

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



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Determinación de la temperatura óptima de pasteurización para la reducción de la oxidación etanólica en bebida fermentada a base de piña (*Ananas comosus*).

Presentado por:

Lilian Alejandra Castañeda de León

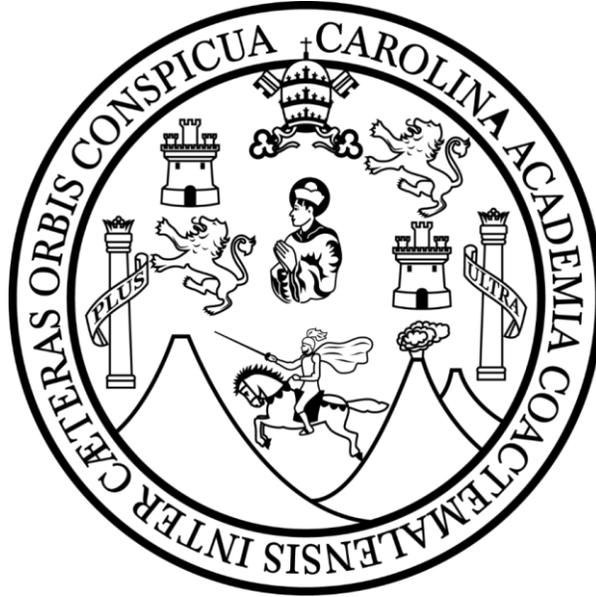
Carné No. 201640849

Cui: 3341433571001

lcastanedaale@gmail.com

Mazatenango Suchitepéquez, Marzo de 2025.

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



TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Determinación de la temperatura óptima de pasteurización para la reducción de la oxidación etanólica en bebida fermentada a base de piña (*Ananas comosus*).

Presentado por:

Lilian Alejandra Castañeda de León

Carné No. 201640849

Asesores:

Ing. Marvin Manolo Sánchez López

Q.B. Gladys Floriselda Calderón Castilla

Mazatenango Suchitepéquez, Marzo de 2025.

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE**

M.A. Walter Ramiro Mazariegos Biolis

Rector

Lic. Luis Fernando Cordón Lucero

Secretario General

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

M.A. Luis Carlos Muñoz López

Director en Funciones

REPRESENTANTE DE PROFESORES

MSc. Edgar Roberto del Cid Chacón

Vocal

REPRESENTANTE GRADUADO DEL CUNSUROC

Lic. Vílser Josvin Ramírez Robles

Vocal

REPRESENTANTES ESTUDIANTILES

TPA. Angélica Magaly Domínguez Curiel

Vocal

PEM y TAE. Rony Roderico Alonzo Solís

Vocal

COORDINACIÓN ACADÉMICA

MSc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar Coordinador
Académico

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

M.A. Rita Elena Rodríguez Rodríguez Coordinadora Carrera
de Licenciatura en Trabajo Social

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

MSc. Víctor Manuel Nájera Toledo
Coordinador Carrera Ingeniería en Alimentos

MSc. Martín Salvador Sánchez Cruz Coordinador Carrera
Ingeniería Agronomía Tropical

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

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

Lic. José Felipe Martínez Domínguez Coordinador
de Área

CARRERAS PLAN FIN DE SEMANA

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

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

Dedicatoria

A Dios

Quien ha sido mi guía, mi fortaleza y mi fuente inagotable de inteligencia y sabiduría. A Ti, Señor, te entrego este logro, porque en cada paso de este camino estuviste conmigo, sosteniéndome con tu amor y llenando mi vida de propósito. Cada reto superado, cada enseñanza aprendida y cada meta alcanzada fueron posibles gracias a tu gracia infinita. Esta victoria es tuya, porque sin ti nada sería posible. A ti sea toda la gloria y el honor, hoy y siempre.

A mis padres

Por su amor incondicional, sacrificio y apoyo inquebrantable. Gracias por ser mi pilar y mi mayor inspiración en este camino.

A mi novio

Por su dedicación, paciencia y entrega. Su apoyo y esfuerzo fueron fundamentales para la ejecución de mi proyecto.

A mis asesores

MSc. Marvin Sánchez y Q.B. Gladys Floriselda Calderón Castilla por la paciencia, dedicación, acompañamiento y ser parte fundamental en este proceso tan importante de mi vida académica.

A mis catedráticos

Quienes con su enseñanza y dedicación contribuyeron a mi formación profesional. Sus conocimientos fueron una pieza clave en este proceso.

Y

A todas las personas que, de una u otra manera, me apoyaron en esta etapa de mi vida. Su aliento, consejos y compañía han sido esenciales en la culminación de este sueño.

Índice

Contenido	Página
1. RESUMEN.....	1
2. INTRODUCCIÓN.....	2
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
4. JUSTIFICACIÓN	6
5. MARCO TEÓRICO.....	7
5.1 PIÑA (ANANAS COMOSUS L.).....	7
4.1.2 Taxonomía de la piña	7
5.2 GENERALIDADES	8
5.2.1 Composición nutricional de la piña.....	8
5.2.2 Propiedades y beneficios de la piña	10
5.2.3 Cultivo de piña en Guatemala	10
5.3 FERMENTACIÓN.....	10
5.4 TIPOS DE FERMENTACIÓN	11
5.4.1 Fermentación acética.....	11
5.4.2 Fermentación láctica	11
5.4.3 Fermentación butírica.....	11
5.4.4 Fermentación butanodiólica	12
5.4.5 Fermentación propiónico	12
5.4.6 Fermentación alcohólica	12
5.5 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA EN LA FERMENTACIÓN.....	13
5.6 BEBIDAS FERMENTADAS	14
5.6.1 Características de los frutos para la obtención de bebidas fermentadas	14
5.6.2 Anormalidades en las bebidas fermentadas	15
5.6.3 Factores a controlar en el proceso fermentativo	16
5.7 AVINAGRADO O PICADO ACÉTICO.....	17
5.8 BACTERIAS ACÉTICAS.....	18
5.8.1 Clasificación y características de las bacterias acéticas	19

5.8.2 Metabolismo de bacterias acéticas y las consecuencias sobre el mosto y el vino	19
5.8.3 Evolución de las bacterias acéticas en la bebida fermentada	21
5.8.4 Prevención de bacterias acéticas	22
5.9 PASTEURIZACIÓN.....	24
5.9.1 Tipos de pasteurización.....	26
5.9.2 Efectos de la pasteurización sobre los alimentos	27
5.9.3 EFECTO DE TEMPERATURAS DE PASTEURIZACIÓN SOBRE EL AVINAGRAMIENTO DE UNA BEBIDA FERMENTADA A BASE DE PIÑA.....	27
5.10 TERMORRESISTENCIA MICROBIANA	28
5.11 EVALUACIÓN SENSORIAL.....	29
5.11.1 Tipos de evaluación sensorial	30
5.11.2 Cantidad de personas necesarias para testear un producto.....	31
5.11.3 Test de comparación múltiple	32
6. OBJETIVOS	33
6.1 OBJETIVO GENERAL.....	33
6.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	33
7. HIPÓTESIS	34
8. RECURSOS	35
8.1 RECURSOS HUMANOS	35
8.2 RECURSOS FÍSICOS	35
8.3 RECURSOS INSTITUCIONALES	35
8.4 RECURSOS ECONÓMICOS	35
8.5 MATERIALES Y EQUIPO.....	35
8.5.1 Materia prima	35
8.5.2 Materiales para panel piloto	35
8.6 INSUMOS.....	36
8.7 UTENSILIOS PARA LA ELABORACIÓN DE LA BEBIDA FERMENTADA	36
8.8 EQUIPO PARA LA FERMENTACIÓN	36
8.9 CRISTALERÍA DE LABORATORIO	36
8.10 EQUIPO DE LABORATORIO	37

8.11 REACTIVOS.....	37
9. MARCO OPERATIVO	38
9.1 DESCRIPCIÓN DE PROCESO DE ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA A BASE DE PIÑA	38
9.1.1Recepción de materia prima.....	38
9.1.2 Pesado	38
9.1.3 Lavado.....	38
9.1.4 Pelado y descorazonado	38
9.1.5 Troceado.....	38
9.1.6 Extracción de jugo.....	38
9.1.7 Tamizado.....	38
9.1.8 Primera dilución	38
9.1.9 Estandarización del mosto.....	39
9.1.10 Ajuste de pH.....	39
9.1.11 Activación de la levadura.....	39
9.1.12 Inoculación	39
9.1.13 Fermentación.....	39
9.1.14 Trasiego.....	39
9.1.15 Filtración	40
9.1.16 Envasado	40
9.1.17 Corte de la fermentación (Parte experimental)	40
9.1.18 Etiquetado	41
9.1.19 Almacenamiento	41
9.2 FORMULACIÓN PARA ELABORACIÓN DE MOSTO DE PIÑA.....	41
9.3 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA A BASE DE PIÑA	42
9.4 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS SENSORIAL.....	43
9.5 METODOLOGÍA PARA EL ENVÍO DE MUESTRAS AL LABORATORIO	44
10. DISEÑO ESTADÍSTICO	46
10.1 ANÁLISIS DE VARIANZA.....	46

10.1.1 Criterios de conclusión.....	47
10.2 ANÁLISIS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN	47
10.2.1 Análisis de regresión	48
10.2.2 Análisis de correlación	49
10.7.3 Criterio de conclusión de análisis de correlación.....	49
10.2.3 Criterio de conclusión de análisis de regresión.....	50
11. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	51
11.1 RESULTADOS DE EVALUACIÓN SENSORIAL	51
11.2 RESULTADOS DE REGRESIÓN Y CORRELACIÓN DEL CONTENIDO DE ÁCIDO ACÉTICO PRESENTE EN LAS MUESTRAS DE BEBIDA FERMENTADA A BASE DE PIÑA.	56
12. CONCLUSIONES	60
13. RECOMENDACIONES	61
13. REFERENCIA	65
14. ANEXOS	73
15. APÉNDICES	81
16. GLOSARIO	92

Resumen

La piña es utilizada como materia prima en la elaboración artesanal de bebidas fermentadas, las bacterias tipo *Acetobacter spp.* están presentes naturalmente en las frutas, durante el proceso de producción de estas bebidas, pueden verse afectadas por alteraciones, lo que compromete su calidad y las hace no aptas para el consumo, generando pérdidas económicas. Sin embargo, este problema puede prevenirse mediante un control riguroso de las variables que influyen en su estabilidad y calidad desde las primeras etapas de producción.

Por lo cual, la investigación tuvo como propósito determinar la temperatura óptima de pasteurización para reducir la oxidación etanólica en una bebida fermentada a base de piña, provocada por las bacterias antes mencionadas, ya que este es un método utilizado para prevenir la proliferación de microorganismos.

Se elaboró un mosto a base de piña, con 23 °Brix, empleando levadura *Saccharomyces cerevisiae*. Se aplicaron tres tratamientos de pasteurización, por medio del proceso que se describe en la metodología de la presente investigación, se envasaron ocho botellas de 375 mL por cada tratamiento, incluyendo las muestras a las que no se les aplicó ningún tratamiento térmico, a estas muestras se les denomina en este documento como muestras de referencias, ya que sirvieron para comparar sensorialmente y fisicoquímicamente los efectos que causó la pasteurización en la bebida fermentada a base de piña.

Un panel entrenado de catadores, evaluó sensorialmente la calidad del color, olor, sabor de la bebida fermentada a base de piña, haciendo uso del test de comparación múltiple y analizando los resultados con ANOVA, se concluyó que en aroma y color si existe diferencia estadística significativa, sin embargo en sabor no existe.

Se realizó durante treinta y cinco días un análisis a nivel laboratorio que determinó que todas las muestras contienen menos de 1% en peso/volumen de ácido acético, por lo cual según la norma COGUANOR NGO 34185 no se considera una bebida avinagrada.

Por los datos obtenidos, la temperatura óptima, corresponde al tratamiento de pasteurización de 76 °C, la cual se encuentra dentro de especificación según la norma COGUANOR NGO 34185 y sensorialmente fue la muestra mejor calificada, con notas agradables a piña.

1. Introducción

La característica principal de la oxidación etanólica en una bebida fermentada a base de piña es el sabor particular entre ácido y agrio, razón por lo cual no es apetecible consumirlo, el sabor agrio se debe a que el vino ha sufrido un proceso oxidativo debido a la presencia de aire y de bacterias acéticas, las cuales realizan una oxidación del etanol transformándolo en ácido acético luego de una transformación química, con el oxígeno como protagonista.

El objetivo de la presente investigación fue determinar qué temperatura de pasteurización es óptima para la reducción de la oxidación etanólica causado por bacterias *Acetobacter spp.* en una bebida fermentada a base de piña, sin que este afecte las características sensoriales en la bebida, específicamente en la fase de embotellado, que es donde comúnmente sucede una segunda fermentación provocando el incremento de ácido acético.

Se inició con la formulación del mosto y la elaboración de la bebida fermentada a base de piña, se aplicaron todas las medidas de Buenas Prácticas de Manufactura para asegurar un proceso de calidad, asimismo utilizar el equipo necesario, como fermentadores, trampas de aire y termómetros, finalmente previo a su envasado final, se pasteurizaron las muestras con tres diferentes temperaturas, el primer tratamiento fue a 70 °C, el segundo a 73 °C y el tercero a 76 °C, todos por veinte segundos.

Después de aplicar los tres tratamientos de pasteurización se dejaron en reposo por doce días las muestras, para ser evaluadas sensorialmente por catadores entrenados aplicando el test de comparación múltiple, en el cual se usó un patrón de referencia que no se sometió al proceso de pasteurización, sensorialmente el patrón se avinagró, por lo cual este fue guía para los catadores para determinar sensorialmente la perceptibilidad del ácido acético en comparación con las muestras pasteurizadas.

La ventaja del test de comparación múltiple es que permite analizar estadísticamente los datos obtenidos ya que utiliza una escala de puntaje para calificar las muestras entre sí, por lo cual se aplicó el método ANOVA, y se estableció que sí existe diferencia estadística significativa entre las muestras respecto al aroma y color; se rechazó la hipótesis planteada, ya que el tratamiento de pasteurización de 70 °C sensorialmente presentó notas de oxidación etanólica, pese a que fisicoquímicamente su porcentaje de ácido acético es inferior al 1% en peso/volumen y se encuentra dentro de las especificaciones.

Se evaluó la tendencia y la asociación que existe del contenido de ácido acético respecto al tiempo en cada tratamiento de pasteurización aplicado a la bebida fermentada a base de piña, mediante un análisis de correlación y regresión y los resultados obtenidos reflejan que el contenido de ácido acético se comporta de forma lineal, con una correlación negativa fuerte y una tendencia a disminuir el contenido de ácido acético respecto al tiempo, en muestras pasteurizadas como sin pasteurizar, sin embargo no se puede atribuir la efectividad al tratamiento térmico, puesto que al comparar los resultados con las muestras no pasteurizadas, no existe diferencia significativa en resultados fisicoquímicos respecto al contenido de ácido acético.

2. Planteamiento del problema

Las bebidas alcohólicas fermentadas se obtienen en un proceso anaeróbico realizado por las levaduras y algunas clases de bacterias. Estos microorganismos transforman el azúcar en alcohol etílico y dióxido de carbono. La fermentación alcohólica, comienza después de que la glucosa entra en contacto con las levaduras. La glucosa se degrada en un ácido pirúvico que se convierte luego en CO₂ y etanol. (Bodega Garzón, 2018)

En Guatemala se comercializan bebidas fermentadas artesanales, estas bebidas en sus distintas fases de elaboración, están propensas al desarrollo de anomalías que, de dejarlas prosperar, se convierten en no aptas para su consumo, provocando con las consiguientes pérdidas económicas. Este fenómeno se puede evitar si desde un principio se le aplican los mayores cuidados y atenciones en el control de las variables que influyen en las condiciones favorables para su desarrollo.

Una de las principales anomalías en las bebidas fermentadas es el avinagramiento, este defecto es causado en particular por bacterias acéticas que realizan una oxidación del etanol convirtiéndolo en ácido acético luego de una transformación química, con el oxígeno como protagonista. Entonces se puede afirmar que alcohol + oxígeno + bacterias acéticas = ácido acético (o vino picado), si se detecta tarde es imposible de solucionar.

Esto quiere decir que este microorganismo causa una acción sobre el alcohol y tiene un efecto de avinagramiento, provocando turbidez, forma un velo superficial, olor a notas de manzana podrida y pegamento por el acetaldehído y del acetato de etilo, en la boca se acentúa el agrio y la aspereza propio del ácido acético.

Al aplicar calor controlado durante un tiempo determinado, la pasteurización inhibe el crecimiento de microorganismos responsables de la fermentación secundaria, evitando así la aparición de sabores y olores indeseados. Esto no solo mejora la conservación del producto, sino que también prolonga su vida útil sin necesidad de recurrir a conservantes artificiales. Gracias a esta técnica, es posible mantener la calidad sensorial y microbiológica de diversos alimentos y bebidas, garantizando su consumo seguro y su estabilidad en el tiempo.

Con base a lo anterior se elaboró de forma artesanal una bebida fermentada a base de piña y se aplicaron tres tratamientos de pasteurización con diferentes temperaturas, para evitar la formación de ácido acético.

Tomando como referencia lo antes expuesto, se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la temperatura óptima de pasteurización en una bebida fermentada a base de piña para evitar la oxidación etanólica?

3. Justificación

Las bacterias acéticas son un grupo de microorganismos presentes de forma natural en el mosto y que pueden causar problemas durante la elaboración de las bebidas fermentadas en especial a aquellas elaboradas artesanalmente, estas bacterias son las responsables de uno de los peores defectos de las bebidas fermentadas, conocido como picado acético. Esta alteración es un proceso que no puede volver atrás, que es difícil de detener y que puede echar a perder definitivamente la bebida.

Al igual que la fermentación alcohólica, el avinagrado del vino sucede de forma espontánea. Si las levaduras son las responsables del paso de mosto a vino, las bacterias acéticas son las responsables del paso de vino a vinagre.

En la industria de alimentos la aplicación de pasteurización a distintos tipos de bebidas es altamente utilizada para reducir las poblaciones de agentes patógenos (bacterias, mohos, levaduras y protozoos), sin perder totalmente sus propiedades sensoriales y nutricionales.

Por ello, se optó por aplicar el proceso de pasteurización en la bebida fermentada de piña, ya que responde a la necesidad de garantizar la estabilidad y calidad del producto final. Este procedimiento permite controlar los cambios bioquímicos no deseados que podrían comprometer tanto sus características sensoriales como su vida útil.

Uno de los principales beneficios de este tratamiento es la prevención de una fermentación secundaria, la cual podría alterar el equilibrio de compuestos presentes y afectar negativamente su perfil organoléptico. Además, al estabilizar la composición del producto, se evita la generación de subproductos indeseables, asegurando que cumpla con los estándares de calidad requeridos.

El control de los agentes microbiológicos en el producto se puede lograr con la pasteurización. Para ello, elegir la temperatura y el tiempo adecuados en esta operación es importante para impedir el desarrollo de alguna actividad micro orgánico posterior.

4. Marco teórico

5.1 Piña (*Ananas comosus* L.)

La piña es un fruto cítrico, que crece en climas cálidos y requiere de mucha humedad para su crecimiento. “La piña es una fruta tropical, su nombre científico es *Ananas comosus*, es una planta que pertenece a la familia de las Bromeliáceas, genero Anna, especie Sativa presente en los trópicos y subtropicos, originaria de Suramérica” (Andrade, 2015).

En el caso de Andrade (2015), la planta de piña tiene la siguiente caracterización:

La planta crece en el suelo donde adopta la forma de una roseta compuesta por múltiples hojas rígidas, largas dotadas con espinas. En la parte central de la planta emerge un tallo sobre el cual se desarrolla la fruta que tiene una forma ovalada con una corona de hojas (Andrade, 2015)

4.1.2 Taxonomía de la piña

Tabla 1

Taxonomía de la piña

Clasificación taxonómica	
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Monocotiledóneas</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Bromeliaceae</i>
Genero	<i>Ananas</i>
Especie	<i>Comosus</i>
Nombre Científico	<i>Ananas comosus</i>

Nota. Datos tomados de (González, 2018)

5.2 Generalidades

La piña es un fruto que tiene la particularidad, que no madura pronto después de que es cortada de la planta, por lo cual las características que indican su punto de cosecha ideal son esenciales para su proceso conservación.

La piña debe ser cosechada cuando se haya logrado el estado de sazón, un indicador de esto es cuando la mitad de la cáscara se toma de color amarillo. Los principales pigmentos que toman la coloración varían entre verde, verde amarillo y amarillo, son la clorofila, carotenos, xantofilas, y antocianinas. (Cueva, 2010)

En el mundo existen muchas variedades de piña, dependiendo del clima, y los nutrientes del suelo. “Las variedades más conocidas son: Cayena lisa, Queen (Australia y Sudáfrica), Variedad: Golden Sweet (MD2), Red Spanish (Costa Rica y Cuba), Pernambuco (Brasil), Nacional (Milagreña o Peroleras); Enanas (Baby Sudáfrica), Amazonas (Sudamérica)” (Basantes, 2012).

5.2.1 Composición nutricional de la piña

Es un fruto que aporta múltiples beneficios a la salud, sobresale por su capacidad como agente antioxidante, contiene altas cantidades de vitamina C y manganeso, y es una fuente importante de vitaminas del grupo B, asimismo es una excelente fuente de fibra dietética y bromelina, también contiene pequeñas cantidades de vitaminas A y K, fósforo, zinc y calcio (León, 2009).

Tabla 2

Composición bromatológica en 100 g de porción comestible de piña dulce según tabla de composición de alimentos de Centroamérica del INCAP

Composición nutricional de la piña	
Código	12125
Nombre	Piña, Fruta Dulce
Agua %	85.7
Energía Kcal	51
Proteína g	0.53
Grasa total g	0.11
Carbohidratos g	13.5
Fibra diet. Total g	1.4
Cenizas g	0.2
Calcio g	13
Fósforo mg	8
Hierro mg	0.28
Tiamina mg	0.08
Ribloflavina mg	0.03
Nitacina mg	0.51
Vit. C mg	56
Vit. A Equiv. Retinol mg	3
Ác. Grasos mono-inst. G	
Ác. Grasos saturados g	
Colesterol mg	
Potasio	108
Sodio mg	1
Zinc	0.12
Magenesio mg	12
Vit. B6 mg	0.11
Vit. B12 mg	
Ac Fólico	0
Folato Equiv. FD	19

Fuente: (Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá [INCAP], 2012)

5.2.2 Propiedades y beneficios de la piña

Sin duda la piña es uno de los frutos con más propiedades nutricionales y beneficios para la salud. Este fruto es considerado eficaz en las dietas para adelgazamiento, debido a su bajo aporte calórico, siendo un 85% agua, gracias a la enzima bromelina mejora la digestión de las proteínas, aumentando la producción de ácidos estomacales, asimismo mejora la circulación del hígado y por ende ayuda a eliminar los desechos que quedan en el cuerpo a causa de una mala alimentación, siendo diurética natural para eliminar líquidos toxinas del cuerpo (Quiñonez, 2021).

Otros de los beneficios por el consumo de piña es la prevención del cáncer, interfiriendo en el desarrollo de células malignas (reduciendo el riesgo de algunos tipos de cáncer) y parece potenciar los efectos de la quimioterapia (Quiñonez, 2021).

Para las personas que sufren anemia es una aliada perfecta, porque facilita la absorción de hierro, además, la piña ayuda a equilibrar los niveles de glucosa en la sangre, a la vez que resulta saciante, los minerales que contiene tienen una acción antioxidante que ayuda a combatir el envejecimiento (Marín, 2021).

5.2.3 Cultivo de Piña en Guatemala

Según el Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación la época de cosecha de la piña se da a mediados de mayo y finaliza a mediados de septiembre es decir en época lluviosa.

La producción nacional de este fruto se encuentra distribuida de la siguiente forma: Guatemala 36%, Izabal 14%, Escuintla 11% y los demás departamentos de la República suman el 39% restante. El 74.4% de la superficie cosechada se encuentra concentrada en 5 departamentos: Guatemala 29.9%, Izabal 15.2%, Alta Verapaz 11.7%, Escuintla 9.3% y Petén 8.3%. (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAGA], 2016)

5.3 Fermentación

Es un proceso anaeróbico, donde sustancias más complejas se transforman en sustancias más sencillas, existen varios tipos de fermentación, y depende de la clasificación de la fermentación la molécula resultante de este proceso de transformación.

La fermentación es un proceso de oxidación incompleta, que no requiere de oxígeno para tener lugar, y que produce una sustancia orgánica como resultado. Es un proceso de tipo catabólico, es decir, de transformación de moléculas complejas a moléculas sencillas y generación de energía química en forma de ATP (Adenosín Trifosfato) (Álvarez, 2021).

La fermentación también se define como un proceso que consiste en la ruptura de la molécula de glucosa que produce piruvato (ácido pirúvico) y que al carecer de oxígeno como receptor de los electrones sobrantes del NADH producido (nicotin adenin dinucleótido), emplea para ello una sustancia orgánica que deberá reducirse para reoxidar el NADH a NAD⁺, obteniendo finalmente un derivado del sustrato inicial que se oxida (Álvarez, 2021).

5.4 Tipos de fermentación

De acuerdo a Álvarez (2021), define que la sustancia obtenida al final del proceso de fermentación, permite clasificarlos de la siguiente manera:

5.4.1 Fermentación acética

Esta fermentación la realizan las bacterias del género *Acetobacter*, de forma sencilla de explicar transforman alcohol etílico en ácido acético, gracias a este tipo de microorganismos es posible la obtención del vinagre, cabe resaltar que este tipo de fermentación demanda oxígeno (Álvarez, 2021).

5.4.2 Fermentación láctica

A diferencia de la fermentación acética, esta fermentación la realizan bacterias lácticas o bien también las células musculares animales. “Consiste en una oxidación parcial de la glucosa. Este proceso genera ATP pero produce ácido láctico como subproducto, lo cual produce al acumularse, la sensación dolorosa de fatiga muscular” (Álvarez, 2021).

5.4.3 Fermentación butírica

Esto implica la conversión de glucosa en ácido butanoico y gas, lo que a menudo produce un olor desagradable. Suele ser realizado por bacterias del género *Clostridium* spp y requiere la presencia de lactosa (Álvarez, 2021).

5.4.4 Fermentación butanodiólica

Este es un tipo de fermentación poco común, variante de la fermentación del ácido láctico por Enterobacterias, que libera dióxido de carbono y produce butanodiol, un alcohol viscoso e incoloro (Álvarez, 2021).

5.4.5 Fermentación propiónico

El proceso involucra ácido acético, dióxido de carbono y ácido succínico. Producen ácido propiónico, una sustancia cáustica con un olor acre (Álvarez, 2021).

5.4.6 Fermentación alcohólica

La fermentación alcohólica es un conjunto de transformaciones bioquímicas por la que los azúcares contenidos en el mosto, se transforman en alcohol etílico, en esta fermentación los microorganismos protagonistas son las levaduras, pues éstas se alimentan de los azúcares presentes en el mosto y lo metabolizan convirtiéndolo en alcohol etílico y dióxido de carbono.

La fermentación alcohólica es una de las etapas principales que transforman el mosto o zumo azucarado, en un líquido con un determinado contenido de alcohol etílico. Dura, aproximadamente una semana, a una temperatura de 20 °C, y se traduce por una disminución del mosto. (Vicente, 2006)

Esto implica que una vez que la materia prima tiene contacto con un sustrato rico en nutrientes, azúcares u otro componente que sea iniciador de proceso de fermentación, se producirá un líquido conteniendo alcohol (Vicente, 2006).

Las frutas al contener sacarosa son fácilmente fermentables, por lo cual puede producir alcohol en el proceso.

Por eso mismo la piña es una fruta ideal para la fermentación alcohólica, este proceso se realiza en ausencia de oxígeno, durante el proceso de fermentación uno de los productos, el CO₂ que escapa constantemente por una trampa de aire, para que el fermentador no estalle, mientras que el alcohol etílico se acumula. Si la proporción de alcohol etílico en el líquido llega a cierto nivel inhibe la actividad de la levadura, aunque no todo el azúcar haya sido fermentado. (Bodega Garzón, 2018)

La fermentación alcohólica es un proceso que requiere del control de variables que inciden en la calidad de la bebida. La fermentación alcohólica es un proceso con largos tiempos operativos, ya que su desarrollo está influenciado por distintas variables y parámetros operativos importantes debido a su naturaleza biológica, como el contenido de azúcar, la temperatura, el pH, la concentración de células vivas, el estrés utilizado, etc. Por lo tanto, varios de estos parámetros de operación deben, desde un punto de vista económico, estar dentro de un rango de especificaciones para asegurar la mejor eficiencia posible en un tiempo de operación aceptable (Maza, 2019).

En otras palabras se entiende que la etapa de fermentación en una bebida alcohólica es crítica deben controlarse varias variables, como tiempo, temperatura y contacto con el oxígeno, debido a que una pequeña variación en las condiciones de trabajo, darán resultados no satisfactorios y productos fuera de especificaciones que se traduce en pérdida económica.

5.5 Influencia de la temperatura en la fermentación

Uno de las variables más importantes del proceso de fermentación, es la temperatura, ya que de esta depende la velocidad con la que produce alcohol o bien se detiene la fermentación.

La velocidad de fermentación se refiere a la cantidad de alcohol o de CO_2 , producido por unidad de tiempo y en general, la velocidad aumenta y la fermentación se acorta, con la elevación de la temperatura, pero cuando se alcanza los 38 – 40°C, se convierte en factor limitante, la fermentación se paraliza, parte de los azúcares se quedan sin transformar y en consecuencia el grado alcohólico alcanzado es inferior (Minaya, 2015).

La influencia de la temperatura sobre el poder fermentativo y la medida del porcentaje de etanol que una cepa de levadura es capaz de producir, resulta diferente. Cuando se fermenta a temperatura baja o moderada, las fermentaciones son lentas pero el grado alcohólico alcanzado es generalmente mayor que a temperatura elevadas o superiores a los 30 °C ó 35°C, por lo que las altas temperaturas, no solo afectan el metabolismo celular de las levaduras y en consecuencia la disminución del poder fermentativo, llegando incluso hasta cesarlo completamente, además entre más elevada es la temperatura en la bebida comienza a producirse la volatilización de sustancias

aromáticas, asimismo favorece las condiciones de crecimiento de otros microorganismos que dañan la bebida alcohólica. (Trujillo, 2013)

5.6 Bebidas fermentadas

Existen diferentes tipos, la más conocida es la fermentación alcohólica. “Esta se obtiene mediante la fermentación alcohólica del mosto, por la descomposición de los glucósidos, bajo la influencia de las enzimas secretadas de las levaduras, alcohol etílico y dióxido de carbono” (Tubón, 2017). Esta definición explica, que una bebida fermentada tipo alcohólica, se lleva a cabo bajo una transformación que realizan las levaduras al degradar los azúcares presentes en el mosto y convertirlos en dióxido de carbono y alcohol.

Una bebida fermentada se define como aquella en la que se utilizan distintas materias primas azucaradas o productos amiláceos degradables para que puedan sufrir procesos fermentativos a causa de levaduras y posteriormente, estas llegan a producir alcohol etílico y dióxido de carbono. Estas levaduras en específico, *Sacharomyces cerevisiae* tienen la propiedad de producir esta reacción en un medio rico en carbohidratos y en ausencia de oxígeno. (Bodega Garzón, 2018)

Se obtiene de la fermentación de mostos provenientes de la uva, cebada o manzana, obteniendo productos como vinos, cervezas o sidras. Asimismo, las bebidas alcohólicas se producen a partir de diversas materias primas, especialmente de cereales, frutos y productos azucarados, poniendo en evidencia que el uso de levaduras resulta importante para la transformación de estas bebidas. (Monoreo, 2015)

5.6.1 Características de los frutos para la obtención de bebidas fermentadas

Como en todo producto alimenticio la selección de materias primas es fundamental en la calidad final del mismo, por eso existen determinadas características que deben tomarse en cuenta al escoger los frutos utilizados para elaborar bebidas fermentadas. Según Aguilar (2006):

Para la elección de las frutas, lo primero que exige la fabricación de vinos es que deben escogerse sanas y carnosas, antes de sazón para que conserven cierta consistencia principalmente las que son blandas por naturaleza. En general la fruta sazónada tiene la carne demasiado pulposa y no podría soportar el calor y la

maceración precisa sin deshacerse y convertirse en mermelada, además, si la fruta está muy madura se impregna de aguardiente afectando su sabor lo cual no resulta luego agradable al paladar. También se deben rechazar las frutas muy verdes y las que estén algo podridas, marchitas, agusanadas, etc., en una palabra, cuando presenten algún defecto.

5.6.2 Anormalidades en las bebidas fermentadas

Por naturaleza las bebidas fermentadas pueden sufrir cambios no deseados en su color, sabor y aroma, estas anomalías pueden surgir cuando no se controlan determinadas variables como la temperatura, el pH, Grados Brix o bien la calidad de la materia prima. “Los defectos o enfermedades de los vinos se pueden valorar por cambios en el color, si el vino se vuelve marrón), por su limpidez (si el vino está turbio), por su gusto (excesivo amargor o acidez)” (Bodegas Comenge, 2016). Existen otras causas no apreciadas a simple vista, que se detectan en el paladar a causa de un excesivo contenido de acidez.

Existen anomalías en las bebidas fermentadas, que no son reversibles, capaces de dañar en su totalidad a la bebida, esto se debe por la interacción del mosto con un exceso de levaduras o bacterias. “Ciertas alteraciones desfavorables en los vinos provocadas por microorganismos son consideradas en términos enológicos como enfermedades, las cuales son generalmente progresivas hasta llegar a la plena descaracterización o muerte del vino” (Pérez, 2008).

Las causas que originan enfermedades son muy variadas, incidiendo el estado de los frutos, la calidad de los procesos de estabilización y fundamentalmente, las condiciones higiénicas sanitarias de locales, equipos y envases, que posibilitan el desarrollo de microorganismos indeseables o patógenos. Estos alteran el olor, sabor, aspecto y los contribuyentes químicos de los vinos. (Pérez, 2008)

Los microorganismos que provocan enfermedades en las bebidas fermentadas pueden ser aerobios y anaerobios. El efecto de los primeros puede detectarse a simple vista, mientras que el de los anaerobios necesita ser detectado microscópicamente o mediante evaluaciones gustativas de los vinos. Para que se manifieste uno u otro tipo de enfermedad es necesario que prevalezcan las condiciones apropiadas para el desarrollo de cada tipo de microorganismo causante. (Pérez, 2008).

5.6.3 Factores a controlar en el proceso fermentativo

Como se ha ido mencionando, existen variables que deben controlarse durante el proceso de fermentación, con la finalidad de evitar anomalías en las bebidas fermentadas, algunos de los factores son críticos al inicio, otros durante o incluso al final del proceso, tal y como lo describe el autor Tipán (2017) en su investigación sobre un vino de piña con tres concentraciones de miel de abeja los factores que fueron controlados durante el proceso fermentativo son los siguientes:

a) Levadura

La principal levadura responsable de la fermentación es *Saccharomyces cerevisiae*, la cual existe en forma muy abundante en la naturaleza y en el comercio. *Saccharomyces cerevisiae*, género elíptico, se puede utilizar levadura panadera en bloque, si es seca activa debe activarse en agua a 20°C (Tipán, 2017).

b) Grados Brix

El mosto para fermentación alcohólica debe tener un contenido mínimo de 16 grados Brix, debido a que si es inferior a dicho parámetro el grado alcohólico obtenido será pobre, y por lo contrario, si el Brix es superior a los 20 grados Brix la fermentación no se efectúa, pues la presión osmótica que se ejerce sobre las levaduras es grande y no permite que actúen sobre los azúcares (Tipán, 2017).

c) Azúcares residuales

Los azúcares residuales son los que quedan presentes en el vino al terminar el proceso de fermentación alcohólica, junto con el grado alcohólico, el contenido final de azúcares en un vino ayuda a definir sus propiedades sensoriales. Para bebidas fermentadas a base de frutas tropicales se busca el contenido final de azúcares de 2%-5% (Tipán, 2017).

d) pH

El pH del mosto debe acondicionarse previo a iniciar la fermentación, esto debido a que las levaduras tienen un rendimiento más eficiente en un medio relativamente ácido, por lo que el pH que se recomienda está en un rango de 3.4 y 3.5 (Tipán, 2017).

e) Temperatura

La magnitud de la temperatura tiene una tendencia a aumentar durante la fermentación y su explicación se base en la descomposición de los azúcares que producen una reacción exotérmica desprendiendo calor, debido a esto a temperatura debe controlarse, una temperatura óptima para la fermentación oscila entre 24 y 32°C siendo 27 ° C la más adecuada. Si la temperatura es muy baja la fermentación será lenta, por el contrario si la temperatura excede de los 35°C disminuye la acción de las levaduras y si esta aumenta por encima de los 40 esta se puede detener (Tipán, 2017).

f) Nutrientes

Los nutrientes son esenciales y estos son el alimento de las levaduras, si el mosto es pobre en nutrientes en el mosto como el nitrógeno o fósforo, las levaduras como cualquier ser vivo no serán capaces de metabolizar con eficiencia el azúcar presente para transformarlo en alcohol (Tipán, 2017).

5.7 Avinagrado o picado acético

El avinagrado o picado acético es uno de los principales problemas en todas las bebidas fermentadas ya sean a nivel industrial o artesanal, este es causado por las bacterias del tipo *Acetobacter spp.* y requieren de oxígeno para su desarrollo y temperaturas cálidas (Cata de Vinos, 2014).

Las bacterias acéticas están presentes en todas las etapas de la vinificación y conservación del vino hasta al embotellado ya que forman parte de la microflora natural de las uvas y vinos (Cata de Vinos, 2014).

En el mosto se encuentran de manera natural en la superficie ya que es donde tienen mayor contacto con el oxígeno. Estas bacterias en presencia de alcohol, producen ácido acético como resultado de una oxidación.

Generalmente se ataca este problema con el uso de sulfitos, pero estos han demostrado ser perjudiciales para la salud, las bajas concentraciones de alcohol, la abundante presencia de oxígeno, por ejemplo si una botella permaneció abierta durante demasiado tiempo, también se desarrolla con facilidad en temperaturas altas, éstas son las razones por las cuales se produce el picado acético (Cata de Vinos, 2014).

En otras palabras las bacterias acéticas son las encargadas de la transformación de vino a vinagre, causando efecto en el mismo, un sabor agrio desagradable, aumento de turbidez, olores a manzana podrida, pegamento y esmalte de uñas, debido al acetaldehído y también forman un velo superficial blanquecino. “Si el vino permanece en reposo en contacto con el aire, estas bacterias aparecen rápidamente en la superficie del vino, formando velo, que puede ser blanco y de crecimiento rápido o graso de crecimiento lento, se llama madre del vinagre” (Cata de Vinos, 2014).

Las levaduras transforman los azúcares presentes en el mosto en alcohol y dióxido de carbono, pero si la bebida fermentada se contamina con bacterias *Acetobacter Spp.* estas transforman el alcohol presente en vinagre. “Esto produce una reacción de oxidación y se transforma en ácido acético y el calor favorece el proceso. Alcohol + Oxígeno=Ácido acético + agua” (Cata de Vinos, 2014).

Se piensa que necesitan mucho aire las bacterias acéticas para multiplicarse y producir ácido acético y que por ello sólo se desarrollan en la superficie de contacto de vino y aire.

Si los olores y sabores ya mencionados son predominantes, el vino está mal. Una bebida fermentada que esta avinagrada en estado grave puede ser detectado por cualquier persona, independientemente de sus conocimientos sobre vinos y demás bebidas fermentadas.

Una manera sencilla de comprobar si la bebida se avinagró, es agitar ligeramente la copa y luego dejarla en reposo unos segundos. Si al acercarse lo primero que se percibe es olor a vinagre, pegamento o acetona, es porque el vino está picado (Rafael, 2008).

5.8 Bacterias Acéticas

Las bacterias acéticas son contaminantes durante la elaboración, siendo las responsables de una de las peores enfermedades del vino, el picado acético. “Esta alteración es un proceso que no puede volver atrás, que es difícil de detener y que puede echar a perder definitivamente el vino” (Igor & Barbero, 2008).

5.8.1 Clasificación y características de las bacterias acéticas

La clasificación de las bacterias acéticas ha variado enormemente en los últimos tiempos. “En la actualidad, bajo este nombre se conoce un grupo de bacterias pertenecientes a los géneros *Acetobacter*, *Gluconobacter*, *Gluconacetobacter*, *Acidomonas*, *Asaia*, *Kozakia*, *Swaminathania*, *Neoasia*, *Granulibacter* y *Saccharibacter*, esta clasificación está en constante revisión” (Igor & Barbero, 2008).

Al microscopio, las bacterias acéticas (BA) son Gram negativas, de entre 0,4 y 4,5 μm de largas y entre 0,4-1 μm de anchas, con forma elipsoidal y que pueden presentarse de manera individual, en parejas o en cadenas. Presentan flagelos de forma peritrica o polar, y no pueden formar endosporas como estructura de supervivencia. (Igor & Barbero, 2008)

Este grupo de microorganismos necesita del oxígeno como aceptor final de electrones, por lo que tienen un metabolismo aerobio obligado. Generalmente, las BA son catalasa positiva, oxidasa negativa y pueden utilizar el etanol como fuente de carbono. El pH óptimo de crecimiento está entre 5 y 6,5, si bien puede llegar a crecer a pH cercanos a 3. (Igor & Barbero, 2008)

5.8.2 metabolismo de bacterias acéticas y las consecuencias sobre el mosto y el vino

Desde que las uvas están en el campo hasta que el vino llega al consumidor, las bacterias del ácido acético son metabólicamente activas y producen una serie de compuestos indeseables que pueden afectar la calidad del producto final. En un proceso que ocurre principalmente en las bayas, las bacterias del ácido acético pueden convertir la glucosa y la fructosa en ácido glucónico y oxofructosa, respectivamente (Igor & Barbero, 2008).

De igual manera, las bacterias acéticas pueden metabolizar algunas hexosas como manitol, manosa o ribosa. Además, y en asociación con las levaduras de la uva, pueden producir ácido acético y acetaldehído, lo que incrementa la acidez volátil del mosto (González, 2018).

Igor y Barbero (2008) plantean que la velocidad de proliferación de las bacterias acéticas varía de una cepa a otra, aunque hay otros factores que influyen como el estado de la fruta,

si es una fruta golpeada o muy madura, la población de bacterias acéticas será mayor o bien si es una fruta con un contenido en azúcares alto también beneficia la reproducción de esta.

En la bodega, la consecuencia más conocida de la actividad de las BA es el picado acético del vino. Este proceso se caracteriza por la oxidación del etanol en ácido acético, lo que puede elevar la acidez volátil del vino hasta valores de 0,8 g acético/l. Esto tiene consecuencias organolépticas de sobra conocidas por todos los enólogos. (Igor & Barbero, 2008)

La velocidad de este proceso está determinada por la especie, la cantidad de bacterias acéticas presentes en el vino y por las características del vino. En estos microorganismos, esta ruta metabólica se favorece cuando la concentración de oxígeno es baja.

El acetaldehído es un metabolito intermedio en la ruta hacia el ácido acético que se puede encontrar libre en el medio. La concentración de este compuesto varía mucho entre los diferentes tipos de vinos, pero puede llegar a valores de 200 mg/l. Como norma general, podemos decir que se produce acetaldehído cuando hay poco oxígeno disuelto en el medio y cuando la concentración de etanol es alta; justo las condiciones que se dan en el vino. Sensorialmente, el acetaldehído da un carácter oxidado al vino a partir de 50 mg/l. Por otro lado, las BA pueden utilizar el glicerol como fuente de carbono, generando principalmente dihidroxiacetona. (Igor & Barbero, 2008)

De esta manera, se reduce en el vino la concentración de glicerol obtenido durante la fermentación alcohólica. También se pueden incrementar los niveles de acetato de etilo y de acetoína, lo que aporta al vino aromas similares a la mantequilla (Igor & Barbero, 2008).

Además de sus efectos negativos en el sabor, algunos compuestos resultantes del metabolismo de las BA, como la dihidroxiacetona, el acetaldehído y la 5- oxofructosa, actuarían como compuestos quelantes (secuestrantes) del SO₂, bajando la concentración de SO₂ libre en el medio y reduciendo la acción antimicrobiana y antioxidante de este aditivo. (Igor & Barbero, 2008)

Las bacterias del género *Gluconobacter spp* son las principales productoras de dichos compuestos. Finalmente, algunas bacterias del ácido acético son capaces

de liberar cadenas de polisacáridos en el vino, aumentando su viscosidad e inhibiendo el proceso de trituración (Igor & Barbero, 2008).

5.8.3 Evolución de las bacterias acéticas en la bebida fermentada

Las bacterias acéticas representan, como media, más del 68% del total de bacterias presentes en la uva en el momento de la recogida, dependiendo del estado sanitario de ésta (Barbe y cols., 2001). Se han descrito niveles de 3×10^3 UFC/ mL en uvas sanas y de hasta 5×10^6 UFC/ mL en uvas atacadas por *Botrytis cinérea*. (Igor & Barbero, 2008)

Los diversos investigadores no se ponen de acuerdo sobre la evolución de la población los primeros días de la vinificación. Para González y cols. (2004), el número de BA crecía durante los primeros momentos de la vinificación, mientras que para Joyeux y cols. (1984) este descendería. Sin embargo, ambas investigaciones coinciden en que la población desciende drásticamente durante la fermentación alcohólica. Finalmente, la población se mantendría estable y por debajo de los 1.000 UFC/mL a lo largo de la fermentación maloláctica y la crianza en bodega. (Igor & Barbero, 2008)

Las bacterias acéticas tal y como lo plantean Igor y Barbero (2008) son microorganismos estrictamente aerobios es decir requieren oxígeno para vivir y reproducirse, durante la fermentación alcohólica, el oxígeno se va agotando rápidamente, lo que beneficia a mantener la población de estas bacterias en bajas proporciones, pero que cabe resaltar que si el mosto sufre una agitación u oxigenación estas bacterias pueden proliferarse rápidamente.

Tras el trasiego, cuando el vino se oxigena, se observa que el número de células capaces de formar colonias se multiplicó por 1.000. Al comenzar la fermentación maloláctica pueden superar 105 UFC/mL, lo que conlleva un incremento de la concentración de ácido acético. (González y cols., 2005)

.Datos similares se han obtenido en experimentos a escala de laboratorio (Joyeux y cols., 1984). Respecto a la guarda, los mismos autores han propuesto que la tasa de penetración del oxígeno en la bodega (unos 30 mg/l por año) es suficiente para mantener poblaciones pequeñas de bacterias acéticas. (Igor & Barbero, 2008)

Tabla 3

Evolución de la población de bacterias ácido acéticas durante la elaboración de vino tinto

	CFU/mL
Mosto	16.000
Fermentación alcohólica	
Tras 3 días	3.000
Tras 7 días	100
En el día 10	
Antes del trasiego	20
Tras el trasiego	30.000
Fermentación maloláctica	
Al comienzo	400
Al final (3 meses)	120
Envejecimiento en bodega	
Tras 4 meses	160
Tras 6 meses	900
Tras 9 meses	600
Tras 11 meses	600

Fuente: (Igor & Barbero, 2008)

5.8.4 Prevención de bacterias acéticas

Las bacterias acéticas son capaces de soportar altas concentraciones de alcohol, y su rango ideal de temperatura oscila entre los 18 y 30 °C, estas bacterias son tan resistentes que es difícil de eliminarlas totalmente aunque el pH sea bajo, ni el uso de dióxido de azufre (Igor & Barbero, 2008).

A nivel industrial, resulta prácticamente imposible eliminar las bacterias acéticas de una bodega, y mucho menos de la uva. Se puede frenar su proliferación hasta niveles bajos evitando las consecuencias negativas para el vino.

Según Igor y Barbero (2008) en su artículo científico sobre las bacterias acéticas, los puntos clave para tener bajo control la actividad metabólica de estos microorganismos son:

- El oxígeno: este es el auténtico factor limitante del crecimiento. La falta de oxígeno no elimina las bacterias, pero impide su crecimiento y reduce mucho su metabolismo. Así pues, el riesgo de contaminación crece con los tratamientos que oxigenan el vino, los que retrasan la fermentación y los que permiten al mosto entrar en contacto con el aire. (Igor & Barbero, 2008)

- La limpieza y desinfección de las instalaciones, incluyendo maquinaria, depósitos, barricas, botellas y demás elementos de las bodegas. De esta manera, reduciremos la población inicial y la presencia de cepas resistentes. Este proceso es más difícil en las superficies porosas, como pueden ser el interior de las barricas. (Igor & Barbero, 2008)
- Las uvas suelen estar contaminadas con BA. Sin embargo, la población es mayor en uva dañada que en uva sana, por lo que la utilización de uva en buenas condiciones higiénicas permite reducir los niveles iniciales de BA. (Igor & Barbero, 2008)
- Se deben vigilar los niveles de azúcar residual en los vinos, ya que es mucho más fácil que aparezcan las bacterias alterantes en vinos con azúcares residuales altos. Junto con la obtención de un vino “seco”, el uso adecuado del SO₂ puede ayudar a la estabilización microbiológica de los vinos. (Igor & Barbero, 2008)
- El embotellado es uno de los puntos clave para evitar el crecimiento de bacterias acéticas durante el envejecimiento del vino ya que la transmisión de oxígeno, y con ello la actividad de las bacterias acéticas, va a depender del tipo de material en el que se envasa el vino. Así pues, el uso de materiales plásticos (PET o formatos tipo Bag-in-box) se ha visto limitado por su alta transmisión de oxígeno a través de este material, si bien se está trabajando para mejorar este aspecto. (Igor & Barbero, 2008)
- El tipo de corcho que se utiliza es un punto crítico en el embotellado. El corcho natural presenta unos niveles bajos de porosidad frente al oxígeno, lo que favorece la conservación del vino.

Los corchos “sintéticos” suelen presentar unos niveles superiores de transmisión de oxígeno, si bien las empresas productoras han trabajado intensamente en este sentido y según sus propias palabras, en los productos de alta gama “la permeabilidad al oxígeno es comparable con la del corcho natural de alto grado”. Bartowsky y cols. (2003) especulan sobre un efecto protector de la caperuza de metal que recubre el corcho, ya que éste actuaría como barrera del oxígeno, retrasando el crecimiento y el metabolismo de las bacterias acéticas. Sin embargo, este experimento debe ser repetido con un mayor número de muestras antes de poder aseverar este efecto protector.

- El almacenamiento y el transporte: un espacio excesivo entre el corcho y el vino, tras el embotellado, puede permitir la actividad de las bacterias acéticas. Así mismo, almacenar la botella verticalmente y con el tapón hacia arriba, o almacenarla a temperaturas inadecuadas, puede favorecer el picado del vino. Diversas investigaciones apuntan a que las BA son muy poco activas a temperaturas por debajo de 10 °C. (Igor & Barbero, 2008)

Como se ha mencionado son varios los factores que deben controlarse antes durante y después de la fermentación para evitar el crecimiento de estas bacterias, cabe mencionar que cuando el vino empieza a picarse es muy difícil corregir el daño a la bebida alcohólica, pero si el contenido de ácido acético es mínimo puede mitigarse el efecto aplicando una filtración de esterilizante seguido de una sulfatación adecuada y deberá embotellarse rápidamente (Igor & Barbero, 2008).

Por el contrario si la contaminación está en un grado avanzado, donde la concentración de acético es alta y se percibe con facilidad, el vino es difícilmente recuperable, una opción viable sería destinarlo a la fabricación de vinagre o a la destilación.

5.9 Pasteurización

Definición

Fellows (2016), describe la pasteurización como un tratamiento térmico relativamente suave en el que, el alimento se calienta a temperaturas inferiores a 100°C. En el caso de alimentos poco ácidos ($\text{pH} > 4.5$), se utiliza para minimizar posibles riesgos para la salud por microorganismos patógenos y para prolongar la vida útil de los alimentos durante varios días. Por otro lado, en alimentos ácidos ($\text{pH} < 4.5$), se utiliza para prolongar la vida útil de los alimentos durante meses por destrucción de microorganismos responsables del deterioro (levaduras u hongos) y por inactivación de enzimas.

En ambos tipos de alimentos provoca cambios mínimos en el valor nutritivo y las características organolépticas del alimento en cuestión. El procesado de los alimentos envasados, tanto en aquellos cuyo pH natural es bajo, como los que se acidifican artificialmente, es semejante al enlatado. A este tratamiento suele denominársele pasteurización para indicar que se trata de un tratamiento suave.

Por otro lado, según Alzate (2003), sostiene que el tratamiento específico para pasteurizar un alimento particular, depende de varios factores, como la resistencia térmica del microorganismo vegetativo o patógeno que se busque. Un aspecto que hay que considerar también es la actividad de agua, a una menor A_w , la termorresistencia de levaduras bacterias, incrementa, mientras que la presencia de etanol y otros antisépticos la disminuye.

Tabla 4

Objetivo de la pasteurización de algunos Alimentos

ALIMENTO	OBJETIVO PRINCIPAL	OBJETIVO SECUNDARIO	CONDICIONES MÍNIMAS DE TRATAMIENTO
Zumo de frutas (a)	Inactivación enzimática (pectinesterasa, poligalacturonasa)	Destrucción de gérmenes causantes de alteraciones (levaduras y hongos).	65 °C durante 30 min; 77 °C durante 1 min; 88 °C durante 15 s
Cerveza (b)	Destrucción de los microorganismos causantes de las alteraciones (levaduras salvajes, especies de <i>lactobacillus</i>) y levaduras residuales (especies de <i>Sacharomyces</i>)		65 a 68 °C durante 20 min; 72-75 °C durante 1-4 min (en botellas)
Leche ©	Destrucción de gérmenes patógenos: <i>Brucella abortis</i> <i>Mycobacterium tuberculosis</i> , (coxiela <i>Burnetti</i>)	Destrucción de enzimas y gérmenes causantes de alteraciones	63 °C durante 30 min; 71.5 °C durante 15 s
Mostos y vinos (d)		Levaduras Bacterias lácticas y acéticas	70 °C a 76 °C durante 10 s
Bebida fermentada de Maiz morado (e)	Destrucción de bacterias no esporulados, levaduras y mohos	Destrucción de aerobios mesófilos	80 °C durante 1 min

Fuente: (Velasquez & Velasquez, 2018)

5.9.1 Tipos de pasteurización

5.9.1.1 Proceso HTST (Altas temperaturas por corto tiempo)

En este proceso se somete el producto a altas temperaturas en un breve periodo de tiempo y se usa en los líquidos a granel como la leche, zumos de fruta o cerveza.

Este método es el empleado en los líquidos a granel, como la leche, los zumos de fruta, la cerveza, etc. Por regla general, es el más conveniente, ya que expone al alimento a altas temperaturas durante un período breve y además se necesita poco equipamiento industrial para poder realizarlo, reduciendo de esta manera los costes de mantenimiento de equipos (Velasquez & Velasquez, 2018).

Existen dos métodos distintos: proceso “batch”: una gran cantidad de alimento líquido se calienta en un recipiente (autoclave). Y proceso de “flujo continuo”, el alimento se mantiene entre dos placas de metal, también denominadas intercambiador de calor de placas, el método permite realizar la pasteurización de grandes cantidades de alimento en poco tiempo (Velasquez & Velasquez, 2018).

5.9.1.2 Proceso UHT (ultra-altas temperaturas)

El proceso UHT es de flujo continuo y mantiene la leche a una temperatura superior más alta que la empleada en el proceso HTST, y puede rondar los 138 °C durante un período de al menos dos segundos. Debido a este periodo de exposición, aunque breve, se produce una mínima degradación del alimento. La leche cuando se etiqueta como “pasteurizada” generalmente se ha tratado con el proceso HTST (Velasquez & Velasquez, 2018).

Por otro lado, según Forland (2003), para la pasteurización según las temperaturas que alcancen, existen algunos tipos de pasteurización:

- Pasteurización Baja es el calentamiento hasta 65° C mantenimiento durante 30 minutos. Enfriamiento rápido a 4° C.
- Pasteurización Media es el calentamiento a 72° C mantenimiento durante 15 minutos. Enfriamiento rápido a 4° C.
- Pasteurización Alta es el calentamiento de 83-85° C aplicando enfriamiento rápido a 4°C

5.9.2 Efectos de la pasteurización sobre los alimentos

Cuando se aplica un tratamiento térmico a los alimentos, estos sufren algunas pérdidas de nutrientes o cambios sensoriales notables, principalmente en aroma y color. Por ejemplo en los zumos de frutas puede aparecer pardeamiento enzimático, un oscurecimiento del color del alimento o, en el caso de la leche, debido a la homogeneización (reducción de los glóbulos de grasa), pueden aparecer diferencias en el color blanco (Morató, 2012).

El aroma también puede alterarse. En los zumos pueden aparecer importantes pérdidas, de ahí que algunas industrias disponen de sistemas de recuperación de aromas para solventar las pérdidas. En la leche, la eliminación de aroma es beneficioso ya que, de esta manera, desaparece el olor a heno. Las vitaminas sufren también alteraciones, aunque son mínimas y casi inapreciables (Morató, 2012).

Las diversas reacciones químicas y físicas que ocurren durante el tratamiento térmico y llegan a ser deseables o indeseables, estos cambios se ven influenciados por el tiempo y temperatura de proceso, la composición y propiedades propias del alimento, como el pH, contenido de iones metálicos, además, mencionan que el tratamiento térmico reduce el valor nutricional, debido a la destrucción de nutrientes y vitaminas. Por lo que resulta importante conocer la cinética de destrucción y el orden de reacción para determinar las condiciones del proceso que son necesarias para reducir este efecto (Velasquez & Velasquez, 2018).

Pese a los cambios que sufren los alimentos al someterse a la pasteurización, comparado con otros tratamientos térmicos como la esterilización, este es un método menos invasivo para los alimentos.

5.9.3 Efecto de temperaturas de pasteurización sobre el avinagramiento de una bebida fermentada a base de piña

No hay estudios previos del efecto de la pasteurización sobre la producción de ácido acético causado por la bacteria *Acetobacter spp.* responsable del avinagramiento en una bebida fermentada a base de piña, elaborada de forma artesanal, pero si se ha estudiado el efecto de la pasteurización sobre el crecimiento microbiano, en otras bebidas fermentadas o zumos de frutas, tal y como lo indican los autores:

Luz Herminia Velásquez (2018) en su investigación sobre la “influencia de la clarificación y pasteurización en la calidad de una bebida fermentada a base de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y su determinación de vida en anaquel”, concluyó que el tiempo de proceso de pasteurización de la bebida fermentada y clarificada en ambas variedades de quinua utilizando 80°C* 5min, logró reducir la carga microbiana, además se logró alargar la vida en anaquel del producto hasta en 254 días.

Otro estudio relacionado con la incidencia de la aplicación de temperaturas en bebidas fermentadas para reducir la carga microbiana de *Acetobacter spp.* es la investigación realizada por Juliana López (2017) en la “Aplicación de microondas para la reducción de las poblaciones de microorganismos en mosto de uva”, utilizando una potencia de 2,5 W/g y 4 minutos de tratamiento se reduce la población de *Acetobacter spp.* spp partiendo de una población inicial de 2,7.10⁶ UFC/mL a 20 UFC/mL. Los dos tiempos anteriores de tratamientos de 2 y 3 minutos logran una reducción menor y parcial de las poblaciones de *Acetobacter spp.*

5.10 Termorresistencia microbiana

Tal y como lo detallan las autoras Herminia y Jaqueline Velásquez (2018) en su investigación sobre la influencia de la clarificación y pasteurización en la calidad de una bebida fermentada a base de Quinua, que la termorresistencia de un microorganismo, es característica de cada uno y ésta va relacionada con la letalidad del tratamiento térmico, una temperatura por encima de la máxima de crecimiento de un determinado microorganismo, le produce un daño fatal, a mayor temperatura la muerte es más rápida. Por ello siempre debemos tener en cuenta la relación tiempo – temperatura.

Entre los microorganismos patógenos esporulados presentes en los alimentos de baja acidez (pH>4.5) el *Clostridium botulinum* es el más peligroso, este microorganismo, es capaz de crecer en condiciones anaerobias. Por otro lado, para alimentos moderadamente ácidos (pH 4.5-3.7), se emplean otros microorganismos, como: mohos, levaduras o enzimas termorresistentes, para calcular los tiempos y temperaturas de tratamiento, en el caso de la esterilización en alimentos ácidos (pH H<3.7), el principal objetivo es la inactivación de sus enzimas y es por ello que en

estos alimentos los tratamientos térmicos aplicados son más suaves (pasteurización). (Velasquez & Velasquez, 2018)

Por otro lado, Bervis (2013), sostiene que los factores que afectan la termorresistencia, además del tipo de microorganismo, son el número de células existentes, la fase de crecimiento en la que se encuentran y las condiciones del medio es el que afecta el calentamiento de los microorganismos. Uno de los factores que afecta de manera determinante en el tiempo de tratamiento térmico es el pH (Una combinación de altas temperaturas y bajo pH, es eficaz para la destrucción de microorganismos; por otro lado, un pH alto, disminuye el tiempo de muerte térmica). Además, existen otros factores como la alta concentración de azúcares que hace que la muerte térmica aumente.

5.11 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial es una herramienta que se basa en el uso de los sentidos de la vista, gusto y olfato para analizar las características de un alimento y de esta forma determinar la aceptabilidad de un nuevo producto, cambios de formulaciones así como también evaluar si existe algún defecto presente en el alimento, tal como lo indica la autora Ahued (2007):

El análisis sensorial es el examen de las propiedades organolépticas de un producto realizable con los sentidos humanos. Dicho de otro modo, es la evaluación de la apariencia, olor, aroma, textura y sabor de un alimento o materia prima. Este tipo de análisis comprende un conjunto de técnicas para la medida precisa de las respuestas humanas a los alimentos y minimiza los potenciales efectos de desviación que la identidad de la marca y otras informaciones pueden ejercer sobre el juicio del consumidor. Es decir, intenta aislar las propiedades sensoriales u organolépticas de los alimentos o productos en sí mismos y aporta información muy útil para su desarrollo o mejora, para la comunidad científica del área de alimentos y para los directivos de empresas.

Esto indica que aplicar evaluaciones sensoriales a un producto alimenticio es necesario, ya que para que este pueda introducirse al mercado, no solamente debe ser inocuo sino que también debe ser aceptado sensorialmente por el consumidor y también es útil para detectar sabores, olores o texturas desagradables, por esta razón está contemplado aplicar

evaluación sensorial en esta investigación y así detectar si a través de cambios organolépticos en la bebida fermentada a base de piña, se ha producido un picado acético (avinagrado).

Ampliando los conceptos sobre evaluación sensorial y su uso en la industria de alimentos, la autora Penna (2007) describe los elementos que requieren un análisis sensorial:

La Evaluación Sensorial trabaja en base a paneles de degustadores, denominados catadores, que hacen uso de sus sentidos como herramienta de trabajo. Los catadores se seleccionan y entrenan con el fin de lograr la máxima veracidad, sensibilidad y reproducibilidad en los juicios que emitan, ya que de ello depende en gran medida el éxito y confiabilidad de los resultados. Mediante un entrenamiento adecuado es posible obtener el mismo grado de seguridad que en un método instrumental, teniendo la ventaja que la sensibilidad del test sensorial es mayor, esto es porque los sentidos son capaces de pesquisar concentraciones menores. Así por ejemplo, cuando los métodos instrumentales se aplican a análisis de trazas, en que se alcanza el límite de detección del método, cuando en el análisis cromatográfico ya no aparecen más "peaks", es posible la mayoría de las veces percibir claramente "algo" en el sabor y aroma. Es decir la evaluación sensorial funciona como un "detector biológico". Como ejemplo de este detector biológico tenemos los valores de umbral de estímulo para olfacción de etilmercaptano en el aire, que alcanza a $4,5 \times \text{g}/1$ y de ácido butírico en aire que alcanza a $8,8 \times \text{g}/1$ (Ohloff 1971, "Die Chemie des Geruchssinnes"). Ambos ejemplos ponen de manifiesto la alta sensibilidad que caracteriza al sentido del olfato.

5.11.1 Tipos de evaluación sensorial

Existen tres tipos de análisis sensorial, según Barda (2022) los define como:

a) Análisis descriptivo

Consiste en la descripción de las propiedades sensoriales (parte cualitativa) y su medición (parte cuantitativa), por esa razón se considera el más completo. Para la primera etapa se trata de ver qué nos recuerda y cómo se describe cada olor (por lo general se usan sustancias químicas). A medida que transcurre el entrenamiento, la persona reconoce ese olor e inmediatamente lo describe. Es decir, se agiliza el proceso mental 'estímulo respuesta'. En esa fase se comienza a trabajar con el producto que será objeto de la evaluación, y se

desarrolla un vocabulario de ocho a quince palabras para describirlo. En tanto, la segunda parte está basada en aprender a medir. Aunque inconscientemente vivimos calculando distancias y medidas, en este caso hay que formalizarlo y hacerlo consciente, y es aquí donde empieza el entrenamiento con escalas. Por ejemplo, ante un jugo con olor a mandarina, se mide la intensidad de ese olor en una escala del cero al diez.

b) Análisis discriminativo

Es utilizado para comprobar si hay diferencias entre productos, y la consulta al panel es cuánto difiere de un control o producto típico, pero no sus propiedades o atributos. Se hace un juicio global, por ejemplo, ante una muestra A y una B, se pregunta cuál es la más dulce, o ante A, B y C, donde dos son iguales y una tercera es diferente, cuál es distinta".

c) Test del consumidor

También llamado test hedónico, en este caso se trabaja con evaluadores no entrenados, y la pregunta es si les agrada o no el producto. El consumidor debe actuar como tal. Lo que sí se requiere, según la circunstancia, es que sea consumidor habitual del producto que está en evaluación. Contrariamente, a los evaluadores que realizan control de calidad nunca se les consulta si el producto es de su agrado, tienen que decir si son distintos, si no difieren, si son dulces, si son amargos. El hedonismo se deja aparte, porque ellos actúan como un instrumento de medición.

5.11.2 Cantidad de personas necesarias para testear un producto

La autora Barda (2022) especializada en la tecnología de alimentos, amplía la información sobre el número de personas que se requieren para cada tipo evaluación:

- a) Análisis descriptivo: el panel no es mayor de 10 personas, debido a la dificultad de entrenar a una mayor cantidad.
- b) Análisis discriminativo: se emplean como mínimo 20/25 personas, dependiendo del tipo de ensayo.
- c) Test del consumidor: para que los resultados sean válidos se requieren numerosas respuestas, por lo que se trabaja por lo menos con 80 personas.

5.11.3 Test de comparación múltiple

El test comparación múltiple se utiliza para detectar diferencias en referencia a una muestra control, según Penna (2017):

Su nombre deriva del hecho que mide diferencia en base a más de tres estímulos, pudiendo llegar a seis incluyendo el control. Permite detectar diferencias de intensidad moderada, cuando hay pequeños efectos entre las muestras.

El test se desarrolla para tres ó seis muestras. Al juez se le informa cuál es el control, y éste se incluye de nuevo entre las muestras que se degustan.

Al juez se le pide que señale de cada muestra si ésta es o no diferente del control, y que además señale el grado de diferencia, de acuerdo a una escala de puntaje. Se pide además que señale si la muestra es igual, superior o inferior al estándar.

Son métodos por excelencia objetivos, y analizables estadísticamente, y se utiliza como herramienta del Control de Calidad, para determinar factores que influyen en la uniformidad de la calidad del producto.

Por lo cual el test de comparación múltiple es ideal para evaluar los tres tratamientos de pasteurización aplicados a la bebida fermentada a base de piña, y de esta forma analizar si el tratamiento térmico es capaz de modificar las características sensoriales de la bebida, asimismo obtener comentarios si a nivel sensorial, es capaz de percibir a través del gusto y olfato si la bebida está picada (avinagrada).

5. Objetivos

6.1 Objetivo general

1. Determinar la temperatura óptima de pasteurización para la reducción de la oxidación etanólica en bebida fermentada a base de piña.

6.2 Objetivos específicos

1. Establecer cuáles serán las tres temperaturas empleadas para la pasteurización de una bebida fermentada a base de piña, según las condiciones mínimas del tratamiento para mostos y vinos.
2. Comparar las características sensoriales de sabor, color, olor y aroma de una bebida fermentada a base de piña con una muestra patrón por medio del test comparación múltiple.
3. Determinar la efectividad de tres temperaturas pasteurización en una bebida fermentada a base de piña por medio de la medición del ácido acético a nivel laboratorio.
4. Evaluar la tendencia y la asociación que existe del contenido de ácido acético respecto al tiempo en cada tratamiento de pasteurización aplicado a la bebida fermentada a base de piña, mediante un análisis de correlación y regresión.

6. Hipótesis

- La temperatura de 70 °C es la más adecuada para evitar la producción de ácido acético en una bebida fermentada a base de piña.

7. Recursos

8.1 Recursos humanos

- Estudiante: T.U Lilian Alejandra Castañeda de León
- Asesor Titular: Ing. Marvin Manolo Sánchez López
- Asesor Adjunto: Q.B. Gladys Floriselda Calderón Castilla

8.2 Recursos Físicos

- Laboratorio INLASA, S.A (Investigación, Laboratorio, Análisis, Servicio, Asesoría), ubicado en 29 Calle 19-1 Zona 12 Guatemala).

8.3 Recursos institucionales

Centro Universitario de Suroccidente, CUNSUROC, Mazatenango, Suchitepéquez.

8.4 Recursos económicos

Los gastos durante la investigación serán sufragados por la estudiante.

8.5 Materiales y equipo

8.5.1 *Materia prima*

- Agua purificada
- Piña
- Sacarosa
- Levadura *Saccharomyces cerevisiae* Lalvin 71B (Especial para vinos jóvenes y bebidas fermentadas a base de frutas)

8.5.2 *Materiales para panel piloto*

- Bebida fermentada a base de piña
- Boletas para panel piloto
- Panelistas (catadores entrenados de empresa productora de bebidas alcohólicas)
- Servilletas
- Agua purificada
- Copas de cristal
- Crayón de cera para titular las copas

8.6 Insumos

- Botellas de vidrio con capacidad de 375 mL
- Tapones de plástico herméticos para botellas de 375 mL
- Mascarilla
- Ácido cítrico
- Etiquetas
- Guantes
- Cofia
- Bolsas para basura
- Tela filtrante
- Potenciómetro
- Goteros
- Piseta
- Jabón líquido neutro
- Masking tape

8.7 Utensilios para la elaboración de la bebida fermentada

- Embudo
- Olla de acero inoxidable
- Paletas
- Mesa de acero inoxidable
- Cuchillos

8.8 Equipo para la fermentación

- Fermentador de 20 L
- Trampa de aire
- Extractor de jugo
- Sifón

8.9 Cristalería de laboratorio

- Pipetas de 10 mL
- 2 Becker de 50 mL

- 1 Erlenmeyer 250 mL
- Bureta 50 mL

8.10 Equipo de laboratorio

- Soporte universal
- Campana extractora de gases
- Bureta
- Balanza digital
- Balanza analítica
- Baño María
- Refractómetro
- Densímetro
- Termómetro
- Potenciómetro

8.11 Reactivos

- Fenolftaleína
- Hidróxido de Sodio 0.1 N

8. Marco operativo

9.1 Descripción de proceso de elaboración de una bebida fermentada a base de piña

9.1.1 Recepción de materia prima

En esta etapa se seleccionaron las piñas maduras en buena condición, separándolas de aquellas que presenten defectos por lesiones mecánicas, ataque de plagas o enfermedades debido a que esto afecta directamente en la calidad del producto final.

9.1.2 Pesado

Se utilizó una balanza digital con 0.1 g de precisión, esta etapa es muy importante para determinar el rendimiento total de la fruta.

9.1.3 Lavado

La fruta seleccionada se sumergió en una solución de 50 partes por millón de agua clorada por 10 minutos, también se cepillaron para eliminar cualquier material extraño que pudiese tener en el exterior de la cáscara.

9.1.4 Pelado y descorazonado

En esta operación se eliminó la cáscara y se evitó dejar ojillos en la pulpa de la fruta, se eliminó el corazón para solo dejar un cilindro hueco de fruta.

9.1.5 Troceado

Se cortó en cubos de 3 cm aproximadamente, esto con el fin de que fuera más fácil obtener el jugo de la piña.

9.1.6 Extracción de jugo

Empleando un extractor, se sometieron los trozos de piña a extracción hasta que se obtuvo un jugo, para ser expuesto a la acción de las levaduras el cual se conoce como mosto.

9.1.7 Tamizado

Se retiraron las fibras o partículas sólidas residuales en la etapa de extracción.

9.1.8 Primera dilución

Se agregó agua, con la finalidad de aumentar el volumen del producto final en una relación de 1,5 L de agua por 1L de pulpa.

9.1.9 Estandarización del mosto

Corrección de Brix

Esta operación se realizó para ayudar alcanzar los Grados Brix deseados entre un rango de 15-23, esta operación es importante porque establece los gramos de azúcar necesarios a emplear en la formulación de la bebida, para ello se empleó la siguiente ecuación:

$$X = \frac{^{\circ}\text{Brix} * V1}{100}$$

Donde:

X= Cantidad en gramos de azúcar que se desea adicionar

$^{\circ}\text{Brix}$ = porcentaje de azúcar disuelta en la solución

V1= Volumen en mL de la solución (Toro, 2014).

9.1.10 Ajuste de pH

Se utilizó un potenciómetro y se ajustó gradualmente agregándole ácido cítrico hasta llegar a un pH 3.2, este factor también contribuye a inhibir el crecimiento de microorganismos.

9.1.11 Activación de la levadura

La levadura *Saccharomyces cerevisiae* de marca comercial Lalvin 71B, se disolvió en una proporción del 0.83g/L del mosto, con agua ligeramente azucarada a 32°C aproximadamente.

9.1.12 Inoculación

Se agregó la dilución de levadura activada al mosto de piña.

9.1.13 Fermentación

Luego de la inoculación, el mosto se depositó en un fermentador con capacidad de 20 litros y se le colocó una trampa de aire, para evitar que entrara oxígeno y permitir que saliera el CO_2 , se dejó fermentar durante 12 días a temperatura ambiente, y se interrumpió la fermentación cuando se notó en la trampa de aire que ya no había producción de gas.

9.1.14 Trasiago

Durante la fermentación se produjo una separación de fases, estos sedimentos están compuestos por pulpa de piña residual o levaduras muertas, por lo que fue necesario hacer un trasiago; esta operación consistió en separar la parte superior del fermento, mediante

succión con ayuda de un sifón, de no hacerlo en poco tiempo la descomposición, y la autólisis de las levaduras hubieran impartido a la bebida un sabor verdaderamente desagradable.

9.1.15 Filtración

Esta fase tuvo como objetivo separar los restos de sedimentos de pulpa o levadura o cualquier otra partícula en suspensión que durante el trasiego no se haya eliminado completamente, para ello se utilizó como medio filtrante, mantas las cuales poseen una porosidad muy fina.

9.1.16 Envasado

Se envasó la bebida fermentada, con la ayuda de una probeta clase A, de 500 mL se logró medir el volumen correcto para llenar las botellas de 375 mL que fueron previamente desinfectadas para evitar contaminación, estas fueron selladas con tapaderas plásticas.

9.1.17 Corte de la fermentación (Parte experimental)

En esta etapa usualmente se utiliza metabisulfito de sodio para detener la fermentación en una proporción de 0.4 g/L, en esta investigación se detuvo la fermentación y el crecimiento de los demás microorganismos encargados de la oxidación alcohólica aplicando tres diferentes temperaturas de pasteurización, cabe mencionar que los tres tratamientos se aplicaron por veinte segundos, considerando que la aplicación de calor se realizó en baño María, existió una transferencia de calor del medio hacia el interior de la botella, por lo cual se empezó a contar los veinte segundos hasta que el termómetro indicó que en el interior de la botella se alcanzó la temperatura establecida para cada tratamiento.

Con ayuda de un termómetro se controló que se mantuviera ese rango de temperatura durante ese tiempo.

Por inmersión de agua se aplica:

- Pasteurización a 70 °C por 20 segundos
- Pasteurización a 73 °C por 20 segundos
- Pasteurización a 76 °C por 20 segundos.

9.1.18 Etiquetado

Ya que el producto fue terminado, se procedió a colocar de la etiqueta correspondiente, la cual especifica el nombre del producto, el contenido neto, ingredientes, forma de consumo entre otros aspectos según lo citado en la norma RTCA 67.01.05:11.

9.1.19 Almacenamiento

El producto ya etiquetado y envasado se almacenó en un lugar fresco y seco, sin exposición a la luz directa, para que el producto pase por un periodo de cuarentena y asegurar de esta manera la calidad del producto final. La temperatura de almacenamiento oscila desde los 7 °C hasta los 18 °C.

9.2 Formulación para elaboración de mosto de piña

Para la elaboración del mosto de piña se utilizó una proporción de 1.5 de agua por cada litro de pulpa, siendo la levadura el componente responsable de transformar el mosto en una bebida alcohólica fermentada, asimismo fue necesario ajustar la acidez, por lo cual se agregaron tres gramos de ácido cítrico.

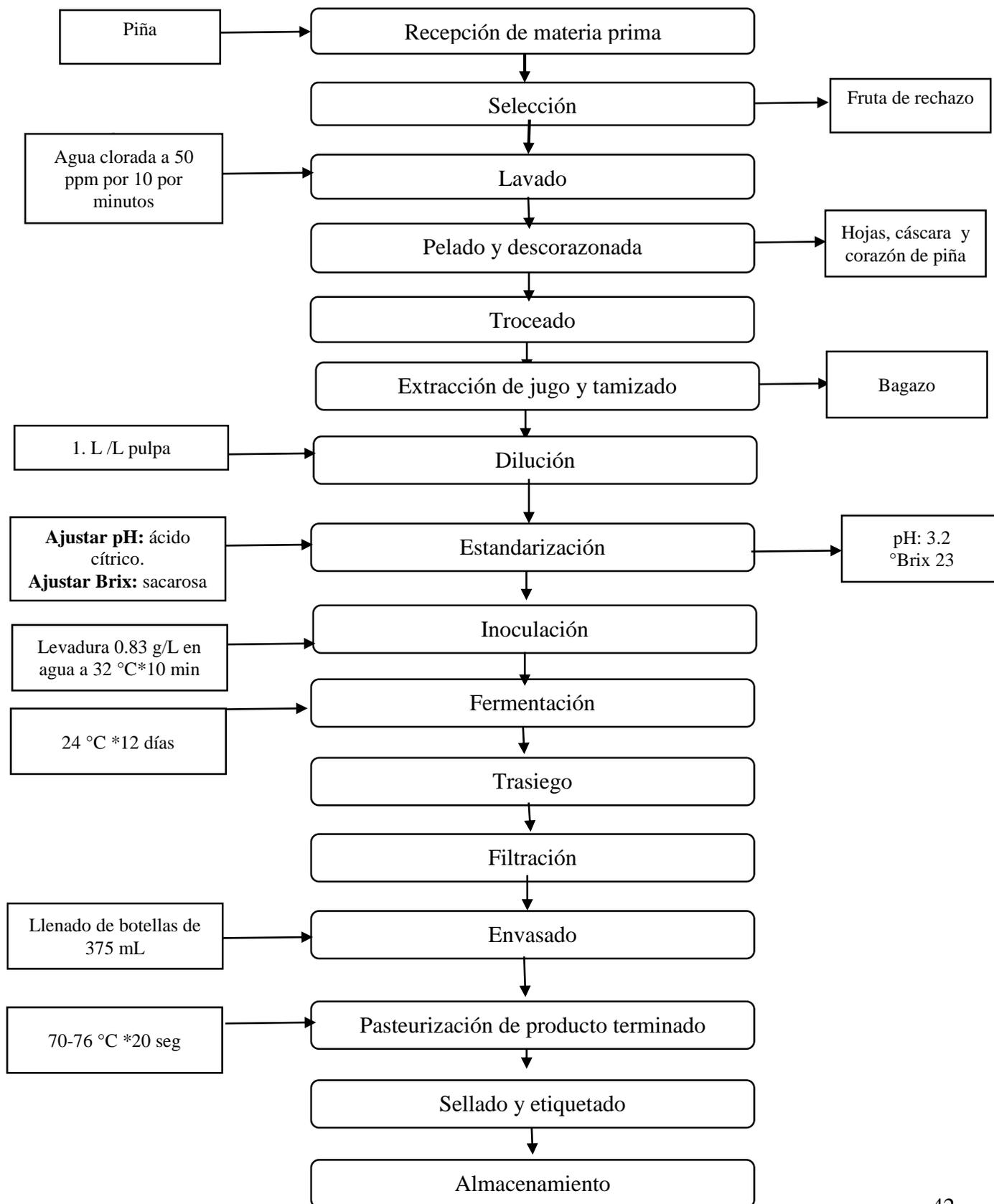
Tabla 5

Formulación para elaboración de mosto de piña

Materia prima	Peso	Porcentaje
Jugo de piña	4000 mL	34.45 %
Agua purificada	6000 mL	51.68 %
Sacarosa	1600 g	13.78 %
Levadura	6.64 g	0.06 %
Ácido cítrico	3 g	0.03%
Total	11609.64 mL	100%

Fuente: (elaboración propia, 2022).

9.3 Diagrama de bloques de la elaboración de una bebida fermentada a base de piña



Fuente: (elaboración propia, 2022)

9.4 Metodología para el análisis sensorial con un panel entrenado para la comparación de características sensoriales de una bebida fermentada a base de piña con una muestra patrón por medio de comparación múltiple.

Se realizó la evaluación sensorial de los tres tratamientos térmicos de pasteurización aplicados a una bebida fermentada a base de piña, el primer tratamiento con una temperatura de 70 °C, el segundo a 73 °C y el tercero a 76 °C, todos con un tiempo de 20 segundos, y una muestra control a la que no se le aplicó dicho tratamiento, 12 días después de haber aplicado el tratamiento térmico se evaluaron los atributos de aroma, sabor y color con el objetivo de evaluar el efecto de las temperaturas de dichos tratamientos en la bebida fermentada a base de piña ya que la oxidación etanólica puede percibirse fácilmente mediante el gusto y el olfato.

Se utilizaron copas de cristal transparentes y cada una de las muestras se codificó con números de tres dígitos de forma aleatoria, cada muestra tuvo un contenido de 20 mL de la bebida fermentada a base de piña con el tratamiento correspondiente, también se incluyó en la evaluación galletas soda y agua purificada para limpiar el paladar en cada muestra.

Las copas fueron servidas a los panelistas en orden ascendente respecto a los códigos numéricos y se les colocó un vidrio de reloj para evitar la pérdida de los compuestos volátiles de la bebida fermentada a base de piña.

Para la evaluación de diferencias entre los tratamientos mediante el uso de este test, se requirió de un total de 12 catadores entrenados, que cuentan con una experiencia de análisis sensorial en bebidas alcohólicas, de igual forma a este grupo se le impartió una charla introductoria sobre el uso correcto del test de comparación múltiple para evaluar una bebida fermentada sensorialmente, asimismo se les explicó los objetivos del análisis sensorial.

Se utilizó una escala de cinco puntos, en donde la menor diferencia tiene una calificación de cero y la mayor diferencia un puntaje de cinco. Las categorías de diferencia contempladas en la escala son las siguientes: no hay diferencia, hay diferencia muy leve, hay diferencia moderada, hay diferencia grande, hay diferencia extremadamente grande.

La ficha modelo tiene un formato semejante al test pareado, (Ver Anexo 1, página 73).

9.5 Metodología para el envío de muestras al laboratorio

Para obtener el resultado de ácido acético presente en la bebida fermentada a base de piña y determinar si los tratamientos de pasteurización a 70° C, 73 °C y 76 °C por 20 segundos, fueron efectivos para evitar la oxidación etanólica en esta bebida alcohólica, fue necesario realizar un análisis de acidez total, por lo cual se enviaron las muestras a un laboratorio de alimentos externo.

Después de aplicar los tres tratamientos de pasteurización, se dejaron las muestras 12 días en reposo para iniciar con el envío de las muestras incluyendo la muestra control, hace referencia a una muestra que no se le aplicó ningún tratamiento de pasteurización. Por lo tanto se enviaron un total de 20 muestras, estas se envasaron en botellas de vidrio con un volumen de 375 mL, cada botella se etiquetó con los siguientes datos:

- Tipo de producto
- Temperatura de pasteurización aplicada
- Fecha de envasado
- Tiempo de reposo después de envasado
- Volumen enviado
- Fecha en la que se debe analizar

Cabe mencionar que las tres muestras a las que se les aplicaron los tratamientos de pasteurización junto con la muestra control, fueron monitoreadas en cinco intervalos de tiempo, cada uno con una diferencia de siete días, lo cual significa que se enviaron muestras para analizar el contenido de ácido acético a los siete, catorce, veintiuno, veintiocho y finalmente a los treinta y cinco día. Esto se realizó con el objetivo de evaluar el comportamiento de ácido acético respecto al tiempo y analizar por cuánto tiempo la bebida fermentada a base de piña permanecía estable.

Las muestras fueron enviadas de forma hermética con tapón sellado y con cápsula termo encogible con el objetivo de evitar el contacto con el oxígeno después de envasada.

Las muestras se empaquetaron en una caja de cartón y se solicitó el análisis de acidez, se enviaron al laboratorio INLASA, el cual es un laboratorio de la industria agroalimentaria, que opera a nivel nacional e internacional a través de la prestación de servicios de ensayo

(microbiológicos y fisicoquímicos, entre otros) asesorías e inspecciones que garantizan la calidad de sus productos a través de resultados técnicamente válidos, imparciales y confiables.

Es necesario hacer mención que el método oficial utilizado para la determinación de ácido acético fue AOAC 942.15 Acidez titulable de productos frutales, está basado en detectar el punto de equilibrio de ácido base, mediante un viraje de color empleado un indicador como la fenolftaleína, el método aplicado consiste en una titulación acido-base, en este análisis se emplea una bureta, la cual contiene hidróxido de sodio al 0,1 N. Los pasos de este procedimiento se pueden consultar en (Ver Anexo 4, página 80).

Posterior a recibir los resultados de acidez de las veinte muestras, se compararon con las especificaciones de acidez del vinagre según la Norma COGUANOR No.34185, la cual establece un porcentaje del 4% en peso/volumen, esto debido a que no existen especificaciones nacionales o internacionales que regulen las bebidas fermentadas a base de piña, de tal forma que esto servirá como parámetro de referencia para determinar si la bebida esta avinagrada.

Por lo tanto cualquiera de los tratamientos debe ser inferior al 4% en peso/ volumen. Entonces el tratamiento que se aleje más de este valor es el más adecuado para evitar la producción de ácido acético.

10. Diseño estadístico

10.1 Análisis de varianza

Después de pasar las boletas del test de comparación múltiple, los datos obtenidos en tabla de punteos se tabularon para ser analizados estadísticamente por medio de un programa automatizado en Excel que aplica el método de análisis de varianza completamente al azar ANOVA, el cual permite concluir si existe diferencia significativa entre resultados, y también es útil para aceptar o rechazar la hipótesis planteada, para llevar a cabo este proceso se aplicaron una serie de fórmulas para hallar el factor calculado.

Por cada atributo sensorial de aroma, sabor y color se realizó un análisis de varianza, con el fin de conocer si a la muestra que no se le aplicó ningún tratamiento térmico es diferente sensorialmente en comparación a las tres muestras que se les aplicó una temperatura de pasteurización, el tratamiento uno es de 70 °C, el segundo es de 73 °C y el tercer tratamiento es a 76 °C, todos por un tiempo de 20 segundos.

Tabla 6

Fórmulas utilizadas en el análisis de varianza

Causas de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Factor calculado	Factor tabulado
Tratamiento	$\frac{\sum(\sum \text{trat})^2}{\text{rep}} - \text{FC}$	# trat - 1	Sc trat/Gl trat	CM trat/Cm error	Buscar en la tabla F
Error	Sc total- Sc trat	Gl total- Gl trat	Sc error/Gl error		
Total	$(\sum \text{datos})^2 - \text{FC}$	# datos - 1			
FC = FACTOR DE CORRECCIÓN = $(\sum \text{total})^2/n=$					

Fuente: (de León Fernández & Del Cid Flores, 2024)

Para concluir estadísticamente si existe diferencia significativa entre tratamientos el factor calculado debe ser mayor que el dato obtenido en factor tabulado, el cual se consulta en la tabla de dos colas de Fisher, (Ver anexo 2, página 75).

10.1.1 Criterios de conclusión

Para cada uno de los aspectos sensoriales de color, olor y sabor se halló el factor calculado (f_c) y el factor tabulado (f_t), con lo que, si el valor del factor calculado es superior al del factor tabulado ($f_c > f_t$), la conclusión es que si existe diferencia significativa entre tratamientos, lo cual significa que las temperaturas aplicadas si modifican las características sensoriales de la bebida fermentada.

10.2 Análisis de regresión y correlación

Se realizó el monitoreo del comportamiento del contenido de ácido acético durante treinta y cinco días, a las tres muestras que se les aplicó diferentes temperaturas de pasteurización en conjunto con la muestra que no se pasteurizó, se obtuvo una serie de datos del contenido de ácido acético respecto al tiempo, estos valores fueron proporcionados por el laboratorio INLASA.

Para analizar el comportamiento en relación a estas dos variables se realizaron gráficas de dispersión, en donde el tiempo es la variable independiente correspondiente al eje “X” y el contenido de ácido acético es la variable dependiente, correspondiente al eje “Y”.

Se realizó una gráfica de dispersión por cada tratamiento de pasteurización aplicado a la bebida fermentada a base de piña, incluyendo la muestra control. Se realizaron con el objetivo de determinar la correlación y regresión que existe entre las variables, de esta forma conocer el compartimiento de ácido acético y predecir la tendencia respecto al tiempo en cada tratamiento de pasteurización aplicado.

Para trazar la línea de tendencia, es necesario encontrar los valores de la pendiente y la ordenada en el eje “Y” seguidamente introducir estos valores en la ecuación de la recta.

10.2.1 Análisis de regresión

Las ecuaciones a utilizar son las siguientes:

1) Ecuación de la pendiente

$$b = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2}$$

Donde:

b: pendiente de la recta de regresión

x: valores conocidos de la variable independiente

y: valores conocidos de la variable dependiente

\bar{X} : promedio del valor de las X

\bar{Y} : promedio del valor de las Y

n: número de datos puntuales u observaciones (períodos)

2) Ecuación de la ordenada en el eje “Y”

$$a = \bar{y} - b\bar{x}$$

Donde:

a: ordenada con el eje “y”

\bar{Y} : promedio del valor de las Y

b: pendiente de la recta de regresión

\bar{X} : promedio del valor de las X

Obteniendo el valor de la pendiente y el valor la ordenada con el eje “Y”, se introducen los resultados en la ecuación de la recta:

3) Ecuación de la recta

$$\bar{Y} = a + bx$$

Donde:

\bar{Y} : valor calculado de la variable que debe predecirse (variable dependiente)

a: ordenada con el eje “Y”

b: pendiente de la recta de regresión

x: variable independiente

10.2.2 Análisis de correlación

La correlación mide la fuerza y la dirección entre dos variables, en este caso del contenido de ácido acético respecto al tiempo, para ellos es necesario determinar el valor del coeficiente de correlación.

1) Fórmula de coeficiente de correlación de Pearson

$$r = \frac{n \sum xy - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}}$$

Donde:

r: coeficiente de correlación de Pearson

X: valores conocidos de la variable independiente

Y: valores conocidos de la variable dependiente

n: número de datos puntuales

10.7.3 Criterio de conclusión de análisis de correlación

El resultado del valor del coeficiente de correlación de Pearson puede ir desde -1 a 1, y se interpreta de la siguiente forma:

Tabla 7

Tabla de interpretación de coeficiente de correlación de Pearson

Valor de r	Fuerza de relación
-1,0 a -0,51 ó 0,51 a 1,0	Fuerte
-0,5 a -0,31 ó 0,31 a 0,5	Moderada
-0,3 a -0,11 ó 0,11 a 0,3	Débil
-0,1 a -0,001 ó 0,001 a 0,1	Ninguna o muy débil

Fuente: (Yzú, 2023).

Asimismo este valor debe analizarse junto con el gráfico de dispersión para concluir si la dirección es directa/positiva esto se refiere a que los valores aumentan en ambos ejes ó inversa/negativa si los valores aumenta en el eje "X" disminuyen los valores en el eje "Y",

10.2.3 Criterio de conclusión de análisis de regresión

Al obtener la ecuación de la recta, se puede introducir más valores de tiempo en “X” para pronosticar el comportamiento del ácido acético en cada tratamiento de pasteurización, una línea de tendencia lineal frecuentemente muestra que hay algo que aumenta o disminuye a un ritmo constante y demuestra que existe correlación entre los valores obtenidos.

Esto debido a que la correlación lineal y la regresión lineal son métodos estadísticos que estudian la relación lineal existente entre dos variables. La correlación cuantifica la relación entre dos variables, mientras que la regresión lineal consiste en generar una ecuación (modelo) que, basándose en la relación existente entre ambas variables, permita predecir el valor de una a partir de la otra.

11. Resultados y discusión de resultados

11.1 Resultados de evaluación sensorial

Se realizó la evaluación sensorial, con el apoyo de un panel entrenado en bebidas alcohólicas, conformado por 12 catadores, en el cual se analizaron tres características sensoriales: aroma, sabor y color en tres muestras pasteurizadas de bebida fermentada a base de piña. Esta evaluación se realizó 12 días después de envasadas las muestras.

La primera muestra fue pausterizada a 70 °C, la segunda a 73 °C y la tercera a 76 °C, los tres tratamientos por veinte segundos. Los datos obtenidos en el panel fueron analizados estadísticamente mediante un análisis de varianza (ANDEVA), con un nivel de confianza del 95%, en el cual el criterio de conclusión fue el siguiente: si el factor calculado (fc) es mayor que factor tabulado (ft), existe diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos, lo cual significa que el método de pasteurización es capaz de modificar las características sensoriales.

Tabla 8

Resultados estadísticos de análisis de varianza para determinar si existe diferencia estadística entre tratamientos respecto al aroma

ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	Factor calculado	Probabilidad	Factor tabulado	Conclusión
Tratamiento	3.5	2	1.75	0.67741935	0.514848472	3.284917651	Debido a que $F_c < F_t$ no existe diferencia estadística significativa en aroma entre tratamientos.
Error	85.25	33	2.58333333				
Total	88.75	35					

Fuente: (investigación de autora, 2024)

La primera característica sensorial evaluada fue el aroma, en la cual se puede observar que el factor calculado es menor que el factor tabulado, esto indica que no existe diferencia estadística significativa entre los tratamientos en comparación con la muestra que no fue pasteurizada, esto puede ser, debido a una saturación del olfato, o bien pudo haber ocurrido un error por contraste, aparece cuando se evalúa una muestra agradable seguida de una desagradable, el contraste entre ambas se acentúa más que cuando se evalúan separadamente. También se produce si el orden es inverso.

Este error por contraste es un error psicológico de juicio, esto sucedió probablemente al saturarse el olfato con la muestra problema, es decir con la muestra que sirvió de referencia, la cual no fue pasteurizada y presentó sabor agrio y nance podrido.

El test de comparación múltiple tiene una sección, donde los catadores entrenados califican e indican si la calidad es inferior, igual o superior a la muestra que no se le aplicó ningún tratamiento de pasteurización, esta sección permite comprender si la diferencia detectada entre tratamientos es un factor positivo o negativo.

Si bien no existe diferencia estadística entre tratamientos respecto al aroma, en esta sección, el 58% de los catadores calificaron superior la calidad del aroma de la muestra pasteurizada a 76°C en comparación a la muestra que no recibió tratamiento, en apéndices se puede consultar los resultados tabulados respecto a la evaluación de calidad del aroma, respecto a cada tratamiento de pasteurización (Ver apéndice 1, pág.81).

Las muestras con código 672 y 003 que corresponden a los tratamientos de pasteurización de 70 °C y 73°C, respectivamente, de acuerdo al criterio de los catadores entrenados un 42% indicó que estas muestras son de calidad inferior, con notas a pegamento y manzana podrida, un 33% indicaron que la calidad es igual y el 25% indicó que es de calidad superior, sin embargo un 58% de los catadores indicaron que la muestra pasteurizada a 76 °C tiene una calidad superior, con notas marcadas a piña dulce, menos alcohólica que el resto de muestras.

Las notas dulces a piña que sobresalieron en la muestra pasteurizada a 76 °C, puede ser debido a que a mayor temperatura aplicada, los azúcares se concentran más rápido, y a pesar que el alcohol se volatiliza a los 78 °C, es probable que se haya evaporado cierto porcentaje de alcohol en la muestra pasteurizada a los 76 °C, siendo este el tratamiento de mayor temperatura.

La segunda característica sensorial evaluada fue el sabor, a continuación se presenta la tabla de resultados estadísticos.

Tabla 9

Resultados estadísticos de análisis de varianza para determinar si existe diferencia estadística entre tratamientos respecto al sabor.

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>Factor calculado</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Factor tabulado</i>	<i>Conclusión</i>
Tratamiento	16.8888889	2	8.44444444	3.90198366	0.03012247	3.284917651	Debido a que $F_c > F_t$ existe diferencia estadística significativa en sabor entre tratamientos.
Error	71.4166667	33	2.16414141				
Total	88.3055556	35					

Fuente: (investigación de autora, 2024).

Estadísticamente existe diferencia significativa entre los tratamientos, respecto al sabor, ya que el factor calculado es mayor que el factor tabulado, lo que significa que la pasteurización sí modifica el sabor en la bebida fermentada a base de piña.

En la evaluación de calidad respecto al sabor un 84% de los catadores calificaron nuevamente la muestra 895 que corresponde al tratamiento de 76 °C con calidad superior a la muestra de referencia, con un sabor más pronunciado a piña y dulce, libre de sabores agrios seguidamente un 58% indicó que la muestra pasteurizada a 70 °C fue de calidad superior, y únicamente un 17% calificó la muestra pasteurizada a 73 °C con calidad superior.

Finalmente la tercera característica sensorial evaluada fue el color, a continuación se presenta la tabla de resultados estadísticos.

Tabla 10

Resultados estadísticos de análisis de varianza para determinar si existe diferencia estadística entre tratamientos respecto al color.

ANÁLISIS DE VARIANZA							
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	FC	Probabilidad	FT	Conclusión
Tratamiento	21.0555556	2	10.5277778	4.42569002	0.01982753	3.284917651	Debido a que $F_c > F_t$ que FT existe diferencia estadística significativa en sabor entre tratamientos.
Error	78.5	33	2.37878788				
Total	99.5555556	35					

Fuente: (investigación de autora, 2024).

Estadísticamente existe diferencia significativa respecto al color en comparación con la muestra no pasteurizada, esto refleja que al aplicar calor mediante los tratamientos de pasteurización sí se modifica el color, es necesario hacer mención que se observó sedimentación de 0.5 cm en las muestras pasteurizadas, al reposar este sedimento la muestra quedó libre de turbidez y mostró un amarillo cristalino, al momento de servir las muestras en las copas, este sedimento se dispersó nuevamente, quedando el color igual que la muestra no pasteurizada.

Al aplicar las temperaturas de pasteurización ocasionó la muerte de las levaduras, ya que estos microorganismos mueren a partir de los 55 °C, razón por la cual la muestra no pasteurizada no sedimentó levadura, y continuó en fermentación incluso después de envasada, por ende el grado alcohólico ascendió a 18 °GL, en comparación con las otras muestras que recibieron tratamiento de pasteurización, que tuvieron 9° GL de alcohol.

Como se puede observar en la tabla (Ver apéndice 9, página 89) de resultados de calidad de color, ninguno de los doce panelistas entrenados, calificó de calidad inferior a las muestras pasteurizadas. El tratamiento con mayor porcentaje de calificación en la calidad del color, fue el de 70 °C, obteniendo un 83%. Únicamente en esta característica sensorial, el tratamiento 70 °C obtuvo mejor calificación, ya que en la evaluación de sabor y aroma fue el tratamiento de 76 °C el mejor.

Se realizó un ANDEVA general, para concluir si existe diferencia estadística significativa entre tratamientos y establecer cuál es la temperatura óptima para la reducción de la oxidación etanólica en la bebida fermentada,

Tabla 11

Resultados estadísticos generales de análisis de varianza para determinar si existe diferencia estadística entre tratamientos de pasteurización.

Causas de variación	Sumatoria de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Factor calculado	Factor tabulado
Bloque	0.91	2	0.45	4.08	6.94
Tratamiento	3.02	2	1.51	13.60	6.94
Error	0.44	4	0.11		
Total	4.38	8			

Fuente: (de León Fernández & Del Cid Flores, 2024)

Este es un análisis estadístico general, que integra la tres variables de estudio (color, sabor y aroma) que se aplicaron en esta investigación, por lo cual se puede concluir que sí existe diferencia estadística significativa ya que el factor calculado 13.60 es mayor que el factor tabulado 6.94, lo que significa que la aplicación de pasteurización en la bebida fermentada a base de piña sí modifica las características sensoriales, a continuación se presenta la suma de promedios de cada tratamiento, con la finalidad de establecer estadísticamente cuál fue el mejor tratamiento de pasteurización.

Tabla 12

Resultados de suma de promedios de tratamientos de pasteurización

bloque	Tratamientos		
	1	2	3
I	1.67	2.42	2.17
II	1.75	3.42	2.75
III	1.08	2.92	1.67
Σ	4.5	8.76	6.59

Fuente: (Del Cid Flores, 2024)

En la tabla 12 se observa que la mayor suma de promedio es de 8.76 en el tratamiento II, correspondiente al tratamiento de pasteurización de 76 °C, por lo cual se concluye que el mejor tratamiento para evitar la oxidación etanólica debe ser a los 76°C durante 20 segundos.

11.2 Resultados de regresión y correlación del contenido de ácido acético presente en las muestras de bebida fermentada a base de piña.

Al tabular los resultados del porcentaje de ácido acético de las muestras enviadas al laboratorio INLASA, se realizaron las gráficas de dispersión, las cuales pueden consultarse en la sección de apéndices, en estas gráficas se puede analizar la correlación que existe del contenido de ácido acético respecto al tiempo, siendo evidente una disminución del mismo entre más tiempo transcurre, tanto en las tres muestras pasteurizadas, como en la muestra que no recibió tratamiento térmico.

A continuación se presenta un resumen de los resultados de regresión y correlación del contenido de ácido acético respecto al tiempo, de las muestras pasteurizadas de la bebida fermentada a base de piña, asimismo de la muestra de referencia, la cual no le fue aplicado ningún tratamiento térmico.

Tabla 13

Resultados estadísticos de correlación y regresión del contenido de ácido acético respecto al tiempo

Muestra	Ecuación de la recta	Coefficiente de correlación de Pearson	Interpretación de resultados
Sin pasteurizar	$y = -0.001X + 0.503$	-0.849	Según el coeficiente de Pearson, los resultados obtenidos en la muestra sin pasteurizar durante 35 días tienen una correlación negativa fuerte, es decir que el contenido de ácido acético tienen tendencia a disminuir, aplicando los tiempos de 42 y 49 días en la ecuación de la recta, se obtiene un porcentaje de acidez de 0.461% y 0.454% respectivamente.

70 °C	$y = -0.0009x + 0.506$	-0.530	El Coeficiente de Pearson obtenido, indica que existe una correlación negativa fuerte, con tendencia a los 42 días de tener un contenido de ácido acético del 0.468% y a los 49 días de 0.4619%
73 °C	$y = -0.0011x + 0.504$	- 0.894	El Coeficiente de Pearson obtenido, indica que existe una correlación negativa fuerte, con tendencia a los 42 días de tener un contenido de ácido acético del 0.462% y a los 49 días de 0.455%
76 ° C	$y = -0.0004x + 0.491$	-0.567	El Coeficiente de Pearson obtenido, indica que existe una correlación negativa fuerte, con tendencia a los 42 días de tener un contenido de ácido acético del 0.4742% y a los 49 días de 0.4714%, es el único tratamiento que mantiene el mismo porcentaje de acidez a partir de los 35 días de monitoreo.

Fuente: (investigación de autora, 2024)

Como se observa en las gráficas de dispersión, (Ver apéndice 10, página 90) el contenido de ácido acético en las muestras fermentadas a base de piña, pasteurizadas a 70 °C, 73 °C, 76 °C en conjunto con las muestras que no fueron pasteurizadas, todas tienen una tendencia en disminuir el porcentaje de acidez, después de envasadas, conforme aumenta el tiempo.

Naturalmente se esperaba que las muestras no pasteurizadas experimentaran una oxidación etanólica, es decir un aumento significativo del porcentaje de ácido acético, sin embargo en términos fisicoquímicos estas muestras no sufrieron un proceso de oxidación etanólica, esto basándose en la norma COGUANOR NGO 341885, donde se establece que una bebida fermentada para considerarse vinagre debe contener mínimo el 4% en peso/volumen de acidez y los resultados proporcionados por el laboratorio INLASA indican que todas las muestras tienen un porcentaje menor al 1% de ácido acético.

Existen posibles factores que fundamentan la disminución del ácido acético en la bebida fermentada a base de piña en las muestras que no recibieron tratamiento de pasteurización, debido a que la fermentación no se detuvo y las levaduras permanecieron activas, es probable que ocurriera un proceso de esterificación, es decir la conversión de ácido acético en ésteres.

Este proceso puede ocurrir durante la fermentación alcohólica, donde las levaduras, como *Saccharomyces cerevisiae*, están presentes y son capaces de catalizar esta reacción en presencia de alcohol y ácidos orgánicos.

La esterificación es una reacción química que implica la unión de un alcohol y un ácido carboxílico (en este caso, ácido acético) para formar un éster y agua. Durante la fermentación alcohólica, cuando las levaduras están activas, los ácidos orgánicos como el ácido acético y los alcoholes como el etanol están presentes en el medio de fermentación.

La esterificación ocurre cuando una molécula de ácido acético reacciona con una molécula de alcohol, en este caso, etanol, para formar un éster y agua. La reacción química general se puede representar como: ácido acético + Alcohol (etanol) → Éster + Agua.

Esta reacción puede ser catalizada por enzimas presentes en las células de levadura, como las esterasas, que facilitan la formación de ésteres a partir de ácidos orgánicos y alcoholes. Los ésteres son compuestos aromáticos que contribuyen a los perfiles de sabor y aroma de la bebida fermentada, y son responsables de características frutales, florales y especiadas.

Los ésteres son compuestos volátiles que contribuyen significativamente al aroma y sabor de la bebida fermentada, y la formación de ésteres durante la fermentación puede ser influenciada por varios factores, como la cepa de levadura utilizada, la composición del medio de fermentación, la temperatura y el tiempo de fermentación.

Respecto a las muestras que fueron pasteurizadas por veinte segundos, a los 70 °C, 73° y 76 °C, no se puede fundamentar con el mismo proceso de esterificación, ya que las levaduras mueren a partir de los 60 °C, por lo cual no se descarta que el tratamiento haya sido efectivo para destruir a las *Acetobacter*, responsables de la oxidación etanólica.

Otro punto importante que se debe mencionar, es que el grado alcohólico en la muestra no pasteurizada fue de 18 °GL y las muestras pasteurizadas 9 °GL, lo que significa que la muestra envasada continuó en fermentación. El grado alcohólico pudo influir en reacciones químicas que afectara el contenido de ácido acético.

Los resultados reflejan que el contenido de ácido acético se comporta de forma lineal, con una correlación negativa fuerte y una tendencia a disminuir el contenido de ácido acético respecto al tiempo.

12. Conclusiones

- Se rechaza la hipótesis planteada, debido a que la temperatura óptima para evitar la producción de ácido acético corresponde al tratamiento de pasteurización de 76 °C, la cual se encuentra dentro de especificación al contener menos de 1% en peso/volumen de ácido acético según la norma COGUANOR NGO 34185 y sensorialmente tener el mejor punteo.
- Se emplearon tres temperaturas de pasteurización: 70°C, 73°C y 76°C. Este rango de temperaturas es lo suficientemente alto para eliminar levaduras y bacterias acéticas, y se encuentra por debajo del punto de ebullición del alcohol.
- Se compararon las características sensoriales de sabor, color y aroma de las muestras pasteurizadas con una muestra de referencia. Se encontró una diferencia estadística significativa en sabor y color, mientras que en aroma no existe diferencia. Esto indica que la pasteurización previene el desarrollo de notas desagradables asociadas con la oxidación etanólica.
- Las muestras pasteurizadas contienen menos del 1% de ácido acético, cumpliendo con la norma COGUANOR NGO 34185 y no considerándose avinagradas. No se puede atribuir esta efectividad al tratamiento térmico, ya que no hubo diferencias significativas con las muestras no pasteurizadas.
- El contenido de ácido acético se comporta de forma lineal, con una correlación negativa fuerte y una tendencia a disminuir el contenido de ácido acético respecto al tiempo, en muestras pasteurizadas como sin pasteurizar.

13. Recomendaciones

- Considerar explorar temperaturas más bajas de pasteurización pero combinadas con un mayor tiempo, para asegurar que no existan pérdidas de grado alcohólico.
- Incluir estudios de estabilidad y análisis de la vida útil bajo diferentes condiciones de almacenamiento para evaluar cómo afecta la calidad y estabilidad de la bebida fermentada a base de piña.
- Realizar evaluaciones sensoriales periódicas para asegurar que las características de sabor y color se mantengan dentro de los estándares deseados.
- Aplicar los tratamientos de pasteurización directamente al mosto, y no durante la etapa de envasado para asegurar que la transferencia de calor se distribuya completamente en todo el líquido.
- Medir el grado alcohólico antes y después de pasteurizar para establecer el porcentaje de pérdida de grado alcohólico en cada tratamiento.

13. Referencia

- Agricultura. (2020). *Biofermentadores*. Obtenido de <https://estoesagricultura.com/fermentador-casero-para-la-realizacion-de-biofertilizantes/>
- Aguilar. (2006). *Elaboración a nivel de laboratorio de vino a partir de fruta: manzana, papaya*. Obtenido de <http://www.umoar.edu.sv/tesis/agronomía/vinos%20a%20partir%20de%20frutas.pdf>,
- Ahued, M. G. (2007). *Análisis sensorial de alimentos*. Obtenido de Universidad Autónoma del estado de Hidalgo: <https://www.uaeh.edu.mx/scige/boletin/icbi/n3/m1.html>
- Álvarez, D. O. (15 de julio de 2021). *Fermentación*. Obtenido de Concepto: <https://concepto.de/fermentacion/>
- Alzate, C. E. (2003). *Procesamiento de alimentos*. Obtenido de Universidad Nacional de Colombia: https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Orrego-4/publication/288824547_PROCESAMIENTO_DE_ALIMENTOS/links/56840cf808ae197583937736/PROCESAMIENTO-DE-ALIMENTOS.pdf
- Andrade, M. (08 de 2015). *Definición de piña*. Obtenido de Definición ABC: <https://www.definicionabc.com/general/pina.php>
- Balvina, A. (2016). *Enzymatic browning: phenotypic, biochemical and molecular characterization of native potatoes from Argentina*. Obtenido de [https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/138322#:~:text=El%20pardeamiento%20enzim%C3%A1tico%20\(PE\)%20esta,deseables%20para%20la%20calidad%20industrial.](https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/138322#:~:text=El%20pardeamiento%20enzim%C3%A1tico%20(PE)%20esta,deseables%20para%20la%20calidad%20industrial.)
- Barda, N. (2022). *Análisis sensorial de los alimentos*. Obtenido de https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_anlisis_sensorial_de_los_alimentos_fruticultura.pdf

- Basantes, S. (2012). *Determinación del requerimiento nutricional del fósforo sobre la inducción floral en el cultivo de piña*. Obtenido de Escuela Politécnica del Ejercito: <file:///C:/Users/JC/Desktop/Docs%20tesis/tesis%20de%20vino%20de%20pi%C3%B1a%20y%20miel.pdf>
- Bervis, N. (2013). *Termo-inactivación de E. coli.*. Obtenido de Universidad Zaragoza: <https://core.ac.uk/download/pdf/289974006.pdf>
- Betancourt, D. F. (julio de 26 de 2016). *Cómo hacer un diagrama de dispersión.*. Obtenido de <https://www.ingenioempresa.com/diagrama-de-dispersion/>
- Bodega Garzón. (11 de 10 de 2018). *Fermentación alcohólica*. Obtenido de Fermentación alcohólica: qué es y cómo afecta al vino: <https://bodegagarzon.com/es/blog/fermentacion-alcoholica/>
- Bodegas Comenge. (16 de mayo de 2016). *Defectos en el vino*. Obtenido de <https://www.comenge.com/defectos-en-el-vino-i/>
- Cata de Vinos. (11 de 11 de 2014). *Picado acético*. Obtenido de <https://www.catadelvino.com/blog-cata-vino/sabes-que-es-el-picado-acetico-en-los-vinos#:~:text=Si%20el%20vino%20permanece%20en,llama%20%E2%80%9Cmadre%20del%20vinagre%E2%80%9D.>
- Chacón, S. T. (2004). *EVALUACIÓN DEL SOLARIZADO, EN EL CONTROL DE Phytophthora en el cultivo de piña*. Obtenido de Tesis de grado: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2093.pdf
- Ciencia aplicada a la vida. (2016). *Seguridad Alimentaria*. Obtenido de https://www.3m.com.gt/3M/es_GT/food-safety-la/biblioteca-de-documentos/microorganismos/enterobacterias/
- COGUANOR NGO 34185. (1987). *Especificaciones Vinagre*. Obtenido de <https://cretec.org.gt/wp-content/uploads/2021/03/ngo34185vinagre.pdf>
- CONVET LAB. (2015). *Actividad de agua en alimentos*. Obtenido de <https://convet.net/la-actividad-de-agua-en-los-alimentos/>

- Cueva, K. (2010). *Industralizaciòn de un producto de lonchera con características naturales y energéticas elaborados a partir de piña* . Obtenido de file:///C:/Users/JC/Desktop/Docs%20tesis/tesis%20de%20vino%20de%20pi%C3%B1a%20y%20%20miel.pdf
- Daza, J. (noviembre de 2017). *Tipos de fermentadores*. Obtenido de Maltosaa: <https://maltosaa.com.mx/tipos-de-fermentadores-cerveza-casera/#:~:text=%C2%BFcu%C3%A1ntos%20tipos%20de%20fermentadores%20existen,en%20forma%20c%C3%B3nica%20como%20normal>.
- de León Fernández, A., & Del Cid Flores, M. A. (2024). *Análisis de varianza*.
- DEIA . (2005). *Diccionario de especialidades para la industria alimentaria*. Obtenido de <https://www.especialidadalimentaria.com/acido-gluconico-y-gluconato-de-sodio-6484-4#inicio>
- Diccionario de Meaning88. (03 de 2021). *Peritrichous*. Obtenido de 09: <http://www.meaning88.com/dictionary/peritrichous>.
- Equipos y laboratorios. (2021). *Brix*. Obtenido de <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/que-son-los-grados-brix>
- Fellows, P. (2016). *Food Processing Technology*. Obtenido de principles and practice: https://books.google.com.gt/books?id=pCilCgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=bibliogroup:%22Woodhead+Publishing+in+food+science+and+technology%22&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Ferrer, J. (4 de enero de 2015). *Definición*. Obtenido de Pasteurización: <https://definicion.mx/pasteurizacion/>
- Flores, M. A. (Octubre de 2021). Control de Calidad. Obtenido de Curso de estadística .
- González, J. (10 de Junio de 2018). *Cultivo de piña* . Obtenido de Agrotendencia: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivo-de-la-pina/>

- Green Facts. (2023). *Diccionario Mosby: medicina, enfermería y ciencias de la salud*. Obtenido de <https://www.greenfacts.org/es/glosario/pqrs/partes-million.htm>
- Guía metabólica. (octubre de 2014). *Qué es el piruvato*. Obtenido de <https://metabolicas.sjdhospitalbarcelona.org/ecm/deficiencia-piruvato-carboxilasa-pc/info/es-piruvato>
- Igor, H., & Barbero, F. (diciembre de 2008). *Bacterias acéticas: técnicas de detección y eliminación*. Obtenido de *Viticultura*: http://www.guserbiot.com/pdf/Guserbiot_Viticultura_Bacterias_Aceticas.pdf
- InfoJardín. (2020). *Microflora*. Obtenido de <https://www.infojardin.com/glosario/micelio/microflora.htm>
- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá [INCAP]. (12 de 02 de 2012). *Tabla de composición de alimentos de Centroamérica*. Obtenido de <http://www.incap.int/mesocaribefoods/dmdocuments/TablaCAAlimentos.pdf>
- Instituto Nacional del Cáncer . (2010). *Antioxidante*. Obtenido de <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/antioxidante>
- Intedia. (2023). *Internatioal Dynamic Advisor*. Obtenido de Buenas Prácticas de manufactura: <https://www.intedya.com/internacional/103/consultoria-buenas-practicas-de-manufactura-bpm.html>
- Jiménez, D. E. (diciembre de 2007). *Efecto de tres diferentes tipos de levaduras* . Obtenido de *Análisis sensorial*: <file:///C:/Users/Alejandra%20Casta%20Bleda/Desktop/Docs%20tesis/influencia%20de%20levadura,%20ajuste%20del%20mosto.pdf>
- KIDS HALL. (2021). *Glucosa*. Obtenido de <https://kidshealth.org/es/parents/glucose.html>
- Kuhn W, M. (2020). *NADH*. Obtenido de <https://www.wnyurology.com/content.aspx?chunkiid=125082#:~:text=NADH%2C%20abreviaci%C3%B3n%20de%20nicotinamida%20adenina,en%20la%20producci%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa>.

- Larousse Cocina. (julio de 2023). *Diccionario gastronómico*. Obtenido de Grados Gay Lussac: <https://laroussecocina.mx/palabra/grados-gay-lussac-gl/#:~:text=Medida%20que%20expresa%20el%20contenido,100%20ml%20de%20la%20bebida.>
- León, I. d. (17 de 03 de 2009). *La piña*. Obtenido de eVidaSana: <https://evidasana.com/blog/la-pina/>
- Marín, L. (2021). *10 beneficios de la piña*. Obtenido de INFOSALU: <https://www.infosalus.com/salud-investigacion/noticia-diez-beneficios-pina-20190511081449.html>
- Martinko, M. (2005). *Química*. Obtenido de Acetobacter: <https://www.quimica.es/enciclopedia/Acetobacter.html>
- Maza, L. d. (2019). *Análisis de componentes principales aplicado a la fermentación alcohólica*. Obtenido de Rev. cient. UCSA : http://scielo.iics.una.py/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2409-87522019000200011#:~:text=La%20fermentaci%C3%B3n%20alcoh%C3%B3lica%20es%20un,%2C%20cepa%20utilizada%2C%20entre%20otros.
- Medline plus. (s.f.). *Enzimas*. Obtenido de <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/002353.htm#:~:text=Las%20enzimas%20son%20prote%C3%ADnas%20complejas,del%20trabajo%20de%20las%20enzimas.>
- Micro Planet. (2015). *ATP*. Obtenido de <https://www.microplanet-psl.com/es/productos/control-aguas-con-atp-2g/tecnologia>
- Minaya, M. M. (2015). *Efecto de las condiciones de fermentación en la elaboración de un vino de piña*. Obtenido de Universidad Veracruzana: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46745/MartinezMinayaMercedes.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAGA]. (2016). *Datos productivos*. Obtenido de Principales departamentos productores: <https://precios.maga.gob.gt/archivos/agro-en-cifras/individuales/Pi%C3%B1a%20Agro%20en%20Cifras%202016.pdf>
- Monoreo, S. (2015). *Papel de las bebidas fermentadas en el mantenimiento del peso perdido*. Obtenido de Scielo: https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112016001000009#:~:text=Las%20bebidas%20fermentadas%20son%20las,la%20cerveza%20y%20la%20sidra.
- Montaño, Nancy. (12 de Noviembre de 2014). *Tipos de fermentadores industriales*. Obtenido de <https://prezi.com/x4ngda2vq6a1/tipos-de-fermentadores-industriales/>
- Morató, N. G. (9 de marzo de 2012). *Pasteurización de alimentos*. Obtenido de CONSUMER: <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/pasteurizacion-de-alimentos.html>
- Paredes, S. (2021). *Curso de Estadística I*. Obtenido de <https://www.studocu.com/gt/document/universidad-mariano-galvez-de-guatemala/estadistica-i/tabla-de-fisher-problemas-estadisticos-de-una-y-dos-colas/20187565>
- Penna, E. W. (2007). *Evaluación sensorial*. Obtenido de Una metodología actual para tecnología de alimentos: http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/wit tinge01/
- Penna, E. W. (2021). *Evaluación Sensorial*. Obtenido de Una metodología actual para tecnología de alimentos: http://mazinger.sisib.uchile.cl/repositorio/lb/ciencias_quimicas_y_farmaceuticas/wit tinge01/
- Peréz, P. (abril de 2022). *Pasteurización*. Obtenido de <https://definicion.de/pasteurizacion/>
- Pérez, R. (2008). *Tecnología de vinos*. Obtenido de Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia, Cuba: https://www.ecured.cu/Enfermedades_y_defectos_de_los_vinos

- Porto, P. (octubre de 2018). *Definición de levadura* . Obtenido de <https://definicion.de/levadura/>
- Quiñonez, E. (31 de mayo de 2021). *Propiedades de la piña*. Obtenido de Republica 200: <https://republica.gt/2021/05/31/guatemala-beneficios-y-propiedades-de-la-pina/>
- Rafael, P. (2008). *Enfermedades y Defectos de los vinos*. Obtenido de EcuRed: https://www.ecured.cu/Enfermedades_y_defectos_de_los_vinos
- Real Academia Española. (2022). *RAE*. Obtenido de <https://dle.rae.es/contenido/cita>
- Requena, L. (2001). *Ácido propionico*. Obtenido de https://www.ecured.cu/%C3%81cido_propi%C3%B3nico
- Significados.com. (27 de 04 de 2023). *Qué es oxidación*. Obtenido de <https://www.significados.com/oxidacion/>
- Tipán, C. C. (2017). *Vino de piña (Ananas comusus L.) con tres concentraciones de miel de abeja en el cantón Quevedo*. Obtenido de UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO:
<file:///C:/Users/JC/Desktop/Docs%20tesis/vino%20de%20pi%C3%B1a.pdf>
- Toro, D. F. (Febrero de 2014). *Formulación - Grados Brix - Rendimiento*. Obtenido de <http://proceali.blogspot.com/2014/02/formulacion-grados-brix-rendimiento.html>
- Trujillo, J. C. (2013). *Evaluación de la capacidad productiva de etanol utilizando diferentes levaduras*. Obtenido de <http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/1015/48678.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Tubón, E. R. (2017). *Vino de piña (Ananas comusus L.) con tres concentraciones de miel de abeja en el cantón Quevedo*. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/2284>
- Velasquez, L. H., & Velasquez, D. Y. (2018). *Influencia de la clarificación y pasteurización en la calidad de una bebida fermentada a base de Quinoa*. Obtenido de Universidad Nacional de Altiplano:

file:///C:/Users/JC/Desktop/Docs%20tesis/tesis%20sobre%20pasteurizaci%C3%B3n.pdf

Vicente. (2006). *Química industrial orgánica*. España: Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia.

Yzú, D. A. (10 de Julio de 2023). *Análisis de regresión y correlación*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?v=9bKIDrVxcsM&t=268s>

14. Anexos

Anexo 1 formato para evaluación de test de comparación múltiple



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE SUROCCIDENTE
INGENIERÍA EN ALIMENTOS
TEST DE COMPARACIÓN MÚLTIPLE



Nombre: _____ Fecha: _____

Producto: bebida fermentada a base de piña. Hora: _____

Instrucciones: sírvase degustar la muestra k que corresponde al control y en seguida las muestras problema: 003 672 895

A continuación deberá comparar si el aroma, sabor y color de cada una de las muestras es igual o diferente a la muestra control, calificando las diferencias según la escala adjunta:

Escala	Puntaje
No hay diferencia	0
Hay diferencia muy leve	1
Hay diferencia leve	2
Hay diferencia moderada	3
Hay diferencia grande	4
Hay diferencia extremadamente grande	5

Por favor, informe además sobre el grado de diferencia con la muestra control, respecto del olor, sabor y color, por ejemplo, señale con +++ si la muestra a evaluar tiene un aroma, color, o sabor más intenso que la muestra control, o señale con --- si la muestra evaluada tiene un aroma, color o sabor inferior que la muestra control. Indique además si la calidad es superior, igual o inferior a la muestra control, para este fin utilice la siguiente tabla, que contiene los aspectos a evaluar en aroma, sabor y color

Aspectos a evaluar en Calidad	
Aroma	Sin notas a manzana o nuez podrida, pegamento o a vinagre
Sabor	Sin sabor agrio
Color	Libre de turbidez

A continuación se le presenta un ejemplo, de cómo llenar este formato:

Aroma

Muestra No.	Puntaje	Grado de diferencia	Calidad respecto al control
003	5	---	Inferior con notas a manzana podrida
672	0	N/A	Igual a la muestra control
895	3	+++	Superior sin notas a vinagre

Llene el formato según las instrucciones detalladas en la página anterior

Aspecto a evaluar: aroma

Muestra No.	Puntaje	Grado de diferencia	Calidad respecto al control
003			
672			
895			

Aspecto a evaluar: sabor

Muestra No.	Puntaje	Grado de diferencia	Calidad respecto al control
003			
672			
895			

Aspecto a evaluar: color

Muestra No.	Puntaje	Grado de diferencia	Calidad respecto al control
003			
672			
895			

Fuente: (Penna E. W., 2021)

Anexo 2

Valores críticos para $F (0.05)$

Se utiliza para determinar si existe o no una asociación significativa entre dos variables categóricas.

1 - =0.95
 1 - = P (F f _{1, z})
 1 = grados de libertad del numerador
 2 = grados de libertad del denominador

$\frac{1}{2}$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	161.448	109.499	215.707	224.583	230.160	233.988	236.767	238.884	240.543	241.882	242.981	243.905	244.690	245.363	245.949	246.466	246.917	247.324	247.688	248.016
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.298	19.329	19.353	19.371	19.385	19.396	19.405	19.412	19.419	19.424	19.429	19.433	19.437	19.440	19.443	19.446
3	10.128	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.785	8.763	8.745	8.729	8.715	8.703	8.692	8.683	8.675	8.667	8.660
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.258	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964	5.936	5.912	5.891	5.873	5.858	5.844	5.832	5.821	5.811	5.803
5	6.608	5.786	5.409	5.192	5.050	4.950	4.876	4.818	4.772	4.735	4.704	4.678	4.655	4.636	4.619	4.604	4.590	4.579	4.568	4.558
6	5.957	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060	4.027	4.000	3.976	3.956	3.938	3.922	3.908	3.896	3.884	3.874
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637	3.603	3.575	3.550	3.529	3.511	3.494	3.480	3.467	3.455	3.445
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.688	3.581	3.500	3.438	3.388	3.347	3.313	3.284	3.259	3.237	3.218	3.202	3.187	3.173	3.161	3.150
9	5.117	4.256	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179	3.137	3.102	3.073	3.048	3.025	3.006	2.989	2.974	2.960	2.948	2.936
10	4.965	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.135	3.072	3.020	2.978	2.943	2.913	2.887	2.865	2.845	2.828	2.812	2.798	2.785	2.774
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854	2.818	2.788	2.761	2.739	2.719	2.701	2.685	2.671	2.658	2.646
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.913	2.849	2.796	2.753	2.717	2.687	2.660	2.637	2.617	2.599	2.583	2.568	2.555	2.544
13	4.667	3.806	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671	2.635	2.604	2.577	2.554	2.533	2.515	2.499	2.484	2.471	2.459
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602	2.565	2.534	2.507	2.484	2.463	2.445	2.428	2.413	2.400	2.388
15	4.543	3.682	3.287	3.055	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588	2.544	2.507	2.475	2.448	2.424	2.403	2.385	2.368	2.353	2.340	2.328
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494	2.456	2.425	2.397	2.373	2.352	2.333	2.317	2.302	2.288	2.276
17	4.451	3.592	3.197	2.965	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494	2.450	2.413	2.381	2.353	2.329	2.308	2.289	2.272	2.257	2.243	2.230
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773	2.661	2.575	2.510	2.456	2.412	2.374	2.342	2.314	2.290	2.269	2.250	2.233	2.217	2.203	2.191
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.628	2.542	2.477	2.423	2.378	2.340	2.308	2.280	2.256	2.234	2.215	2.198	2.182	2.168	2.155
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711	2.599	2.514	2.447	2.393	2.348	2.310	2.278	2.250	2.225	2.203	2.184	2.167	2.151	2.137	2.124
21	4.325	3.467	3.072	2.840	2.685	2.573	2.488	2.420	2.366	2.321	2.283	2.250	2.222	2.197	2.176	2.156	2.139	2.123	2.109	2.096
22	4.301	3.443	3.048	2.817	2.661	2.549	2.464	2.397	2.342	2.297	2.259	2.226	2.198	2.173	2.151	2.131	2.114	2.098	2.084	2.071
23	4.279	3.422	3.027	2.796	2.640	2.528	2.442	2.375	2.320	2.275	2.236	2.204	2.175	2.150	2.128	2.109	2.091	2.075	2.061	2.048
24	4.260	3.403	3.009	2.778	2.621	2.508	2.423	2.355	2.300	2.255	2.216	2.183	2.155	2.130	2.108	2.088	2.070	2.054	2.040	2.027
25	4.242	3.385	2.991	2.759	2.602	2.490	2.405	2.337	2.282	2.236	2.198	2.165	2.136	2.111	2.089	2.069	2.051	2.035	2.021	2.007
26	4.225	3.369	2.975	2.743	2.587	2.474	2.388	2.321	2.265	2.220	2.181	2.148	2.119	2.094	2.072	2.052	2.034	2.018	2.003	1.990
27	4.210	3.354	2.960	2.728	2.572	2.459	2.373	2.305	2.250	2.204	2.166	2.132	2.103	2.078	2.056	2.036	2.018	2.002	1.987	1.974
28	4.196	3.340	2.947	2.714	2.558	2.445	2.359	2.291	2.236	2.190	2.151	2.118	2.089	2.064	2.041	2.021	2.003	1.987	1.972	1.959
29	4.183	3.328	2.934	2.701	2.545	2.432	2.346	2.278	2.223	2.177	2.138	2.104	2.075	2.050	2.027	2.007	1.989	1.973	1.958	1.945
30	4.171	3.316	2.922	2.690	2.534	2.421	2.334	2.266	2.211	2.165	2.126	2.092	2.063	2.037	2.015	1.995	1.978	1.960	1.945	1.932
40	4.085	3.232	2.839	2.606	2.449	2.336	2.249	2.180	2.124	2.077	2.038	2.003	1.974	1.948	1.924	1.904	1.885	1.868	1.853	1.839
50	4.034	3.183	2.790	2.557	2.400	2.287	2.199	2.130	2.073	2.026	1.986	1.952	1.921	1.895	1.871	1.850	1.831	1.814	1.798	1.784
60	4.001	3.150	2.758	2.525	2.368	2.254	2.167	2.097	2.040	1.993	1.952	1.917	1.887	1.860	1.836	1.815	1.796	1.778	1.763	1.748
70	3.978	3.128	2.736	2.503	2.346	2.231	2.143	2.074	2.017	1.969	1.928	1.893	1.863	1.836	1.812	1.790	1.771	1.753	1.737	1.722
80	3.960	3.111	2.719	2.486	2.329	2.214	2.126	2.056	1.999	1.951	1.910	1.875	1.845	1.817	1.793	1.772	1.752	1.734	1.718	1.703
90	3.947	3.098	2.706	2.473	2.316	2.201	2.113	2.043	1.986	1.938	1.897	1.861	1.830	1.803	1.779	1.757	1.737	1.720	1.703	1.688
100	3.936	3.087	2.696	2.463	2.305	2.191	2.103	2.032	1.975	1.927	1.886	1.850	1.819	1.792	1.768	1.746	1.726	1.708	1.691	1.676
200	3.888	3.041	2.650	2.417	2.259	2.144	2.056	1.985	1.927	1.878	1.837	1.801	1.769	1.742	1.717	1.694	1.674	1.656	1.639	1.623
500	3.860	3.014	2.623	2.390	2.232	2.117	2.028	1.957	1.899	1.850	1.808	1.772	1.740	1.712	1.688	1.664	1.643	1.625	1.607	1.592
1000	3.851	3.005	2.614	2.381	2.223	2.108	2.019	1.948	1.889	1.840	1.798	1.762	1.730	1.702	1.678	1.654	1.633	1.614	1.597	1.581

Fuente: (Paredes, 2021)

Anexo 3

Resultados del contenido de ácido acético de 20 muestras de bebida fermentada a base de piña, enviadas al laboratorio INLASA, monitoreadas durante 35 días.



INLASA, S.A.
29 Calle 19-11 Zona 12
Teléfonos: 24761795, 24760337
Fax: 24769349
E-mail: servicioalcliente@laboratorioinlasa.com
www.inlasa.com

Página 1 de 4

INFORME DE RESULTADOS

Cliente	Alejandra Castañeda	Fecha Emisión	15/03/2024
Dirección	3ra. ave. 4-7 Calle San Antonio Suchitepequez	Hora Emisión	13:22:50
Fecha Ingreso	12/02/2024	Res. Muestreo	Cliente/Cliet
Hora Ingreso	12:11:00	Número Informe	1
		Número Orden	202400544

Muestra **(240789) Bebida fermentada a base de piña. Sin tratamiento de pasteurización, 120 ml, embotellado el 04-02-2024**

Observaciones **Debe ser analizada el 09-02-2024**

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS
Acidez	0.49	%	0.10	AOAC 942.15	12/02/2024

Muestra **(240790) Bebida fermentada a base de piña. Pasteurizada a 70°C, 120 ml, embotellado el 04-02-2024**

Observaciones **Debe ser analizada el 09-02-2024**

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS
Acidez	0.50	%	0.10	AOAC 942.15	12/02/2024

Muestra **(240791) Bebida fermentada a base de piña. Pasteurizada a 73°C, 120 ml, embotellado el 04-02-2024**

Observaciones **Debe ser analizada el 09-02-2024**

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS
Acidez	0.49	%	0.10	AOAC 942.15	12/02/2024

Muestra **(240792) Bebida fermentada a base de piña. Pasteurizada a 76°C, 120 ml, embotellado el 04-02-2024**

Observaciones **Debe ser analizada el 09-02-2024**

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS
Acidez	0.48	%	0.10	AOAC 942.15	12/02/2024

Muestra **(240793) Bebida fermentada a base de piña. Sin tratamiento de pasteurización, 120 ml, embotellado el 04-02-2024**

Observaciones **Debe ser analizada el 16-02-2024**

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS
Acidez	0.49	%	0.10	AOAC 942.15	19/02/2024

Muestra **(240794) Bebida fermentada a base de piña. Pasteurizada a 70°C, 120 ml, embotellado el 04-02-2024**

Observaciones **Debe ser analizada el 16-02-2024**

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS
Acidez	0.48	%	0.10	AOAC 942.15	19/02/2024

Muestra (240795) Bebida fermentada a base de piña. Pasteurizada a 73°C, 120 ml, embotellado el 04-02-2024

Observaciones Debe ser analizada el 16-02-2024

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS
Acidez	0.49	%	0.10	AOAC 942.15	19/02/2024

Muestra (240796) Bebida fermentada a base de piña. Pasteurizada a 76°C, 120 ml, embotellado el 04-02-2024

Observaciones Debe ser analizada el 16-02-2024

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS
----------	-----------	------------------	----	-------------	----------------

LD: Límite Detección LMP: Límite Máximo Permitido LMA: Límite Máximo Aceptable

NA: No Aplica ND: No Detectable

"Firmado de aprobado y revisando en la última página"



INLASA, S.A.
29 Calle 19-11 Zona 12
Teléfonos: 24761795, 24760337
Fax: 24769349
E-mail: servicioalcliente@laboratoriainlasa.com
www.inlasa.com

Página 2 de 4

INFORME DE RESULTADOS

Cliente Alejandra Castañeda

Dirección 3ra. ave. 6-7 Calle San Antonio Suchitepequez

Fecha Ingreso 12/02/2024

Hora Ingreso 12:11:00

Fecha Emisión 15/03/2024

Hora Emisión 13:22:50

Res. Muestreo Cliente/Cient

Número Orden 2024000544

Número Informe 1

Acidez	0.49	%	0.10	AOAC 942.15	19/02/2024
--------	------	---	------	-------------	------------

Muestra (240797) Bebida fermentada a base de piña. Sin tratamiento de pasteurización, 120 ml, embotellado el 04-02-2024

Observaciones Debe ser analizada el 23-02-2024

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS
Acidez	0.49	%	0.10	AOAC 942.15	26/02/2024

Muestra (240798) Bebida fermentada a base de piña. Pasteurizada a 70°C, 120 ml, embotellado el 04-02-2024

Observaciones Debe ser analizada el 23-02-2024

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS
Acidez	0.50	%	0.10	AOAC 942.15	26/02/2024

Muestra (240799) Bebida fermentada a base de piña. Pasteurizada a 73°C, 120 ml, embotellado el 04-02-2024

Observaciones Debe ser analizada el 23-02-2024

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS
Acidez	0.49	%	0.10	AOAC 942.15	26/02/2024

Muestra (240800) Bebida fermentada a base de piña. Pasteurizada a 76°C, 120 ml, embotellado el 04-02-2024

Observaciones Debe ser analizada el 23-02-2024

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS
Acidez	0.49	%	0.10	AOAC 942.15	26/02/2024

Muestra (240801) Bebida fermentada a base de piña. Sin tratamiento de pasteurización, 120 ml, embotellado el 04-02-2024

Observaciones Debe ser analizada el 01-03-2024

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS
Acidez	0.48	%	0.10	AOAC 942.15	04/03/2024

Muestra (240802) Bebida fermentada a base de piña. Pasteurizada a 70°C, 120 ml, embotellado el 04-02-2024

Observaciones Debe ser analizada el 01-03-2024

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS
Acidez	0.50	%	0.10	AOAC 942.15	04/03/2024

Muestra (240803) Bebida fermentada a base de piña. Pasteurizada a 73°C, 120 ml, embotellado el 04-02-2024

Observaciones Debe ser analizada el 01-03-2024

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS
Acidez	0.47	%	0.10	AOAC 942.15	04/03/2024

LD: Límite Detección
NA: No Aplica

LMP: Límite Máximo Permitido
ND: No Detectable

LMA: Límite Máximo Aceptable

"Firmado de aprobado y revisando en la última página"



INLASA, S.A.
29 Calle 19-11 Zona 12
Teléfonos: 24761795, 24760337
Fax: 24769349
E-mail: servicioalcliente@laboratorioinlasa.com
www.inlasa.com

Página 3 de 4

INFORME DE RESULTADOS

Cliente **Alejandra Castañeda** Fecha Emisión **15/03/2024**
Dirección **3ra. ave. 6-7 Calle San Antonio Suchitepequez** Hora Emisión **13:22:50**
Fecha Ingreso **12/02/2024** Res. Muestreo **Cliente/Client**
Hora Ingreso **12:11:00** Número Informe **1** Número Orden **2024000544**

Muestra (240804) Bebida fermentada a base de piña. Pasteurizada a 76°C, 120 ml, embotellado el 04-02-2024

Observaciones Debe ser analizada el 01-03-2024

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS
Acidez	0.48	%	0.10	AOAC 942.15	04/03/2024

Muestra (240805) Bebida fermentada a base de piña. Sin tratamiento de pasteurización, 120 ml, embotellado el 04-02-2024

Observaciones Debe ser analizada el 08-03-2024

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS
Acidez	0.46	%	0.10	AOAC 942.15	11/03/2024

Muestra (240806) Bebida fermentada a base de piña. Pasteurizada a 70°C, 120 ml, embotellado el 04-02-2024

Observaciones Debe ser analizada el 08-03-2024

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS
Acidez	0.46	%	0.10	AOAC 942.15	11/03/2024

Muestra (240807) Bebida fermentada a base de piña. Pasteurizada a 73°C, 120 ml, embotellado el 04-02-2024

Observaciones Debe ser analizada el 08-03-2024

ANÁLISIS	RESULTADO	UNIDAD DE MEDIDA	LD	METODOLOGÍA	FECHA ANÁLISIS
Acidez	0.46	%	0.10	AOAC 942.15	11/03/2024

Muestra (240808) Bebida fermentada a base de piña. Pasteurizada a 76°C, 120 ml, embotellado el 04-02-2024

Observaciones Debe ser analizada el 08-03-2024

LD: Límite Detección
NA: No Aplica

LMP: Límite Máximo Permitido
ND: No Detectable

LMA: Límite Máximo Aceptable

"Firmado de aprobado y revisando en la última página"

INFORME DE RESULTADOS

Cliente	Alejandra Castañeda	Fecha Emisión	15/03/2024
Dirección	3ra. ave. 6-7 Calle San Antonio Suchitepequez	Hora Emisión	13:22:50
Fecha Ingreso	12/02/2024	Res. Muestreo	Cliente/Client
Hora Ingreso	12:12:00	Número Informe	1
		Número Orden	2024000544

" * Análisis acreditado según alcance OGA-LE-008-05."

Ultima Línea

Estos resultados corresponden únicamente a las muestras recibidas por el personal del laboratorio.
Se prohíbe la reproducción total o parcial de éste informe sin la autorización del Director Técnico



Firmado digitalmente por Raul
Paniagua Químico Biólogo,
Colegiado 1347 Director Técnico
INLASA, S.A.
Fecha: 15/03/24 13:22



Supervisado y Firmado
digitalmente por Oscar Abac
Fecha: 15/03/24 13:22

LD: Límite Detección
NA: No Aplica

LMP: Límite Máximo Permitido
ND: No Detectable

LMA: Límite Máximo Aceptable

Fuente: (INLASA, 2024)

Anexo 4

Procedimiento de análisis de acidez total para bebidas fermentadas a base de frutas

A continuación se detallan los pasos según el método de la AOAC 942.15 de acidez titulable de productos frutales:

1. Verificar que la bureta del titulador automático no tenga burbujas de NaOH, de tenerlas, se debe purgar, hasta eliminarlas.
2. La muestra se coloca en un procesador hasta que esté completamente homogénea.
3. Se pesan en un Erlenmeyer de 125 mL, 5 g de la muestra y se agregan 50 mL de agua destilada y un agitador magnético.
4. Se adicionan tres gotas de indicador de fenolftaleína al 1% y se agita la muestra en una plancha de agitación.
5. Se procede a titular con hidróxido de sodio 0.1N estandarizado hasta viraje de color rosa.

El procedimiento descrito anteriormente se realiza por duplicado y el cálculo de acidez se reporta con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ acidez} = (V * N * F * 100) / p_m$$

- V: volumen consumido de hidróxido de sodio.
- N: Concentración de hidróxido de sodio.
- F: factor de ácido acético 0.060.
- P_m: gramos de muestra usados en el análisis.

La acidez titulable se puede expresar convencionalmente en g de ácido por 100 g ó por 100 mL de producto, según corresponda, utilizando el factor apropiado para el ácido.

15. Apéndices

Apéndice 1

Datos recolectados en panel piloto para la evaluación de calidad de aroma en tratamiento de pasteurización a 70 °C

Calidad del aroma del tratamiento de pasteurización a 70 ° C			
Panelista	Inferior	Igual	Superior
1	✓		
2	✓		
3	✓		
4	✓		
5	✓		
6		✓	
7		✓	
8		✓	
9		✓	
10			✓
11			✓
12			✓
TOTAL :	5	4	3
TOTAL %	42%	33%	25%

Fuente: (elaboración propia, 2024)

Apéndice 2

Datos recolectados en panel piloto para la evaluación de calidad de aroma en tratamiento de pasteurización a 76 °C

Calidad del aroma del tratamiento de pasteurización a 76° C			
Panelista	Inferior	Igual	Superior
1			✓
2			✓
3			✓
4			✓
5			✓
6			✓
7			✓
8	✓		
9	✓		
10	✓		
11		✓	
12		✓	
TOTAL :	3	2	7
TOTAL %	25%	17%	58%

Fuente: (elaboración propia, 2024)

Apéndice 3

Datos recolectados en panel piloto para la evaluación de calidad de aroma en tratamiento de pasteurización a 73 °C

Calidad del aroma del tratamiento de pasteurización a 73 ° C			
Panelista	Inferior	Igual	Superior
1	✓		
2	✓		
3	✓		
4	✓		
5	✓		
6		✓	
7		✓	
8		✓	
9		✓	
10			✓
11			✓
12			✓
TOTAL :	5	4	3
TOTAL %	42%	33%	25%

Fuente: (elaboración propia, 2024)

Apéndice 4

Datos recolectados en panel piloto para la evaluación de calidad de sabor en tratamiento de pasteurización a 70°C

Calidad del sabor del tratamiento de pasteurización a 70° C			
Panelista	Inferior	Igual	Superior
1	✓		
2	✓		
3	✓		
4	✓		
5	✓		
6			✓
7			✓
8			✓
9			✓
10			✓
11			✓
12			✓
TOTAL :	5	0	7
TOTAL %	42%	0%	58%

Fuente: (elaboración propia, 2024)

Apéndice 5

Datos recolectados en panel piloto para la evaluación de calidad de sabor en tratamiento de pasteurización a 73°C

Calidad del sabor del tratamiento de pasteurización a 73° C			
Panelista	Inferior	Igual	Superior
1	✓		
2		✓	
3		✓	
4		✓	
5		✓	
6		✓	
7		✓	
8		✓	
9		✓	
10		✓	
11			✓
12			✓
TOTAL :	1	9	2
TOTAL %	8 %	75%	17%

Fuente: (elaboración propia, 2024)

Apéndice 6

Datos recolectados en panel piloto para la evaluación de calidad de sabor en tratamiento de pasteurización a 76°C

Calidad del sabor del tratamiento de pasteurización a 76° C			
Panelista	Inferior	Igual	Superior
1	✓		
2		✓	
3			✓
4			✓
5			✓
6			✓
7			✓
8			✓
9			✓
10			✓
11			✓
12			✓
TOTAL :	1	1	10
TOTAL %	8 %	8 %	84%

Fuente: (elaboración propia, 2024)

Apéndice 7

Datos recolectados en panel piloto para la evaluación de calidad de color en tratamiento de pasteurización a 70°C

Calidad del color del tratamiento de pasteurización a 70 ° C			
Panelista	Inferior	Igual	Superior
1			✓
2			✓
3			✓
4			✓
5			✓
6			✓
7			✓
8			✓
9			✓
10			✓
11		✓	
12		✓	
TOTAL :	0	2	10
TOTAL %	0%	17%	83%

Fuente: (elaboración propia, 2024)

Apéndice 8

Datos recolectados en panel piloto para la evaluación de calidad de color en tratamiento de pasteurización a 73°C

Calidad del color del tratamiento de pasteurización a 73 ° C			
Panelista	Inferior	Igual	Superior
1		✓	✓
2		✓	✓
3		✓	✓
4		✓	
5		✓	
6		✓	
7		✓	
8		✓	
9		✓	
10			
11			
12			
TOTAL :	0	9	3
TOTAL %	0%	75%	25%

Fuente: (elaboración propia, 2024)

Apéndice 9

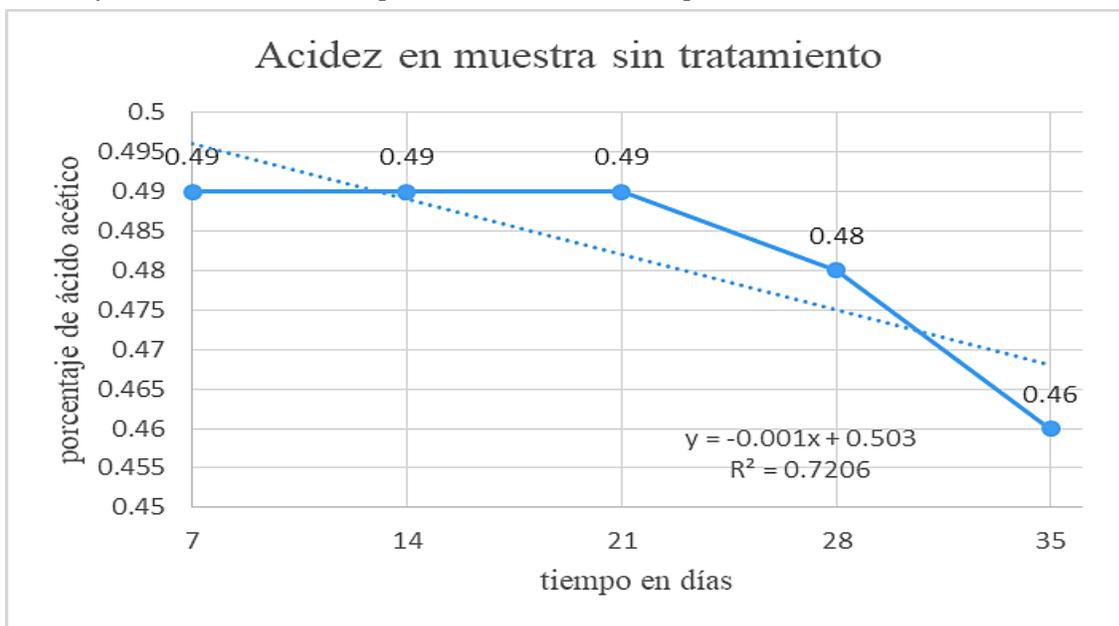
Datos recolectados en panel piloto para la evaluación de calidad de color en tratamiento de pasteurización a 76 °C

Calidad del color del tratamiento de pasteurización a 76 ° C			
Panelista	Inferior	Igual	Superior
1		✓	
2		✓	
3		✓	
4		✓	
5			✓
6			✓
7			✓
8			✓
9			✓
10			✓
11			✓
12			✓
TOTAL :	0	4	8
TOTAL %	0%	33%	67%

Fuente: (elaboración propia, 2024)

Apéndice 10

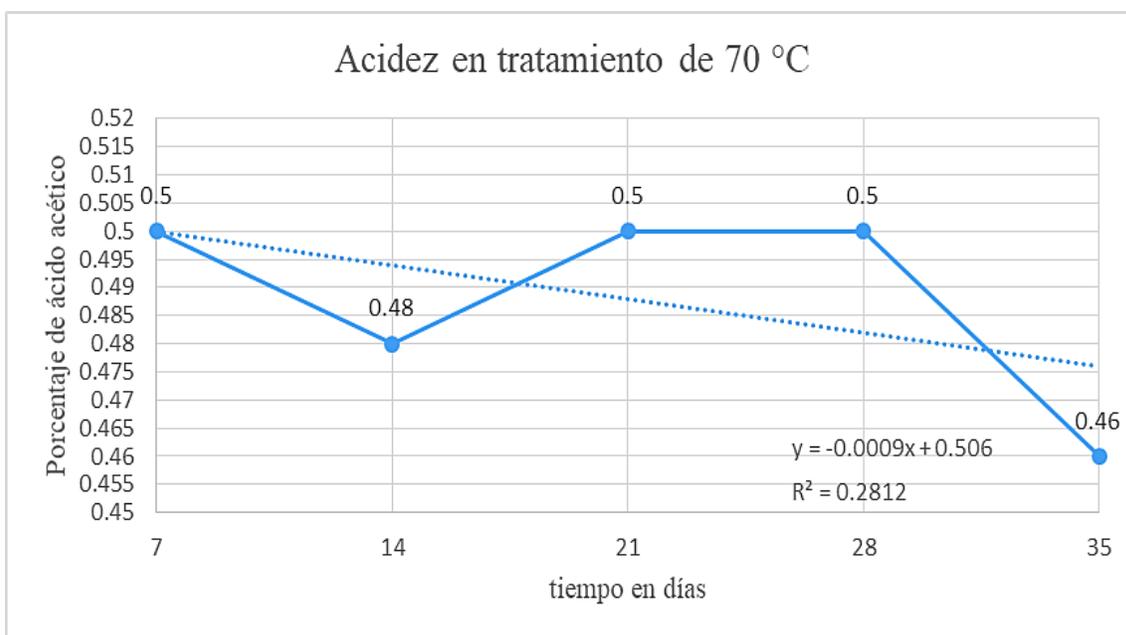
Gráfica de dispersión del contenido de ácido acético respecto al tiempo, de la muestra de bebida fermentada a base de piña sin tratamiento de pasteurización.



Fuente: (Elaboración propia, 2024)

Apéndice 12

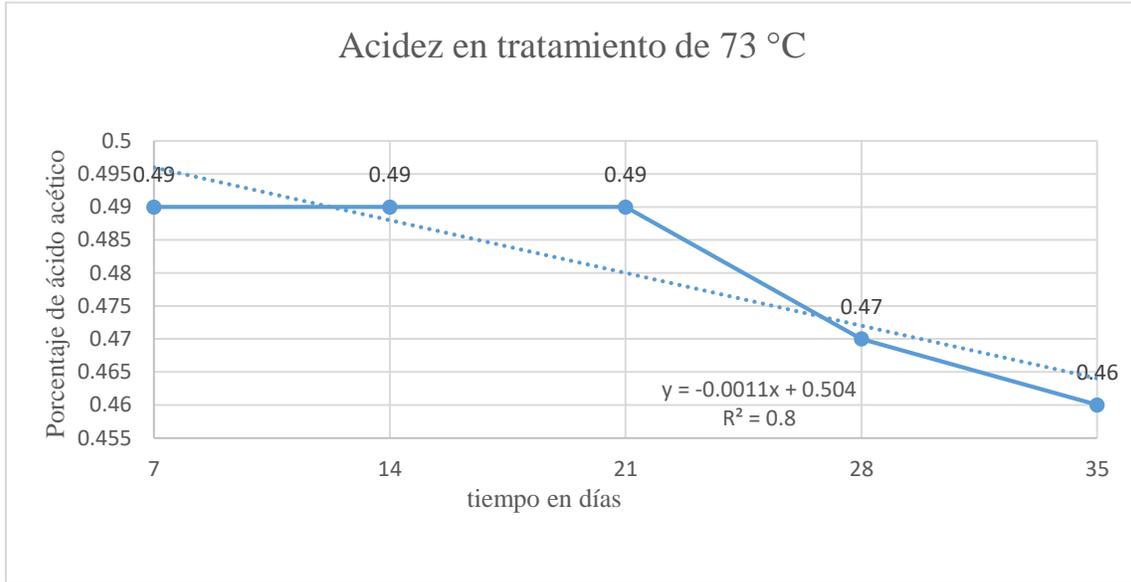
Gráfica de dispersión del contenido de ácido acético respecto al tiempo, de la muestra de bebida fermentada a base de piña con un tratamiento de 70°C pasteurización.



Fuente: (elaboración propia, 2024)

Apéndice 11

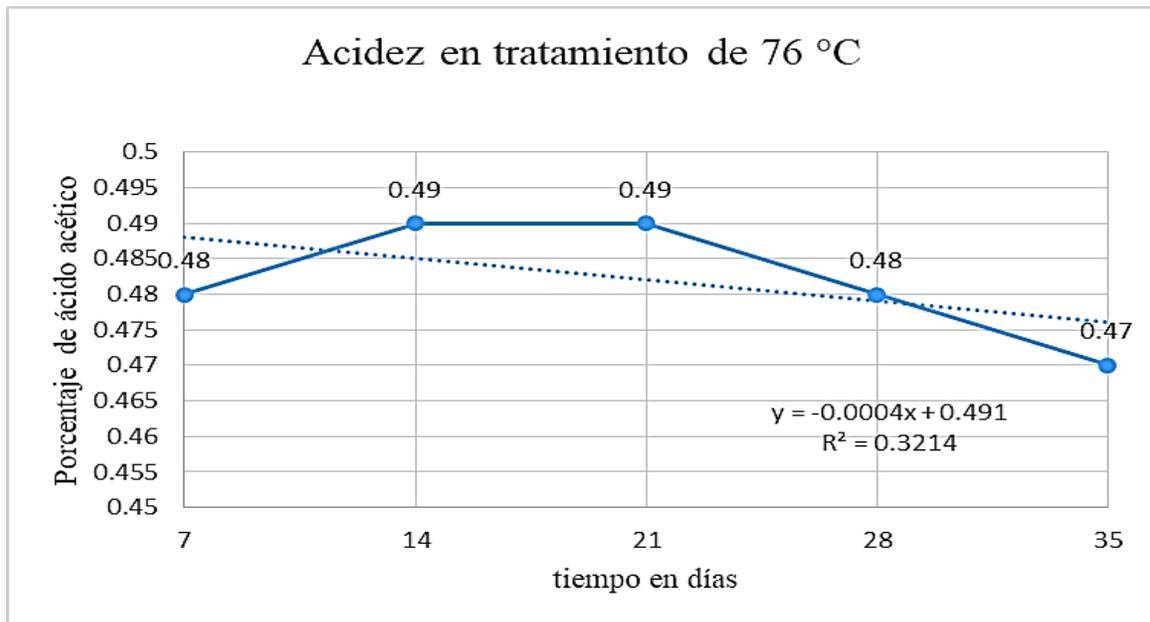
Gráfica de dispersión del contenido de ácido acético respecto al tiempo, de la muestra de bebida fermentada a base de piña con un tratamiento de 73°C pasteurización.



Fuente: (elaboración propia, 2024)

Apéndice 13

Gráfica de dispersión del contenido de ácido acético respecto al tiempo, de la muestra de bebida fermentada a base de piña con un tratamiento de 76 °C pasteurización.



Fuente: (elaboración propia, 2024)

16. Glosario

1. **Acetobacter**

Género de bacterias del ácido acético caracterizado por su habilidad de convertir el alcohol (etanol) en ácido acético en presencia de aire. Hay muchas especies en este género y también otras bacterias son capaces de formar ácido acético bajo varias condiciones; pero todas las Acetobacter son reconocidas por esta habilidad característica (Martinko, 2005).

2. **Ácido Glucónico**

Ácido orgánico suave, no cáustico ni corrosivo y con un excelente poder secuestrante. No tóxico y fácilmente biodegradable (98% después de 2 días), ocurre naturalmente en plantas, frutas y otros alimentos como el vino (hasta 0.25%) y la miel (hasta 1%) (DEIA , 2005).

3. **Ácido Propiónico**

Es utilizado como conservante, el ácido propiónico inhibe el crecimiento de moho y de algunas bacterias, una gran cantidad es destinada a la conservación del pienso y de los alimentos de consumo humano (Requena, 2001).

4. **Antioxidante**

Sustancia que protege las células de los daños que causan los radicales libres (moléculas inestables elaboradas por el proceso de oxidación durante el metabolismo normal). Los radicales libres pueden ser en parte responsables del cáncer, la cardiopatía, el derrame cerebral y otras enfermedades del envejecimiento. Entre los antioxidantes están el betacaroteno, el licopeno, las vitaminas A, C y E, y otras sustancias naturales y fabricadas (Instituto Nacional del Cáncer , 2010).

5. **ATP**

El ATP (Adenosín Trifosfato o Trifosfato de Adenosina) es la molécula portadora de la energía primaria para todas las formas de vida (bacterias, levaduras, mohos, algas, vegetales, células animales) todas ellas contienen ATP. Por esto, la concentración de

ATP en una muestra determinada nos proporciona una información directa de la biomasa de la misma (Micro Planet, 2015).

6. Aw

La actividad de agua (A_w) es la humedad en equilibrio de un producto, determinada por la presión parcial del vapor de agua en su superficie.

El valor de actividad de agua depende de la composición, la temperatura y el contenido en agua del producto. Así pues, se puede definir como la cantidad de agua libre que está disponible en los alimentos para el crecimiento microbiano (CONVET LAB, 2015).

7. BPM

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) son un conjunto de principios y prácticas de higiene que se aplican en la industria de alimentos para garantizar que los productos sean inocuos y seguros para el consumo humano (Intedia, 2023).

8. Diurética

Tipo de medicamento que hace que los riñones produzcan más orina. Los diuréticos ayudan al cuerpo a eliminar el líquido y la sal sobrante. Se usan para tratar la presión arterial alta, el edema (líquido extra en los tejidos) y otras afecciones. Hay muchos tipos diferentes de diuréticos. A veces se llaman píldoras contra la retención de líquidos (Instituto Nacional del Cáncer, 2010).

9. Enterobacterias

Son una gran familia de bacterias gramnegativas reconocidas como un grupo importante en la industria alimentaria para monitorear la higiene y el saneamiento. Este grupo incluye una gama completa de microorganismos, incluidas todas las bacterias Coliformes. Sus miembros abarcan desde bacterias como la *Salmonella* y la *E. coli*, bien conocidas por causar enfermedades transmitidas por los alimentos, hasta agentes de deterioro de los alimentos y diversos microorganismos que normalmente se encuentran en el tracto intestinal humano como parte de la flora intestinal. Su

distribución ubicua hace que sea casi inevitable que algunos miembros de Enterobacteriaceae ingresen a la cadena alimentaria (Ciencia aplicada a la vida, 2016).

10. Enzimas

Proteínas complejas que producen un cambio químico específico en todas las partes del cuerpo. Por ejemplo, pueden ayudar a descomponer los alimentos que se consumen para que el cuerpo los pueda usar. La coagulación de la sangre es otro ejemplo del trabajo de las enzimas (Medline plus).

11. Grados Gay-Lussac

Medida que expresa el contenido de alcohol en un líquido con relación a su porcentaje en 100 unidades de éste (Larousse Cocina, 2023).

12. Glucosa

Principal azúcar que contiene la sangre y es la principal fuente de energía de las células corporales. La glucosa procede de los alimentos o el cuerpo la puede fabricar a partir de otras sustancias. La glucosa llega hasta las células a través del torrente sanguíneo. Hay varias hormonas, como la insulina, que controlan la concentración de azúcar en sangre (KIDS HALL, 2021).

13. Grados °Bx

Miden el cociente total de sacarosa disuelta en un líquido. Una solución de 25 °Bx tiene 25 g de azúcar (sacarosa) por 100 g de líquido o, dicho de otro modo, hay 25 g de sacarosa y 75 g de agua en los 100 g de la solución.

Los grados Brix se miden con un sacarímetro, que mide la gravedad específica de un líquido, o, más fácilmente, con un refractómetro (Equipos y laboratorios, 2021).

14. Levadura

Clase de hongo unicelular que puede reproducirse por división o gemación. De formato ovoide, las levaduras establecen cadenas y generan enzimas que pueden

descomponer los azúcares y otros cuerpos orgánicos en sustancias más sencillas (Porto, 2018).

15. Metástasis

Proceso de propagación de un foco cancerígeno a un órgano distinto de aquel en que se inició.² Ocurre generalmente por vía sanguínea o linfática. Aproximadamente el 92 % de las muertes por cánceres no detectados se deben a la metastatización de estos (Real Academia Española, 2022).

16. Microflora

Comprende algas microscópicas, bacterias y hongos, generalmente se refiere a la flora del suelo. Está formada principalmente por numerosas especies de bacterias y hongos y tiene una acción de gran importancia en los procesos de regeneración de nutrientes, descomposición de sustancias orgánicas, formación y fertilización del suelo, etc (InfoJardín, 2020).

17. Mosto

Zumo exprimido de la uva, antes de fermentar y hacerse vino (Real Academia Española, 2022).

18. NADH

Abreviación de nicotinamida adenina dinucleótida, es un cofactor o "asistente" importante que ayuda a las enzimas en el trabajo que éstas hacen en todo el cuerpo. La NADH, particularmente, juega un papel en la producción de energía. También participa en la producción de L-dopa, que el cuerpo convierte en el importante neurotransmisor dopamina (Kuhn W, 2020).

48659700

19. Oxidación

Proceso químico en el que una molécula, átomo o ion pierde electrones (Significados.com., 2023).

20. Pardeamiento Enzimático

Está relacionado con la actividad de la enzima polifenol oxidasa (PPO) que cataliza la oxidación a diferentes compuestos fenólicos, con la consecuente transformación a pigmentos oscuros no deseables para la calidad industrial (Balvina, 2016).

21. Pasteurización

Es un proceso térmico que es realizado en líquidos (generalmente alimentos, como por ejemplo la leche) con la intención de reducir la presencia de agentes patógenos (como por ejemplo ciertas bacterias, protozoos, mohos, levaduras, etcétera) que puedan contener. Debido a las altas temperaturas (80 grados) la gran mayoría de los agentes bacterianos mueren (Pérez, 2022).

22. Peritrica

Bacterias que poseen muchos flagelos rodeando su contorno (Diccionario de Meaning88, 2021).

23. Piruvato

Compuesto muy importante para la célula ya que es un sustrato clave para la producción de energía y de la síntesis de glucosa (neoglucogénesis).

Antes de entrar en la mitocondria, puede convertirse en lactato, mediante una reacción anaerobia (en ausencia o bajo aporte de oxígeno) de bajo rendimiento en la producción de energía, cuando la vía principal está interferida. También puede convertirse en el aminoácido alanina (Guía metabólica, 2014).

24. PPM

Proporción de la concentración de una sustancia con respecto a la concentración de otra, como una unidad de soluto disuelta en un millón de unidades de disolvente. Se puede expresar también en términos de peso-peso, volumen-volumen o en cualquier otra relación de unidades de medida (Green Facts, 2023).

25. Termorresistencia

Adj. Dicho de un material: Que conserva sus propiedades a altas temperaturas (Real Academia Española, 2022).

26. Vinagre

Líquido miscible en agua, con sabor agrio, que proviene de la fermentación acética del alcohol, como la de vino y manzana (Real Academia Española, 2022).

27. Vino

Bebida alcohólica que se hace del zumo de las uvas exprimido y fermentado naturalmente (Real Academia Española, 2022).



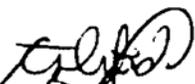
Mazatenango, Suchitepéquez, octubre de 2024

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

Por este medio se hace constar que la terna evaluadora del trabajo de graduación de la estudiante Lilian Alejandra Castañeda de León, identificada con el número de camé 20164089, ha revisado y aprobado las correcciones realizadas en el documento titulado "Determinación de la temperatura óptima de pasteurización para la reducción de la oxidación etanólica en bebida fermentada a base de piña (*Ananas comosus*)", por lo tanto, están de acuerdo con el contenido del mismo y aprueban el presente documento de Seminario II.

Sin otro particular.

Atentamente,


M.A. Aurora Carolina
Estrada
PRESIDENTE


M.Sc. Alda de León
SECRETARIO


Dr. Marco Antonio del Cid Flores
VOCAL



Mazatenango, 21 de enero de 2025.

M.Sc. Bernardino Alfonso Hernández Escobar
Coordinador
Centro Universitario de Sur Occidente.
CUNSUROC -USAC-
Presente.

Le escribo cordialmente, deseándole éxitos en sus labores diarias.

De conformidad con el cumplimiento de mis funciones, como Coordinador de la Carrera de Ingeniería en Alimentos del Centro Universitario del Suroccidente – CUNSUROC-, de la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC-, he tenido a bien revisar el informe de trabajo de gradación titulado: **“Determinación de la temperatura óptima de pasteurización para la reducción de la oxidación etanólica en bebida fermentada a base de piña (*Ananas comosus*)”**, el cual ha sido presentado por el (la) estudiante: **Lilian Alejandra Castañeda de León**, identificado (a) con número de carné: **201640849**.

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

Deferentemente.

Recibido
21/01/2025


M.Sc. Ing. Victor Manuel Nuñez, Eusebio
Coordinador
Carrera de Ingeniería en Alimentos.





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

CUNSUROC/USAC-I-24-2025

DIRECCIÓN DEL CENTRO UNIVERSITARIO DEL SUROCCIDENTE,
Mazatenango, Suchitepéquez, veinte de marzo de dos mil veinticinco.

Encontrándose agregado al expediente el dictamen del asesor y revisor, SE AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN: "DETERMINACIÓN DE LA TEMPERATURA ÓPTIMA DE PASTEURIZACIÓN PARA LA REDUCCIÓN DE LA OXIDACIÓN ETANÓLICA EN BEBIDA FERMENTADA A BASE DE PIÑA (Ananas comosus)", de la estudiante: **Lilian Alejandra Castañeda de León**, carné No. **201640849**
CUI: **3341 43357 1001** de la carrera Ingeniería en Alimentos.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

M.A. Carlos Muñoz Noh
Director CUNSUROC



/gris

