

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISCOQUÍMICAS Y
ORGANOLÉPTICAS DE LA BEBIDA FERMENTADA DE COYOL (*ACROCOMIA*
ACULEATA) APLICANDO PASTEURIZACIÓN LENTA

POR:

OWEN JAFETH SALGADO SALGADO

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2024

CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES FISCOQUÍMICAS Y
ORGANOLÉPTICAS DE LA BEBIDA FERMENTADA DE COYOL (*ACROCOMIA*
ACULEATA) APLICANDO PASTEURIZACIÓN LENTA

POR:

OWEN JAFETH SALGADO SALGADO

FRANCISCO ENRIQUE SANCHEZ ROSALES

Asesor Principal

TESIS

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
TECNOLOGIA ALIMENTARIA.

CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2024

DEDICATORIA

A Dios, quien con Su guía y bendiciones me ha dado la fortaleza y sabiduría necesarias para lograr este paso tan importante.

A mi familia, por su amor incondicional y su apoyo constante, por ser mi mayor inspiración y motivación.

A mis asesores, por su paciencia, dedicación y valiosa orientación en cada etapa de este trabajo.

Y a mí mismo, por haber alcanzado este logro con esfuerzo y dedicación, y por continuar avanzando en cada paso de este camino.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a Dios, quien me ha guiado y me ha dado la fuerza para enfrentar cada desafío en esta travesía académica. Sin Su ayuda y bendiciones, este logro no habría sido posible.

A mi familia, mi eterno agradecimiento por su amor incondicional, su apoyo constante y por ser mi inspiración en cada paso de este proceso.

A mis asesores, quienes con su conocimiento, paciencia y guía me han ayudado a dar forma a esta investigación. Sus aportes y consejos han sido invaluable para el desarrollo y culminación de este trabajo.

A todos aquellos que de alguna manera contribuyeron a la realización de esta tesis, mi gratitud y reconocimiento.

INDICE

	Pág.
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
LISTA DE ILUSTRACIONES	vi
LISTA DE TABLAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo general	3
2.2 Objetivos específicos.....	3
III. MARCO TEÓRICO	4
3.1 Bebida de coyol	4
3.2 Palma de coyol	4
3.3 Generalidades de la bebida de coyol	5
3.4 Taxonomía de la palma de coyol.....	5
3.5 Conservación de la bebida de coyol	6
3.6 Producción artesanal de la “bebida de coyol”	6
3.7 Fermentación natural de la bebida de coyol	8
3.8 Pasteurización.....	8

3.8.2	Ventaja de Pasterización lenta.....	10
3.9	Unidades Formadoras de Colonias (UFC)	10
3.10	Características físico-químicas de la bebida de coyol.....	10
3.10.1	Análisis sensorial.....	11
3.10.2	Físico-químicos	12
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
4.1	Localización de la investigación.....	15
4.2	Materiales y equipos.....	15
4.2.1	Materia prima y materiales	15
4.2.2	Equipos	15
4.2.3	Reactivos	15
4.3	Metodología experimental.....	16
4.3.1	Fase 1. Recolección y procesamiento de la bebida de coyol.	16
4.3.2	Fase 2. Proceso del tratamiento térmico.....	17
4.3.3	Fase 3. Metodología de análisis físico-químicos y sensoriales en diferentes intervalos de tiempo.	18
4.4	Fase 4. Análisis y diseño estadístico.	22
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	25
5.1	Efecto del tratamiento térmico sobre las propiedades fisicoquímicas (°Brix, pH, Acidez titulable) de la bebida de coyol.	25
5.2	Determinación de ETANOL.....	28
5.2.1	Relación °Brix y Etanol.....	28
5.3	Efecto del tratamiento térmico sobre las Recuento de Unidades formadoras de colonias.....	29
5.4	Efecto del tratamiento térmico sobre las propiedades organolépticas de la bebida de coyol.....	30
5.5	Índice de Aceptabilidad	32
VI.	CONCLUSIONES	34

VII. RECOMENDACIONES	35
VIII. BIBLIOGRAFÍA	36
IX. ANEXOS	41

LISTA DE ILUSTRACIONES

	Pág.
Ilustración 1. A) (<i>Acrocomia aculeata</i>) o palma de coyol, B) detalle de las espinas del tallo, C) detalle de los frutos.	5
Ilustración 2. Tallos de la palma de coyol para la obtención de la bebida de coyol.	6
Ilustración 3. Elaboración de la incisión de la canoa y drenaje de la savia de coyol.	7
Ilustración 4. Solución oxidativa con diferentes porcentajes de etanol.	20

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Análisis Físico-químicos de la bebida de coyol.	14
Tabla 2. Caracterización de la bebida recién extraída y 5 días después de fermentada (Adición de azúcar).	25
Tabla 3. Recuento de las bacterias lácticas, mohos y levaduras obtenido durante el tiempo de almacenamiento de la bebida de coyol.....	30
Tabla 4. Efectos del tratamiento térmicos sobre características fisicoquímicas de la bebida de coyol.	32

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Fases Metodológicas en el Estudio de la Bebida de Coyol.....	16
Figura 2. Flujo de proceso de pasteurización de la bebida de coyol.....	18
Figura 3. Grafica de solidos solubles en un intervalo de tiempo de almacenamiento de 28 días.	25
Figura 4. Comportamiento de pH de la bebida de coyol durante un periodo de 28 días.	26
Figura 5. Comportamiento de solidos solubles en un intervalo de tiempo de almacenamiento de 28 días.	27
Figura 6. Comportamiento de etanol después de pasteurización en un intervalo de tiempo de 28 días.....	28
Figura 7. Variación del color de la bebida de coyol durante el tiempo almacenamiento de 28 días.	31
Figura 8. Índice de aceptabilidad General de la bebida de coyol.	33

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Formato de evaluación sensorial prueba hedónica de 9 puntos.	41
Anexo 2. Curva de calibración para concentraciones bajas de etanol (0.5-4 %)	42
Anexo 3. Concentración de volúmenes para la preparación de diferentes concentraciones de etanol	42

Salgado, Salgado O.J. 2024. Conservación de las propiedades fisicoquímicas y organolépticas de la bebida fermentada de coyol (*Acrocomia aculeata*) aplicando pasteurización lenta. Tesis Ing. Ingeniería en Tecnología Alimentaria, Facultad de Ciencias Tecnológica, Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas, Olancho, Honduras, 52 pág.

RESUMEN

El departamento de Olancho fue reconocido por su bebida tradicional de coyol, elaborada mediante la fermentación de la savia de la palma. La bebida alcohólica tiene un gran valor cultural, pero su conservación presenta retos debido a la falta de métodos adecuados. La pasteurización lenta surgió como una posible solución para prolongar su vida útil. En la investigación se evaluó la pasteurización lenta como método para prolongar la vida útil de la bebida de coyol, utilizando 12 litros de la bebida, sometidos a 60 °C por 30 minutos y almacenados a 30 °C por 28 días. Durante el estudio, se midieron variables fisicoquímicas (pH, acidez titulable, sólidos solubles, etanol y UFC) y se realizó una evaluación sensorial. Se observó una ligera disminución del pH, un aumento en la acidez titulable y estabilidad en los sólidos solubles (17.2 °Brix). Sensorialmente, en los atributos de color, aroma, sabor y aceptabilidad general, la bebida de coyol se mantuvo en condiciones óptimas durante los primeros 14 días. A partir del día 21, se observó un deterioro en estas características debido a que el tratamiento térmico aplicado no fue suficiente para detener completamente la actividad de bacterias presentes. La pasteurización lenta fue efectiva para frenar la fermentación y preservar las propiedades sensoriales de la bebida únicamente durante los 14 días iniciales.

Palabras claves: Vida útil, Almacenamiento, Comercialización, Aceptabilidad, Tradicional.

I. INTRODUCCIÓN

Olancho es un departamento de Honduras que resalta por tener la mayor extensión territorial, una producción agrícola abundante y por su amplia vegetación. Además de ello, este municipio se distingue por su bebida tradicional de coyol, que es producida mediante la fermentación natural de la savia obtenida de la palma de coyol, siendo esta una de las tradiciones que más caracteriza a los olanchanos.

La bebida fermentada de coyol (*Acrocomia aculeata*) es una tradicional bebida alcohólica obtenida a partir de la savia de la palma de coyol, ampliamente consumida en regiones tropicales. Este producto destaca no solo por su relevancia cultural y gastronómica, sino también por sus propiedades nutricionales. Sin embargo, la vida útil de esta bebida y la conservación de sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas presentan desafíos significativos debido a la falta de tratamientos de conservación adecuados y la variabilidad en las condiciones de almacenamiento.

La pasteurización lenta, un método de tratamiento térmico utilizado para prolongar la vida útil de productos alimenticios, ofrece una alternativa prometedora para la preservación de la bebida de coyol. Este método, al aplicar calor de manera gradual, busca minimizar la pérdida de nutrientes y características organolépticas, al tiempo que reduce la carga microbiana. Sin embargo, la implementación de este proceso en la bebida de coyol requiere una evaluación exhaustiva para entender sus efectos sobre la calidad del producto durante el almacenamiento.

El principal desafío en la conservación de la bebida fermentada de coyol radica en mantener sus características fisicoquímicas y organolépticas a lo largo del tiempo, especialmente en un contexto donde las condiciones de almacenamiento pueden variar considerablemente. Actualmente, existe la necesidad de aplicar un tratamiento de

conservación estandarizada limita su potencial de comercialización y reduce su vida útil. Por lo tanto, el objetivo general de este estudio fue evaluar el efecto del tratamiento térmico y almacenamiento en las características fisicoquímicas y sensoriales de la bebida de coyol (*Acrocomia aculeata*), con el fin de estabilizar la bebida y aumentar su vida útil sin comprometer su calidad.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto del tratamiento térmico y almacenamiento en las características físico-químicas y sensoriales de la bebida de coyol (*Acrocomina aculeata*).

2.2 Objetivos específicos

- Analizar el comportamiento de la vida de anaquel a escala de laboratorio en muestras de la bebida fermentada de coyol.
- Determinar el efecto de la pasteurización lenta sobre el grado de aceptabilidad de la bebida fermentada de coyol.
- Estimar el comportamiento de las variables que estén asociadas con la pérdida progresiva de las características fisicoquímicas de la calidad de la bebida fermentada de coyol durante el periodo de almacenamiento.

III. MARCO TEÓRICO

3.1 Bebida de coyol

La bebida de palma de coyol es la savia fermentada de varias palmeras, especialmente Palmira, la bebida de palma de coyol se puede obtener de la inflorescencia joven, ya sea masculina (o) femenina, es una bebida alcohólica que se elabora fermentando la savia azucarada de varias plantas de palma. Se recolecta por medio de una abertura en la parte superior del tronco talando la palma y perforando un agujero en el tronco, es una bebida blanquecina turbia con un sabor alcohólico dulce y una vida útil muy corta de solo un día. (Chandrasekhar, 2012).

A pesar de su nombre engañoso, la bebida de coyol no es vino, sino una bebida elaborada a partir de la savia fermentada de las palmas de coyol (*Acrocomia aculeata*). El jugo se recoge de la palma y luego se deja fermentar. El proceso de fermentación puede durar hasta una semana, y el perfil final de la bebida depende del tiempo que se deje fermentar la savia. (TasteAtlas, 2019).

3.2 Palma de coyol

La palma de coyol, es una palma espinosa; originaria de América Latina; sus variedades crecen naturalmente en México, algunas de ellas resisten heladas y temperaturas bajo cero, lo que facilita que sean plantadas en todo el subtrópico. (Ambrocio Rios, 2018). (*Acrocomina aculeta*) es una palma que alcanza una altura de aproximadamente 15 metros y 70 cm de diámetro, se caracteriza por tener en su tallo espinas negras que pueden llegar alcanzar los 7 cm de longitud Ilustración 1, se disponen principalmente en la parte

superior del mismo; presenta hojas pinnado compuestas y las flores se encuentran en una panícula. (Hernández, 2011).

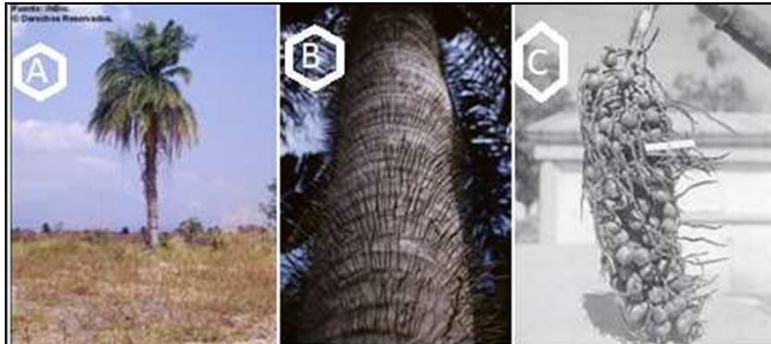


Ilustración 1 A) (*Acrocomia aculeata*) o palma de coyol, B) detalle de las espinas del tallo, C) detalle de los frutos.

3.3 Generalidades de la bebida de coyol

(*Acrocomia aculeata*), es una palma que tiene su origen en la zona de Guanacaste en la provincia de Costa Rica donde es ampliamente consumida, tanto fermentada, como sin fermentar. La savia sin fermentar se toma con fines medicinales o para refrescar en las épocas de calor. También se puede consumir con una fermentación leve con bajo nivel de alcohol similar al de una cerveza, o bien con una fermentación más extensa con mayores grados de alcohol. (Aguilar M. P., 23. 09. 16).

3.4 Taxonomía de la palma de coyol

La palma *Acrocomia aculeata* corresponde a la clasificación taxonómica: reino *Plantae*, filo *Magnoliophyta*, clase *Liliopsida*, orden *Arecales*, familia *Arecaceae* y género *Acrocomia*. A esta planta se le llama de diferentes formas en varios países a pesar de ser la misma palma, entre las que resalta Coyol, Macaúba, Carozo (Chizmar, 2009). También se le llama Coyol, Gru-gru, Coquito, Corajo, Macaw, Coco, Totai. (Sánchez, García, Giraldo, & Sánchez, 2015)

3.5 Conservación de la bebida de coyol

Se han realizado algunos estudios acerca de la conservación de otras bebidas de palma, donde revelan que puede permanecer estable por 9 meses cuando primeramente se centrifuga, se ajusta el pH antes de la carbonatación, embotellado y pasteurización (Sánchez, García, Giraldo, & Sánchez, 2015). En otro estudio de vida útil, según (Oviasogie, 2007) el vino de palma fue pasteurizado a 75 °C por 45 min y analizado durante 24 meses, en los cuales se encontró que el producto mantuvo sus características y su composición mostró muy pocas alteraciones.

3.6 Producción artesanal de la “bebida de coyol”

Se realizó un estudio de campo, donde se conoció el proceso de forma artesanal de la obtención de la bebida de coyol en la coyolera del señor Elmer Núñez en la ciudad de Catacamas, Olancho, Honduras. Según lo mencionado por el señor Elmer Núñez: “La bebida de coyol se extrae de la palma adulta, esto quiere decir que la palma debe de tener una edad de 15 años como mínimo para que llegue el momento en que se pueda cortar para la extracción del líquido. Las palmas que pueden ser maniobradas en posición horizontal son elegidas para el corte. Esto es necesario para permitir el máximo flujo de la savia Ilustración 2.



Ilustración 2 Tallos de la palma de coyol para la obtención de la bebida de coyol.

(fuente propia).

El proceso para producir la bebida de coyol consiste en cortar la palma desde la raíz, se le extraen todas las hojas y en la parte del “cogollo” (palmito) se le hace una incisión en forma rectangular de 10 cm de ancho por 15 cm de largo y de aproximadamente unos 30 centímetros de profundidad, ésta es denominada “canao” Ilustración 3 y se espera a que brote la savia del árbol. Es importante no cortar demasiado por debajo del palmito, ya que esto limita el flujo máximo de la savia. La cavidad hay que cubrirla con un pedazo de tabla o cartón para dejar que el líquido brote, la savia se recoge dos veces al día de la mayoría de los árboles, el flujo de la savia de las palmeras recién cortadas es tan fuerte que la recolección puede llegar a realizarse hasta tres veces durante los primeros días. Este líquido es un agua-miel dulce con sabor a agua de coco que se fermenta rápidamente.



Ilustración 3 Elaboración de la incisión de la canoa y drenaje de la savia de coyol.

(fuente propia).

Es necesario vaciar y raspar todos los días esta cavidad para que la savia siga drenando, obteniéndose un promedio de 2 a 4 litros de taberna diarios por cada palma durante aproximadamente dos meses (proceso dependiendo del tamaño de la palma). La savia recolectada generalmente se coloca en depósitos en donde continúa la fermentación”.

3.7 Fermentación natural de la bebida de coyol

La fermentación de la bebida fermentada de coyol consiste en una fermentación en tres etapas, donde al inicio hay una fermentación ácido láctica, seguida de una fermentación alcohólica intermedia y culmina con una fermentación ácido acética, donde la actividad microbiológica de cada etapa ayuda a la actividad microbiológica de la siguiente etapa (Ruíz-Terán, 2014).

Esta sucesión de etapas en la fermentación se puede deber a que en la etapa inicial las bacterias lácticas producen ácidos orgánicos, lo que ocasiona un aumento en la acidez total y un decrecimiento en el pH, lo cual puede mejorar la actividad de la invertasa en las levaduras de la segunda etapa, y el etanol producido por las levaduras sirve como sustrato para la producción de ácido de las bacterias ácido acéticas en la etapa final (Santiago-Urbina, 2014).

La bebida de coyol exhibe un pH neutral y ausencia de etanol, y conforme avanza la fermentación se da una reducción progresiva del pH. Los microorganismos pueden convertir la sacarosa de la savia de la palma en glucosa y fructosa por medio de la actividad de la invertasa y posteriormente los convierten en ácidos orgánicos y alcoholes. Es generalmente conocido que las primeras fuentes de invertasa son las levaduras como *Saccharomyces cereviceae*, *Saccharomyces carlsbergensis*, y los mohos filamentosos como *Aspegillus oryzae* y *Aspergillus niger*. Sin embargo, el incremento en la acidez total y el decrecimiento de pH es también responsable de la inversión de los azúcares (Ciani, 2012).

3.8 Pasteurización

Pasteurización es el procedimiento que consiste en someter un alimento, generalmente líquido, a una temperatura aproximada de 80 grados durante un corto período de tiempo enfriándolo después rápidamente, con el fin de destruir los microorganismos sin alterar la composición y cualidades del líquido (QUISE, febrero del 2018).

En una investigación realizada en Nigeria, (Oviasogie, 2007), se recolectó savia fresca de la palma de coyol que pertenece a la especie *Raphia hookeri*; filtraron, la colocaron en

botellas de 33 mL, las taparon con un corcho y procedieron a pasteurizar en un baño de agua a 75 °C por 45 min, para luego ser almacenadas a temperatura ambiente. Se logró encontrar que este vino de palma pasteurizado tiene una vida útil de más de 24 meses, pues sus características se mantuvieron durante este período, y, por otro lado, los contenidos nutricionales encontrados mostraron que es una bebida nutritiva (García, 2014).

Es importante aclarar que durante los tratamientos térmicos como la pasteurización se puede presentar el deterioro del producto debido a su efecto en las características de calidad como el color, sabor, aroma y valor nutricional. Por lo tanto, para disminuir la degradación térmica durante el proceso, es necesario minimizar la temperatura y tiempo de pasteurización. Sin embargo, esta reducción en el tiempo y temperatura de pasteurización, generalmente afecta la vida útil del producto (Naknean, 2013).

En la actualidad la empresa Cósmica. Cía. Ltda., cuenta con un proceso de estabilización microbiológica en los vinos y bebidas alcohólicas a base de vino, mediante pasteurización, para lo cual se realiza una aspersión uniforme de agua caliente sobre las botellas en tres etapas: Pre pasteurización (50° C), pasteurización (55° C), y enfriado (25°C). El tiempo total de este proceso es de 60 minutos aproximadamente. Dicho proceso se encuentra validado y garantiza la estabilidad microbiológica de bebidas. (ORTIZ, 2020).

3.8.1 Pasteurización lenta

Utilizada en un principio de bebidas, la LTLT implica el calentamiento por lotes a 63-65°C durante un periodo prolongado (30 min). Presenta inconvenientes debido a los cambios significativos (J, 2018) en la calidad (por ejemplo, reducción de vitaminas) y es poco práctico para la producción a gran escala. Ha sido sustituido en gran medida por métodos más eficaces, como el tratamiento a alta temperatura y corta duración (HTST) o pasteurización continua. Antes de aplicar la pasterización es indispensable que la bebida de coyol se filtre si es posible y se debe elegir la menor temperatura eficaz. Temperaturas elevadas pueden alterar la composición del vino. Una vez pasterizado el vino se debe conservar en recipientes esterilizados porque se corre el riesgo de volver a contaminarse. (Díaz, 2012).

3.8.2 Ventaja de Pasterización lenta

La principal ventaja de las bebidas pasteurizadas es que garantiza una mayor seguridad e higiene al consumidor, ya que elimina los riesgos de infección o intoxicación por microorganismos patógenos. La pasteurización también permite una mayor durabilidad y estabilidad de la bebida fermentada, porque evita que se produzcan cambios indeseados en el sabor, aroma o color de las bebidas fermentadas. Además, facilita el transporte y la distribución de las bebidas, ya que no requiere condiciones especiales de conservación, como la refrigeración o la oscuridad.

Sin embargo, las bebidas pasteurizadas también tienen algunos inconvenientes, como la pérdida de algunos componentes volátiles o sensibles al calor, que pueden afectar al sabor o al aroma de las bebidas fermentadas. También se puede producir una disminución de la actividad enzimática presentes en las bebidas fermentadas, lo que puede reducir sus propiedades sensoriales (Ambar.M, 2023).

3.9 Unidades Formadoras de Colonias (UFC)

Para la bebida de palma la población de levaduras durante la fermentación muestra una concentración constante cerca de 10^7 UFC/ml, empezando del segundo día. Las bacterias ácido lácticas y las bacterias ácido acéticas también son abundantes en el sustrato desde las muestras iniciales (10^7 UFC/ml), y se mantienen constantes a esta concentración durante los siguientes días en asociación con las levaduras. (Ciani, 2012).

En la bebida de coyol se presenta una fermentación alcohólica, láctica y acética similar a la que ocurre en la bebida de palma de *Elaeis guineensis* y Toddy de *Cocos nucifera*, donde las concentraciones de levaduras se encuentran entre 10^3 y 10^7 UFC/ml, y de 10^7 a 10^8 UFC/ml para bacterias lácticas y acéticas (Santiago-Urbina, 2014).

3.10 Características físico-químicas de la bebida de coyol

En cuanto a las características físico-químicas de la calidad de la bebida de coyol existe muy poca estandarización, debido a que se elabora artesanalmente, y por lo tanto no se pueden controlar los parámetros al no contar con herramientas para realizar alguna

medición que sea cuantificable, lo que significa que sus parámetros de calidad son evaluados de manera subjetiva. Por lo tanto, desde el punto de vista del consumidor, las características más importantes a evaluar en la savia de palma son su sabor, aroma y color (González, 2017).

3.10.1 Análisis sensorial

➤ Color

Es una bebida alcohólica, blanca, ligeramente espesa y sobre todo muy refrescante. Se obtiene de la fermentación espontánea de la savia del tallo de la palma de coyol en los meses de marzo y abril. (Alcántara-Hernández, 2010).

Cuando se extrae la savia de la palma de coyol comienza su proceso de fermentación, el vino de coyol presenta un color amarillo claro, translúcido y brillante. A medida que la fermentación avanza, el color se intensifica, transformándose en un amarillo dorado. Con el tiempo, si la fermentación continúa y la bebida madura, la bebida de coyol adquiere tonos más oscuros, variando desde un amarillo oscuro hasta un marrón claro. Estos cambios de color son naturales y reflejan el progreso de la fermentación y las condiciones de almacenamiento de la bebida (Hernández, 2011).

➤ Sabor

Entre consumidores existen diferentes preferencias por la calidad de vino que ellos consumen, usualmente esta preferencia está basada en la frescura, dulzor y nivel de alcohol (UDOFIA, 2009). Los consumidores de Taberna prefieren beberla directamente de la canoa, ya que en esta etapa es efervescente, dulce y ácida, y los microorganismos están vivos. Si la Taberna no es consumida antes de las 24 horas, comienza a desarrollar un sabor a vinagre, y precisamente esta característica es el único parámetro cuantificable que se ha expuesto, donde a una concentración mayor a 0,6% de ácido acético, se considera que el vino es inaceptable (SANTIAGO-URBINA J. V., 2013).

➤ **Aroma**

El vino en general, como todas las bebidas alcohólicas producidas por fermentación natural de una disolución azucarada, tiene una composición química muy definida que va a ejercer intensos efectos sobre la percepción de los distintos componentes aromáticos o gustativos. La mezcla de todos los componentes mayoritarios de la fermentación a las concentraciones a las que se encuentran habitualmente en vino tiene el olor típico de bebida alcohólica que habitualmente se define como vinoso (González, 2007).

3.10.2 Físico-químicos

➤ **pH**

Uno de los parámetros químicos más importantes en la producción de vino es el pH. Este parámetro tiene una influencia directa en la calidad final del producto ya que regula diversos procesos que ocurren durante la elaboración del vino. (CASASSUS, 2024). El pH de la muestra de taberna recolectada en la palma de la montaña fue de 7.25, y en la muestra de la palma del valle fue de 7.02, en las primeras muestras colectadas en la mañana, sin embargo, este valor fue disminuyendo a medida que avanzaba la fermentación, reduciéndose a 3.99 en la muestra de la palma de la montaña y a 4.2 muestra en la palma del valle (Beatriz Coutiño, Multicenizas, 2015).

➤ **Determinación de acidez titulable**

La acidez es una característica de los vinos, es un atributo, ya que, de su nivel, depende gran parte el equilibrio gustativo. El nivel de acidez de cada vino, depende de dos parámetros, la llamada acidez fija debida a los ácidos orgánicos presentes en los vinos, el tartárico, el málico y el cítrico, y por otro a la llamada acidez volátil originada durante la vinificación, donde se forman cantidades limitadas de ácido acético, y en la fermentación (M^a Dolores Tenorio Sanz, 2014).

➤ **Grados Brix**

se emplean para medir el contenido de azúcar de una solución acuosa. Un grado Brix es 1 gramo de sacarosa en 100 gramos de solución y representa la fuerza de la solución como porcentaje en masa. (TUTOMANIAC, 2022). Según (Beatriz Coutiño, Multiciencias, 2015) las primeras horas del día cuando empieza a emanar la sabia que tiene un alto contenido de sólidos solubles totales (sacarosa) haciendo que la bebida sea dulce e incolora, permite el inicio de la fermentación por la intervención de los diferentes microorganismos autóctonos de la bebida; una vez que se da la fermentación hay una disminución de los sólidos solubles totales; sin embargo en horas de la noche vuelve a incrementar estos sólidos debido a que la palma tiende a volver a emanar sabia y a mezclarse con la contenida en la palma. La cantidad de sólidos solubles en taberna es mayor a la reportada para pulque y aguamiel donde se reportan concentraciones menores con 10 ° Brix pulque y 16 ° Brix en el agua miel, respectivamente, con 16 ° Brix reportado para taberna recolectada en Honduras.

➤ **Porcentaje de alcohol**

La graduación alcohólica se expresa en grados y mide el contenido de alcohol absoluto en 100 cc, o sea el porcentaje de alcohol que contiene una bebida; es decir un vino que tenga 13 grados, significa que 13 cc de cada 100 cc son de alcohol absoluto, es decir el 13%. El grado alcohólico viene expresado en los envases como (°) o bien como vol%. (España, 2007).

La versión de la bebida de coyol más fresca es ligera y lechosa, mientras que la versión más potente es la que se fermenta durante más tiempo y da como resultado una bebida más espesa. Aunque el coyol tiene un bajo contenido de alcohol, contiene enzimas que causan efectos similares a los del alcohol. La bebida es de escaso valor nutritivo y su contenido en alcohol es del 12.86% (Balick, 1990).

➤ **Composición química de la bebida de coyol**

(Balick, 1990), evaluó la bebida de palma de coyol para conocer si se encontraba presente algún otro componente nutricional útil en esta bebida. Reportando un contenido de alcohol del 12.86%, además de la presencia de diversos minerales, haciendo hincapié en la concentración de potasio, desde el punto de vista nutricional tabla 1.

Tabla 1. Análisis Fisicoquímicos de la bebida de coyol.

Parámetro	Porcentaje
pH	4.0
Alcohol	12.86%
Brix	16%
Proteínas	0.61%
Fosforo	38 ppm
Sodio	24 ppm
Calcio	142 ppm
Magnesio	57 ppm
Hierro	2.5 ppm
Manganeso	0.5 ppm
Cobre	0.9 ppm
Zinc	0.2 ppm
Potasio	2540 ppm

Fuente: (SANTIAGO-URBINA, 2014)

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Localización de la investigación.

El trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de calidad de la Facultad de Ciencias Tecnológicas de la Universidad Nacional de Agricultura, ubicada en barrio el Espino en la ciudad de Catacamas, Olancho, Honduras.

4.2 Materiales y equipos

4.2.1 Materia prima y materiales

Bebida de coyol, botellas de vidrio (12 botellas de 750 ml), balde plástico de 18 litros, agua, solución desinfectante, papel toalla, cinta para rotular, lápiz, marcador, hojas de papel (tamaño carta), matraces bureta, pipeta, barra sujetadora, vasos precipitados.

4.2.2 Equipos

Balanza digital, (OHAUS PIONEER) peachimetro, (modelo ST:-2100), Incubadora, (Digital MiLab/OneLab) densímetro, refractómetro digital (Marca BOECO, 0-95% °Brix, Índice de refracción de 1.3330-1.5400), refractómetro análogo, (BOECO) cámara de congelación (Marca Lab Tech).

4.2.3 Reactivos

Hidróxido de sodio (NaOH) al 0.01, fenolftaleína, agua destilada, dicromato de potasio, ácido sulfúrico.

4.3 Metodología experimental

La investigación se llevó a cabo en cuatro fases que se describen a continuación.

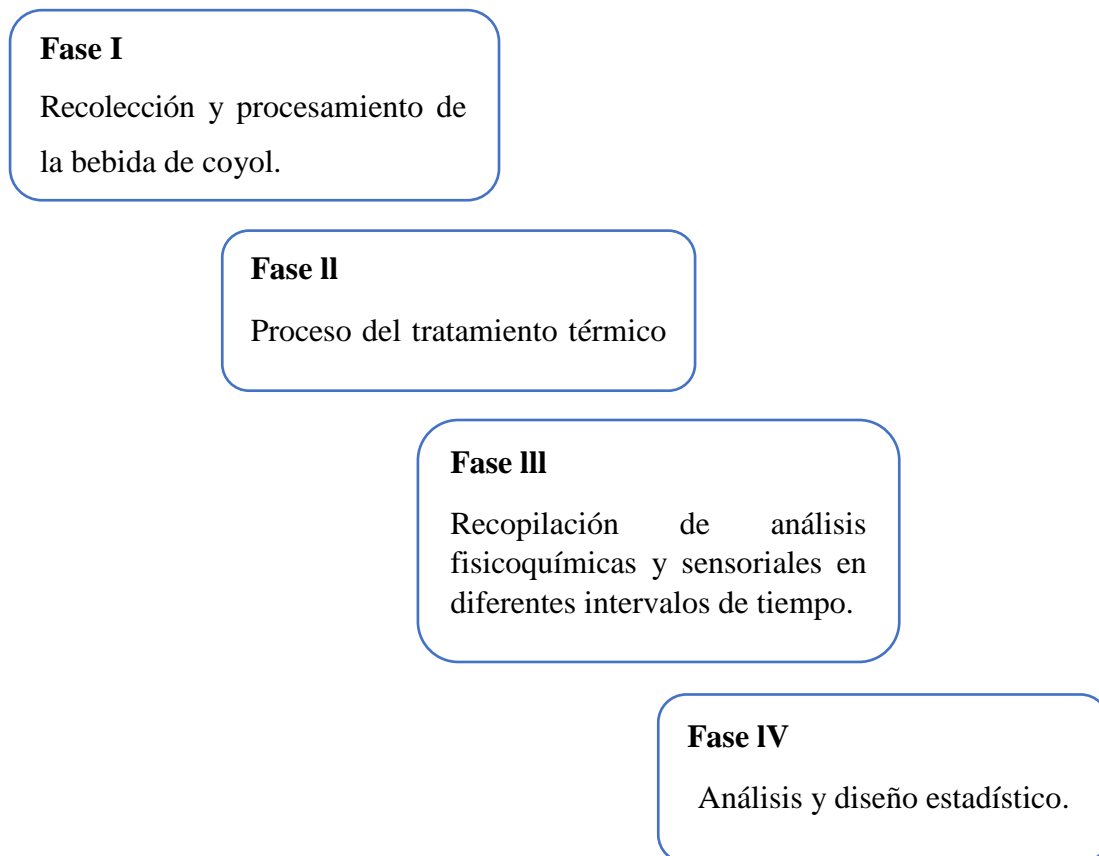


Figura 1. Fases Metodológicas en el Estudio de la Bebida de Coyol.

4.3.1 Fase 1. Recolección y procesamiento de la bebida de coyol.

Antes de la recolección de las muestras se procedió al agregado de azúcar comercial por parte del productor para garantizar un grado de alcohol más alto, para relajar la curva de etanol de la bebida de coyol, se adiciono alrededor de 8g/L de azúcar al día a la bebida durante 5 días post extracción. Durante este tiempo el productor se encargó de la adición de azúcar una vez al día como se acostumbra en este proceso artesanal para dar continuación a la fermentación de la bebida después de extraída de la palma, la cantidad

de azúcar añadida no fue exacta por parte del productor, pero se llegó a una aproximado guiándonos por la ecuación 1, a continuación

$$\text{Azúcar añadida por día } ^\circ\text{Brix g/L} = \frac{(^{\circ}\text{Brix final} - ^\circ\text{Brix inicial}) * 10 \text{ g/L}}{\text{N}^\circ \text{ días de fermentacion}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Pasado los 5 días las muestras fueron recolectadas, obteniendo un total de 12 litros destinados a la investigación. Estas muestras se adquirieron de un productor local en la ciudad de Catacamas, Barrio Zunilapa Olancho, quien suministró la bebida de coyol en condiciones similares en cuanto a la edad y los días de fermentación. Se le realizaron consultas al productor, como, ¿cuál es la vida útil de la bebida, según su experiencia?, ¿Qué cambios físicos son los que determinan una buena bebida de coyol?, ¿Qué método utiliza para desinfectar utensilios que se necesita para extraer la bebida?, para obtener información adicional sobre la bebida, aprovechando su experiencia acumulada en la extracción de esta bebida a lo largo de los años.

Luego de obtener los 12 litros de la bebida de coyol, se llevó a cabo el proceso de filtración donde se utilizó el método de filtrado por gravedad para separar los sólidos de los líquidos. En este método, la bebida de coyol se vertió sobre un medio filtrante (tela, de 40 x 40 cm). La gravedad hizo que la bebida de coyol pase a través del medio filtrante, dejando los sólidos atrás.

4.3.2 Fase 2. Proceso del tratamiento térmico

En la figura 2 se observa el flujo de proceso de la bebida de coyol, una vez obtenidos los 12 litros de la bebida de coyol filtrada, se procede a someter las muestras a un tratamiento térmico mediante el uso de baño maría. Las muestras se expusieron a una temperatura y tiempo constante de 60°C por un periodo de 30 minutos; se tomó como referencia el tiempo y temperatura empleado en el trabajo de investigación realizado por (Molina, 2017); Se trabajo con un total de 12 botellas de 750 ml cada una, lo que proporcionará suficiente volumen para realizar evaluaciones sensoriales y físico- químicas. Para asegurar la consistencia y validez de los resultados, Se realizaron los tratamientos térmicos en duplicado, tratando dos conjuntos de 5 botellas cada uno.

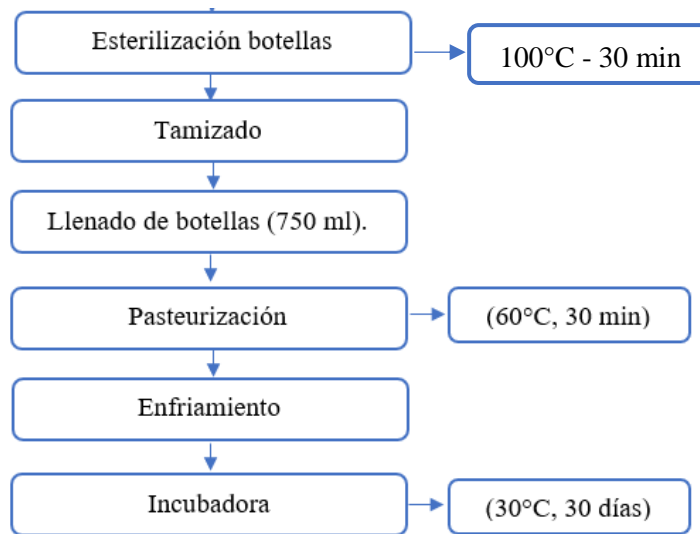


Figura 2. Flujo de proceso de pasteurización de la bebida de coyol.

En el contexto de la investigación sobre la bebida fermentada de coyol, las cinéticas de vida útil se centraron en observar cómo evolucionan las propiedades organolépticas y fisicoquímicas de la bebida con el tiempo después de ser sometida a tratamientos térmicos. Esto implicó recolectar muestras periódicas de la bebida en intervalos regulares de 7 días, hasta completar un periodo de 28 días.

4.3.3 Fase 3. Metodología de análisis físico-químicos y sensoriales en diferentes intervalos de tiempo.

4.3.3.1 Medición de pH

Las mediciones de pH se le realizaron directamente a la bebida de coyol, utilizando un pH-metro previamente calibrado (modelo STARTER 2100, marca OHAUS) Se tomó una alícuota de 10 ml de cada muestra. Las mediciones se llevaron a cabo por triplicado, asegurando la homogeneización de la muestra para garantizar una mayor confianza en los datos.

4.3.3.2 Determinación de acidez titulable

La acidez titulable se determinó mediante una titulación ácido-base. Para ello, se tomó una alícuota de 10 ml de la muestra y se añaden 3 gotas de fenolftaleína como indicador. La titulación se realizó con una solución estándar de hidróxido de sodio (NaOH) de concentración conocida (0.1 N). La acidez se calculará utilizando la fórmula siguiente. El porcentaje de acidez será reportado con que ácido predominante de la bebida de coyol el ácido acético. Su molaridad es de 60,05 g/mol (Marín, 2022, diciembre 29).

$$\%Acidez = \frac{(mL \times molaridad)NaOH \times Factor}{masa de muestra (g)} \times 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

4.3.3.3 Medición de solidos solubles (°Brix)

Los °Brix se determinaron con un refractómetro de rango 0-32 °Brix, marca BOECO, para ello se colocó la muestra en el foco del prisma, mirando para el ocular, dirigiéndose hacia la luz hasta visualizar una línea definida en el espacio de observación, procediéndose a leer los °Brix en la escala superior. Esta medición se realizará por triplicado.

4.4 Determinación de alcohol

Se preparo las soluciones necesarias, primero se debe pesar 7.5 g de dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) y disolverlo en agua destilada hasta alcanzar un volumen total de 250 ml, lo que dará como resultado una solución de dicromato de potasio al 0.1 M. A continuación, se mide 26.7 ml de ácido sulfúrico concentrado (H_2SO_4) y se vierte en un matraz 250 ml, completando con agua destilada hasta obtener un volumen final de 100 ml, lo que genera una solución de ácido sulfúrico al 5 M. Finalmente, se agrega lentamente la solución de ácido sulfúrico al 5 M en el recipiente que contiene la solución de dicromato de potasio al 0.1 M. Durante esta adición, es fundamental agitar vigorosamente la mezcla para asegurar una homogeneización adecuada.

Curva de calibrado

Se toman 3 ml de la solución oxidativa de dicromato de potasio y se adicionan en los distintos tubos de ensayo. Luego, se agregan 300 μ L de cada una de las diluciones de la bebida de coyol en los tubos correspondientes. Una vez completado este paso, las muestras se centrifugan a 3600 rpm durante 5 minutos. Posteriormente, los tubos de ensayo se tapan herméticamente y se dejan reposar a temperatura ambiente durante 30 minutos. En caso de que se observe un cambio de coloración, como se observa en la figura 4, se muestran las soluciones oxidativas con diferentes porcentajes ([Anexo 2](#)) de etanol, después de dejarlas en reposo (30 min.) hay un cambio de coloración (azul-verdoso) se debe a que hay mayor concentración de etanol y no se pueden medir en el espectrofotómetro, porque superan la cantidad de etanol con la que se ha realizado la curva de calibrado ([Anexo 3](#)). La coloración de la solución a medir debe ser color naranja, tal como se observa en el tubo 3 y 4. Ya que el método empleado de para determinar etanol mediante dicromato de potasio es eficiente en diluciones bajas de etanol.

El proceso deberá repetirse. Después del reposo, se mide la absorbancia a 590 nm, utilizando como blanco la solución de la reacción oxidativa con agua destilada. El valor obtenido de la absorbancia se extrapola en la curva de calibración de etanol para determinar su concentración de etanol de la bebida de coyol.

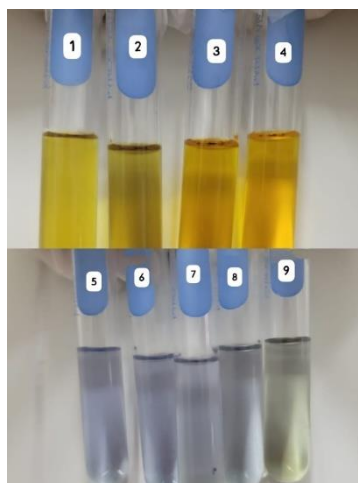


Ilustración 4 Solución oxidativa con diferentes porcentajes de etanol.

4.5 Recuento total de aerobios mesófilos

Se preparo la muestra pesando 10 ml de la bebida de coyol, luego se agregó en un frasco de dilución con 90 ml de solución salina estéril o agua peptonada y se agito para homogenizar la muestra. Esta dilución corresponderá a 10^{-1} . Se tomará 1 ml de la dilución 10^{-1} , se agregó a un tubo que contendrá 9.0 ml de agua peptonada y tomo el número 10^{-2} . Dicha operación se repitió para preparar tantas diluciones decimales como sea necesario; 10^{-3} , 10^{-4} , hasta 10^{-5} .

A partir de las diluciones, se extrajo con una pipeta 1 ml de cada dilución y se agregó en las cajas Petri, se añadió a cada caja Petri 15 ml del medio de cultivo previamente preparado y atemperado (45 a 47 °C), se mezcló el medio sobre la mesa de trabajo, haciendo movimientos circulares con la placa, a favor y en contra del sentido de las agujas del reloj, evitando al mismo tiempo que el medio impregne la tapa. Se dejo solidificar el agar de las placas sobre una superficie horizontal y cuando se haya solidificado perfectamente, se introduzco en la incubadora, evitando que se apilen en exceso y que entren en contacto con sus paredes; se incubarán a 35°C por 24 a 48 horas y, por último, después de transcurridas las 48 horas, se estudió una muestra del agar 10^{-5} para reducir la densidad microbiana y obtener una cantidad manejable de microorganismos. Esto permitió contar las colonias individuales con mayor precisión y evita la superposición de colonias, lo que dificultaría el conteo. Además, facilito la identificación y caracterización de las colonias individuales, asegurando que el análisis sea preciso y manejable. Mediante la tinción de gram.

4.6 Evaluación Sensorial

En esta fase, se evaluaron las propiedades sensoriales de la bebida con la participación 50 jueces no entrenados que tuvieron la experiencia previa con la bebida de coyol, garantizando así su familiaridad con sus características sensoriales. Se utilizo una escala hedónica estructurada de 9 puntos, en la que los participantes evaluaron aspectos sensoriales como sabor, aroma, color y aceptación general de las muestras (Anexo 1).

Las evaluaciones se realizaron dentro y a los alrededores de la universidad Nacional de Agricultura en un entorno controlado (el espacio fue amplio y limpio, sin ruido, para evitar distracciones, que incluía mesas y sillas con una iluminación uniforme y controlada preferiblemente con luz blanca). Donde cada juez recibió muestras codificadas de la bebida fermentada de coyol. Las muestras fueron totalmente aleatorizadas (considerando dos repeticiones) ofreciendo una alícuota de 10 ml de cada muestra, en un orden aleatorio. Se les proporciono agua como borrador para limpiar el paladar entre las muestras. Los datos obtenidos se analizaron para identificar posibles diferencias perceptibles entre las muestras tratadas térmicamente y las no tratadas, y para evaluar cómo los tratamientos influyen en la percepción sensorial de la bebida de coyol.

En la Ecuación 3 se muestra índice de aceptabilidad, el valor obtenido para la característica o variable que se evalúa (un atributo sensorial como sabor, color, aroma y aceptabilidad). Valor máximo o estándar esperado (escala de calificación), este es el denominador que se utiliza para normalizar la puntuación (en este caso, el número 9 que se referiré a la escala hedónica de 9 puntos, comúnmente usada en pruebas sensoriales). Multiplicador (100), se utiliza para expresar el índice en porcentaje.

$$\text{Índice de Aceptabilidad} = (\text{Resultado de variable}/9) * 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

4.7 Fase 4. Análisis y diseño estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó el diseño completamente aleatorizado, siendo el factor de estudio la vida útil de la bebida de coyol, en un periodo de 0,7,14,21 y 28 días, se mantuvo la bebida de coyol a una temperatura constante de 30°C. El diseño completamente aleatorizado comparo los análisis fisicoquímicos (°Brix, pH, acidez titulable), y sensorialmente, (color, aroma, sabor, aceptación general). Se realizó un test (TUKEY), a significancia de 0.05% para ver si existe diferencia estadísticamente significativa entre los tiempos de almacenamiento. El análisis de los resultados de la evaluación sensorial se realizó mediante el programa estadístico InfoStat.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Debido a la preferencia del consumidor final se decidió someter la bebida fermentada de coyol a tratamiento térmico pasando de 5 días de extracción de esta misma para garantizar una fermentación alcohólica en este lapso de tiempo previo al tratamiento; pasando de 13°Brix a 17°Brix como se refleja en la (tabla 2), donde además se muestran las diferentes variables al tiempo 0 de la extracción y al momento justo antes de aplicado el tratamiento térmico, pasando 5 días después de fermentada la bebida.

Tabla 2 Caracterización de la bebida recién extraída y 5 días después de fermentada (Adición de azúcar).

Día sin tratamiento	Solidos solubles (°Brix)	pH	Acidez (%p/v)
0	13.0 ± 0.0 _a	4.3 ± 0.17 _a	1.6 ± 0.24 _a
5	17.1 ± 0.13 _b	4.28 ± 0.02 _b	2.15 ± 0.05 _b

Media con una letra común no son significativamente diferentes (P >0.05).

5.1 Efecto del tratamiento térmico sobre las propiedades fisicoquímicas (°Brix, pH, Acidez titulable) de la bebida de coyol.

En la Figura 3 se presenta el comportamiento de los sólidos solubles (°Brix) en la bebida fermentada de coyol durante 28 días de almacenamiento. Todos los tratamientos presentaron valores similares, con un promedio que oscila entre 17.12 °Brix.

Este resultado indica que el almacenamiento durante 28 días no afectó de manera significativa el contenido de sólidos solubles de la bebida de coyol, lo que sugiere estabilidad en esta variable a lo largo del tiempo. Estos resultados concuerdan con (OBAHIAGBON, 2007), donde demostraron que al someter la bebida de coyol a

pasterización lenta a (65°C-30 min), los sólidos solubles se mantuvieron constantes después del proceso de pasteurización en 17.4 °Brix.

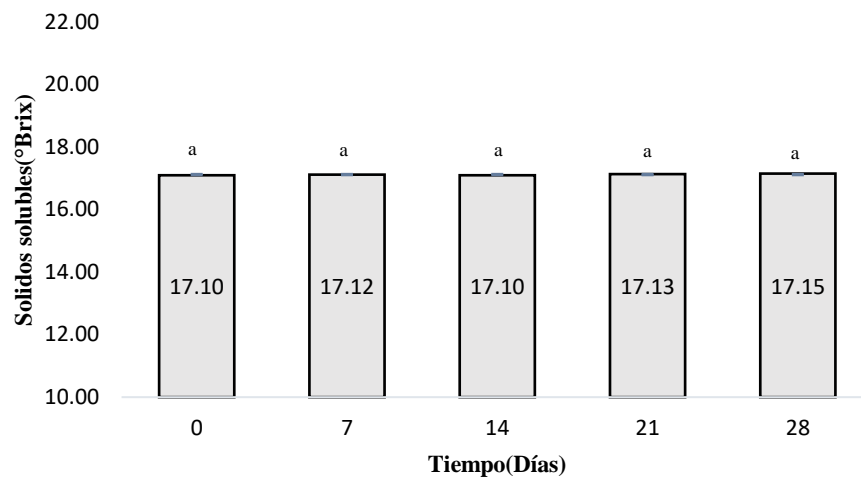


Figura 3. Grafica de solidos solubles en un intervalo de tiempo de almacenamiento de 28 días.

La Figura 4 muestra la evolución del pH en la bebida fermentada de coyol durante un periodo de 28 días de almacenamiento. Se observó una disminución del pH entre el día 7 y el día 28 en comparación con el día 0, y este valor se mantuvo constante después del día 7. En contraste, la muestra testigo presentó un pH más alto en los diferentes días de almacenamiento.

La prueba de Tukey al 5 % reveló diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el testigo y los días de almacenamiento, destacando que las muestras del día 0, así como las de los días 7, 14, 21 y 28, mostraron valores de pH significativamente más bajos. Dentro del rango reportado por (SANTIAGO URBINA, 2014), quien indica que los valores de pH para la bebida de coyol después de pasteurización lenta oscilan en un rango de 4 a 3.

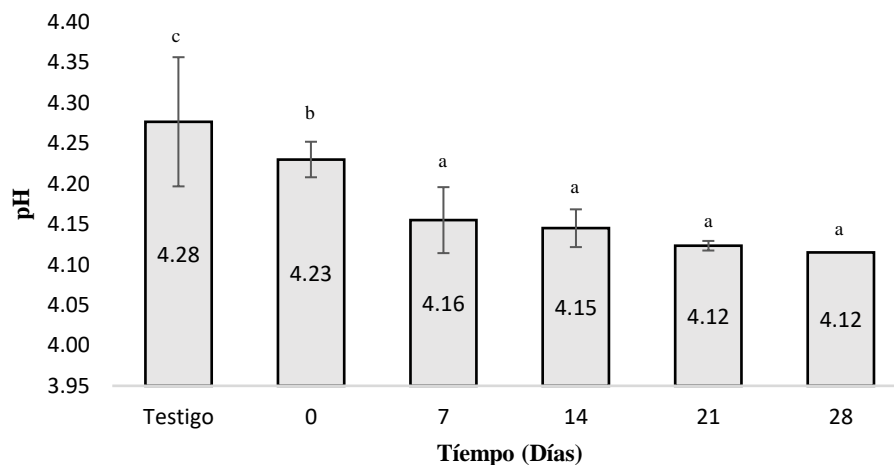


Figura 4. Comportamiento de pH de la bebida de coyol durante un periodo de 28 días.

La Figura 5 muestra un aumento de la acidez total entre el día 7 y el día 28, en comparación con el día 0, observándose que este valor se mantuvo constante a partir del día 7. En contraste, la muestra testigo presentó una acidez total más baja en los diferentes días de almacenamiento. La prueba de Tukey al 5 % reveló diferencias significativas ($p < 0.05$) entre el testigo y los días de almacenamiento, destacando que las muestras del día 0 mostraron diferencias significativas con las de los días 7 a 28, mientras que no hubo diferencias significativas entre las muestras de estos últimos días (7 a 28). En un estudio realizado por (Bandji, 2012), reportaron que las características fisicoquímicas de las muestras de acidez titulable se encontró en un rango 1,67 a 3,50, para la bebida de coyol. En otro estudio realizado en Costa Rica, se reportó que la inestabilidad de la bebida de

palma es el mayor problema durante el almacenamiento, ya que usualmente forma sedimentos y su acidez aumenta (Sánchez, García, Giraldo, & Sánchez, 2015).

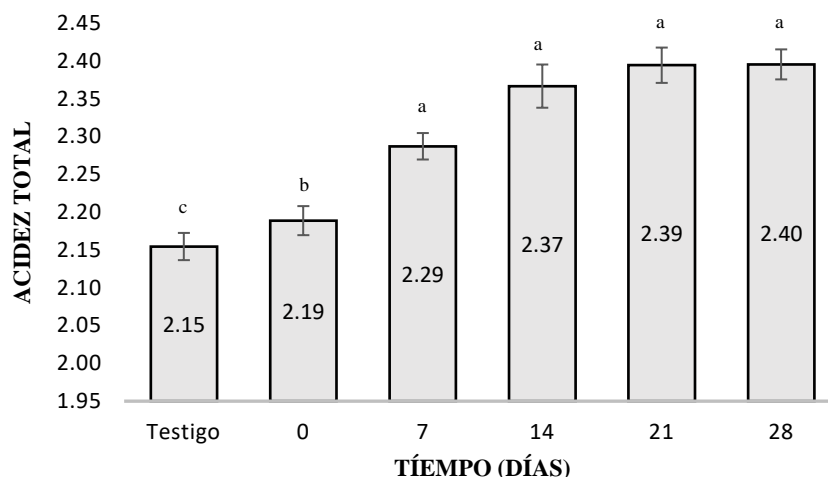


Figura 5. Comportamiento de solidos solubles en un intervalo de tiempo de almacenamiento de 28 días.

5.1.1 Relación entre pH y acidez total

Existe una relación inversa directa entre estas dos variables, a medida que disminuye el pH de la bebida la acidez total aumenta. Este comportamiento es característico de la bebida fermentada, en los que microorganismos como levaduras y bacterias convierten azúcares en ácidos orgánicos (principalmente ácido láctico, acético). Estos ácidos contribuyen a aumentar la acidez total del producto, lo que a su vez provoca una reducción en el pH. Esto incrementa la acidez total, que mide la concentración de todos los ácidos presentes en la bebida. A medida que se producen más ácidos, se liberan más iones H^+ , reduciendo el pH. Sin embargo, el pH es un valor logarítmico que mide solo la acidez activa (es decir, la cantidad de ácidos libres que afectan directamente el ambiente químico), mientras que la acidez total incluye tanto ácidos libres como los que están en forma de sales o tamponados (Rojas-Sariol, 2011).

5.2 Determinación de ETANOL

En la figura 6 muestra el incremento del contenido de alcohol en la bebida fermentada de coyol durante un periodo de 28 días de almacenamiento. Se observa que al día 7, el contenido de alcohol es del 4%, y finalmente, al día 28 alcanza un 11.4%. Esto sugiere que el contenido de etanol incrementa de forma continua conforme pasan los días de almacenamiento, indicando una fermentación progresiva en la bebida. En la bebida fermentada de coyol, el contenido alcohólico alcanza un rango entre 2% a 16% de alcohol. Este valor está influenciado por factores como la actividad microbiana, la disponibilidad de azúcares fermentables y las condiciones ambientales durante la fermentación (Valenzuela & Rodríguez, 2018; Gutiérrez et al., 2020). Este aumento progresivo del contenido alcohólico refleja el desarrollo del proceso de fermentación de la bebida, incluso después de haber sido sometida a la pasteurización lenta. En el caso del etanol y los azúcares, tienen un comportamiento contrario debido a que los microorganismos utilizan los azúcares como sustratos para la producción de etanol como parte de su metabolismo, por lo tanto, la disminución de uno es directamente proporcional al aumento del otro (Ciani, 2012).

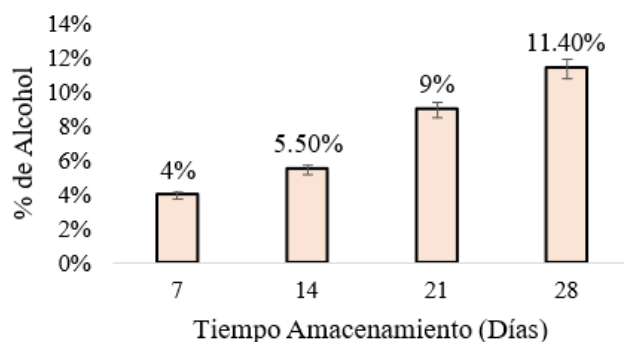


Figura 6. Comportamiento de etanol después de pasteurización en un intervalo de tiempo de 28 días.

5.2.1 Relación °Brix y Etanol

Dentro lo reportado por (Suárez-Machín, 2016), el aumento de los grados de alcohol mientras los °Brix permanecen constantes puede deberse a que las levaduras están

fermentando azúcares presentes inicialmente, mientras se liberan nuevos azúcares complejos o residuales de la matriz del producto. Este equilibrio entre el consumo de azúcares fermentables y la liberación de carbohidratos mantiene los °Brix aparentemente estables. Además, las características específicas de las levaduras, como su capacidad para metabolizar ciertos azúcares complejos, también influyen en este comportamiento.

5.3 Efecto del tratamiento térmico sobre las Recuento de Unidades formadoras de colonias

En la tabla 3 se muestra los recuentos microbianos en la bebida fermentada de coyol durante un periodo de 28 días de almacenamiento. Los recuentos de bacterias aumentaron de manera significativa a lo largo del tiempo, comenzando en 2 log UFC/ml en el día 7 y alcanzo 4.3 log UFC/ml en el día 28. Este incremento de la carga bacteriana sugiere que, aunque el tratamiento térmico inicial pudo haber reducido la población bacteriana, no fue completamente efectivo para controlar su crecimiento durante el almacenamiento.

En cuanto a las levaduras y los hongos, ambas poblaciones se mantuvieron en niveles prácticamente indetectables (<10 UFC por placa inoculada) durante todo el estudio. Esto indica que el tratamiento térmico fue muy eficaz en reducir las levaduras y los hongos a niveles mínimos. En comparación con el estudio (SANTIAGO URBINA, 2014), donde los recuentos de las levaduras fluctuaron entre 3.51 y 6.98 log UFC/ml durante el proceso de fermentación, los resultados actuales indican una notable reducción de estos microorganismos, lo que refuerza la efectividad del tratamiento térmico.

De acuerdo con las normativas internacionales y locales para bebidas fermentadas no alcohólicas o de bajo contenido alcohólico, el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC). Generalmente, el límite de UFC aceptable en bebidas fermentadas comerciales debe mantenerse por debajo de 4 a 5 log UFC/mL para los microorganismos mesófilos, que son aquellos que se desarrollan a temperatura ambiente.

Además, los productos fermentados deben cumplir con la ausencia o niveles extremadamente bajos de microorganismos patógenos. En este sentido, el recuento de coliformes totales y fecales debe ser nulo o inferior a 1 log UFC/mL. Los patógenos como

Salmonella y *Escherichia coli* deben ser ausentes en 25 mL de producto, conforme a las normas de inocuidad alimentaria.

Es importante destacar que, en el caso de las bebidas fermentadas, la presencia de levaduras y mohos es inevitable en niveles bajos debido a la naturaleza del proceso de fermentación. Sin embargo, estos microorganismos no deben superar los 2 a 3 log UFC/mL, lo cual asegura que la bebida mantenga su calidad sin comprometer la seguridad del consumidor (FAO/WHO Codex Alimentarius, 2020).

Tabla 3. Recuento de las bacterias lácticas, mohos y levaduras obtenido durante el tiempo de almacenamiento de la bebida de coyol.

Tiempo de almacenamiento	Recuento de Bacterias (log UFC/mL)	Recuento de Hongos (log UFC/mL)	Recuento de Levaduras (log UFC/mL)
7	2 ± 0.54 _a	< 10	< 10
14	2.7 ± 0.47 _b	< 10	< 10
21	3.5 ± 0.19 _b	< 10	< 10
28	4.3 ± 0.13 _b	< 10	< 10

“<10” Indica una cantidad insignificante de microorganismos (<10 UFC por placa).

5.4 Efecto del tratamiento térmico sobre las propiedades organolépticas de la bebida de coyol.

En la Tabla 4, se muestran los valores de las medias obtenidas de la evaluación sensorial de la bebida de coyol. Las medias están agrupadas por característica para facilitar la comparación de los parámetros, y determinar la aceptación de las características las de color, aroma, sabor y apariencia general:

➤ Color

En la figura 7 se muestra el cambio de color de la bebida de coyol en un periodo de 28 días de almacenamiento, en el día 0 el color de la bebida de coyol tiene un color blanco ostra y es translúcido, para el día 28 se tornó más amarillo y opaco. En un estudio realizado por (JHA, 2010), (MARKOVIC, ILIC, MARKOVIC, & SIMANOVIC, 2013), reportaron que este cambio de color de la bebida de coyol se debe a que va aumentando

la proporción de ácido acético en la bebida coyol, tomando un color amarillo después de 3 semanas de almacenamiento.

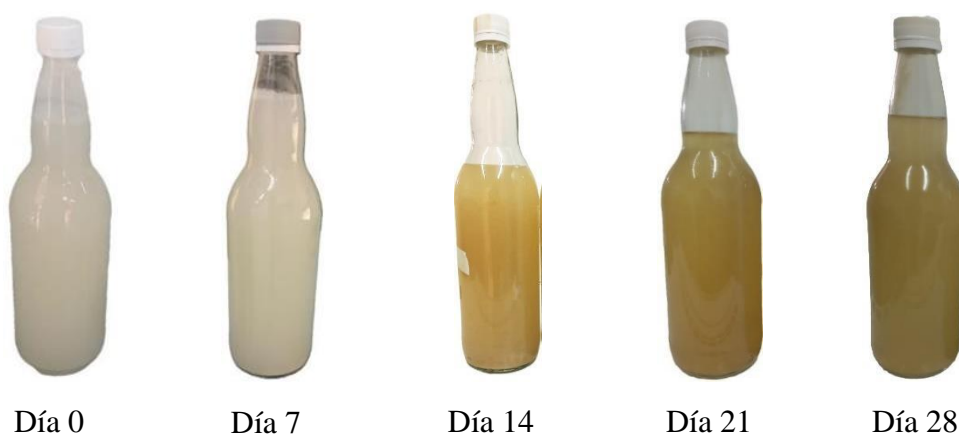


Figura 7. Variación del color de la bebida de coyol durante el tiempo almacenamiento de 28 días.

➤ Aroma

Se observó una disminución de aceptación del atributo aroma, presentando diferencias significativas entre el día 14 al día 21, en comparación con la muestra testigo, en el día 0, el valor promedio fue de $(6.19 \pm 1.73^{a, b, c})$, alcanzando un pico en el día 7 con (6.75 ± 1.54) . Sin embargo, al día 21, el aroma disminuyó considerablemente a (5.57 ± 1.87) , estas diferencias están atribuidas a los cambios en la composición de compuestos volátiles generados durante los procesos fermentativos, los cuales afectan la percepción aromática de la bebida.

➤ Sabor

Se observó una disminución de aceptación, donde no se muestra diferencia significativa en el atributo del sabor entre el día 0 (6.65 ± 1.80^b) al día 14 (7.02 ± 1.62^b) , en comparación con la muestra testigo, no obstante, el día 21 sí presentó diferencias significativas (5.84 ± 2.13^a) , lo que está relacionado con un aumento en la concentración de ácido acético, y la pérdida de su sabor característico de la bebida de coyol.

➤ **Aceptabilidad General**

La aceptabilidad de la bebida de coyol mantuvo su aceptación el día 0 ($6.79 \pm 1.40^{a,b}$) al día 14 (7.08 ± 1.27^b), donde no hubo diferencia significativa, sin embargo, al día 21, la aceptación si hubo diferencias significativamente a (6.18 ± 1.73), está relacionado con el impacto acumulativo de los cambios de los atributos de color, aroma y el sabor, así como con el incremento de la acidez de la bebida de coyol.

Tabla 4. Efectos del tratamiento térmicos sobre características fisicoquímicas de la bebida de coyol.

Días	Color	Aroma	Sabor	Aceptabilidad
Testigo	6.61 ± 1.13^b	$6.01 \pm 1.65^{a,b}$	$6.49 \pm 1.55^{a,b}$	6.70 ± 1.55^a
Día 0	6.54 ± 1.32^b	$6.19 \pm 1.73^{a,b,c}$	6.65 ± 1.80^b	$6.79 \pm 1.40^{a,b}$
Día 7	6.43 ± 1.31^b	6.75 ± 1.54^c	7.09 ± 1.77^b	7.04 ± 1.51^b
Día 14	5.67 ± 1.09^b	$6.44 \pm 1.47^{b,c}$	7.02 ± 1.62^b	7.08 ± 1.27^b
Día 21	5.85 ± 1.38^a	5.57 ± 1.87^a	5.84 ± 2.13^a	6.18 ± 1.73^a
ANOVA	***	***	***	***

*Letras diferentes indican diferencias significativas entre las medias de los tratamientos para la prueba ANOVA. Tukey (0.05).

5.5 Índice de Aceptabilidad

En la Figura 8, muestra el índice de la aceptación general de la bebida de coyol a través de cuatro atributos, color, aroma, sabor y aceptabilidad, evaluados en diferentes días, testigo, días 0 día 7 día 14 día 21.

La aceptación observada en los atributos de aroma, sabor y aceptabilidad general se observa que la bebida de coyol mantiene una aceptación sensorial superior al 70% durante los 14 días de almacenamiento. (Martínez, 2015) ha indicado que el índice de actividad de un producto o para que un producto sea sensorialmente aceptado según el índice de aceptabilidad debe supere el 70%

Al día 21, los atributos sensoriales de aroma, sabor y aceptabilidad general presentaron una disminución, sin superar el índice de aceptación del 70%. Este resultado está asociado al aumento en la proporción de ácido acético generado por la fermentación residual, así como a procesos de oxidación y sedimentación característicos de bebidas fermentadas de palma.

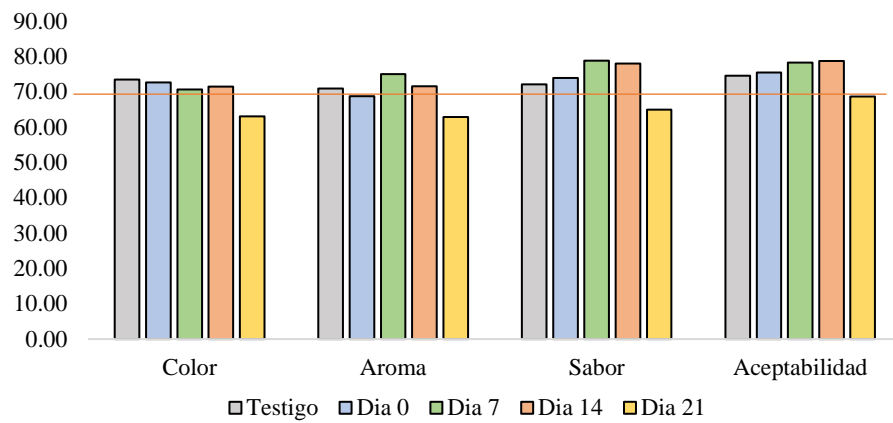


Figura 8. Índice de aceptabilidad General de la bebida de coyol.

VI. CONCLUSIONES

El análisis de la vida de anaquel a escala de laboratorio evidenció que la aplicación de la pasteurización lenta contribuyó a la estabilidad de variables fisicoquímicas del pH y los sólidos solubles de la bebida de coyol manteniéndolas dentro de rangos aceptables durante de almacenamiento. Este comportamiento refleja la capacidad de la pasteurización lenta para ralentizar los procesos fermentativos y minimizar las alteraciones químicas que podrían comprometer la bebida de coyol.

Además, permitió mantener un grado de aceptabilidad sensorial favorable hasta los 14 días de almacenamiento con aceptación superiores al 70% en los atributos de color, sabor y aroma. Lo que demuestra que las condiciones de pasteurización lenta fueron efectivas para preservar las características sensoriales en este periodo. No obstante, a partir del día 21, se observó una disminución significativa en estos atributos,

La variable más asociada con la pérdida de calidad de la bebida fermentada de coyol fue el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC), se debe a que el tratamiento térmico aplicado no fue completamente efectivo para detener la actividad microbiana, lo que resultó en una fermentación más lenta, pero no controlada en su totalidad.

VII. RECOMENDACIONES

- En futuros estudios investigación continúe evaluando diferentes tiempos y temperaturas de pasteurización, con el objetivo de prolongar su vida útil sin comprometer sus características fisicoquímicas y sensoriales.
- En futuros estudios, se recomienda realizar el recuento de unidades formadoras de colonias (UFC) en la muestra testigo antes de someterla a la pasteurización lenta. Esto permitirá establecer una comparación precisa entre las condiciones iniciales y los cambios posteriores al tratamiento térmico.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, M. P. (23. 09. 16). *Científicos recomiendan mejorar proceso de elaboración de vino coyol*. Costa Rica .
- Aguilar, S., & García, Z. (2016). 1-152. Obtenido de <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/546/1/6102511-2016-2-IQ.pdf>
- Alcántara-Hernández, R. R.-Á.-E.-M.-G.-T. (2010). Bebida de coyol.
- Alimentos., B. d. (2023, agosto 17). El proceso de pasteurización: origen, desarrollo y aplicaciones. . Obtenido de <https://www.alimentos.zantgar.com/el-proceso-de-pasteurizacion-origen-desarrollo-y-aplicaciones/>
- Álvarez., D. O. (15 de julio de 2021. Consultado 22 mayo, 2024). "pH". Obtenido de <https://concepto.de/ph/>.
- Ambar.M. (18 de octubre de 2023). Cerveza pasteurizada y la importancia de Louis Pasteur en su origen. *Cerveza pasteurizada y la importancia de Louis Pasteur en su origen*. Obtenido de <https://ambar.com/noticias/cerveza-pasteurizada/>
- Ambrocio Rios, J. A. (2018). *Ecologuía de levaduras asociadas a la taberna bebida extraída de la palma de coyol*.
- Arana, J. S. (2017). *Uso y manejo de residuos sólidos y líquidos de café (Coffea arabica) en comunidades La Estrellita y Tepeyac, municipio San Ramón, Matagalpa*.
- Ardavín, E. J. (2014). Análisis sensorial. *Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla*, 1-76. Obtenido de https://investigacion.upaep.mx/micrositios/assets/analisis-sensorial_final.pdf
- Balick, M. J. (1990). Production of coyol wine from *Acrocomia mexicana* (Arecaceae) in Honduras. .
- Bandji, O. (2012). Acidez total bebidas fermentadas de palma.
- Beatriz Coutiño, R. R. (2015). Multicenizas. *Selección de la bebida “taberna” obtenida de la palma *Acrocomia aculeata* y análisis químico proximal*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=90448465006>
- Beatriz Coutiño, R. R. (2015). Multiciencias. *Selección de la bebida “taberna” obtenida de la palma *Acrocomia aculeata* y análisis químico proximal*.

- CASASSUS, S. (2024). IMPORTANCIA DEL pH EN LA PRODUCCIÓN DE VINOS CON ÉNFASIS. 1-2. Obtenido de http://dspace.otalca.cl/bitstream/1950/11176/2/celis_casassus.pdf
- Castellanos, Rossan, & Frazer. (2006). Efectos fisiológicos de las bebidas energizantes. *Rev Fac Cienc Méd*, 3(1), 43-9.
- CEDRSSA, C. d. (2019). Comercio internacional del café, el caso de México. *Café producción y consumo*, 18.
- Chandrasekhar, K. S. (2012). *Una revisión sobre el vino de palma*.
- CHIMA, A. I. (2013). A comparative study of the nutritional values of palm wine and kunu-zaki. *Annals Food Science and Technology*, 39-43.
- Ciani. (2012). Ciani et al.
- Ciro, E., & Garzón, N. (2019). Evaluación del mucílago del café (*Coffea arabica* L. Caturra) como potencial prebiótico en una bebida de arroz. *Ciencia Unisalle*, 77.
- Díaz, F. C. (2012). BEBIDAS FERMENTADAS. 1-297. Obtenido de https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/9636/306598_Modulo_Bebidas%20Fermentadas.pdf?sequence=1
- España, m. d. (2007). ¿Cómo se calcula el consumo de alcohol? 1-3. Obtenido de <https://www.sanidad.gob.es/campanas/campanas07/alcoholmenores9.htm#:~:text=La%20graduaci%C3%B3n%20alcoh%C3%B3lica%20se%20expresa,%2C%20es%20decir%20el%2013%25>.
- Espinosa, M. J. (2007). *Evaluación Sensorial de los Alimentos*, 2-4.
- Espinosa, M. J. (2007). Evaluación Sensorial de los Alimentos. 2-4.
- FAO/WHO Codex Alimentarius. (2020). "General Principles of Food Hygiene,". *Codex Alimentarius Commission, FAO/WH*.
- Fernández, Y., Sotto, K., & Vargas, L. (2020). Impactos ambientales de la producción del café, y el aprovechamiento sustentable de los residuos generados. *Producción+ limpia*, 15(1), 93-110.
- Food-Tech®, T. (27 de julio de 2020). ¿En qué Consiste La Pasteurización? Tecnología de alimentos Terra. *¿En qué Consiste La Pasteurización?* Obtenido de <https://www.terrafoodtech.com/en-que-consiste-la-pasteurizacion/>
- García, B. (2014). Microbiología residual en vinos tintos, La Rioja,. *España: Facultad de Ciencias, Estudios Agroalimentarios e Informática, Universidad de La Rioja*, 1-92. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/24088/1/AL611.pdf>
- González, L. M. (2017). ESTUDIO SOBRE EL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y LA CARACTERIZACIÓN DE LA BEBIDA LLAMADA “VINO DE COYOL” ELABORADA A PARTIR DE LA SAVIA DE LA PALMA DE COYOL

- (Acrocomia aculeata) EN NICOYA, GUANACASTE. 150-161. Obtenido de <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/5977/1/42593.pdf>
- González, V. F. (2007). REVISTA DE LA REAL ACADEMIA DE CIENCIAS Exactas Físicas Químicas Y naturales DE ZARAGOZA. *La base química del aroma del vino: Un viaje analítico desde las moléculas hasta las sensaciones olfativo-gustativas*. Obtenido de <https://www.infowine.com/wp-content/uploads/2024/05/libretto7086-01-1.pdf>
- Gualdrón, D., & Yulieth, P. (2023). Análisis de metodologías para el aprovechamiento y valorización de los residuos del cultivo de café (en el departamento del Huila) dirigidos a la obtención de subproductos de valor agregado.
- Hernández, B. (2011). Elaboración In vitro de una bebida tipo "TABERNA". 1-67. Obtenido de <http://repositoriodigital.tuxtla.tecnm.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/3028/MDRPIBQ2011036.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- IICA, I. I. (2018). Guía técnica del caficultor. *Boletín informativo*, 78.
- Jha, S. (2010).
- JHA, S. (2010). Colour measurements and modeling. In Jha, S. *Non destructive Evaluation of food quality: theory and practice*. 17 - 40.
- M^a Dolores Tenorio Sanz, I. M. (2014). El vino y sus análisis. 1-76. Obtenido de <https://docta.ucm.es/rest/api/core/bitstreams/56f1dd2a-e8c8-458e-a232-e3cc03834f98/content>
- Marín, 2. (2022, diciembre 29). ÁCIDO ACÉTICO » Qué es, fórmula, propiedades y aplicaciones . Obtenido de <https://www.midiccionario.com/acido-acetico>
- MARKOVIC, I., ILIC, J., MARKOVIC, D., & SIMANOVIC, V. &. (2013). Color measurement of. 54 59.
- Martínez, P. &. (2015). Análisis sensorial en productos alimenticios. *Instituto de Investigación Alimentaria*, pp. 45-50.
- Melgarejo, M. (2004). El verdadero poder de las bebidas energéticas. *énfasis alimentación*, 6.
- Mogollón, J. W. (2014). *Estudio de niveles de cafeína y taurina en comparación con la norma técnica ecuatoriana INEN 2411: 2008, para una muestra de la población de bebidas energéticas comerciales del país*. Quito: Bachelor's thesis.
- Molina González, L. (2017). Estudio sobre el proceso de producción y la caracterización de la bebida llamada "Vino de Coyol" elaborada a partir de la savia de la palma de Coyol (Acrocomia aculeata) en Nicoya, Guanacaste. Obtenido de <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle>
- Molina, G. L. (2017). ESTUDIO SOBRE EL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y LA CARACTERIZACIÓN DE LA BEBIDA LLAMADA "VINO DE COYOL"

ELABORADA A PARTIR DE LA SAVIA DE LA PALMA DE COYOL
(*Acrocomia aculeata*) EN NICOYA, GUANACASTE. 1-161.

- NAKNEANN, P., & JUNTORN, N. &. (2014). Influence of clarifying agents on the quality of pasteurized Palmyra palm sap (*Borassus flabellifer* Linn.). . *International Journal of Food Science and Technology* , 1175-1183.
- OBAHIAGBON, F. Y. (2007). Changes in the physico-chemical characteristics of processed and stored *Raphia hookeri* palm sap. 323-326.
- OGBULIE, T. O. (2007). Comparative study on the microbiology and shelf life stability of palm wine from *Elaeis guineensis* and *Raphia hookeri* obtained from Okigwe, Nigeria. *Journal of Biotechnology* , 914-922.
- Orduña, R., & Fabian, E. (2022). Valorización de un subproducto del procesamiento de café arábica variedad caturra rojo y amarillo: caracterización proximal, extracción de carotenoides y aplicación en un alimento funcional.
- ORTIZ, M. R. (2020). “Efecto del tratamiento de microfiltración por membranas en el proceso de. 1-49. Obtenido de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10122/1/15752.pdf>
- Oviasogie, O. &. (2007). Changes in the physico-chemical characteristics of processed and stored *Raphia hookeri* palm sap (Shelf Life Studies). *American Journal of Food*. 323-326.
- Patiño Ortiz, J. (2020). 1-11. Obtenido de <https://www.studocu.com/co/document/universidad-icesi/analisis-instrumental/refractometria-de-bebidas-alcoholicas/7593487>
- Patiño Ortiz Laura, Z. R. (2020). Refractometría en bebidas alcohólicas. Obtenido de juliosandres1197@gmail.com, daniela_rodriguez1624@hotmail.com
- QUISE, M. L. (febrero del 2018). DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE PASTEURIZACION. 1-113. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15180/4/UPS-KT01484.pdf>
- Rathinavelu, R., & Graziosi, G. (2005). Posibles usos alternativos de los residuos y subproductos del café. . *Organización Internacional del Café, ITA*.
- Restrepo, L., & Villa, G. (2020). Estrategias para el aprovechamiento de la pulpa de café en las fincas cafeteras del municipio de andes, Antioquia.
- Rojas-Sariol, L. L.-A.-L. (2011). Estudio del consumo de ácidos en el ajuste de pH en diferentes medios de fermentación alcohólica. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 45(2), 57-62. .
- Ruíz-Terán, S.-U. &. (2014). (Santiago-Urbina & Ruíz-Terán, 2014).
- Sánchez, J. C., García, M., Giraldo, D., & Sánchez, V. (2015). Perspectivas en nutrición humana. *Bebidas energizantes efectos benéficos y perjudiciales para la salud*, 17(1), 79-91.

- SANTIAGO URBINA, J. Y.-T. (2014). Yeast species associated with spontaneous fermentation of tabern, traditional palm wine from the southeast of Mexico.
- SANTIAGO-URBINA, J. &-T. (2014). Microbiology and biochemistry of traditional palm wine produced around the world. *International Food Research Journal*. *International Food Research Journal*.
- Santiago-Urbina, J. A.-T. (27 de febrero de 2014). *International Food Research Journal* 21(4): 1261-1269 (2014). *Microbiology and biochemistry of traditional palm wine produced around*. Obtenido de [http://www.ifrj.upm.edu.my/21%20\(04\)%202014/1%20IFRJ%2021%20\(04\)%202014%20Ruiz%20541.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/21%20(04)%202014/1%20IFRJ%2021%20(04)%202014%20Ruiz%20541.pdf)
- Serna Jiménez, A., Torres Valenzuela, S., Martínez Cortínez, K., & Hernández Sandoval, M. (2018). Aprovechamiento de la pulpa de café como alternativa de valorización de subproductos. *Lon*, 31(1), 37-42.
- Suárez-Machín, C. G.-C.-R. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 50(1), 20-28.
- TasteAtlas. (17 de 8 de 2019). *Vino de Coyol. TasteAtlas*. . Obtenido de <https://www.tasteatlas.com/vino-de-coyol>
- Terán, S. U. (2017). ESTUDIO SOBRE EL PROCESO DE PRODUCCIÓN Y LA CARACTERIZACIÓN DE LA BEBIDA LLAMADA "VINO DE COYOL" ELABORADA A PARTIR DE LA SAVIA DE PALMA DE COYOL (*Acrocomina aculeta*) EN NICOYA, GUANACASTE. 159.
- TUTOMANIAC. (2022). ¿Qué son los grados Brix?
- Vergara, P., & Rocío., D. (2021). *Aprovechamiento del residuo de procesamiento del café (pulpa de café y pulpa de tamarindo) para la fabricación de una bebida energética natural*. Quito: UCE: Bachelor's thesis.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Formato de evaluación sensorial prueba hedónica de 9 puntos.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
EVALUACIÓN SENSORIAL BEBIDA DE COYOL



Fecha: _____ Edad: _____ Sexo: _____

Instrucciones: Por favor evalúe la bebida de coyol en cuanto los atributos de color, aroma, sabor y aceptación general marcando en la línea horizontal el número que corresponda en base a la siguiente escala:

Escala:

- | | |
|--------------------------------|----------------------------|
| 1 = Me disgusta demasiado | 6 = Me gusta ligeramente |
| 2 = Me disgusta mucho | 7 = Me gusta moderadamente |
| 3 = Me disgusta moderadamente | 8 = Me gusta mucho |
| 4 = Me disgusta ligeramente | 9 = Me gusta demasiado |
| 5 = No me gusta ni me disgusta | |

Muestra # _____

Color:

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Aroma:

1 2 3 4 5 6 7 8 9

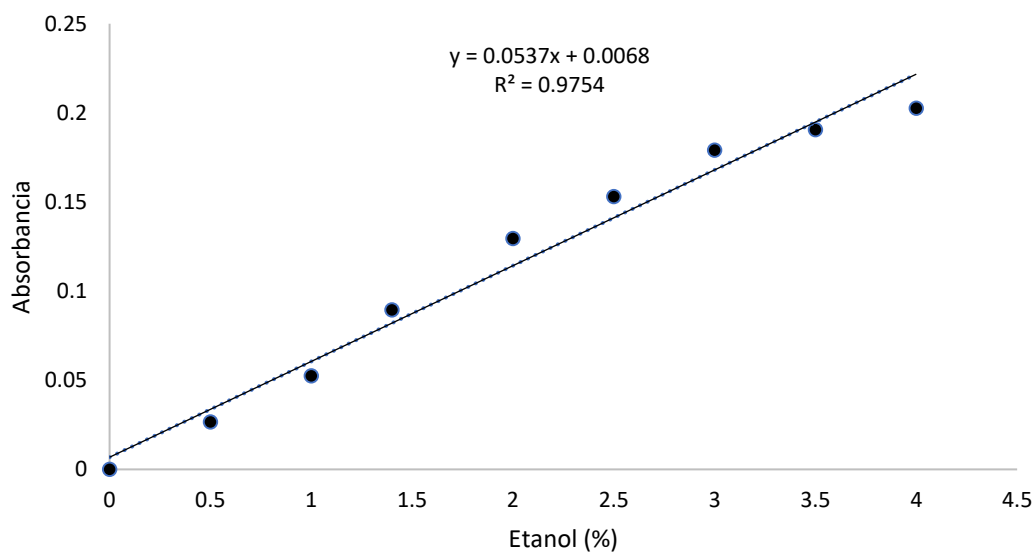
Sabor:

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Aceptación general:

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Anexo 2. Curva de calibración para concentraciones bajas de etanol (0.5-4 %)



Anexo 3. Concentración de volúmenes para la preparación de diferentes concentraciones de etanol

Etanol	Etanol (ml)	Agua destilada (ml)
0.5%	0.4	49.6
1%	0.7	49.3
1.4%	1.0	49.0
2%	1.4	48.6
3%	2.1	47.9
3.5%	2.5	47.5
4%	2.9	47.1