

APLICACIÓN DEL EXTRACTO DE *Artocarpus Heterophyllus* EN LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE FERMENTACIÓN EN DOS TIPOS DE CACAO TRINITARIO Y FORASTERO

APPLICATION OF THE EXTRACT OF *Artocarpus Heterophyllus* IN THE OPTIMIZATION OF THE FERMENTATION PROCESS IN TWO TYPES OF TRINITARIO AND FORASERO COCOA

*Luis Vásquez. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ecuador.
lvazquezc@utb.edu.ec <https://orcid.org/0000-0003-1850-0217>

Álvaro Pazmiño. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ecuador.
apazmino@utb.edu.ec <https://orcid.org/0000-0002-9869-253X>

María Cabanilla. Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ecuador.
mcabanillac@utb.edu.ec <https://orcid.org/0000-0001-9494-4499>

*Autor de Correspondencia: lvazquezc@utb.edu.ec

Recibido: 23/02/2025

Aceptado: 22/04/2025

DOI <https://doi.org/10.48204/j.ia.v7n2.a7491>

RESUMEN. El cacao es una de las materias primas más importantes a nivel mundial y constituye el sustento económico para muchos pequeños y medianos agricultores. Este estudio tiene como objetivo evaluar la utilización del extracto de Jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus*) en la fermentación del cacao, un proceso crucial que afecta la calidad física y sensorial del producto final al influir en la eliminación del mucílago y en los cambios químicos del cacao. Se empleó un diseño completamente al azar bifactorial, con dos tipos de cacao (Trinitario y Forastero) y tres concentraciones de extracto de Jackfruit (0%, 2.0% y 4.0%), totalizando 6 tratamientos y 18 unidades experimentales. Las evaluaciones morfológicas del fruto y los análisis fisicoquímicos de los granos de cacao (temperatura, pH, °Brix) revelaron que, aunque el cacao Trinitario mostró un mayor aprovechamiento inicial, el mejor tratamiento fue el cacao Trinitario fermentado en cajas microfermentadoras tipo Rohan, según la normativa INEN 176. En cuanto al análisis sensorial, el cacao Trinitario fermentado en cajas Rohan tuvo mayor aceptación. Esta investigación busca mejorar la fermentación del cacao y, en consecuencia, la calidad física y sensorial de las barras de chocolate.

PALABRAS CLAVE: Cacao fino y de aroma, calidad fermentativa, cultivares de cacao, evaluación sensorial de alimentos, procesos bioquímicos poscosecha.

ABSTRACT. Cocoa is one of the most important raw materials worldwide and serves as the economic backbone for many small and medium-sized farmers. This study aims to evaluate the use of Jackfruit extract (*Artocarpus heterophyllus*) in the fermentation of cocoa, a crucial process that impacts the physical and sensory quality of the final product by influencing the removal of mucilage and the chemical changes in cocoa. A completely randomized bifactorial design was employed, involving two types of cocoa (Trinitario and Forastero) and three concentrations of Jackfruit extract (0%, 2.0%, and 4.0%), resulting in six treatments and 18 experimental units. Morphological evaluations of the fruit and physicochemical analyses of the cocoa beans (temperature, pH, °Brix) revealed that while Trinitario cocoa exhibited greater initial efficiency, the best treatment was Trinitario cocoa fermented in Rohan-type microfermentation boxes, in accordance with INEN 176 standards. Regarding sensory analysis, Trinitario cocoa fermented in Rohan boxes was the most favored. This research seeks to enhance cocoa fermentation and, consequently, improve the physical and sensory quality of chocolate bars.

KEYWORDS: Cocoa cultivars, fine and aromatic cocoa, fermentation quality, post-harvest biochemical processes, sensory evaluation of food.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L); se lo conoce alrededor de todo el mundo, siendo la materia prima para la elaboración de chocolate, perteneciente a la clase *Magnoliopsida*, del orden de las *Malvales*, de la familia *Malvaceae*, cuyo género es *Theobroma* y su especie correspondiente, cacao, acontecido como uno de los frutos más cultivados en el Ecuador por su calidad y propiedades sensoriales que lo hacen único en el mundo (Fouet *et al.*, 2022).

El árbol del cacao (*T. cacao*) es el único capaz de producir las codiciadas almendras de cacao, las cuales son altamente valoradas por los chocolateros para la elaboración de chocolate. Estas almendras pueden ser clasificadas como "cacao fino y de aroma", reconocido por sus complejas notas sensoriales que incluyen matices florales y afrutados. Por otro lado, también existe el "cacao estándar", caracterizado por un perfil sensorial más robusto, con aromas y un amargor más intensos, cualidades que lo hacen distintivo en diversas aplicaciones chocolateras (Vásquez *et al.*, 2022).

Históricamente, se ha sostenido que el origen del cacao se encuentra en Mesoamérica, entre México, Guatemala y Honduras, con usos que datan de aproximadamente 2000 años a.C. Sin embargo, investigaciones recientes sugieren que al menos una variedad tiene su origen en la alta Amazonía, específicamente en Zamora Chinchipe, Ecuador, donde el cacao ha sido utilizado durante más de 5000 años, incluso antes de la llegada de los colonizadores europeos (Llor *et al.*, 2013).

En términos económicos, el cacao es un pilar fundamental del desarrollo ecuatoriano, junto con el banano y la industria petrolera. Ecuador fue históricamente el primer exportador mundial de cacao y actualmente ocupa el tercer lugar, con una producción sostenible y estándares de calidad cada vez más rigurosos. La producción es realizada mayoritariamente por pequeños y medianos agricultores, quienes dependen del cultivo para su sustento. Esta cadena productiva involucra a más de 600,000 ecuatorianos, directa o indirectamente (Santos *et al.*, 2025).

El país se caracteriza por la biodiversidad de sus cultivos de cacao, destacando la variedad Nacional o Fino de Aroma, apreciada mundialmente por sus propiedades sensoriales, y la variedad clonada CCN-51, reconocida por su resistencia y alto rendimiento. Estas almendras son ricas en antioxidantes, vitaminas y minerales, y se consideran un alimento funcional con potencial para prevenir enfermedades cardiovasculares (Llerena *et al.*, 2023).

La calidad del cacao depende de procesos poscosecha como la fermentación y el secado. Durante la fermentación, ocurren reacciones bioquímicas clave que inducen las características sensoriales deseadas. Para el CCN-51, este proceso dura aproximadamente 6 días, siguiendo las etapas alcohólica, acética y oxidativa. Las temperaturas deben mantenerse entre 40 °C y 50 °C para evitar daños en los granos. Posteriormente, el secado reduce la humedad al 6-8%, cumpliendo los estándares internacionales de calidad (Intriago *et al.*, 2023).

Estudios recientes han explorado estrategias innovadoras para mejorar la fermentación del cacao. Por ejemplo, la adición de extractos de frutas ricas en polifenol oxidasa, como el banano (*Musa* spp.), acelera la fermentación y mejora la calidad sensorial de los granos. Asimismo, el uso de

cajas Rohan y la aplicación de pulpas de maracuyá y banano como coadyuvantes ha demostrado incrementar la cantidad de granos fermentados con éxito.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La presente investigación se llevó a cabo en la finca "Las Juanas", localizada en el recinto El Limón, provincia de Guayas, Ecuador. En este lugar se realizó la recolección de mazorcas de cacao de las variedades Forastero y Trinitario. Además, el fruto de Jackfruit (*A. heterophyllus*) fue obtenido en la ciudad de Quevedo, provincia de Los Ríos, situada en las coordenadas geográficas: latitud -1.029539 y longitud -79.442931.

Diseño de la Investigación

En esta investigación se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con un modelo bifactorial compuesto por 6 tratamientos, distribuidos en 3 repeticiones, lo que resultó en un total de 18 unidades experimentales. El primer factor analizado correspondió a las variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.): Forastero y Trinitario. El segundo factor evaluado fue la aplicación de extracto de Jackfruit (*A. heterophyllus*) en diferentes concentraciones: 0%, 2.0% y 4.0%. Para determinar las diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos, se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey con un nivel de significancia de $P \leq 0.05$.

Variables estudiadas

Ejecución de la Poscosecha

Obtención de la materia prima de las mazorcas de cacao

Durante la cosecha y recepción de la materia prima, se aseguró que las mazorcas de cacao estuvieran libres de *Moniliophthora roreri* (Monilla), ya que la presencia de este patógeno podría afectar negativamente el proceso de fermentación y la calidad del producto final en la elaboración de chocolate (Erazo *et al.*, 2023).

Para esta investigación, se realizó la cosecha de mazorcas de las variedades de cacao Trinitario y Forastero, garantizando que los granos de ambas variedades no se mezclaran, con el fin de mantener la pureza y consistencia en los análisis posteriores.

Determinación morfológica de las mazorcas de cacao

Peso de la mazorca

Se registró el peso de los frutos de cacao cosechados, dividiendo el peso total entre el número de mazorcas sanas recolectadas. Este procedimiento permitió obtener un promedio del peso por mazorca, asegurando la uniformidad en los datos y facilitando el análisis comparativo entre las variedades de cacao evaluadas (Intriago *et al.*, 2023).

Número de almendras por mazorcas

Se realizó un conteo directo del número de granos de cacao presentes en cada fruto recolectado. Posteriormente, se calculó el promedio correspondiente, lo que permitió determinar esta variable

de manera precisa para cada variedad de cacao evaluada. Este procedimiento garantizó la consistencia y confiabilidad de los datos obtenidos (Vásquez *et al.*, 2024).

Largo de la mazorca de cacao

Para determinar el tamaño en longitud de las mazorcas de cacao, se midió la distancia desde la base, en la unión con el pedúnculo, hasta el ápice de cada mazorca. Para ello, se utilizó una escuadra métrica y una hoja centimetrada, asegurando precisión en las mediciones y uniformidad en la recolección de datos (Vásquez *et al.*, 2024).

Extracción de los granos de cacao

Una vez recolectadas las mazorcas necesarias, se procedió al proceso de despulpado, el cual consiste en separar los granos de cacao de la parte carnosa conocida como "placenta" que los rodea dentro del fruto (Gutiérrez *et al.*, 2022).

Posteriormente, se realizaron cortes longitudinales o transversales en las mazorcas para extraer las almendras de cacao. Una vez despulpadas, las almendras fueron cuidadosamente separadas en recipientes limpios.

Estas almendras se colocaron en las celdas de las microfermentadoras, cada una con capacidad para albergar hasta 2 kg de masa fresca de cacao, asegurando condiciones adecuadas para el inicio del proceso de fermentación.

Proceso Fermentativo

Posteriormente, los granos de cacao fueron colocados en cajas microfermentadoras fabricadas con madera de guayacán blanco. Estas cajas cuentan con 30 espacios y dimensiones de 125 × 75 × 10 centímetros, de los cuales se utilizaron únicamente 18 celdas. Cada celda fue cargada con 2 kg de almendras frescas de cacao, resultando en un total de 36 kilogramos de masa para el proceso.

El estudio tuvo una duración de cuatro días y se aplicó a ambas variedades de cacao (Forastero y Trinitario), manteniendo las mismas condiciones experimentales para garantizar la uniformidad del análisis y obtener resultados confiables.

Adición de Extracto de fruta Jackfruit

Preparación del extracto de Jackfruit

Se empleó extracto de Jackfruit (*A. heterophyllus*) como una estrategia para mejorar el proceso poscosecha, específicamente durante la etapa de fermentación. Se aplicaron tres dosis del extracto: 0%, 2.0% y 4.0% (equivalentes a 0, 40 y 80 mL, respectivamente), con el objetivo de evaluar su efecto sobre la calidad de las almendras de cacao (Vásquez *et al.*, 2022).

Para la preparación del extracto, se licuaron 2.7 g de pulpa de Jackfruit. De esta cantidad, se utilizaron 150 g por tratamiento, a los cuales se añadieron 200 mL de agua destilada. La mezcla fue procesada a una temperatura inferior a 40 °C para preservar las propiedades bioactivas del extracto. Este procedimiento permitió obtener una solución uniforme que fue aplicada en las celdas de las microfermentadoras según las dosis correspondientes (Vásquez *et al.*, 2024).

Remociones

Se realizaron remociones controladas durante el proceso de fermentación para asegurar condiciones óptimas y garantizar una fermentación homogénea. Este procedimiento es crucial para evitar irregularidades en la fermentación y permitir una distribución uniforme del calor y los microorganismos involucrados.

La temperatura fue monitoreada cuidadosamente, manteniéndose en un rango entre 40 °C y 50 °C, incrementándose de manera gradual para prevenir una sobre fermentación. La primera remoción se llevó a cabo 24 horas después de la aplicación del extracto de Jackfruit. A partir de ese momento, se realizaron dos remociones diarias durante los días restantes del estudio, optimizando el desarrollo de las características sensoriales y de calidad de las almendras de cacao (Vera *et al.*, 2023).

Secado de las almendras de cacao

Una vez concluido el proceso de fermentación, etapa clave para el desarrollo de precursores de aroma, sabor y otras cualidades sensoriales, se procedió al secado de las almendras de cacao. Este proceso se realizó de forma cuidadosa y bajo luz solar directa, asegurando que no hubiera mezclas entre los granos de diferentes variedades ni de distintas fincas, dado que cada lote estaba sujeto a diferentes tratamientos (Intriago *et al.*, 2019).

El secado se llevó a cabo en superficies de madera adecuadas para evitar la contaminación por agentes externos, ya que el uso de materiales inadecuados podría comprometer la calidad de las almendras. Se realizaron remociones frecuentes y uniformes para garantizar un secado homogéneo, el cual se prolongó durante 7 a 8 días bajo el sol. El objetivo fue alcanzar un nivel óptimo de humedad, que se situó entre el 6% y el 8%, cumpliendo con los estándares requeridos para garantizar la calidad del producto final (Sanchez *et al.*, 2022).

Almacenamiento de las almendras de cacao

Al finalizar el proceso de secado, las almendras de cacao, con una humedad estabilizada en aproximadamente 7%, fueron cuidadosamente almacenadas en bolsas de papel. Este tipo de empaque fue seleccionado para permitir una adecuada ventilación y evitar la acumulación de humedad residual, preservando así la calidad y las propiedades sensoriales de las almendras hasta su análisis o posterior procesamiento (Intriago *et al.*, 2023).

Ecuación 1. Ecuación. Índice de semilla.

$$IM = \frac{\text{Número de mazorcas}}{\text{peso en gramos de las almendras secas}} * 1000$$

Índice de semilla

Para evaluar la variable del índice de semilla, se seleccionaron 100 almendras de cacao previamente fermentadas y secas. Este procedimiento permitió obtener un valor representativo de esta variable, asegurando que las almendras cumplieran con las condiciones estándar de fermentación y secado requeridas para el análisis (Vásquez *et al.*, 2024).

Ecuación 2. Ecuación. Índice de semilla.

$$IS = \frac{\text{Peso en gramos de 100 almendras de cacao fermentadas y secas}}{100}$$

Prueba de testa y cotiledón

El índice de semilla se determinó mediante el peso de las almendras de cacao, utilizando una balanza analítica de precisión. Se pesaron 100 almendras, obteniendo un peso total de 30 g, lo cual sirvió como base para calcular esta variable y analizar las características físicas de las almendras de cacao fermentadas y secas. Este procedimiento permitió garantizar precisión y consistencia en los resultados obtenidos (Vásquez *et al.*, 2024).

Ecuación 3. Prueba de testa y cotiledón.

$$\% \text{ de testa} = \frac{(\text{Peso de la testa})}{\text{Peso de 30 gramos de cacao}} * 100$$

Prueba de corte

El índice de semilla fue calculado mediante la selección aleatoria de 100 almendras de cacao fermentadas y secas. Estas fueron pesadas en una balanza analítica de precisión para asegurar la exactitud del registro. Posteriormente, con la ayuda de un estilete, se realizó un corte transversal en cada haba seca.

La evaluación de las almendras se llevó a cabo mediante un análisis visual basado en un test observacional, siguiendo los lineamientos establecidos en la normativa ecuatoriana INEN 176/2018 (INEN, 2018). Esta normativa proporcionó los criterios necesarios para clasificar y determinar la calidad de las almendras de cacao, asegurando que cumplieran con los estándares requeridos para el mercado y los análisis sensoriales.

Peso de habas de cacao en 100 gramos

En esta etapa, se seleccionaron aleatoriamente 100 g de almendras de cacao fermentadas y secas. Posteriormente, se procedió a contar el número de almendras necesario para completar el peso total de 100 g. Este procedimiento permitió determinar el promedio del peso individual de las almendras, una variable clave para evaluar su calidad física y consistencia, asegurando un análisis detallado y representativo del lote estudiado (Vásquez *et al.*, 2024).

Humedad

Una vez que las almendras de cacao estuvieron secas y fermentadas, se procedió a medir la humedad, una variable clave para garantizar un almacenamiento óptimo y cumplir con los estándares comerciales. El rango adecuado de humedad fue establecido entre el 6% y el 7%, ya que valores inferiores pueden afectar la rentabilidad en la industria cacaotera, disminuyendo el precio y comprometiendo las características necesarias para la elaboración de chocolate de alta calidad (Torres *et al.*, 2023).

Para realizar esta medición, se utilizó el instrumento AQUA BOY III, diseñado específicamente para evaluar la humedad interna en granos, con prioridad para el cacao. Las muestras de almendras

se colocaron cuidadosamente en el sensor del equipo, y la lectura fue tomada siguiendo las instrucciones del manual del dispositivo. Este procedimiento permitió obtener datos precisos y confiables, esenciales para garantizar la calidad del producto final (INEN, 1986).

Muestreo método cuartil

El método utilizado para la clasificación de almendras de cacao consistió en una división aleatoria en cuatro cuadrantes homogéneos (1, 2, 3, 4). Posteriormente, se descartaron de forma aleatoria las almendras de los extremos hasta obtener una muestra reducida. Este procedimiento se repitió al menos dos veces para garantizar la uniformidad de la muestra, hasta alcanzar aproximadamente 100 g de almendras fermentadas y secas.

Este método se desarrolló conforme a la normativa INEN 175 y sirvió como paso previo a la prueba de corte, descrita en la normativa (INEN, 1986).

Pasos para la elaboración de pasta de cacao con una pureza del 100%

Primero: se llevó a cabo la clasificación de la materia prima del cacao, eliminando cualquier cuerpo extraño ajeno de los granos de cacao.

Segundo: posterior se procedió a tostar los granos de cacao en una vasija de barro a una temperatura media de 120 °C para evitar que se quemen, por un tiempo aproximado de 18 a 25 minutos ayudando a desprender cualquier agente, y disminución de la humedad.

Tercero: luego se procedió a realizar el descarrillado de manera manual separando la testa del cotiledón, se almaceno en fundas de papel.

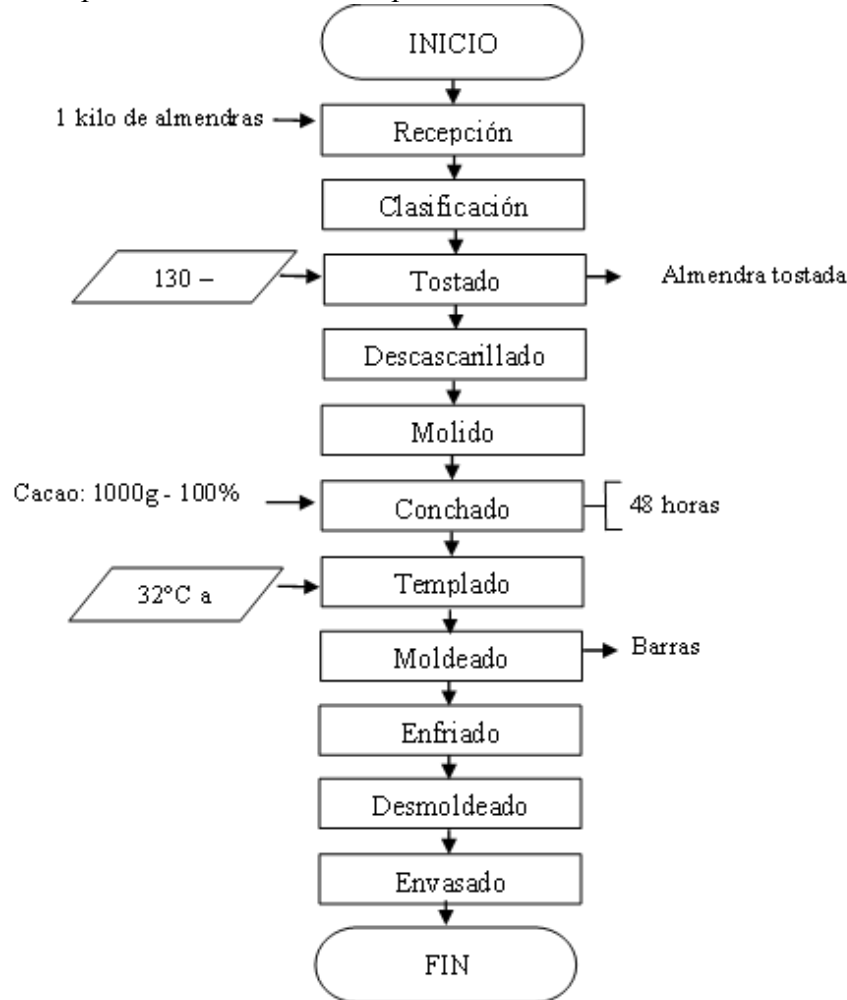
Cuarto: en esta fase se realizó una molienda con la utilización de un molino manual tradicional, lo cual se debe buscar una reducción del grosor del cotiledón a un tamaño que facilite el refinado.

Quinto: el refinado ayuda a que se disminuya la cantidad de gránulos y este no tenga inconvenientes a la hora de consumir o no sea de gusto para las papilas gustativas, es óptimo que estas sean menores de 40 micras los gránulos.

Sexto: en este sexto paso se utilizó la conchadora de capacidad de 8 kilogramos, se aplicó las muestras de cacao de manera paulatina, con la finalidad que este equipo pueda atrapar todo el material que queda en la pared, se mantuvo durante 48 horas cada tratamiento.

Séptimo: Se procedió a esperar hasta que la pasta de cacao se atempere, se reduzca la temperatura para pasar a los moldes donde reposó la muestra hasta tener consistencia.

Octavo: En este último punto se realizó la envoltura la pasta de cacao en papel de aluminio para su almacenamiento en refrigeración a una temperatura de 4°C, clasificadas según el croquis experimental (Vásquez *et al.*, 2022).

Figura 1*Diagrama del proceso de elaboración pasta de cacao.***Análisis Sensorial**

Se realizó el análisis organoléptico de la pasta de cacao donde se tomó 20 g de cada muestra, lo cual se llevó a baño maría hasta tener una pasta líquida, con ayuda de un equipo constituido por 20 jueces semientrenados previamente. Cada evaluador del panel de cata se encargó de verificar si existe un efecto concluyente en el mejoramiento de las propiedades sensoriales de los precursores de notas de sabor y aromas.

Pasos para la evaluación sensorial

Posterior a tener lista la pasta de cacao, se procedió a colocar en recipientes calentando las muestras en baño maría para derretir a una temperatura de aproximadamente 45 °C para la degustación a los panelistas.

Luego se colocó las pastas derretidas en vasos de muestra de material de plásticos de una forma uniforme para la respectiva catación. Debe colocarse para la degustación lo que cabe en la paleta,

la muestra en las papilas gustativas alrededor de 15 a 20 segundos para la aparición de los sabores y aromas; se le debe indicar que se debe anotar lo percibido en la hoja de atributos.

Aquel proceso se debe continuar por cada muestra de manera individual; es recomendable repetir la gustación de 2 a 3 veces por muestra o, dependiendo en este caso del panelista, es aconsejable para la siguiente enjuagarse la boca con agua.

Es aconsejable que el tiempo de descanso por panelista sea entre de 1 a 2 entre muestra. Estas muestras que haya sobrado deben ser desechadas lo cual no debe ser almacenada nuevamente.

Atributos

Principales sabores: acidez, amargor, astringencia, cacao

Generalidades: Aroma, sabor, intensidad

Defecto: quemado, mohosos, sustancias químicas

Específicos: floral, frutal, dulzor, nuez

RESULTADOS

Variables físicas (prueba de corte)

La Tabla N°1 revela diferencias estadísticamente significativas en el Índice de Mazorca (IM) y el Índice de Semilla (IS) de la variedad Trinitario, según el análisis de la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0.05$). Asimismo, la variedad Trinitario se destacó en la variable correspondiente al porcentaje de granos fermentados, evidenciando su superioridad frente a la variedad Forastero en términos de calidad fermentativa.

La aplicación del extracto de Jackfruit al 4.0% demostró un impacto positivo significativo en varias variables relacionadas con la calidad de las almendras de cacao. Este tratamiento incrementó el porcentaje de testa y cotiledón, optimizando las características físicas de los granos. Además, contribuyó a un aumento en el porcentaje de granos fermentados y a una reducción en el porcentaje de granos violetas. Cabe destacar que el uso del extracto al 4.0% también evitó la presencia de defectos comunes, como granos pizarrosos y mohosos, destacando su eficacia como una herramienta innovadora para mejorar el proceso de fermentación y la calidad poscosecha.

Estos resultados resaltan el potencial del extracto de Jackfruit como coadyuvante en la mejora de la calidad del cacao, especialmente en la variedad Trinitario, optimizando los parámetros físicos, químicos y sensoriales necesarios para satisfacer los estándares de la industria chocolatera.

Tabla 1

Efecto de la interacción del extracto de Jackfruit en los aspectos sobre las variables de sobre las variables físicas (prueba de corte).

Factor		Variable							
Variedad	Extracto de Jackfruit	IM	Peso Seco	IS	%Testa	%Cotiledón	Fermentados	Violetas	Humedad
Trinitario	0	21,00	988,66	1,62	12,69	87,30	66,00	34,00	7,33
Trinitario	2	21,00	979,66	1,48	12,69	86,40	84,66	16,66	7,03
Trinitario	4	21,66	981,33	1,85	10,00	90,00	88,33	11,66	7,00
Forastero	0	19,33	966,00	1,55	13,37	86,62	65,00	35,00	7,33
Forastero	2	20,33	953,33	1,51	15,03	84,97	86,66	13,33	7,13
Forastero	4	20,33	948,33	1,64	10,66	89,33	89,66	10,33	7,00
	CV	2,55	2,50	4,86	7,16	1,03	2,85	10,58	3,81
	EEM ±	0,18	8,09	0,03	0,03	0,30	0,76	0,71	0,09
	Variedad	0,002 *	0,0354 *	0,0509	0,0509	0,0492 *	0,4841	0,2478	0,7992
Probabilidad	Extracto de Jackfruit	0,1328	0,6519	0,0005 *	0,0005 *	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *	0,1287
	Variedad*Extra cto de Jackfruit	2,55	0,9252	0,0611	0,0611	0,7035	0,5099	0,2521	0,9349

Álvarez *et al.* (2022), destacan que la evaluación de la calidad de las almendras de cacao y la adecuación del proceso de fermentación se logran a través de la prueba de corte, la cual permite determinar características clave de las almendras. Según la norma INEN, (2018) esta prueba es indispensable antes de la elaboración de licor de cacao, ya que la presencia de almendras violetas puede afectar negativamente la calidad del producto final, generando sabores no deseados. Además, se subraya que una humedad adecuada, entre el 6% y el 8%, es fundamental para prevenir la formación de mohos y garantizar la calidad poscosecha.

Alvarado *et al.* (2022), señalan que el uso de cajas microfermentadoras fabricadas con madera blanca tipo Rohan facilita el desarrollo de precursores de aroma durante la fermentación, minimizando el riesgo de contaminación de los granos de cacao. Por su parte, Erazo *et al.* (2021), encontraron que al realizar la fermentación en cajas de madera blanca, los licores de cacao elaborados artesanalmente presentaron propiedades sensoriales similares a las obtenidas en el presente estudio, con notas sensoriales bien definidas y adecuadas. Además, el color marrón característico del licor de cacao se atribuyó al proceso oxidativo que ocurre durante la fermentación y el secado.

Estos hallazgos refuerzan la importancia de implementar prácticas estandarizadas y materiales adecuados en las etapas de fermentación y poscosecha para garantizar la calidad y características sensoriales óptimas de las almendras de cacao.

Análisis Sensorial

La Tabla 2 evidencia diferencias estadísticamente significativas en las variables sensoriales evaluadas mediante la prueba de cata, destacando el impacto del extracto de *Jackfruit* y su

interacción con las variedades de cacao. El tratamiento con extracto de *Jackfruit* incrementó notablemente la intensidad del aroma en ambas variedades, siendo más pronunciado en el cacao Trinitario al 4.0%.

La acidez y el amargor también presentaron diferencias significativas, con valores destacados en la variedad Trinitario, lo que sugiere una respuesta diferencial de esta variedad al tratamiento, optimizando características organolépticas esenciales.

Asimismo, notas sensoriales como *nuez*, *fruto seco*, *floral*, *intensidad* y *color* mostraron interacciones significativas entre la variedad de cacao y las concentraciones del extracto de *Jackfruit*, siendo estas mejoras particularmente evidentes en el cacao Trinitario. Estas variables reflejan el desarrollo de perfiles sensoriales complejos, especialmente con la adición del extracto al 4.0%.

En conclusión, la aplicación del extracto de *Jackfruit* demostró ser una herramienta eficaz para mejorar atributos sensoriales clave, con una interacción más pronunciada en la variedad Trinitario, consolidándola como una opción preferente para optimizar la calidad sensorial en procesos poscosecha.

Tabla 2

Efecto de la interacción del extracto de Jackfruit en los aspectos sobre las variables sensoriales.

Factor		Variable									
Variedad	Extracto de Jackfruit	Aroma	Acidez	Amargor	Cacao	Nuez	Fruto seco	Floral	Intensidad	Color	
Trinitario	0	2,96	2,00	4,56	2,88	2,00	1,00	3,00	3,00	3,64	
Trinitario	2	4,28	1,00	5,00	2,96	3,08	4,00	4,56	5,00	4,28	
Trinitario	4	4,92	1,00	5,00	5,00	4,48	4,40	5,00	5,00	4,80	
Forastero	0	3,00	2,48	5,00	2,36	2,00	2,00	2,88	2,72	3,44	
Forastero	2	4,20	1,00	5,00	3,44	3,28	3,40	4,16	4,12	4,48	
Forastero	4	5,00	1,00	5,00	4,92	5,00	4,00	4,88	4,52	4,76	
	CV	8,67	14,73	4,50	10,72	9,77	14,58	8,37	7,66	11,09	
	EEM ±	0,04	0,02	0,02	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05	
	Variedad	0,8169	<0,0001 *	<0,0001 *	0,5258	<0,0001 *	>0,9999	0,0002 *	<0,0001 *	0,8622	
Probabilidad	Extracto de Jackfruit	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *	*
	Variedad*Extracto de Jackfruit	0,4985	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *	0,0008 *	<0,0001 *	0,0641	<0,0001 *	0,1042	

Según Intriago *et al.* (2024), el tipo de fermentación aplicado durante la etapa de poscosecha de las almendras de cacao es un factor determinante en la calidad sensorial del producto final, influyendo directamente en el desarrollo del aroma, sabor y color característicos del licor de cacao. Este proceso comienza con una fermentación microbiológica, en la cual microorganismos específicos, como levaduras, bacterias lácticas y acéticas, desempeñan un papel crucial en la transformación de los compuestos químicos presentes en las almendras. Durante esta fase, se llevan a cabo reacciones bioquímicas clave que generan precursores de aroma y sabor, esenciales para obtener un licor de cacao de alta calidad. La correcta gestión de este proceso es fundamental

para garantizar que las almendras adquieran las características sensoriales deseadas, las cuales serán apreciadas en productos derivados como el chocolate.

Con respecto a lo encontrado por Bravo y Tuárez, (2023), los estudios realizados sugieren que los valores sensoriales y de calidad de las almendras de cacao pueden variar significativamente debido a las condiciones ambientales y a las prácticas de secado empleadas. Estas condiciones pueden influir en el nivel de acidez del cacao, ya que, durante el secado, especialmente en climas húmedos o con técnicas inadecuadas, es posible que una mayor cantidad de ácidos volátiles, como el ácido acético, quede atrapada en las almendras.

Esto puede impactar negativamente el perfil sensorial del licor de cacao, afectando características clave como el aroma y el sabor. Por ello, el control preciso de las condiciones de secado, como la temperatura, la humedad y la remoción constante, es esencial para garantizar una evaporación adecuada de los ácidos volátiles y preservar la calidad final del cacao.

En el mismo contexto Vásquez *et al.* (2024) en un estudio previo, se evaluaron el uso de extractos de banano y manzana como coadyuvantes para mejorar la calidad fermentativa de las almendras de cacao. Los resultados obtenidos fueron altamente significativos, mostrando mejoras en los parámetros clave durante el proceso de fermentación. Entre los hallazgos destacados, se observó un aumento en la cantidad de almendras bien fermentadas y una reducción notable en la presencia de almendras violetas, lo que refleja una fermentación más homogénea y eficiente.

Estos resultados coinciden con los hallazgos de la presente investigación, en la que el uso del extracto de Jackfruit también mejoró la calidad fermentativa y redujo defectos en las almendras de cacao. Lo anterior refuerza la hipótesis de que la utilización de extractos de frutas como coadyuvantes en la etapa de fermentación es una estrategia efectiva para optimizar la calidad del grano, contribuyendo al desarrollo de las características sensoriales deseadas en el cacao. El autor del estudio sugiere que esta práctica puede ser ampliamente implementada para mejorar los procesos poscosecha en la producción de cacao.

Análisis químico de extracto de Jackfruit

En la Tabla 3, los análisis químicos realizados sobre la pulpa de *Jackfruit* (*A. heterophyllum*) revelan una composición detallada que respalda su potencial como coadyuvante en aplicaciones agroindustriales y alimentarias. La pulpa presentó un contenido de humedad del 79.61%, lo que refleja su naturaleza mayormente acuosa, un factor clave a considerar en su manejo y conservación. Asimismo, se registró un porcentaje de cenizas del 4.27%, representando el contenido mineral total, lo cual aporta información valiosa sobre su valor nutricional.

El análisis determinó un bajo contenido de extracto etéreo (0.71%), lo que indica una proporción reducida de lípidos, mientras que el contenido de proteína alcanzó un 6.50%, posicionándola como una fuente moderada de este macronutriente. Por otro lado, la pulpa contiene un 3,78 % de fibra, un parámetro relevante para aplicaciones en alimentos funcionales debido a sus beneficios en la salud gastrointestinal.

En cuanto a los elementos libres de nitrógeno (ELN), el valor fue de 84.74%, lo que refleja una alta proporción de carbohidratos disponibles y compuestos nitrogenados no proteicos, contribuyendo al aporte energético del fruto. Además, se identificó un contenido de polifenoles de 1.71 mg de ácido gálico/g, lo que resalta su capacidad antioxidante, un atributo de creciente interés para la industria alimentaria y de salud.

Según en la Tabla 4 indica el contenido de carbohidratos fue calculado en un 13.65%, reforzando el potencial de la pulpa como una fuente energética con aplicaciones en productos nutritivos. Los métodos de análisis empleados, basados en estándares reconocidos como los de la Universidad de Florida (1970) y el método de Cros y Marigo G. (1982/1973), garantizan la fiabilidad y precisión de los resultados obtenidos.

En conclusión, la caracterización química de la pulpa de *Jackfruit* demuestra su versatilidad como ingrediente funcional en diversas aplicaciones agroalimentarias. Su perfil nutricional equilibrado, combinado con compuestos bioactivos como los polifenoles, la posiciona como un recurso innovador y sostenible, especialmente en procesos como la fermentación de cacao, donde puede contribuir a la mejora de la calidad sensorial y funcional del producto final.

Tabla 3*Análisis de pulpa de Jackfruit.*

Análisis	Tipo de muestra	Código de la muestra	Método interno	Método de referencia	Resultado	Unidad
Humedad	Pulpa de fruta Jackfruit	24-0137	MO-LSAIA-01.01	U. FLORIDA 1970	79.61	%
Cenizas Ω	Pulpa de fruta Jackfruit	24-0137	MO-LSAIA-01.02	U. FLORIDA 1970	4.27	%
Extracto etéreo (EE) Ω	Pulpa de fruta Jackfruit	24-0137	MO-LSAIA-01.03	U. FLORIDA 1970	6.71	%
Proteína Ω	Pulpa de fruta Jackfruit	24-0137	MO-LSAIA-01.04	U. FLORIDA 1970	6.5	%
Fibra Ω	Pulpa de fruta Jackfruit	24-0137	MO-LSAIA-01.05	U. FLORIDA 1970	3.78	%
Elementos libres de nitrógeno E.L.N.	Pulpa de fruta Jackfruit	24-0137	MO-LSAIA-01.06	U. FLORIDA 1970	84.74	%
Polifenoles Ω	Pulpa de fruta Jackfruit	24-0137	MO-LSAIA-15	CROS Y E. MARIGO G. (1982/1973)	1.71	mg Ác. Gálico/g

Tabla 4*Contenido de Carbohidratos Estimado*

Ensayo	Lote	Unidades	Resultados	Incertidumbre U (k=2)	Norma Mínimo	Norma Máximo	Método de análisis
Carbohidratos	N/A	%	13.65				Cálculo

CONCLUSIONES

Al evaluar la calidad fermentativa de las almendras de cacao conforme a la Normativa INEN 176:2018, se observó una mejora significativa en los granos tratados con extracto de Jackfruit durante la fermentación, como se evidencia en la prueba de corte. Además, se destacaron notas sensoriales preferidas por los panelistas en las barras de chocolate con mayores concentraciones de extracto de Jackfruit. Estos hallazgos ofrecen nuevas oportunidades de investigación en la industria agroalimentaria, mitigando pérdidas derivadas de una fermentación inadecuada de las almendras de cacao.

REFERENCIAS

- Alvarado, K., Jaime, V., Diego, T., y Intriago, F. (2022). Fermentación de Cacao (*Theobroma cacao* L.) Con Adición de Levadura (*Saccharomyces Cerevisiae*) y Enzima (PPO's) En La Disminución de Metales Pesados. *Centrosur*, 2014, 1-24.
- Álvarez, C., Liconte, N., Pérez, E., Lares, M., y Perozo, J. (2022). Revisión Sobre Los Atributos Físicos, Químicos y Sensoriales Como Indicadores de La Calidad Comercial Del Cacao. *Petroglifos*, 5(1), 1-19. doi: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6548316>.
- Bravo, K., y Tuárez, D. (2023). *Micro Fermentación de Cacao (Theobroma Cacao L.) En Cajas de Madera No Convencionales: Impacto En La Calidad Del Licor*. Vol. 1. 1st ed. edited by C. Zambrano. Quevedo-Ecuador: Universidad Técnica de Manabí.
- Erazo, C., Bravo, K., Tuárez, D., Fernández, A., Torres, Y., y Vera, J. (2021). Efecto de La Fermentación de Cacao (*Theobroma cacao* L.), Variedad Nacional y Trinitario, En Cajas de Maderas No Convencionales Sobre La Calidad Física y Sensorial Del Licor de Cacao. *Revista de Investigación Talentos*, 8(2), 42-55. doi: [10.33789/talentos.8.2.153](https://doi.org/10.33789/talentos.8.2.153).
- Erazo, C., Vera, J., Tuarez, D., Vásquez, L., Alvarado, K., Zambrano, C., Mindiola, V., Mora, R., y Revilla, K. (2023). Caracterización Fenotípica En Flores de Cacao (*Theobroma cacao* L.) En 40 Híbridos Experimentales En La Finca Experimental La Represa. *Revista Bionatura*, 8(3), 1-9. doi: <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.11>.
- Fouet, O., Loor, R., Rhoné, B., Subia, C., Calderón, D., Fernández, F., Sotomayor, I.,..... Lanaud, C. (2022). Collection of Native *Theobroma cacao* L. Accessions from the Ecuadorian Amazon Highlights a Hotspot of Cocoa Diversity. *Plants People Planer*, 19, 23-35. doi: <https://doi.org/10.1002/ppp3.10282>.
- Gutiérrez, H., Suárez, M., Hernández, Z., Castellanos, O., Alonso, R., Rayas, P., Cano, C., Figueroa, C., y González, O. (2022). Yeasts as Producers of Flavor Precursors During Cocoa Bean Fermentation and Their Relevance as Starter Cultures: A Review. *Fermentation*, 8(331), 1-18. doi: <https://doi.org/10.3390/fermentation8070331>.

- INEN. (1986). Cacao En Gramo, Ensayos de Corte NTE INEN 175. *Instituto Ecuatoriano de Normalización*, 1-3.
- INEN. (2018). Granos de Cacao. Requisitos NTE INEN 176-5. *Norma Técnica Ecuatoriana*, 5:8.
- Intriago, F., Cedeño, J., Carlos Parraga, C., Alvarado, K., Vásquez, L., Revilla, K., y Aldas, J. (2024). Induction of Effective Microorganisms (EM) in the Fermenting Mass of Cacao (*Theobroma cacao* L.) and Their Impact on Physicochemical and Antioxidant Characteristics. *Biotechnia*, 26(2422), 1-8. doi: <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v26.2422>.
- Intriago, F., Chávez, G., Vásquez, L., Alvarado, K., Revilla, K., Vera, J., Radice, M., y Raju, M. (2023). Evaluación Del Contenido de Cadmio y Caracterización Fisicoquímica de Almendras y Pasta de Cacao (*Theobroma cacao*). *Innovaciencia*, 11(1), 1-11. doi: <https://doi.org/10.15649/2346075X.3411>.
- Intriago, F., Talledo, M., Cuenca, G., Macías, J., Álvarez, J., y Menjívar, J. (2019). Evaluación Del Contenido de Metales Pesados En Almendras de Cacao (*Theobroma cacao* L.) Durante El Proceso de Beneficiado. *Pro Sciences: Revista de Producción, Ciencias e Investigación*, 3(26), 17-23. doi: 10.29018/issn.2588-1000vol3iss26.2019pp17-23.
- Llerena, W., Samaniego, I., Vallejo, C., Arreaga, A., Zhunio, B., Coronel, Z., Quiroz, J., Angós, I., y Carrillo, W. (2023). Profile of Bioactive Components of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) By-Products from Ecuador and Evaluation of Their Antioxidant Activity. *Foods*, 12(13), 1-18. doi: <https://doi.org/10.3390/foods12132583>.
- Lloor, R., Fouet, O., Lemainque, A., Pavek, S., Boccara, M., Argout, X., Amores, F., Courtois, B., Risterucci, A., y Lanaud, C. (2013). Insight into the Wild Origin , Migration and Domestication History of the Fine Flavour Nacional *Theobroma cacao* L. Variety from Ecuador. *Plos One*, 8(2), 1-11. doi: <https://doi.org/10.1371/annotation/2357f0f1-7dc3-4781-afb0-29a8ce56b3f0>.
- Sanchez, M., Viteri, S., Burbano, A., Abril, M., Vargas, T., Suarez, S., y Mestanza, C. (2022). New Characteristics in the Fermentation Process of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) ‘Super Á Rbol’ in La Joya de Los Sachas, Ecuador. *Sustainability*, 14(7564), 1-14. doi: <https://doi.org/10.3390/su14137564>.
- Santos, A., Jim, T., Romero, M., Lundy, M., Quintero, M., y Pulleman, M., (2025). The Bittersweet Economics of Different Cacao Production System in Colombia, Ecuador and Peru. *Agricultural Systems*, 224, 1-14. doi: <https://doi.org/10.1016/j.agry.2024.104235>.
- Torres, A., Vásquez, L., Vera, J., Alvarado, K., y Intriago, F. (2023). Extraction of Cocoa Powder for the Preparation of a Drink by Adding Mucilage and Guava. *Sarhad Journal of Agriculture*, 39(2), 1-10. doi: <https://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2023/39/s2.10.18>.
- Vásquez, L., Alvarado, K., Intriago, F., Raju, N., y Prasad, R. (2024). Banana and Apple Extracts with Efficient Microorganisms and Their Effect on Cadmium Reduction in Cocoa Beans

(*Theobroma cacao* L.). *Discover Food*, 4(163), 1-13. doi: <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00205-5>.

Vásquez, L., Vera, J., Erazo, C., y Intriago, F. (2022). Induction of *Rhizobium Japonicum* in the Fermentative Mass of Two Varieties of Cacao (*Theobroma cacao* L.) as a Strategy for the Decrease of Cadmium. *International Journal of Health Sciences*, 3, 11354-71. doi: <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS3.8672> Induction.

Vera, J., Benavides, J., Vásquez, L., Alvarado, K., Reyes, J., Intriago, F., Naga, M., y Castro, V. (2023). Effects of Two Fermentative Methods on Cacao (*Theobroma cacao* L.) Trinitario, Induced with *Rhizobium Japonicum* to Reduce Cadmium. *Revista Colombiana de Investigación Agroindustriales*, 10(1), 95-106. doi: <https://doi.org/10.23850/24220582.5460>.