waste generated is established.

As raw material the axis of the inflorescence of pineapple, *Ananas comosus* species in variety Smooth Cayenne, coming mostly Jocotillo Township, principal provider manufacturadora Food Company located in the department of Guatemala was used.

Furthermore, within the innovation process of the production chain scrap tínicos beans, which were provided by a particular family residing in the city of Guatemala and cultivated by the research team was used.

Keywords: *enzyme activity, supply chain, Smooth Cayenne, the inflorescence axis pineapple, fermented beans tínicos, solid waste, probiotics.*

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿Es posible aprovechar el eje de la inflorescencia de la piña (*Ananas comosus*) para generar productos con un valor agregado, a partir de residuos sólidos del procesamiento industrial de dicha fruta en el departamento de Guatemala?

3.1 Descripción del problema

Las industrias alimenticias que procesan el fruto de la piña en el departamento de Guatemala, actualmente no aprovechan los subproductos generados, optando por desecharlos, al no existir tecnologías para el aprovechamiento de estos. Situación que da lugar a un incremento en la cantidad de residuos sólidos de la manufactura respectiva, la cual potencialmente es vector para degradaciones fermentativas no deseadas.

3.2 Definición del problema (preguntas de investigación)

- 1) ¿Cuáles son las características aprovechables del eje de la inflorescencia de la piña, para la generación de una cadena productiva, en base a: actividad proteolítica, grados Brix, acidez total titulable, acidez activa, poblaciones microbiológicas, y características organolépticas?
- 2) ¿Cuál es la actividad enzimática proteolítica del jugo y de la fracción sólida del eje de la inflorescencia de la piña?
- 3) ¿Cuál es el desarrollo de los granos de típicos al fermentar el jugo del eje de la inflorescencia de la piña con los mismos?
- 4) ¿Cuál es el comportamiento de los parámetros fisicoquímicos (pH, acidez total titulable y grados Brix) al fermentar con granos de típicos el jugo del eje de la inflorescencia de la piña?
- 5) ¿Cuál es el comportamiento de las poblaciones de bacterias ácido-lácticas y de levaduras al fermentar el jugo del eje de la inflorescencia de la piña con granos de típicos?
- 6) ¿Cuál es el nivel de aceptación del jugo del eje de la inflorescencia de la piña fermentado con granos de típicos?
- 7) ¿Cuál es el nivel de aceptación del jugo del eje de la inflorescencia de la piña fermentado con granos de típicos, conteniendo fibra insoluble?
- 8) ¿Cuál es la actividad enzimática proteolítica del eje de la inflorescencia deshidratado?
- 9) ¿Cuál es cambio en la coloración del eje de la inflorescencia de la piña deshidratado?
- 10) ¿Cuáles serían los diagramas de flujo de la cadena productiva para el eje de la inflorescencia de la piña?

3.3 Justificación

El tema planteado generó un nuevo conocimiento, a través de una nueva forma de aplicación de experiencias alcanzadas en investigaciones anteriores.

En el 2010 Guatemala se posicionó en el puesto número dieciocho de la producción mundial de piña con un valor de 207 800 toneladas métricas. Parte de la cual es procesada industrialmente para ser comercializada dentro y fuera del país.

Sin embargo, en Guatemala el procesamiento de dicha fruta a nivel industrial genera diversos desechos que consisten en la piel o recortes, el corazón o eje de la inflorescencia, el tallo y la corona, los cuales no son utilizados y generalmente son depositados en forma inadecuada ocasionando un incremento en los residuos sólidos, principalmente alrededor de las plantas de procesamiento o basureros municipales.

Debido a la necesidad de reducir y aprovechar los residuos sólidos, así como a la búsqueda de elaborar alimentos que provean beneficios superiores a los ofrecidos por los alimentos tradicionales, surgió la necesidad de un proceso en el cual se pudieran obtener dichos objetivos.

Asimismo, dicho tema tiene aplicaciones prácticas, mediante la materialización de los resultados, como un aporte teórico para la fabricación de nuevos productos, los cuales poseen un interés nutricional subyacente y pueden ser comercializados.

Los resultados no propician la formulación de políticas públicas o iniciativas de ley. Por el contrario, estos pueden ser patentados.

4. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

4.1. Piña

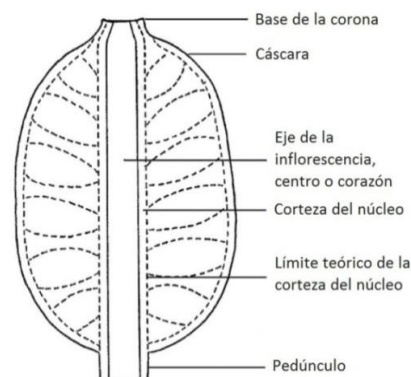
4.1.1. Origen

Se ha catalogado el origen de la piña como procedente del centro y sureste de Brasil, y al noreste de Argentina y Paraguay, y también se considera como centro de origen la región de la Guyana. Actualmente se cultiva en muchas regiones tropicales y subtropicales cálidas del mundo.

4.1.2. Características

Pertenece a la familia de las Bromeliáceas, al género Ananás y especie *Ananas comosus*. Es una planta herbácea perenne, que puede alcanzar hasta 2 metros de altura y 1,5 metros de diámetro, de tallo corto y grueso, y de hojas acanaladas, angostas, con márgenes generalmente espinosos y aserrados, aunque estos también pueden ser lisos.

Figura 1. Morfología del fruto de la piña de la variedad Cayena lisa



Fuente: The pineapple, botany, production and uses. Bartholomew, Duane Phillip; PAULL, Robert E.; ROHRBACH, Kenneth G. (eds.). p. 19.

Después de su fructificación continúa su crecimiento mediante una o más yemas auxiliares, que dan origen a ramas que se desarrollan y producen un nuevo fruto. La planta produce de 50 a 200 flores auto estériles que se encuentran en su inflorescencia o espiga. Cuando no se produce una polinización cruzada o fecundación, cada flor da origen a un pequeño fruto.

La fusión de estos frutos y del eje de la inflorescencia, conforman el fruto múltiple conocido en la botánica como sorosis, y comúnmente como fruto de la piña, en un proceso que dura entre 5 y 6 meses.

4.1.3. Contenido nutricional

El contenido nutricional del fruto no es constante en cada una de las especies, sino que varía según la especie a la cual pertenezca y según el grado de madurez.

Sin embargo, en términos generales puede decirse que posee un alto contenido de fibra dietética, principalmente gomas y pectinas solubles, es un alimento bajo en sodio, buena fuente de potasio y de vitamina C. Asimismo, contiene además bromelina, la cual es una enzima proteolítica similar a la papaína, con diferentes propiedades biológicas.

4.1.4. Utilización

La piña es una de las frutas tropicales más importantes en la producción mundial. Su comercio internacional consiste principalmente en productos procesados como jugos, concentrados o pulpas, y como barras, trozos o rodajas de piña, ya sean enlatadas, deshidratadas, refrigeradas o congeladas.

Sin embargo, a pesar del significado comercial de la fruta procesada, la mayor parte de la piña producida en el mundo es consumida como fruta fresca en el lugar de origen.

4.1.5. Subproductos

Cuando la piña es procesada industrialmente se generan diversos desechos que consisten en la cáscara (29-40%), la corona (2-4%), el corazón o eje de la inflorescencia (9-10%) y el pedúnculo (2-5%), los cuales pueden constituir hasta un 59% del peso de la fruta. Además, los sólidos centrifugados provenientes de la elaboración de jugos también pueden ser descartados según las características del producto final.

Algunas veces estos subproductos son utilizados para diversos objetivos como la extracción de bromelina, extracción de ácido cítrico, elaboración de vinagre, como alimento para animales, y para la extracción de fibras.

Uno de los desechos que no es utilizado por las industrias de nuestro país es el corazón o núcleo, el cual además de ser desaprovechado, muchas veces es depositado de manera incorrecta generando un incremento de los desechos sólidos en los alrededores de las plantas de procesamiento.

4.1.6. Producción nacional

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en el 2011 Guatemala se posicionó en el puesto número diecisiete de la producción mundial de piña, con una producción de 234 560 toneladas métricas.

Según los últimos datos publicados por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) de Guatemala, las cifras preliminares de la producción de piña de nuestro país en el 2010 fue de 234325,82 toneladas métricas, en donde los departamentos de Guatemala, Izabal y Escuintla fueron los mayores productores según el Censo Nacional Agropecuario de 2003. De este valor, 10 661,28 toneladas métricas fueron exportadas, además 58,10 toneladas métricas fueron importadas, en su mayoría de Estados Unidos de Norteamérica.

4.2. Tílicos

El proceso de transformación bioquímico del jugo del eje de la inflorescencia de la piña, se llevó a cabo biológicamente a través del uso de granos de tílicos, siendo indispensable su descripción detallada.

4.2.1. Origen

Según la historia, estos granos surgen como una adaptación de los granos de kéfir cultivados en leche, los cuales fueron considerados como un regalo de Alá hacia el pueblo musulmán de las montañas al norte del Cáucaso, una región entre Europa del Este y Asia occidental, quienes lo han ido pasando de generación en generación, y cuyo nombre original significa buena sensación, procedente de la palabra turca *keif*, debido a su sensación después de beberlo o debido a sus propiedades saludables.

Estos granos cultivados en soluciones de agua y azúcar son conocidos como kéfir de agua, kéfir de azúcar o tísticos, y poseen muchas similitudes a los granos de kéfir en términos de su estructura, diversidad microbiológica y los productos formados durante el proceso de fermentación.

Algunos autores indican que crecen sobre las hojas de diversas especies de cactus del género *Opuntia*, y que son originarios de México, con los cuales se elabora una bebida conocida popularmente como tepache. Otros presumen que provengan de Japón.

Se dice también que fueron traídos a América del Tíbet por la Madre Teresa de Calcuta con el deseo de ayudar a las personas.

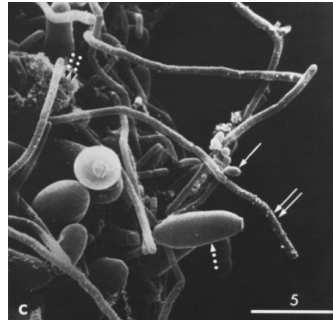
4.2.2. Características

Los granos de tísticos son macrocolonias de microorganismos que consisten en masas compactas y gelatinosas de color blanquecino, translúcidos, de forma irregular y de tamaño variable.

Están compuestos principalmente por agua y una matriz de polisacáridos (dextrana y kefiran) dispuestos en una capa externa compacta y una estructura interna esponjosa, visible en la figura 4 mediante una flecha simple y doble respectivamente, en donde se encuentran diversas bacterias y levaduras que constituyen una asociación simbiótica muy estable.

El diámetro máximo de estos granos es de 8 a 10 milímetros, y en su estructura la capa externa se encuentra más densamente poblada por los microorganismos que la estructura interna, debido a la presencia de gas.

Figura 2. Capa externa de un grano de tífico presentando bacterias y levaduras



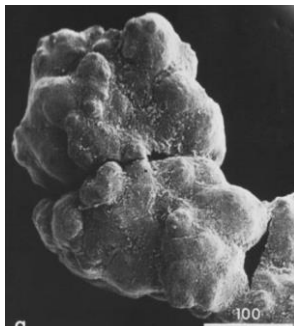
Fuente: MOINAS, Marielise; HORISBERGER, Marck; BAUER, Heinz. *The structural organization of the tibi grain as revealed by light, scanning and transmission microscopy*. p. 158.

Cuando los microorganismos encuentran un medio adecuado, los granos aumentan su tamaño y son divididos mecánicamente por el aumento de presión de dióxido de carbono de su interior (figura 6). Asimismo, los microorganismos suspendidos en el medio también pueden constituir granos al formar pequeñas agrupaciones y generar su propia matriz de polisacáridos.

La matriz de polisacáridos que conforma los granos provee una elevada protección a los microorganismos que se encuentran dentro de él hacia cambios físicos y químicos bruscos, en comparación a los organismos que se encuentran en la superficie o suspendidos en el medio.

Generalmente, los granos de tíficos son inoculados en una solución basada en sacarosa, pudiendo contener frutas o extractos de frutas, en una proporción del 3 al 10 por ciento, produciendo una bebida artesanal auto carbonatada, de sabor ácido y de bajo contenido alcohólico mediante la fermentación de la sacarosa a temperatura ambiente, cuando el período de fermentación es corto, pero cuando se prolonga más se transforma en una bebida alcohólica y posteriormente en vinagre.

Figura 3. Proceso de fisión de un grano de tábico



Fuente: MOINAS, Marielise; HORISBERGER, Marck; BAUER, Heinz. *The structural organization of the tibi grain as revealed by light, scanning and transmission microscopy*, p. 158.

Después de un período, que depende según el criterio y gusto de la labora, el líquido es decantado y utilizado como bebida, los granos son lavados con agua potable, y reutilizados para una futura fermentación en un medio fresco.

En Guatemala, para elaborar el medio de fermentación artesanal generalmente se utiliza panela, azúcar blanca o morena, y diversas frutas como sustrato, ya sean en forma específica o como una combinación entre ellos, en diferentes proporciones.

Los microorganismos en suspensión, los granos y los polisacáridos que conforman la matriz de los tábicos poseen diversas características positivas hacia la salud comprobadas científicamente, pudiendo mencionar efectos bacteriostáticos, bactericidas, antibióticos, cicatrizantes, antiinflamatorios, antilipidémicos, digestivos y antitrombóticos.

Asimismo, poseen una gran resistencia a los microorganismos patógenos o foráneos, pudiendo preparar esta bebida bajo condiciones no estériles con un riesgo muy bajo de contaminación.

Otra característica de estas macrocolonias es que se pueden realizar fermentaciones regulares durante un largo período de tiempo sin que se modifiquen las proporciones de los microorganismos que la componen, mientras las condiciones del cultivo permanezcan iguales.

4.2.3. Nombres comunes

Típicos no es el único nombre con el que se les denomina a estas comunidades de microorganismos simbióticos alrededor del mundo.

Otras denominaciones populares son: tibi, hongo chino, marinos, kéfir azucarado (*sugary kefir*), kéfir de agua (*water kefir*), cristales japoneses (*Japanese crystals*) o cristales de agua japoneses (*Japanese water crystals*), y plantas de cerveza de jengibre (*Gingerbeer plant*).

4.2.4. Fermentación

La palabra fermentación proviene del latín *fermentare* que significa ebullición, debido al hecho de que en el inicio de la fermentación del vino se liberan burbujas continuamente. A través del tiempo este concepto se ha ido modificando abarcando diversos aspectos, sin embargo existen dos criterios importantes para su definición.

En términos bioquímicos, la fermentación es el proceso de obtención de energía a través de una serie de oxidaciones y reducciones de un sustrato orgánico, utilizando moléculas orgánicas como aceptores finales de electrones (cuando el producto se encuentra más oxidado que el sustrato), o como aceptores de los equivalentes reductores (cuando el producto se encuentra más reducido que el sustrato).

Es importante mencionar que en este concepto cuando un compuesto inorgánico es el aceptor final, el proceso se considera como respiración. Además la respiración se considera aeróbica cuando el oxígeno es el aceptor final, y anaeróbica cuando es algún otro compuesto inorgánico, como el sulfato o nitrato.

En términos de la microbiología industrial, la fermentación es cualquier proceso en el que se obtiene biomasa o metabolitos deseados mediante el uso premeditado de microorganismos, a partir de sustancias orgánicas, sin importar si el aceptor final de electrones es un compuesto orgánico o inorgánico.

4.2.5. Catabolismo de los carbohidratos

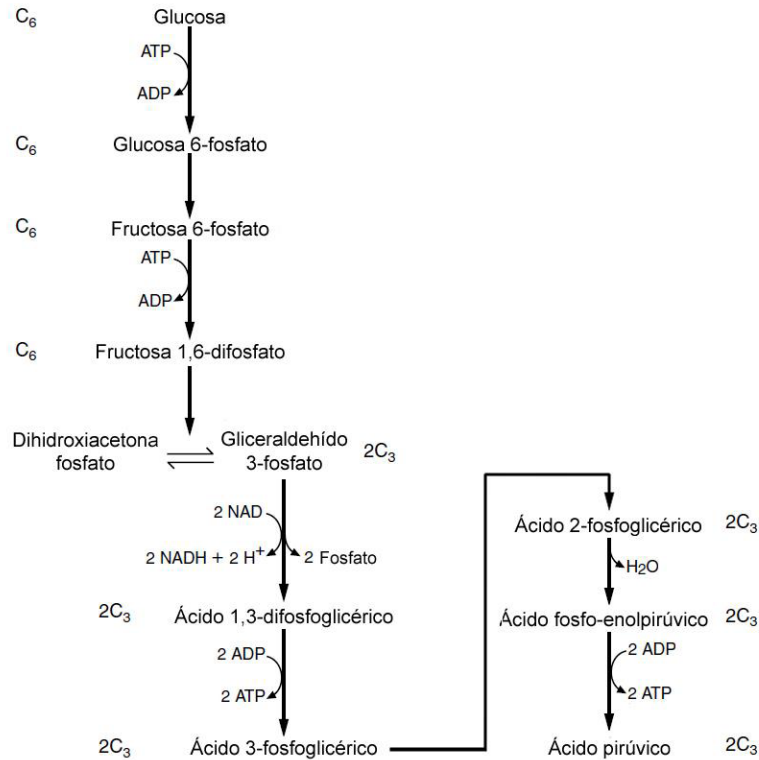
Para comprender mejor el proceso de fermentación, es necesario conocer los eventos metabólicos por medio de los cuales los microorganismos obtienen energía al transformar las moléculas hacia compuestos más sencillos.

Al considerar a los microorganismos que utilizan los azúcares como la principal fuente de carbono y energía, se pueden mencionar cuatro vías para el catabolismo de los carbohidratos: la ruta Embden-Meyerhof-Parnas (nombrada clásicamente como glucólisis), la ruta Pentosa-Fosfato, la ruta Entner-Duodoroff, y la ruta Fosfocetolasa.

La ruta Embden-Meyerhof-Parnas (EMP) representa la principal ruta y la más conocida (figura 7), la cual puede dividirse en dos pasos. En el primero, la molécula de glucosa atraviesa una fase preparatoria en donde finalmente son formadas dos moléculas de gliceraldehído 3-fosfato. En la segunda fase se forma como producto final el piruvato.

Por cada molécula de glucosa, dos moléculas de ATP son consumidas en la fase preparatoria y cuatro son producidas en la fase posterior, dando como resultado un rendimiento de dos moléculas de ATP por cada molécula de glucosa transformada en piruvato.

Esta ruta puede llevarse a cabo bajo condiciones aeróbicas y anaeróbicas. Bajo condiciones aeróbicas el piruvato puede ser oxidado hacia CO₂ y H₂O mediante ciclo del ácido tricarboxílico (ciclo de Krebs), mientras que bajo condiciones anaeróbicas el piruvato es metabolizado hacia un amplio rango de productos

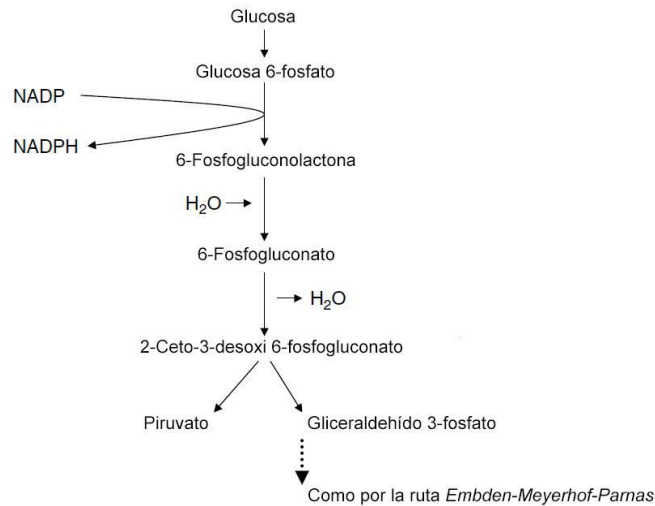
Figura 4. Ruta Embden-Meyerhof-Parnas (EMP)


Fuente: BAMFORTH, Charles W. *Food, fermentation and micro-organisms*. p. 20.

La ruta Pentosa-Fosfato (*PP*), conocida también como ruta Fosfogluconato y como ruta Hexosa Monofosfato (*HMP*), se divide en dos partes. La primera es la fase oxidativa a través de la cual se obtiene energía, y la segunda es la fase no oxidativa a través de la cual se generan pentosas para la posterior síntesis de nucleótidos.

La ruta Entner-Duodoroff (figura 8) describe una serie alterna de reacciones que catabolizan la glucosa a piruvato, la cual es utilizada por pocas bacterias y algunos fungi. Algunos microorganismos utilizan esta ruta para la descomposición anaeróbica de la glucosa, y otros únicamente la utilizan en el metabolismo del gluconato.

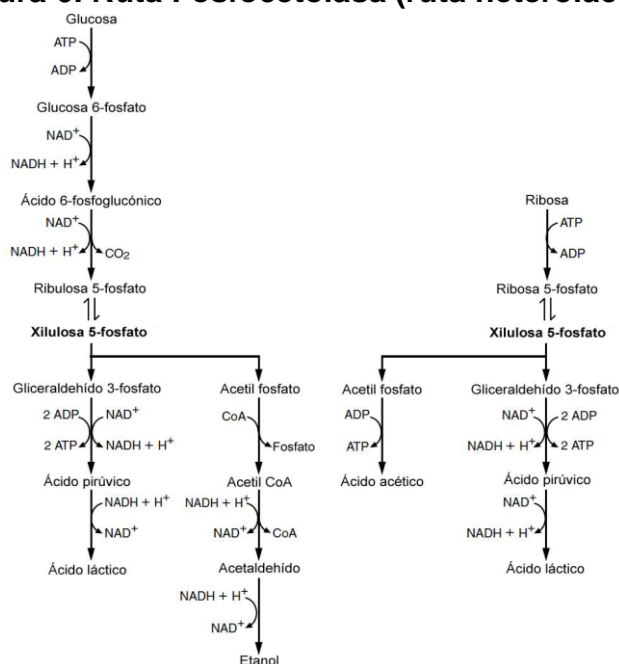
Figura 5. Ruta Entner-Duodoroff (ED)



Fuente: BAMFORTH, Charles W. *Food, fermentation and micro-organisms*. p. 22.

Por último, la ruta de la Fosfocetolasa (figura 9), conocida también como la ruta heteroláctica, es utilizada principalmente por las bacterias ácido-lácticas heterofermentativas (heterolácticas), generando como subproductos ácido láctico, etanol y dióxido de carbono. De igual forma, a través de esta ruta las pentosas son fermentadas en ácido láctico y ácido acético.

Figura 6. Ruta Fosfocetolasa (ruta heteroláctica)



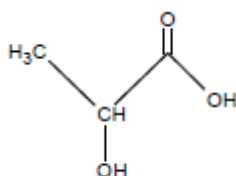
Fuente: BAMFORTH, Charles W. *Food, fermentation and micro-organisms*. p. 22.

4.2.6. Fermentación láctica

El ácido láctico, conocido también como ácido 2-hidroxipropiónico, es un ácido orgánico de tres carbonos, peso molecular de 90,08 gramos por mol, y pKa de 3,86.

Se encuentra clasificado por la FDA como Generalmente Reconocido como Seguro (*GRAS*, por sus siglas en inglés), y es ampliamente utilizado en los alimentos como agente acidulante, saborizante, y preservante.

Figura 7. Estructura del ácido láctico



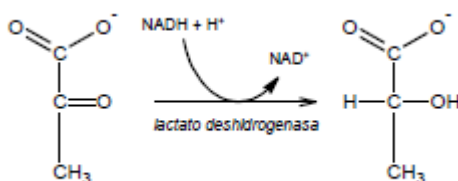
Fuente: THERON, Maria M.; RYKERS LUES, J. F. *Organic acids and food preservation*; p. 25.

Dicho compuesto existe naturalmente como dos isómeros ópticos: D(-)-ácido láctico y L(+)-ácido láctico. Siendo la forma L(+) la preferida para las aplicaciones alimenticias, además de ser esta la forma en la que el ser humano metaboliza el ácido láctico por medio de la enzima L-lactato deshidrogenasa.

Este ácido no forma parte los alimentos naturalmente, sino que es generado por medio de la fermentación de las bacterias ácido-lácticas, las cuales se clasifican según la cantidad de ácido láctico producido como: homofermentativas u homolácticas,

Durante la fermentación homoláctica, el ácido láctico producido a partir de la reducción del piruvato, constituye más del 85 por ciento de los productos finales.

Figura 8. Reducción del piruvato a lactato



Fuente: NELSON, David L.; COX, Michael M. *Lehninger: principles of biochemistry*. p. 538.

Sin embargo, durante la fermentación heteroláctica, el ácido láctico producido constituye aproximadamente el 50 por ciento de los productos finales, mientras que el resto es conformado en su mayoría por etanol y dióxido de carbono.

La fermentación heteroláctica se presenta a través de la ruta catabólica de la fosfoacetolasa, en la cual durante la fermentación de la glucosa se produce ácido láctico, etanol y dióxido de carbono; así como también puede presentarse a través de la fermentación de la ribosa, en la cual se produce ácido láctico ácido acético.

Además, las bacterias ácido-lácticas pueden generar otros productos finales alternativos diferentes a los mencionados bajo condiciones especiales.

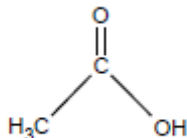
Sin embargo, durante la fermentación heteroláctica, el ácido láctico producido constituye aproximadamente el 50 por ciento de los productos finales, mientras que el resto es conformado en su mayoría por etanol y dióxido de carbono.

La fermentación heteroláctica se presenta a través de la ruta catabólica de la fosfoacetolasa, en la cual durante la fermentación de la glucosa se produce ácido láctico, etanol y dióxido de carbono; así como también puede presentarse a través de la fermentación de la ribosa, en la cual se produce ácido láctico ácido acético.

Además, las bacterias ácido-lácticas pueden generar otros productos finales alternativos diferentes a los mencionados bajo condiciones especiales.

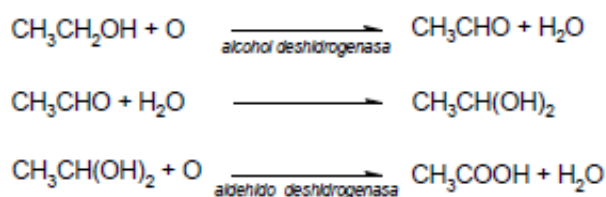
4.2.7. Fermentación acética

El ácido acético es un ácido monocarboxílico, de fórmula CH_3COOH , peso molecular de 60,052 gramos por mol, y pKa de 4,76. Se encuentra clasificado por la FDA como GRAS y es aprobada su utilización alrededor del mundo como aditivo alimenticio y como preservante.

Figura 9. Estructura del ácido acético


Fuente: THERON, Maria M.; RYKERS LUES, J. F. *Organic acids and food preservation*; p. 33.

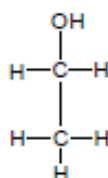
Este compuesto es secretado principalmente por las bacterias ácido-acéticas a través de un proceso bioquímico estrictamente aeróbico en el que el etanol es oxidado en ácido acético.

Figura 10. Oxidación del etanol a ácido acético


Fuente: OKAFOR, Nduka. *Modern industrial microbiology and biotechnology*. p. 283.

4.2.8 Fermentación alcohólica

El etanol, conocido también como alcohol etílico o simplemente como alcohol, es un alcohol de fórmula C₂H₆O y peso molecular de 46,07 gramos por mol, el cual está clasificado por la FDA como GRAS.

Figura 11. Estructura del etanol


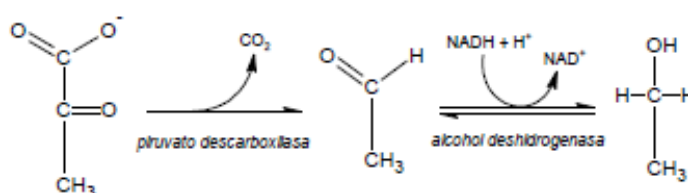
Fuente: NELSON, David L.; COX, Michael M. *Lehninger: principles of biochemistry*. p. 509.

Algunos microorganismos, principalmente levaduras y mohos, producen etanol y dióxido de carbono a partir del procesamiento de los carbohidratos en un proceso metabólico anaeróbico, conocido como fermentación alcohólica o etanólica.

Durante este proceso, la glucosa es convertida a piruvato por medio de la glucólisis, y el piruvato es convertido a etanol y dióxido de carbono en un proceso de dos pasos.

En el primer paso el piruvato es descarboxilado a acetaldehído en una reacción irreversible catalizada por el piruvato descarboxilasa. En el segundo paso, el acetaldehído es reducido a etanol a través de la acción del alcohol deshidrogenasa y de la capacidad reductora del NADH.

Figura 12. Transformación del piruvato a etanol



Fuente: NELSON, David L.; COX, Michael M. *Lehninger: principles of biochemistry*. p. 538.

4.2.9. Bacterias ácido-lácticas

Estas bacterias son definidas generalmente como un grupo productoras de ácido láctico, no son formadoras de esporas, son catalasa-negativa, no son móviles, son Gram-positivas, son anaerobias facultativas, son ácido tolerantes, y se les ha conferido el estado de *GRAS* en los alimentos, aunque algunas cepas son patogénicas.

La mayor parte de estos microorganismos son mesófilos, pero algunos pueden crecer a temperatura de refrigeración (4 grados Celsius) y a temperatura tan alta como 45 grados Celsius. Generalmente prefieren un pH en el rango de 4,05 - 4,50, sin embargo ciertas cepas pueden tolerar y crecer a pH arriba de 9 o tan bajo como 3,20.

Las principales contribuciones de estas bacterias en el producto alimenticio es el de preservar las cualidades nutritivas de las materias primas, extender la vida de anaquel, y controlar el crecimiento de microorganismos indeseados.

A pesar de que este grupo es conocido por ser exigente respecto a los requerimientos nutricionales, existen especies que son muy versátiles y crecen razonablemente bien incluso cuando el contenido de nutrientes es menor al ideal.

Las bacterias ácido-lácticas poseen dos vías fermentativas denominadas homolácticas u homofermentativas, y heterolácticas o heterofermentativas. Estos microorganismos poseen una u otra, sin embargo algunas poseen los medios para llevar a cabo ambas vías, denominándoseles homofermentativas facultativas.

Existen 16 géneros de bacterias ácido-lácticas. Doce géneros están relacionados con los alimentos, de los cuales siete son utilizadas directamente en las fermentaciones alimentarias: *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Oenococcus*, *Pediococcus*, *Streptococcus*, y *Tetragenococcus*.

Figura 13. Géneros de bacterias ácido-lácticas y sus propiedades

Género	Ruta de fermentación	Temperatura:		NaCl:		pH:		Isómero del ácido láctico
		10°C	45°C	6,5%	18%	4,4	9,6	
<i>Lactobacillus</i>	homo/hetero	±	±	±	-	±	-	D, L, DL
<i>Lactococcus</i>	homo	+	-	-	-	±	-	L
<i>Leuconostoc</i>	hetero	+	-	±	-	±	-	D
<i>Oenococcus</i>	hetero	+	+	±	-	±	-	D
<i>Pediococcus</i>	homo	±	±	±	-	+	-	D, L, DL
<i>Streptococcus</i>	homo	-	+	-	-	-	-	L
<i>Tetragenococcus</i>	homo	+	-	+	+	-	+	L
<i>Aerococcus</i>	homo	+	-	+	-	-	+	L
<i>Carnobacterium</i>	hetero	+	-	-	-	-	-	L
<i>Enterococcus</i>	homo	+	+	+	-	+	+	L
<i>Vagococcus</i>	homo	+	-	-	-	±	-	L
<i>Weissella</i>	hetero	+	-	±	-	±	-	D, L, DL

Fuente: HUTKINS, Robert Wayne. *Microbiology and technology of fermented foods*. p. 24.

La presencia del género *Enterococcus* generalmente es indeseable ya que algunas veces es utilizado como indicador de contaminación fecal, algunas cepas poseen genes móviles resistentes a los antibióticos y algunas son capaces de causar infecciones en los humanos.

De igual forma el género *Carnobacterium* es indeseable ya que es considerado como microorganismos deteriorantes de los productos cárnicos.

Finalmente los géneros *Aerococcus*, *Vagococcus* y *Weisella* no son encontrados ampliamente en los alimentos y su significancia en los mismos no es clara.

Estos microorganismos son un importante grupo que contribuye a resaltar las características organolépticas de los alimentos, poseen una función antimicrobiana importante, y son considerados como el principal grupo de microorganismos probióticos.

4.2.10. Bacterias ácido-acéticas

Son las únicas bacterias Gram-negativas utilizadas en la elaboración de alimentos fermentados. A este grupo pertenecen los géneros *Acetobacter*, *Gluconobacter*, y *Gluconoacetobacter*.

Estas bacterias son aeróbicas obligadas. Además son mesófilas, teniendo un rango óptimo de temperatura de crecimiento de 25 a 30 grados Celsius.

Los sustratos utilizados como fuente de energía incluyen el etanol, glucosa, lactato o glicerol. La mayoría de estos compuestos no son completamente oxidados en dióxido de carbono y agua, y el ácido acético, como otros metabolitos, pueden ser acumulados en el medio.

Las bacterias ácido acéticas son los principales microorganismos oxidativos que son capaces de sobrevivir en condiciones con elevada acidez y elevado contenido de etanol. Algunas cepas son capaces de crecer en un medio con 5 por ciento en volumen de etanol, y algunas hasta un 10 por ciento.

A pesar de que son ácido-tolerantes, el pH preferido para crecer se encuentra generalmente entre 5,3 y 6,3.

Otras bacterias también producen ácido acético como producto primario, pero éstas son anaeróbicas obligadas y dependen de vías reductivas, por ejemplo la reducción del CO₂.

4.2.11. Características de los alimentos fermentados

Los alimentos fermentados pueden contener diversos compuestos funcionales procedentes de la materia prima, o bien generados durante el proceso de fermentación debido a la actividad metabólica de los microorganismos. Debido a esto se ha asociado el consumo de dichos alimentos con diversos beneficios, entre los cuales se pueden mencionar:

4.2.11.1. Antimicrobianas

Los microorganismos modifican el medio en donde se encuentran debido a su metabolismo y algunos también producen compuestos antimicrobianos, lo cual inhibe el crecimiento de microorganismos deteriorantes y patógenos, aumentando la vida de anaquel de los productos y haciéndolos seguros para su consumo.

4.2.11.2. Nutricionales

Durante la fermentación ocurre espontáneamente el enriquecimiento biológico de los alimentos con aminoácidos esenciales, vitaminas, y compuestos bioactivos.

4.2.11.3. Degradación de compuestos

Los microorganismos presentes producen enzimas que degradan compuestos que no son nutritivos o insatisfactorios, y transforman los sustratos en productos fácilmente digeribles. De igual forma descomponen compuestos complejos en moléculas más simples.

4.2.11.4. Organolépticas

En resumen, los alimentos fermentados poseen sabores, olores, texturas y otros atributos muy diferentes de los que tienen las materias primas debido a la acción metabólica de los microorganismos sobre los sustratos.

4.2.11.5. Preservantes

Se refiere al aumento del tiempo de vida o de almacenamiento de los alimentos debido a la preservación biológica.

4.2.11.6. Probióticas

Diversos alimentos fermentados son considerados como alimentos probióticos debido a que poseen microorganismos, en cantidades suficientes, que mejoran el balance de la microbiota intestinal.

4.2.11.7. Medicinales

La actividad anti carcinogénica y la reducción del colesterol son unos de los diferentes beneficios comprobados que poseen diversos alimentos fermentados sobre la salud.

4.2.11.8. Económicas

Los alimentos fermentados generalmente se fabrican utilizando materias primas de bajo costo, y la mayoría de productos finales tienen moderados márgenes de ganancias.

4.2.12. Alimentos probióticos

Los probióticos se describen como microorganismos vivos que, cuando son administrados en cantidades adecuadas, confieren beneficios a la salud del huésped.

Los alimentos que contienen probióticos se encuentran dentro de la categoría de los alimentos funcionales, los cuales incluyen a cualquier alimento fresco o procesado que pueda proveer beneficios a la salud superiores a los ofrecidos por los alimentos tradicionales, más allá de la función básica de suministrar nutrientes. Este efecto positivo puede ser promoviendo la salud, previniendo el padecimiento de alguna enfermedad, o ambas.

Algunos beneficios a la salud asociados con el consumo de probióticos incluyen la prevención y tratamiento de la diarrea asociada con antibióticos, el tratamiento de las enfermedades inflamatorias del intestino, prevención de infecciones del tracto urinario y vaginal, la prevención y tratamiento de alergias.

Los alimentos probióticos pueden ser elaborados de dos formas, la primera es fermentando las materias primas por medio de éstos microorganismos, con o sin cultivos iniciales; y la segunda forma es por medio de la adición de probióticos en concentraciones adecuadas al producto final.

Es necesario mencionar que los alimentos fermentados son el sistema más popular de distribución de los probióticos. Conjuntamente, el jugo de fruta ha sido sugerido como un buen medio para estos microorganismos, ya que es considerado un producto saludable, además de ser atractivo al consumidor.

4.2.13. Microbiota intestinal

Cuando el ser humano nace, el tracto gastrointestinal se encuentra libre de microorganismos, sin embargo la colonización de éstos inicia inmediatamente después del nacimiento hasta llegar a estar habitado en la edad adulta por más de 100 trillones (10^{14}) de microorganismos.

La densidad de los microorganismos nativos se incrementan progresivamente de 10^2 a 10^3 Unidades Formadoras de Colonias por mililitro, desde el estómago hasta el colon, en donde habita la gran mayoría, teniendo una densidad aproximada de 10^{11} a 10^{12} Unidades Formadoras de Colonias por mililitro. Asimismo, la diversidad abarca microorganismos anaeróbicos facultativos y anaeróbicos obligados. En el tracto gastrointestinal coexisten tanto especies no patógenas, en su mayoría, como otras patógenas, en donde el predominio de las primeras sobre las segundas es el resultado de un delicado equilibrio.

Las especies de *Lactobacillus* y *Bifidobacterium* son ejemplos de microorganismos beneficiosos que pueden contribuir a la digestión, la estimulación inmunológica, y la inhibición de patógenos; mientras que las especies de *Bacteroides*, *Escherichia*, *Clostridium*, y *Proteus* son ejemplos de microorganismos potencialmente perjudiciales encontrados en el tracto gastrointestinal.

Los microorganismos perjudiciales en el intestino han sido vinculados a diversos desórdenes clínicos tales como el cáncer, colitis ulcerativa, e incluso el aumento de la susceptibilidad del huésped a las infecciones por enteropatógenos como la *Salmonella*, *Campylobacter*, *Escherichia*, y *Listeria*.

El uso prolongado y excesivo de antibióticos de amplio espectro, no incluir alimentos fuentes de fibra dietética, y los procedimientos invasivos como lavados gástricos o colónicos, entre otros factores, pueden alterar profundamente la composición, cantidad y calidad de la microbiota nativa, y así favorecer la colonización de cepas patógenas.

Por lo tanto, es importante mantener el correcto equilibrio de los microorganismos para permitir que el intestino opere óptimamente, para mejorar la salud, y eliminar la predisposición de contraer diversas enfermedades, en donde los probióticos pueden representar la mejor opción para lograrlo.

Se ha postulado que estos microorganismos pueden estimular la producción de sustancias antimicrobianas, la secreción de moco, fortalecer la función de barrera del intestino, competir contra los patógenos, y estimular las respuestas inmunológicas específicas y no específicas.

4.2.14. Microorganismos probióticos

Diferentes géneros de bacterias son utilizadas como probióticos, incluyendo *Lactobacillus*, *Bifidobacterium*, *Propionibacterium*, *Bacillus*, *Escherichia* y *Enterococcus*.

Los dos primeros géneros de bacterias son los representantes probióticos más importantes de las bacterias ácido-lácticas, siendo este grupo los principales microorganismos utilizados como probióticos potenciales.

De la misma forma, las levaduras han sido utilizadas ampliamente como agentes probióticos, principalmente del género *Saccharomyces*.

Es necesario mencionar que los beneficios de los probióticos dependen de la cepa y son específicos de cada una de ellas, y los efectos documentados de una cepa no son aplicables a otras.

4.2.15. Características deseables

Los microorganismos deben ser seguros, deben poseer el estado *GRAS*, y deben de tener un largo historial de su utilización segura en los alimentos. Ninguno debe poseer propiedades patogénicas e idealmente deben exhibir tolerancia a las sustancias antimicrobianas, pero no deben ser capaces de transmitir esa resistencia a otros microorganismos.

Se requiere que posean la capacidad de sobrevivir el paso a través del tracto gastrointestinal para que así puedan conferir los beneficios al huésped. Deben poseer tolerancia a ambientes ácidos, a las enzimas presentes en el tracto, al jugo gástrico humano, y al jugo biliar.

Es importante que tengan la capacidad de adherirse en el tracto gastrointestinal, para aumentar así su efecto probiótico. La adhesión a la mucosa del intestino se considera importante para la modulación del sistema inmunológico y para la exclusión de los patógenos, ya sea ésta última por la competición de nutrientes, por la competición de locaciones físicas, o por la producción de agentes antimicrobianos.

Deben ser tecnológicamente adecuados para su incorporación en los alimentos, deben de ser capaces de sobrevivir a las aplicaciones industriales, de prosperar al final de su vida de anaquel, y de mantener características organolépticas aceptables durante todo el tiempo de almacenamiento.

Por encima de todo, los alimentos probióticos deben demostrar su eficacia en ensayos clínicos controlados y validados, y demostrar que las características probióticas no se han perdido o han sido alteradas durante su manufactura.

4.2.16. Dosificación

Para obtener los efectos probióticos, los microorganismos deben ser administrados en cantidades suficientes, por lo que los organismos reguladores de alimentos estipulan que cualquier alimento probiótico debe contener por lo menos 10⁷ Unidades Formadoras de Colonia por mililitro al momento de ser consumido.

El método de administración parece tener un mínimo efecto en la eficacia probiótica. Asimismo, no está claro si la frecuencia de administración tiene algún efecto en la eficacia probiótica, sin embargo microbiológicamente una dosis de 1×10^{10} Unidades Formadoras de Colonia administrada cuatro veces al día es ligeramente diferente a una dosis de 4×10^{10} Unidades Formadoras de Colonias administrada una vez al día.

La duración de la administración puede depender de las necesidades y de la naturaleza de las enfermedades. Por ejemplo, el tratamiento para la diarrea es a corto plazo, mientras que la prevención del cáncer es a largo plazo.

Además, aunque no existe información acerca de cuándo es el mejor tiempo para su ingesta, se asume que el mejor período para la administración de los probióticos es entre comidas, y deben ser acarreados en un medio líquido.

4.2.17. Viabilidad

Generalmente las cantidades de probióticos en los alimentos disminuyen durante su almacenamiento, por lo que existe una fuerte exigencia para mantener la viabilidad de los microorganismos durante su producción y vida de anaquel.

Los principales factores que influyen la habilidad de los probióticos para sobrevivir en los alimentos incluyen:

- El estado fisiológico de los microorganismos añadidos
- Las condiciones físicas y químicas del procesamiento del alimento
- Las condiciones ambientales de su transporte y almacenamiento
- La composición del producto
- Las interacciones con otros compuestos

Algunas veces se puede alcanzar un conteo viable aceptable incrementando la cantidad de microorganismos durante la manufactura, sin embargo esto puede llegar a ser costoso debido al valor elevado de los cultivos.

4.2.18. Técnicas de preservación

Existen diversas técnicas para la preservación de las propiedades de los alimentos, y para el control de los microorganismos.

Con base en el modo de acción, la mayoría de los métodos de preservación de los alimentos pueden ser categorizados como:

- Desacelerando o inhibiendo la deterioración química y el crecimiento microbiano
- Inactivando directamente las bacterias, levaduras, mohos, virus, o enzimas
- Evitando la contaminación antes y después del procesado

Sin embargo, para el presente estudio de fermentación, el cual por sí mismo es un método de preservación, se utilizarán cuatro métodos: asepsia, desinfección, esterilización, y refrigeración.

4.2.19. Asepsia

La asepsia involucra la limpieza general y es un procedimiento de rutina que ayuda a eliminar los focos de crecimiento microbiano, ayuda a reducir la carga de microorganismos, y previene la transferencia de organismos del individuo al producto.

Se utilizan batas de laboratorio, mascarillas, guantes, y otras prendas protectoras; las manos son lavadas con regularidad; y el equipo utilizado y los pisos son lavados con agua, jabón, y con desinfectantes.

Para lavar las manos se necesita mojar las manos y las muñecas con agua, tomar una dosis de jabón con el antebrazo o con el codo, frotar las manos y muñecas con el jabón durante 10 a 15 segundos, enjuagar las manos, y luego secar las manos sin frotarlas con una toalla de papel.

Además, la llave del grifo se apaga mientras se sostiene la toalla de papel, para no contaminar las manos nuevamente.

4.2.20. Análisis cuantitativos

La investigación científica conlleva la determinación cuantitativa y el monitoreo de diversas propiedades físicas, químicas y/o microbiológicas del objeto de estudio.

4.2.20.1. Físicos

Dichos análisis son aquellos que determinan las propiedades y el comportamiento de la energía, la materia, el tiempo y el espacio, así como las interacciones entre dichos conceptos.

Con base en los objetivos de la presente investigación, únicamente se evaluarán 3 parámetros físicos: peso drenado, peso seco y densidad relativa.

4.2.20.2. Peso drenado

El peso drenado, denominado también como masa drenada o escurrida, es la cantidad de materia sólida o semisólida presente después de que el contenido en exceso del líquido en el que se encuentra ha sido separado completamente

Para llevar a cabo esta separación, la fase sólida y la fase líquida se deben verter sobre la superficie de un tamiz, inclinándolo posteriormente para facilitar el drenado, pero sin sacudir el material en el tamiz, dejándolo drenar por dos minutos.

Esta separación se basa en el tamaño de la partícula que se desea separar, y el flujo debe llevarse a cabo por gravedad.

4.2.20.3. Peso seco

El peso seco es la masa de un material sólido resultante después de separar toda el agua o líquido posible por métodos no mecánicos. Los tres métodos utilizados para secar son el térmico, el químico, y por medio de vacío. Sin embargo el más común es el térmico en el cual se separa la fase líquida mediante evaporación al suministrarle calor.

El componente a cuantificar, o analito, puede ser el residuo que finalmente se pesa o puede ser el compuesto evaporado.

El primer caso consiste en un método directo por evaporación, ya que se pesa directamente el analito. El segundo caso consiste en un método indirecto por evaporación, debido a que la masa de analito se determina por diferencia entre la muestra inicialmente pesada y el residuo que queda luego de la evaporación.

4.2.20.4. Densidad relativa

La densidad relativa, denominada como *specific gravity* en inglés, es utilizada comúnmente para determinar el contenido alcohólico, la humedad y el contenido de sólidos en numerosos productos alimenticios. Sin embargo, esto se aplica de mejor forma en el análisis de soluciones acuosas que contienen únicamente un soluto.

Este parámetro puede determinarse por medio de la comparación de las masas de volúmenes iguales de la muestra y agua utilizando un picnómetro. Asimismo, las temperaturas de los líquidos se expresan en forma de cociente, utilizando la temperatura de la muestra en el numerador y la del agua en el denominador. Los sólidos solubles totales determinados a través de la densidad relativa son expresados en grados Brix, como porcentaje en peso de sacarosa en solución.

Esta variable se utiliza como indicador del contenido de azúcares en las frutas y jugos de frutas ya que son los principales sólidos disueltos en estos, conteniendo además pectinas solubles, ácidos orgánicos y aminoácidos, entre otros. Por lo tanto, representa únicamente la cantidad de sólidos disueltos totales en la muestra como si éstos fueran exclusivamente sacarosa.

Durante la fermentación, los azúcares contenidos inicialmente son transformados por los microorganismos en diversos compuestos orgánicos, reduciendo la densidad de la solución. Por lo que un valor constante en la densidad indica la finalización de la fermentación.

Entre los errores que se pueden cometer al utilizar la densidad relativa para determinar los grados Brix es la presencia de sólidos en suspensión y dióxido de carbono en la muestra, por lo cual es necesario removerlos previamente. La densidad relativa puede determinarse también por hidrometría y los sólidos solubles totales pueden establecerse también por refractometría.

4.2.21. Químicos

Los análisis químicos son aquellos que determinan la composición química de un material o muestra, mediante diferentes métodos de laboratorio.

Con base en los objetivos de la presente investigación, únicamente se evaluarán dos parámetros químicos, los cuales a pesar de estar directamente relacionados con la acidez, son determinados en formas separadas: acidez titulable y acidez activa (pH).

4.2.21.1. Acidez total titulable

La acidez titulable, conocida también como acidez total, determina la concentración total de ácido contenida en el alimento. Los ácidos de los alimentos se encuentran presentes naturalmente, sin embargo también pueden ser formados por medio de la fermentación o pueden ser añadidos como parte de una formulación específica.

La determinación se realiza neutralizando los ácidos presentes en una muestra conocida de alimento utilizando una base estándar por medio de una titulación, en donde el punto final o punto de equivalencia, puede ser determinado por medio del método potenciométrico o colorimétrico.

Debido a que esta titulación no puede diferenciar entre ácidos individuales, el resultado es expresado en términos del ácido predominante.

4.2.21.2. Acidez activa

La acidez activa cuantifica la actividad de los iones hidronio (H_3O^+) en una solución, expresada en términos de pH. El término pH es definido como el logaritmo negativo de base 10 de la concentración molar de los iones hidronio. Sin embargo, la definición real es el logaritmo negativo de base 10 de la actividad de los iones hidronio y no de su concentración.

$$pH = -\log_{10}A_{H^+} = -\log[H^+] * \gamma_{H^+}$$

Es necesario mencionar que la actividad de una especie es su concentración multiplicada por su coeficiente de actividad, el cual es una medida de la desviación respecto al comportamiento ideal. Si el coeficiente de actividad fuera 1, el comportamiento sería ideal.

En la naturaleza, el pH puede abarcar un rango de 14 órdenes de magnitud, los cuales se expresan en una escala que va desde 0 hasta 14 en soluciones acuosas. Este parámetro es importante debido a que existen algunos procesos que son más dependientes de esta actividad que de la acidez total, como la habilidad de crecimiento de los microorganismos en un determinado alimento.

4.2.22. Microbiológicos

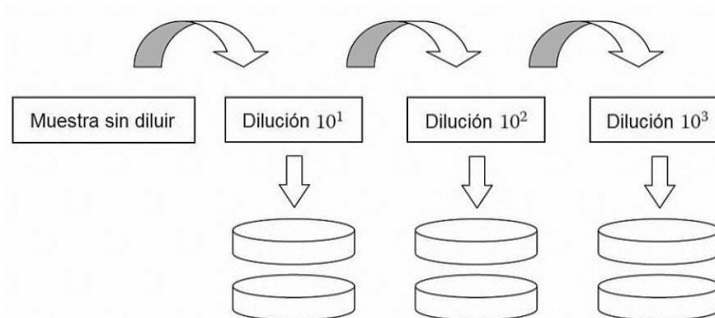
Los análisis microbiológicos de los alimentos son aquellos que identifican y cuantifican a los microorganismos presentes en los productos alimenticios, determinan los factores de los que depende su presencia y desarrollo en estos, así como su interacción con los seres humanos.

Con base en los objetivos de la presente investigación, únicamente se evaluarán un parámetro microbiológico: recuento de microorganismos.

4.2.22.1. Recuento de microorganismos

Para cuantificar a los microorganismos presentes en las muestras, se utilizará el método de recuento en placa.

Figura 14. Diluciones en serie para el recuento en placa



Fuente: GOLDMAN, Emanuel; GREEN Lorrence H. *Practical handbook of microbiology*. p. 17.

Este método es realizado por medio de la dilución de la muestra original en tubos de dilución en serie. Seguido a esto, se aplican alícuotas de las diluciones en serie en placas con agar adecuado para recuento en placa, por medio de la técnica de vertido o de propagación.

En la técnica de vertido en placa, se vierte el agar líquido a temperatura ambiente en la placa respectiva, y se mezcla con la alícuota de la muestra diluida. Mientras que en la técnica de la propagación en placa, se adiciona y se dispersa la alícuota de la muestra diluida en la superficie del agar previamente solidificado en la placa respectiva.

Posteriormente las placas son incubadas apropiadamente, y cada colonia observada es contabilizada como una Unidad Formadora de Colonia. En este conteo se asume que cada colonia se encuentra separada y que fue desarrollada por una única célula viable.

El total de las Unidades Formadoras de Colonias contabilizadas en las placas incubadas y el respectivo factor de dilución utilizado, es combinado posteriormente para calcular el número original de microorganismos en la muestra como Unidades Formadoras de Colonias por mililitro.

Para la cuantificación de bacterias ácido-lácticas se utilizó el medio de cultivo *MRS Agar* (Merck). Mientras que para la cuantificación de levaduras se utilizará el medio de cultivo *YGC Agar* (Merck), el cual contiene cloranfenicol para suprimir el crecimiento de las bacterias que se encuentren presentes.

4.3. BROMELINA

La bromelina es una enzima proteolítica con código enzimático EC 3.4.22.33; encontrada inicialmente en las hojas y en el tallo de las plantas *Ananas comosus* (L.) Merr.

Posteriormente, se constató su presencia en el fruto de la misma planta y en otras especies pertenecientes a la familia Bromeliaceae. Su presencia en la piña fue detectada por vez primera por el farmacéutico venezolano Mercano en 1891. La secuencia de aminoácidos alrededor del centro activo es Asn-Glx-Asn-Pro-Cys-Ala-Cys.

En principio, bajo la denominación de “bromelina” se conocía la enzima extraída y purificada del tallo de la planta de Ananás comosus, aunque luego, al detectarse su presencia en el fruto, se denominó a la primera “*Stem Bromelian*” y a la segunda “*Fruit Bromelian*”.

La enzima purificada del fruto es una cisteínproteasa de carácter ácido, perteneciente a la misma familia que la papaína, extraída de la papaya (*Carica papaya L.*). Se trata de una glicoproteína, aparentemente homogénea.

La bromelina del fruto (*Fruit Bromelian*) actúa sobre otras proteínas como la caseína, la hemoglobina y la gelatina. El pH óptimo de actuación de la enzima sobre la caseína y la hemoglobina desnaturalizada es, respectivamente, de 8.3 y 8.0. La pérdida de actividad puede ser recuperada con concentraciones crecientes de cisteína.

La bromelina de tallo “*stem bromelian*” es, por el contrario, una proteína de carácter básico, con un contenido en carbohidratos del 1.46% y con menor actividad sobre la caseína, la BAA (alfa-N-Benzoil-LArginín-amida) y la BAEE (alfa-N Bensoil-L Arginín-éster).

4.3.1. Aplicaciones de la bromelina

En alimentación se utiliza como ablandador de carnes, en el tratamiento de pescados y otros productos marinos como la producción de salsa de ostras, en la fabricación de galletas (para la eliminación del gluten), como sustituto de los sulfitos empleados para impedir el pardeamiento de los jugos de frutos y del vino blanco y para la clarificación de la cerveza.

En la industria farmacéutica se emplea como digestivo en el tratamiento de dispepsias, como antiinflamatorio y como antiedematoso, en tratamientos contra las infecciones, en tratamientos contra la celulitis, la forunculosis, la ulcerosis, los edemas postoperatorios y también en tratamientos contra el cáncer.

En el laboratorio se usa en la fabricación de peptonas, que formarán parte de medios de cultivo, en la producción de aminoácidos y péptidos y en el estudio de la composición de las proteínas.

La bromelina es una enzima extraída fundamentalmente de los residuos de las plantaciones de piña. Es interesante destacar que también puede ser extraída con altos rendimientos de los residuos en las fábricas de enlatado de piña, contemplando esta extracción como una actividad paralela para la obtención de un subproducto de alto valor añadido

4.3.2. Aditivos alimentarios

De acuerdo con el Comité de Protección de Alimentos y Nutrición, los aditivos alimentarios se definen, como una sustancia o mezcla de sustancias, que no siendo un alimento básico, se encuentran presentes en los alimentos, como resultado de cualquier aspecto de producción, procesamiento, almacenado o empacado. Este término excluye contaminantes.

Desde tiempos prehistóricos, los productos químicos han sido añadidos a los alimentos para llevar a cabo funciones especiales. Aunque los alimentos no poseen aditivos originalmente, son procesados y convertidos en una gran variedad de productos, incrementando la variedad y el uso de aditivos.

Hoy en día se encuentran más de 2500 aditivos que intencionalmente agregados a las comidas para inhibir un efecto indeseado. El uso de estos aditivos es bien aceptado, pero con controversias. Ya que algunos de ellos tienen beneficios potenciales, como riesgos.

4.3.3. Antioxidantes

Los mecanismos de las reacciones de oxidación, son las que promueven el decrecimiento de la calidad de los productos alimentarios, como pasa con la química de oxidación de los lípidos.

La oxidación de lípidos se realiza en una forma multietapas, con múltiples factores de proceso, y en alimentos, las variables relacionadas incluyen la de los ácidos grasos, susceptibilidad, estructura molecular y, estado físico de los lípidos, iniciación de reacciones de peróxido de hidrógeno (ROOH) y la descomposición catalítica (metales).

4.3.4. Ácido ascórbico

Es un sólido cristalino que se descompone alrededor de 160°C. Es un antioxidante natural, extremadamente insoluble en grasas. Fue probado por primera vez como antioxidante para mejorar la durabilidad de la mayonesa. Funciona sinérgicamente con la mayoría de los antioxidantes de origen fenólico, pero no con el ácido gálico.

El ácido ascórbico tiene estatus GRAS (Generalmente Reconocido como Seguro) como uso de preservantes (según la 2.1 CFR 182.3013) y no existen restricciones en los niveles de uso para este agente.

Los reportes sugieren que los niveles más bajos son de 100 ppm para efectos como antioxidante, usualmente descritos; las concentraciones más altas son con 2 000 ppm. El pH óptimo de actividad es alrededor de 3-4, con una solubilidad en agua de 33 g/ml.

El ácido ascórbico ha sido utilizado como agente anti pardeamiento por más de 50 décadas y sigue siendo el más utilizado frecuentemente como alternativa a los sulfitos. A eso se debe el uso cotidiano del limón en las cocinas, durante la preparación de comidas. Alrededor de 3.5 mg de ácido ascórbico es necesario para evitar la oxidación en un centímetro cúbico de un producto enlatado.

4.3.5. Antimicrobianos

Los seres humanos tienen que estar atentos a preservar los productos alimenticios de microorganismos perjudiciales desde tiempos prehistóricos. Procesos como de calentamiento, deshidratación, fermentación y refrigeración, han sido usados para prolongar la vida de anaquel de los productos alimenticios.

Algunos preservantes químicos de comida, como la sal, nitritos y sulfitos han sido utilizados por muchos años. Sin embargo algunos tienen un uso frecuente hasta ahora. Una de las razones por la que se incrementó el uso de preservantes químicos es el cambio en la forma de producir y comercializar.

Hoy en día, los consumidores esperan los alimentos estén disponibles por años y que se encuentren libres de enfermedades patógenas y con una vida razonable de anaquel.

Mientras existen algunas mejoras realizadas, usando un empaque y sistemas de procesamiento para preservar alimentos sin químicos. En el presente los preservantes antimicrobianos en las comidas juegan un papel significativo en la protección de los alimentos.

4.3.6. Ácido cítrico

El ácido cítrico es un popular acidulante, por su versatilidad y flexibilidad, es utilizado en muchos procesos de fermentación. Tanto el ácido cítrico como su sal son comúnmente usados como componentes orgánicos en los alimentos e industria farmacéutica.

También es de amplia importancia en la industria metalúrgica e industrias químicas. Tanto el ácido cítrico tiene tres grupos COOH que dan el carácter ácido.

El ácido cítrico es uno de los más importantes producidos; la producción global es estimada alrededor de 620,000 toneladas métricas por año y representa el 60% de toda la comida utilizada alrededor del mundo.

La producción entera de ácido cítrico es llevada a cabo por fermentación. Los pKs del ácido cítrico son $pK_1 = 3.14$, $pK_2 = 4.77$, $pK_3 = 6.39$, y es fuertemente disociado adentro de las células de los microorganismos.

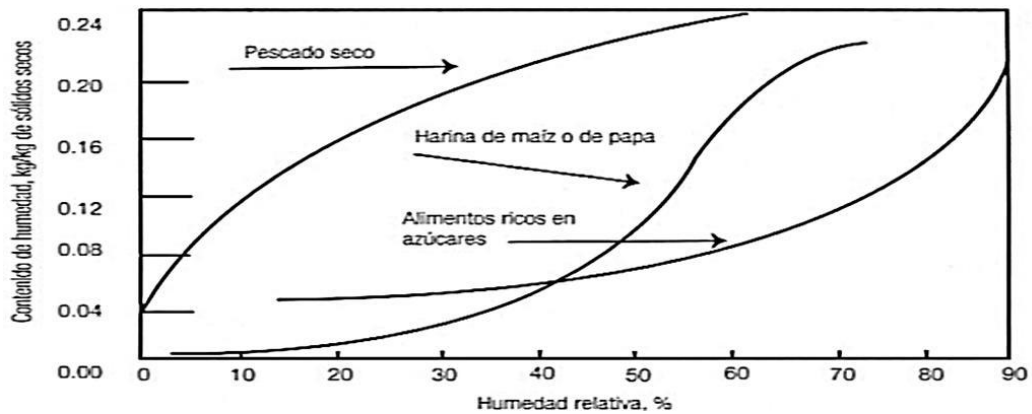
4.3.7. Secado convectivo de alimentos

La deshidratación o secado de alimentos es un fenómeno complejo que implica procesos de transferencia de cantidad de movimiento, calor y masa.

Todas las operaciones de secado dependen de la aplicación de calor para vaporizar el agua o los constituyentes volátiles.

El mecanismo que regula el secado de un producto en forma de partículas depende de la estructura de éste y de los parámetros de secado como contenido de humedad, dimensiones de producto, temperatura del medio de calentamiento, velocidades de transferencias superficiales y contenido de humedad en equilibrio.

Figura 15. Curva equilibrio de la humedad de un sólido alimenticio

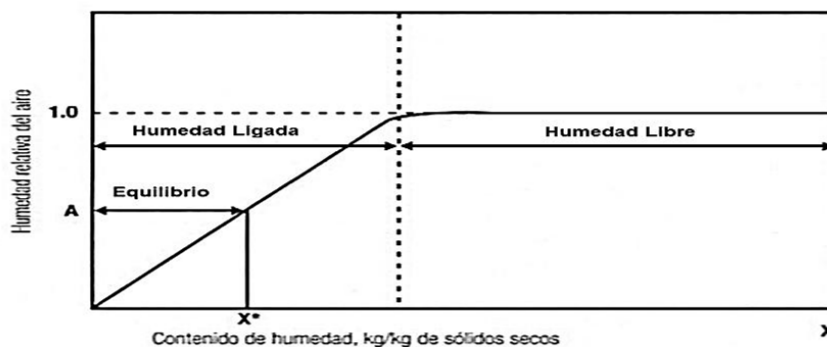


Fuente: MULVANEY, Sharma. Ingeniería de alimentos, operaciones unitarias y prácticas de laboratorio, p. 216.

Todos los materiales sólidos presentan cierto contenido de humedad en equilibrio cuando se ponen en contacto con el aire a una temperatura y una humedad particulares. En consecuencia, los materiales tienden a perder o ganar humedad durante un período, para que alcancen este valor de equilibrio.

Si la temperatura o la humedad del aire cambian, entonces se pierde o gana humedad hasta que se alcanza un nuevo valor de equilibrio.

Figura 16. Isotherma de adsorción de agua para alimentos secos



Fuente: MULVANEY, Sharma. Ingeniería de alimentos, operaciones unitarias y prácticas de laboratorio. p. 216.

La distinción entre agua ligada y libre es una propiedad del material alimenticio particular del material alimenticio. Si se seca un alimento en aire de humedad relativa A , se elimina la mayor parte del agua libre y parte del agua ligada.

Esta consiste en la humedad libre por arriba del contenido de humedad de equilibrio correspondiente a la condición del aire. Por lo tanto, la distinción entre contenido en equilibrio y contenido de humedad libre depende de la naturaleza de los sólidos por secar y las condiciones del aire de secado.

4.3.8. Colorimetría

La colorimetría es una técnica utilizada para determinar la concentración de compuestos que constituyen una mezcla. El fundamento de la técnica consiste en que si pasa luz blanca a través de una solución coloreada, algunas longitudes de onda se absorben con preferencia sobre las otras.

La mayor ventaja consiste en que no es necesario el aislamiento del compuesto y que se pueden determinar los constituyentes de una mezcla compleja sin que requiera tratamiento previo.

Cada color tiene su propia apariencia basada en tres elementos: matiz, valor, croma. Al describir un color usando estos tres atributos se identifica con precisión un color específico y se distingue de cualquier color. El matiz es como percibe el colorímetro el color de un objeto: rojo, anaranjado, verde, azul, etc.

El croma por otra parte describe lo llamativo o lo apagado de un color, en otras palabras, que tan cerca está el color ya sea al gris o al matiz puro. Se llama valor a la intensidad lumínica, es decir, su grado de claridad. Los colores pueden ser clasificados como tenues u oscuros al comparar sus valores.

4.3.9. Sistemas de Color CIE

La CIE o Commission Internationale de l'Eclairage (que se traduce como Comisión Internacional de la Iluminación) es la institución responsable de las recomendaciones internacionales para la fotometría y colorimetría.

En 1931 la CIE estandarizó los sistemas de orden de color especificando las fuentes de luz (o iluminantes), el observador y la metodología usada para encontrar los valores para la descripción del color. Los sistemas CIE usan tres coordenadas para ubicar un color en un espacio de color. Estos espacios de color incluyen:

- CIE XYZ
- CIE L*a*b*
- CIE L*C*h°

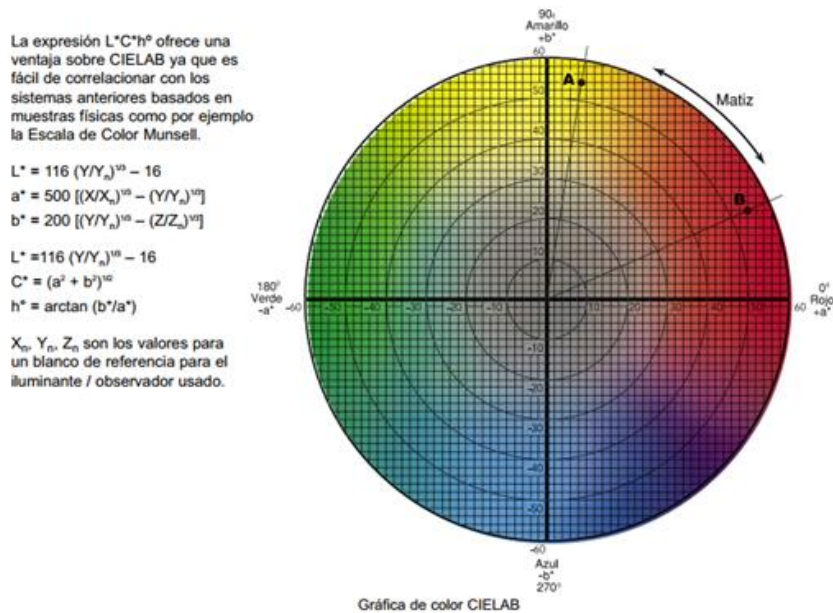
ESCALA CIELAB (L*a*b*)

Cuando un color se expresa en CIELAB, la L* define la claridad, a* denota el valor rojo/verde y b* el valor amarillo/azul.

ESCALA CIELCH (L*C*h°)

Mientras CIELAB utiliza coordenadas cartesianas para calcular el color en un espacio el CIELCH emplea coordenadas polares. Esta expresión de color se puede derivar de CIELAB. La L* define la claridad, C especifica el cromatismo y la h° denota el ángulo en una medición polar.

Figura 17. Escala de color



Fuente: Ciba Specialty Chemical Inc. Colorimetry Course.
www.cibasc.com

5. OBJETIVOS

5.1. General

Evaluar la cadena productiva para el aprovechamiento de los residuos sólidos del eje de la inflorescencia de la piña (*Ananas comosus*) en Guatemala, mediante la elaboración de una bebida fermentada funcional y un ablandador para carnes.

5.2. Específicos

5.2.1 Evaluar la actividad enzimática de la bromelina en el jugo de la cáscara y la fibra del eje de inflorescencia de la piña.

5.2.2 Determinar el peso de drenado de los granos de típicos con base a la dilución del jugo en el eje de inflorescencia.

5.2.3 Establecer los parámetros fisicoquímicos del jugo del eje de inflorescencia con base a la proporción y dilución y tiempo de fermentación.

5.2.4 Determinar los parámetros microbiológicos del jugo del eje de inflorescencia con base a la proporción, dilución y tiempo de fermentación.

5.2.5 Evaluar propiedades organolépticas del jugo del eje de inflorescencia de piña fermentada con base al contenido de fibra insoluble, en función del tamaño de partícula y tiempo de fermentación

5.2.6 Calcular la actividad enzimática proteolítica con base a la temperatura de secado y a la función del tipo de preservantes.

5.2.7 Determinar la coloración del eje de inflorescencia de la piña desecada en función de la proporción de preservantes.

5.2.8 Elaborar los diagramas de flujo de la cadena productiva de los desechos de la piña.

6. HIPÓTESIS

6.1. Científica

- Es posible elaborar una bebida fermentada funcional y un ablandador para carnes, mediante el desarrollo de una cadena productiva para el aprovechamiento de los residuos sólidos del eje de la inflorescencia y la cascara de la piña (*Ananas comosus*) en Guatemala.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Descripción de la ubicación geográfica

El proyecto se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis Físicoquímicos de la Sección de Química Industrial, del Centro de Investigaciones de Ingeniería, y el Laboratorio de Química de la Escuela de Ingeniería Química de la Facultad de Ingeniería.

El residuo sólido del procesamiento industrial de la piña (eje de la inflorescencia de la piña) se obtuvo de forma gratuita, a través de la empresa Alimentos ubicada en el kilómetro 1.5 carretera a Bárcenas, Villa Nueva.

Por último, los granos de tópicos fueron adquiridos, de forma gratuita, a través de una familia particular residente en la ciudad de Guatemala.

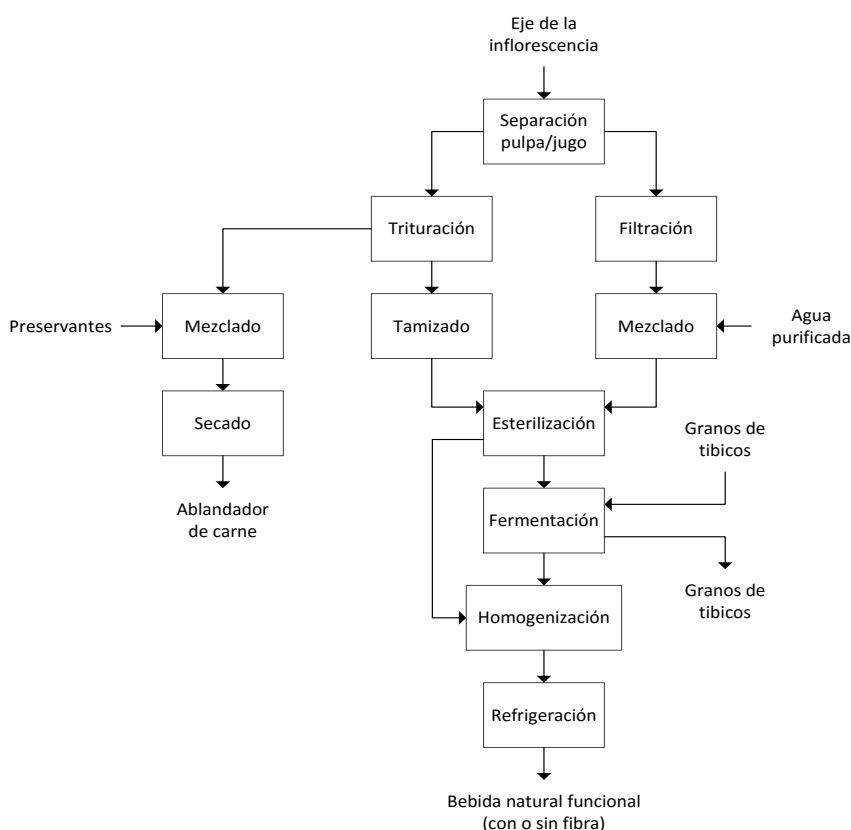
7.2. Período de la investigación

La duración de la investigación fue de 10 meses.

7.3. Descripción del método, técnicas, procedimientos e instrumentos

La presente investigación se llevó a cabo a través del método científico, por medio de análisis cuantitativos físicos, químicos, microbiológicos y organolépticos; especificando, con base en la teoría, las variables independientes, y cuantificando las variables respuesta en duplicado.

Figura 18. Diseño general de la técnica cuantitativa



Fuente: Elaboración propia

Asimismo, se efectuaron variaciones controladas en cinco parámetros, los cuales son: proporción de dilución, tiempo de fermentación, tamaño de partícula, temperatura de secado, proporción de preservantes.

Por otro lado, la información recopilada fue analizada gráficamente y estadísticamente, por medio de programas de computación (Microsoft Excel y Logger Pro Demo) y a través del análisis de varianza de dos factores (ANOVA).

7.4. Definición de las variables: tipos y formas de análisis

Tabla 1. Definición operacional y descripción de las variables independientes

NO.	VARIABLE	DIMENSIONAL	CONSTANTE	VARIABLE	DESCRIPCIÓN	VALOR
1	Inóculo	g/mL	X		Masa inicial de granos de tibicos por volumen de sustrato.	0.03
2	Factor de dilución del sustrato	-----		X	Factor de dilución del jugo del corazón de la piña con agua purificada.	04:05
						01:02
						01:05
3	Volumen inicial de sustrato	mL	X		Volumen del jugo del corazón de la piña a utilizarse como medio de fermentación.	200
4	Acidez activa inicial del sustrato	pH	X		pH inicial del jugo del corazón de la piña original.	3.8 ± 0.3
5	Temperatura	°C	X		Temperatura del proceso de fermentación.	30
6	Tiempo	h		X	Tiempo de fermentación.	0
						12
						24
						36
						48
						60
						72
7	Carga microbiana inicial	UFC/mL	X		Microorganismos contenidos en el jugo del corazón de la piña.	0
8	Tamaño de partícula de la fibra	mm		X	Tamaño de partícula de la fibra separada del corazón de la piña.	<0.25
						0.25 – 0.50
						0.50 – 1.00
9	Temperatura de secado	° C		X	Temperatura de secado de la pulpa del corazón de la piña	30
						40
						50
10	Proporción de preservantes	-----		X	Proporción de ácido cítrico y ácido ascórbico	1
						2
						3

Tabla 2. Definición operacional y descripción de las variables dependientes

NO.	VARIABLE	DIMENSIONAL	DESCRIPCIÓN
1	Biomasa drenada	g/mL	Masa de los granos de tibicos drenados.
2	Biomasa seca	g/mL	Masa de los granos de tibicos secos.
3	Grados Brix	°Bx	Cantidad de sólidos solubles expresados como su equivalente en sacarosa disuelta.
4	Acidez activa	pH	Actividad de iones hidronio en el medio fermentado.
5	Acidez total titulable	g/mL	Acidez total titulable del medio fermentado expresada como su equivalente de ácido láctico.
6	Población total de bacterias ácido-lácticas	UFC/mL	Población total de bacterias ácido lácticas viables en el medio fermentado.
7	Población total de levaduras	UFC/mL	Población total de levaduras viables en el medio fermentado.
8	Unidades de coagulación de la leche	MCU	Capacidad de coagulación de la proteína de la leche por unidad de tiempo, por una cantidad de enzima proteolítica dada.
9	Escala hedónica	-----	Utilizada para evaluar la aceptación o rechazo de un producto determinado

7.5. Metodología de análisis de la información

La información fue recolectada y tabulada en formatos previamente establecidos, fue procesada a través de programas de cómputo, y finalmente se expresó a través de tablas y diagramas, para análisis gráfico y estadístico.

7.6. Recursos materiales disponibles

Es el conjunto de todos aquellos recursos tangibles y de consumo que fueron utilizados en el desarrollo de la investigación, tales como materias primas, reactivos, insumos, cristalería y equipo.

7.6.1. Materias primas

- Eje de la inflorescencia de la piña
- Granos de túbicos

7.6.2. Reactivos

- Agua desmineralizada para uso industrial, Agua Pura Salvavidas
- Alcohol isopropílico, grado industrial
- Fenolftaleína en polvo, Merck Millipore
- Ftalato ácido de potasio, Merck Millipore
- Hidróxido de sodio, lentejas, Merck Millipore
- Sílica gel con indicador de humedad, Merck Millipore
- Soluciones tampón de pH 4, 7 y 10
- Ácido cítrico, marca Quimiprova
- Ácido ascórbico, marca Quimiprova
- Bromelina comercial GNC (4,000 MCU).
- Leche Borden
- Alcohol etílico 95%
- Ortofosfato monosódico, marca Baker
- Ortofosfato disódico, marca Merck

7.6.3. Equipo de medición

Químico

- Potenciómetro portátil, Kit, Hanna Instruments

Másico

- Balanza analítica, WPS 750/C/1, RADWAG

Volumétrico

- Balón aforado – 100 mL
- Balón aforado – 1000 mL
- Bureta – 25 mL
- Picnómetro – 5 mL
- Pipeta volumétrica – 10 mL
- Probeta – 100 mL

Térmico

- Termómetro 0-400oC

7.6.4. Equipo auxiliar

Mecánico

- Extractor de jugo centrífugo,

Vidrio

- Beacker – 50 mL
- Beacker – 100 mL
- Beacker – 400 mL
- Beacker – 2 000 mL
- Desecadora
- Embudo de vidrio
- Erlenmeyer – 50 mL
- Erlenmeyer – 250 mL
- Erlenmeyer – 4 000 mL
- Vidrio de reloj

Metálico

- Espátula de laboratorio de acero inoxidable

Plástico

- Agitador magnético
- Colador
- Piseta – 500 mL
- Propipeta – 25 mL
- Hielera 45.4 L, Rubbermaid

Térmico - Eléctrico

- Horno de convección forzada, *Ovens*, PremLab
- Plancha de calentamiento, *Fisher Scientific*, 11-100-49SH
- Refrigerador, FR147RV, Daewoo
- Secador de Bandejas marca Daewoo

Consumibles

- Cinta para autoclave
- Gasa
- Guantes descartables de látex
- Hielo
- Mascarilla
- Papel Kraft
- Papel absorbente

7.7. Cronograma de ejecución del proyecto

Ver Anexo 1.

7.8. Análisis de puntos críticos que afectaron la ejecución de la propuesta de investigación Legislaciones, permisos, consultas, ciclos biológicos

- La provisión de la materia prima, específicamente el eje de la inflorescencia de la piña y cáscara dependieron del procesamiento industrial de la piña de la empresa Alimentos, los cuales modificaron el orden y tiempo de ejecución de objetivos.
- La ejecución financiera y los problemas financieros de la Universidad de San Carlos de Guatemala, afectaron la rápida adquisición de insumos y equipo de laboratorio lo que retardo la ejecución de algunos objetivos del proyecto.

7.9 Metodología de Ensayo (técnica cuantitativa)

7.9.1 Muestreo y ordenamiento de la información.

Se llevaron a cabo 16 muestreos a la planta de Alimentos Montesol S.A. empresa que se encargo de proporcionar la materia prima (desechos de cáscara y eje de inflorescencia) de su cadena de producción (enlatados de rodajas de piña). Los muestreos se llevaban a cabo día viernes o lunes de cada semana durante aproximadamente 6 meses.

Fotografía 1. Piña antes de procesar en la planta Montesol. S.A



Fuente: elaboración propia

Las muestras se tomaban directamente de la maquina que extraía los ejes de inflorescencia y de la máquina que elimina la cáscara de la piña, siguiendo todas las medidas de seguridad e higiene industrial de la Planta.

Fotografía 2. Proceso de separación del eje y cáscara



Fuente elaboración propia

Las mismas eran transportadas al laboratorio LAFIQ-FIUSAC en condiciones de de 3oC en hieleras. Y eran procesadas en el mismo instante extrayendo el jugo de las mismas evaluando adicionalmente la actividad enzimática en el jugo obtenido.

Fotografía 3. Transporte de la materia prima



Fuente: elaboración propia

7.9.2 Preparación de Inoculo

El inoculo consiste en una pequeña cantidad de granos de tísticos utilizados como fuente de los microorganismos que llevarán a cabo el proceso de fermentación .

Fotografía 4. Inóculos (tísticos)



Fuente: elaboración propia

7.9.3 Obtención de Tísticos

Los tísticos fueron proporcionados a través de la familia Catalán-Garrido residente en la Ciudad de Guatemala los cuales fueron cultivados y esterilizados por el equipo investigador.

Fotografía 5. Granos de Tísticos



Fuente: elaboración propia

7.9.4 Acondicionamiento de los tísticos

Para eliminar de los granos de tísticos las influencias resultantes de las diferentes condiciones de fermentación previas, estos fueron acondicionados asépticamente antes de cada proceso fermentativo de la siguiente manera:

- Recuperación de los granos de tísticos por tamizado.
- Lavados de los granos con agua potable (salvavidas) para su limpieza.
- Inoculación del medio de fermentación con los granos de tísticos, (8.75 g/125ml de jugo).
- Inicio del proceso fermentativo.

Fotografía 6. Inoculación del jugo



Fuente: elaboración propia

7.9.5 Preparación del sustrato

El sustrato es la sustancia en la cual se desarrollaron los microorganismos presentes en los granos de tísticos, a través de la fermentación de los nutrientes contenidos en el mismo.

7.9.6 Extracción del Jugo

La extracción del jugo se llevo a cabo mecánicamente utilizando un extractor de jugo doméstico, bajo condiciones asépticas. Se hace la extracción primero del jugo del eje y posteriormente el jugo de la cáscara. Se separa la fibra del desecho y se cuantifica todos los extractos obtenidos mediante volumen y peso.

Fotografía 7. Proceso mecánico de extracción



Fuente: elaboración propia

7.9.7 Filtración

Para evitar la inferencia de los sólidos en suspensión durante los análisis cuantitativos, el jugo obtenido fue filtrado directamente del extractor a través de un colador fino y colado por medio de un filtro de tela.

Fotografía 8. Proceso de Filtración del jugo



Fuente: elaboración propia

7.9.8 Esterilización

Para asegurar que el proceso fermentativo fuera desarrollado únicamente por los microorganismos presentes en los tópicos, todo el equipo fue lavado y esterilizado mediante autoclave. Proceso que se llevo a cabo en el laboratorio de Microbiología Sanitaria –ERIS- FIUSAC.

Fotografía 9. Cristalería Esterilizada por autoclave

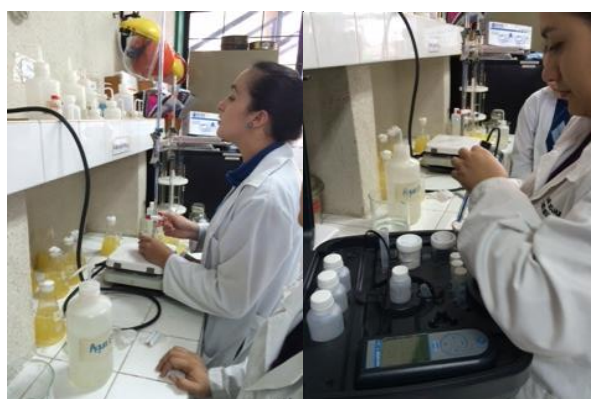


Fuente: elaboración propia

7.9.9 Análisis cuantitativos

Después de realizado el proceso de inoculación de acuerdo al diseño experimental, cada proceso fermentativo fue analizado en duplicado por cada muestreo realizado, excepto la acidez total titulable que se realizaba una sola vez por la variación de tiempo entre la muestra y su duplicado.

Fotografía 10. Realización análisis cuantitativos



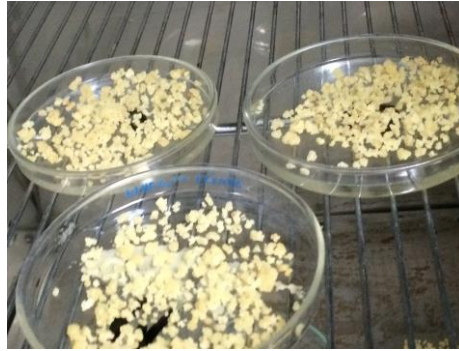
Fuente: elaboración propia

Los análisis se efectuaron en intervalos de 24 horas desde el tiempo cero hasta las 72 horas de fermentación. Los análisis que se llevaron a cabo fueron:

Peso de Drenado: Vertido de la biomasa retenida y drenada para cada inoculo.

Peso Seco. Peso de la biomasa después de un secado a 90oC por un periodo de 3 horas.

Fotografía 11. Peso seco túbicos drenados



Fuente: elaboración propia

Densidad Relativa: Relación peso.-volumen del jugo fermentado mediante uso del picnómetro.

Acidez total titulable y acidez activa. Determinación de una curva potenciométrica de la variación de la concentración de iones hidronio con relación a la adición de una solución 0.05 M de hidróxido de sodio.

Población total de Bacterias ácido-lácticas. Obtención de una muestra de 5 ml utilizando una jeringa estéril la cual se guardo y traslado al laboratorio de análisis microbiológicos para su análisis. Evaluándose población total de levaduras y bacterias ácido lácticas

Fotografía 12. Toma de muestras para análisis microbiológicos



Fuente: elaboración propia

7.9.10 Elaboración de curvas de secado.

Los ejes de inflorescencia se cortaban en rodajas de 3mm y una 1 pulg de espesor o con cortes longitudinales 6 cm de largo y 1 pulg de espesor los cuales fueron sometidas a tres tipos de temperatura y 3 diferentes concentraciones de preservantes y/o antioxidantes, hasta alcanzar una humedad del 10% medida con balanza de humedad.

Fotografía 13. Proceso de secado



Fuente: elaboración propia

7.9.11. Medición de la actividad enzimática

Para la realización de la medición de la actividad enzimática, se trabajó con bromelina en cápsulas marca GNC, utilizado como patrón o enzima estándar para realizar una curva de calibración, de cantidad de caseína precipitada contra actividad enzimática suministrada en el suplemento de la enzima estándar.

Fotografía 14. Determinación de la Actividad enzimática



Fuente: elaboración propia

**Universidad de San Carlos de Guatemala
 Dirección General de Investigación
 Coordinación de Programas**

Se procedió a tomar una muestra del producto deshidratado previamente triturado, diluyéndola en una cantidad de solución buffer de fosfatos (pH 7) y posteriormente se calienta a 40°. Se calienta la leche a 40°C de la misma manera y se mezcló tomando desde ese momento 1 minuto, filtrando y posteriormente poniendo en el horno a 100°C por 5 minutos, para determinar los gramos de caseína precipitada. Esto se realizó para todos los tratamientos de piña molida y tamizada en Tamiz Mesh No. 100

Fotografía 15. Proceso de molienda

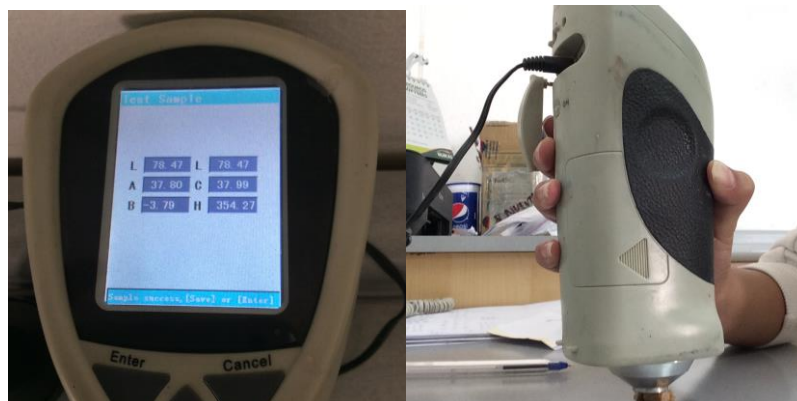


Fuente: elaboración propia

7.9.12. Medición del Color.

A las muestras deshidratadas de acuerdo al diseño experimental se solicitó a la empresa Pinturas SEGA, la colaboración para medir el color de las muestras deshidratadas utilizando el Colorímetro BGD 552

Fotografía 16. Equipo para medición de color



Fuente elaboración propia

Fotografía 17. Muestras deshidratadas para medición de color



Fuente elaboración propia

7.9.13. Realización de pruebas hedónicas.

Para poder comprobar el color, olor, sabor y textura, se diseñó una prueba hedónica de cinco puntos para las bebidas probióticas formuladas, las cuales fueron evaluadas por tres grupos de estudiantes del área de química (curso de escuela de vacaciones) FIUSAC.

Fotografía 18. Realización de las pruebas hedónicas



Fuente elaboración propia

8. RESULTADOS

8.1 Objetivos

8.1.1. Evaluar la actividad enzimática de la bromelina en el jugo de la cáscara y la fibra del eje de inflorescencia de la piña.

Dentro de las actividades del proyecto con base en el diseño de investigación planteado, se llevaron a cabo 16 muestreos obteniéndose los resultados siguientes:

Tabla 3. Resultados promedio de los residuos sólidos (eje de inflorescencia y cascara) de la piña (*Ananas comosus*)

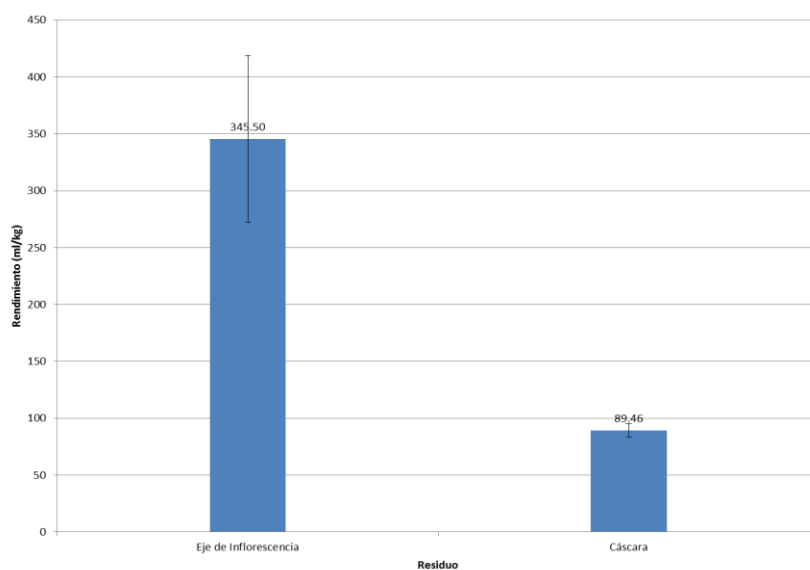
Residuo	Residuo (kg)	Jugo (mL)	Rendimiento (mL/kg)	pH	Sólidos Solubles Totales (°Bx)
Eje de Inflorescencia	13,08 ± 4,95	4231,25 ± 866,96	345,50 ± 73,31	4,61 ± 0,39	11,23 ± 0,31
Cáscara	9,90 ± 1.46	890,15 ± 175,35	89,46 ± 5,85	4,25 ± 0,31	9,44 ± 0,25
p	3,42E-02	1,29E-13	9,40E-13	1,17E-02	8,03E-16

No Existen diferencias significativas

Fuente: elaboración propia

En la siguiente figura se representan las rendimientos de los residuos sólidos tanto del eje de inflorescencia como de la cascara de la piña obtenidos en la extracción del jugo de la piña.

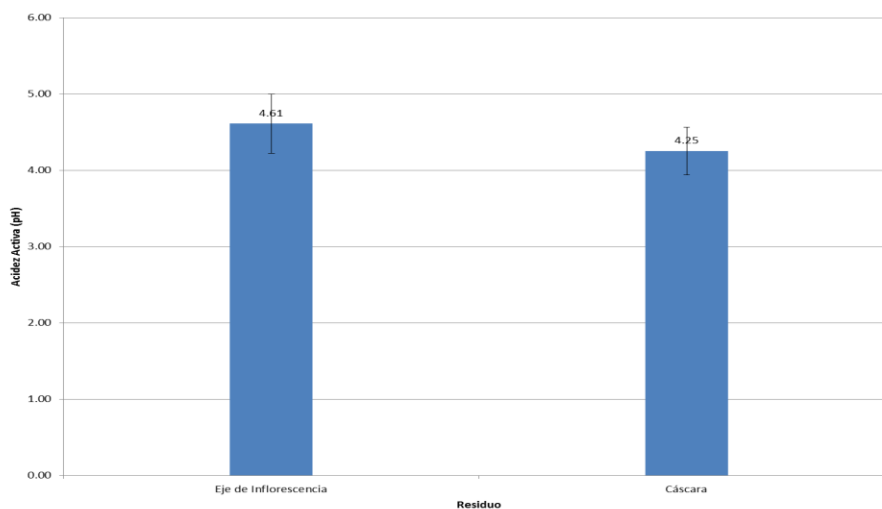
Figura 19. Rendimiento promedio de los residuos sólidos (eje de inflorescencia y cáscara) de la piña (*Ananas comosus*)



Fuente Tabla 3. Elaboración propia

En la siguiente figura se representa el acidez activa promedio de los residuos sólidos obtenidos en la extracción del jugo tanto del eje de inflorescencia como de la cascara de la piña.

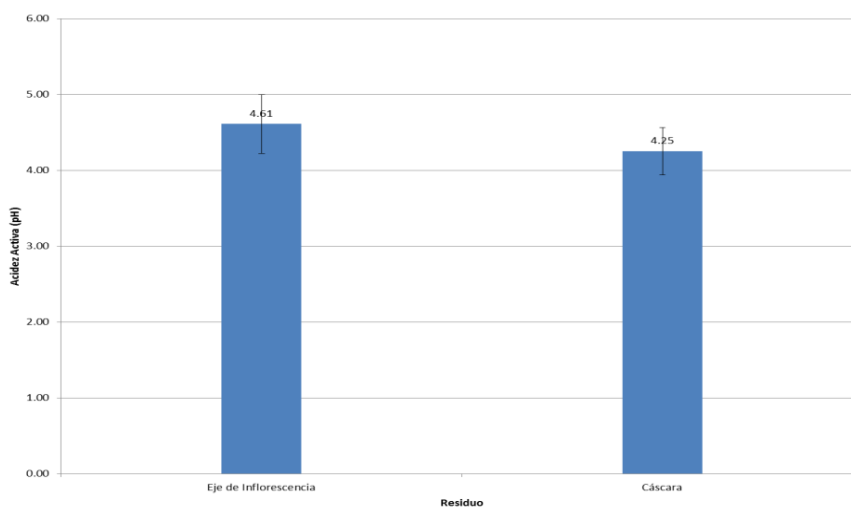
Figura 20. Acidez activa promedio de los residuos sólidos (eje de inflorescencia y cáscara) de la piña (*Ananas comosus*)



Fuente Tabla 3. Elaboración propia

En la siguiente figura se presentan los promedios de los sólidos solubles totales del eje de inflorescencia y la cascara de la piña, obtenidos de los muestreos realizados.

Figura 21. Sólidos solubles totales (°Brix) promedio de los residuos sólidos (eje de inflorescencia y cáscara) de la piña (*Ananas comosus*)



Fuente Tabla 3. Elaboración propia

Tabla 4. Resultados promedio de los análisis cuantitativos (eje de inflorescencia y cascara) de la piña (*Ananas comosus*)

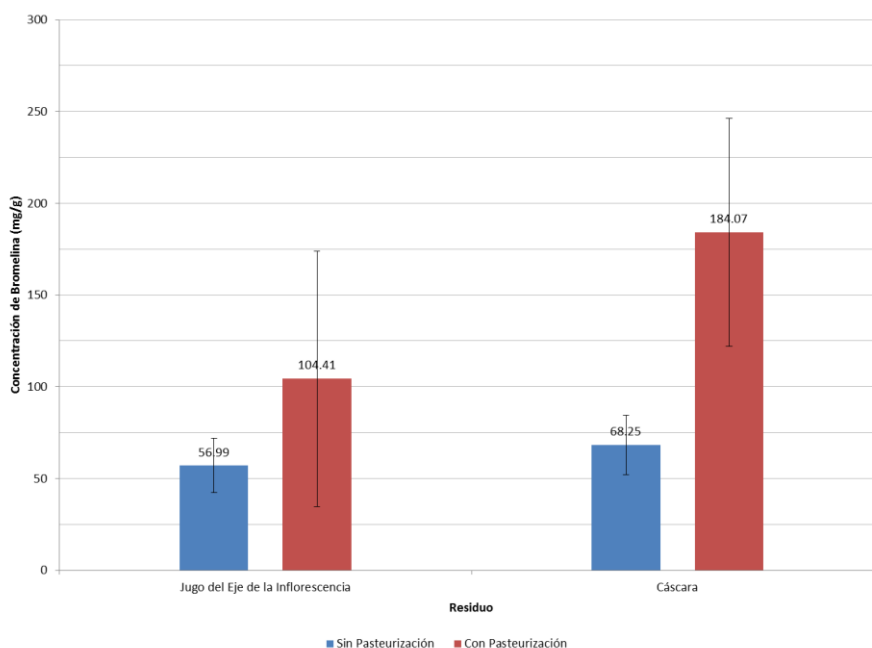
	Actividad Enzimática (GDU/g)			
	Jugo		Cáscara	
	Sin Pasteurización	Con Pasteurización	Sin Pasteurización	Con Pasteurización
	653,440 ± 169,048	1196,663 ± 797,400	782,408 ± 186,270	2109,314 ± 711,603
p	3,13E-01		3,54E-02	

No existen diferencias significativas

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se presenta la concentración de bromelina contenida en el eje de inflorescencia y en la cascara de la piña utilizadas.

Figura 22. Concentración de Bromelina en el Jugo del Eje de la Inflorescencia y en la Cáscara de la Piña.



Fuente : Tabla 4 Elaboración propia

8.1.2 Determinar el peso de drenado de los granos de tÍbicos con base a la dilución del jugo en el eje de inflorescencia

En la siguiente tabla y figuras se observan los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica de la influencia de los granos de tÍbicos en el jugo del eje de inflorescencia de la piña.

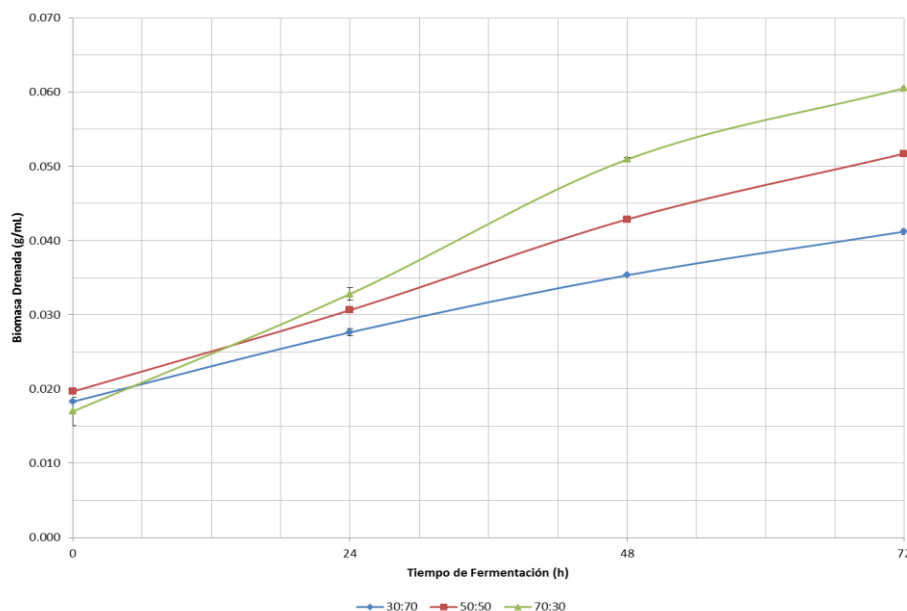
Tabla 5. Resultados promedio de la biomasa drenada y seca del eje de inflorescencia de la piña (*Ananas comosus*)

Dilución	Biomasa drenada (g/mL)			
	0 h	24 h	48 h	72 h
30:70	0,0183 ± 0,0019	0,0276 ± 0,0008	0,0353 ± 0,0003	0,0412 ± 0,0002
50:50	0,0197 ± 0,0002	0,0306 ± 0,0002	0,0429 ± 0,0003	0,0517 ± 0,0002
70:30	0,0170 ± 0,0001	0,0328 ± 0,0005	0,0509 ± 0,0001	0,0605 ± 0,0004
p dilución	6,97E-22			
p tiempo	3,95E-33			

No existen diferencias significativas

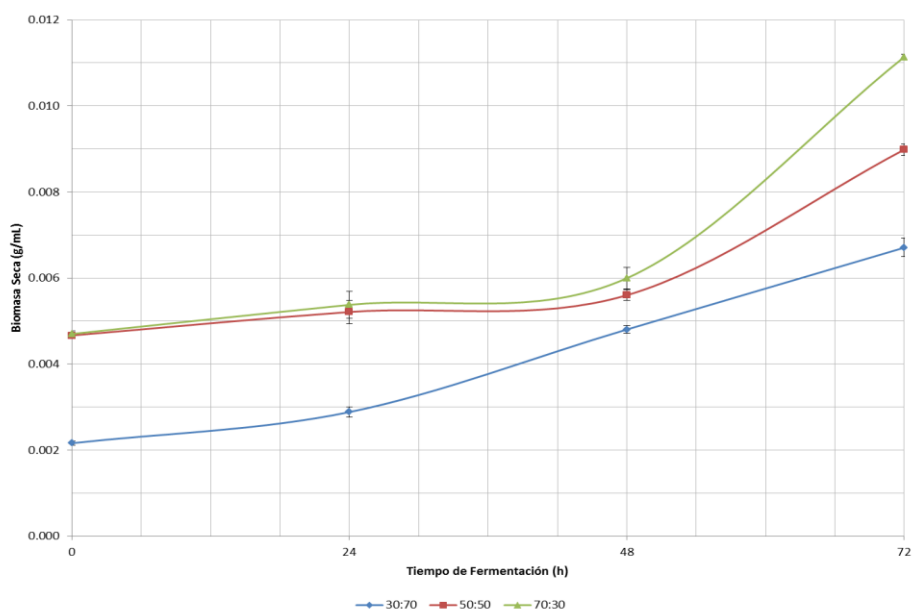
Fuente : Elaboración propia

Figura 23. Biomasa drenada con base en la proporción de dilución y en función del tiempo de fermentación



Fuente : Tabla 5. Elaboración propia

Figura 24. Biomasa seca con base en la proporción de dilución y en función del tiempo de fermentación.



Fuente : Tabla 5. Elaboración propia

8.1.3 Establecer los parámetros fisicoquímicos del jugo del eje de inflorescencia con base a la proporción, dilución y tiempo de fermentación.

En las siguiente Tabla se presentan los datos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos del eje de inflorescencia en función a la proporción, dilución (30:70, 50:50 y 70:30) y tiempo de fermentación.

Tabla 6. Resultados promedio para la acidez total titulable

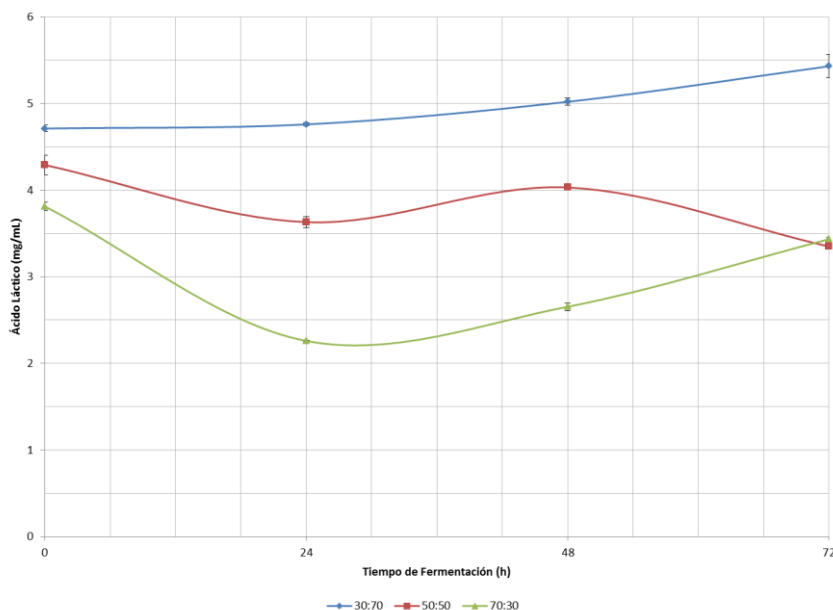
Dilución	Tiempo de Fermentación (h)			
	0	24	48	72
30:70	4,7120 ± 0,0363	4,7595 ± 0,0169	5,0207 ± 0,0409	5,4317 ± 0,1337
50/50	4,2909 ± 0,1155	3,6310 ± 0,0597	4,0311 ± 0,0277	3,3497 ± 0,0278
70/30	3,8131 ± 0,0484	2,2591 ± 0,0048	2,6538 ± 0,0436	3,4339 ± 0,0241
p dilución	6,020E-16			
p tiempo	8,342E-10			

No existen diferencias significativas

Fuente: elaboración propia

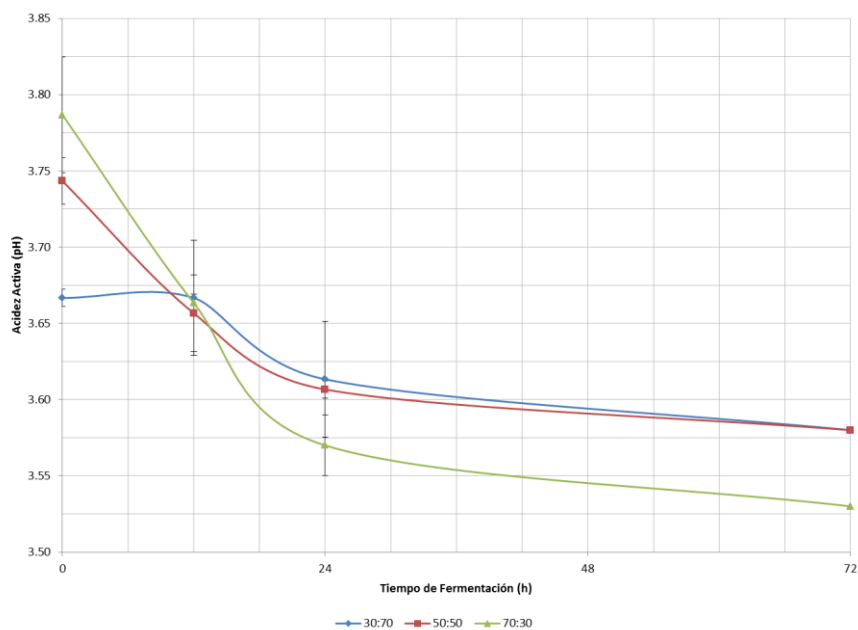
En las siguientes figuras se presentan las tendencias obtenidas en cada dilución de la acidez total titulable del medio fermentado en función del tiempo de fermentación.

Figura 25. Acidez total titulable del medio fermentado con base en la proporción de dilución y en función del tiempo de fermentación.



Fuente: Tabla 6 elaboración propia

Figura 26. Acidez activa del medio fermentado con base en la proporción de dilución y en función del tiempo de fermentación.



Fuente: Tabla 6. Elaboración propia

Tabla 7. Resultados obtenidos para la densidad relativa del medio fermentado

En la tabla siguiente se observan los resultados calculados de la densidad relativa en función del medio fermentado.

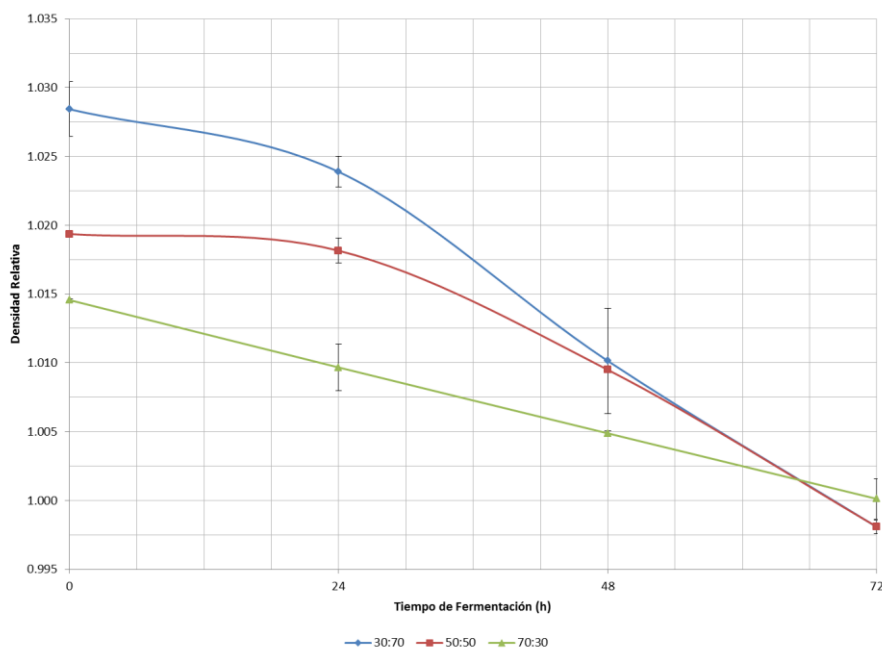
Dilución	Densidad Relativa Promedio			
	0 h	24 h	48 h	72 h
30:70	1,0284 ± 0,0020	1,0239 ± 0,0011	1,0101 ± 0,0038	0,9981 ± 0,0005
50:50	1,0194 ± 0,0001	1,0181 ± 0,0009	1,0095 ± 0,0002	0,9981 ± 0,0002
70:30	1,0146 ± 0,0001	1,0097 ± 0,0017	1,0049 ± 0,0002	1,0001 ± 0,0015
p dilución	1,38E-11			
p tiempo	1,18E-20			

No existen diferencias significativas

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se representa cada tendencia con respecto a cada dilución utilizada la densidad relativa del medio fermentado en función del tiempo de fermentación

Figura 27. Densidad relativa del medio fermentado con base en la proporción de dilución y en función del tiempo de fermentación.



Fuente: Tabla 7. Elaboración propia

Tabla 8. Resultados promedio para los sólidos solubles totales del medio fermentado

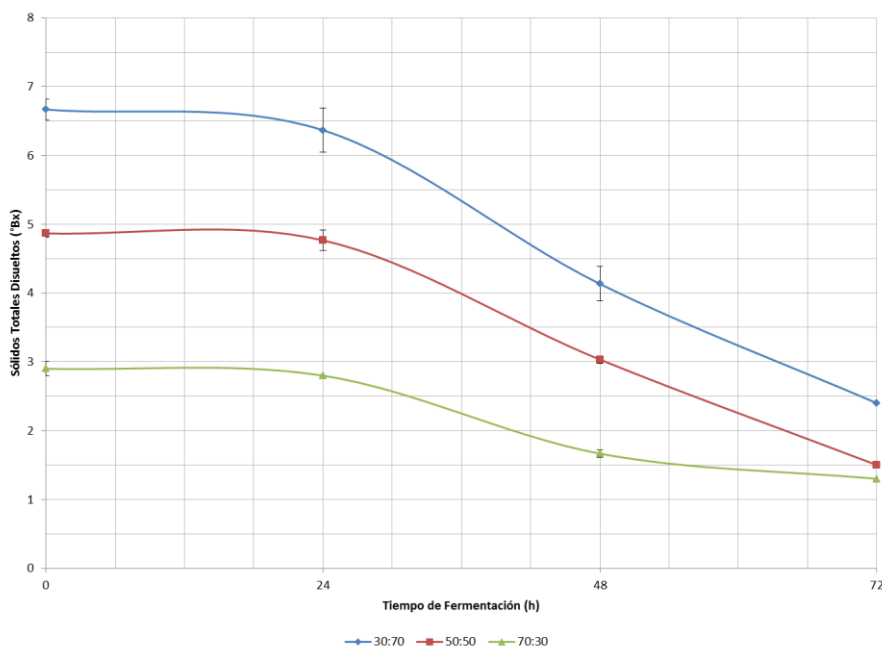
Dilución	Sólidos Solubles Totales Promedio (°Bx)			
	0 h	24 h	48 h	72 h
30:70	6,67 ± 0,15	6,37 ± 0,32	4,13 ± 0,25	2,40 ± 0,00
50:50	4,87 ± 0,06	4,77 ± 0,15	3,03 ± 0,06	1,50 ± 0,00
70:30	2,90 ± 0,10	2,80 ± 0,00	1,67 ± 0,06	1,30 ± 0,00
p dilución	1,54E-24			
p tiempo	2,64E-25			

No existen diferencias significativas

Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente figura se representan las tendencias obtenidas de cada disolución con respecto a los sólidos totales solubles del medio fermentado en función del tiempo de fermentación.

Figura 28. Sólidos totales solubles del medio fermentado con base en la proporción de dilución y en función del tiempo de fermentación.



Fuente: Tabla 8 elaboración propia

8.1.4 Determinar los parámetros microbiológicos del jugo del eje de inflorescencia con base a la proporción, dilución y tiempo de fermentación.

En la siguiente tabla se presentan los datos obtenidos del recuento de bacterias ácido lácticas del jugo del eje de inflorescencia con base a la proporción, dilución y tiempo de fermentación.

Tabla 9. Resultados promedio para el recuento de bacterias ácido-lácticas del medio fermentado

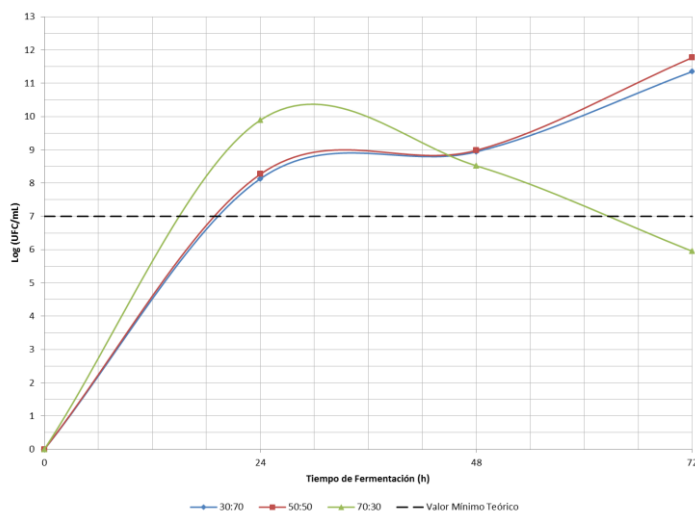
Dilución	Log10 Población de BAL		
	24 h	48 h	72 h
30:70	8,1303	8,9395	11,3512
50:50	8,2672	8,9823	11,7709
70:30	9,8921	8,5192	5,9494
p dilución	1,30E-02		
p tiempo	1,65E-04		

No existen diferencias significativas

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se presentan las tendencias obtenidas de cada dilución con respecto a la población total de bacterias ácido-lácticas viables en el medio fermentado en función del tiempo de fermentación.

Figura 29. Población total de bacterias ácido-lácticas viables en el medio fermentado con base en la proporción de dilución y en función del tiempo de fermentación.



Fuente Tabla 9 elaboración propia

En la siguiente tabla se presentan los datos obtenidos del recuento de levaduras del jugo del eje de inflorescencia con base a la proporción, dilución y tiempo de fermentación

Tabla 10. Resultados promedio para el recuento de levaduras del medio fermentado

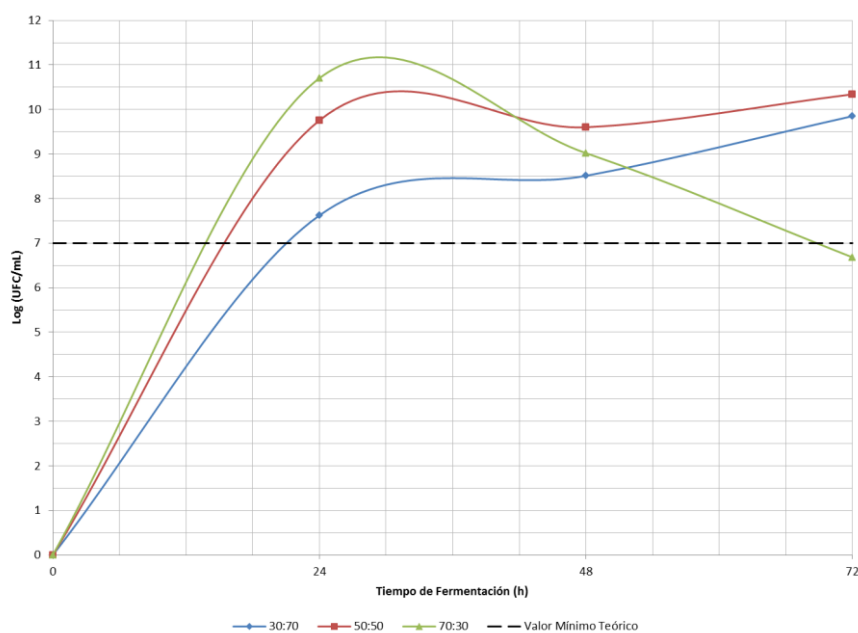
Dilución	Log10 Población de Levaduras		
	24 h	48 h	72 h
30:70	7,6232	8,5119	9,8513
50:50	9,7559	9,6021	10,3424
70:30	10,7033	9,0191	6,6812
p dilución	1,92E-05		
p tiempo	2,65E-07		

No existen diferencias significativas

Fuente: elaboración propia

En la siguiente figura se presentan las tendencias obtenidas de cada dilución utilizada con respecto a la población total de levaduras viables en el medio fermentado en función del tiempo de fermentado.

Figura 30. Población total levaduras viables en el medio fermentado con base en la proporción de dilución y en función del tiempo de fermentación.



Fuente Tabla 10 elaboración propia

8.1.5 Evaluar propiedades organolépticas del jugo del eje de inflorescencia de piña fermentada con base al contenido de fibra insoluble, en función del tamaño de partícula y tiempo de fermentación

Las siguientes tablas (11,12) muestran los resultados obtenidos en las pruebas organolépticas a las bebidas probióticas elaboradas con base al contenido de fibra insoluble, tamaño de partículas y tiempo de fermentación,

Tabla 11. Resultados de la prueba Hedónica de 5 puntos para la evaluación sensorial de la bebida probiótica con 24 horas de fermentación Bebida No. 1

CODIGO BEBIDA	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA	Promedio
BEBIDA 1	4.29 ± 0.49	4.43 ± 0.53	4.43 ± 0.53	3.86 ± 0.38	4.25 ± 0.52
BEBIDA 2	4.29 ± 0.76	4.14 ± 0.38	4.43 ± 0.53	4.00 ± 0.00	4.21 ± 0.50
BEBIDA 3	4.83 ± 0.41	5.00 ± 0.00	4.67 ± 0.52	4.17 ± 0.98	4.67 ± 0.64
BEBIDA 4	4.33 ± 0.52	4.00 ± 0.63	3.83 ± 1.17	4.17 ± 0.75	4.08 ± 0.78

Fuente: Elaboración propia

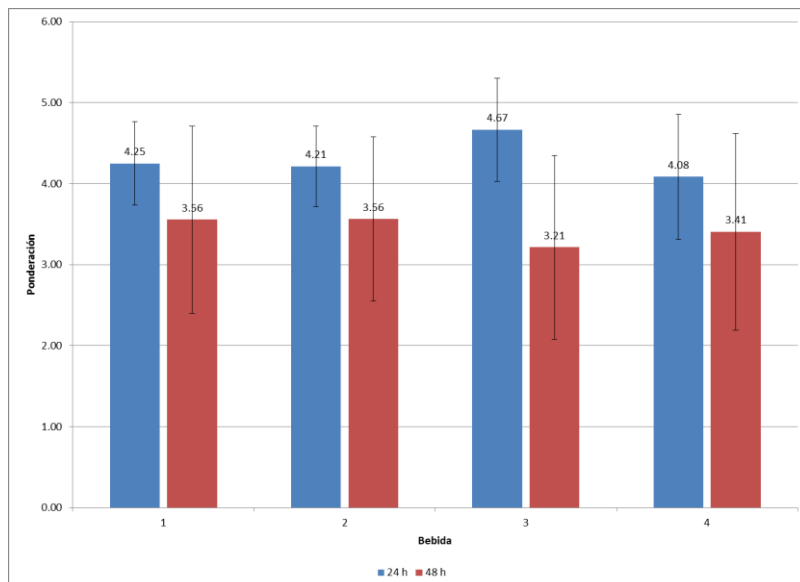
Tabla 12. Resultados de la prueba Hedónica de 5 puntos para la evaluación sensorial de la bebida probiótica con 48 horas de fermentación Bebida No. 2

CODIGO BEBIDA	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA	PROMEDIO
BEBIDA 1	4.22 ± 0.44	3.33 ± 1.12	3.11 ± 1.36	3.56 ± 1.33	3.56 ± 1.16
BEBIDA 2	3.88 ± 0.35	3.63 ± 1.06	3.25 ± 1.16	3.50 ± 1.31	3.56 ± 1.01
BEBIDA 3	3.43 ± 1.13	2.86 ± 0.90	3.14 ± 1.21	3.43 ± 1.40	3.21 ± 1.13
BEBIDA 4	3.75 ± 0.71	3.13 ± 1.13	3.75 ± 1.39	3.00 ± 1.51	3.41 ± 1.21

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente figura se presentan los resultados de las pruebas organolépticas realizadas para la bebida prebiótica fermentada de 24 a 48 horas.

Figura 31. Estudio Organoléptico del Jugo del Eje de la Inflorescencia de la Piña Fermentado Durante 24 y 48 Horas



Fuente Tablas 11-12. Elaboración propia

8.1.6 Calcular la actividad enzimática proteolítica con base a la temperatura de secado y a la función del tipo de preservantes.

En la siguiente tabla se observa los datos que se utilizaron para la elaboración de la curva de actividad enzimática.

Tabla 13. Datos para la elaboración de la curva de actividad enzimática.

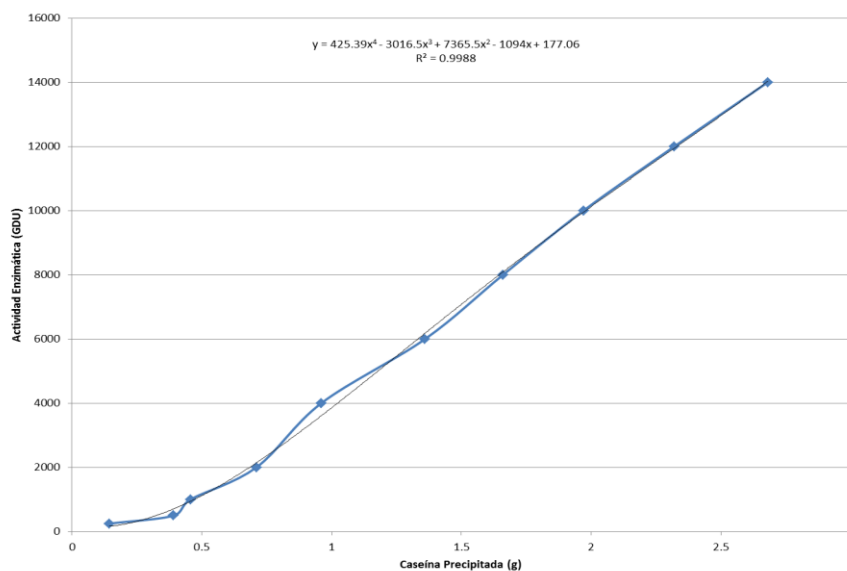
No.	Pastilla (g)	Actividad Enzimática (GDU)	Bromelina (mg)	Caseína precipitada (g)
1	0,0625	250	21,8	0,145
2	0,125	500	43,63	0,391
3	0,25	1000	87,26	0,456
4	0,5	2000	174,53	0,71
5	1	4000	349,06	0,96
6	1,5	6000	523,59	1,36
7	2	8000	698,13	1,66
8	2,5	10000	872,66	1,97
9	3	12000	1047,19	2,32
10	3,5	14000	1222,32	2,68

Fuente. Elaboración propia

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas**

En la siguiente figura se presenta la curva de calibración de la actividad enzimática elaborada con enzima estándar

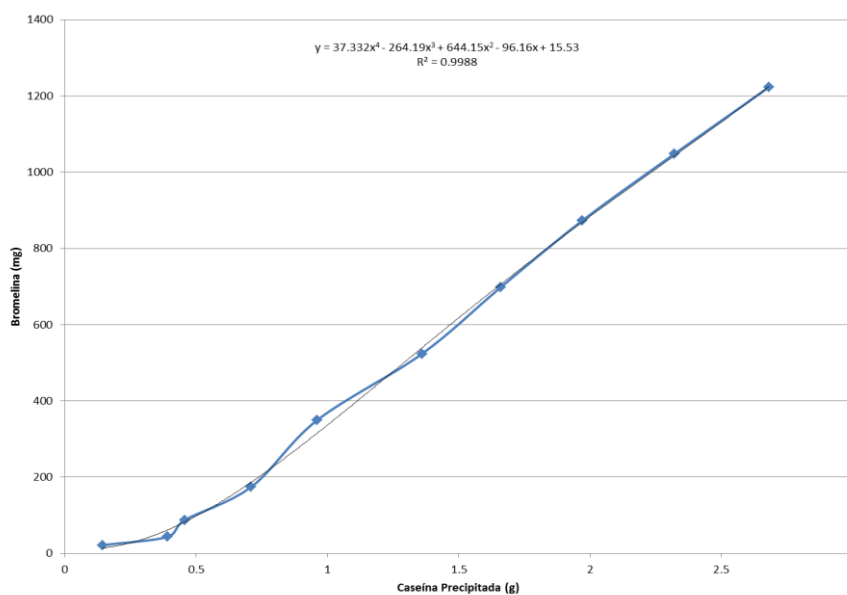
Figura 32. Curva de calibración de la actividad enzimática



Fuente: tabla 13. Elaboración propia

En la siguiente figura se presenta la curva de calibración de la bromelina obtenida elaborada con enzima estándar

Figura 33. Curva de calibración de la bromelina



Fuente: tabla 13. Elaboración propia

En la siguiente tabla se muestran los resultados de la actividad enzimática del eje de inflorescencia de la piña en función de la temperatura y el tipo de preservantes.

Tabla 14. Actividad Enzimática de los Residuos Sólidos con Base en la Temperatura de Secado y en Función del Preservante

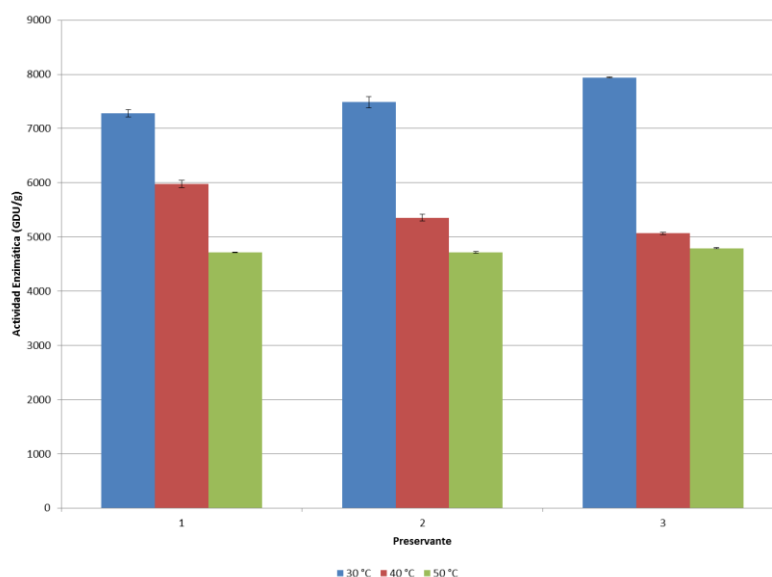
Temperatura (°C)	Preservante (%)	Actividad Enzimática (GDU/g)	
		Eje de la Inflorescencia	Cáscara
30	1	7282,92 ± 66,73	3483,56 ± 43,16
	2	7487,73 ± 105,59	3415,98 ± 96,50
	3	7939,85 ± 12,47	3671,79 ± 81,11
40	1	5976,52 ± 70,03	3605,59 ± 129,50
	2	5352,40 ± 62,47	3826,03 ± 6,28
	3	5068,77 ± 19,46	3962,57 ± 73,00
50	1	4719,20 ± 6,46	3744,54 ± 6,26
	2	4717,05 ± 16,25	3750,79 ± 6,26
	3	4792,42 ± 9,87	3688,34 ± 44,97
p Preservante		1,05E-04	2,80E-04
p Temperatura		1,09E-26	2,78E-07

No existen diferencias significativas

Fuente Elaboración propia

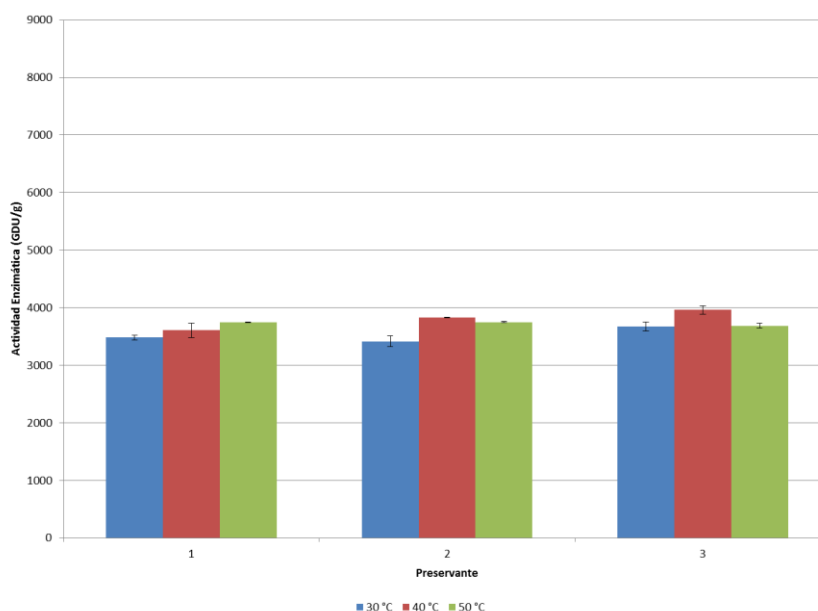
En la siguiente figura se presenta la actividad enzimática del eje de inflorescencia obtenida en el secado en función de los tres preservantes utilizados

Figura 34. Actividad Enzimática (GDU) del Eje de la Inflorescencia de la Piña con Base en la Temperatura de Secado y en Función del Preservante



Fuente: tabla 14. Elaboración propia

Figura 34. Actividad Enzimática (GDU) de la cáscara de la Piña con Base en la Temperatura de Secado y en Función del Preservante



Fuente: tabla 14. Elaboración propia

8.1.7 Determinar la coloración del eje de inflorescencia de la piña y cáscara desecada en función de la proporción de preservantes

En la siguiente tabla se presentan los datos calculados para la determinación del color del eje de inflorescencias de la piña deshidratadas en función de los preservantes utilizado.

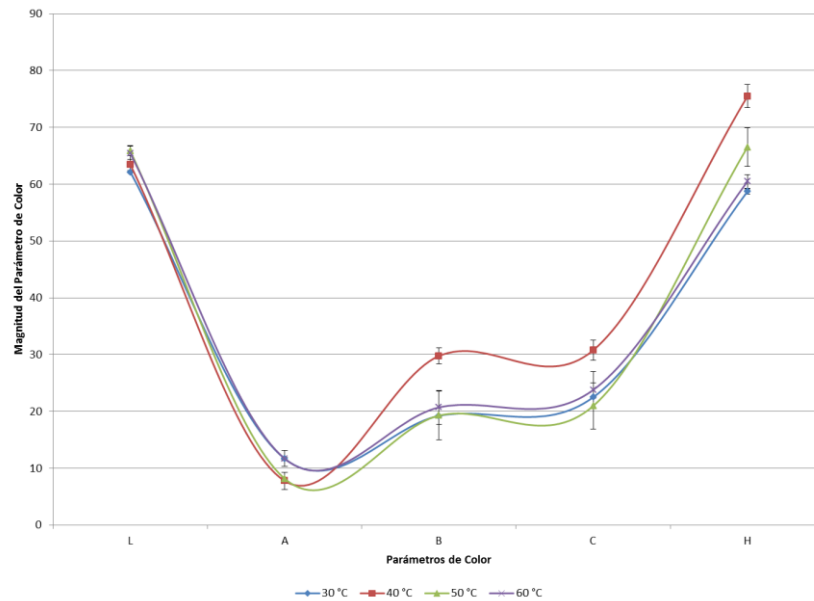
Tabla 15. Datos calculados para la determinación del color de los desechos sólidos de la piña deshidratada

Parámetro	Desecho	Temperatura (°C)			
		30	40	50	60
L	Eje de la Inflorescencia	62,13 ± 0,03	63,43 ± 1,00	65,82 ± 0,82	65,42 ± 1,34
	Cáscara	42,70 ± 0,35	46,83 ± 0,48	42,23 ± 0,47	52,59 ± 0,51
A	Eje de la Inflorescencia	11,67 ± 0,20	7,75 ± 1,51	8,15 ± 0,18	11,68 ± 1,43
	Cáscara	16,45 ± 0,98	15,94 ± 3,24	9,78 ± 0,20	13,41 ± 0,67
B	Eje de la Inflorescencia	19,21 ± 0,10	29,75 ± 1,42	19,26 ± 4,31	20,70 ± 2,98
	Cáscara	19,81 ± 0,27	31,07 ± 4,23	17,70 ± 0,34	24,79 ± 0,62
C	Eje de la Inflorescencia	22,48 ± 0,13	30,76 ± 1,74	20,95 ± 4,07	23,77 ± 3,27
	Cáscara	25,76 ± 0,72	34,94 ± 5,16	20,23 ± 0,27	28,19 ± 0,65
H	Eje de la Inflorescencia	58,72 ± 0,47	75,47 ± 2,04	66,52 ± 3,44	60,49 ± 1,20
	Cáscara	50,32 ± 1,59	63,00 ± 2,29	60,92 ± 0,85	61,60 ± 1,29
p L Desecho	6,29E-47	p B Desecho	1,22E-01	p H Desecho	7,00E-04
p L Temperatura	4,48E-23	p B Temperatura	1,17E-14	p H Temperatura	7,53E-04
p A Desecho	2,71E-12	p C Desecho	8,91E-04		
p A Temperatura	1,14E-09	p C Temperatura	9,69E-13		

Si existen diferencias significativas en la relación Temperatura de secado y coloración del producto deshidratado.

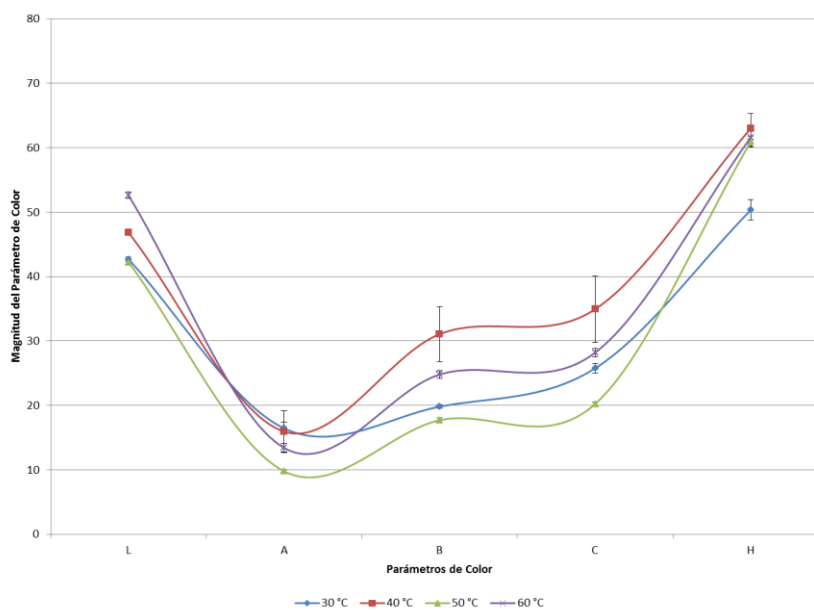
En la siguiente figura se presenta la coloración obtenido por el Método CIELab y CIECh del eje de inflorescencia con base a la temperatura de deshidratación.

Figura 35. Coloración del Eje de la Inflorescencia de la Piña, Según Método CIECh, con Base en la Temperatura de Deshidratación.



Fuente Tabla 15 elaboración propia

Figura 36. Coloración de la Cáscara de la Piña, Según Método CIECh, con Base en la Temperatura de Deshidratación.



Fuente: Tabla 15. Elaboración propia

8.1.8 Elaborar los diagramas de flujo de la cadena productiva de los desechos obtenidos de la piña

Los diagramas siguientes muestran los diferentes flujos y procedimientos para evaluar la cadena productiva de los desechos obtenidos de la piña.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL SISTEMA DE DESHIDRATADO PARA EVALUAR LA ACTIVIDAD PROTEOLÍTICA DE LA ENZIMA BROMELINA

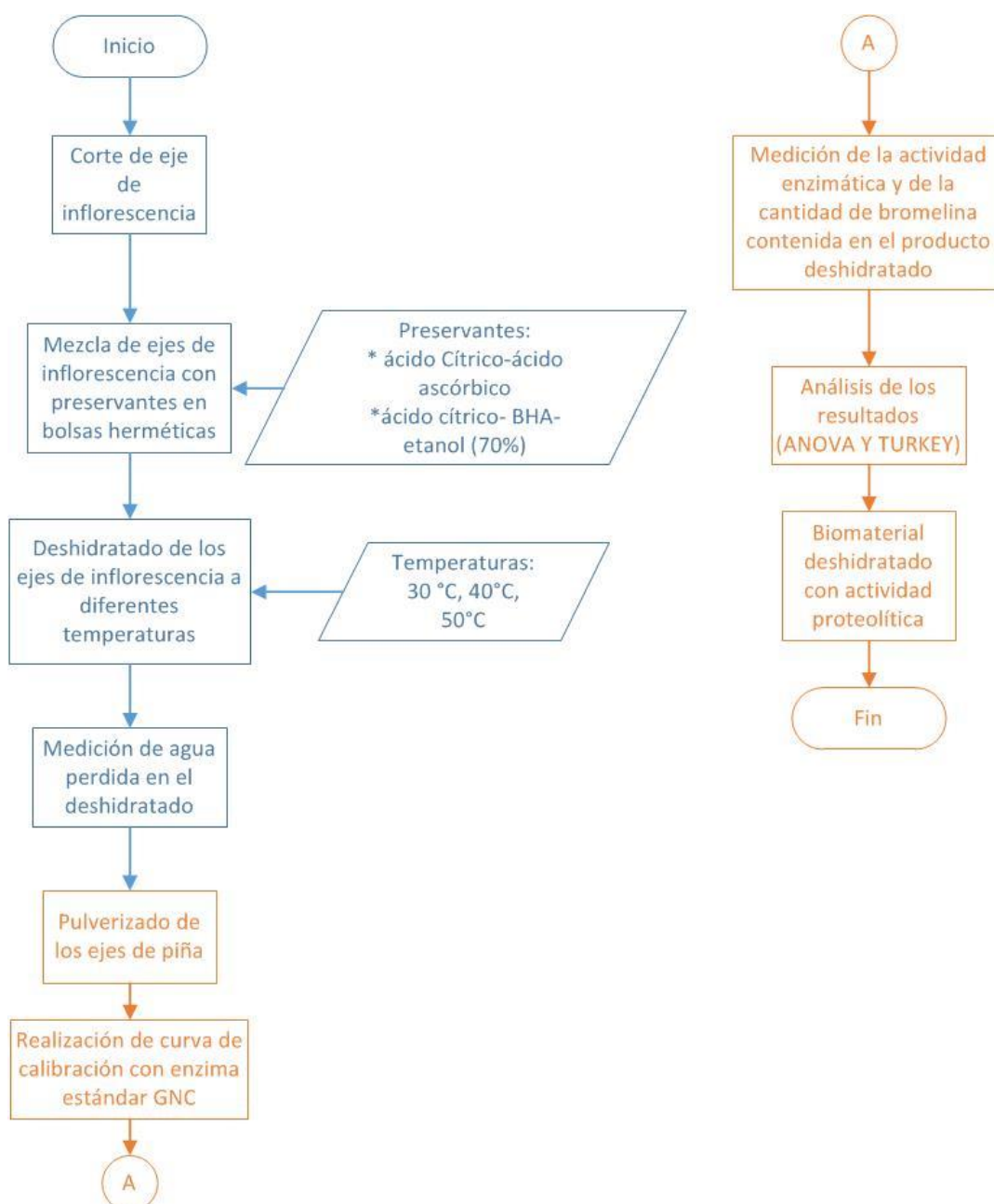


DIAGRAMA DE FLUJO PARA EVALUAR LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA DE LA ENZIMA BROMELINA OBTENIDA DE LAS DIFERENTES FRACCIONES, (EJES Y CASCARA)

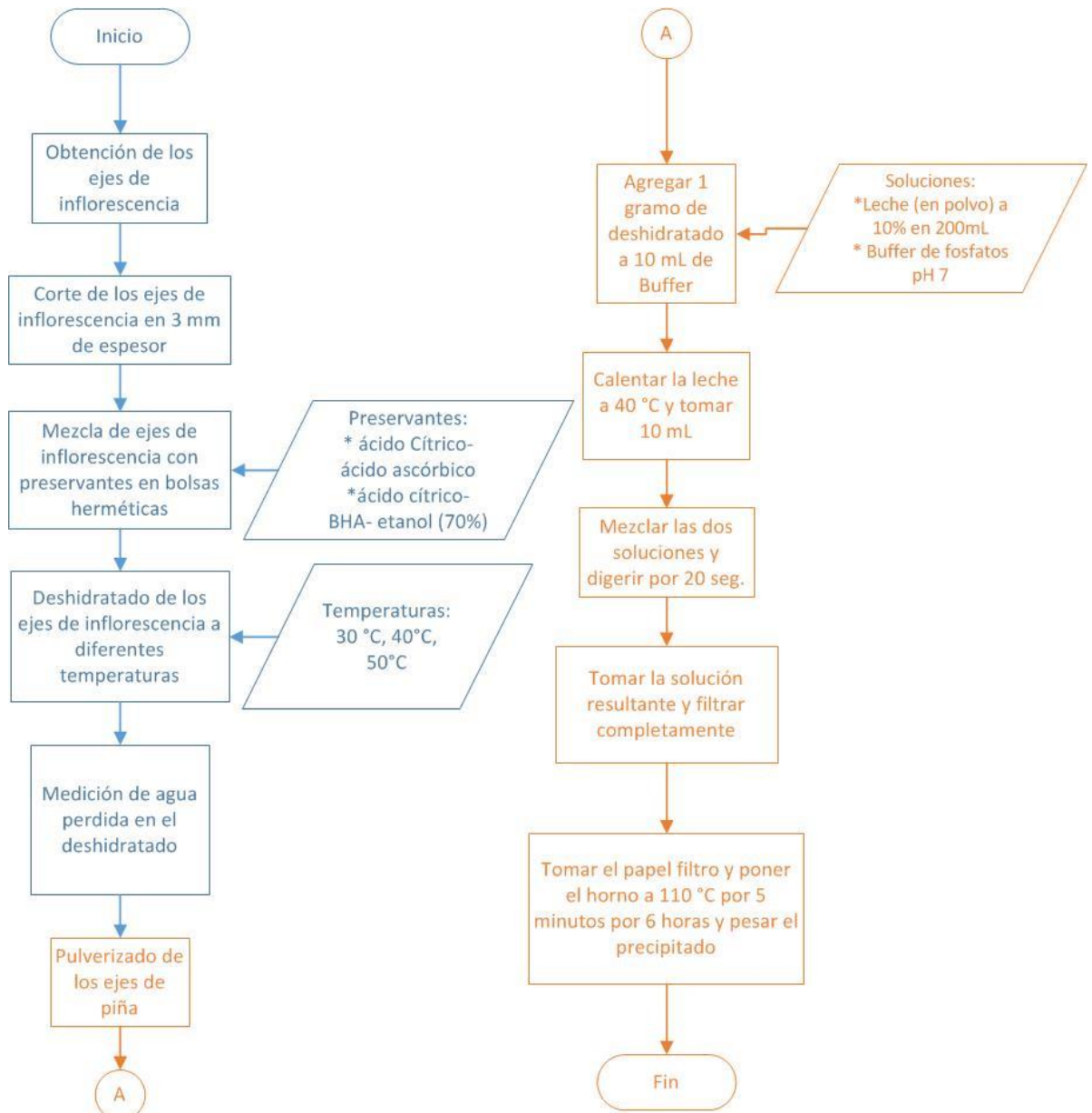


DIAGRAMA GENERAL DE LA POSIBLE CADENA PRODUCTIVA DE LOS DESECHOS SOLIDOS DE LA PIÑA EN EL PROCESO DE ENLATADO

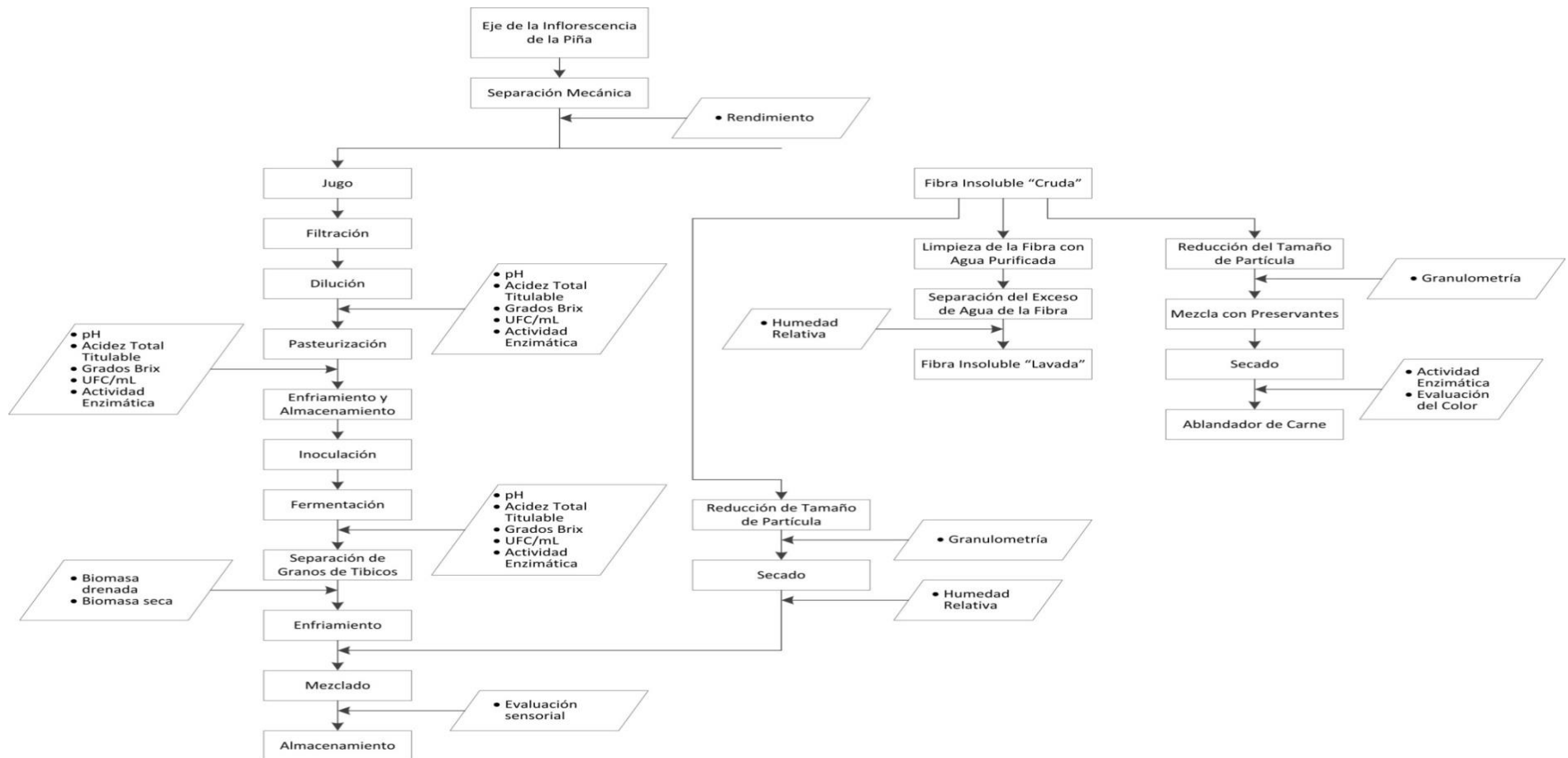
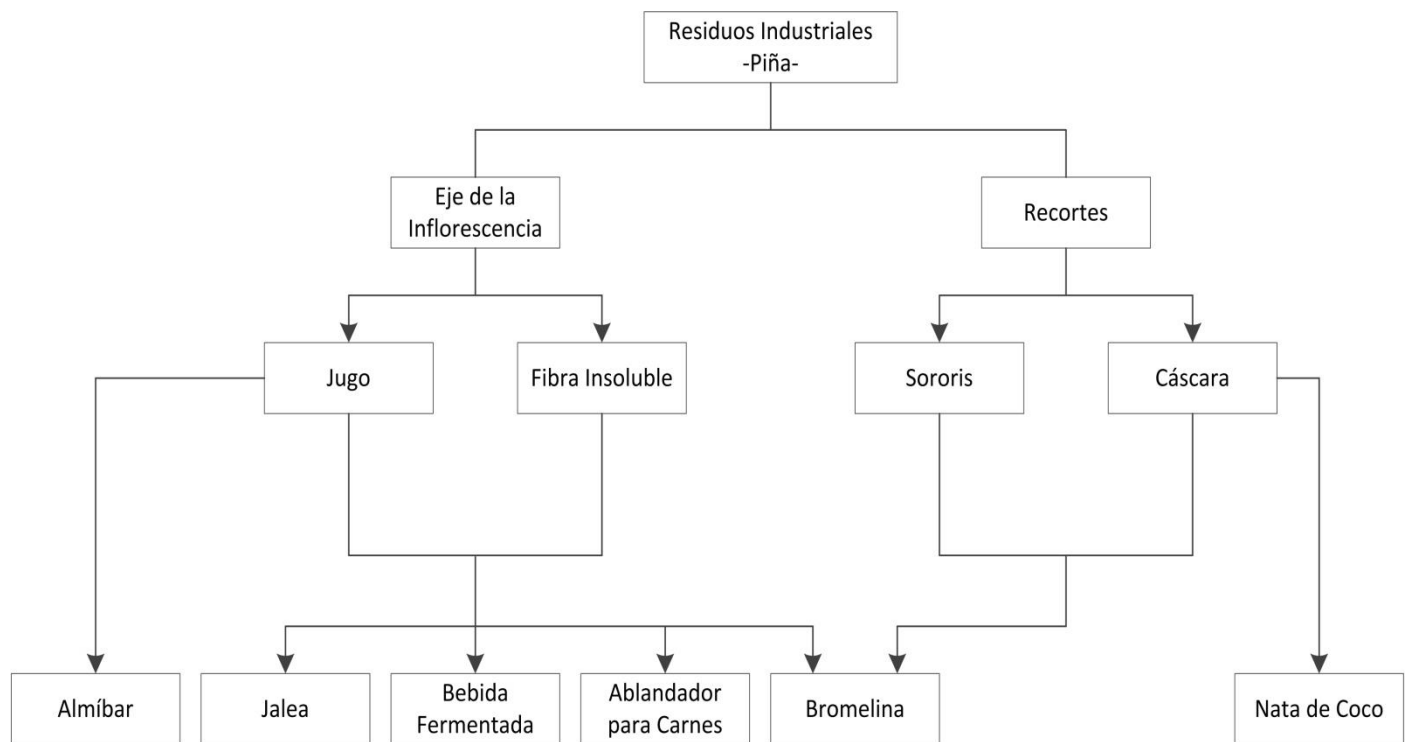


DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA POSIBLE CADENA PRODUCTIVA DE LA PIÑA



9. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con base en el objetivo 1, se evaluó la actividad enzimática del eje de la inflorescencia y de la cáscara de la piña, antes y después de ser sometidos ambos residuos al proceso de pasteurización, cuyos resultados fueron expresados a través de la figura 22 en Unidades de Digestión de Gelatina (*gelatin digesting units*) por miligramo.

Dicho diagrama, muestra que previo a la pasteurización la cáscara de la piña posee una mayor actividad enzimática que el jugo del eje de la inflorescencia, con valores de 782.41 GDU/mg y 653.44 GDU/mg, respectivamente; mientras que posterior a la pasteurización los valores fueron de 2109.31 GDU/mg y 1196.66 GDU/mg, respectivamente.

Estos valores indican que la cáscara contiene 19.75% más actividad enzimática que el jugo de la inflorescencia previo a la pasteurización, y 76.30% más actividad enzimática posterior a la pasteurización. Asimismo, se observa un aumento de la actividad enzimática posterior al tratamiento térmico, con incrementos de 83.20% para el eje de la inflorescencia y 169.71% para la cáscara, debido a la activación de las enzimas proteolíticas presentes en la fruta.

El objetivo 2 fue presentado gráficamente a través de la figura 23 en términos de concentración al relacionar la biomasa drenada con el volumen de sustrato utilizado durante la fermentación, representando a la biomasa real manipulada durante los procesos de fermentación, la cual contiene un elevado porcentaje de humedad debido a la estructura de los granos y debido a que el drenado fue realizado por gravedad.

Las curvas de la biomasa drenada exhiben un incremento aproximadamente constante en función del tiempo de fermentación, así como un comportamiento directamente proporcional a la concentración de jugo del eje de la inflorescencia en el sustrato, a excepción del sustrato elaborado en proporción de 70:30 que manifiesta un punto de inflexión a las 48 horas de fermentación.

Esto difiere con las curvas de la biomasa seca (figura 24) debido al incremento de humedad en los granos de tибicos, ya que conforme los granos aumentan en

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas**

sus dimensiones y cantidad, también aumenta la cantidad de agua retenida en la superficie, el interior, y en los espacios intersticiales de estos.

Debido a esto, fue necesario descartar la influencia de la humedad en los granos de tópicos para analizar correctamente el desarrollo de la biomasa durante la fermentación, a través de la figura (24) que muestra la concentración de la biomasa seca en función del tiempo de fermentación.

Al eliminar el agua libre de los granos de tópicos se observó un período de incremento reducido de la concentración de la biomasa seca, la cual tuvo una duración de 24 horas en el sustrato elaborado en proporción de 30:70, mientras que dicho período tuvo una duración de 48 horas en los sustratos elaborados en proporciones de 50:50 y 70:30.

Este período corresponde a la etapa de latencia según el modelo de desarrollo microbiológico, en la cual los microorganismos se adaptan al nuevo entorno.

Posterior a dicha fase, se mostró un incremento acelerado y constante de la concentración de la biomasa seca, correspondiente a la fase de crecimiento del desarrollo microbiológico, dando inicio a partir de las 24 horas de fermentación en el sustrato elaborado en proporción de 30:70, e iniciando a partir de las 48 horas en los sustratos elaborados en proporciones de 50:50 y 70:30.

Esta etapa posee una tasa de crecimiento constante debido a que los microorganismos se dividen y duplican su número a intervalos regulares, dando como resultado una población más uniforme y más sana.

Respecto al objetivo 3, se determinó la acidez activa, la acidez total titulable, la densidad relativa y los sólidos solubles totales del medio fermentado.

La acidez activa se expresó en función del tiempo de fermentación a través de la figura 25 en la cual se observa que el comportamiento inicial de la acidez fue directamente proporcional a la concentración del eje de la inflorescencia de la piña, con valores de pH 3.67, 3.74 y 3.79 para los sustratos elaborados en proporciones de 30:70, 50:50 y 70:30, respectivamente.

Asimismo, se observó un incremento en la acidez de los sustratos durante el período de fermentación, como respuesta a la excreción y acumulación de ácidos orgánicos en el medio, como consecuencia del metabolismo de la fuente

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas**

de carbono suministrada en exceso a los microorganismos. Dicho incremento de la acidez, tuvo valores finales de pH de 3.58 para los sustratos elaborados en proporción de 30:70 y 50:50, mientras que se obtuvo un pH final de 3.53 para el sustrato elaborado en proporción de 70:30.

Por otro lado, el sustrato elaborado en proporción de 30:70 exhibió el mismo valor de pH a las 0 y 24 horas de fermentación, posiblemente originado por la degradación proteolítica que puede resultar en la liberación de amonio en el medio, generando un incremento en la alcalinidad de la solución.

Como complemento, se determinó la acidez total titulable en función del tiempo de fermentación, pudiendo observarse a través de la figura 26, parámetro que expresa la cantidad total de ácidos contenidos en el medio. Sin embargo, debido a que este método no permite diferenciar entre las especies individuales presentes, el resultado fue expresado en términos de ácido láctico.

Los valores iniciales de la acidez total titulable exhiben un comportamiento directamente proporcional a la concentración de jugo del eje de la inflorescencia en el sustrato, con valores de 4.71, 4.29 y 3.81 mg/mL (miligramos de ácido láctico sobre mililitro de sustrato) para los sustratos elaborados en proporción de 30:70, 50:50 y 70:30, respectivamente.

Dichos valores coinciden con la acidez activa debido a que cuanto mayor sea la cantidad de ácidos, mayor será el nivel de acidez activa y menor será el valor del pH.

Por otro lado, a pesar que las curvas de la concentración de ácido láctico mantienen un comportamiento proporcional a la concentración de jugo del eje de la inflorescencia, las curvas de los sustratos elaborados en proporción de 50:50 y 70:30 presentan comportamientos que no se ven reflejados en el pH de los medios fermentados

La densidad relativa expresada en función del tiempo de fermentación a través de la figura 27, exhibió un comportamiento inversamente proporcional a la concentración del jugo del eje de la inflorescencia durante el período de fermentación, con valores iniciales de 1.0284, 1.0194 y 1.046 para los sustratos elaborados en proporción de 30:70, 50:50 y 70:30, respectivamente.

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas**

Al finalizar el período de fermentación, los sustratos obtienen la menor densidad con valores de 0.9981 para los sustratos elaborados en proporciones de 30:70 y 50:50, y un valor de 1.0001 para el sustrato elaborado en proporción de 70:30.

Dicho parámetro proporciona una aproximación a la cantidad de sacarosa o de nutrientes presentes en el sustrato, debido a que el uso de la densidad relativa para determinar la concentración de sacarosa es preciso únicamente para la sacarosa pura u otras soluciones compuestas de una sola sustancia. De igual forma, el resultado puede estar influenciado por el dióxido de carbono disuelto en el medio fermentado, como parte del metabolismo de los microorganismos.

Asimismo, los sólidos solubles totales se determinaron a través del método refractométrico, el cual es adecuado para soluciones con materia en suspensión y para soluciones ricas en azúcar, indicando la concentración de sacarosa disuelta en una solución acuosa con el mismo índice de refracción que el sustrato analizado. Debido a que la muestra contiene otras sustancias disueltas, el resultado puede resultar en una aproximación, sin embargo el resultado se considera como el contenido de sólidos solubles totales.

Este parámetro se expresó en función del tiempo de fermentación mediante la figura 28, exhibiendo un comportamiento inversamente proporcional a la concentración del jugo del eje de la inflorescencia durante las 72 horas de fermentación, con valores iniciales de 6.67, 4.87 y 2.90 grados Brix para los medios de fermentación elaborados en proporción de 30:70, 50:50 y 70:30, respectivamente.

Además, se observó una fase estacionaria durante las primeras 24 horas de fermentación, en la cual no existió aumento o descenso neto considerable de los sólidos solubles totales.

Posteriormente, los sustratos exhibieron una etapa de reducción constante de los grados Brix, la cual concluyó a las 48 horas de fermentación para el sustrato elaborado en proporción de 70:30, dando paso a una etapa final de estabilización de los sólidos solubles totales, indicando la finalización del proceso de fermentación al asumir que los principales nutrientes habían sido consumidos en su totalidad.

La pérdida de masa por unidad de volumen del sustrato y la reducción de los sólidos solubles totales en función del tiempo de fermentación es ocasionado

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas**

por el metabolismo de los microorganismos, al transformar los nutrientes del medio y transferir dicha masa hacia sus productos, subproductos, estructuras celulares, y la matriz de polisacáridos que conforma los granos de típicos.

El objetivo 4 fue expresado a través de las figuras 29 y 30, exhibiendo que las poblaciones viables de bacterias ácido-lácticas (BAL) y de levaduras superan el límite inferior teórico de 10^7 Unidades Formadoras de Colonias por mililitro a partir de las 24 horas de fermentación en todos los medios fermentados, y permanecen por encima del límite inferior teórico.

Sin embargo, el sustrato elaborado en proporción 70:30 presenta un descenso en la concentración de microorganismos a las 72 horas de fermentación, obteniendo un valor de 8.90×10^5 UFC/mL para las bacterias ácido lácticas y un valor de 4.80×10^6 para las levaduras.

Por otro lado, se observa que la concentración de bacterias ácido-lácticas es directamente proporcional a la concentración del jugo del eje de la inflorescencia en los sustratos elaborados en proporciones de 30:70 y 50:50, a partir de las 48 horas de fermentación; mientras que la concentración de levaduras es inversamente proporcional a la concentración del jugo del eje de la inflorescencia en los mismos sustratos, a partir de las 24 horas de fermentación.

El descenso de las poblaciones de bacterias ácido-lácticas y de levaduras a las 72 horas en el sustrato elaborado en proporción de 70:30, corresponde a la etapa de declinación en el modelo de desarrollo microbiológico, debido al agotamiento de los nutrientes esenciales, lo cual concuerda con el sustrato que posee la menor concentración de jugo del eje de la inflorescencia de la piña.

Respecto al objetivo 5, se realizó un análisis sensorial del jugo del eje de la inflorescencia de la piña fermentado con la participación de personas comprendidas entre 18 y 32 años de edad, expresado a través de la figura 31.

Los resultados obtenidos indican que la bebida número 3 con un contenido de fibra del 5% y fermentada durante 24 horas tuvo la mayor aceptación de los colaboradores, indicando “me agrada mucho”, mientras que la misma bebida fermentada durante 48 horas obtuvo la menor aceptación de los colaboradores indicando “no me disgusta, no me agrada”.

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas**

La poca aceptación de la misma bebida durante un período mayor de fermentación se debe a la elevada acidez percibida por los colaboradores.

Posteriormente se evaluó la actividad enzimática del eje de la inflorescencia de la piña es inversamente proporcional a la temperatura de secado, obteniendo la mayor actividad enzimática a 30 °C y con la mezcla de preservante de ácido cítrico/ácido ascórbico al 3%, con un valor de 7939.85 GDU/g. Se pudo observar que, no existe una variación significativa de la actividad enzimática respecto a la proporción de preservante durante el proceso de deshidratación a 50 °C.

Además, la actividad enzimática de la cáscara no muestra una proporción definida respecto a la temperatura de secado, obteniendo la mayor actividad enzimática durante el proceso de deshidratación a 40 °C y una mezcla de ácido cítrico/ácido ascórbico al 2%, con un valor de 3962.57 GDU/g.

Asimismo, en términos generales la actividad enzimática de la cáscara deshidratada es considerablemente menor a la actividad enzimática del eje de la inflorescencia deshidratado.

Adicionalmente, se evaluó la coloración del eje de la inflorescencia y de la cáscara de la piña desecada en función de la temperatura y tres concentraciones de preservantes, expresados gráficamente a través de las figuras 35 y 36 Finalmente, el objetivo 7 fue expresado gráficamente a través de las figuras 39 y 40, analizando el color de las muestras mediante el método CIElab y CIEch.

El eje de la inflorescencia de la piña deshidratado presenta magnitudes mayores de luminosidad y de coloración amarilla, mientras que la cáscara de la piña deshidratada presenta magnitudes mayores de saturación del color y de coloración roja.

Asimismo, la deshidratación del eje de la inflorescencia y de la cáscara a temperatura de 40 °C aporta la mayor luminosidad, coloración amarilla y saturación del color, siendo más atractivas a la vista.

10. ACTIVIDADES DE GESTIÓN, VINCULACIÓN Y DIVULGACIÓN

Entre las actividades de gestión que se realizaron en cuanto a la divulgación del objetivo y alcance del proyecto, fue la asistencia al programa radial “Radio Universidad” en el segmento Ciencia y Sociedad:

Fotografía 19. Invitación al programa Ciencia y Sociedad de RADIOUSAC



Dirección General de Investigación –DIGI–
Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC–



Invita a escuchar el programa ciencia y sociedad:
Transmitido por Radio Universidad 92.1 FM y www.radiousac.tk
Miércoles 23 de julio de 2014 , de 8:30 a 9:30 a.m.

LA CADENA PRODUCTIVA PARA EL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS DEL EJE DE LA INFLORESCENCIA DE LA PIÑA



Con la participación de:

Licda. Ingrid Lorena Benítez, coordinadora de la investigación
Inga. Marilyn Rojas, Investigadora
Edna Marina Dardón, auxiliar de investigación

Proyecto avalado por el Centro de Investigaciones de Ingeniería -CII- de la USAC.

Concedido por: **Inga. Liuba Cabrera y Lic. José David Marroquín**
Llámanos e interactúa con nosotros a los teléfonos 2207-9017/8

Fotografía 20. Participación del equipo de trabajo en RADIOUSAC



Se tuvo una entrevista de parte de la Unidad de Divulgación de la Dirección General de Investigación, a cerca de los avances del proyecto generando un boletín en la revista de DIGI.

Fotografía 21. Entrevista realizada al equipo de trabajo



Como parte de las actividades de la Dirección General de Investigación, se realizó la presentación de avances de los proyectos de investigación 2014.

Fotografía 22. Presentación de los avances del proyecto



Fotografía 23. En actividades de la Dirección General de Investigación



Con los resultados obtenidos, se pretende presentar un poster en la conferencia internacional de Gestión de Residuos en América Latina GRAL que se llevara a cabo en Queretaro México en 2017, en la línea “Aprovechamiento de Residuos Sólidos Municipales”.

11. CONCLUSIONES

- 11.1 La cáscara de la piña posee una mayor actividad enzimática que el jugo del eje de la inflorescencia previo a la pasteurización.
- 11.2 La concentración de la biomasa drenada es inversamente proporcional a la concentración de jugo del eje de la inflorescencia de la piña en el sustrato durante el proceso de fermentación.
- 11.3 El sustrato elaborado en proporción de 30:70 exhibe una fase de latencia mayor a las otras dos proporciones estudiadas.
- 11.4 La acidez total titulable es inversamente proporcional a la proporción de jugo del eje de la inflorescencia de la piña en el sustrato.
- 11.5 El mayor valor de acidez total titulable se obtuvo a las 72 horas de fermentación a partir del sustrato elaborado en proporción 30:70.
- 11.6 La acidez activa es inversamente proporcional a la concentración de jugo del eje de la inflorescencia de la piña en el sustrato, decreciendo en función del tiempo de fermentación.
- 11.7 A las 72 horas de fermentación, los diversos medios fermentados alcanzan los valores más bajos de pH. 30.
- 11.8 La densidad relativa es directamente proporcional a la proporción de jugo del eje de la inflorescencia de la piña en el sustrato.
- 11.9 Los sólidos solubles totales son directamente proporcionales a la concentración de jugo del eje de la inflorescencia de la piña en el sustrato, decreciendo en función del tiempo de fermentación.
- 11.10 Los sustratos fermentados pueden considerarse como bebidas probióticas a partir de las 24 horas de fermentación en función de la población total de bacterias ácido-lácticas.
- 11.11 Los sustratos fermentados pueden considerarse como bebidas probióticas a partir de las 24 horas de fermentación en función de la población total de levaduras.

- 11.12 La bebida número 3 fermentada durante 24 horas tuvo la mayor aceptación.
- 11.13 La actividad enzimática es mayor en el eje de la inflorescencia de la piña deshidratado.
- 11.14 La mayor actividad enzimática se obtuvo en el eje de la inflorescencia deshidratado a 30 °C
- 11.15 El eje de la inflorescencia de la piña deshidratado presenta magnitudes mayores de luminosidad y de coloración amarilla, mientras que la cáscara de la piña deshidratada presenta magnitudes mayores de saturación del color y de coloración roja.
- 11.16 La deshidratación del eje de la inflorescencia y de la cáscara a temperatura de 40 °C aporta la mayor luminosidad, coloración amarilla y saturación del color.

12. RECOMENDACIONES

- 12.1 Investigar más sobre el efecto de la maduración de la piña, respecto de la actividad enzimática, enfocándose en la clase de piña y qué tanta variabilidad se encontrará en la actividad enzimática entre una y otra clase.
- 12.2 Realizar el posible aprovechamiento de la bromelina, en el uso como sustituyentes de los cuajos de origen animal y su implicación o posible aplicación en ese campo.
- 12.3 Evaluar la purificación y conservación de los granos de túbicos para su transporte y comercialización
- 12.4 Evaluar la fermentación del jugo del eje de la inflorescencia de la piña mediante el uso de granos de túbicos en un proceso continuo.
- 12.5 Realizar una evaluación de color CIE-L*a*b utilizando BHT en combinación de BHA, para determinar si este antioxidante es más efectivo que la vitamina C en el color del producto deshidratado de la piña.

- 12.6 Evaluar otras aplicaciones industriales para la fibra separada del eje de la inflorescencia de la piña
- 12.7 Evaluar otras aplicaciones industriales para la fibra separada del eje de la inflorescencia de la piña

13. BIBLIOGRAFÍA

- AGRONET. (09 de Julio de 2013). *Aspectos generales de la piña*. Colombia:Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Disponible en: http://www.agronet.gov.co/www/docs_si2/Aspectos%20generales%20de%20la%20pina.pdf
- Alvarado Paiz, E. J. (Julio, 2012). *Evaluación de la actividad enzimática de la bromelina presente en el eje de la inflorescencia del fruto deshidratado de piña (Ananascomosus (L.) Merr)*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala.
- Baraona Cockrell, M. y Sancho Barrantes, E. (1998). *Piña y papaya, fruticultura especial 3*. San José, Costa Rica: Editorial de la Universidad Estatal a Distancia.
- Bartholomew, D. P., Paull, R. E., y Rohrbach, K. G. (Eds.). (2003). *The pineapple: botany, production and uses*. Reino Unido: CAB International.
- Catalán Garrido, J. E. (Julio, 2013). *Evaluación a nivel de laboratorio de la capacidad fermentativa de los granos de tибicos utilizando como sustrato único el jugo del eje de la inflorescencia de la piña (Ananas comous) para ser aprovechado como posible bebida probiótica*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, Guatemala.
- Dias Carlier, J., CoppensD'eeckenbrugge, G. y Leitao, J. M. (2007). Pineapple. En Kole, C. (Ed.), *Genome mapping and molecular breeding in plants: fruits and nuts*. (pp. 332-342). Alemania: Springer-Verlag.
- FAO. (09 de julio de 2013). *Producción acerca de: piña tropical*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>

**Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas**

Guido, M., Ruiz, R., Obando, M., Martínez, R. y Muñoz, C. (1983) *La piña*. Nicaragua: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.

Ketnawa, S., Chaiwut, P. y Rawdkuen, S. (2012, Julio). Pineapple wastes: a potential source from bromelain extraction. *Food and bioproducts processing*, 90 (3). Disponible en: <http://giftlogin.who.int/whalecomwww.sciencedirect.com/whalecom0/science/article/pii/S0960308511001143>

MAGA. (10 de julio de 2013). *El agro en cifras 2011*. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación: Dirección de Planeamiento. Disponible en: <http://www2.maga.gob.gt/portal.maga.gob.gt/portal/page/portal/2010/2012/PDFs/elagroencifras.pdf>

Rinzler, C. A. (2009). *The new complete book of food* (2a Ed.). Estados Unidos de Norteamérica: Infobase Publishing.

USDA National Nutrient Database for Standard Reference. (11 de julio de 2013). *Pineapple, raw, all varieties*. Estados Unidos de Norteamérica. Disponible en: <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods/show/2441?fg=&man=&facet=&count=&max=&sort=&qlookup=&offset=&format=Full&new=>

14. ORDEN DE PAGO

LISTADO DE TODOS LOS INTEGRANTES DEL EQUIPO DE INVESTIGACIÓN

No.	NOMBRE Y APELLIDOS	CARGO
1	Licda. Ingrid Lorena Benítez Pacheco	Coordinadora
2	Inga. Márylyn Caribel Rojas Maldonado	Investigadora 1
3	Ing. Jaime Ernesto Catalán	Investigador 2
4	Br. Edna Marina Dardon Juárez	Auxiliar de investigación 1

CONTRATADOS POR LA DIRECCIÓN GENERAL DE INVESTIGACIÓN

NOMBRE	CATEGORÍA	REGISTRO DE PERSONAL	PAGO SI NO
Licda. Ingrid Lorena Benítez Pacheco	Coordinador del Proyecto	14073	NO
NOMBRE	CATEGORÍA	REGISTRO DE PERSONAL	PAGO SI NO
Ing. Jaime Ernesto Catalán Garrido	Investigador	2014-0899	SI
Inga. Márylyn Caribel Rojas Maldonado	Investigador	2010-0631	SI
Br. Edna Marina Dardon Juárez	Auxiliar de Investigación I	2014-0555	SI

Licda. Ingrid Lorena Benítez Pacheco
Coordinadora del Proyecto

Vo. Bo. Inga. Liuba Cabrera Ovalle
Coordinadora PRUNIAN

Vo. Bo. Ing. Julio Rufino Salazar
Coordinador general de programas

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas

15. ANEXO

ANEXO 1: CRONOGRAMA

No.	OBJETIVOS	No.	ACTIVIDADES	RECURSOS	RESPONSABLES	PRODUCTOS (RESULTADOS)	MESES-2014											Muestras	Masa por muestra* (kg)		
							feb	mar	abr	may	Jun	Jul	ag	sep	oct	Nov					
1	Evaluar la actividad enzimática de la bromelina en el jugo y en la fibra del eje de la inflorescencia de la piña	1,1	Visita técnica y recolección de materia prima	Vehículo, Gasolina, hieleras	Coordinador, investigador 1, auxiliar1	Materia prima (eje de inflorescencia de la piña y granos de tibicos)														2	10
		1,2	Gestiones de adquisición de equipo	Internet, teléfono, enceres de oficina	Coordinador	Equipo, cristalería y reactivos solicitados															
		1,3	Separación mecánica de la fibra y del jugo	Extractor y cristalería variada	Investigador auxiliares 1,	Fibra y jugo del eje de inflorescencia															
		1,4	Evaluación de la actividad enzimática	Cristalería variada, baño de maría, reactivos varios	Coordinador Investigador auxiliar 1,	Actividad enzimática de la fibra insoluble															
2	Evaluar el peso drenado de los granos de tibicos, con base en la proporción de dilución del jugo del eje de la inflorescencia de la piña y en función del tiempo de fermentación	2,1	Esterilización*	Autoclave, cristalería variada y papel kraft*	Coordinador, investigador auxiliar 1 y	Sustrato estéril*													2	20	
		2,2	Fermentación*	Baño de maría, termómetro y cristalería variada*	Investigador auxiliar 1 y	Sustrato fermentado*															
		2,3	Drenado	Cristalería variada	Investigador auxiliar 1 y	Biomasa drenada															
		2,4	Pesado	Balanza de precisión	Investigador auxiliar 1 y	Biomasa drenada cuantificada															
3	Evaluar los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos del jugo del eje de la inflorescencia de la piña, con base en la proporción de dilución y en función del tiempo de fermentación	3,1	Medición de pH	Cristalería y reactivos varios	Investigador auxiliar 1 y	Acidez activa													3	20	
		3,2	Medición de Acidez titulable	Potenciometro, bureta automática	Coordinador Investigador auxiliar 1 y	Acidez titulable															
		3,3	Medición de grados Brix	Brixómetro	Coordinador, investigador y auxiliar	Contenido de sólidos solubles															
		3,4	Análisis microbiológico (externo)	Vehículo, gasolina, jeringas, termómetro, hieleras y los análisis microbiológicos de laboratorio (externos)	Coordinador, investigador 1	Cuantificación de población de levaduras y bacterias ácido-lácticas															

**Universidad de San Carlos de Guatemala
 Dirección General de Investigación
 Coordinación de Programas**

ANEXO 2: TABLAS DE RESULTADOS OBJETIVO 1: EVALUAR LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA EN EL JUGO DE LA CASCARA Y LA FIBRA DEL EJE DE INFLORESCENCIA DE LA PIÑA

Tratamiento	Muestra	Caseína Precipitada (g)	Actividad Enzimática (GDU/g)	Actividad Enzimática (GDU/g)	Desv. Estándar (GDU/g)	Bromelina (mg/g)	Bromelina (mg/g)	Desv. Estándar (mg/g)
Sin Pasteurización	Jugo	0.374	648.680	653.440	169.048	56.577	56.993	14.752
		0.320	486.823			42.454		
		0.425	824.818			71.949		
	Cáscara	0.470	997.495	782.408	186.270	87.020	68.248	16.257
		0.382	674.865			58.862		
		0.382	674.865			58.862		
Con Pasteurización	Jugo	0.308	454.521	1196.663	797.400	39.636	104.410	69.600
		0.494	1095.754			95.597		
		0.691	2039.714			177.997		
	Cáscara	0.590	1527.551	2109.314	711.603	133.289	184.072	62.117
		0.844	2902.733			253.331		
		0.664	1897.659			165.597		

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Jugo Sin Pasteurizar	3	1960.321022	653.440341	28577.2182
Jugo Pasteurizado	3	3589.988732	1196.66291	635846.5679

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	442636.141	1	442636.141	1.332391013	0.312649137	7.708647422
Dentro de los grupos	1328847.57	4	332211.893			
Total	1771483.71	5				

RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Cáscara Sin Pasteurizar	3	2347.224014	782.408005	34696.66499
Cáscara Pasteurizado	3	6327.94285	2109.31428	506379.5126

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2641020.41	1	2641020.41	9.762101964	0.035374706	7.708647422
Dentro de los grupos	1082152.36	4	270538.089			
Total	3723172.76	5				

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas

CASCARA

Muestreo	Residuo (kg)	Jugo (mL)	mL/kg	pH	Sólidos Solubles Totales (*Bx)	Fibra (kg)	desecho final (g)
1	10.0	860	86.00	4.00	9.3	5.3	90
2	8.4	745	88.69	3.70	9.1	4.8	79
3	7.8	672	86.15	4.20	9.5	5	67
4	11.2	915	81.70	4.40	9.3	5.9	97
5	10.2	875	85.78	3.90	9.1	5.1	89
6	7.6	650	85.53	4.20	9.4	5.1	73
7	9.3	815	87.63	3.90	10.0	6	93
8	11.9	1150	96.64	4.60	9.6	8	105
9	10.4	900	86.54	4.50	9.5	5.7	92
10	9.5	865	91.05	4.60	9.4	5.1	96
11	12.0	1235	102.92	4.70	9.8	7	119
12	11.3	1090	96.46	4.40	9.4	6.7	109
13	9.1	800	87.91	4.20	9.3	4.1	94
14	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
15	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
16	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
Promedio	9.90	890.15	89.46	4.25	9.44	5.68	92.54
Desv. Estándar	1.46	175.35	5.85	0.31	0.25	1.05	14.13

EJE INFLORESCENCIA

Muestreo	Residuo (kg)	Jugo (mL)	mL/kg	pH	Sólidos Solubles Totales (*Bx)	Fibra (kg)	desecho final (g)
1	9.0	3200	355.56	4.30	11.1	1.10	65
2	9.4	3800	404.26	4.70	11.3	1.20	67
3	12.0	4400	366.67	4.90	11.6	1.50	104
4	15.0	4600	306.67	4.10	10.8	1.60	115
5	18.9	5600	296.30	4.00	11.3	2.50	145
6	9.3	3800	408.60	4.40	11.5	1.40	59
7	8.5	4300	505.88	5.10	11.4	0.96	50
8	15.2	5100	335.53	4.60	10.8	1.70	134
9	7.3	2800	383.56	4.80	11.3	0.74	56
10	6.9	2500	362.32	5.20	11.6	0.67	45
11	9.5	4100	431.58	4.10	11.4	1.10	75
12	12.9	4400	341.09	4.60	10.5	1.70	115
13	14.1	4200	297.87	4.90	11.3	1.60	135
14	18.6	4900	263.44	4.20	11.1	2.20	156
15	19.5	4600	235.90	4.90	11.5	2.60	187
16	23.2	5400	232.76	5.02	11.2	3.50	245
Promedio	13.08	4231.25	345.50	4.61	11.23	1.63	109.56
Desv. Estándar	4.95	866.96	73.31	0.39	0.31	0.75	56.11

Residuo	Residuo (kg)	Jugo (mL)	Rendimiento (mL/kg)	pH	Sólidos Solubles Totales (*Bx)	Fibra (kg)	desecho final (g)
Eje de Inflorescencia	13.08	4231.25	345.50	4.61	11.23	1.63	109.56
Cáscara	9.90	890.15	89.46	4.25	9.44	5.68	92.54

Residuo	Residuo (kg)	Jugo (mL)	Rendimiento (mL/kg)	pH	Sólidos Solubles Totales (*Bx)
Eje de Inflorescencia	4.95	866.96	73.31	0.39	0.31
Cáscara	1.46	175.35	5.85	0.31	0.25

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas

Residuo	Residuo (kg)	Jugo (mL)	Rendimiento (mL/kg)	pH	Sólidos Solubles Totales (°Bx)
Eje de Inflorescencia	13,08 ± 4,95	4231,25 ± 866,96	345,50 ± 73,31	4,61 ± 0,39	11,23 ± 0,31
Cáscara	9,90 ± 1,46	890,15 ± 175,35	89,46 ± 5,85	4,25 ± 0,31	9,44 ± 0,25
p	3.42E-02	1.29E-13	9.40E-13	1.17E-02	8.03E-16

Muestreo	EJE INFLORES CASCARA		EJE INFLORES CASCARA		EJE INFLORES CASCARA		EJE INFLORES CASCARA		EJE INFLORES CASCARA	
	Residuo (kg)	Residuo (kg)	Jugo (mL)	Jugo (mL)	mL/kg	mL/kg	pH	pH	Sólidos Solubles Totales (°Bx)	Sólidos Solubles Totales (°Bx)
1	9.0	10.0	3200	860	355.56	86.00	4.30	4.00	11.1	9.3
2	9.4	8.4	3800	745	404.26	88.69	4.70	3.70	11.3	9.1
3	12.0	7.8	4400	672	366.67	86.15	4.90	4.20	11.6	9.5
4	15.0	11.2	4600	915	306.67	81.70	4.10	4.40	10.8	9.3
5	18.9	10.2	5600	875	296.30	85.78	4.00	3.90	11.3	9.1
6	9.3	7.6	3800	650	408.60	85.53	4.40	4.20	11.5	9.4
7	8.5	9.3	4300	815	505.88	87.63	5.10	3.90	11.4	10.0
8	15.2	11.9	5100	1150	335.53	96.64	4.60	4.60	10.8	9.6
9	7.3	10.4	2800	900	383.56	86.54	4.80	4.50	11.3	9.5
10	6.9	9.5	2500	865	362.32	91.05	5.20	4.60	11.6	9.4
11	9.5	12.0	4100	1235	431.58	102.92	4.10	4.70	11.4	9.8
12	12.9	11.3	4400	1090	341.09	96.46	4.60	4.40	10.5	9.4
13	14.1	9.1	4200	800	297.87	87.91	4.90	4.20	11.3	9.3
14	18.6		4900		263.44		4.20		11.1	
15	19.5		4600		235.90		4.90		11.5	
16	23.2		5400		232.76		5.02		11.2	
Promedio	13.08	9.90	4231.25	890.15	345.50	89.46	4.61	4.25	11.23	9.44
Desv. Estándar	4.95	1.46	866.96	175.35	73.31	5.85	0.39	0.31	0.31	0.25

Análisis de varianza de un factor

Residuo	RESUMEN						
	Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
	Residuo (kg)	16	209.3	13.08125	24.55095833		
Residuo (kg)	13	128.7	9.9	2.126666667			
Residuo	ANÁLISIS DE VARIANZA						
	Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
	Entre grupos	72.5873491	1	72.5873491	4.976983728	0.034188631	4.210008468
	Dentro de los grupos	393.784375	27	14.5846065			
Total	466.371724	28					

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas

Jugo	RESUMEN				
	<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
	Jugo (mL)	16	67700	4231.25	751625
Jugo (mL)	13	11572	890.153846	30747.80769	

Jugo	ANÁLISIS DE VARIANZA						
	<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
	Entre grupos	80065106.5	1	80065106.5	185.6646171	1.28556E-13	4.210008468
Dentro de los grupos	11643348.7	27	431235.137				
Total	91708455.2	28					

Rendimiento	RESUMEN				
	<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
	mL/kg	16	5527.965284	345.49783	5374.686051
mL/kg	13	1163.004469	89.4618822	34.26417371	

Rendimiento	ANÁLISIS DE VARIANZA						
	<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
	Entre grupos (Residuo)	470183.331	1	470183.331	156.6669266	9.4018E-13	4.210008468
Dentro de los grupos	81031.4608	27	3001.16522				
Total	551214.791	28					

pH	RESUMEN				
	<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>
	pH	16	73.82	4.61375	0.150225
pH	13	55.3	4.25384615	0.097692308	

pH	ANÁLISIS DE VARIANZA						
	<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
	Entre grupos (Residuo)	0.92904834	1	0.92904834	7.32242519	0.011655581	4.210008468
Dentro de los grupos	3.42568269	27	0.12687714				
Total	4.35473103	28					

**Universidad de San Carlos de Guatemala
 Dirección General de Investigación
 Coordinación de Programas**

RESUMEN							
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>			
Sólidos Solubles Totales (°Bx)	16	179.7	11.23125	0.095625			
Sólidos Solubles Totales (°Bx)	13	122.7	9.43846154	0.064230769			
ANÁLISIS DE VARIANZA							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	
Entre grupos (Residuo)	23.0527868	1	23.0527868	282.2605592	8.02939E-16	4.210008468	
Dentro de los grupos	2.20514423	27	0.08167201				
Total	25.257931	28					

ANEXO 3: TABLAS DE RESULTADOS OBJETIVO 2: DETERMINAR EL PESO DE DRENADO DE LOS GRANOS DE TÍBICOS CON BASE A LA DILUCIÓN DE JUGO EN EL EJE DE INFLORESCENCIA

Dilución	Biomasa drenada (g)														
	Tiempo de fermentación														
	0 h				24 h				48 h				72 h		
Biomasa drenada (g)	Biomasa drenada (g/mL)	Biomasa drenada (g)	Desv. Biomasa drenada (g)	Biomasa drenada (g)	Biomasa drenada (g/mL)	Biomasa drenada (g)	Desv. Biomasa drenada (g)	Biomasa drenada (g)	Biomasa drenada (g/mL)	Biomasa drenada (g)	Desv. Biomasa drenada (g)	Biomasa drenada (g)	Biomasa drenada (g/mL)	Biomasa drenada (g)	Desv. Biomasa drenada (g)
30:70	3.246	0.0162		5.347	0.027			7.026	0.035			8.213	0.041		
	3.754	0.0188	0.0183	5.569	0.028	0.0276	0.0008	7.040	0.035	0.0353	0.0003	8.234	0.041	0.0412	0.0002
	3.984	0.0199		5.671	0.028			7.135	0.036			8.281	0.041		
50:50	3.903	0.0195		6.076	0.030			8.612	0.043			10.350	0.052		
	3.964	0.0198	0.0197	6.164	0.031	0.0306	0.0002	8.502	0.043	0.0429	0.0003	10.384	0.052	0.0517	0.0002
	3.934	0.0197		6.143	0.031			8.606	0.043			10.299	0.051		
70:30	3.399	0.0170		6.454	0.032			10.202	0.051			12.042	0.060		
	3.387	0.0169	0.0170	6.658	0.033	0.0328	0.0005	10.174	0.051	0.0509	0.0001	12.186	0.061	0.0605	0.0004
	3.408	0.0170		6.573	0.033			10.185	0.051			12.096	0.060		

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas

ANEXO 4: TABLAS DE RESULTADOS OBJETIVO 3: ESTABLECER LOS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL JUGO DEL EJE DE INFLORESCENCIA EN BASE A LA PROPORCIÓN, DILUCIÓN Y TIEMPO DE FERMENTACIÓN

Dilución 30:70 (Aguas-Jugo)																			
Tiempo de Fermentación																			
0				24				48				72							
Muestra (mL)				Muestra (mL)				Muestra (mL)				Muestra (mL)							
No.	NaOH (mL)	pH 1	pH 2	No.	NaOH (mL)	pH 1	pH 2	No.	NaOH (mL)	pH 1	pH 2	pH 3	No.	NaOH (mL)	pH 1	pH 2	pH 3		
1	0.2	3.65	3.76	5	0.2	3.74	3.73	3.77	1	0.2	3.7	3.62	3.67	1	0.2	3.51	3.7	3.74	
2	0.4	3.75	3.76	3.76	2	0.4	3.74	3.72	3.72	2	0.4	3.71	3.61	3.7	2	0.4	3.59	3.67	3.72
3	0.6	3.74	3.78	3.81	3	0.6	3.78	3.74	3.74	3	0.6	3.72	3.63	3.74	3	0.6	3.53	3.7	3.74
4	0.8	3.77	3.82	3.86	4	0.8	3.81	3.76	3.78	4	0.8	3.79	3.69	3.76	4	0.8	3.57	3.73	3.76
5	1.0	3.83	3.87	3.90	5	1.0	3.87	3.82	3.82	5	1	3.8	3.73	3.8	5	1	3.6	3.76	3.79
6	1.2	3.87	3.92	3.94	6	1.2	3.9	3.85	3.87	6	1.2	3.83	3.76	3.84	6	1.2	3.64	3.79	3.84
7	1.4	3.93	3.96	3.99	7	1.4	3.94	3.95	3.92	7	1.4	3.88	3.79	3.88	7	1.4	3.67	3.83	3.85
8	1.6	3.96	4.02	4.03	8	1.6	3.98	3.97	3.94	8	1.6	3.91	3.85	3.91	8	1.6	3.71	3.86	3.88
9	1.8	4.01	4.06	4.08	9	1.8	4.03	4.01	3.99	9	1.8	3.94	3.88	3.95	9	1.8	3.74	3.89	3.92
10	2.0	4.05	4.12	4.12	10	2.0	4.06	4.05	4.04	10	2	3.99	3.92	3.98	10	2	3.77	3.93	3.94
11	2.2	4.09	4.14	4.18	11	2.2	4.12	4.1	4.07	11	2.2	4.02	3.96	4.02	11	2.2	3.8	3.93	3.98
12	2.4	4.13	4.19	4.23	12	2.4	4.17	4.13	4.11	12	2.4	4.06	4.01	4.05	12	2.4	3.84	3.99	3.99
13	2.6	4.17	4.24	4.26	13	2.6	4.22	4.18	4.15	13	2.6	4.1	4.04	4.1	13	2.6	3.88	4.02	4.03
14	2.8	4.20	4.30	4.31	14	2.8	4.24	4.22	4.19	14	2.8	4.14	4.09	4.14	14	2.8	4.05	4.05	4.05
15	3.0	4.23	4.34	4.36	15	3.0	4.3	4.26	4.23	15	3	4.99	4.13	4.18	15	3	3.94	4.09	4.08
16	3.2	4.26	4.39	4.41	16	3.2	4.35	4.3	4.28	16	3.2	4.22	4.16	4.22	16	3.2	3.99	4.12	4.12
17	3.4	4.31	4.42	4.46	17	3.4	4.39	4.37	4.32	17	3.4	4.28	4.19	4.25	17	3.4	4.02	4.15	4.15
18	3.6	4.35	4.47	4.50	18	3.6	4.45	4.38	4.35	18	3.6	4.31	4.24	4.3	18	3.6	4.05	4.18	4.18
19	3.8	4.40	4.52	4.54	19	3.8	4.49	4.43	4.4	19	3.8	4.36	4.28	4.33	19	3.8	4.08	4.23	4.22
20	4.0	4.44	4.56	4.59	20	4.0	4.45	4.47	4.47	20	4	4.41	4.31	4.36	20	4	4.12	4.26	4.26
21	4.2	4.50	4.63	4.64	21	4.2	4.49	4.51	4.52	21	4.2	4.47	4.36	4.42	21	4.2	4.16	4.29	4.31
22	4.4	4.53	4.66	4.69	22	4.4	4.52	4.55	4.55	22	4.4	4.56	4.39	4.46	22	4.4	4.19	4.32	4.33
23	4.6	4.60	4.69	4.74	23	4.6	4.55	4.6	4.59	23	4.6	4.61	4.43	4.5	23	4.6	4.22	4.39	4.35
24	4.8	4.65	4.75	4.78	24	4.8	4.63	4.65	4.64	24	4.8	4.65	4.46	4.54	24	4.8	4.26	4.43	4.39
25	5.0	4.68	4.78	4.84	25	5.0	4.67	4.69	4.69	25	5	4.68	4.51	4.57	25	5	4.29	4.46	4.42
26	5.2	4.72	4.86	4.87	26	5.2	4.72	4.74	4.74	26	5.2	4.72	4.55	4.62	26	5.2	4.33	4.49	4.46
27	5.4	4.76	4.92	4.90	27	5.4	4.78	4.79	4.78	27	5.4	4.86	4.59	4.67	27	5.4	4.38	4.52	4.51
28	5.6	4.82	4.97	4.94	28	5.6	4.82	4.85	4.84	28	5.6	4.92	4.63	4.71	28	5.6	4.42	4.56	4.55
29	5.8	4.85	5.00	4.98	29	5.8	4.86	4.88	4.87	29	5.8	5	4.67	4.75	29	5.8	4.46	4.6	4.58
30	6.0	4.91	5.05	5.03	30	6.0	4.93	4.93	4.94	30	6	5.08	4.74	4.8	30	6	4.5	4.64	4.61
31	6.2	4.98	5.13	5.10	31	6.2	4.98	4.97	4.98	31	6.2	5.17	4.78	4.85	31	6.2	4.54	4.69	4.66
32	6.4	5.01	5.19	5.16	32	6.4	5.02	5.04	5.05	32	6.4	5.21	4.82	4.89	32	6.4	4.59	4.72	4.7
33	6.6	5.07	5.24	5.21	33	6.6	5.11	5.08	5.11	33	6.6	5.34	4.88	4.96	33	6.6	4.63	4.77	4.74
34	6.8	5.14	5.31	5.28	34	6.8	5.14	5.14	5.18	34	6.8	5.44	4.92	5.01	34	6.8	4.67	4.81	4.79
35	7.0	5.23	5.40	5.35	35	7.0	5.22	5.23	5.23	35	7	5.52	5	5.06	35	7	4.7	4.85	4.82
36	7.2	5.26	5.47	5.42	36	7.2	5.23	5.27	5.29	36	7.2	5.63	5.01	5.14	36	7.2	4.75	4.9	4.86
37	7.4	5.32	5.55	5.49	37	7.4	5.32	5.35	5.36	37	7.4	5.72	5.12	5.18	37	7.4	4.8	4.95	4.91
38	7.6	5.37	5.62	5.54	38	7.6	5.4	5.41	5.44	38	7.6	5.85	5.18	5.25	38	7.6	4.84	4.99	4.95
39	7.8	5.45	5.71	5.65	39	7.8	5.46	5.47	5.51	39	7.8	5.97	5.25	5.32	39	7.8	4.9	5.05	5.01
40	8.0	5.53	5.79	5.68	40	8.0	5.51	5.54	5.58	40	8	6.08	5.3	5.39	40	8	4.96	5.08	5.05
41	8.2	5.58	5.87	5.72	41	8.2	5.59	5.67	5.66	41	8.2	6.22	5.37	5.45	41	8.2	5.01	5.16	5.11
42	8.4	5.65	5.96	5.80	42	8.4	5.68	5.68	5.74	42	8.4	6.41	5.45	5.49	42	8.4	5.08	5.21	5.18
43	8.6	5.75	6.08	5.90	43	8.6	5.77	5.76	5.83	43	8.6	6.57	5.53	5.62	43	8.6	5.14	5.27	5.22
44	8.8	5.82	6.19	6.00	44	8.8	5.87	5.84	5.94	44	8.8	6.82	5.62	5.69	44	8.8	5.21	5.33	5.29
45	9.0	5.90	6.32	6.09	45	9.0	5.95	5.93	6.03	45	9	7.14	5.7	5.77	45	9	5.28	5.4	5.36
46	9.2	6.04	6.44	6.19	46	9.2	6.07	6.02	6.12	46	9.2	7.56	5.8	5.87	46	9.2	5.33	5.47	5.43
47	9.4	6.14	6.63	6.30	47	9.4	6.14	6.13	6.24	47	9.4	8.77	5.88	5.98	47	9.4	5.41	5.54	5.48
48	9.6	6.25	6.82	6.44	48	9.6	6.29	6.24	6.45	48	9.6	9.45	5.98	6.07	48	9.6	5.47	5.61	5.55
49	9.8	6.41	7.13	6.62	49	9.8	6.41	6.33	6.5	49	9.8	9.78	6.08	6.17	49	9.8	5.55	5.69	5.62
50	10.0	6.54	7.42	6.78	50	10.0	6.6	6.46	6.7	50	10	10.03	6.2	6.3	50	10	5.64	5.77	5.71
51	10.2	6.72	7.92	7.00	51	10.2	6.75	6.65	6.94	51	10.2	6.31	6.42	6.51	51	10.2	5.73	5.84	5.87
52	10.4	6.93	8.49	7.39	52	10.4	7.03	6.94	7.33	52	10.4	6.43	6.56	6.62	52	10.4	5.8	5.91	5.98
53	10.6	7.31	8.76	7.85	53	10.6	7.3	7.11	7.45	53	10.6	6.57	6.72	6.8	53	10.6	5.92	6	6.07
54	10.8	7.88	9.05	8.32	54	10.8	7.95	7.4	8.13	54	10.8	6.76	6.95	7.4	54	10.8	6	6.12	6.18
55	11.0	8.30	9.28	8.70	55	11.0	8.48	7.82	8.68	55	11	7.03	7.23	8.1	55	11	6.13	6.22	6.28
56	11.2	8.62	9.54	9.02	56	11.2	8.81	8.27	9.01	56	11.2	7.4	7.86	8.6	56	11.2	6.23	6.34	6.51
57	11.4	8.97	9.69	9.26	57	11.4	9.03	8.91	9.28	57	11.4	8.28	8.63	9.1	57	11.4	6.37	6.46	6.71
58	11.6	9.25	9.90	9.40	58	11.6	9.29	9.14	9.5	58	11.6	8.8	9.16	9.6	58	11.6	6.53	6.64	6.73
59	11.8	9.41	10.03	9.64	59	11.8	9.39	9.34	9.66	59	11.8	9.56	9.69	9.9	59	11.8	6.75	6.83	7.21
60	12.0	9.62		9.80	60	12.0	9.55	9.49	9.81	60	12	10.86	9.97	10	60	12	6.91	7.16	7.91
61	12.2	9.84		9.95	61	12.2	9.7	9.6	9.97	61	12.2	11.4	10.94	10.14	61	12.2	7.19	7.75	9.07
62	12.4	9.96		10.12	62	12.4	9.83	9.77	10.07	62	12.4				62	12.4	7.87	8.9	9.66
63	12.6	10.06			63	12.6	9.96	9.94		63	12.6				63	12.6	8.99	9.47	10.04
64	12.8				64	12.8		10.08		64	12.8				64	12.8	9.68	9.9	
65	13.0				65	13.0				65	13				65	13	10.02	10.99	
66	13.2				66	13.2				66	13.2				66	13.2			
67	13.4				67	13.4				67	13.4				67	13.4			
68	13.6				68	13.6				68	13.6				68	13.6			
69	13.8				69	13.8				69	13.8				69	13.8			
70	14.0				70	14				70	14				70	14			
71	14.2				71	14.2				71	14.2				71				

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas

Dilución 70:30 (Agua-jugo)

Tiempo de Fermentación

0				24				48				72								
Muestra (mL)				Muestra (mL)				Muestra (mL)				Muestra (mL)								
No.	NaOH (mL)	pH 1	pH 3	No.	NaOH (mL)	pH 1	pH 2	pH 3	No.	NaOH (mL)	pH 1	pH 2	pH 3	No.	NaOH (mL)	pH 1	pH 2	pH 3		
1	0.2	3.90	3.75	3.69	1	0.2	3.75	3.81	3.81	1	0.2	3.67	3.68	3.76	1	0.2	3.68	3.66	3.63	
2	0.4	3.86	3.75	3.70	2	0.4	3.83	3.86	3.89	2	0.4	3.74	3.73	3.77	2	0.4	3.7	3.67	3.64	
3	0.6	3.92	3.81	3.73	3	0.6	3.9	3.95	3.96	3	0.6	3.78	3.8	3.85	3	0.6	3.72	3.72	3.7	
4	0.8	4.07	3.85	3.81	4	0.8	4.01	4.03	4.06	4	0.8	3.87	3.88	3.92	4	0.8	3.78	3.78	3.75	
5	1.0	4.15	3.91	3.85	5	1	4.09	4.11	4.13	5	1	3.97	3.96	3.99	5	1	3.83	3.83	3.81	
6	1.2	4.24	3.96	3.93	6	1.2	4.19	4.19	4.21	6	1.2	4.06	4.04	4.06	6	1.2	3.87	3.88	3.86	
7	1.4	4.39	4.00	3.97	7	1.4	4.3	4.29	4.32	7	1.4	4.13	4.11	4.11	7	1.4	3.93	3.99	3.9	
8	1.6	4.44	4.13	4.03	8	1.6	4.4	4.39	4.41	8	1.6	4.24	4.19	4.2	8	1.6	3.99	4.05	3.97	
9	1.8	4.52	4.17	4.09	9	1.8	4.51	4.46	4.49	9	1.8	4.32	4.25	4.27	9	1.8	4.04	4.11	4.03	
10	2.0	4.64	4.23	4.15	10	2	4.61	4.55	4.61	10	2	4.42	4.33	4.34	10	2	4.08	4.15	4.08	
11	2.2	4.72	4.29	4.26	11	2.2	4.7	4.66	4.72	11	2.2	4.51	4.38	4.42	11	2.2	4.14	4.21	4.12	
12	2.4	4.80	4.34	4.31	12	2.4	4.84	4.74	4.8	12	2.4	4.62	4.47	4.49	12	2.4	4.19	4.28	4.17	
13	2.6	4.93	4.40	4.36	13	2.6	4.95	4.83	4.91	13	2.6	4.73	4.54	4.58	13	2.6	4.26	4.32	4.24	
14	2.8	5.03	4.45	4.44	14	2.8	5.08	4.97	5	14	2.8	4.84	4.63	4.65	14	2.8	4.3	4.37	4.29	
15	3.0	5.11	4.49	4.50	15	3	5.26	5.08	5.1	15	3	4.95	4.73	4.73	15	3	4.36	4.45	4.36	
16	3.2	5.28	4.56	4.55	16	3.2	5.44	5.19	5.27	16	3.2	5.12	4.82	4.84	16	3.2	4.42	4.51	4.41	
17	3.4	5.40	4.60	4.59	17	3.4	5.61	5.31	5.39	17	3.4	5.18	4.91	4.92	17	3.4	4.52	4.55	4.48	
18	3.6	5.58	4.66	4.66	18	3.6	5.81	5.43	5.54	18	3.6	5.32	5.02	5.01	18	3.6	4.6	4.61	4.52	
19	3.8	5.72	4.72	4.71	19	3.8	6.02	5.65	5.74	19	3.8	5.5	5.13	5.11	19	3.8	4.66	4.67	4.59	
20	4.0	5.89	4.77	4.77	20	4	6.31	5.81	5.91	20	4	5.74	5.26	5.2	20	4	4.71	4.73	4.66	
21	4.2	6.15	4.84	4.81	21	4.2	6.73	5.97	6.06	21	4.2	5.94	5.37	5.35	21	4.2	4.78	4.8	4.72	
22	4.4	6.37	4.89	4.89	22	4.4	7.49	6.16	6.34	22	4.4	6.21	5.52	5.47	22	4.4	4.85	4.88	4.79	
23	4.6	6.70	4.96	4.95	23	4.6	8.9	6.37	6.57	23	4.6	6.47	5.65	5.66	23	4.6	4.9	4.95	4.85	
24	4.8	7.13	5.02	4.99	24	4.8	9.37	6.73	6.86	24	4.8	7.01	5.79	5.8	24	4.8	5	5.02	4.93	
25	5.0	8.75	5.08	5.07	25	5	9.76	7.29	7.59	25	5	8.06	5.97	5.97	25	5	5.08	5.11	5	
26	5.2	9.19	5.18	5.15	26	5.2	10.01	8.23	8.54	26	5.2	9.71	6.15	6.12	26	5.2	5.17	5.2	5.08	
27	5.4	9.98	5.23	5.22	27	5.4		9.21	9.2	27	5.4	10.11	6.49	6.41	27	5.4	5.24	5.31	5.18	
28	5.6	10.20	5.32	5.32	28	5.6		9.52	9.68	28	5.6		6.67	6.69	28	5.6	5.32	5.4	5.26	
29	5.8		5.39	5.39	29	5.8		9.81	9.96	29	5.8		7.05	7.11	29	5.8	5.45	5.54	5.38	
30	6.0		5.47	5.49	30	6		10.04	10.16	30	6		7.92	8.64	30	6	5.69	5.64	5.5	
31	6.2		5.55	5.55	31	6.2				31	6.2		9.22	9.43	31	6.2	5.81	5.75	5.6	
32	6.4		5.62	5.65	32	6.4				32	6.4		9.94	9.91	32	6.4	5.96	5.88	5.73	
33	6.6		5.74	5.74	33	6.6				33	6.6		10.18	10.36	33	6.6	6.12	6.05	5.88	
34	6.8		5.83	5.86	34	6.8				34	6.8				34	6.8	6.35	6.2	6.04	
35	7.0		5.93	5.98	35	7				35	7				35	7	6.54	6.42	6.19	
36	7.2		6.06	6.09	36	7.2				36	7.2				36	7.2	6.91	6.65	6.57	
37	7.4		6.20	6.20	37	7.4				37	7.4				37	7.4	7.55	7.04	6.97	
38	7.6		6.31	6.38	38	7.6				38	7.6				38	7.6	9.03	7.93	7.74	
39	7.8		6.48	6.60	39	7.8				39	7.8				39	7.8	9.8	9.36	9.57	
40	8.0		6.65	6.80	40	8				40	8				40	8		10.3	10.03	10.17
41	8.2		7.01	7.09	41	8.2				41	8.2				41	8.2				
42	8.4		7.33	7.47	42	8.4				42	8.4				42	8.4				
43	8.6		7.71	7.98	43	8.6				43	8.6				43	8.6				
44	8.8		8.25	8.51	44	8.8				44	8.8				44	8.8				
45	9.0		8.71	8.85	45	9				45	9				45	9				
46	9.2		9.06	8.89	46	9.2				46	9.2				46	9.2				
47	9.4		9.35	9.23	47	9.4				47	9.4				47	9.4				
48	9.6		9.62	9.45	48	9.6				48	9.6				48	9.6				
49	9.8		9.82	9.70	49	9.8				49	9.8				49	9.8				
50	10.0		9.98	9.87	50	10				50	10				50	10				
51	10.2		10.10	10.06	51	10.2				51	10.2				51	10.2				
52	10.4				52	10.4				52	10.4				52	10.4				
53	10.6				53	10.6				53	10.6				53	10.6				
54	10.8				54	10.8				54	10.8				54	10.8				
55	11.0				55	11				55	11				55	11				
56	11.2				56	11.2				56	11.2				56	11.2				
57	11.4				57	11.4				57	11.4				57	11.4				
58	11.6				58	11.6				58	11.6				58	11.6				
59	11.8				59	11.8				59	11.8				59	11.8				
60	12.0				60	12				60	12				60	12				
61	12.2				61	12.2				61	12.2				61	12.2				
62	12.4				62	12.4				62	12.4				62	12.4				
63	12.6				63	12.6				63	12.6				63	12.6				
64	12.8				64	12.8				64	12.8				64	12.8				
65	13.0				65	13				65	13				65	13				
66	13.2				66	13.2				66	13.2				66	13.2				
67	13.4				67	13.4				67	13.4				67	13.4				
68	13.6				68	13.6				68	13.6				68	13.6				
69	13.8				69	13.8				69	13.8				69	13.8				
70	14.0				70	14				70	14				70	14				
71	14.2				71	14.2				71	14.2				71	14.2				
72	14.4				72	14.4				72	14.4				72	14.4				
73	14.6				73	14.6				73	14.6				73	14.6				
74	14.8				74	14.8				74	14.8				74	14.8				
75	15.0				75	15				75	15				75	15				
76	15.2				76	15.2				76	15.2				76	15.2				
77	15.4				77	15.4				77	15.4				77	15.4				
78	15.6				78	15.6				78	15.6				78	15.6				
79	15.8				79	15.8				79	15.8				79	15.8				
80	16.0				80	16				80	16				80	16				
81	16.2				81	16.2				81	16.2				81	16.2				
82	16.4				82	16.4				82	16.4				82	16.4				
83	16.6				83	16.6				83	16.6				83	16.6				
84	16.8				84	16.8														

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas

Dilución 50:50														
Tiempo de Fermentación														
0			24			48			72					
No.	NaOH (mL)	pH 1	pH 2	pH 3	No.	NaOH (mL)	pH 1	pH 2	pH 3	No.	NaOH (mL)	pH 1	pH 2	pH 3
1	0.2	3.65	3.71	3.75	1	0.2	3.93	3.68	3.73	1	0.2	3.66	3.65	3.73
2	0.4	3.70	3.75	3.77	2	0.4	3.94	3.68	3.77	2	0.4	3.69	3.66	3.72
3	0.6	3.75	3.79	3.79	3	0.6	3.95	3.73	3.81	3	0.6	3.75	3.7	3.77
4	0.8	3.82	3.84	3.86	4	0.8	3.99	3.78	3.85	4	0.8	3.8	3.76	3.81
5	1.0	3.87	3.87	3.89	5	1	4.03	3.84	3.89	5	1	3.84	3.79	3.84
6	1.2	3.92	3.93	3.94	6	1.2	4.09	3.9	3.96	6	1.2	3.91	3.84	3.9
7	1.4	3.97	3.98	3.98	7	1.4	4.15	3.96	4.01	7	1.4	3.96	3.89	3.95
8	1.6	4.09	4.00	4.04	8	1.6	4.2	4.02	4.07	8	1.6	4.01	3.94	3.98
9	1.8	4.17	4.04	4.08	9	1.8	4.26	4.09	4.12	9	1.8	4.06	3.98	4.02
10	2.0	4.18	4.09	4.14	10	2	4.32	4.15	4.2	10	2	4.13	4.02	4.08
11	2.2	4.22	4.14	4.18	11	2.2	4.37	4.2	4.24	11	2.2	4.19	4.07	4.13
12	2.4	4.26	4.20	4.23	12	2.4	4.43	4.27	4.32	12	2.4	4.24	4.13	4.18
13	2.6	4.35	4.24	4.26	13	2.6	4.48	4.32	4.36	13	2.6	4.29	4.18	4.22
14	2.8	4.40	4.28	4.31	14	2.8	4.52	4.38	4.41	14	2.8	4.35	4.23	4.28
15	3.0	4.46	4.40	4.35	15	3	4.58	4.4	4.48	15	3	4.42	4.26	4.32
16	3.2	4.52	4.44	4.41	16	3.2	4.64	4.47	4.52	16	3.2	4.47	4.32	4.37
17	3.4	4.66	4.48	4.46	17	3.4	4.7	4.52	4.57	17	3.4	4.54	4.36	4.41
18	3.6	4.71	4.53	4.50	18	3.6	4.77	4.59	4.65	18	3.6	4.59	4.42	4.46
19	3.8	4.76	4.58	4.56	19	3.8	4.83	4.64	4.7	19	3.8	4.68	4.47	4.51
20	4.0	4.83	4.64	4.60	20	4	4.97	4.72	4.75	20	4	4.74	4.52	4.57
21	4.2	4.92	4.68	4.65	21	4.2	5	4.78	4.83	21	4.2	4.83	4.59	4.62
22	4.4	4.99	4.75	4.69	22	4.4	5.06	4.84	4.88	22	4.4	4.91	4.63	4.67
23	4.6	5.05	4.80	4.76	23	4.6	5.12	4.92	4.99	23	4.6	5.01	4.68	4.74
24	4.8	5.15	4.84	4.82	24	4.8	5.22	4.99	5.06	24	4.8	5.09	4.74	4.79
25	5.0	5.22	4.90	4.87	25	5	5.28	5.06	5.13	25	5	5.17	4.79	4.88
26	5.2	5.30	4.94	4.92	26	5.2	5.38	5.15	5.21	26	5.2	5.27	4.87	4.93
27	5.4	5.40	5.02	4.99	27	5.4	5.45	5.22	5.29	27	5.4	5.39	4.94	4.99
28	5.6	5.50	5.06	5.03	28	5.6	5.54	5.29	5.36	28	5.6	5.52	5.01	5.07
29	5.8	5.62	5.13	5.11	29	5.8	5.64	5.4	5.46	29	5.8	5.65	5.08	5.15
30	6.0	5.70	5.20	5.14	30	6	5.75	5.49	5.55	30	6	5.81	5.16	5.18
31	6.2	5.85	5.27	5.23	31	6.2	5.84	5.59	5.68	31	6.2	5.91	5.21	5.29
32	6.4	5.98	5.33	5.31	32	6.4	6.01	5.69	5.79	32	6.4	6.1	5.32	5.37
33	6.6	6.08	5.39	5.36	33	6.6	6.19	5.81	5.91	33	6.6	6.3	5.41	5.44
34	6.8	6.22	5.47	5.47	34	6.8	6.28	5.93	6.04	34	6.8	6.5	5.49	5.57
35	7.0	6.45	5.54	5.51	35	7	6.47	6.04	6.16	35	7	6.74	5.59	5.67
36	7.2	6.68	5.64	5.62	36	7.2	6.65	6.22	6.31	36	7.2	6.99	5.72	5.83
37	7.4	6.93	5.71	5.67	37	7.4	7.04	6.35	6.49	37	7.4	7.85	5.84	5.9
38	7.6	7.59	5.82	5.75	38	7.6	7.54	6.53	6.72	38	7.6	9.23	5.96	5.95
39	7.8	8.16	5.99	5.89	39	7.8	8.2	6.74	6.95	39	7.8	9.71	6.08	6.06
40	8.0	8.61	6.11	5.96	40	8	8.61	7.06	7.49	40	8	10.07	6.2	6.16
41	8.2	9.08	6.24	6.08	41	8.2	8.98	7.47	8.09	41	8.2		6.41	6.29
42	8.4	9.31	6.43	6.17	42	8.4	9.33	8.22	8.68	42	8.4		6.5	6.45
43	8.6	9.55	6.50	6.26	43	8.6	9.52	8.83	9.07	43	8.6		6.77	6.69
44	8.8	9.71	6.76	6.47	44	8.8	9.7	9.12	9.3	44	8.8		7.11	6.92
45	9.0	9.94	6.86	6.59	45	9	9.9	9.43	9.59	45	9		7.78	7.36
46	9.2	10.11	7.21	6.77	46	9.2	10.01	9.67	9.79	46	9.2		9	8.45
47	9.4		7.56	6.98	47	9.4		9.85	9.93	47	9.4		9.56	9.22
48	9.6		8.06	7.27	48	9.6		10.02	10.11	48	9.6		10	9.73
49	9.8		8.54	7.74	49	9.8				49	9.8		10.26	10.03
50	10.0		8.84	8.23	50	10				50	10			
51	10.2		9.11	8.69	51	10.2				51	10.2			
52	10.4		9.35	9.00	52	10.4				52	10.4			
53	10.6		9.59	9.36	53	10.6				53	10.6			
54	10.8		9.91	9.50	54	10.8				54	10.8			
55	11.0		9.97	9.71	55	11				55	11			
56	11.2		10.10	9.85	56	11.2				56	11.2			
57	11.4			10.02	57	11.4				57	11.4			
58	11.6				58	11.6				58	11.6			
59	11.8				59	11.8				59	11.8			
60	12.0				60	12				60	12			
61	12.2				61	12.2				61	12.2			
62	12.4				62	12.4				62	12.4			
63	12.6				63	12.6				63	12.6			
64	12.8				64	12.8				64	12.8			
65	13.0				65	13				65	13			
66	13.2				66	13.2				66	13.2			
67	13.4				67	13.4				67	13.4			
68	13.6				68	13.6				68	13.6			
69	13.8				69	13.8				69	13.8			
70	14.0				70	14				70	14			
71	14.2				71	14.2				71	14.2			
72	14.4				72	14.4				72	14.4			
73	14.6				73	14.6				73	14.6			
74	14.8				74	14.8				74	14.8			
75	15.0				75	15				75	15			
76	15.2				76	15.2				76	15.2			
77	15.4				77	15.4				77	15.4			
78	15.6				78	15.6				78	15.6			
79	15.8				79	15.8				79	15.8			
80	16.0				80	16				80	16			
81	16.2				81	16.2				81	16.2			
82	16.4				82	16.4				82	16.4			
83	16.6				83	16.6				83	16.6			
84	16.8				84	16.8				84	16.8			
85	17.0				85	17				85	17			
86	17.2				86	17.2				86	17.2			
87	17.4				87	17.4				87	17.4			
88	17.6				88	17.6				88	17.6			
89	17.8				89	17.8				89	17.8			
90	18.0				90	18				90	18			
91	18.2				91	18.2				91	18.2			
92	18.4				92	18.4				92	18.4			
93	18.6				93	18.6				93	18.6			
94	18.8				94	18.8				94	18.8			
95	19.0				95	19				95	19			
96	19.2				96	19.2				96	19.2			
97	19.4				97	19.4				97	19.4			
98	19.6				98	19.6				98	19.6			
99	19.8				99	19.8				99	19.8			
100	20.0				100	20				100	20			
101	20.2				101	20.2				101	20.2			
102	20.4				102	20.4				102	20.4			
103	20.6				103	20.6				103	20.6			
104	20.8				104	20.8				104	20.8			
105	21.0				105	21				105	21			
106	21.2				106	21.2				106	21.2			
107	21.4				107	21.4				107	21.4			
108	21.6				108	21.6				108	21.6			
109	21.8				109	21.8				109	21.8			
110	22.0				110	22				110	22			
111	22.2				111	22.2				111	22.2			
112	22.4				112	2								

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas

30/70

Tiempo (h)	NaOH (mL)	Acidez total titulada (mmol/mL)	Acidez total titulada (mmol/mL)	Desv. Acidez total titulada (mmol/mL)	Acido láctico (mg/mL)	Desv. Acido láctico (mg/mL)
0	10.76	0.0526	0.0523	0.0004	4.7120	0.0363
0	10.64	0.0520				
24	10.78	0.0527	0.0528	0.0002	4.7595	0.0169
24	10.83	0.0530				
48	11.46	0.0561	0.0557	0.0005	5.0207	0.0409
48	11.33	0.0554				
72	12.55	0.0613	0.0603	0.0015	5.4317	0.1337
72	12.12	0.0592				

50/50

Tiempo (h)	NaOH (mL)	Acidez total titulada (mmol/mL)	Acidez total titulada (mmol/mL)	Desv. Acidez total titulada (mmol/mL)	Acido láctico (mg/mL)	Desv. Acido láctico (mg/mL)
0	9.56	0.0467	0.0476	0.0013	4.2909	0.1155
0	9.93	0.0485				
24	8.34	0.0408	0.0403	0.0007	3.6310	0.0597
24	8.15	0.0398				
48	9.11	0.0445	0.0448	0.0003	4.0311	0.0277
48	9.20	0.0450				
72	7.56	0.0370	0.0372	0.0003	3.3497	0.0278
72	7.65	0.0374				

70/30

Tiempo (h)	NaOH (mL)	Acidez total titulada (mmol/mL)	Acidez total titulada (mmol/mL)	Desv. Acidez total titulada (mmol/mL)	Acido láctico (mg/mL)	Desv. Acido láctico (mg/mL)
0	8.73	0.0427	0.0423	0.0005	3.8131	0.0484
0	8.58	0.0420				
24	5.14	0.0251	0.0251	0.0001	2.2591	0.0048
24	5.12	0.0250				
48	6.09	0.0298	0.0295	0.0005	2.6538	0.0436
48	5.95	0.0291				
72	7.83	0.0383	0.0381	0.0003	3.4339	0.0241
72	7.76	0.0379				

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas

Dilución	0 h	24 h	48 h	72 h
30/70	4.7377	4.7475	5.0496	5.5262
	4.6863	4.7715	4.9917	5.3372
50/50	4.2092	3.6733	4.0115	3.3301
	4.3726	3.5888	4.0507	3.3694
70/30	3.8473	2.2625	2.6846	3.4509
	3.7789	2.2557	2.6230	3.4169

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra (Dilución)	15.2519655	2	7.62598277	2058.861984	6.01951E-16	3.885293835
Columnas (Tiempo)	1.68553035	3	0.56184345	151.6864327	8.34209E-10	3.490294819
Interacción	3.03655114	6	0.50609186	136.6346235	2.46208E-10	2.996120378
Dentro del grupo	0.04444776	12	0.00370398			
Total	20.0184948	23				

Densidad relativa (g/mL)

Dilución	Tiempo de fermentación (h)											
	0			24			48			72		
	Densidad Relativa	Densidad Relativa Promedio	Dev. Densidad Relativa	Densidad Relativa	Densidad Relativa Promedio	Dev. Densidad Relativa	Densidad Relativa	Densidad Relativa Promedio	Dev. Densidad Relativa	Densidad Relativa	Densidad Relativa Promedio	Dev. Densidad Relativa
30:70	1.0272			1.0232			1.0146			0.9983		
	1.0307	1.0284	0.0020	1.0233	1.0239	0.0011	1.0079	1.0101	0.0038	0.9984	0.9981	0.0005
	1.0273			1.0252			1.0079			0.9975		
50:50	1.0192			1.0174			1.0096			0.9981		
	1.0194	1.0194	0.0001	1.0192	1.0181	0.0009	1.0093	1.0095	0.0002	0.9983	0.9981	0.0002
	1.0195			1.0179			1.0097			0.9979		
70:30	1.0144			1.0116			1.0049			1.0016		
	1.0146	1.0146	0.0001	1.0086	1.0097	0.0017	1.0051	1.0049	0.0002	1.0002	1.0001	0.0015
	1.0147			1.0088			1.0047			0.9986		

Sólidos Solubles Totales (°Bx)

Dilución	Tiempo de fermentación (h)											
	0			24			48			72		
	Sólidos Solubles Totales (°Bx)	Sólidos Solubles Totales Promedio (°Bx)	Dev. Sólidos Solubles Totales (°Bx)	Sólidos Solubles Totales (°Bx)	Sólidos Solubles Totales Promedio (°Bx)	Dev. Sólidos Solubles Totales (°Bx)	Sólidos Solubles Totales (°Bx)	Sólidos Solubles Totales Promedio (°Bx)	Dev. Sólidos Solubles Totales (°Bx)	Sólidos Solubles Totales (°Bx)	Sólidos Solubles Totales Promedio (°Bx)	Dev. Sólidos Solubles Totales (°Bx)
30:70	6.70			6.00			3.90			2.40		
	6.50	6.67	0.15	6.50	6.37	0.32	4.10	4.13	0.25	2.40	2.40	0.00
	6.80			6.60			4.40			2.40		
50:50	4.80			4.60			3.10			1.50		
	4.90	4.87	0.06	4.90	4.77	0.15	3.00	3.03	0.06	1.50	1.50	0.00
	4.90			4.80			3.00			1.50		
70:30	3.00			2.80			1.60			1.30		
	2.90	2.90	0.10	2.80	2.80	0.00	1.70	1.67	0.06	1.30	1.30	0.00
	2.80			2.80			1.70			1.30		

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas

Dilución	Acidez Activa (pH)											
	Tiempo de fermentación											
	0 h			24 h			48 h			72 h		
30:70	3.67			3.65			3.57			3.58		
	3.67	3.67	0.01	3.64	3.67	0.04	3.63	3.61	0.04	3.58	3.58	0.00
	3.66			3.71			3.64			3.58		
50:50	3.73			3.63			3.61			3.58		
	3.76	3.74	0.02	3.66	3.66	0.03	3.61	3.61	0.01	3.58	3.58	0.00
	3.74			3.68			3.60			3.58		
70:30	3.76			3.66			3.57			3.53		
	3.77	3.79	0.04	3.66	3.66	0.01	3.59	3.57	0.02	3.53	3.53	0.00
	3.83			3.67			3.55			3.53		

Dilución	0 h	24 h	48 h	72 h
30:70	3.67	3.65	3.57	3.58
	3.67	3.64	3.63	3.58
	3.66	3.71	3.64	3.58
50:50	3.73	3.63	3.61	3.58
	3.76	3.66	3.61	3.58
	3.74	3.68	3.60	3.58
70:30	3.76	3.66	3.57	3.53
	3.77	3.66	3.59	3.53
	3.83	3.67	3.55	3.53

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra (Dilución)	0.00137222	2	0.00068611	1.452941176	0.253727788	3.402826105
Columnas (Tiempo)	0.15071944	3	0.05023981	106.3901961	5.33548E-14	3.00878657
Interacción	0.02920556	6	0.00486759	10.30784314	1.14267E-05	2.508188823
Dentro del grupo	0.01133333	24	0.00047222			
Total	0.19263056	35				

Dilución	0	24	48	72
30:70	1.0272	1.0232	1.0146	0.9983
	1.0307	1.0233	1.0079	0.9984
	1.0273	1.0252	1.0079	0.9975
50:50	1.0192	1.0174	1.0096	0.9981
	1.0194	1.0192	1.0093	0.9983
	1.0195	1.0179	1.0097	0.9979
70:30	1.0144	1.0116	1.0049	1.0016
	1.0146	1.0086	1.0051	1.0002
	1.0147	1.0088	1.0047	0.9986

**Universidad de San Carlos de Guatemala
 Dirección General de Investigación
 Coordinación de Programas**

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra (Dilución)	0.00036723	2	0.00018361	84.42180336	1.38061E-11	3.402826105
Columnas (Tiempo)	0.00263061	3	0.00087687	403.1672808	1.17537E-20	3.00878657
Interacción	0.00029471	6	4.9119E-05	22.58389001	9.0891E-09	2.508188823
Dentro del grupo	5.2199E-05	24	2.175E-06			
Total	0.00334475	35				

Dilución	0 h	24 h	48 h	72 h
30:70	6.70	6.00	3.90	2.40
	6.50	6.50	4.10	2.40
	6.80	6.60	4.40	2.40
50:50	4.80	4.60	3.10	1.50
	4.90	4.90	3.00	1.50
	4.90	4.80	3.00	1.50
70:30	3.00	2.80	1.60	1.30
	2.90	2.80	1.70	1.30
	2.80	2.80	1.70	1.30

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra (Dilución)	44.555	2	22.2775	1145.7	1.53823E-24	3.402826105
Columnas (Tiempo)	58.0866667	3	19.3622222	995.7714286	2.637E-25	3.00878657
Interacción	7.11166667	6	1.18527778	60.95714286	2.40667E-13	2.508188823
Dentro del grupo	0.46666667	24	0.01944444			
Total	110.22	35				

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas

ANEXO 5: TABLAS DE RESULTADOS OBJETIVO 4: DETERMINAR LOS PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL JUGO DEL EJE CON BASE A LA PROPORCIÓN, DILUCIÓN Y TIEMPO DE FERMENTACIÓN

Dilución	Réplicas	Tiempo de Fermentación (h)								
		24 h			48 h			72 h		
		Población de BAL (UFC/mL)	Población de BAL Promedio (UFC/mL)	Log10 Población de BAL	Población de BAL (UFC/mL)	Población de BAL Promedio (UFC/mL)	Log10 Población de BAL	Población de BAL (UFC/mL)	Población de BAL Promedio (UFC/mL)	Log10 Población de BAL
30:70	Primera	1.10E+08	1.35E+08	8.1303	3.40E+08	8.70E+08	8.9395	4.10E+11	2.25E+11	11.3512
	Segunda	1.60E+08			1.40E+09			3.90E+10		
50:50	Primera	2.50E+08	1.85E+08	8.2672	9.90E+08	9.60E+08	8.9823	6.70E+11	5.90E+11	11.7709
	Segunda	1.20E+08			9.30E+08			5.10E+11		
70:30	Primera	6.70E+09	7.80E+09	9.8921	5.70E+08	3.31E+08	8.5192	1.20E+06	8.90E+05	5.9494
	Segunda	8.90E+09			9.10E+07			5.80E+05		

Dilución	Réplicas	Tiempo de Fermentación (h)								
		24			48			72		
		Población de Levaduras (UFC/mL)	Población de Levaduras Promedio (UFC/mL)	Log10 Población de Levaduras	Población de Levaduras (UFC/mL)	Población de Levaduras Promedio (UFC/mL)	Log10 Población de Levaduras	Población de Levaduras (UFC/mL)	Población de Levaduras Promedio (UFC/mL)	Log10 Población de Levaduras
30:70	Primera	3.60E+07	4.20E+07	7.62324929	3.50E+08	3.25E+08	8.51188336	5.10E+09	7.10E+09	9.85125835
	Segunda	4.80E+07			3.00E+08			9.10E+09		
50:50	Primera	9.30E+09	5.70E+09	9.75587486	5.20E+09	4.00E+09	9.60205999	1.90E+10	2.20E+10	10.3424227
	Segunda	2.10E+09			2.80E+09			2.50E+10		
70:30	Primera	4.60E+10	5.05E+10	10.7032914	1.20E+09	1.05E+09	9.01911629	4.30E+06	4.80E+06	6.68124124
	Segunda	5.50E+10			8.90E+08			5.30E+06		

Dilución	0 h	24 h	48 h	72 h
30:70	0	1.10E+08	3.40E+08	4.10E+11
	0	1.60E+08	1.40E+09	3.90E+10
50:50	0	2.50E+08	9.90E+08	6.70E+11
	0	1.20E+08	9.30E+08	5.10E+11
70:30	0	6.70E+09	5.70E+08	1.20E+06
	0	8.90E+09	9.10E+07	5.80E+05

**Universidad de San Carlos de Guatemala
 Dirección General de Investigación
 Coordinación de Programas**

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra (Dilución)	8.6808E+22	2	4.3404E+22	6.381104413	0.012952428	3.885293835
Columnas (Tiempo)	3.2894E+23	3	1.0965E+23	16.12004921	0.000164902	3.490294819
Interacción	2.68E+23	6	4.4666E+22	6.566634449	0.002904698	2.996120378
Dentro del grupo	8.1624E+22	12	6.802E+21			
Total	7.6537E+23	23				

Dilución	0 h	24 h	48 h	72 h
30:70	0	3.60E+07	3.50E+08	5.10E+09
	0	4.80E+07	3.00E+08	9.10E+09
50:50	0	9.30E+09	5.20E+09	1.90E+10
	0	2.10E+09	2.80E+09	2.50E+10
70:30	0	4.60E+10	1.20E+09	4.30E+06
	0	5.50E+10	8.90E+08	5.30E+06

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Muestra (Dilución)	4.8742E+20	2	2.4371E+20	30.67189671	1.91826E-05	3.885293835
Columnas (Tiempo)	1.3211E+21	3	4.4038E+20	55.42296628	2.64838E-07	3.490294819
Interacción	3.0885E+21	6	5.1476E+20	64.78382698	1.91747E-08	2.996120378
Dentro del grupo	9.5349E+19	12	7.9458E+18			
Total	4.9925E+21	23				

**Universidad de San Carlos de Guatemala
 Dirección General de Investigación
 Coordinación de Programas**

**ANEXO 6: TABLAS DE RESULTADOS OBJETIVO 5: EVALUAR PROPIEDADES ORGANOLÉPTICAS
 DEL JUGO DEL EJE DE INFLORESCENCIA DE PIÑA FERMENTADA CON BASE AL CONTENIDO DE
 FIBRA INSOLUBLE EN FUNCIÓN DEL TAMAÑO DE PARTICULA**

**PROYECTO DIGI 7.24
 EVALUACIÓN SENSORIAL
 BEBIDA PROBIÓTICA**

BEBIDA: 24 horas de fermentación
FECHA: Jueves 04 de diciembre de 2014
HORA: 11:00 a 13:00 horas
POBLACIÓN: 17 evaluados
CURSO: Laboratorio Análisis Cuantitativo
 Vacaciones Diciembre 2014

NO.	CODIGO BEBIDA	DATOS DE LA POBLACIÓN		VALORACIÓN DE LA BEBIDA			
		EDAD	GENERO M/F	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA
1	1	27-29	F	4	4	4	4
2	1	18-20	M	4	4	4	4
3	1	21-23	F	4	5	5	4
4	1	18-20	M	4	4	5	3
5	1	21-23	M	5	5	5	4
6	1	18-20	F	5	5	4	4
7	1	30-32	F	4	4	4	4
8	2	30-32	F	4	4	4	4
9	2	27-29	F	5	5	4	4
10	2	18-20	M	3	4	4	4
11	2	18-20	M	4	4	4	4
12	2	21-23	F	5	4	5	4
13	2	18-20	F	4	4	5	4
14	2	21-23	M	5	4	5	4
15	3	27-29	F	5	5	5	5
16	3	X	X	5	5	4	3
17	3	X	M	4	5	5	5
18	3	18-20	M	5	5	5	4
19	3	18-20	X	5	5	4	3
20	3	27-29	F	5	5	5	5
21	4	24-26	F	4	3	2	3
22	4	X	X	4	4	3	4
23	4	X	M	4	4	5	4
24	4	18-20	M	4	4	5	5
25	4	24-26	F	5	4	4	5
26	4	18-20	M	5	5	4	4

**Universidad de San Carlos de Guatemala
 Dirección General de Investigación
 Coordinación de Programas**

BEBIDA: 48 horas de fermentación
FECHA: Viernes 05 de diciembre de 2014
HORA: 13:00 a 15:00 horas
POBLACIÓN: 22 evaluados
CURSO: Laboratorio Química 4
 Vacaciones Diciembre 2014

NO.	CODIGO BEBIDA	DATOS DE LA POBLACIÓN		VALORACIÓN DE LA BEBIDA			
		EDAD	GENERO M/F	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA
1	1	21-23	F	4	1	2	4
2	1	27-29	F	4	3	3	4
3	1	X	X	4	4	3	4
4	1	18-20	F	4	3	4	4
5	1	21-23	M	4	3	2	3
6	1	18-20	M	5	5	5	5
7	1	18-20	M	4	4	3	2
8	1	18-20	F	4	4	5	5
9	1	27-29	F	5	3	1	1
10	2	21-23	F	3	2	1	4
11	2	27-29	F	4	2	2	4
12	2	18-20	F	4	5	4	4
13	2	21-23	F	4	4	4	5
14	2	18-20	M	4	4	3	1
15	2	18-20	F	4	4	4	4
16	2	18-20	M	4	4	4	2
17	2	30-32	M	4	4	4	4
18	3	21-23	F	1	2	3	2
19	3	27-29	F	4	2	2	4
20	3	18-20	F	4	2	4	5
21	3	18-20	M	3	3	2	2
22	3	18-20	F	4	4	5	4
23	3	18-20	F	4	4	4	5
24	3	24-26	F	4	3	2	2
25	4	21-23	F	2	2	3	1
26	4	27-29	F	4	3	3	4
27	4	18-20	M	4	4	4	2
28	4	21-23	F	4	4	5	3
29	4	X	X	4	4	5	5
30	4	18-20	M	4	4	4	4
31	4	21-23	M	4	3	5	4
32	4	21-23	M	4	1	1	1

**Universidad de San Carlos de Guatemala
 Dirección General de Investigación
 Coordinación de Programas**

BEBIDA: 24 HORAS DE FERMENTACIÓN

CODIGO BEBIDA	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA	PROMEDIO GENERAL	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
1	4	4	4	4		
1	4	4	4	4		
1	4	5	5	4		
1	4	4	5	3		
1	5	5	5	4		
1	5	5	4	4		
1	4	4	4	4		
PROMEDIO BEBIDA 1	4.29	4.43	4.43	3.86	4.25	0.52

CODIGO BEBIDA	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA	PROMEDIO GENERAL	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
2	4	4	4	4		
2	5	5	4	4		
2	3	4	4	4		
2	4	4	4	4		
2	5	4	5	4		
2	4	4	5	4		
2	5	4	5	4		
PROMEDIO BEBIDA 2	4.29	4.14	4.43	4.00	4.21	0.50

CODIGO BEBIDA	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA	PROMEDIO GENERAL	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
3	5	5	5	5		
3	5	5	4	3		
3	4	5	5	5		
3	5	5	5	4		
3	5	5	4	3		
3	5	5	5	5		
PROMEDIO BEBIDA 3	4.83	5.00	4.67	4.17	4.67	0.64

CODIGO BEBIDA	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA	PROMEDIO GENERAL	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
4	4	3	2	3		
4	4	4	3	4		
4	4	4	5	4		
4	4	4	5	5		
4	5	4	4	5		
4	5	5	4	4		
PROMEDIO BEBIDA 4	4.33	4.00	3.83	4.17	4.08	0.78

**Universidad de San Carlos de Guatemala
 Dirección General de Investigación
 Coordinación de Programas**

BEBIDA 24 hrs. PROMEDIOS

BEBIDA TIPO 1	4.25	0.52
BEBIDA TIPO 2	4.21	0.50
BEBIDA TIPO 3	4.67	0.64
BEBIDA TIPO 4	4.08	0.78

FERMENTACIÓN

BEBIDA	24 HORAS		48 HORAS	
	PROMEDIO	DESV. ESTÁNDAR	PROMEDIO	DESV. ESTÁNDAR
Tipo 1	4.25	0.52	3.56	1.16
Tipo 2	4.21	0.50	3.56	1.01
Tipo 3	4.67	0.64	3.21	1.13
Tipo 4	4.08	0.78	3.41	1.21

ANEXO 7: TABLAS DE RESULTADOS OBJETIVO 6: CALCULAR LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA PROTEOLICA CON BASE A LA TEMPERATURA DE SECADO Y A LA FUNCIÓN DEL TIPO DE PRESERVANTE

No.	Pastilla (g)	Actividad Enzimatica (GDU)	Bromelina (mg)	Caseina precipitada (g)
1	0.0625	250	21.8	0.145
2	0.125	500	43.63	0.391
3	0.25	1000	87.26	0.456
4	0.5	2000	174.53	0.71
5	1	4000	349.06	0.96
6	1.5	6000	523.59	1.36
7	2	8000	698.13	1.66
8	2.5	10000	872.66	1.97
9	3	12000	1047.19	2.32
10	3.5	14000	1222.32	2.68

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas

Eje de la Inflorescencia												
Temperatura (°C)	Preservante (%)	Humedad Relativa (%)	Humedad Relativa (%)	Desv. Estándar (%)	Caseína Precipitada (g)	Actividad Enzimática (GDU/g)	Actividad Enzimática (GDU/g)	Desv. Estándar (GDU/g)	Bromelina (mg/g)	Bromelina (mg/g)	Desv. Estándar (mg/g)	
30	1	10.3	10.33	0.15	1.532	7285.08			635.76			
		10.2			1.542	7348.55	7282.92	66.73	641.30	635.57	5.82	
		10.5			1.521	7215.14			629.66			
	2	10.6	10.87	0.25	1.567	7506.78			655.10			
		11.1			1.946	7373.91	7487.73	105.59	643.51	653.44	9.21	
		10.9			1.579	7582.49			661.71			
	3	11.3	11.33	0.06	1.634	7927.38			691.80			
		11.3			1.638	7952.32	7939.85	12.47	693.98	692.89	1.09	
		11.4			1.636	7939.85			692.89			
40	1	9.5	9.60	0.17	1.321	5926.74			517.24			
		9.5			1.324	5946.22	5976.52	70.03	518.94	521.59	6.11	
		9.8			1.341	6056.60			528.57			
	2	10.4	10.20	0.17	1.231	5341.56			466.18			
		10.1			1.224	5296.06	5352.40	62.47	462.21	467.13	5.45	
		10.1			1.243	5419.58			472.99			
	3	10.4	10.47	0.06	1.189	5068.77			442.38			
		10.5			1.186	5049.30	5068.77	19.46	440.68	442.38	1.70	
		10.5			1.192	5088.23			444.07			
50	1	9.3	9.93	0.71	1.134	4712.75			411.31			
		10.7			1.135	4719.20	4719.20	6.46	411.87	411.87	0.56	
		9.8			1.136	4725.66			412.43			
	2	10.3	10.37	0.12	1.132	4699.84			410.18			
		10.3			1.135	4719.20	4717.05	16.25	411.87	411.68	1.42	
		10.5			1.137	4732.12			413.00			
	3	9.7	10.17	0.42	1.145	4783.80			417.51			
		10.5			1.146	4790.26	4792.42	9.87	418.07	418.26	0.86	
		10.3			1.148	4803.19			419.20			

Cáscara												
Temperatura (°C)	Preservante (%)	Humedad Relativa (%)	Humedad Relativa (%)	Desv. Estándar (%)	Caseína Precipitada (g)	Actividad Enzimática (GDU/g)	Actividad Enzimática (GDU/g)	Desv. Estándar (GDU/g)	Bromelina (mg/g)	Bromelina (mg/g)	Desv. Estándar (mg/g)	
30	1	10.7	10.77	0.12	0.932	3434.23			299.72			
		10.9			0.943	3502.04	3483.56	43.16	305.64	304.03	3.77	
		10.7			0.945	3514.40			306.72			
	2	10.3	10.20	0.10	0.932	3434.23			299.72			
		10.2			0.932	3434.23	3415.98	96.50	299.72	298.13	8.42	
		10.1			0.912	3311.66			289.02			
	3	10.8	10.70	0.10	0.971	3675.83			320.81			
		10.7			0.983	3750.79	3671.79	81.11	327.35	320.46	7.08	
		10.6			0.957	3588.73			313.21			
40	1	10.4	10.30	0.10	0.983	3750.79			327.35			
		10.3			0.943	3502.04	3605.59	129.50	305.64	314.68	11.30	
		10.2			0.953	3563.92			311.04			
	2	10.8	10.63	0.15	0.994	3819.75			333.37			
		10.6			0.995	3826.03	3826.03	6.28	333.92	333.92	0.55	
		10.5			0.996	3832.31			334.47			
	3	10.1	10.17	0.06	1.01	3920.43			342.16			
		10.20			1.01	3920.43	3962.57	73.00	342.16	345.84	6.37	
		10.2			1.03	4046.87			353.19			
50	1	9.7	9.70	0.10	0.983	3750.79			327.35			
		9.6			0.982	3744.54	3744.54	6.26	326.81	326.81	0.55	
		9.8			0.981	3738.28			326.26			
	2	9.3	9.33	0.06	0.982	3744.54			326.81			
		9.3			0.983	3750.79	3750.79	6.26	327.35	327.35	0.55	
		9.4			0.984	3757.05			327.90			
	3	9.6	9.70	0.10	0.975	3700.79			322.99			
		9.7			0.965	3638.45	3688.34	44.97	317.55	321.90	3.93	
		9.8			0.979	3725.77			325.17			

Eje de la Inflorescencia							
Temperatura (°C)	Preservante (%)	Humedad Relativa (%)	Desv. Estándar (%)	Actividad Enzimática (MCU/g)	Desv. Estándar (MCU/g)	Bromelina (mg/g)	Desv. Estándar (mg/g)
30	1	10.33	0.15	7282.92	66.73	635.57	5.82
	2	10.87	0.25	7487.73	105.59	653.44	9.21
	3	11.33	0.06	7939.85	12.47	692.89	1.09
40	1	9.60	0.17	5976.52	70.03	521.59	6.11
	2	10.20	0.17	5352.40	62.47	467.13	5.45
	3	10.47	0.06	5068.77	19.46	442.38	1.70
50	1	9.93	0.71	4719.20	6.46	411.87	0.56
	2	10.37	0.12	4717.05	16.25	411.68	1.42
	3	10.17	0.42	4792.42	9.87	418.26	0.86

**Universidad de San Carlos de Guatemala
 Dirección General de Investigación
 Coordinación de Programas**

Cáscara

Temperatura (°C)	Preservante (%)	Humedad Relativa (%)	Desv. Estándar (%)	Actividad Enzimática (MCU/g)	Desv. Estándar (MCU/g)	Bromelina (mg/g)	Desv. Estándar (mg/g)
30	1	10.77	0.12	3483.56	43.16	304.03	3.77
	2	10.20	0.10	3415.98	96.50	298.13	8.42
	3	10.70	0.10	3671.79	81.11	320.46	7.08
40	1	10.30	0.10	3605.59	129.50	314.68	11.30
	2	10.63	0.15	3826.03	6.28	333.92	0.55
	3	10.17	0.06	3962.57	73.00	345.84	6.37
50	1	9.70	0.10	3744.54	6.26	326.81	0.55
	2	9.33	0.06	3750.79	6.26	327.35	0.55
	3	9.70	0.10	3688.34	44.97	321.90	3.93

Eje de la Inflorescencia

Temperatura (°C)	Preservante (%)	Humedad Relativa (%)	Actividad Enzimática (GDU/g)	Bromelina (mg/g)
30	1	10.33 ± 0.15	7282.92 ± 66.73	635.57 ± 5.82
	2	10.87 ± 0.25	7487.73 ± 105.59	653.44 ± 9.21
	3	11.33 ± 0.06	7939.85 ± 12.47	692.88 ± 1.09
40	1	9.60 ± 0.17	5976.52 ± 70.03	521.58 ± 6.11
	2	10.20 ± 0.17	5352.40 ± 62.47	467.13 ± 5.45
	3	10.47 ± 0.06	5068.77 ± 19.46	442.38 ± 1.70
50	1	9.93 ± 0.71	4719.20 ± 6.46	411.87 ± 0.56
	2	10.37 ± 0.12	4717.05 ± 16.25	411.68 ± 1.42
	3	10.17 ± 0.42	4792.42 ± 9.87	418.26 ± 0.86

Cáscara

Temperatura (°C)	Preservante (%)	Humedad Relativa (%)	Actividad Enzimática (GDU/g)	Bromelina (mg/g)
30	1	10.77 ± 0.12	3483.56 ± 43.16	304.03 ± 3.77
	2	10.20 ± 0.10	3415.98 ± 96.50	298.13 ± 8.42
	3	10.70 ± 0.10	3671.79 ± 81.11	320.46 ± 7.08
40	1	10.30 ± 0.10	3605.59 ± 129.50	314.68 ± 11.30
	2	10.63 ± 0.15	3826.03 ± 6.28	333.92 ± 0.55
	3	10.17 ± 0.06	3962.57 ± 73.00	345.84 ± 6.37
50	1	9.70 ± 0.10	3744.54 ± 6.26	326.81 ± 0.55
	2	9.33 ± 0.06	3750.79 ± 6.26	327.35 ± 0.55
	3	9.70 ± 0.10	3688.34 ± 44.97	321.90 ± 3.93

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas

Eje	Preservante (%)	30 °C	40 °C	50 °C
	1	7285.08	5926.74	4712.75
	1	7348.55	5946.22	4719.20
	1	7215.14	6056.60	4725.66
	2	7506.78	5341.56	4699.84
	2	7373.91	5296.06	4719.20
	2	7582.49	5419.58	4732.12
	3	7927.38	5068.77	4783.80
	3	7952.32	5049.30	4790.26
	3	7939.85	5088.23	4803.19

ANÁLISIS DE VARIANZA							
Eje	Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
	Muestra (Preservante)	89546.9195	2	44773.4597	15.89808236	0.000105363	3.554557146
Columnas (Temperatura)	38832519.5	2	19416259.7	6894.291803	1.08812E-26	3.554557146	
Interacción	1893405.07	4	473351.268	168.0767465	5.442E-14	2.927744173	
Dentro del grupo	50693.0495	18	2816.28053				
Total	40866164.5	26					

Cáscara	Preservante (%)	30 °C	40 °C	50 °C
	1	3434.23	3750.79	3750.79
	1	3502.04	3502.04	3744.54
	1	3514.40	3563.92	3738.28
	2	3502.04	3819.75	3744.54
	2	3434.23	3826.03	3750.79
	2	3311.66	3832.31	3757.05
	3	3675.83	3920.43	3700.79
	3	3750.79	3920.43	3638.45
	3	3588.73	4046.87	3725.77

ANÁLISIS DE VARIANZA							
Cáscara	Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
	Muestra (Preservante)	124429.391	2	62214.6956	13.33384212	0.000280228	3.554557146
Columnas (Temperatura)	365464.68	2	182732.34	39.16316154	2.7781E-07	3.554557146	
Interacción	182782.054	4	45695.5135	9.793454064	0.000217765	2.927744173	
Dentro del grupo	83986.6342	18	4665.92412				
Total	756662.759	26					

**Universidad de San Carlos de Guatemala
 Dirección General de Investigación
 Coordinación de Programas**

Preservante (%)	Temperatura (°C)	Actividad Enzimática del Eje de la Inflorescencia (MCU)	Actividad Enzimática de la Cáscara (MCU)
1	30	7285.08	3434.23
	30	7348.55	3502.04
	30	7215.14	3514.40
	40	5926.74	3750.79
	40	5946.22	3502.04
	40	6056.60	3563.92
	50	4712.75	3750.79
	50	4719.20	3744.54
	50	4725.66	3738.28

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>n de las variacma de cuadraaados de libertadio de los cuac</i>		<i>F</i>	<i>Probabilidad ilor crítico para</i>			
Muestra	3978044.52	2	1989022.26	425.106596	7.2677E-12	3.88529383
Columnas	25525277.5	1	25525277.5	5455.42604	2.5241E-17	4.74722535
Interacción	5984435.64	2	2992217.82	639.515986	6.4486E-13	3.88529383
Dentro del gru	56146.5462	12	4678.87885			
Total	35543904.2	17				

Preservante (%)	Temperatura (°C)	Actividad Enzimática del Eje de la Inflorescencia (MCU)	Actividad Enzimática de la Cáscara (MCU)
2	30	7506.78	3502.04
	30	7373.91	3434.23
	30	7582.49	3311.66
	40	5341.56	3819.75
	40	5296.06	3826.03
	40	5419.58	3832.31
	50	4699.84	3744.54
	50	4719.20	3750.79
	50	4732.12	3757.05

**Universidad de San Carlos de Guatemala
 Dirección General de Investigación
 Coordinación de Programas**

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>n de las variacma de cuadraados de libertdio de los cuac</i>		<i>F</i>	<i>Probabilidad llor crítico para</i>			
Muestra	4707458.07	2	2353729.03	571.64531	1.2559E-12	3.88529383
Columnas	21545580.2	1	21545580.2	5232.73058	3.2396E-17	4.74722535
Interacción	8218373.86	2	4109186.93	997.989744	4.5555E-14	3.88529383
Dentro del gru	49409.569	12	4117.46409			
Total	34520821.7					17

Preservante (%)	Temperatura (°C)	Actividad Enzimática del	Actividad Enzimática de
		Eje de la Inflorescencia (MCU)	la Cáscara (MCU)
3	30	7927.38	3675.83
	30	7952.32	3750.79
	30	7939.85	3588.73
	40	5068.77	3920.43
	40	5049.30	3920.43
	40	5088.23	4046.87
	50	4783.80	3700.79
	50	4790.26	3638.45
	50	4803.19	3725.77

ANEXO 8: TABLAS DE RESULTADOS OBJETIVO 7: DETERMINAR LA COLORACIÓN DEL EJE DE INFLORESCENCIA DE PIÑA DESECADA EN FUNCIÓN DE LA PROPORCIÓN DE PRESERVANTES

MUESTREO 9

curvas de secado cascara		10% HUMEDAD		
HORA	TEMPERATURAS			
	30oC	40oC	50oC	
9	184	188	187	
11	165	150	173	
13	150	144	157	
15	145	137	141	
17	128	125	124	
19	115	118	108	
8	117	122	112	
10	101	109	101	
12	95	93	86	
14	83	84	77	
16	82	83		
18	82			

curvas de secado eje		10% HUMEDAD		
HORA	TEMPERATURA			
	30oC	40oC	50oC	
9	144	160	189	
11	129	145	175	
13	117	138	166	
15	113	127	155	
17	100	119	147	
19	93	104	132	
8	99	107	135	
10	89	96	121	
12	87	87	105	
14	76	83	91	
16	70			
18	73			

**Universidad de San Carlos de Guatemala
 Dirección General de Investigación
 Coordinación de Programas**

MUESTREO 10

curvas de secado EJE		10% HUMEDAD		
HORA	TEMPERATURAS			50
	30oC	40oC	50	
9	188	183	191	
11	175	179	182	
13	161	159	166	
15	150	142	149	
17	134	131	127	
19	123	120	119	
8	127	123	121	
10	117	112	109	
12	107	89	85	
14	93	81	79	
16	80			
18				

MUESTREO 11

curvas de secado EJE		10% HUMEDAD		
HORA	TEMPERATURAS			60oC
	40oC	50oC	60oC	
9	191	190	182	
11	185	167	177	
13	176	151	164	
15	169	144	147	
17	153	129	125	
19	137	108	119	
8	139	115	125	
10	122	109	106	
12	109	90	79	
14	93	88		
16	85	80		
18	84			

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas

MEDICIONES DE COLOR DE LAS MUESTRAS																											
EJE 600c					EJE 400c					EJE 500c					EJE 300c												
MET6P2					MET6P4					MET5P1					MET3P2												
L	66.04	65.47	63.19	65.23	65.29	67.31	L	61.52	64.45	63.77	63.69	63.73	63.39	L	65	65.91	66.3	66.38	66.67	64.67	L	62.1	62.13	62.14	62.14	62.15	62.14
A	9.99	10.27	11.24	13.13	13.38	12.05	A	10.71	6.82	6.87	7.97	7.24	6.9	A	7.89	8.35	8.2	8.19	7.96	8.3	A	11.3	11.7	11.76	11.76	11.78	11.76
B	18.13	16.53	20.21	24.01	23.52	21.77	B	32.46	29.97	29.49	29.11	28.62	28.82	B	17.3	17.88	17.49	17.39	17.41	28.05	B	19.2	19.26	19.26	19.26	19.01	19.26
C	20.7	19.46	23.13	27.37	27.06	24.88	C	34.19	30.74	30.28	30.19	29.52	29.63	C	19.1	19.73	19.31	19.22	19.15	29.25	C	22.3	22.54	22.57	22.57	22.36	22.57
H	61.13	58.14	60.92	61.33	60.36	61.04	H	71.73	77.18	76.88	74.68	75.79	76.54	H	65.5	64.97	64.87	64.78	65.45	73.51	H	59.6	58.71	58.6	58.6	58.2	58.6

MEDICIONES DE COLOR DE LAS MUESTRAS																											
ARA 400c					CASCARA 60					CASCARA 50					cascara 300c												
MCT4P2					MCT6P2					MCT5P3					MCT3P3												
L	47.56	46.82	46.22	46.51	47.21	46.68	L	51.82	52.4	53.07	52.68	53.21	52.37	L	43.2	41.81	42.05	42.14	42.14	42.09	L	43.2	43.01	42.75	42.41	42.4	42.41
A	16.96	17.33	21.05	11.69	14.42	14.17	A	12.91	12.68	13.17	14.23	13.21	14.23	A	9.52	9.74	9.59	10	10	9.8	A	15.1	18.12	16.71	16.345	16.18	16.2
B	30.58	34.92	37.52	27.48	27.42	28.47	B	24.39	24.35	24.97	24.07	25.62	25.36	B	17.5	18.08	17.97	17.36	17.36	17.99	B	20	20.05	19.93	20.01	19.46	19.46
C	34.97	38.99	43.02	29.86	30.99	31.8	C	27.59	27.46	28.23	27.96	28.82	29.08	C	19.9	20.54	20.37	20.04	20.04	20.49	C	25	27.03	26.01	25.83	25.31	25.34
H	60.98	63.61	60.7	66.95	62.25	63.53	H	62.11	62.5	62.18	59.41	62.72	60.69	H	61.4	61.68	61.91	60.04	60.04	6.42	H	52.8	47.89	50.02	50.77	50.25	50.17

	30			40			50			60		
	Valor	Pomedio	Desv. Est.	Valor	Pomedio	Desv. Est.	Valor	Pomedio	Desv. Est.	Valor	Pomedio	Desv. Est.
L	62.06			61.52			64.96			66.04		
L	62.13			64.45			65.91			65.47		
L	62.14	62.13	0.03	63.77	63.43	1.00	66.30	65.82	0.82	63.19	65.42	1.34
L	62.14			63.69			66.38			65.23		
L	62.15			63.73			66.67			65.29		
L	62.14			63.39			64.67			67.31		
A	11.27			10.71			7.89			9.99		
A	11.70			6.82			8.35			10.27		
A	11.76	11.67	0.20	6.87	7.75	1.51	8.20	8.15	0.18	11.24	11.68	1.43
A	11.76			7.97			8.19			13.13		
A	11.78			7.24			7.96			13.38		
A	11.76			6.90			8.30			12.05		
B	19.21			32.46			17.34			18.13		
B	19.26			29.97			17.88			16.53		
B	19.26	19.21	0.10	29.49	29.75	1.42	17.49	19.26	4.31	20.21	20.70	2.98
B	19.26			29.11			17.39			24.01		
B	19.01			28.62			17.41			23.52		
B	19.26			28.82			28.05			21.77		
C	22.28			34.19			19.05			20.70		
C	22.54			30.74			19.73			19.46		
C	22.57	22.48	0.13	30.28	30.76	1.74	19.31	20.95	4.07	23.13	23.77	3.27
C	22.57			30.19			19.22			27.37		
C	22.36			29.52			19.15			27.06		
C	22.57			29.63			29.25			24.88		
H	59.61			71.73			65.54			61.13		
H	58.71			77.18			64.97			58.14		
H	58.60	58.72	0.47	76.88	75.47	2.04	64.87	66.52	3.44	60.92	60.49	1.20
H	58.60			74.68			64.78			61.33		
H	58.20			75.79			65.45			60.36		
H	58.60			76.54			73.51			61.04		

	30	40	50	60	30	40	50	60
	Pomedio	Pomedio	Pomedio	Pomedio	Desv	Desv	Desv	Desv
L	62.13	63.43	65.82	65.42	L	0.03	1.00	0.82
A	11.67	7.75	8.15	11.68	A	0.20	1.51	0.18
B	19.21	29.75	19.26	20.70	B	0.10	1.42	4.31
C	22.48	30.76	20.95	23.77	C	0.13	1.74	4.07
H	58.72	75.47	66.52	60.49	H	0.47	2.04	3.44

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas

	30			40			50			60		
	Valor	Pomedio	Desv. Est.	Valor	Pomedio	Desv. Est.	Valor	Pomedio	Desv. Est.	Valor	Pomedio	Desv. Est.
L	43.21			47.56			43.16			51.82		
L	43.01			46.82			41.81			52.40		
L	42.75	42.70	0.35	46.22	46.83	0.48	42.05	42.23	0.47	53.07	52.59	0.51
L	42.41			46.51			42.14			52.68		
L	42.40			47.21			42.14			53.21		
L	42.41			46.68			42.09			52.37		
<hr/>												
A	15.12			16.96			9.52			12.91		
A	18.12			17.33			9.74			12.68		
A	16.71	16.45	0.98	21.05	15.94	3.24	9.59	9.78	0.20	13.17	13.41	0.67
A	16.35			11.69			10.00			14.23		
A	16.18			14.42			10.00			13.21		
A	16.20			14.17			9.80			14.23		
<hr/>												
B	19.95			30.58			17.46			24.39		
B	20.05			34.92			18.08			24.35		
B	19.93	19.81	0.27	37.52	31.07	4.23	17.97	17.70	0.34	24.97	24.79	0.62
B	20.01			27.48			17.36			24.07		
B	19.46			27.42			17.36			25.62		
B	19.46			28.47			17.99			25.36		
<hr/>												
C	25.04			34.97			19.88			27.59		
C	27.03			38.99			20.54			27.46		
C	26.01	25.76	0.72	43.02	34.94	5.16	20.37	20.23	0.27	28.23	28.19	0.65
C	25.83			29.86			20.04			27.96		
C	25.31			30.99			20.04			28.82		
C	25.34			31.80			20.49			29.08		
<hr/>												
H	52.84			60.98			61.40			62.11		
H	47.89			63.61			61.68			62.50		
H	50.02	50.32	1.59	60.70	63.00	2.29	61.91	60.92	0.85	62.18	61.60	1.29
H	50.77			66.95			60.04			59.41		
H	50.25			62.25			60.04			62.72		
H	50.17			63.53			60.42			60.69		

	30	40	50	60		30	40	50	60
	Pomedio	Pomedio	Pomedio	Pomedio		Desv	Desv	Desv	Desv
L	42.70	46.83	42.23	52.59	L	0.35	0.48	0.47	0.51
A	16.45	15.94	9.78	13.41	A	0.98	3.24	0.20	0.67
B	19.81	31.07	17.70	24.79	B	0.27	4.23	0.34	0.62
C	25.76	34.94	20.23	28.19	C	0.72	5.16	0.27	0.65
H	50.32	63.00	60.92	61.60	H	1.59	2.29	0.85	1.29

	30	40	50	60	
Eje	62.06	61.52	64.96	66.04	
Eje	62.13	64.45	65.91	65.47	
Eje	62.14	63.77	66.3	63.19	
Eje	62.14	63.69	66.38	65.23	
Eje	62.15	63.73	66.67	65.29	
Eje	62.14	63.39	64.67	67.31	
<hr/>					
L	Cáscara	43.21	47.56	43.16	51.82
	Cáscara	43.01	46.82	41.81	52.4
	Cáscara	42.75	46.22	42.05	53.07
	Cáscara	42.41	46.51	42.14	52.68
	Cáscara	42.4	47.21	42.14	53.21
	Cáscara	42.41	46.68	42.09	52.37

**Universidad de San Carlos de Guatemala
 Dirección General de Investigación
 Coordinación de Programas**

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>n de las variacna de cuadraados de libertaddio de los cuac</i>		<i>F</i>	<i>Probabilidad ilor crítico para</i>			
Muestra	3934.94083	1	3934.94083	7323.85189	6.2867E-47	4.08474573
Columnas	283.648742	3	94.5495806	175.979044	4.4781E-23	2.8387454
Interacción	185.637317	3	61.8791056	115.171593	1.0204E-19	2.8387454
Dentro del gr	21.4911	40	0.5372775			
Total	4425.71799	47				

	30	40	50	60	
A	Eje	11.27	10.71	7.89	9.99
	Eje	11.70	6.82	8.35	10.27
	Eje	11.76	6.87	8.20	11.24
	Eje	11.76	7.97	8.19	13.13
	Eje	11.78	7.24	7.96	13.38
	Eje	11.76	6.90	8.30	12.05
	Cáscara	15.12	16.96	9.52	12.91
	Cáscara	18.12	17.33	9.74	12.68
	Cáscara	16.71	21.05	9.59	13.17
	Cáscara	16.35	11.69	10.00	14.23
	Cáscara	16.18	14.42	10.00	13.21
	Cáscara	16.20	14.17	9.80	14.23

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>n de las variacna de cuadraados de libertaddio de los cuac</i>		<i>F</i>	<i>Probabilidad ilor crítico para</i>			
Muestra	199.614026	1	199.614026	97.663139	2.713E-12	4.08474573
Columnas	164.379881	3	54.7932936	26.8081616	1.1357E-09	2.8387454
Interacción	86.6461932	3	28.8820644	14.1308361	1.9933E-06	2.8387454
Dentro del gr	81.7561375	40	2.04390344			
Total	532.396237	47				

**Universidad de San Carlos de Guatemala
 Dirección General de Investigación
 Coordinación de Programas**

	30	40	50	60	
B	Eje	19.21	32.46	17.34	18.13
	Eje	19.26	29.97	17.88	16.53
	Eje	19.26	29.49	17.49	20.21
	Eje	19.26	29.11	17.39	24.01
	Eje	19.01	28.62	17.41	23.52
	Eje	19.26	28.82	28.05	21.77
	Cáscara	19.95	30.58	17.46	24.39
	Cáscara	20.05	34.92	18.08	24.35
	Cáscara	19.93	37.52	17.97	24.97
	Cáscara	20.01	27.48	17.36	24.07
	Cáscara	19.46	27.42	17.36	25.62
	Cáscara	19.46	28.47	17.99	25.36

ANÁLISIS DE VARIANZA

	<i>n</i>	de las variacna de cuadraados de libertad	dió de los cuac	F	Probabilidad	lor crítico para
Muestra	14.9298521	1	14.9298521	2.49063206	0.12240241	4.08474573
Columnas	1047.72444	3	349.24148	58.2612622	1.1742E-14	2.8387454
Interacción	49.0359896	3	16.3453299	2.7267653	0.05670482	2.8387454
Dentro del gru	239.776117	40	5.99440292			
Total	1351.4664	47				

	30	40	50	60	
H	Eje	59.61	71.73	65.54	61.13
	Eje	58.71	77.18	64.97	58.14
	Eje	58.6	76.88	64.87	60.92
	Eje	58.6	74.68	64.78	61.33
	Eje	58.2	75.79	65.45	60.36
	Eje	58.6	76.54	73.51	61.04
	Cáscara	52.84	60.98	61.4	62.11
	Cáscara	47.89	63.61	61.68	62.5
	Cáscara	50.02	60.7	61.91	62.18
	Cáscara	50.77	66.95	60.04	59.41
	Cáscara	50.25	62.25	60.04	62.72
	Cáscara	50.17	63.53	6.42	60.69

**Universidad de San Carlos de Guatemala
 Dirección General de Investigación
 Coordinación de Programas**

ANÁLISIS DE VARIANZA

<i>n de las variacna de cuadraados de libertad</i>		<i>di de los cuac</i>		<i>F</i>	<i>Probabilidad ilor crítico para</i>	
Muestra	884.941875	1	884.941875	13.4990622	0.00069955	4.08474573
Columnas	1355.55841	3	451.852803	6.89264373	0.00075267	2.8387454
Interacción	436.221942	3	145.407314	2.21806926	0.10091836	2.8387454
Dentro del gru	2622.23217	40	65.5558042			
Total	5298.95439		47			

Parámetro	Temperatura (°C)											
	30			40			50			60		
	Valor	Pomedio	Desv. Est.	Valor	Pomedio	Desv. Est.	Valor	Pomedio	Desv. Est.	Valor	Pomedio	Desv. Est.
L	62.06			61.52			64.96			66.04		
	62.13			64.45			65.91			65.47		
	62.14	62.13	0.03	63.77	63.43	1.00	66.30	65.82	0.82	63.19	65.42	1.34
	62.14			63.69			66.38			65.23		
	62.15			63.73			66.67			65.29		
	62.14			63.39			64.67			67.31		
A	11.27			10.71			7.89			9.99		
	11.70			6.82			8.35			10.27		
	11.76	11.67	0.20	6.87	7.75	1.51	8.20	8.15	0.18	11.24	11.68	1.43
	11.76			7.97			8.19			13.13		
	11.78			7.24			7.96			13.38		
	11.76			6.90			8.30			12.05		
B	19.21			32.46			17.34			18.13		
	19.26			29.97			17.88			16.53		
	19.26	19.21	0.10	29.49	29.75	1.42	17.49	19.26	4.31	20.21	20.70	2.98
	19.26			29.11			17.39			24.01		
	19.01			28.62			17.41			23.52		
	19.26			28.82			28.05			21.77		
C	22.28			34.19			19.05			20.70		
	22.54			30.74			19.73			19.46		
	22.57	22.48	0.13	30.28	30.76	1.74	19.31	20.95	4.07	23.13	23.77	3.27
	22.57			30.19			19.22			27.37		
	22.36			29.52			19.15			27.06		
	22.57			29.63			29.25			24.88		
H	59.61			71.73			65.54			61.13		
	58.71			77.18			64.97			58.14		
	58.60	58.72	0.47	76.88	75.47	2.04	64.87	66.52	3.44	60.92	60.49	1.20
	58.60			74.68			64.78			61.33		
	58.20			75.79			65.45			60.36		
	58.60			76.54			73.51			61.04		

Universidad de San Carlos de Guatemala
Dirección General de Investigación
Coordinación de Programas

Parámetro	Temperatura (°C)											
	30			40			50			60		
	Valor	Pomedio	Desv. Est.	Valor	Pomedio	Desv. Est.	Valor	Pomedio	Desv. Est.	Valor	Pomedio	Desv. Est.
L	43.21			47.56			43.16			51.82		
	43.01			46.82			41.81			52.40		
	42.75			46.22			42.05			53.07		
	42.41	42.70	0.35	46.51	46.83	0.48	42.14	42.23	0.47	52.68	52.59	0.51
	42.40			47.21			42.14			53.21		
	42.41			46.68			42.09			52.37		
A	15.12			16.96			9.52			12.91		
	18.12			17.33			9.74			12.68		
	16.71			21.05			9.59			13.17		
	16.35	16.45	0.98	11.69	15.94	3.24	10.00	9.78	0.20	14.23	13.41	0.67
	16.18			14.42			10.00			13.21		
	16.20			14.17			9.80			14.23		
B	19.95			30.58			17.46			24.39		
	20.05			34.92			18.08			24.35		
	19.93			37.52			17.97			24.97		
	20.01	19.81	0.27	27.48	31.07	4.23	17.36	17.70	0.34	24.07	24.79	0.62
	19.46			27.42			17.36			25.62		
	19.46			28.47			17.99			25.36		
C	25.04			34.97			19.88			27.59		
	27.03			38.99			20.54			27.46		
	26.01			43.02			20.37			28.23		
	25.83	25.76	0.72	29.86	34.94	5.16	20.04	20.23	0.27	27.96	28.19	0.65
	25.31			30.99			20.04			28.82		
	25.34			31.80			20.49			29.08		
H	52.84			60.98			61.40			62.11		
	47.89			63.61			61.68			62.50		
	50.02			60.70			61.91			62.18		
	50.77	50.32	1.59	66.95	63.00	2.29	60.04	60.92	0.85	59.41	61.60	1.29
	50.25			62.25			60.04			62.72		
	50.17			63.53			60.42			60.69		

Parámetro	Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
L	Muestra (Residuo)	3934.9408	1	3934.9408	7323.8519	6.28668E-47	4.0847
	Columnas (Temperatura)	283.6487	3	94.5496	175.9790	4.47813E-23	2.8387
	Interacción	185.6373	3	61.8791	115.1716	1.02039E-19	2.8387
	Dentro del grupo	21.4911	40	0.5373			
	Total	4425.7180	47				
A	Muestra (Residuo)	199.6140	1	199.6140	97.6631	2.71297E-12	4.0847
	Columnas (Temperatura)	164.3799	3	54.7933	26.8082	1.13574E-09	2.8387
	Interacción	86.6462	3	28.8821	14.1308	1.99334E-06	2.8387
	Dentro del grupo	81.7561	40	2.0439			
	Total	532.3962	47				
B	Muestra (Residuo)	14.9299	1	14.9299	2.4906	0.122402405	4.0847
	Columnas (Temperatura)	1047.7244	3	349.2415	58.2613	1.17421E-14	2.8387
	Interacción	49.0360	3	16.3453	2.7268	0.056704818	2.8387
	Dentro del grupo	239.7761	40	5.9944			
	Total	1351.4664	47				
C	Muestra (Residuo)	93.3534	1	93.3534	12.8939	0.000891303	4.0847
	Columnas (Temperatura)	955.8583	3	318.6194	44.0074	9.68544E-13	2.8387
	Interacción	51.5807	3	17.1936	2.3748	0.084437592	2.8387
	Dentro del grupo	289.6052	40	7.2401			
	Total	1390.3976	47				
H	Muestra (Residuo)	884.9419	1	884.9419	13.4991	0.000699554	4.0847
	Columnas (Temperatura)	1355.5584	3	451.8528	6.8926	0.000752672	2.8387
	Interacción	436.2219	3	145.4073	2.2181	0.100918358	2.8387
	Dentro del grupo	2622.2322	40	65.5558			
	Total	5298.9544	47				