

UTILIZACIÓN DE EXTRACTO DE JACKFRUIT (*ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS*) COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL GRANO DE CACAO

USE OF JACKFRUIT EXTRACT (*ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS*) AS A STRATEGY TO IMPROVE THE QUALITY OF COCOA BEANS

Luis Humberto Vásquez Cortez^{1*}, Christian Simón Rivadeneira Barcia², Frank Guillermo Intriago Flor³, Leonilo Alfonso Durazno Delgado⁴, Jaime Fabián Vera Chang⁵, Luis Fernando Arboleda Álvarez⁶

{luis.vasquez@pg.uleam.edu.ec^{1*}, christian.rivadeneira@uleam.edu.ec², frank.intriago@utm.edu.ec³, ldurazno@uteq.edu.ec⁴, jverac@uteq.edu.ec⁵, luisf.arboleda@epoch.edu.ec⁶}

Fecha de recepción: 10 de octubre de 2023 / Fecha de aceptación: 30 de noviembre de 2023 / Fecha de publicación: 31 de diciembre de 2023

RESUMEN: El cacao es una de las materias primas más importantes a nivel mundial, siendo el soporte económico de pequeños y medianos agricultores, el presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar la utilización del extracto de Jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus*). Lo cual la incidencia de esta problemática que en la actualidad el método de fermentación y postcosecha de las almendras de cacao es un factor importante porque da origen a la calidad física y sensorial de la almendra, buscando la eliminación de mucilago y cambios químicos del cacao, al no tener una fermentación de cacao perjudica a la calidad sensorial de las almendras, se aplicó un Diseño Completamente al Azar bifactorial como primer factor Tipos de cacao (Nacional y CCN-51) y segundo factor extracto de Jackfruit en tres aplicaciones al (0%, 2.0% y 4.0%), conformado por 6 tratamientos y 3 repeticiones un total de 18 objetos de estudio, se procedió a realizar evaluación morfológica del fruto y evaluación fisicoquímicas de los granos de cacao (Temperatura, pH, °Brix) y a su vez la incidencia en la fermentación en la prueba de corte, dando como resultado en las variables iniciales presentó diferencia estadística siendo mayor aprovechamiento el cacao CCN-51, no obstante el mejor tratamiento fue el cacao Nacional fermentado en cajas micro fermentadoras tipo Rohan, el mismo comportamiento tuvo en la prueba de corte evidenciándose mayor cantidad de granos

¹Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnología, Programa de Maestría en Agroindustria, Mención Gestión de Calidad y Seguridad Alimentaria, Manta, Ecuador, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1850-0217>.

²Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad Ciencias de la Vida y Tecnológicas, Manta, Ecuador, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1131-6460>.

³Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Agrociencias, Chone, Manabí, Ecuador, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0377-1930>.

⁴Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencia de la Industria y Producción, Ingeniería en Alimentos, Quevedo, Ecuador, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9446-1267>.

⁵Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencia de la Industria y Producción, Ingeniería en Alimentos, Quevedo, Ecuador, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6127-2307>.

⁶Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Industrias Pecuarias, Chimborazo, Ecuador, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5541-62239>.

fermentados en cacao CCN-51, según la normativa INEN 176, con respecto al análisis sensorial el tratamiento que tuvo mayor aceptabilidad es CCN-51 fermentado en cajas Rohan. Esta investigación tiene como propósito mejorar la fermentación de cacao sobre la calidad física y sensorial de las barras de chocolate.

Palabras clave: Chocolate, fermentación, postcosecha, sensorial, variedad

ABSTRACT: Cocoa is one of the most important raw materials globally, serving as the economic backbone for small and medium-sized farmers. The present research aims to assess the use of Jackfruit extract (*Artocarpus Heterophyllus*). The incidence of the current issue is that the fermentation and post-harvesting method of cocoa beans is a crucial factor in determining the physical and sensory quality of the almond. Seeking to eliminate mucilage and chemical changes in cocoa, a lack of cocoa fermentation adversely affects the sensory quality of the almonds. A Completely Randomized Bifactorial Design was applied, with the first factor being Cocoa Types (Nacional and CCN-51), and the second factor being Jackfruit extract in three applications (0%, 2.0%, and 4.0%). This design consisted of 6 treatments and 3 repetitions, totaling 18 study objects. Morphological evaluation of the fruit and physicochemical evaluation of cocoa beans (Temperature, pH, °Brix) were conducted. The fermentation incidence was assessed through a cut test. The initial variables showed statistical differences, with CCN-51 cocoa exhibiting higher efficiency. However, the best treatment was Nacional cocoa fermented in Rohan-type micro-fermentation boxes. This trend was consistent in the cut test, revealing a higher quantity of fermented beans in CCN-51 cocoa. According to INEN 176 regulations, the sensory analysis indicated that the treatment with the highest acceptability was CCN-51 fermented in Rohan boxes. The purpose of this research is to enhance cocoa fermentation for improved physical and sensory quality of chocolate bars.

Keywords: Chocolate, fermentation, post-harvest, sensory, variety

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 unos de los frutos más cultivados en el Ecuador por su calidad y propiedades sensoriales que lo hace único en el mundo (1).

El cacao es el único árbol que puede producir cacao, estas almendras de cacao son muy apetecibles por los chocolateros para la producción de chocolate, este puede ser fino aromático, caracterizado por notas sensoriales florales y afrutada, puede describirse como cacao estándar con un aroma y amargor más pronunciados (2).

UTILIZACIÓN DE EXTRACTO DE JACKFRUIT (*ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS*) COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL GRANO DE CACAO

Esta materia prima cumple un eje importante en el desarrollo económico del Ecuador, en conjunto del banano y la industria petrolera, Ecuador fue el primer exportador de cacao a nivel mundial, actualmente se ubica como el tercer exportador de cacao al mundo aumentando el número uno en exportación (3).

La domesticación del cacao por lo general se ha sostenido que la localidad de su origen del (*Theobroma cacao* L.) se hallaba en Mesoamérica, en puntos entre México, Guatemala y Honduras, sus usos tienen alrededor de 2000 años a.C. (4); en la actualidad se han realizado investigaciones que presentan que al menos una variedad de cacao su origen se encuentra en la región de la alta Amazonia en el cantón de la provincia de Zamora Chinchipe, el cacao ha sido utilizado por las localidades desde tiempos ancestrales alrededor de 5000 años inclusive antes de la llegada de los españoles (5).

La producción del cacao es manejado por los medianos y pequeños agricultores lo cual es el sustento de trabajo tanto de manera directa e indirecta para no menos de 600.000 ecuatorianos, cuyos medios de subsistencia se basan gran parte en los ingresos provenientes de la producción de cacao, en la actualidad la producción de cacao se ve con mayor estándares de calidad para satisfacer las demandas globales de cacao producido de forma sostenible, no obstante cumplir con requisitos sociales y ambientales en constante aumento (6).

Ecuador posee una gran biodiversidad para la producción de cacao, la variedad Nacional o Fino de Aroma es utilizada por los fabricantes de chocolate a nivel mundial, también en la localidad se produce la variedad clonada conocida como CCN-51 debido a su resistencia y por el monocultivo, las almendras de cacao (*Theobroma cacao* L.), poseen un elevado contenido energético y son fuentes de vitaminas, minerales y antioxidantes (7), este alimento funcional en la prevención y actuando como prevención de enfermedades cardiovasculares (8).

La cosecha de esta materia prima se requiere evaluar si la mazorca ha alcanzado un nivel de madurez adecuado (9), a pesar de realizar una cosecha no adecuada en una etapa de fermentación puede generar pérdidas significativas para los agricultores y la reputación de la misma, lo cual imposibilita la venta y comercialización en los centros de acopio de los granos de cacao que no cumplan con los estándares mínimos de calidad (10).

Durante la fase de fermentación ocurren una serie de reacciones bioquímicas que se producen en las almendras de cacao (11), por lo cual es necesario para la inducción a las características de los productos de cacao, los días de fermentación puede variar según la variedad, en el caso del cacao CCN-51 son 6 días de fermentación (12), cumpliendo las etapas alcohólicas, acética y oxidativa, la temperatura no debe ser superior a 50 °C, ya que el grano se ve afectando, caso contrario ocurrió si la temperatura no es superior a 40°C los granos de cacao no desarrollarían las cualidades sensoriales, posterior un secado adecuado al sol para bajar la humedad de 6 a 8% (13).

(14), en su investigación encontró que la aplicación de extractos de frutas como el banano que poseen contenidos de *polifenol oxidasa* y levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) mejora la calidad

UTILIZACIÓN DE EXTRACTO DE JACKFRUIT (*ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS*) COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL GRANO DE CACAO

fermentativa de los granos de cacao y además las cualidades sensorial, además la aplicación acelera la fermentación y se evidencio la calidad de granos fermentados según la norma NTE INEN, 176 (15), disminuyendo los granos violeras y mohosos.

Los autores (16) indican que el proceso de fermentación en cajas Rohan mejora los granos de cacao obteniéndose mayor cantidad de granos fermentados y recomienda la aplicación de extractos de frutas. (17) en su estudio el efecto de la adición de pulpa de maracuyá y banano como coadyuvante en la fermentación de granos de cacao.

En el estudio de (18) en la inclusión de mucilago de cacao (*Theobroma cacao* L.) como estabilizante en néctar de Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*), se determinó que el néctar de Jackfruit posee cualidades organolépticas muy apetecibles para los catadores, posee propiedades nutritivas adecuadas para una fermentación. Por tal razón en la presente investigación se pretende como objetivo principal utilizar el extracto de Jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) como estrategia para mejorar la calidad del grano de cacao.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización: La presente investigación se realizó en la finca “Las Juanas” ubicada en el Recinto El Limón de la Provincia de Guayas donde se realizaron la recolección de las mazorcas de cacao de la variedad CCN-51 y Nacional con coordenadas -Long 0.971058, y Lat -79692512 y la obtención del fruto Jackfruit en la Ciudad de Quevedo Provincia de los Ríos, ubicado cuyas coordenadas son: Long -1.029539, y Lat -79.442931.

Diseño de la investigación: En la presente investigación se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con un modelo bifactorial de 6 tratamientos por 3 repeticiones dando un total de 18 objetos de estudio, el primer factor corresponde las variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.) (Nacional y CCN-51), como segundo factor se utilizó el extracto del Jackfruit (0, 2.0 y 4.0%); para comparar la diferencia estadística se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p \leq 0.05$) para determinar si existió igualdad o diferencia en los objetos de estudio.

Tabla 1: Factores y niveles de estudio

	Factor A Variedad de Cacao		Factor B Extracto de Jackfruit
a0	Cacao Nacional	b0	0.00%
		b1	2.0%
a1	Cacao CCN-51	b2	4.0%

Arreglo de tratamientos

UTILIZACIÓN DE EXTRACTO DE JACKFRUIT (ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS) COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL GRANO DE CACAO

Tabla 2: Arreglo de los tratamientos

NUMERO	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
1	T1 a ₀ b ₀	Cacao Nacional adicionando el extracto de Jackfruit al 0%
2	T2 a ₁ b ₀	Cacao Nacional adicionando el extracto de Jackfruit al 2.0%
3	T3 a ₂ b ₀	Cacao Nacional adicionando el extracto de Jackfruit al 4.0%
4	T4 a ₀ b ₁	Cacao CCN-51 adicionando el extracto de Jackfruit al 0%
5	T5 a ₁ b ₁	Cacao CCN-51 adicionando el extracto de Jackfruit al 2.0%
6	T6 a ₂ b ₁	Cacao CCN-51 adicionando el extracto de Jackfruit al 4.0%

Tablas de ANDEVA: Para el análisis de ANDEVA, para comparar las medidas obtenidas se aplicó una prueba de rangos múltiples de Tukey a la probabilidad ($p \leq 0.05$), se empleó el uso del software libre de InfoStat.

La interpretación de los datos experimentales y estadísticos se llevó a cabo a través de la aplicación del Esquema de ANDEVA de la siguiente forma como se visualiza en la Tabla 3.

Tabla 3: Análisis de varianza de la Investigación

F. V		G. I	
Tratamiento	axb-1	5	
Factor A	(a-1)		1
Factor B	(b-1)		2
Int. AxB	(a-1)(b-1)		2
E. Experimental	axb(r-1)	12	
Total	axb(r-1)	17	

Modelo Matemático

Ecuación 1. Modelo matemático.

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + E_{ijk}$$

μ = Es el efecto de la media.

α_i = Es un efecto de nivel “i-ésimo” del factor A.

β_j = Es un efecto del nivel “jota-ésimo” del factor B.

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Es un efecto debido a la interacción del “i-ésimo” nivel del factor A con el “jota-ésimo” nivel del factor B.

E_{ijk} = Es un efecto aleatorio (18).

Instrumentos de investigación

Análisis Físicoquímicos

Morfología de las mazorcas de cacao

Temperatura

pH

Grados Brix

Humedad

Análisis organoléptico

Sabor

Color

Olor

Aceptabilidad

Astringencia

Variables estudiadas

Ejecución de la Postcosecha

Obtención de la materia prima de las mazorcas de cacao

Al momento de realizar la cosecha o la recepción de la materia prima de las mazorcas de cacao se tomó en cuenta que los frutos estén libres de Monilla (*Moniliophthora roreri*) lo cual puede perjudicar al proceso de fermentación y producto final de la elaboración de chocolate.

Para la presente investigación se cosecho las mazorcas de la variedad de cacao Nacional y CCN-51, sin confundir los granos de cacao.

Determinación morfológica de las mazorcas de cacao

Peso de la mazorca

Se realizó la toma del peso del fruto del cacao cosechados por lo que se lo dividió el peso para el número de mazorcas sanas.

Número de almendras por mazorcas

Se procedió a contar de manera directa el número de los granos de cacao por cada fruto y se realizó el promedio respectivo para la obtención de esta variable.

Largo de la mazorca de cacao

Para el tamaño del largo que corresponde en el intervalo desde la parte de la base en la unión del pedúnculo de la mazorca hasta llegar al ápice de la misma, se realizó la medición del con el instrumento escuadra métrica y hoja centimetrada para la medición del mismo.

Diámetro de la mazorca de cacao

Se procedió a realizar un corte en el centro “mitad” de la mazorca de cacao con la ayuda de una regla se realizó la toma de datos de esta variable.

UTILIZACIÓN DE EXTRACTO DE JACKFRUIT (ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS) COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL GRANO DE CACAO

Extracción de los granos de cacao

Una vez que se obtuvieron las mazorcas necesarias, se procedió a realizar el proceso de despulpado, que implica separar el grano de cacao de la parte carnosa "Placenta" que lo rodea el fruto. Posteriormente se realizó un corte longitudinal o transversal para la extracción de las almendras de cacao. A la vez despulpadas las almendras de cacao se separaron en tachos limpios. Las cuales se colocaron en las celdas de las micro fermentadoras que cada celda puede abastecer hasta 2 kg de masa fresca de cacao.

Proceso Fermentativo

Posteriormente los granos de cacao, se procedió a colocar en cajas micro fermentadoras fabricadas con guayacán blanco, que posee una capacidad de 30 espacios con dimensiones de 125*75*10 centímetros, mismos que se ocuparon solo 18 celdas de la caja micro fermentadora lo cual se requirió 2 kilogramos de almendra de cacao, teniendo un total de 36 kg de masa almendras frescas de cacao, lo cual solo consto de 4 días de estudio para ambas variedades de cacao, se procedió a la toma de las variables: Temperatura, pH, °Brix.

Adición de Extracto de fruta Jackfruit

Preparación del extracto de Jackfruit

Se utilizó el extracto del Jackfruit como potencial para el mejoramiento postcosecha "Fermentación" se utilizó en dosis de 0, 2.0 y 4.0 % (0, 40, 80 mL), para determinar el efecto en la calidad de la almendra de cacao, para la elaboración se realizó un licuado de (pulpa de Jackfruit), se requirió de 2.700 g de Jackfruit de los que se aplicó 150 g adicionando 200 mL de agua destilada por cada tratamiento 200 mL a una temperatura inferior a 40°C.

Remociones

Se procedió a realizar remociones adecuadas con el objetivo que haya una fermentación optima, estas remociones es de vital importancia para que exista fermentación homogénea, cuya temperatura no debe exceder mayor a 50°C ni menor a 40°C debe subir la temperatura de manera paulatina por motivo que puede existir una sobre fermentación, la primera remoción se lo realizó después de las primeras 24 horas después de la aplicación del extracto de Jackfruit, posterior a este día se realizó dos veces por día las remociones por los días restantes de estudio.

Determinación de pH

Para poder determinar el pH se utilizó 10 g de almendras de cacao, estas fueron trituradas y posterior diluidas en 10 mL de agua destilada a una temperatura de 40°C teniendo a estar tibia, en un vaso de vidrio, este proceso se repitió a los tratamientos de estudio y sus respectivas repeticiones, cada toma de esta variable fue por los 4 días de estudio, con ayuda de un pH-metro (19).

Determinación de °Brix

Para la medición de esta variable se necesitó un Brixometro, se procedió a tomar 10 g de almendras de cacao al azar posteriormente se maceró en 10 mL de agua destilada tibia, se debe colocar de 1 - 3 gotas de la solución obtenida, el equipo con marca OPTi+ antes de la aplicación de las gotas de la muestra se calibro dejándolo en 0.00, para asegurar la toma correcta de la muestra de los diferentes tratamientos y sus repeticiones (20).

Determinación de Temperatura

La toma de temperatura es vital para que exista una actividad fermentativa adecuada lo cual se controló que no sea superior a 50 °C ni estar por debajo del valor de 45 °C, para su medición se requirió de un termómetro para la toma de esta variable (21).

Secado de las almendras de cacao

Ya culminado el proceso de fermentación esta etapa importante para la calidad del grano donde existe el desarrollo de precursores de aroma y sabores y calidades sensoriales, se realizó el secado de las almendras de cacao directa del sol de tal modo de forma cuidadosa sin que exista una mezcla de los granos de cacao ya que están sometidos a varias adiciones y tipos de fincas (22).

El secado del cacao se efectuó en superficies de madera la cual fue adecuado para esta práctica; no debe colocarse sobre cualquier superficie debido a la contaminación de agentes externos, las almendras de cacao deben tener remociones adecuadas y constante para que exista un secado homogéneo que normalmente oscila en un periodo de días de 7-8 días al sol, con la finalidad que tengan un porcentaje adecuado de humedad siendo estos de 6 a 8% (23).

Almacenamiento de las almendras de cacao

Para el secado se procedió a guardar las almendras de cacao en bolsas de papel con una humedad de 7 % (24)(25).

Índice de mazorca

Esta variable indica el número de frutos de cacao requeridos (20 mazorcas) que se necesita para obtener 1 Kg de cacao seco según la ecuación: (26) (27).

Ecuación 1. Ecuación. Índice de semilla

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

Índice de semilla

Se realizó la toma de la variable de índice de semilla, para lo cual se tomó 100 almendras de cacao estas deben estar fermentadas y secas (28).

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

Se obtuvo por medio del peso de las almendras de cacao las cuales se pesaron en una balanza analítica de precisión con una cantidad de cacao que es considerable de 30 g de cacao (29) (30). 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

Este valor se obtuvo al seleccionar al azar 100 almendras de cacao, se pesaron en una balanza analítica de precisión, con ayuda de un estilete se realizó un corte transversal en las habas secas la evaluación se realizó por medio de un test observatorio, se utilizó la normativa y lineamientos de clasificación de la normativa INEN 176/2018 (29) (31).

Peso de habas de cacao en 100 gramos.

En este apartado se realizó aleatoriamente tomadas al azar 100 g que posteriormente se tomó el número de almendras para completar los 100 g (23).

Humedad

Al momento de tener las almendras secas y fermentadas se procedió a medir esta variable de humedad que es de punto clave para el almacenamiento debe ser un máximo de 7% de humedad y un mínimo de 6% por motivo comercial no rentable para la industria cacaotera al ser inferior a estos porcentajes mencionados afectando su precio y sus características para procesar y tener un chocolate de baja calidad, el instrumento que se utilizó para medir la humedad interna del grano fue el AQUA BOY III, por ser adecuado específicamente para granos y de prioridad de cacao, se coloca la muestra de las habas de cacao en el sensor y se procede a dar lectura según el manual del equipo y su modelo (32).

Muestreo método cuartil

Dicho método se realizó para clasificar al azar almendras de cacao dividiéndolas en 4 cuadrantes homogéneos ejemplo (1,2,3,4), se procedió a descartar extremos aleatorio al azar hasta alcanzar una muestra pequeña reducida repitiendo al menos dos veces el mismo proceso hasta tener aproximadamente 100 g de almendras secas fermentadas de cacao, este método fue utilizado de la normativa INEN 175 previo a la prueba de corte (32), de igual manera se utilizó para el análisis de cadmio ver la imagen en Anexos (33).

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.

UTILIZACIÓN DE EXTRACTO DE JACKFRUIT (ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS) COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL GRANO DE CACAO

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.

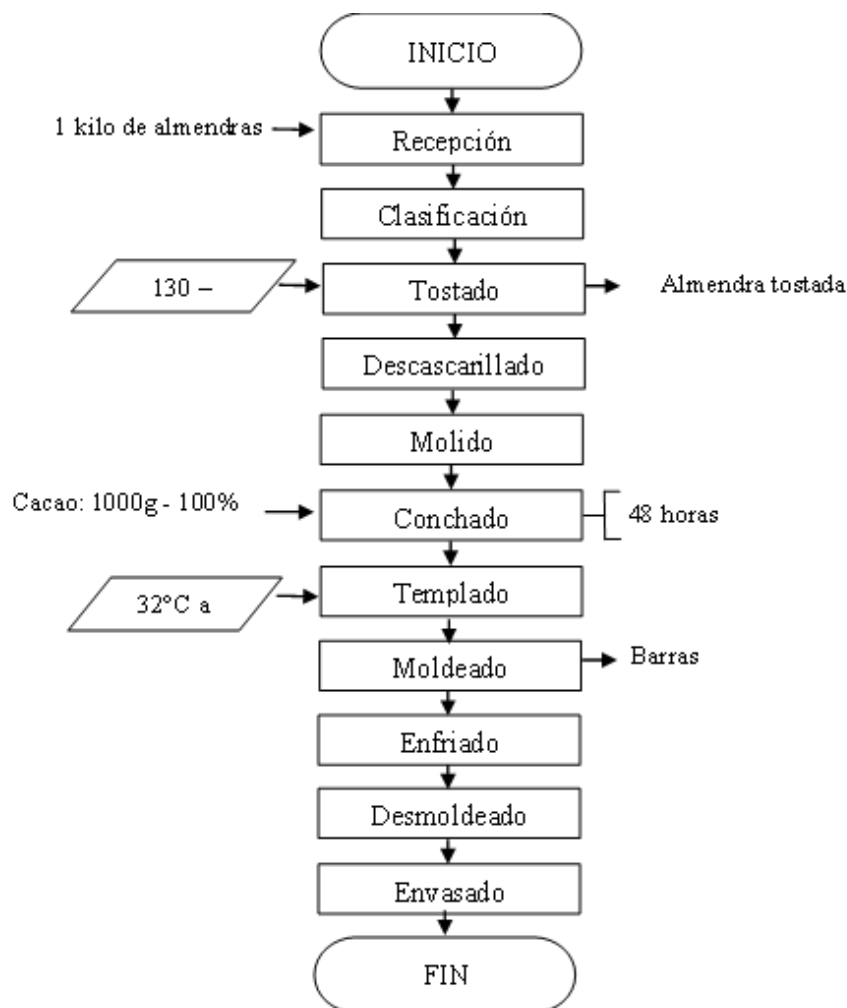


Figura 1: Diagrama del proceso de elaboración de pasta de cacao

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 de 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 a 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 el 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

UTILIZACIÓN DE EXTRACTO DE JACKFRUIT (ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS) COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL GRANO DE CACAO

RESULTADOS

VARIABLES INICIALES

En la tabla 4, se muestran los factores del extracto de Jackfruit con respecto a las variables de estudio presentaron diferencia estadística significativa según la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0.05$) lo cual tuvo mayor desempeño el cacao de la variedad CCN-51 a diferencia del cacao Nacional en (Peso de mazorca, largo lomo, cascara, Numero de almendras y Peso de almendras).

Tabla 4: Efecto de la interacción del extracto de Jacfruit en los aspectos físicos iniciales de la mazorca de cacao

Factor		Variable					
Variedad	Extracto de Jacfruit	Peso de Mazorca	Largo Lomo	Ancho	Cascara	Nº de almendras	Peso de almendras
Nacional	0	591,66	19,66	7,00	444,33	42,33	147,33
Nacional	2	591,33	20,66	7,00	448,33	41,66	143,00
Nacional	4	593,33	22,33	7,16	449,00	40,00	144,33
CCN51	0	677,33	23,00	7,33	513,66	48,00	163,66
CCN51	2	684,66	23,00	7,33	520,33	50,66	164,33
CCN51	4	692,00	23,66	7,43	520,66	50,33	171,33
EEM ±		2,57	0,25	0,10	3,87	4,06	2,60
Probabilidad	Variedad	<0,0001*	<0,0001*	0,0435	<0,0001*	0,0435*	0,0001*
	Extracto de Jackfruit	0,2240	0,0065	0,6691	0,6395	0,6691	0,6591
	Variedad*Extracto de Jackfruit	0,3702	0,1076	0,9744	0,9769	0,9744	0,5135
	CV	1,21	3,38	4,06	2,91	2,41	5,00

VARIABLE FÍSICA TEMPERATURA

Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo

Riobamba – Ecuador
 Cel: +593 97 911 9620
 revisinvestigo@gmail.com

UTILIZACIÓN DE EXTRACTO DE JACKFRUIT (ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS) COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL GRANO DE CACAO

En la (Tabla N°7) se muestra que existe un incremento de manera accedente lineal creciente, lo cual en la temperatura inicial (Temp0) presentó diferencia estadística significativa según la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0.05$) el cacao Nacional su temperatura fue mayor; en (Temp1) tuvo un comportamiento significativo en cuestión a mayor inducción de extracto de Jackfruit, de manera que en (Temp2) mantuvo la misma instancia por el uso del extracto en cacao Nacional una temperatura mayor; no obstante los dos últimos días de estudio (Temp4 y Temp5) hubo una diferencia estadística altamente significativa por el uso del extracto a mayor aplicación del 4.0% en cacao Nacional en la etapa postcosecha.

Tabla 5: Efecto de la interacción del extracto de Jacfruit en los aspectos sobre las variables temperatura en el periodo fermentativo

Factor		Variable					
Variedad	Extracto de Jackfruit	Temp0	Temp1	Temp2	Temp3	Temp4	Temp5
Nacional	0	31,40	33,66	35,66	37,33	39,00	42,33
Nacional	2	31,66	35,66	38,66	41,00	43,33	46,33
Nacional	4	31,20	36,33	39,00	42,66	45,00	48,66
CCN51	0	29,26	33,66	36,33	37,00	38,66	43,33
CCN51	2	29,40	35,33	38,33	40,66	43,66	47,33
CCN51	4	29,50	35,33	38,00	42,00	44,33	47,00
EEM ±		0,14	0,19	0,16	0,14	0,16	0,22
Probabilidad	Variedad	<0,0001 *	0,1284	0,3370	0,0395 *	0,3370	0,7298
	Extracto de Jackfruit	0,6590	0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *
	Variedad*Extrcto de Jackfruit	0,4848	0,3444	0,0302 *	0,7230	0,2153	0,0062 *
CV		1,36	1,65	1,25	1,02	1,11	1,45

Grados Brix

El evento que se observa en la (Tabla 6) con respecto a la variable de °Brix en el grado de fermentación de las almendras de cacao, en el (°Brix0) existió diferencia altamente significativa según la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0.05$) el cual más sólidos solubles presentó el cacao CCN-51 (37.33) a diferencia del nacional (31.83), en de manera que ha mayor aplicación de extracto de Jackfruit a 4.0% el sólido soluble son consumidos por la actividad microbiológica de actividad fermentativa lo cual disminuye los °Brix, de (36,33 a 7,66) en cacao CCN-51.

UTILIZACIÓN DE EXTRACTO DE JACKFRUIT (ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS) COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL GRANO DE CACAO

Tabla 6: Efecto de la interacción del extracto de Jackfruit en los aspectos sobre las variables sólidos solubles en el periodo fermentativo

Variedad	Extracto de Jackfruit	Variable					
		Brix0	Brix1	Brix2	Brix3	Brix4	Brix5
Nacional	0	31,50	24,66	20,33	17,33	16,00	13,66
Nacional	2	31,83	20,33	18,33	14,00	13,00	11,00
Nacional	4	31,66	19,33	16,66	13,33	11,00	6,00
CCN51	0	37,00	24,33	21,00	16,33	14,00	12,33
CCN51	2	37,33	21,66	19,00	14,66	12,66	9,66
CCN51	4	36,33	18,66	17,66	11,66	10,00	7,66
EEM ±		0,21	0,19	0,21	0,18	0,16	0,28
Probabilidad							
	Variedad	<0,0001 *	0,6903	0,0213 *	0,0199 *	0,0003 *	0,4216
	Extracto de Jackfruit	0,3029	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *
	Variedad*Extracto de Jackfruit	0,4350	0,0241 *	0,8683	0,0068 *	0,0302 *	0,0139 *
CV		1,82	2,69	3,31	3,62	3,69	8,45

pH

En la variable de pH (Tabla 5) en efecto de la fermentación en el (pH0) presentó diferencia estadística a ($P \leq 0.05$) de Tukey en la variedad de cacao con mayor pH inicial fue Nacional, con respecto a los demás días de estudio (pH1, pH2, Ph3, pH4 y pH5) presentaron una diferencia altamente significativa en cuestión de la prueba de rangos múltiples de Tukey siendo el cacao CCN-51 con mayor pH a diferencia del cacao Nacional.

UTILIZACIÓN DE EXTRACTO DE JACKFRUIT (ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS) COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL GRANO DE CACAO

Tabla 7. Efecto de la interacción del extracto de Jackfruit en los aspectos sobre las variables de pH en el periodo fermentativo

Variedad	Extracto de Jackfruit	Variable					
		pH0	pH1	pH2	pH3	pH4	pH5
Nacional	0	3,83	4,08	4,21	4,33	4,46	4,61
Nacional	2	3,89	4,23	4,52	4,64	4,73	5,14
Nacional	4	3,88	4,33	4,68	4,79	4,94	5,51
CCN51	0	3,82	4,01	4,15	4,29	4,44	4,91
CCN51	2	3,64	4,23	4,52	4,63	4,85	5,29
CCN51	4	3,55	4,31	4,67	4,83	4,95	5,64
EEM ±		0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02
Probabilidad							
Variedad		0,0001 *	0,2044	0,1995	0,8928	0,2249	<0,0001 *
Extracto de Jackfruit		0,0561	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *
Variedad*Extracto de Jackfruit		0,0068 *	0,4836	0,3527	0,1946	0,1551	0,0550
CV		1,89	1,04	0,78	0,75	1,32	1,22

Variabes físicas (prueba de corte).

En la (Tabla N°8) correspondiente a todos los factores y variables estudiadas de la prueba de corte, podemos observar que en Índice mazorca existió diferencia estadística significativa en la prueba de rangos múltiples de Tukey ($P \leq 0.05$) cual valor mayor fue de la variedad Nacional; el mismo comportamiento presentó la misma variedad en la variable Peso Seco, Índice de semilla hubo diferencia estadística, el valor mas alto corresponde a cacao CCN-51; tanto las variables de (%Testa, %Cotiledón, Fermentados y violetas) hubo una actividad estadística a mayor concentración del extracto de Jackfruit 4.0%, mejorando la calidad fermentativa de los granos de cacao aumentando mayor granos fermentados y menor cantidad o presencia de granos violetas, es de resaltar que no hubo presencia de granos pizarrosos o mohos en este estudio de investigación.

UTILIZACIÓN DE EXTRACTO DE JACKFRUIT (ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS) COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL GRANO DE CACAO

Tabla 8. Efecto de la interacción del extracto de Jacfruit en los aspectos sobre las variables de sobre las variables físicas (prueba de corte).

Factor		Variable							
Variedad	Extracto de Justicia	IM	Peso Seco	IS	%Testa	%Cotiledón	Fermentados	Violetas	Humedad
Nacional	0	21,00	988,66	1,62	12,69	87,30	66,00	34,00	7,33
Nacional	2	21,00	979,66	1,48	12,69	86,40	84,66	16,66	7,03
Nacional	4	21,66	981,33	1,85	10,00	90,00	88,33	11,66	7,00
CCN51	0	19,33	966,00	1,55	13,37	86,62	65,00	35,00	7,33
CCN51	2	20,33	953,33	1,51	15,03	84,97	86,66	13,33	7,13
CCN51	4	20,33	948,33	1,64	10,66	89,33	89,66	10,33	7,00
EEM ±		0,18	8,09	0,03	0,30	0,30	0,76	0,71	0,09
Probabilidad	Variedad	0,002 *	0,0354 *	0,0509	0,0492 *	0,0492 *	0,4841	0,2478	0,7992
	Extracto de Jackfruit	0,1328	0,6519	0,0005 *	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *	<0,0001 *	0,1287
	Variedad*Extracto de Jackfruit	0,1328	0,9252	0,0611	0,7304	0,7034	0,5099	0,2521	0,9349
	CV	2,55	2,50	4,86	7,16	1,03	2,85	10,58	3,81

Análisis Sensorial

En efecto de la elaboración del producto final según la prueba de cata, se puede observar la (Tabla 9) de las variables sensoriales, presentó diferencia estadística significativa en la nota aroma con mayor inducción del extracto de Jackfruit en el proceso fermentativo, la nota Acidez y Amargor tuvo un comportamiento altamente significativo en las variables estudiadas en cacao CCN-51, la nota sensoriales como (Nuez, Fruto seco, Floral, Intensidad y color) se observó una interacción significativa en cuestión de los factores de estudio de cacao CCN-51.

UTILIZACIÓN DE EXTRACTO DE JACKFRUIT (ARTOCARPUS HETEROPHYLLUS) COMO ESTRATEGIA PARA MEJORAR LA CALIDAD DEL GRANO DE CACAO

Tabla 9. 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
Nacional	0	2,96	2,00	4,56	2,88	2,00	1,00	3,00	3,00	3,64
Nacional	2	4,28	1,00	5,00	2,96	3,08	4,00	4,56	5,00	4,28
Nacional	4	4,92	1,00	5,00	5,00	4,48	4,40	5,00	5,00	4,80
CCN51	0	3,00	2,48	3,00	2,36	2,00	2,00	2,88	2,72	3,44
CCN51	2	4,20	1,00	5,00	3,44	3,28	3,40	4,16	4,12	4,48
CCN51	4	5,00	1,00	5,00	4,92	5,00	4,00	4,88	4,52	4,76
EEM ±		0,04	0,02	0,02	0,04	0,04	0,05	0,04	0,04	0,05
Probabilidad	Variedad	0,8169	<0,0001 *	<0,0001 *	0,5258	<0,0001 *	>0,9999	0,0002 *	<0,0001 *	0,8622
	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
CV		8,67	14,73	4,50	10,72	9,77	14,57	8,37	7,66	11,09

Discusión: Granda et al (34), estos investigadores mencionan que las variables iniciales como son (Peso de Mazorca, Largo Lomo, Ancho, Cascara, Numero de almendras y Peso de almendras) está regido en base a la variedad del cacao, condiciones climáticas, como la estación del año y nutrientes del árbol (35). Menciona Marca (36) que los parámetros morfológicos dependen de factores tales como: la parte geográfica, la variedad y el estado de la mazorca de cacao; Amador et al (37) menciona que el peso del fruto de la mazorca de cacao Nacional es de 588.06 gramos, el largo del fruto 17.04 y además el número de semillas de 30.86, lo cual en la presente investigación tiene un valor mayor en el sentido que puede variar por factores ambientales y de región. Montaleza et al (38) en su investigación tuvo resultados que sea asemejan a los encontrados en cacao CCN-51, de la misma manera reafirma que estos valores puedes variar por la localidad o país.

Según Vera et al (15), sugiere que el aumento de la temperatura debe ser gradual para garantizar la realización de los procesos químicos y la inactivación del embrión de cacao. Es crucial mantener una temperatura adecuada que no exceda los 50°C, ya que temperaturas más elevadas podrían afectar la calidad del grano de cacao y dar lugar a una "sobre fermentación" en el licor. Por otro lado, temperaturas por debajo de 40°C no cumplirían con los requisitos necesarios para lograr una fermentación apropiada, lo que podría afectar negativamente los parámetros de calidad. En relevancia según Vásquez et al (39) en su investigación en cacao Nacional en cajas microfermentadoras Rohan que una temperatura inicial adecuada es 28°C por lo tanto no debe ser superior a 50°C, guardando relación con la presente investigación.

Menciona Intriago et al (40), que en la fase de postcosecha, se observa una disminución progresiva de los sólidos solubles (°Brix) con el tiempo. Esto se atribuye a la actividad de los microorganismos durante la fermentación, ya que consumen los azúcares, contribuyendo así a mantener un proceso de fermentación apropiado y preservar la calidad de la almendra de cacao. Los autores Alvarado et al (41) en su estudio indican que un pH adecuado debe estar en un rango inicia de 3.0 y llegar a 5,5 para que se desarrolle los precursores de sabores.

Referente Álvarez et al (42), se destaca que la evaluación de la calidad del grano y la adecuación de la fermentación se logran mediante la ejecución de la prueba de corte, que permite determinar la calidad de las almendras de cacao, la Norma 176-5 (14) menciona que es apropiado realizar esta prueba antes de realizar un licor de cacao, por lo cual si existen almendras violetas pueden afectar la calidad y sabores no deseados, una humedad adecuada debe estar en un rango entre 6 a 8% para que no exista presencia de mohos.

Según Alvarado et al (41), indica que las cajas micro fermentadores en cajas de maderas blancas tipo Rohan permite al desarrollo de precursores de aroma, lo que evita que se contamine los granos de cacao, Erazo et al (19) al realizar su investigación en la fermentación de cacao en cajas de madera blancas encontró que en la evaluación de las propiedades sensoriales del licor de cacao elaborado artesanalmente los cuales encontraron los valores a cacao los cuales son similares al presente estudio y a su vez a desarrollar notas sensoriales adecuadas, además el color marrón se debe al proceso oxidativo.

Según Vásquez et al (43) el tipo de fermentación aplicado en la postcosecha de las almendras de cacao determinará la calidad sensorial desarrollando aroma, sabor, color resultante del licor de cacao, empezando por una fermentación microbiológica donde tiene una actividad de transformación de procesos químicos para obtener un licor de cacao.

Con respecto a lo encontrado por Bravo et al (44), en los estudios elaborados asegura que los valores tienden a variar por las condiciones ambientales o la influencia del secado lo cual puede quedar atrapados una mayor cantidad de ácidos volátiles.

Con respecto en el estudio realizado por Vásquez (39) en la utilización de polifenol oxidasa de frutas (banano) ayudó a que exista un mejoramiento adecuado en la etapa fermentativa de las almendras de cacao, donde se evidencio la calidad en la prueba de corte a mayor aplicación mejor grado fermentativo, según de cata mencionaron que presentó un sabor característico a canela mejorando sus notas sensoriales “organolépticas”.

En el mismo contexto Vásquez et al (43) efectuaron un estudio utilizando extractos de banano y manzana para mejorar la calidad fermentativa de las almendras de cacao, dando resultados muy significativos tanto en los parámetros de las variables en el estadio fermentativo como a su vez en la prueba, teniendo mayor cantidad de almendras bien fermentadas de tal modo disminuyendo almendras violetas, lo cual tiene concordancia con los resultados de la presente investigación, el autor sugiere que la utilización de extractos de frutas es adecuado utilizar en la etapa fermentativa de los granos de cacao.

CONCLUSIONES

Al analizar la calidad fermentativa de las almendras de cacao según la Normativa INEN 176:2018, indica que la calidad de granos de cacao aplicados el extracto de Jackfruit se alcanzó una mejoría en la etapa de fermentación, lo cual se evidencia en la prueba de corte, la aplicación de mayor concentración del extracto mejora las propiedades fisicoquímicas (pH, temperatura, °Brix) además proporcionando notas sensoriales adecuadas según los panelista tuvieron preferencia a la barra de chocolate de mayor concentración de extracto Jackfruit, lo cual da oportunidad en el campo de investigación en la industria agroalimentaria, evitando perdidas por una fermentación no adecuada de las almendras de cacao.

CONTRIBUCIONES DE AUTOR

Conceptualización, curación de datos, análisis formal, investigación, metodología, supervisión, validación, redacción -borrador original, redacción -revisión y edición: Vásquez-Cortez, L. H*., Rivadeneira-Barcia, Intriago-Flor, F. G., C. S., Durazno Delgado, L. A., Vera-Chang, J. F., Arboleda-Álvarez Vaca-Orbea, L. F.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios Padre y al bello grupo de investigación, a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí y la Universidad Técnica de Manabí, un agradecimiento especial a Mariana de Jesús Cortez Freire, Marco Antonio Vásquez Orquera, Mathias Damián Alvarado Vásquez y Mateo Israel Alvarado Vásquez.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Souza P, Moreira L, Sarmiento D, Costa F. Cacao—Theobroma cacao. Exot Fruits [Internet]. 2018;9(2):69–76. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128031384000101>
2. Llerena W, Samaniego I, Vallejo C, Arreaga A, Zhunio B, Coronel Z, et al. Profile of Bioactive Components of Cocoa (Theobroma cacao L.) By-Products from Ecuador and Evaluation of Their Antioxidant Activity. Foods [Internet]. 2023;12(13):1–18. Available from: <https://www.mdpi.com/2304-8158/12/13/2583>
3. Abad A, Acuña C, Naranjo E. El cacao en la costa ecuatoriana: estudio de su dimensión cultural y económica. Estud la gestión Rev Int Adm [Internet]. 2020;7:59–83. Available from: <https://revistas.uasb.edu.ec/index.php/eg/article/view/1442>
4. Kuhn M, Tennhardt L, Lazzarini G. Gender inequality in the cocoa supply chain: Evidence from smallholder production in Ecuador and Uganda. World Dev Sustain [Internet]. 2023;2(10034):1–29. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772655X22000337?via%3Dihub>
5. Saravia S, Rodríguez A, Saravia J. Determinants of certified organic cocoa production: evidence from the province of Guayas, Ecuador. Org Agric [Internet]. 2019;10:23–34. Available from: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13165-019-00248-4>
6. Tennhardt L, Lazzarini G, Weissshaidinger R, Schader C. Do environmentally-friendly cocoa farms yield social and economic co-benefits? Ecol Econ [Internet]. 2022;197(107428):1–38. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800922000908>
7. Chávez Á, Cueva A, Muñoz V, Document K, Rojas V. Beneficio del cacao clones CCN-51, ICS-39 and Native cacao (Theobroma cacao L.). Rev Agrotecnología Amaz [Internet]. 2022;2(1):1–11. Available from: <https://revistas.unsm.edu.pe/index.php/raa/article/view/255>
8. Perea JA, Cadena-Cala T, Herrera-Ardila J. Artículos Originales El cacao y sus productos como fuente de antioxidantes: Efecto del procesamiento The cocoa and its products as antioxidant source: Processing effect. 2019;
9. Teneda W. Mejoramiento del Proceso de Fermentación del Cacao (Theobroma cacao L.) variedad Nacional y Variedad CCN51 [Internet]. 1st ed. Universidad Internacional de Andalucía. España; 2016. 1–140 p. Available from: <https://core.ac.uk/download/pdf/223061502.pdf>
10. Heredia J, Rueda J, Talero L, Ramírez J, Coronado R. Determinación de la madurez de mazorcas de Cacao, haciendo uso de redes neuronales convolucionales en un sistema embebido. Rev Colomb Comput [Internet]. 2020;21(2):42–55. Available from: <https://revistas.unab.edu.co/index.php/rcc/article/view/4030>

11. Zambrano A, Gómez Á, Ramos G, Romero C, Lacruz C, Rivas E. Caracterización de parámetros físicos de calidad en almendras de cacao criollo, trinitario y forastero durante el proceso de secado. *Agron Trop* [Internet]. 2010;60(4):389–96. Available from: <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v10n4/a08v10n4.pdf>
12. León F, Calderón J, Mayorga E. Estrategias para el cultivo, comercialización y exportación del cacao fino de aroma en Ecuador. *Rev Cienc Unemi* [Internet]. 2016;9(18):45–55. Available from: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=582663825007>
13. Vásquez L, Vera J, Erazo C, Intriago F. Induction of rhizobium japonicum in the fermentative mass of two varieties of cacao (*Theobroma Cacao* L .) as a strategy for the decrease of cadmium. *Int J od Heal Sci* [Internet]. 2022;6(3):11354–71. Available from: <https://sciencescholar.us/journal/index.php/ijhs/article/view/8672/5762>
14. INEN. Granos de cacao. Requisitos NTE INEN 176-5. Norma Técnica Ecuatoriana. 2018;5:8.
15. Vera J, Benavides J, Vásquez L, Alvarado K, Reyes J, Intriago F, et al. Effects of two fermentative methods on cacao (*Theobroma cacao* L.) Trinitario, induced with *Rhizobium japonicum* to reduce cadmium. *Rev Colomb Investig Agroindustriales* [Internet]. 2023;10(1):95–106. Available from: <https://revistas.sena.edu.co/index.php/recia/article/view/efectos-de-dos-metodos-fermentativos-en-cacao-theobroma-cacao-l>
16. Carrión A, Lazo M. Efecto de la adición de pulpa de maracuyá y banano como coadyuvantes en la fermentación de granos de cacao de la variedad CNN-51 [Internet]. Universidad del Azuay; 2019. Available from: <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8684>
17. Intriago F, Macías M, Napa B, Vásquez L, Alvarado K, Revilla K, et al. Inclusion of cocoa (*Theobroma cacao*) mucilage as a stabilizer in jackfruit (*Artocarpus heterophyllus*) nectar. *Agroindustrial Sci* [Internet]. 2023;13(2):75–81. Available from: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/agroindscience/article/view/5444>
18. Vera F, Vera J. Resumen de principios de diseños experimentales [Internet]. 1st ed. Compás G, editor. Guayaquil Ecuador; 2018. 102 p. Available from: <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/3764>
19. Erazo C, Bravo K, Tuárez D, Fernández Á, Torres Y, Vera J. 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. *Rev Investig Talent* [Internet]. 2021;8(2):42–55. Available from: <https://talentos.ueb.edu.ec/index.php/talentos/article/view/280/372>
20. Abreu G, Araujo Q, Valle R. Influencia de factores agroambientales sobre la calidad del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) PH-16 en la región cacaotera de Bahia, Brasil. *Ecosistemas y Recur Agropecu* [Internet]. 2017;4(12):1–18. Available from: <https://www.redalyc.org/journal/3586/358652577018/html/>
21. Morales W, Vallejo C, Sinche P, Torres Y, Vera J, Anzules E. Mejoramiento de las características físico-químicas y sensoriales del cacao CCN51 a través de la adición de una enzima y levadura durante el proceso de fermentación. *Rev Amaz Cienc y Tecnol* [Internet]. 2012;5(2):169–81. Available from: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31173>
22. Bertorelli L, Camacho G, Fariñas L. Efecto del secado al sol sobre la calidad del grano fermentado de cacao. *Agron Trop* [Internet]. 2004;54(1):31–43. Available from:

- [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2004000100003#:~:text=Al finalizar la fermentación del,et al.%2C 1994\)%2C](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2004000100003#:~:text=Al+finalizar+la+fermentaci3n+del,+et+al.%2C+1994)%2C)
23. Vallejo C, Loayza G, Morales W, Vera J. Perfil sensorial de genotipos de cacao (*Theobroma cacao* L.) en la parroquia Valle Hermoso- Ecuador. *Rev ESPAMCIENCIA* [Internet]. 2018;9(2):103–13. Available from: http://revistasespam.espam.edu.ec/index.php/Revista_ESPAMCIENCIA/article/view/160/168
 24. Ortíz K, Guilcapi M. Manual de procesos de centro de acopio de cacao. *Pro Amaz.* 2020;1(1):52.
 25. Saza J, Jiménez F. Determinación de condiciones ambientales para la conservación de granos de cacao (*Theobroma cacao* L) deshidratado durante el almacenamiento. *Sist Prod Agroecol* [Internet]. 2020;11(1):97–125. Available from: <https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/sistemasagroecologicos/article/view/461/821>
 26. Vera J, Vallejo C, Párraga DE, Macías J, Ramos R, Morales W. ATRIBUTOS FÍSICOS-QUÍMICOS Y SENSORIALES DE LAS ALMENDRAS DE QUINCE CLONES DE CACAO NACIONAL (*Theobroma cacao* L.) EN EL ECUADOR. *Cienc y Tecnol* [Internet]. 2015;7(2):21–34. Available from: <https://revistas.uteq.edu.ec/index.php/cyt/article/view/139/153>
 27. Sánchez Mora F, Zambrano Montufar J, Vera Chang JF, Ramos Ramache R, Gárces Fiallos F, Vásconez Montúfar G. Productividad de clones de cacao tipo Nacional en una zona del bosque humedo tropical de la Provincia de Los Ríos, Ecuador. *Rev Fitotec Mex.* 2014;38(3):265–74.
 28. Quintana L, Gómez S, García A, Martínez N. Caracterización de tres índices de cosecha de cacao de los clones CCN51, ICS60 e ICS 95, en la montaña de satandereana, Colombia. *Rev Investig Agrar y Ambient.* 2015;6(1):253–66.
 29. Vallejo C, Vera J, Párraga M, Morales W, Macias J, Ramos R. Atributos físicos-químicos y sensoriales de las almendras de quince clones de Cacao Nacional (*Theobroma cacao* L.) en el Ecuador. *Cienc y Tecnol* [Internet]. 2013;7(2):21–34. Available from: https://www.uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C2_en+construccion.pdf
 30. Batallas M, Preciado M, Pesantez F. Evaluación de cadmio y plomo en almendras de cacao por espectroscopia de absorción atómica. *Cienc Unemi.* 2021;14(37):49–59.
 31. Batista L. Guía técnica el cultivo de cacao. St Domingo, Repub Dominic para el Desarro Agropecu y For CEDAF. 2018;2(1):1–232.
 32. INEN. Cacao en gramo, ensayos de corte NTE INEN 175. *Inst Ecuatoriano Norm* [Internet]. 1986;1–3. Available from: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/175.pdf>
 33. Contreras J, Pérez M. Instructivo para el control de calidad de granos de cacao. *Swisscontact Colomb* [Internet]. 2017;1–17. Available from: https://www.swisscontact.org/_Resources/Persistent/5/6/1/6/5616ce94e66df97f365ec26cdf9ad999fef0bc18/InstructivoControlCalidad.pdf
 34. Granda M, Leiva S, Olivia M, Milla M. Caracterización físico química y sensorial de chocolate para taza, elaborado con harinas de quinua, maca y plátano. *Rev Investig Agroproducción Sustentable* [Internet]. 2020;4(2):69–77. Available from: <https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/562>
 35. Sandoval A, López M, García J, Criollo J. Estudio morfoagronómico de materiales de cacao

- (Theobroma cacao L.) de diferentes zonas productoras en Colombia. Rev Cienc y Agric [Internet]. 2021;18(3):98–109. Available from: https://revistas.uptc.edu.co/index.php/ciencia_agricultura/article/view/12570/
36. Marca J, Maldonado C. Caracterización morfológica de cacao Nacional boliviano (Theobroma Cacao L.) en Sapecho, Alto Beni-Bolivia. Rev la Carrera Ing Agronomía [Internet]. 2018;4(2):1082–8. Available from: <https://apthapi.umsa.bo/index.php/ATP/article/view/217/207>
37. Amador C, Alvarado A, Farah S, Martillo J. Caracterización morfológica del cacao nacional “Theobroma cacao L.” del cantón Naranjal, Ecuador. Rev Tecnológica - ESPOL [Internet]. 2022;34(4):80–97. Available from: <http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/978>
38. Montaleza J, Quevedo J, García R. Análisis de la diversidad morfológica de cacao (Theobroma cacao.L) del jardín clonal de la universidad técnica de Machala. Agroecosistemas [Internet]. 2020;8(2):49–57. Available from: <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/400>
39. Vásquez L, Vera J, Erazo C, Intriago F. Induction of rhizobium japonicum in the fermentative mass of two varieties of cacao (Theobroma Cacao L.) as a strategy for the decrease of cadmium. Int J Health Sci (Qassim) [Internet]. 2022;3(April):11354–71. Available from: <https://sciencescholar.us/journal/index.php/ijhs/article/view/8672/5762>
40. Intriago F, Vera J, Vásquez L, Alvarado K. Inducción anaérobica de Bradyrhizobium japonicum en la postcosecha de híbridos experimentales de cacao y su mejoramiento en la calidad fermentativa. J Sci Res UTB. 2022;7(2):19–23.
41. Alvarado K, Vera J, Tuárez D, Intriago F. Fermentación de cacao (Theobroma cacao L.) con adición de levadura (Saccharomyces cerevisiae) y enzima (PPO’s) en la disminución de metales pesados. Centrosur [Internet]. 2022;2014:1–24. Available from: <https://centrosuragraria.com/index.php/revista/article/view/191>
42. Álvarez C, Liconte N, Pérez E, Lares M, Perozo J. Revisión sobre los atributos físicos, químicos y sensoriales como indicadores de la calidad comercial del cacao. Petroglifos [Internet]. 2022;5(1):1–19. Available from: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/650/6503302002/html/>
43. Vásquez L, Intriago F, Alvarado K. Extracto de (banano y manzana) con microorganismos eficientes y su efecto en la disminución de cadmio en almendras de cacao (Theobroma cacao L.). CCIUTM [Internet]. 2023;6:1–941. Available from: https://www.utm.edu.ec/ediciones_utm/component/content/article/30-memorias-de-eventos-academicos/759-memorias-de-la-vi-convencion-cientifica-internacional-de-la-universidad-tecnica-de-manabi-2022?Itemid=101
44. Bravo K, Tuárez D. Micro fermentación de cacao (Theobroma cacao L.) en cajas de madera no convencionales: impacto en la calidad del licor [Internet]. 1st ed. Zambrano C, editor. Vol. 1. Quevedo-Ecuador: Universidad Técnica de Manabí; 2023. 95- p. Available from: <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9cf94fe1-8159-49de-9ac3-3e98380c9d24/content>