

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA A PARTIR DEL FRUTO
DE MONQUIQUIAC (*Couepia polyandra* Kunth) COMO INGREDIENTE
FUNCIONAL**

POR:

GABRIELA MICHELLE TABORA FUENTES

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2025

**ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA FERMENTADA A PARTIR DEL FRUTO DE
MONQUIQUIAC (*Couepia polyandra* Kunth) COMO INGREDIENTE
FUNCIONAL**

POR:

GABRIELA MICHELLE TABORA FUENTES

**JHUNIOR ABRAHAN MARCIA FUENTES
ASESOR PRINCIPAL**

TESIS

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

CATACAMAS

OLANCHO

NOVIEMBRE, 2025

DEDICATORIA

En primer lugar, agradezco a Dios, a quien le debo absolutamente todo. Él ha sido mi luz en las tinieblas, la mano firme que me sostiene cuando todo a mi alrededor parece derrumbarse. En cada momento de oscuridad ha sido mi guía, mi fuerza y mi esperanza. Cuando he caído, él me ha dado el valor para levantarme; cuando he dudado, me ha mostrado el camino. Sin su presencia en mi vida, nada de esto sería posible. A mi Padre glorioso, toda mi gratitud y mi amor.

A mis padres, quienes han sido el cimiento, el refugio y la fuerza que sostiene cada paso de mi vida. Gracias por creer en mí aun en los momentos en los que yo dudaba, por levantarme cuando flaqueé y por enseñarme que los sueños se construyen con perseverancia, humildad y amor. Ustedes me han formado con valores que llevo grabados en el alma, me han acompañado con paciencia y sabiduría, y han sacrificado más de lo que puedo imaginar para que yo pudiera llegar hasta aquí. Este logro es una extensión de su esfuerzo, de su entrega y de su inmenso amor; más que mío, es de ustedes. Sin su guía, su ejemplo y su fortaleza, jamás habría sido posible.

A mi hermano, quien ha sido luz y camino en este recorrido. Gracias por ir delante de mí abriendo puertas, por enseñarme a ser valiente y por demostrarme, con tu propio caminar, que cada meta se alcanza con determinación. Gracias por ser mi compañero en esta vida, por tu apoyo silencioso pero inmenso, por tus consejos, por tus bromas que siempre alivianan el peso y por estar en cada etapa sin importar la distancia o el tiempo. Tu presencia ha hecho este trayecto más llevadero y más significativo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por nunca soltar mi mano, por ser mi fuerza en los días más difíciles y mi impulso cuando sentía que ya no podía continuar. Gracias por darme serenidad en los momentos de duda, por iluminar mi mente y mi camino, y por recordarme que cada prueba tiene un propósito. Su presencia ha sido mi refugio, mi aliento y mi mayor fortaleza durante todo este proceso.

A mi familia, a quienes les debo absolutamente todo. Ellos han sido mi sostén incondicional, mi inspiración y mi mayor motivación para no rendirme. Gracias por cada palabra de aliento, por su amor que trasciende cualquier obstáculo y por acompañarme en cada etapa de esta aventura académica. Sin ustedes, este logro no tendría el mismo valor.

A las hermanas que la universidad me regaló: **María Ochoa e Isis Melgar**. Gracias por estar conmigo desde el primer día, por su compañía constante, por las risas, las desveladas, los consejos y por convertirse en una parte irremplazable de este camino.

A mis compañeros y amigos **Jasmin Reyes, Angélica Castellanos, Dania Zavala, Linda Ortiz, Rita Rosales, Alex Álvarez, Issai Rodríguez, Alex Funes, Alexander Sorto, Isabel Posas, Ángela Rodas y Jefferson Montoya**. Gracias por acompañarme en mis momentos buenos y malos, por ofrecerme su mano cuando más la necesité y por hacer de esta

experiencia universitaria un capítulo inolvidable. Cada uno de ustedes dejó una huella en mi vida que siempre recordaré con gratitud.

A **Juan José Castro**, por ser apoyo y refugio durante la realización de esta tesis. Gracias por tu compañía en una aventura llena de aprendizajes, emociones nuevas y desafíos. Tu presencia hizo este proceso más ligero, cálido y divertido.

A mis asesores de la UNAG, quienes con su guía, exigencia y dedicación contribuyeron a formar la profesional que hoy soy.

A mi asesor de la UEX, Francisco Pérez Nevado, por recibirme con paciencia, alegría y disposición para compartir su conocimiento. Gracias por enseñarme con vocación, por transmitirme su pasión por la ciencia y por brindarme aprendizajes que llevaré conmigo toda la vida.

Contenido

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
2.1 Objetivo General	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
III. REVISIÓN DE LITERATURA	4
3.1 Alimentos funcionales	4
3.1.2 Probióticos	5
3.1.3 Lactobacillus plantarum	6
3.1.4 Prebióticos	6
3.1.5 Simbióticos	7
3.1.6 Postbióticos.....	8
3.2 Fermentación.....	8
3.3 Bebidas fermentadas	8
3.3.1 Tipos de bebidas fermentadas	9
3.4 Bebidas fermentadas a base de plantas	9
3.5 Chrysobalanaceae.....	11
3.5.1 Etnofarmacología	11
3.6 Moniquiatic (Couepia polyandra)	12
3.6.1 Punto óptimo de cosecha	12
3.6.2 Frecuencia de fructificación	12
IV. MATERIALES Y MÉTODO	14
4.1 Lugar de la investigación	14
4.2 Método	15
4.4.1 Metodología.....	15
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
5.1 Discusión microbiológica	22
5.2 PH.....	27
5.3 Solidos solubles totales (°Brix).....	29

5.4 Color.....	31
5.5 Compuestos fenólicos	32
5.6 Capacidad antioxidante mediante ABTS	35
VI. CONCLUSIONES	38
VII. RECOMENDACIONES	40
VIII.	AN
EXOS	42
IX. BIBLIOGRAFÍA	44

TABLAS

Tabla 1. Formulación de las bebidas fermentadas	17
Tabla 2. Recuento día 0 de fermentación.....	25
Tabla 3. Resultados día 1 de fermentación	25
Tabla 4. Resultados microbiológicos día 2 de fermentación	26
Tabla 5. Resultados análisis de PH en los días 0,1 y 2 de fermentación	28
Tabla 6. Resultados de solidos solubles a través de los días de fermentación.....	29
Tabla 7. Resultados de las mediciones de color.....	31
Tabla 8. Resultados de compuestos fenólicos.....	33
Tabla 9. Resultados de la actividad antioxidante	35

FIGURAS

Ilustración 0-1 Universidad de Extremadura.....	14
Ilustración 0-2. Ubicación geográfica de la escuela de ingenierías Agrarias	14

RESUMEN

TABORA FUENTES, G.M., (2025). Elaboración de una bebida fermentada a partir del fruto de monquiquiac (*Couepia polyandra Kunth*) como ingrediente funcional. Tesis de pregrado, Facultad de Ciencias Tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura Catacamas, Olancho, Honduras.

El presente informe técnico describe la valorización del fruto Monquiquiac (*Couepia polyandra*) para el desarrollo de una bebida fermentada funcional, posicionándolo como un recurso nativo con potencial nutracéutico y aplicaciones innovadoras en la industria alimentaria. El objetivo principal fue evaluar el comportamiento fisicoquímico, microbiológico y bioactivo del fruto durante un proceso de fermentación con *Lactobacillus plantarum*, determinando su aptitud para la formulación de una bebida saludable. El Monquiquiac fue recolectado, lavado y sometido a liofilización, obteniéndose una pulpa rica en compuestos fenólicos y con elevada actividad antioxidante. Se elaboraron ocho tratamientos: cuatro controles sin inoculación microbiana y cuatro fermentados con *L. plantarum*, utilizando formulaciones de 10 % y 15 % de pulpa, 5 % de inóculo y proporciones de agua entre 80 % y 85 %. La fermentación se llevó a cabo durante tres días bajo condiciones controladas, evaluando parámetros fisicoquímicos como pH, °Brix y acidez titulable, así como el contenido de compuestos fenólicos mediante métodos espectrofotométricos. Adicionalmente, se realizaron análisis microbiológicos (PDA, PCA, MRS, VRBG y VRBA) para garantizar la calidad e inocuidad del producto final. Los tratamientos inoculados con *L. plantarum* presentaron una marcada disminución en el pH (hasta valores cercanos a 3.0), evidenciando una fermentación activa y la producción de ácidos orgánicos. Los controles mantuvieron valores más altos (4.8–5.0), mostrando diferencias significativas ($p < 0.05$). Los °Brix disminuyeron ligeramente debido al consumo de azúcares fermentables, mientras que el contenido de compuestos fenólicos aumentó tras la fermentación, sugiriendo una mayor

liberación y biodisponibilidad de antioxidantes. Este estudio demuestra que el Monquiquiac es un ingrediente funcional prometedor, y que su fermentación con *Lactobacillus plantarum* no solo potencia sus propiedades antioxidantes, sino que contribuye a la obtención de una bebida segura, estable y con valor agregado para el sector alimentario.

Palabras clave: Monquiquiac, fermentación, *Lactobacillus plantarum*, compuestos fenólicos, actividad antioxidante, bebida funcional.

I. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, ha aumentado el interés por el desarrollo de bebidas fermentadas de origen vegetal debido a sus beneficios para la salud y su papel como alternativas a los productos lácteos tradicionales. Estas bebidas no solo ofrecen propiedades nutricionales mejoradas, sino que también contienen compuestos bioactivos con actividades antioxidantes y antiinflamatorias (Hidalgo-Fuentes, 2024).

El fruto del Monquiquiac (*Couepia polyandra*), perteneciente a la familia *Chrysobalanaceae*, es una especie nativa de Mesoamérica, conocida por su pulpa comestible de color amarillo. Estudios en especies relacionadas, como *Couepia bracteosa*, han revelado la presencia de compuestos fenólicos y una capacidad antioxidante significativa en la pulpa del fruto (Rufino *et al.*, 2023). Además, investigaciones sobre *Couepia subcordata* han identificado la presencia de alcaloides, cumarinas y flavonoides, compuestos asociados con actividades antitumorales y antiinflamatorias. Estos hallazgos sugieren que *Couepia polyandra* podría ser una fuente prometedora de compuestos bioactivos con potencial funcional en alimentos y bebidas (Chávez-Sánchez *et al.*, 2020).

La fermentación de jugos de frutas con cultivos probióticos, como *Lactobacillus plantarum*, ha demostrado mejorar el perfil nutricional y funcional de las bebidas resultantes. Este proceso puede aumentar la biodisponibilidad de compuestos fenólicos y potenciar la actividad antioxidante de las bebidas fermentadas. Por lo tanto, la combinación de la pulpa de *Couepia polyandra* con procesos de fermentación podría dar lugar a una bebida funcional con beneficios potenciales para la salud (Hidalgo-Fuentes, 2024).

La elaboración de una bebida fermentada a base del fruto Monquiquiac representa una oportunidad para innovar con un ingrediente local poco aprovechado, al tiempo que se promueve una alternativa saludable, libre de lácteos y con propiedades funcionales potenciales. Además, este tipo de desarrollos contribuye a diversificar la oferta de productos fermentados vegetales, alineándose con las tendencias actuales de alimentación consciente y sostenible.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluar el uso del fruto de Monquiuiac (*Couepia polyandra*) como ingrediente funcional para el desarrollo de una bebida fermentada.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar las propiedades fisicoquímicas, fitoquímicas y nutricionales del fruto Monquiuiac (*Couepia polyandra*) a partir de análisis instrumental.
- Optimizar la formulación de una bebida fermentada con Monquiuiac incorporado a partir de análisis sensorial en consumidores a escala de laboratorio.
- Determinar la composición fisicoquímica y nutricional de la formula optimizada.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Alimentos funcionales

Un alimento funcional es aquel que contiene un componente, nutriente o no nutriente, con actividad selectiva relacionada con una o varias funciones del organismo, con un efecto fisiológico añadido por encima de su valor nutricional y cuyas acciones positivas justifican que pueda reivindicarse su carácter funcional (fisiológico) o incluso saludable; de igual manera, las fronteras son difusas; tanto con los medicamentos como con casi cualquier alimento, en el más amplio de los sentidos (Silveira Rodríguez, 2003).

Los alimentos funcionales más relevantes y sobre los que recae la más sólida evidencia científica son los *probióticos*, microorganismos vivos representados fundamentalmente por los derivados lácteos fermentados; al igual, la asociación de un *prebiótico* y un *probiótico* se denomina *simbiótico* (Silveira Rodríguez, 2003).

De la misma manera los jugos de frutas se han vuelto muy populares debido a que los consumidores los asocian con productos saludables, lo que ha llevado a un aumento en su consumo durante los últimos años (Areche, 2022).

De todos los productos funcionales que hoy día se ofrecen en el mercado, las bebidas son las más emergentes de todas las categorías, por su conveniencia y posibilidad de satisfacer las necesidades de los consumidores en términos de contenido, tamaño, forma y apariencia, por

su facilidad de distribución y almacenamiento, por su larga vida útil y por la oportunidad de incorporar nutrientes y componentes bioactivos fácilmente (Milán-Carrillo, 2017).

Las bebidas funcionales pueden clasificarse como: a base de lácteos, a base de frutas y verduras, a base de legumbres, a base de cereales, café o té. Los rasgos de funcionalidad de estas bebidas abordan diferentes necesidades y estilos de vida: para aumentar la energía, combatir el proceso de envejecimiento, la fatiga y el estrés, o combatir enfermedades. Como resultado, crear bebidas funcionales a base de jugos de frutas silvestres puede ser un compromiso porque incluyen una variedad de ingredientes bioactivos, como vitaminas, antioxidantes, aminoácidos y péptidos, y cuando se consumen, pueden tener beneficios sinérgicos para la salud (Aparco, 2023).

3.1.2 Probióticos

Los *probióticos* son microorganismos vivos que, cuando se administran en cantidades adecuadas, son beneficiosos para la salud del hospedero; especies como los lactobacilos, junto con las especies de *Bifidobacterium*, han sido históricamente *probióticos* comunes; Sin embargo, el término "*probiótico*" debería reservarse para los microbios vivos que han demostrado en estudios controlados en humanos que aportan un beneficio para la salud (Guarner, 2011).

De acuerdo con Alam *et al.*, (2025) la eficacia de los probióticos no depende únicamente de su presencia en el intestino, sino de su capacidad para ejercer funciones específicas dentro del sistema gastrointestinal. Entre estos mecanismos se incluyen la producción de metabolitos beneficiosos, la inhibición del crecimiento de patógenos mediante la competencia por nutrientes y sitios de adhesión, y la modulación positiva de la barrera intestinal e inmunidad del hospedero. Estos procesos explican por qué solo ciertas cepas con evidencia científica robusta deben considerarse verdaderamente probióticas.

3.1.3 Lactobacillus plantarum

El *Lactobacillus plantarum* destaca como uno de los microorganismos probióticos más versátiles y robustos utilizados en la industria alimentaria, debido a su notable capacidad para adaptarse a diferentes ambientes y sobrevivir en condiciones adversas del tracto gastrointestinal. Esta especie exhibe propiedades antioxidantes, antimicrobianas y fermentativas que favorecen el desarrollo de alimentos funcionales con mayor estabilidad, mejor perfil sensorial y vida útil prolongada. Además, su habilidad para producir metabolitos beneficiosos, como ácidos orgánicos y compuestos antimicrobianos, contribuye a inhibir microorganismos patógenos y mejorar la calidad microbiológica de los productos fermentados (Zare, 2024).

Por su parte, Aljohani *et al.* (2024) señalan que *L. plantarum* no solo cumple funciones tecnológicas en la fermentación, sino que también ejerce efectos positivos sobre la salud humana. Entre los beneficios descritos se encuentran la modulación del sistema inmunológico, la reducción de procesos inflamatorios y la mejora de la salud digestiva mediante el fortalecimiento de la barrera intestinal. El estudio también destaca que varias cepas de *L. plantarum* han mostrado efectos prometedores en afecciones cardiovasculares y en la regulación del microbiota, confirmando su valor como probiótico con aplicaciones tanto nutricionales como terapéuticas.

3.1.4 Prebióticos

El término *prebiótico* se refiere a los ingredientes de los alimentos no digeribles que producen efectos beneficiosos sobre el huésped estimulando selectivamente el crecimiento y/o

actividad de un tipo o de un número limitado de bacterias en el colon; esta definición se solapa en parte con la definición de fibra dietética, aunque añade la selectividad de los *prebióticos* sobre ciertos microorganismos en concreto (por ejemplo, la ingestión de fructooligosacárido y la inulina favorecen a las bifidobacterias de forma selectiva) (Oliveira Fuster, 2007).

Los prebióticos no solo actúan como sustratos fermentables para microorganismos beneficiosos, sino que también desempeñan un papel clave en la modulación del microbiota intestinal y en la producción de metabolitos bioactivos, especialmente los ácidos grasos de cadena corta. Estos compuestos contribuyen al fortalecimiento de la barrera intestinal, la regulación del sistema inmune y la reducción de procesos inflamatorios. Además, los autores destacan que la eficacia de un prebiótico depende de su resistencia a la digestión en el tracto gastrointestinal superior y de su fermentación selectiva en el colon, lo que respalda su inclusión en el diseño de alimentos funcionales orientados al mejoramiento de la salud intestinal (Davani-Davari, 2019).

3.1.5 Simbióticos

Se denomina así a la mezcla de uno o más organismos probióticos con uno o varios compuestos prebióticos que tienen como objetivo es favorecer el desarrollo/actividad de los probióticos y prebióticos componentes para potenciar sus propiedades saludables, generando un efecto sinérgico entre ellos; un producto solo puede ser denominado simbiótico si ha demostrado inducir un efecto beneficioso superior al de la suma de los generados, separadamente, por sus integrantes, adicionalmente, se espera que esta mejora se acompañe de un incremento de la densidad de los probióticos componentes o de las actividades saludables a las que dan lugar (Suárez, 2013).

3.1.6 Postbióticos

El *postbiótico* es un metabolito secundario bioactivo que ejerce este efecto sin depender de la presencia de la célula viva, esto explica cómo los *postbióticos* pueden estimular y modular la respuesta inmunológica del huésped, lo que implica tanto la respuesta inmune como la adquirida, facilitando la entrega de los ingredientes activos a nivel intestinal, mejorando con ello su vida útil y simplificando su transporte, también se menciona que los *postbióticos* son una alternativa más fácil de controlar que los probióticos, desde el punto de vista del metabolito, debido principalmente a alteraciones que puedan ser mutaciones o contaminaciones de otras cepas de microorganismos (Miroslava, 2022).

3.2 Fermentación

Se define la fermentación como los cambios bioquímicos que tienen lugar en sustancias orgánicas como consecuencia de la actividad de enzimas microbianas. La presencia de microorganismos metabólicamente activos es, por lo tanto, esencial para que avance el proceso fermentativo. Algunas de las fermentaciones más familiares están a cargo de las levaduras, como la producción de pan o bebidas alcohólicas y la conversión de productos agrícolas como el maíz en alcohol para carburante (Arguedas-Gamboa, 2014).

Este proceso se puede llevar a cabo de dos maneras, la primera es de manera natural, cuando las condiciones ambientales permiten la interacción de los microorganismos y los sustratos orgánicos susceptibles, y la segunda de manera artificial, cuando el ser humano proporciona condiciones y el contacto referido (Rodríguez Macías, 2020).

3.3 Bebidas fermentadas

Las bebidas fermentadas son casi universales entre las sociedades humanas antiguas, el etanol es el compuesto mayoritario y actúa como analgésico, desinfectante, ayuda a preservar e incrementar el valor nutritivo de los alimentos y además es alterador de la conciencia. Por todas estas razones la fermentación ha jugado un papel clave en el desarrollo cultural y tecnológico de la humanidad **(Chavez-Parga, 2016)**

Las bebidas fermentadas de origen vegetal pueden ofrecer beneficios adicionales debido a la presencia de compuestos bioactivos. El proceso de fermentación puede aumentar la biodisponibilidad de nutrientes y generar compuestos con propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Además, la presencia de microorganismos probióticos en estas bebidas puede mejorar la salud gastrointestinal y modular positivamente el sistema inmunológico **(Barboza-Corona, 2004)**.

3.3.1 Tipos de bebidas fermentadas

El mercado de bebidas fermentadas a base de plantas ha experimentado un crecimiento significativo, impulsado por la demanda de productos saludables y sostenibles **(Sampablo Núñez, 2017)**. Además de la popular kombucha, se han introducido otras opciones como el kéfir de agua, el tepache y bebidas fermentadas a base de cereales, frutos secos y legumbres. Estas bebidas no solo ofrecen diversidad de sabores, sino que también aportan beneficios funcionales debido a su contenido de probióticos, vitaminas, minerales y antioxidantes **(Suárez-Mazo, 2022)**.

3.4 Bebidas fermentadas a base de plantas

Las bebidas vegetales se han consumido a pequeña escala desde el inicio de las civilizaciones. Su creciente popularidad se debe a la alta prevalencia de enfermedades no transmisibles o el creciente número de personas con alergia a la proteína de la leche y lactosa. Integrar este producto a la dieta posee efectos positivos por su contenido en vitaminas, fibra, bajo en colesterol, compuestos bioactivos y el contenido proteico de alta calidad otorgado por los cereales **(Lugo, 2021)**.

Además, las "bebidas vegetales" son una buena base para el crecimiento de microorganismos con propiedades probióticas, debido a la presencia de componentes no digeribles, poseedores de propiedades prebióticas, como la inulina, los β -glucanos o la fibra. De esta manera, el almidón y la fibra dietética mejoran la estabilidad física y promueven la supervivencia de los cultivos iniciadores en el tracto gastrointestinal. Asimismo, las relaciones entre estos productos y la prevención del cáncer, la aterosclerosis o las enfermedades inflamatorias se están comenzando a estudiar, dado que son una excelente fuente de antioxidantes **(Sánchez Bravo, 2017)**.

Los jugos de frutas y hortalizas fermentados son productos que por los cambios estructurales ocasionados durante el proceso de fermentación, han ganado relevancia dentro de los alimentos funcionales, ya que, además de las características nutricionales propias del fruto como su contenido de antioxidantes, que además de coadyuvar en el tratamiento de enfermedades no transmisibles caracterizadas por la presencia de un estado de estrés oxidativo, presentan propiedades antimicrobianas **(Luján, 2014)**.

Tienen un gran potencial en el mercado de los productos alimenticios debido al incremento del consumo de bebidas que proporcionan vitaminas y minerales. Estas bebidas presentan una serie de ventajas, como la posibilidad de combinación y diferentes aromas, sabores y componentes nutricionales **(Luján, 2014)**.

El jugo fermentado de fruta más ampliamente consumido es el vino; esta bebida alcohólica es el resultado de interacciones complejas entre levaduras, bacterias y las condiciones físico-

químicas del mosto de la uva. Al consumo moderado de vino tinto se le han atribuido diversos efectos benéficos para la salud, siendo el resveratrol el compuesto fenólico más estudiado y popularmente conocido. La fermentación que también permite mejorar las características aromáticas del producto a través del metabolismo de ácidos orgánicos, carbohidratos, polisacáridos y aminoácidos **(Ruiz Rodríguez, 2020)**.

3.5 Chrysobalanaceae

Es una familia compuesta por 17 géneros y unas 525 especies, incluyendo la *Couepia polyandra*, que es una planta leñosa, tipo arbusto y se encuentran distribuida en regiones tropicales y subtropicales del continente americano (Yakandawala *et al.*, 2010).

3.5.1 Etnofarmacología

En la medicina popular, las especies de *Couepia* se utilizan con diversos fines. Entre las de uso popular, las especies del género *Licania* son las que presentan mayor número de actividades biológicas, siendo ampliamente utilizadas en Venezuela como antiinflamatoria y la mayoría de ellas se cultivan por sus frutos comestibles (Toledo *et al.*, 1982).

En el nordeste de Brasil, las hojas de la especie *Licania* se utilizan para tratar la diabetes, los dolores de estómago, la diarrea y la disentería. La corteza del tallo de *Parinari excelsa*, muy extendida en Senegal, también se utiliza para tratar la diabetes; y también las hojas de *Hirtella racemosa*, conocida comúnmente en el norte de Brasil como "ajirú-do-mato" (Coelho Ferreira, 2009).

3.6 Monquiquiac (*Couepia polyandra*)

El árbol de *Couepia polyandra* es conocido con el nombre de Monquiquiac, Uspí y en otros países es llamado Carnero, Fraile, Palo de Fraile, Guayabillo de unía, Guayo, Olopillo, Caca de niño, Olopillo-mante, Zapote amarillo, Zapotillo, Tepezapote, Olochapul, Olozapote y Juspi (Durán-Espinosa, 2010).

Dada la importancia de *Couepia polyandra* por sus diversos usos como el del fruto comestible de auto abasto y venta, medicina tradicional como anticonceptivo, en la agroindustria, para la elaboración de velas y jabones, árbol para sombra y leña, además de ser considerado subutilizado porque su mercado es local y no se ha desarrollado un cultivo para un mercado amplio. Sin embargo, son escasos los estudios de esta especie, en este sentido, se reporta una respuesta consistente de las plántulas de Monquiquiac a fertilizantes y biofertilizantes bajo condiciones controladas y en semillas de alta calidad biológica (Laines-Canepa, 2017).

3.6.1 Punto óptimo de cosecha

El punto óptimo de cosecha del fruto de Monquiquiac se alcanza cuando el fruto ha madurado completamente, momento en el cual presenta una textura suave y una pulpa de color amarillo brillante. Es importante destacar que los frutos inmaduros son altamente astringentes y no aptos para el consumo. La madurez completa se indica por la suavidad del fruto, que puede parecer incluso sobremaduro (Williams, 1981).

3.6.2 Frecuencia de fructificación

Según un estudio realizado en Campeche, México, la fructificación de *Couepia polyandra* ocurre principalmente durante los meses de octubre, noviembre, enero y mayo, con una producción máxima en mayo; además, se ha observado que la producción de frutos sigue de cerca los patrones anuales de precipitación, alcanzando su punto máximo durante la temporada de lluvias, que abarca de diciembre a mayo (Sol de Mayo, 2020).

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.1 Lugar de la investigación

La investigación se llevó a cabo en la Universidad de Extremadura (UEX), España, en los laboratorios del área de Ciencia y Tecnología de los Alimentos. Esta institución cuenta con el equipamiento necesario para realizar procesos de fermentación y análisis físicoquímico y sensorial de alimentos.



Ilustración 0-2. Ubicación geográfica de la escuela de ingenierías Agrarias



Ilustración 0-1 Universidad de Extremadura

4.2 Método

En la presente investigación se empleó un enfoque experimental de tipo descriptivo-cuantitativo para evaluar el comportamiento fisicoquímico, microbiológico y funcional del fruto de Monquiquiac (*Couepia polyandra*) durante su aplicación en la elaboración de una bebida fermentada. Este método permitió analizar el efecto de diferentes formulaciones y de la inoculación con *Lactobacillus plantarum* en parámetros clave como pH, °Brix, acidez titulable, compuestos fenólicos y carga microbiana. A través de este diseño experimental se buscó obtener información precisa y confiable sobre la aptitud del Monquiquiac como ingrediente funcional y su potencial para el desarrollo de bebidas fermentadas con propiedades bioactivas mejoradas.

4.4.1 Metodología

Para el cumplimiento de los objetivos, se emplearon diferentes etapas experimentales, descritas a continuación:

Etapas 1. Recolección del Monquiquiac

Las muestras fueron recolectadas en las instalaciones de la Universidad Nacional de Agricultura (UNAG). Posteriormente, se sometieron a un proceso de lavado con abundante agua potable, seguido de un secado mediante papel absorbente estéril. Los frutos fueron clasificados de acuerdo con su estado de madurez (verdes y maduros). A continuación, se procedió al fraccionamiento manual, separando la corteza del resto del fruto. Finalmente, las muestras se almacenaron en condiciones de ultracongelación a $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante un periodo de 24 horas.

Etapas 2. Liofilización del fruto

El proceso de liofilización se realizó en Honduras antes del envío del fruto a España. Una vez congelada, la pulpa se sometió a liofilización utilizando un liofilizador de laboratorio con presión inferior a 0.01 mbar y temperatura del condensador cercana a -80 °C. El proceso duró aproximadamente 72 horas hasta obtener un producto seco, poroso y estable. Finalmente, el fruto liofilizado se trituró, envasó al vacío en bolsas y se almacenó a temperatura ambiente en condiciones secas y oscuras hasta su traslado (Muñoz-López, 2018).

Etapas 3. Formulación de la bebida fermentada

Guiándonos de la formulación realizada por El salous, (2020) con ligeras modificaciones se desarrollaron diferentes para mezclas la bebida funcional. Cada una con tres niveles de harina de Monquiquiac (10% y 15%) por diferentes concentraciones de agua (80%, 85%) y un nivel de porcentaje constante de inóculo del 5%. Para el testigo se utilizaron las mismas formulaciones, pero sin inocular. A continuación, se prepararon 500 mL de diferentes formulaciones de la bebida con porcentajes de 10% y 15%. Para llevar a cabo la investigación se necesitaron aproximadamente 2 kg de harina de Monquiquiac en total, tomando en cuenta pérdidas durante el desarrollo del producto.

La **Tabla 1** presenta las formulaciones base empleadas para el desarrollo de la bebida fermentada a partir del fruto de Monquiquiac (*Couepia polyandra*). En ella se especifican los porcentajes de harina de monquiquiac utilizados en cada tratamiento, así como la incorporación de agua e inóculo de *Lactobacillus plantarum* en los casos correspondientes. Estas formulaciones permitieron establecer ocho tratamientos experimentales, diferenciados por el porcentaje de harina (10 % y 15 %), la aplicación o no de pasteurización y la presencia o ausencia del cultivo probiótico.

Tratamiento	Código	Harina (%)	Harina (g)	Agua (ml)	Pasteurización	Inóculo (%)	Tipo
Lactobacillus con tratamiento 1	Lbctt1	10	50	500	Sí	5	Fermentado
Lactobacillus con tratamiento 2	Lbctt2	15	75	500	Sí	5	Fermentado
Lactobacillus sin tratamiento 1	Lbstt1	10	50	500	No	5	Fermentado
Lactobacillus sin tratamiento 2	Lbstt2	15	75	500	No	5	Fermentado
Control con tratamiento 1	Cctt1	10	50	500	Sí	0	Control
Control con tratamiento 2	Cctt2	15	75	500	Sí	0	Control
Control sin tratamiento 1	Cstt1	10	50	500	No	0	Control
Control sin tratamiento 2	Cstt2	15	75	500	No	0	Control

Tabla 1. Formulación de las bebidas fermentadas

Una vez formuladas las bebidas fermentadas, se sometieron a tratamiento térmico mediante pasteurización en tecnología GASTROVAC, aplicado a una temperatura de 65 °C durante 30 minutos.

Etapa 4. Caracterización fisicoquímica

Se determinaron los parámetros fisicoquímicos correspondientes a °Brix, pH, color y acidez titulable. La medición del pH se efectuó de manera directa mediante un pH-metro (OHAUS STARTER 2100), previamente calibrado con soluciones tampón de pH 4,00 y 7,00. Los valores de °Brix se obtuvieron utilizando un refractómetro digital marca Milwaukee de 0 a 32 °Brix. El análisis del color se realizó empleando el sistema VeriVide DigiView Pro, el cual incorpora una cámara calibrada y condiciones de iluminación estandarizadas (luz D65) para la captura de imágenes de alta resolución.

Etapa 5. Caracterización microbiológica

Para la caracterización microbiológica del producto se realizaron diferentes análisis con el objetivo de determinar la presencia y cantidad de microorganismos indicadores de calidad e inocuidad. Los cultivos se llevaron a cabo en laboratorio utilizando diversos medios de cultivo selectivos y diferenciales, según el tipo de microorganismo a evaluar.

Se efectuaron análisis de mohos y levaduras, aerobios mesófilos, bacterias ácido-lácticas, y coliformes totales y fecales. Los medios de cultivo utilizados fueron PDA (Papa Dextrosa Agar), PCA (Plate Count Agar), VRBG (Violet Red Bile Glucose Agar), VRBA (Violet Red Bile Agar) y MRS (de Man, Rogosa y Sharpe Agar).

La preparación de los medios se realizó disolviendo la cantidad indicada del producto en agua destilada y calentando hasta ebullición para asegurar su completa solubilización. Posteriormente, los medios se esterilizaron en autoclave a 121 °C durante 15 minutos, excepto el PDA y el PCA, los cuales no se autoclavarón, sino que se esterilizaron por ebullición. En el caso del PDA, se añadió ácido tartárico como suplemento antes de su uso.

Cada medio de cultivo se utilizó con un propósito específico:

- PDA (Papa Dextrosa Agar): empleado para el recuento de mohos y levaduras, gracias a su composición rica en carbohidratos y al pH ácido que favorece su crecimiento.
- PCA (Plate Count Agar): utilizado para el recuento de bacterias aerobias mesófilas, que indican la carga microbiana total viable en la muestra.
- MRS (de Man, Rogosa y Sharpe Agar): medio selectivo para el crecimiento de bacterias ácido-lácticas, como *Lactobacillus* spp., que se desarrollan en ambientes ligeramente ácidos.
- VRBG (Violet Red Bile Glucose Agar): utilizado para la detección y recuento de Enterobacterias, especialmente coliformes totales, al contener sales biliares y cristal violeta que inhiben el crecimiento de bacterias Gram positivas.
- VRBA (Violet Red Bile Agar): empleado para el aislamiento y recuento de coliformes fecales, ya que su composición selectiva permite el desarrollo de bacterias entéricas fermentadoras de lactosa.

Etapla 6. Caracterización Funcional

Compuestos fenólicos

El contenido de compuestos fenólicos totales (CFT) se realizó mediante el método de Folin-Ciocateau. Este método es una técnica ampliamente utilizada para cuantificar la cantidad de fenoles totales en una muestra.

Para llevar a cabo las determinaciones se preparó una disolución inicial en tubos de ensayo con 10 mg del extracto en 10 mL de MeOH. De este extracto diluido se tomó 1mL por triplicado (es decir, 3 réplicas por muestra) al que se le añadieron 500µL del reactivo de Folin-Ciocalteu junto a 6 mL de agua destilada. Tras 5 minutos en agitación, se añadieron 1,5 mL de Na₂CO₃ (20%) y 1,9 mL de agua destilada, posteriormente se agitaron para homogeneizar la disolución. Las lecturas se llevaron a cabo mediante espectrofotometría molecular UV-visible a 760 nm durante 1 hora de incubación, utilizándose como blanco metanol. Se empleó una curva de calibración de ácido gálico y los resultados fueron expresados como eq de ácido gálico/g muestra.

Capacidad Antioxidante

- **Método ABTS**

Este método se basa en la decoloración del radical ABTS⁺ por su reducción a ABTS por la acción de antioxidantes. En este método, el grado de decoloración como porcentaje de inhibición del radical ABTS⁺ viene determinado en función de la concentración

La actividad antioxidante frente a radicales libres ABTS se determinó por el método de (Stratil et al. 2006). Para llevar a cabo este método se preparó una mezcla (1:1: v/v) de ABTS (7mM) y persulfato potásico (4,95 mM). Tras calcularse las concentraciones del ABTS (0,134g) y de persulfato potásico (0,384g) se añadieron 100mL de agua destilada para homogeneizar y se dejó reposar durante 16h. Posteriormente, la muestra se diluyó para que la absorbancia tomara valores entre 1 – 1,5 (1,214) a 734nm. Una vez diluida la mezcla, se tomaron 0,1mL del extracto metanólico (por triplicado) y se adicionaron 3,9mL de la disolución de ABTS. Una vez hecho esto, se dejó en oscuridad durante 10 minutos y se midieron los valores de absorbancia a 734 nm (el blanco se realizó con el ABTS).

El porcentaje de inhibición (I%) se calculó usando la siguiente ecuación:

$$I (\%) = \frac{(A \text{ blanco} - A \text{ muestra})}{A \text{ muestra}} \times 100$$

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Discusión microbiológica

El análisis microbiológico de la bebida fermentada a base de Monquiquiac (*Couepia polyandra*) permitió caracterizar el comportamiento de distintos grupos microbianos bajo diferentes condiciones de tratamiento. Los recuentos se realizaron desde el día 0 utilizando medios selectivos y no selectivos: PDA para hongos y levaduras, PCA para aerobios mesófilos totales, VRBG para enterobacterias, VRBA para coliformes totales y MRS para bacterias ácido lácticas (BAL). Esta batería de medios permitió evaluar tanto la inocuidad inicial del sustrato como la dinámica de la fermentación láctica.

En el día 0, tanto los tratamientos inoculados como los controles mostraron valores inferiores a 10 UFC/g en todos los medios, evidenciando una carga microbiana inicial mínima. Este resultado confirma que la materia prima liofilizada y las condiciones de manipulación antes de iniciar la fermentación se mantuvieron dentro de parámetros adecuados de higiene, garantizando la ausencia de microorganismos deteriorantes o patógenos al inicio del proceso.

En el medio MRS, empleado para el crecimiento específico de BAL, se observó un aumento marcado en los tratamientos inoculados, destacando el tratamiento 1, donde se registraron los recuentos más altos. Esto confirma la viabilidad del cultivo de *Lactobacillus plantarum* y su rápida adaptación al sustrato de Monquiquiac. En el tratamiento 2 se observó también un

predominio de BAL, aunque con valores ligeramente menores, posiblemente relacionados con variaciones en el grado de adaptación del microorganismo o diferencias en la composición fisicoquímica asociadas al porcentaje de harina. Este patrón confirma que la fermentación láctica se estableció correctamente en ambos casos.

En el medio PCA, correspondiente a aerobios mesófilos totales, se detectó un crecimiento leve y homogéneo entre tratamientos, sin reflejar signos de contaminación. Este crecimiento puede atribuirse a microorganismos propios del sustrato o a microorganismos incidentales no patógenos asociados al proceso fermentativo. Por otro lado, en VRBG y VRBA los recuentos fueron muy bajos, sin la presencia de colonias típicas de enterobacterias o coliformes, lo que confirma que el producto se mantuvo libre de contaminación entérica durante las primeras etapas del procesamiento.

Los tratamientos sin inoculación mostraron también presencia de BAL, aunque en niveles considerablemente más bajos que los tratamientos inoculados. Esto indica que el fruto de Monquiquiac posee un microbiota láctico natural capaz de iniciar una fermentación espontánea, aunque menos eficiente que aquella inducida mediante la adición de *Lactobacillus plantarum*. La diferencia entre tratamientos resalta el papel del inóculo como acelerador del proceso fermentativo y como agente estabilizador del microbiota dominante.

En conjunto, los resultados evidencian que la fermentación se desarrolló en condiciones microbiológicas adecuadas, caracterizándose por la dominancia de BAL y la ausencia de microorganismos indeseables como enterobacterias, coliformes, mohos y levaduras. Esta tendencia confirma tanto la eficacia del proceso de pasteurización en los tratamientos que la incluyeron, como la aptitud del Monquiquiac como sustrato para una fermentación láctica controlada. Asimismo, las diferencias observadas entre tratamientos permitirán correlacionar

la dinámica microbiana con los cambios fisicoquímicos, bioactivos y sensoriales registrados durante el desarrollo de la bebida fermentada.

Tabla 2. Recuento día 0 de fermentación

Resultados microbiológicos del día 0 de fermentación		
Tratamiento	log UFC/mL	
	MRS (BAL)	PCA (Aerobios mesófilos)
Lbctt1	6.72 ^a	7.17 ^a
Lbctt2	7.33 ^a	7.08 ^a
Lbstt1	7.01 ^a	7.4 ^a
Lbstt2	7.88 ^a	7.38 ^a

La Tabla 2 muestra los recuentos microbiológicos del día 0 en los tratamientos inoculados, expresados en log UFC/mL. Letras iguales dentro de una misma columna indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p > 0.05$). Los microorganismos y los tratamientos no tomados en cuenta representan que no hubo crecimiento. Lbctt = inoculado y pasteurizado; Lbstt = inoculado sin pasteurizar

Tabla 3. Resultados día 1 de fermentación

Resultados microbiológicos del día 1 de fermentación	
Tratamiento	log UFC/mL
	MRS (BAL)
Lbctt1	6.92 ^a
Lbctt2	6.94 ^a
Lbstt1	7.52 ^a
Lbstt2	7.51 ^a

La Tabla 3 muestra los recuentos microbiológicos del día 1 en los tratamientos inoculados, expresados en log UFC/mL. Letras iguales dentro de una misma columna indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p > 0.05$). Los tratamientos control no registraron crecimiento microbiano en ninguno de los medios evaluados, reportándose valores de 0 UFC/mL.

Tabla 4. Resultados microbiológicos día 2 de fermentación

Resultados microbiológicos del día 2 de fermentación	
Tratamiento	log UFC/mL
	MRS (BAL)
Lbctt1	7.18 ^a
Lbctt2	7.39 ^a
Lbstt1	7.33 ^a
Lbstt2	7.95 ^a

La Tabla 3 muestra los recuentos microbiológicos del día 1 en los tratamientos inoculados, expresados en log UFC/mL. Letras iguales dentro de una misma columna indican que no existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p > 0.05$). Los tratamientos control no registraron crecimiento microbiano en ninguno de los medios evaluados, reportándose valores de 0 UFC/mL. Lbctt = inoculado y pasteurizado; Lbstt = inoculado sin pasteurizar

Los recuentos obtenidos en MRS para los tratamientos inoculados con *Lactobacillus plantarum* oscilaron entre 6.72 y 7.88 log UFC/mL durante los primeros dos días de fermentación, sin diferencias estadísticas significativas entre tratamientos ($p > 0.05$). Estos valores se encuentran dentro del rango considerado adecuado para bebidas funcionales con potencial probiótico, donde se suelen requerir concentraciones mínimas en el orden de 10^6 – 10^7 UFC/mL para garantizar un posible efecto benéfico en el consumidor. Estudios recientes en jugos de frutas fermentados con *L. plantarum* reportan comportamientos similares; Rizzi *et al.* (2024) observaron recuentos iniciales cercanos a 7.0 log UFC/mL en jugos de naranja, manzana y durazno, los cuales se incrementaron hasta aproximadamente 8.0–8.2 log UFC/mL tras 24 h de fermentación, evidenciando una adaptación eficiente del microorganismo al sustrato vegetal. De manera análoga, Dikmetas, (2025) describieron recuentos de *Lactobacillus* en bebidas a base de frutas dentro del intervalo de 4.36 a 7.37 log

UFC/mL, con máximos cercanos a 7.78 log UFC/mL en jugo de pitahaya, valores muy próximos a los alcanzados en la bebida de Monquiquiac.

El desempeño observado de *L. plantarum* en monquiquiac coincide con el rol de esta especie descrito en la literatura como una de las BAL más versátiles y frecuentes en fermentaciones de frutas y vegetales. Filannino *et al.* (2014) señalan que *L. plantarum* se encuentra de forma habitual en matrices vegetales y es ampliamente utilizada como cultivo iniciador por su capacidad de crecer en condiciones ácidas, producir metabolitos antimicrobianos y modular el perfil de compuestos bioactivos.

5.2 PH

En la **Tabla 5** se presentan los valores de pH obtenidos durante los días 0, 1 y 2 de fermentación para los distintos tratamientos de la bebida a base de monquiquiac. En términos generales, los tratamientos pasteurizados mostraron valores de pH ligeramente más altos que los tratamientos sin pasteurizar, especialmente en los controles, cuyos valores oscilaron entre 4.83 ± 0.05 y 5.10 ± 0.25 . Esta tendencia puede relacionarse con la reducción de la microbiota nativa tras la pasteurización, lo que limita la producción inmediata de ácidos orgánicos.

Por el contrario, los tratamientos inoculados con *Lactobacillus plantarum* presentaron los valores de pH más bajos, con rangos entre 3.65 ± 0.27 y 2.91 ± 0.13 conforme avanzó la fermentación. Esta disminución progresiva confirma la actividad metabólica del cultivo láctico, responsable de la generación de ácido láctico y otros compuestos que contribuyen a la acidificación del producto. Resultados similares han sido reportados por Filannino *et al.* (2014), quienes observaron descensos sostenidos de pH en fermentaciones vegetales inoculadas con *L. plantarum*. Asimismo, Oh *et al.* (2020) documentaron que este microorganismo suele llevar las bebidas no lácteas a valores entre 3.0 y 4.0 durante las

primeras 48 horas, lo cual coincide con el comportamiento observado en la bebida de monquiquiac.

Aunque se evidenciaron variaciones entre los tratamientos tanto pasteurizados como sin pasteurizar, el análisis estadístico mostró que las únicas diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) se presentaron entre los tratamientos control y los tratamientos inoculados, debido a que la actividad fermentativa de *L. plantarum* redujo el pH de manera más marcada en comparación con las formulaciones sin inoculación. Entre tratamientos inoculados no se encontraron diferencias significativas, lo que indica que el efecto del porcentaje de harina o de la pasteurización fue menor en comparación con el impacto generado por la presencia del cultivo iniciador.

Tabla 5. Resultados análisis de PH en los días 0,1 y 2 de fermentación

Pasteurizado	Tratamiento	PH $\pm$ DE por día de fermentación		
		0	1	2
	Cctt1	4.83 $\pm$ 0.05 ^B	4.98 $\pm$ 0.05 ^B	5.0 $\pm$ 0.20 ^B
	Cctt2	4.93 $\pm$ 0.12 ^B	4.83 $\pm$ 0.05 ^B	4.66 $\pm$ 0.15 ^B
	Lbctt1	3.65 $\pm$ 0.27 ^A	3.23 $\pm$ 0.21 ^A	3.19 $\pm$ 0.90 ^A
	Lbctt2	3.44 $\pm$ 0.15 ^A	3.22 $\pm$ 0.17 ^A	2.91 $\pm$ 0.13 ^A
Sin pasteurizar	Cstt1	5.1 $\pm$ 0.25 ^B	4.98 $\pm$ 0.07 ^B	4.90 $\pm$ 0.20 ^B
	Cstt2	4.87 $\pm$ 0.12 ^B	5.1 $\pm$ 0.09 ^B	4.52 $\pm$ 0.22 ^B
	Lbstt1	3.25 $\pm$ 0.21 ^A	3.21 $\pm$ 0.19 ^A	3.11 $\pm$ 0.12 ^A
	Lbstt2	3.33 $\pm$ 0.11 ^A	3.43 $\pm$ 0.15 ^A	3.22 $\pm$ 0.10 ^A

Los datos se representan como valores medios $\pm$ desviación estándar A, B. El valor medio con diferentes superíndices en cada columna difiere significativamente ($p < 0.05$).

5.3 Sólidos solubles totales (°Brix)

En la **Tabla 6** se presentan los valores medios de sólidos solubles (°Brix) obtenidos en las formulaciones de la bebida fermentada de Monquiquiac.

Tabla 6. Resultados de sólidos solubles a través de los días de fermentación

Tratamiento	(°Brix $\pm$ DE)		
	Día 0	Día 1	Día 2
Lbctt1	2.13 $\pm$ 0.15 ^A	2.97 $\pm$ 0.25 ^A	2.80 $\pm$ 0.20 ^A
Lbctt2	2.37 $\pm$ 0.12 ^A	3.07 $\pm$ 0.15 ^A	2.97 $\pm$ 0.25 ^A
Lbstt1	2.30 $\pm$ 0.20 ^A	3.23 $\pm$ 0.06 ^A	2.70 $\pm$ 0.20 ^A
Lbstt2	2.30 $\pm$ 0.20 ^A	2.67 $\pm$ 0.15 ^A	2.72 $\pm$ 0.23 ^A
Cctt1	2.13 $\pm$ 0.15 ^B	3.50 $\pm$ 0.01 ^B	3.27 $\pm$ 0.25 ^B
Cctt2	2.13 $\pm$ 0.15 ^B	3.27 $\pm$ 0.06 ^B	3.48 $\pm$ 0.25 ^B
Cstt1	2.13 $\pm$ 0.15 ^B	3.27 $\pm$ 0.32 ^B	3.21 $\pm$ 0.30 ^B
Cstt2	2.13 $\pm$ 0.15 ^B	2.40 $\pm$ 0.50 ^B	2.16 $\pm$ 0.25 ^B

Los datos se representan como valores medios $\pm$ desviación estándar A, B. El valor medio con diferentes superíndices en cada columna difiere significativamente ($p < 0,05$).

Se presentan los valores de °Brix obtenidos durante los días 0, 1 y 2 de fermentación para los diferentes tratamientos evaluados. Aunque se observaron variaciones numéricas entre los tratamientos particularmente con valores iniciales de 2.1–2.5 °Brix en los tratamientos inoculados y superiores a 2.3 °Brix en los controles; el análisis estadístico determinó que las únicas diferencias significativas ($p < 0.05$) se manifestaron entre los tratamientos control y aquellos inoculados con *Lactobacillus plantarum*. Esto indica que la presencia del cultivo iniciador fue el factor principal en la modificación del contenido de sólidos solubles, lo cual concuerda con investigaciones previas donde *L. plantarum* ha demostrado consumir azúcares fermentables y disminuir el °Brix en diversas matrices vegetales (Yilmaz, 2022; Swain, 2014)

Asimismo, los resultados coinciden con lo reportado en estudios sobre fermentaciones vegetales, en los cuales se observa que la inoculación con bacterias ácido lácticas provoca una reducción más marcada del °Brix en comparación con fermentaciones espontáneas o controles. Swain et al. (2014) señalan que este comportamiento es característico de la fermentación láctica, debido a la utilización de carbohidratos simples como sustrato metabólico y la producción subsecuente de metabolitos orgánicos. De igual manera, Yilmaz et al. (2022) destacan la adaptabilidad y eficiencia metabólica de *L. plantarum* en la transformación de sólidos solubles en alimentos de origen vegetal. De esta forma, la evidencia sugiere que, en la bebida fermentada a base de Monquiquiac, la inoculación fue el factor determinante en la variación del °Brix, mientras que la pasteurización y el porcentaje de harina ejercieron un efecto comparativamente menor.

5.4 Color

En la **Tabla 7** se presentan los valores promedio y sus respectivas desviaciones estándar correspondientes a los parámetros cromáticos medidos con el sistema DigiEye, herramienta empleada para la evaluación instrumental del color en las muestras analizadas.

Tabla 7. Resultados de las mediciones de color

Tratamiento	L* ($\pm$ DE)	a* ($\pm$ DE)	b* ($\pm$ DE)	C ($\pm$ DE)	h ($\pm$ DE)
Cstt1	85.20 $\pm$ 0.67 ^B	0.62 $\pm$ 0.20 ^B	2.38 $\pm$ 0.17 ^B	2.47 $\pm$ 0.14 ^B	75.36 $\pm$ 4.91 ^B
Cstt2	85.76 $\pm$ 0.04 ^B	0.71 $\pm$ 0.24 ^B	2.85 $\pm$ 1.05 ^B	3.29 $\pm$ 1.00 ^B	74.77 $\pm$ 8.28 ^B
Cctt1	86.13 $\pm$ 1.86 ^B	0.73 $\pm$ 0.32 ^B	2.27 $\pm$ 0.31 ^B	2.41 $\pm$ 0.38 ^B	71.53 $\pm$ 7.36 ^B
Cctt2	86.11 $\pm$ 0.36 ^B	0.56 $\pm$ 0.25 ^B	2.21 $\pm$ 0.13 ^B	2.29 $\pm$ 0.14 ^B	75.93 $\pm$ 5.52 ^B
Lbctt1	84.92 $\pm$ 0.72 ^A	0.50 $\pm$ 0.04 ^A	2.34 $\pm$ 0.56 ^A	2.41 $\pm$ 0.55 ^A	76.90 $\pm$ 3.59 ^A
Lbctt2	86.72 $\pm$ 0.51 ^A	0.56 $\pm$ 0.14 ^A	2.79 $\pm$ 1.48 ^A	2.91 $\pm$ 1.42 ^A	73.57 $\pm$ 11.46 ^A
Lbstt1	84.87 $\pm$ 1.11 ^A	0.52 $\pm$ 0.23 ^A	2.27 $\pm$ 0.79 ^A	2.35 $\pm$ 0.80 ^A	76.90 $\pm$ 5.17 ^A
Lbstt2	86.40 $\pm$ 0.99 ^A	0.21 $\pm$ 0.04 ^A	2.16 $\pm$ 0.26 ^A	2.18 $\pm$ 0.25 ^A	84.52 $\pm$ 1.24 ^A

Los datos se representan como valores medios $\pm$ desviación estándar A, B. El valor medio con diferentes superíndices en cada columna difiere significativamente ($p < 0,05$).

La elevada luminosidad (L^* promedio por encima de 84) y la baja saturación cromática observadas en los tratamientos indican que la bebida resultante se presenta con una apariencia notablemente clara, casi opaca, similar al tono de una clara de huevo diluida. Este tipo de perfil cromático es característico de matrices alimentarias escasamente pigmentadas o con partículas suspendidas que dispersan la luz de manera difusa, provocando una sensación visual de blancura o «blanquecina». Estudios sobre productos vegetales fermentados señalan que un mayor valor de L^* está asociado a la degradación o ausencia de pigmentos naturales, y en consecuencia a una mayor reflectancia de luz por la matriz del alimento (Ścibisz, 2023).

Además, los valores de a^* cercanos a cero y los valores de b^* moderados (2–3) respaldan la ausencia de matices fuertes rojizos o amarillentos, y se alinean con lo que se espera para productos de baja pigmentación. En dichos productos, las variaciones de color inducidas por fermentación suelen ser mínimas, dado que la actividad microbiana afecta más componentes como ácidos orgánicos, polisacáridos y proteínas que a los pigmentos cromóforos (Markovic, 2013).

En conjunto, estas evidencias sugieren que el tratamiento fermentativo aplicado no alteró significativamente la percepción visual de la bebida, la cual permanece con un aspecto predominantemente claro y poco saturado. Esta estabilidad cromática es coherente con la concepción de la bebida como un producto funcional de apariencia limpia, lo cual puede tener ventajas sensoriales y de aceptabilidad en relación con consumidores que prefieren productos con color neutro y ligero.

5.5 Compuestos fenólicos

La **Tabla 8** presenta el comportamiento de los compuestos fenólicos a lo largo de los 3 días de fermentación.

Tabla 8. Resultados de compuestos fenólicos

Tratamiento	Absorbancia			Concentración		
	Día 0	Día 1	Día 2	Día 0	Día 1	Día 2
Tratamiento 1: Bebida al 10% de harina, inoculado y pasteurizado (Lbctt1)	2.20	2.84	1.77	220.41	284.72	176.64
Tratamiento 2: Bebida al 15% de harina, inoculado y pasteurizado (Lbctt2)	2.11	2.91	1.33	211.66	292.47	132.54
Tratamiento 3: Bebida al 10% de harina, inoculado y sin pasteurizado (Lbstt1)	2.21	2.23	1.66	221.76	223.44	165.53
Tratamiento 4: Bebida al 15% de harina, inoculado y sin pasteurizado (Lbstt2)	1.64	2.43	1.41	163.85	243.98	140.95
Control 1: Bebida al 10% de harina, sin inocular y pasteurizado (Cctt1)	1.15	1.8	1.34	114.35	180.1	133.55
Control 2: Bebida al 15% de harina, sin inocular y pasteurizado (Cctt2)	1.15	1.24	1.69	114.38	123.11	19.24
Control 3: Bebida al 10% de harina, sin inocular y sin pasteurizado (Cstt1)	1.66	2.61	1.77	165.87	261.49	17.98
Control 4: Bebida al 15% de harina, sin inocular y sin pasteurizado (Cstt1)	1.55	2.58	1.14	154.76	259.13	113.34

Los resultados obtenidos muestran que los compuestos fenólicos totales experimentan una variación marcada a lo largo de la fermentación, con una tendencia general a incrementar entre el día 0 y el día 1, seguida de una reducción significativa al día 2 en todos los tratamientos. En las formulaciones inoculadas (tratamientos 1–4), las concentraciones iniciales oscilaron entre 163.85 y 221.76 mg EAG/L, alcanzando valores máximos entre 223.44 y 292.47 mg EAG/L al día 1, para posteriormente disminuir hasta valores entre 132.54 y 176.64 mg EAG/L al día 2. Este comportamiento (aumento inicial seguido de caída) coincide con lo reportado en fermentaciones lácticas de frutas, donde *Lactobacillus*

plantarum libera compuestos fenólicos por acción enzimática durante las primeras 24 horas, pero posteriormente estos se degradan o transforman metabólicamente (Filannino, 2014).

En los tratamientos de control, la tendencia fue similar, aunque con valores iniciales y máximos menores, lo que sugiere que la presencia de *L. plantarum* favorece una mayor liberación de compuestos fenólicos durante la primera fase de fermentación. Por ejemplo, el control 1 pasó de 114.35 mg EAG/L (día 0) a 180.10 mg EAG/L (día 1), mientras que el tratamiento inoculado correspondiente (Lbctt1) alcanzó 284.72 mg EAG/L. Sin embargo, al día 2, todos los controles mostraron una caída pronunciada, destacando el control 2 con una reducción drástica hasta 19.24 mg EAG/L. Esto sugiere que, en ausencia de actividad fermentativa regulada, los compuestos fenólicos son más susceptibles a degradación oxidativa o precipitación. Este fenómeno ha sido descrito en bebidas vegetales donde la falta de actividad microbiana estabilizadora acelera la reducción de compuestos fenólicos solubles (Aparco, 2023).

En conjunto, los resultados indican que la fermentación del monquiquiac favoreció inicialmente la liberación y conversión de compuestos fenólicos, especialmente en tratamientos inoculados, pero que después de las 24 horas la degradación superó la actividad liberada, resultando en valores menores al día 2. Este comportamiento es consistente con el metabolismo polifenólico característico de *L. plantarum* y matrices frutales de baja pigmentación (Areche, 2022).

5.6 Capacidad antioxidante mediante ABTS

En la **Tabla 9** se presentan los valores de actividad antioxidante (expresados en % de inhibición ABTS) obtenidos para las ocho formulaciones de bebida fermentada con Monquiquiac.

Tabla 9. Resultados de la actividad antioxidante

Tratamiento	(%) inhibición		
	Día 0	Día 1	Día 2
Tratamiento 1: Bebida al 10% de harina, inoculado y pasteurizado (Lbctt1)	49.02	67.65	54.9
Tratamiento 2: Bebida al 15% de harina, inoculado y pasteurizado (Lbctt2)	59.8	62.75	56.86
Tratamiento 3: Bebida al 10% de harina, inoculado y sin pasteurizado (Lbstt1)	54.9	56.86	61.76
Tratamiento 4: Bebida al 15% de harina, inoculado y sin pasteurizado (Lbstt2)	47.06	49.02	65.69
Control 1: Bebida al 10% de harina, sin inocular y pasteurizado (Cctt1)	12.75	13.92	13.73
Control 2: Bebida al 15% de harina, sin inocular y pasteurizado (Cctt2)	24.51	15.69	15.69
Control 3: Bebida al 10% de harina, sin inocular y sin pasteurizado (Cstt1)	29.41	12.75	20.59
Control 4: Bebida al 15% de harina, sin inocular y sin pasteurizado (Cstt1)	14.71	14.71	12.75

Los resultados obtenidos para la actividad antioxidante mediante el ensayo ABTS muestran una clara diferencia entre los tratamientos inoculados y los controles, así como un comportamiento dinámico durante los días de fermentación. En los tratamientos inoculados (Lbctt1, Lbctt2, Lbstt1 y Lbstt2), los valores iniciales de inhibición (47–60 %) aumentan

durante el día 1, alcanzando incluso valores superiores al 67 % (Lbctt1), y posteriormente experimentan ligeros descensos o incrementos moderados hacia el día 2. Este comportamiento (incremento inicial seguido de estabilización o ligera disminución) es característico de fermentaciones lácticas, donde *Lactobacillus plantarum* libera compuestos bioactivos como ácidos fenólicos, flavonoides simples y péptidos antioxidantes durante las primeras 24 h, elevando la capacidad antioxidante, mientras que en fases posteriores algunos de estos compuestos pueden transformarse o degradarse (Filannino, 2014).

En contraste, los controles mostraron valores de inhibición considerablemente más bajos (13–29 %), con variaciones menores y sin el patrón de elevación observado en los tratamientos inoculados. Esto confirma que la presencia del cultivo iniciador contribuyó significativamente a potenciar la actividad antioxidante. Estudios previos han demostrado que fermentaciones con *L. plantarum* aumentan la actividad antioxidante por biotransformación de compuestos fenólicos, ruptura de enlaces glicosídicos y producción de metabolitos reductores, mientras que matrices sin inoculación muestran menor capacidad debido a la ausencia de estas rutas metabólicas (García *et al.*, 2020).

El comportamiento observado es consistente también con lo reportado en bebidas fermentadas de frutas tropicales, donde la fermentación incrementa inicialmente la capacidad antioxidante por la liberación de compuestos bioactivos, pero posteriormente puede disminuir debido a oxidación, polimerización o metabolización de los mismos (Swain, 2014)

En conjunto, los resultados indican que la fermentación con *L. plantarum* aumentó significativamente la actividad antioxidante del Monquiquiac durante las primeras 24 h, diferenciando claramente los tratamientos inoculados de los controles. La variación hacia el día 2 sugiere la coexistencia de procesos de síntesis, liberación y degradación de

antioxidantes, lo cual es congruente con el metabolismo típico de fermentaciones lácticas en matrices vegetales.

VI. CONCLUSIONES

La presente investigación demostró que el fruto de Monquiuiac (*Couepia polyandra*) posee características adecuadas para su aplicación en la elaboración de una bebida fermentada funcional. La liofilización permitió obtener una harina estable y rica en compuestos bioactivos, mientras que la fermentación con *Lactobacillus plantarum* se desarrolló de manera eficiente, logrando recuentos superiores a 10^6 – 10^7 UFC/mL, valores considerados óptimos para productos con potencial probiótico. Este comportamiento confirma la capacidad del microorganismo para adaptarse al sustrato vegetal, acidificarlo y dominar el ecosistema microbiano sin presencia de patógenos o indicadores de contaminación, garantizando así la inocuidad del producto final.

En relación con las propiedades fisicoquímicas, los tratamientos inoculados presentaron una marcada disminución en el pH hasta valores cercanos a 3.0, mientras que los controles mantuvieron valores significativamente superiores (4.5–5.1), evidenciando que la actividad de *L. plantarum* fue el principal factor responsable de la acidificación del sistema. Los °Brix mostraron una ligera reducción asociada al consumo de azúcares fermentables, y el análisis instrumental del color reveló una bebida de apariencia predominantemente clara y con alta luminosidad ($L^* > 84$), indicando una matriz poco pigmentada y visualmente estable. En términos globales, estos parámetros confirmaron que la fermentación modificó favorablemente el perfil fisicoquímico de la bebida sin comprometer su aceptabilidad visual.

Finalmente, los análisis funcionales evidenciaron que la fermentación incrementó el contenido de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante durante las primeras 24 horas, especialmente en los tratamientos inoculados, alcanzando valores superiores a los controles y reflejando una mayor liberación y biodisponibilidad de antioxidantes. Aunque al segundo día se observó una disminución en dichas propiedades, este comportamiento coincidió con la cinética típica de fermentaciones lácticas en matrices vegetales. En conjunto, los resultados

confirman que el Monquiuiac es una materia prima con potencial nutracéutico, y que su fermentación con *Lactobacillus plantarum* constituye una estrategia viable para desarrollar bebidas funcionales con propiedades bioactivas y microbiológicas mejoradas.

VII. RECOMENDACIONES

Realizar un análisis sensorial formal del producto

Debido a que en el presente estudio no se incluyen pruebas sensoriales, se recomienda llevar a cabo evaluaciones de aceptación, preferencia y perfil descriptivo para determinar la percepción real del consumidor respecto al sabor, olor, color, textura y apariencia de la bebida fermentada. Esta información permitirá validar la viabilidad comercial del producto y ajustar parámetros de formulación según la respuesta sensorial del público objetivo.

Optimizar las formulaciones usando un diseño experimental más amplio.

Aunque los tratamientos evaluados mostraron diferencias significativas en parámetros fisicoquímicos y funcionales, se recomienda explorar combinaciones adicionales de concentración de harina, tiempos de fermentación y condiciones de pasteurización. Un diseño tipo RSM (Response Surface Methodology) permitiría identificar la formulación óptima que maximice el contenido de compuestos bioactivos y la estabilidad fisicoquímica sin comprometer la calidad sensorial.

Incorporar análisis de estabilidad durante el almacenamiento

Dado que la bebida presentó variaciones en pH, °Brix, color y actividad antioxidante durante los primeros dos días, se sugiere estudiar su comportamiento bajo condiciones de

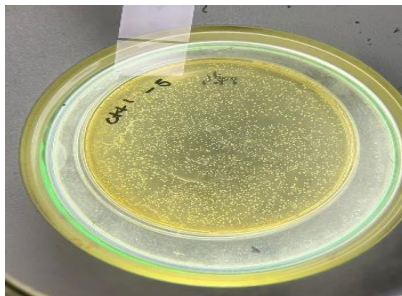
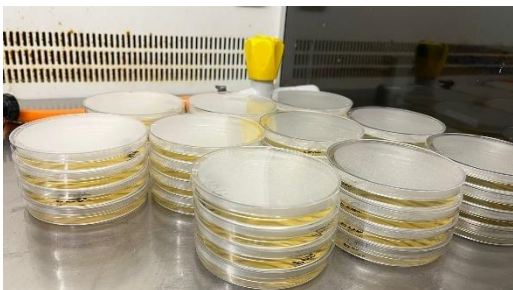
refrigeración y temperatura ambiente. El monitoreo de estos parámetros a lo largo del tiempo permitirá determinar la vida útil del producto y los puntos críticos de deterioro.

Evaluar la viabilidad de *Lactobacillus plantarum* a lo largo del almacenamiento

Es fundamental determinar si la población de BAL se mantiene por encima de los valores mínimos recomendados (10^6 UFC/mL) durante la vida útil del producto, especialmente si la bebida será propuesta como funcional o probiótica. Esto también permitirá definir si se requiere microencapsulación u otras tecnologías para mejorar la supervisión.

VIII. ANEXOS

Siembra microbiológica



Selección de % de harina a utilizar



Fermentación



Bebida final



IX. BIBLIOGRAFÍA

- Alam, S. R. (2025). Mecanismos de acción y beneficios para la salud de los probióticos: una revisión exhaustiva. *Exploration of Drug Science*, 1008-129.
- Albuquerque, P. B. (15 de Noviembre de 2016). Influence of Cassia grandis galactomannan on the properties of sponge cakes: a substitute for fat. *Elsevier,science*, Pag. 9. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.12.081>
- Alimentarius, C. (2019). Norma para el chocolate y los productos del chocolate. *CODEX STAN 87-1981*, Rev.1-2003. 2 pp.
- Aljohani, A. R. (2024). Beneficios para la salud del probiótico *Lactiplantibacillus plantarum*: una revisión sistemática y un metaanálisis. *probiotics and Antimicrobial Proteins*, 1-20.
- Almendras, J. C., & Kirigin, J. A. (2011). Estudio estadístico de pruebas sensoriales de harinas compuestas para panificación. *Scielo*. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S0250-54602011000200005&script=sci_arttext
- Anderson, L. (2018). *Laboratorios Anderson*. Obtenido de Laboratorios Anderson: <http://laboratoriosanderson.com/blog/que-es-el-analisis-fisicoquimico/>
- Aparco, R. H. (2023). Compuestos fenólicos y actividad antioxidante en una bebida funcional. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias ALFA*, 7(19), 218.
- Areche, F. O. (2022). Actividad antioxidante de la bebida funcional del extracto de tallo de *Oxalis tuberosa* Mol. y jugo de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer tratado térmicamente. *Revista Alfa*, 6(18), 545-556.
- Arguedas-Gamboa, P. (2014). Definición del proceso de elaboración de una bebida fermentada a partir de pulpa del café (broza). *Revista Tecnología En Marcha*, ág-38.

- Arrieta, J. M. (SF). *Importancia de las Galactomananas en la Nutrición Porcina*. ELANCO Animal Health. Obtenido de arrieta_jose_mauro@elanco.com
- Ayala, A. A. (2010). Liofilización de pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus*) . *Vitae*, 17(2), 122-127.
- Barboza-Corona, J. E.-A.-H.-J. (2004). Probióticos y conservadores naturales en alimentos . *Acta universitaria*, 14(3), 32-38.
- Bolívar, H. (2011). METODOLOGÍAS E INDICADORES DE EVALUACIÓN DE SISTEMAS AGRÍCOLAS . *CICAG*, 2.
- Bresolin, T. M. (1999). Papel de la composición galactomannana en la formación de gel binario con xantan. *Science*, Pag.7.
- Buckeridge. (2000c). Polissacarídeos de reserva de parede celular em sementes. *Revista de Fisiologia Vegetal*, 137-62.
- Buckeridge, G. A. (2000b). Galactomananos como carbohidrato de reserva de semillas de leguminosas . *Elsevier Science*, Pag.283-316.
- Buckeridge, M., & Cavalari, A. &. (2008). *Paredes Celulares*. In: KERBAUY, G.B. *Fisiologia Vegetal*. Guanabara Koogan, Rio de Janeiro.
- Buckeridge. (2000a). Galactomannans as the reserve carbohydrate in legume seeds. *Elsevier Science*,, p. 283-317.
- Carrillo, M. L.-M. (2013). Vida útil de los alimentos. *Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 2 (3) 25. ISSN-e 2007-9990. Obtenido de Disponible en Dialnet-VidaUtilDeLosAlimentos-5063620 (2).pdf%0A
- Cascos, G. M.-F.-F.-C.-V. (2024). Electronic Prediction of Chemical Contaminants in Aroma of Brewed Roasted Coffee and Quantification of Acrylamide Levels. *Foods*, 13(5).
- Castañeda, B. C., & Manrique, R. (2008). *Probiótico elaborado en base a las semillas de Lupinus mutabilis sweet (chocho o tarwi)*. Universidad San Martín de Porres., Lima, Peru. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/amp/v25n4/a05v25n4.pdf>
- Chavez-Parga, M. D. (2016). Revisión del agave y el mezcal . *Revista Colombiana de Biotecnología*.
- Codini, M. D. (2004). Obtención y utilización de la manteca de cacao. *Revista Invenio*, 7(12), 143-148. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87701213>

- Cui, W. E. (16 de Marzo de 1995). Interacciones sinérgicas entre polisacáridos de mstaza amarilla y galactomananos. *Elsevier Science*, Pag.5.
- Davani-Davari, D. N. (2019). Prebiotics: definition, types, sources, mechanisms, and clinical applications. *Foods*, 8(3), 92.
- Diaz, F. C. (2012). Bebidas fermentadas.
- Dietrich, S., Lima, D., & Buckeridge, M. (2000). Galactomannans as the reserve carbohydrate in legume seeds. *Elsevier Science*, p. 283-317.
- Dikmetas, D. N.-G. (2025). Functional fermented fruit juice production and characterization by using water kefir grains. *Journal of Food Science and Technology*, 1-14.
- Dixis, F. P. (2003). SEGURIDAD ALIMENTARIA FAMILIAR. *Revista salud publica y profecional*, 2. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=23011>
- Domínguez, M. R. (2007). *Guía para la Evaluación Sensorial*. Recuperado el 10 de agosto de 2019. Obtenido de <http://lac.harvestplus.org/wp-content/uploads/2008/02/Guia-para-la-evaluacion-sensorial-de-alimentos.pdf>
- Doyle, J., & Giannouli, P. (2006). Efecto de los azúcares, el contenido de galactosa y la longitud de la cadena en la gelación de congelación-descongelación de galactomananos. *Science*. doi:10.1016 / j.carbpol.2005.12.019
- Durán-Espinosa, C. &.-H. (2010). Chrysobalanaceae. *Instituto de Ecología*.
- ECOTEC. (2021). *Huertos familiares*. Obtenido de ECOTEC: <https://ecotec.unam.mx/ecoteca/huertos-familiares-2>
- Educo. (31 de Enero de 2020). *Qué es la seguridad alimentaria y por qué es importante?* Obtenido de Educo: <https://www.educo.org/Blog/Que-es-la-seguridad-alimentaria-y-su-importancia#:~:text=%20%C2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20seguridad%20alimentaria%3F%20%201,solo%20durante%20un%20periodo%20de%20tiempo...%20More%20>
- Egas, C. M. (2015). *Evaluación y análisis técnico financiero del proceso de prensado de licor de cacao (Theobroma cacao) para la obtención de manteca y polvo de cacao*.

- Tesis de grado, Ingeniero agroindustrial, Quito, Ecuador. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/11477/1/CD-6485.pdf>.
- El salous, A. A. (2020). Evaluacion sensorial de tres tipos de yogur vegetal a base de leche de arroz, quinua y avena, endulzada . *Grupo Compás, Ecuador*.
- Eroski, C. (diciembre de 2020). *Consumer Eroski*. Obtenido de Consumer Eroski: , ya que sirve para el control de los procesos de transformación, incluyendo los procesos de conservación de los alimentos, además de que sirve como indicador de las condiciones higiénicas del producto
- Escobar, V. A. (2010). Bebidas fermentadas. *ReCiTeIA*.
- Espinosa, D., & Lorea. (2010).
- Espinosa, J. (2014). Evaluación Sensorial de los Alimentos. Obtenido de <http://revistas.mes.edu.cu/>
- Falcón, L. C. (S.F). *FISICO QUIMICA DE ALIMENTOS*. Universidad Nacional del Callao, Facultad de Ingeniería Química. Obtenido de <https://navarrof.orgfree.com/Docencia/FQaplicada/UT1/FINAL%20PARTE%201.pdf>
- FAO. (2013). *INVESTIGACIÓN DEL GÉNERO Y CAMBIO CLIMÁTICO EN LA AGRICULTURA*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/3/i3385s/i3385s.pdf>
- FAO. (2020). *SEGURIDAD ALIMENTARIA BAJA LA PANDEMIA DE COVID-19*. San Tiago .
- FAO. (2021). *Hambre e inseguridad alimentaria*. Obtenido de FAO: <http://www.fao.org/hunger/es/#:~:text=La%20inseguridad%20alimentaria%20moderada%20puede%20aumentar%20el%20riesgo,de%20micronutrientes%20o%20la%20obesidad%20en%20los%20adultos>.
- Fernandes, P., & Gonçalves, M. (1991). Caracterización reológica de geles mixtos kappa-carragenano / galactomanano: una comparación de muestras de goma de algarrobo. *Science*, 16.
- Fernández, S. L. (2016). Cinética de reacciones químicas a través de observables. *Revista Tendencias en Docencia e Investigación en Química*, Pag.7. Obtenido de

- http://zaloamati.azc.uam.mx/bitstream/handle/11191/5146/Cinetica_de_reacciones_quimicas_a_traves_de_observables_VII_CIDIQ.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Filannino, P. C. (2014). Respuestas metabólicas de cepas de *Lactobacillus plantarum* durante la fermentación y el almacenamiento de zumos de frutas y verduras. *Microbiología aplicada y ambiental*, 80 (7), 2206-2215.
- Francisco, J., Rica, C., & Carlos, J. (2008). Estimación de la vida útil de una mayonesa mediante pruebas aceleradas.
- Fundacion Charles Darwin. (s.f.). *Cassia grandis* L. f. Obtenido de <https://www.darwinfoundation.org/es/datazone/checklist?species=2079>
- Garti, Z. M. (1997). Alholva galactomananos como Emulsionantes alimenticios. *Ciencia y tecnología de alimentos*, 305-311.
- Geoffrey Robinson, S. B.-M. (1982). Relaciones viscosidad-peso molecular, flexibilidad de la cadena intrínseca y propiedades de solución dinámica del galactomanano guar. *Science*, 17-32.
- Graziano, D. S. (30 de mayo de 2019). La importancia de la agricultura familiar. *EL TIEMPO*, pág. 1.
- Guarner, F. K. (2011). Guía Práctica de la Organización Mundial de Gastroenterología: Probióticos y prebióticos. *Probióticos y prebióticos*, 1, 1-29.
- Gudiel, V. M. (1975). *MANUAL AGRICOLA SUPER B*. GUATEMALA: productos superb.
- Guzmán, J., & Hernandez. (1982). *Anatomía de la semilla y germinación de Turbina corumbosa*. Convolvulaceae. *Phyton* 42:1-8.
- Hidalgo-Fuentes, B. d.-J.-H.-C.-S.-R.-T. (2024). Plant-based fermented beverages: nutritional composition, sensory properties, and health benefits. *Foods*, 13(6), 844.
- Huertos. (2017). *PARTE TEÓRICA: SISTEMAS AGROALIMENTARIOS*. Obtenido de ELENJAMBRESINREINA: <https://elenjambresinreina.eu/sites/default/files/2017-06/teoriasa.pdf>
- Hurtado, E. A.-C.-Z.-M. (2020). Inoculación de *Lactobacillus plantarum* para la fermentación y conservación del ensilaje de maíz. *ESPAMCIENCIA*, 11(2), 108–114.

- Ianin CM Dea, A. H. (1986). Efecto de la estructura fina molecular de los galactomananos en sus propiedades de interacción: el papel de los lados no sustituidos. *Science*, 129-140. doi:[https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(86\)80015-7](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(86)80015-7)
- Infoagro. (2004). Obtenido de cultivo del rabano: <https://www.infoagro.com/hortalizas/rabano.htm>
- InfoAgro. (2018). *EL APIO*. Obtenido de infoagro: <https://www.infoagro.com/hortalizas/apio.htm>
- Joshi, H., & Kapoor, V. (2003). Cassia grandis Linn. F. semilla de galactomanano: estudios estructurales y cristalográficos. *Science*.
- Juan, E. (2019). *Propiedades del pepino*. Obtenido de INNATIA: <http://www.innatia.com/s/c-verduras-y-hortalizas/a-propiedades-del-pepino.html#:~:text=%20Propiedades%20de%20los%20pepinos%20%201%20Una,saciante%2C%20aporta%20fibra%2C%20es%20diur%C3%A9tico...%20Tampoco..%20More%20>
- Kilcast, D., & Subramanian, P. (2000). *The estability and shelf life of foods*. Washington, DC: Woodhead Publishing Limited y CRC Press LLC.
- lain, C., & H.Clark, A. (1986). Effect of the molecular fine structure of galactomannans on their interaction properties - the role of unsubstituted sides. *Food Hydrocolloid*, Pag.129-140.
- Laines-Canepa, J. R.-H. (2017). Evaluación del efecto de biofertilizantes y fertilizante químico sobre el crecimiento de USPÍ (Couepia polyandra) y Caracolillo (Ormosia macrocalix). *Journal of Energy*.
- Leyva, L. F. (30 de marzo de 2020). *Rabano*. Obtenido de tuberculos.org: <https://www.tuberculos.org/rabano/>
- Lopez, M. (2018). *Diseño del proceso industrial para la obtención de alcohol a partir de Eugenia stipitata*. Tesis de Grado en Ingeniería Química, Escuela de Ingeniería Química, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo., Riobamba, Ecuador. .
- Lugo, L. d.-C.-E.-O.-O.-R. (2021). Bacterias ácido lácticas de bebidas vegetales fermentadas: Producción de metabolitos y propiedades antimicrobianas. .

- Luján, G. L. (2014). Efecto de las diferentes proporciones de pulpa de frutas cítricas en la aceptabilidad sensorial de una bebida fermentada y proteica elaborada a partir de lactosuero residual. *Agroindustrial science*, 4(2), 65-73.
- Mariola, A. O.-F. (2018). *“Taller de fortalecimiento de capacidades de actores nacionales para la formulación e implementación de proyectos.*
- Markovic, I. I. (2013). Medición del color de productos alimenticios utilizando el espacio de color CIE L* a* b* y RGB.
- Milán-Carrillo, J. G.-D.-R.-M.-M.-M. (2017). Bebida funcional con potencial antidiabético y antihipertensivo elaborada con maíz azul y frijol negro bioprocesados. *Revista Fitotecnica Mexicana*, 40(4), 451-459.
- Mirolava, V. &. (2022). Postbióticos microbianos.
- Mirolava, V. &. (s.f.). Postbióticos microbianos.
- Muñoz, M. Y. (2013). *Elaboración de chocolate de cobertura, utilizando licor de cacao nacional*. La Mana, Ecuador. Obtenido de <http://infocafes.com/portal/wp-content/uploads/2017/07/T-UTEQ-0003.pdf>
- Muñoz-López, C. U.-G.-F.-J.-S. (2018). Efecto de las condiciones de liofilización en propiedades fisicoquímicas, contenido de pectina y capacidad de rehidratación de rodajas de ciruela (*Spondias purpurea* L.). *Agrociencia*, 52(1), 1-13.
- Nuttralia. (2022). *Nuttralia*. , <https://www.nuttralia.com/accion-del-frio-supervivencia-microorganismos/#:~:text=Al%20descender%20la%20temperatura%20por%20deba,jo%20de%20los,no%20se%20destruyen%20C%20sino%20que%20paraliza%20su%20actividad>.
- Olveira Fuster, G. &.-M. (2007). Probióticos y prebióticos en la práctica clínica. *Nutrición hospitalaria*, 22, 26-34.
- Paucar, M., & Luz María. (2016). *Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de soya en las características tecnológicas y sensoriales de cupcakes destinados a niños en edad escolar*. Universidad Nacional del Santa, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Ancash-Peru.
- Pedraza, D. (2003). SEGURIDAD ALIMENTARIA FAMILIAR. *RESPYN*, 1-2.

- Pinheiro, A., Bourbon, A., & Rocha, C. (2011). Caracterización reológica de geles de κ -carragenano / galactomanano y xantano / galactomanano: comparación de galactomananos de fuentes no tradicionales con galactomananos convencionales. *Science*, 8.
- Prajapati, V. D., Girish, K. J., & Naresh, G. M. (16 de Mayo de 2013). Galactomannan: A versatile biodegradable seed polysaccharide. *Elsevier*, Pag.10. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.05.017>
- Rees, E. d. (1997). Asociaciones de polisacáridos similares y distintos: mecanismo y especificidad en galactomananos, polisacáridos bacterianos interactivos y sistemas relacionados. 24. doi:[https://doi.org/10.1016/S0008-6215\(00\)81935-7](https://doi.org/10.1016/S0008-6215(00)81935-7)
- Reinoso, V. (03 de 8 de 2015). *via organica*. Obtenido de como cultivar rabano: <https://viaorganica.org/rabano-un-cultivo-rapido-para-pequenos-espacios/#~:text=Crecen%20bien%20en%20el%20suelo,del%20tama%C3%B1o%20de%20la%20variedad.>
- Rizzi, F. J.-M. (2024). Lactiplantibacillus plantarum KABP051: Estabilidad en zumos de frutas y producción de compuestos bioactivos durante su fermentación. *Foods*, 13 (23), 3851.
- Rodríguez Macías, A. (2020). Plan de negocios para la producción de bebidas fermentadas a partir de frutas tropicales de Colombia.
- Ruiz Rodríguez, L. G. (2020). Fermentación de jugos y bebidas a base de frutas.
- Sampablo Núñez, V. (2017). Leches fermentadas: tradición e innovación. .
- Sánchez Bravo, P. (2017). Fermentados vegetales obtenidos a partir de pistachos hidrosostenibles.
- Ścibisz, I. y. (2023). Efecto de la matriz fermentada sobre el color y la estabilidad de las antocianinas de fresa y arándano durante el almacenamiento de yogures de frutas y alternativas de yogur de frutas a base de soja y legumbres. *Molecules*.
- Serrano, B. Z. (2016). *Elaboración de confitería a base de chocolate con edulcorantes no calóricos*. Escuela de Ingeniería Química, Tesis, Ingeniero Químico, Facultad de Ciencias Químicas, Cuenca, Ecuador . Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25101/1/TESIS.pdf>

- Silveira Rodríguez, M. B. (2003). Alimentos funcionales y nutrición óptima:¿ Cerca o lejos? *Revista española de salud pública*, 77, 317-331.
- Sittikijyothin, D. T. (2005). Carbohydrate Polymers. 475-481.
- Sol de Mayo, A. M.-A.-Q.-M. (2020). Reproductive phenology of Uspí tree *Couepia polyandra* (Kunth) Rose (Chrysobalanaceae) in Campeche, Mexico . *Agro Productividad*, 13(10).
- Suárez, J. E. (2013). Microbiota autóctona, probióticos y prebióticos. *Nutrición Hospitalaria*, 28, 38-41.
- Suárez-Mazo, D. (2022). Análisis de mercados para la entrada de una empresa de alimentos de proteína vegetal en países latinoamericanos de interés.
- Swain, M. R. (2014). Fermented fruits and vegetables of Asia: a potential source of probiotics. *iotecnology research international*, (1), 250424.
- Tirado et al, D. (2015). Estudio Comparativo de Métodos Empleados para la Determinación de Humedad de Varias Matrices Alimentarias. *Informacion Tecnológica*, 26(2), 3-10. Recuperado el 15 de Agosto de 2019, de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v26n2/art02.pdf>
- Toirac, J. (julio-septiembre de 2012). Caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la república dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón. *Ciencia y Sociedad*, XXXVII(3), 293-334. Recuperado el Agosto de 2019, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87024622003>
- Torres, D., Sittikijyothin, W., & Gonçalves, M. (29 de Diciembre de 2004). Modelling the rheological behaviour of galactomannan aqueous solutions. *Elsevier*, Pag.12.
- Torres, J. J. (2017). Conservación de Jugo de naranja mediante pasteurización de las fases líquida y semisólida obtenidos por centrifugación. *Centro de información agraria*.
- UNAD, E. H. (2005). *Evaluacion sensorial* . FACULTAD DE CIENCIAS BASICAS E INGENIERIA, Bogota, Colombia .
- Utset, E. Z. (2007). *Evaluación Objetiva de la Calidad Sensorial de Alimentos procesados*. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimenticia. La Habana, Cuba: Universitaria publica bajo licencia Creative Commons de tipo Reconocimiento. Obtenido de

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/31674306/LIBRO_ES_PARA_ALIMENTOS_CON_JUECES_ANALITICOS.pdf?1375651071=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DLIBRO_ES_PARA_ALIMENTOS_CON_JUECES_ANALI.pdf&Expires=1607019501&Signature=MDjgo1TqVHXy-r1TY-5dUa

- Vaca, R. A. (2016). *Propuesta de diseño de un proceso de producción para obtener manteca de cacao y polvo de cacao en la empresa la leyenda del chocolate, chocaleyenda cia. Ltda.* . Quito, Ecuador.
- Valenzuela, A. B. (2007). *El chocolate, un placer saludable*. Universidad de Chile, Instituto de Nutrición y Tecnología de los Alimentos (INTA), Chile. Obtenido de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=s0717-75182007000300001&script=sci_arttext
- Velasquez, J. G. (2015). Crecimiento de lactobacillus casei ssp casei atcc 393 en suero clarificado. *Organización de las naciones unidas para la alimentación y la agricultura*.
- Velásquez, L. B. (1990). Harina de lombriz. III parte: Propiedades funcionales. *Alimentos.* , Vol.15 (4): 13-16.
- Vendruscolo, C., Andrezza, I., & Ganter, b. J. (2005). Tabletas de matriz de xantano y galactomanano (de M. scabrella) para administración oral controlada de teofilina. *Science*, 11.
- Vieira, Í. G. (2007). Estudio de RMN de galactomananos de las semillas del árbol de mezquite (Prosopis juliflora (Sw) DC). *Science*, 4.
- Villalba, M. Y. (2006). Caracterización fisicoquímica de frutas de la zona del Sinú para su agroindustrialización. *Temas Agrarios*, 11(1), 15–23.
- Vipul D. Prajapati, & Girish K. Jani, .: N. (2013). Galactomannan: A versatile biodegradable seed polysaccharide. *International Journal of Biological Macromolecules*, 60 (2013) 83–92.
- Walter A, P. (2005). LA IMPORTANCIA DE LA AGRICULTURA FAMILIAR EN EL DESARROLLO . *La Tierra*, 1-2.
- Williams, L. O. (1981). Rosaceae. *CEIBA*, 24(1-2), 278-303.

- WWF. (2021). *COMIDA*. Obtenido de WWF: <https://www.worldwildlife.org/initiatives/food>
- Yilmaz, B. B. (2022). Impacto de *Lactiplantibacillus plantarum* en las propiedades funcionales de los alimentos fermentados: una revisión del conocimiento actual. *Microorganisms*, 10 (4), 826.
- Zambrano, F. T. (2015). DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE: UNA NECESIDAD PARA LA SEGURIDAD . *Revista de investigación en administración e ingeniería*, 28-29.
- Zapata Bustamante, S., Tamayo Tenorio, A., & Alberto Rojano, B. (2013). Efecto de la fermentación sobre la actividad antioxidante de diferentes clones de cacao colombiano. *Revista Cubana De Plantas Medicinales*, 18. Obtenido de <http://www.revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/68>
- Zare, D. A. (2024). The Benefits and Applications of *Lactobacillus plantarum* in Food and Health: A Narrative Review. *Iranian journal of public health*, 53(10), 2201.