



Utilización de extracto natural del Muicle (*Justicia spicigera*) en la elaboración de chocolate a partir de dos variedades de cacao (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl. y *Theobroma cacao* L.)

Use of natural extract of Muicle (*Justicia spicigera*) in the production of chocolate from two varieties of cocoa (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl. and *Theobroma cacao* L.)

Alvarado-Vásquez, Kerly Estefanía^{1*}

Rivadeneira-Barcia, Christian Simón¹

Intriago-Flor, Frank Guillermo²

¹Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta, Ecuador

²Universidad Técnica de Manabí, Chone, Ecuador

Recibido: 22 Nov. 2023 | Aceptado: 20 Dic. 2023 | Publicado: 10 Ene. 2024

Autor de correspondencia*: kerly.alvarado@pg.ulead.edu.ec

Cómo citar este artículo: Alvarado-Vásquez, K. E., Rivadeneira-Barcia, C. S. & Intriago-Flor, F. G. (2024). Utilización de extracto natural del Muicle (*Justicia spicigera*) en la elaboración de chocolate a partir de dos variedades de cacao (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl. y *Theobroma cacao* L.). *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 4(1), e633. <https://doi.org/10.51252/raa.v4i1.633>

RESUMEN

Se propuso fomentar la incorporación del extracto natural del Muicle (*Justicia spicigera*) en la producción de chocolate, utilizando dos variedades de cacao: *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl y *Theobroma cacao* L. Para evaluar los efectos, se implementó un diseño estadístico completamente al azar con arreglo bifactorial, compuesto por 6 tratamientos y 3 repeticiones. Como factor A se evaluó dos tipos de Theobromas y factor B las concentraciones del extracto de *Justicia Spicigera* (0%, 3% y 6%). Se realizó la toma de las variables morfológicas para la comparación entre variedades, *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl presentó un peso de mazorca promedio de 969, mientras que *Theobroma cacao* L. tubo un promedio de 787 g. Durante la fermentación se tomó la temperatura inicial que fue de 21 - 48°C, pH inicial de 3,88 - 5,46 y °Brix 21- 6°Brix. La capacidad antioxidante se determinó mediante los métodos ABTS y DPPH, con valores de 239,83 y 176,49 µmol. Se requirió de 25 catadores semientrenados, se evaluó el aroma, intensidad, color y sabor. La adición del extracto de *Justicia Spicigera* mejoró significativamente las notas sensoriales y la aceptabilidad del chocolate.

Palabras clave: aceptabilidad; agricultores; antioxidante; calidad; dietético; incorporación

ABSTRACT

It was proposed to promote the incorporation of the natural extract of Muicle (*Justicia spicigera*) in the production of chocolate, using two varieties of cocoa: *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl and *Theobroma cacao* L. To evaluate the effects, a Completely Randomized Statistical Design was implemented with a bifactorial arrangement, consisting of 6 treatments and 3 replications. Two types of Theobromas were evaluated as factor A and concentrations of *Justicia Spicigera* extract (0%, 3% and 6%) were evaluated as factor B. Morphological variables were taken for the comparison between varieties: *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl, presented an average ear weight of 969, while *Theobroma cacao* L. had an average of 787 g. During fermentation, the initial temperature was 21 - 48°C, initial pH 3.88 - 5.46°Brix and 21 - 6°Brix. The antioxidant capacity was determined using the ABTS and DPPH methods, with values of 239.83 and 176.49 µmol. A total of 25 semi-trained tasters were required to evaluate: aroma, intensity, color, flavor. The addition of *Justicia Spicigera* extracts significantly improved the sensory notes and acceptability of the chocolate.

Keywords: acceptability; farmers; antioxidant; quality; dietary; incorporation



1. INTRODUCCIÓN

La domesticación del cultivo y consumo del cacao (*Theobroma cacao* L.) se llevó a cabo hace aproximadamente 2000 años por los Toltecas, Aztecas y Mayas, no obstante, existen investigaciones recientes que indicaron que al menos una variedad de cacao se originó en la Alta Amazonía hace 5000 años (Zambrano Muñoz, 2020). Es un árbol de alta importancia en el desarrollo económico, se ha utilizado en la industria alimentaria y medicinal. Proviene del griego “Theo” Dios y “broma” alimento, catalogado como alimento de los Dioses (Vera Chang, Vásquez Cortez, et al., 2022).

El cacao ha jugado un papel fundamental, es considerado una especie arbórea. Su fruto se emplea como materia prima para elaborar productos agroindustriales tales como chocolate, cacao en polvo, manteca de cacao, nibs de cacao, productos de belleza, suplementos nutricionales, bebida de cacao entre otros; además de ser catalogado como el sustento económico de pequeños y medianos agricultores en el Ecuador. Entre las principales provincias productivas esta Los Ríos, Guayas, Esmeraldas, Manabí, El Oro y Sucumbíos. En la actualidad el Ecuador es el tercer exportador a nivel mundial por su calidad y propiedades sensoriales (Quintana Lombeida & Aguilar Herrera, 2018).

En la provincia de Pastaza existen cultivo cuya altura varían entre 4 y 10 metros (Ariefandie Febrianto & Zhu, 2022). En lo que respecta a este cultivo, los frutos provenientes de esta variedad de cacao crecen directamente en las ramas. En cuanto a su corteza externa, el Mocambo muestra una superficie agrietada de color beige grisáceo. El fruto en sí tiene una forma elipsoidal. La cáscara del fruto es sólida y resistente, y cae al suelo cuando alcanza el grado de madurez adecuado (Parada-Berríos et al., 2022).

El *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl. un pariente ancestral y silvestre del *Theobroma cacao* L., posee valores nutritivos óptimos para la alimentación, brindando una oportunidad para el desarrollo en el campo de la agroindustria en la elaboración de productos no tradicionales, además este árbol está en peligro de extinción como consecuencia de no existir información técnica (Parada-Berríos et al., 2022).

En el estudio de Goicochea Trauco et al. (2021) evaluaron la elaboración de brownies con chocolate de moca a partir de pasta de Mocambo, siendo una alternativa de productos de innovación mejorando la calidad sensorial, no obstante, la pasta del *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl. es una materia prima ideal como un sustituto de la pasta de *Theobroma cacao* L. posee mayor aceptabilidad por lo cual mejora las características físicas y sensoriales, entre mayor cantidad de pasta de Mocambo mayor preferencia presentó para los catadores.

La utilización de cacao Mocambo para la elaboración de productos agroindustriales genera una gran oportunidad para el desarrollo local de emprendimientos, por ello la elaboración de una pasta de cacao, tuvo un realce según los panelistas lo cual tuvieron preferencia, la recolección de estos frutos deben estar libre de alguna enfermedad lo cual puede afectar a la calidad final del producto (Quinteros et al., 2018).

La planta *Justicia spicigera*, pertenece a la familia de las acantháceae, también conocida como Muicle, se ha utilizado en la medicina ancestral para curar algunos malestares, controlar la anemia y problemas gastrointestinales. Además, ayuda a regular los niveles de azúcar en la sangre, posee propiedades antimicrobiano y antioxidantes (Murillo-Villicaña et al., 2022). Las plantas medicinales se han venido utilizando en las diversas culturas en todo el mundo, México es uno de los países que aplica conocimientos herbolarios. Las características del arbusto pertenecen al grupo de las angiospermas, su altura varía desde 1 a 5 metros de altura, posee hojas elípticas, sus flores tubulares de tonalidad rosadas y anaranjadas.

En la actualidad se ha aumentado la aplicación de pigmentos de origen natural en la industria alimentaria, debido a las propiedades nutritivas por su actividad antioxidantes (Jiménez-González et al., 2023).

El objetivo de la presente investigación es promover el uso del extracto natural de Muicle *Justicia spicigera* en la producción de chocolate, utilizando dos variedades de cacao *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl. y *Theobroma cacao* L. Además, se busca crear oportunidades de desarrollo económico para los agricultores.

Es importante destacar que esta barra de chocolate mejora la salud del consumidor gracias a las propiedades que poseen tanto el cacao empleado como el extracto de Muicle.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Localización

El presente estudio se realizó en la Finca “Las Juanas” ubicada en el empalme del recinto “El Limón” de la provincia del Guayas donde se recolectó las mazorcas del *Theobroma bicolor Humb. & Bonpl.* con coordenadas Long -0,971058, y Lat -79692512 y la obtención del Muicle (*Justicia spicigera*) en la Ciudad de Quevedo, provincia de Los Ríos, Long -1,027092, y Lat -79,467535.

Los análisis físico - químicos se realizaron en los laboratorios de la Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Ciencias Zootécnicas extensión Chone, localizada en la provincia de Manabí, cuyas coordenadas 0°41'18,3" S 80°08'26,1" W con Lat: -0,0698282 y Long -79,325621 una altitud de 18 m.s.n.m. con una temperatura de 26,5°C.

2.2. Diseño de la investigación

En el presente estudio se aplicó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con un modelo bifactorial de 6 tratamientos por 3 repeticiones, como primer factor las dos variedades de cacao (*Theobroma cacao* L.) y Mocambo (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.) y como segundo factor el extracto del extracto natural de *Justicia spicigera*, siendo los niveles de aplicación (0%, 3%, 6%), para comparar la diferencia estadística se aplicó la prueba de rangos múltiples de Tukey ($p \leq 0.05$).

Tabla 1.

Factores y nivel de estudio

Factor A		Factor B	
Variedad de cacao		Extracto de <i>Justicia spicigera</i>	
a0	<i>Theobroma cacao</i> L.	b0	0%
		b1	3%
		b2	6%
a1	<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.	b0	0%
		b1	3%
		b2	6%

2.3. Arreglo de tratamientos

En la Tabla 2 se observa el arreglo de los tratamientos, mismo que permite identificar el desarrollo durante la elaboración de las barras de chocolate.

Tabla 2.

Arreglo de los tratamientos

N°	Código	Descripción
1	T1 a ₀ b ₀	<i>Theobroma cacao</i> L adicionando el extracto de <i>Justicia spicigera</i> al 0%
2	T2 a ₁ b ₀	<i>Theobroma cacao</i> L adicionando el extracto de <i>Justicia spicigera</i> al 3%
3	T3 a ₂ b ₀	<i>Theobroma cacao</i> L adicionando el extracto de <i>Justicia spicigera</i> al 6%
4	T4 a ₀ b ₁	(<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.). Adicionando el extracto de <i>Justicia spicigera</i> al 0%
5	T5 a ₁ b ₁	(<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.). Adicionando el extracto de <i>Justicia spicigera</i> al 3%
6	T6 a ₂ b ₁	(<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.). Adicionando el extracto de <i>Justicia spicigera</i> al 6%

2.4. Descripción del proceso de la elaboración del producto

Recepción de la materia prima

En la etapa de recepción de mazorcas de cacao se clasificó según la variedad *Theobroma cacao* L. y *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl. Las cuáles fueron cosechadas en la finca “Las Juanas”, donde se realizó una selección de mazorcas libre de enfermedades y Monilla.

Características morfológicas de las mazorcas de las dos variedades de cacao

La descripción se realizó de acuerdo a Erazo-Solorzano et al. (2023) las cuales se procedió a realizar el peso total de la mazorca, longitud de la mazorca, total de longitud de la mazorca y diámetro.

1. Peso total del fruto: El peso el fruto se realizó con la ayuda de una balanza analítica, este dato se registró en gramos.
2. Longitud de la mazorca: La longitud de la mazorca se tomó colocando las mazorcas en una hoja tamaño A1 de dibujo técnico enumeradas, iniciando desde la parte del ápice hasta la base, la medida es en centímetros.
3. Total, de la longitud de la mazorca: Se tomó con cinta métrica en centímetro (cm), iniciando desde el ápice, pasada hasta la base, y luego llegando nuevamente al ápice.
4. Diámetro: El ancho del fruto se tomó en centímetros, con una cinta métrica, esta variable se tomó en la parte media de la mazorca del cacao.

2.5. Variables morfológicas

Peso de la mazorca

El peso promedio de los frutos de cacao cosechados se determinó mediante la división del peso total entre el número de mazorcas recolectadas (Peñaherrera Chang, 2017).

Largo de la mazorca

Se procedió a medir el tamaño de largo que existe en la distancia desde la base en la unión del pedúnculo del fruto hasta el ápice de la mazorca con ayuda de una regleta y hoja de medición (Jiménez Barragán et al., 2016).

Circunferencia de la mazorca

Para la obtención de datos de esta variable se realizó un corte longitudinal y con ayuda de una regla se midió (Peñaherrera Chang, 2017; Halevy, 2018).

Peso de cáscara

Se tomó el peso de la cáscara para conocer el desperdicio generado después de la extracción de las almendras, valor que debió coincidir con el valor inicial del peso de la mazorca (Peñaherrera Chang, 2017).

Número de almendras

Para la obtención de este dato se realizó un corte transversal al diámetro de la mazorca para extraer las almendras y proceder a contar de una manera inmediata (Jaimez et al., 2018).

Etapa fermentativa

La masa fresca de cacao se colocó en la caja micro fermentadora con una capacidad de 24 celdas que fueron las necesarias para realizar el presente estudio, con una medida de 125 x 75 x 10 cm, cada celda corresponde a una capacidad de 2 kg, se utilizó un total 18 kg de masa fresca de cacao en total según el

arreglo de los tratamientos, la fase fermentativa realizara durante 4 días para ambas y las variables a estudiar son: temperatura, grados brix, pH (Carbonero Zalduegui, 1975).

PH

Durante el proceso de fermentación se determinó la variable pH, para lo cual, se utilizó 10 gramos de almendras de cacao, se trituraron y se adicionaron 10 ml de agua destilada, para la lectura se utilizó un potenciómetro (Amorim Homem de Abreu et al., 2017).

Grados Brix

De la misma manera durante los 4 días fermentativos se realizó la toma de °Brix, se tomó 5 gramos de almendras de cacao al azar por cada repetición mismas que se pesaron en una gramara y se diluyó en 5 ml de agua destilada a 40°C, se aplicó 2 gotas en el refractómetro (Alvarado Vásquez et al., 2022).

Temperatura

Se utilizó un termómetro de punzón para la toma de datos de la variable temperatura, durante los días fermentativos, con la finalidad de que se mantenga en un rango de temperatura no superior a 50°C (Vera Chang et al., 2021).

Secado de las almendras

Los granos de cacao fermentados se dejaron al sol de manera directa durante 6 días seguidas sobre una superficie de madera procediendo a realizar el descascarillado, hasta donde se obtuvo una humeado promedio de los granos de cacao con una humedad de 7%.

Almacenamientos de los granos

El almacenamiento de las almendras se realizó en bolsas de papel en un cuarto fresco libre de exceso de humedad (Iniasta López, 2016).

Clasificación de granos por cuartil

Para el análisis de laboratorio, prueba de corte y humedad se proceder a obtener una muestra homogénea utilizando el método del cuarteo (A, B, C y D) hasta obtener una muestra compuesta de 100 gramos de almendras de cacao (COEXA, 2011; PROCACAO, 2017).



Figura 1. Método de cuartiles para determinación física de las almendras de cacao (Solórzano et al., 2016)

2.6. Elaboración de chocolate

Clasificación

Se procedió a eliminar cualquier material extraño o elementos que no pertenecen a la mazorca y las almendras de cacao, al igual que se descartaron las almendras en mal estado, es adecuado realizar este paso para la elaboración de chocolates en manera general.

Tostado

Las almendras se sometieron a un proceso de tostado utilizando una estufa a una temperatura de 112°C durante un lapso de 12 minutos, de manera de mantener un control preciso de la temperatura, después de complementar el tostado, los granos de cacao tengan un reposo hasta que tenga una temperatura ambiente.

Descascarillado

Después de que las almendras se enfriaron se procedió a realizar el proceso de descascarillado de manera manual, retirando la almendra de la cáscara.

Molienda

A través del empleo de un molino convencional o una máquina molinera obtuvo los nibs de cacaos con el objetivo de fragmentarlos por completos y reducir el tamaño de manera uniforme.

Cochando, mezclado y refinado

Durante esta fase, los nibs molidos se incorporan a una conchadora hasta que comenzó a tomar una masa de cacao, usando paletas, se continúa manipulando y mezclando la masa hasta alcanzar la viscosidad características del chocolate, es posible agregar o adicionar ingredientes si se desea producir una barra de mayor calidad, un conchado por un periodo de 72 horas.

Templado

Cuando el chocolate haya alcanzado la consistencia deseada, se procedió a realizar el proceso de templado con el fin de lograr una textura suave y un brillo óptimo, este procedimiento implicó calentar el chocolate a una temperatura de 32°C en la estufa y posterior realizar una agitación cuidadosa, hasta que la temperatura alcance a 27°C mediante la agitación.

Moldeado y llenado

Ya teniendo una temperatura adecuada se procedió a colocar en moldes inocuos y esterilizados para las barras de chocolate rectangular, durante este moldeado se debe de expandir todo el chocolate en el molde tratando de que no queden burbujas que dañen la forma y calidad de la barra de chocolate.

Enfriado

Los moldes se colocaron en refrigeración o congelación con el propósito de que las barras de chocolate adquieran su firmeza deseada, permaneciendo a una temperatura aproximada de 10°C a 12°C hasta que estuvieran completamente endurecidas.

Desmoldado, envasado y sellado

Una vez que las barras estén completamente endurecidas, se llevó a cabo el proceso de desmoldeado, volteando el molde se aplicó ligeros golpes para facilitar del desmoldeado, se procedió a empaquetarlas de

manera manual en fundas diseñadas específicamente para el tamaño y forma del chocolate final, Finalmente se selló los envases utilizando un sellador de impulso.

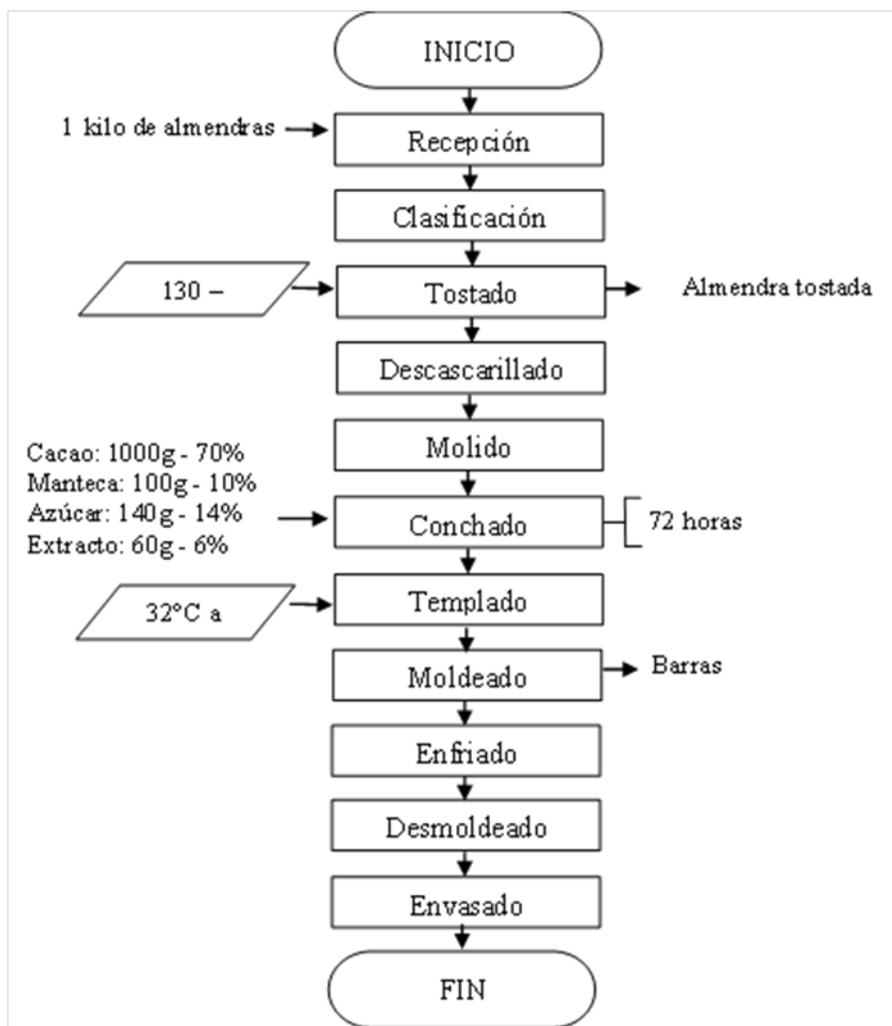


Figura 2. Diagrama del proceso de elaboración de barras de chocolates

2.7. Pasos para la producción de pasta de cacao con una pureza del 100%

En primer lugar, se llevará a cabo la clasificación de la materia prima del cacao, eliminando cualquier impureza presente en los granos de cacao.

En segundo lugar, los granos de cacao se tostarán en una vasija de barro a una temperatura media de 120°C durante aproximadamente 18 a 25 minutos, evitando la quema y facilitando la eliminación de agentes no deseados y la reducción de la humedad.

En el tercer paso, se realizará el descascarillado de forma manual, separando la testa del cotiledón, y almacenando los granos en fundas de papel.

La cuarta fase implica una molienda con un molino manual tradicional para reducir el grosor del cotiledón a un tamaño que facilite el refinado.

Después de la molienda, en el quinto paso, se mejora la calidad final para garantizar que la pasta de cacao no tenga gránulos indeseados y sea agradable al paladar, con un tamaño de partícula óptimo de menos de 40 micras.

En el sexto paso, se utiliza una conchadora de 8 kg para aplicar gradualmente las muestras de cacao durante 72 horas, con el objetivo de atrapar todo el material en las paredes y optimizar el proceso.

En el séptimo paso, se espera a que la pasta de cacao se atempere y se reduzca la temperatura antes de verterla en moldes para que adquiera consistencia.

En la etapa final, el octavo paso, la pasta de cacao se envuelve en papel de aluminio y se almacena en refrigeración a 4°C, clasificada según el esquema experimental.

2.8. Análisis Sensorial

Para realizar el análisis organoléptico de la pasta de cacao, se toman 20 gramos de cada muestra y se llevan a baño maría hasta obtener una pasta líquida. Un panel de 20 jueces semientrenados evalúa las propiedades sensoriales, verificando mejoras en notas de sabor y aromas.

2.9. Pasos para la evaluación sensorial

Después de preparar la pasta de cacao, se coloca en recipientes y se calienta en baño maría a aproximadamente 45°C para la degustación por parte de los panelistas. Las pastas derretidas se distribuyen uniformemente en vasos de plástico para la cata, permitiendo que cada muestra repose en las papilas gustativas durante 15 a 20 segundos para la aparición de sabores y aromas. Los panelistas registran sus percepciones en una hoja de atributos. Cada muestra se evalúa de manera individual, repitiendo la degustación 2 o 3 veces por muestra, según prefiera el panelista, enjuagándose la boca con agua entre cada degustación. Se recomienda un tiempo de descanso de 1 a 2 minutos entre cada muestra para los panelistas. Las muestras no utilizadas deben desecharse y no almacenarse nuevamente.

2.10. Atributos

Principales sabores: Acidez, amargor, astringencia, cacao.

Generalidades: Aroma, sabor, intensidad.

Defectos: Quemado, mohoso, sustancias químicas.

Específicos: Floral, frutal, dulzor, nuez.

2.11. Determinación de la capacidad antioxidante de las muestras de cacao mediante los métodos de ABTS y DPPH

Para la evaluación antioxidante del licor de cacao se realizó aplicando un ensayo mejorado de decoloración de cationes radicales ABTS (ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)) y DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo). Se recolectaron las muestras del licor de cacao de cada uno de los tratamientos y se procedió a deshidratarlos para posteriormente molerlas en un molino de cuchillas hasta lograr pulverizarlas; cumplido este proceso se procedió a realizar una prueba de humedad mediante el método de gravimetría establecido por la AOAC 934,0. Se procedió a la preparación del extracto acuoso de las muestras y consecuentemente a homogenizar para posteriormente colocarlas en baño maría con temperatura de 65°C por un tiempo de una hora y finalmente se procede con la filtración para evitar la presencia de sólidos en sedimentación. Se procedió a la cuantificación por medio de espectrofotometría y los resultados se expresarán en TEAC (Trolox equivalente a capacidad antioxidante) mediante la construcción de una curva patrón.

2.12. Formulaciones

Tabla 3.

Formulación A al 97% de cacao (Theobroma bicolor Humb. & Bonpl.)

Ingrediente	Cantidad (g)	%
Cacao	1000g	97%
Extracto	30g	3%

Tabla 4.Formulación B al 94% de cacao (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.)

Ingrediente	Cantidad (g)	%
Cacao	1000g	94%
Extracto	60g	6%

Tabla 5.Formulación A al 97% de cacao *Theobroma cacao* L.

Ingrediente	Cantidad (g)	%
Cacao	1000g	97%
Extracto	30g	3%

Tabla 6.Formulación B al 94% de cacao *Theobroma cacao* L.

Ingrediente	Cantidad (g)	%
Cacao	1000g	94%
Extracto	60g	6%

3. RESULTADOS

3.1. Datos iniciales (Morfológicos)

En la Tabla 8, se muestra los promedios que reportan los datos morfológicos iniciales, estos demuestran diferencia estadística significativa en cuanto a la prueba de rango múltiples de Tukey $p \leq 0.05$ en las variables número de almendras tuvo mayor valor el *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl., a diferencia del *Theobroma cacao* L., con respecto al peso de almendras la variedad de cacao *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl., presentó mayor peso a diferencia de la variedad cacao *Theobroma cacao* L. las variables restantes no presentaron diferencia estadística significativa en cuestión de la probabilidad.

Tabla 7.

Datos morfológicos iniciales de las mazorcas de cacao

Factor	Variable						
	Variedad	Peso mazorca	Largo lomo	Ancho	Cáscara	Nº de almendras	Peso de almendra
	<i>Theobroma Cacao</i> L	797,33	20,00	7,23	605,33	45,66	192,00
	<i>Theobroma Cacao</i> L	777,67	20,66	7,33	629,00	45,33	148,66
	<i>Theobroma Cacao</i> L	788,00	21,33	7,20	647,00	43,66	141,00
	<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.	958,00	24,33	8,33	773,66	50,66	184,33
	<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.	980,67	24,33	9,00	794,33	50,33	186,33
	<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.	971,33	24,66	9,33	787,66	51,00	183,66
	EEM ±	8,80	0,47	0,02	6,21	0,49	4,97
Probabilidad	Variedad	0,3280	0,8702	0,8978	0,1518	0,0037*	0,0021*
	CV	3,91	6,89	2,29	3,48	3,63	10,6

*Los promedios con letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

*CV= Coeficiente de variación EEM- Error estándar de la media

Según Amador Sacoto et al. (2022) manifiestan que la calidad de las almendras de cacao se vería afectada significativamente por los parámetros físicos iniciales, especialmente en lo que respecta al peso de la mazorca, este último está sujeto a diversos factores, como las variedades de cacao, la ubicación geográfica, la composición de los nutrientes del suelo y las condiciones climatológicas, en el mismo sentido en la investigación de López Hernández et al. (2021), encontró que presenta variabilidad en las mazorcas de cacao (*Theobroma cacao* L.), existiendo valores o caracterizaciones según el tamaño del fruto siendo los

valores para lomos grandes entre 20 a 25 cm de longitud, con lo que respecta al tamaño mediano los valores rodean entre 15 a 19 cm y para los frutos pequeños su diámetro es de 14 cm, los cuales guardan relación con la presente investigación, se puede mencionar que las mazorcas de cacao Mocambo (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.), tiene un diámetro mayor.

En una investigación de análisis morfológica realizada en la Universidad del Salvador Honduras por (Paradas et al., 2019), indican que la mazorca de cacao Mocambo (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.), posee un diámetro mayor que otros géneros de *Theobroma*, que podía oscilar en un rango de 12 a 15 cm de diámetro, valor que es más alto a los datos encontrados en la presente investigación que fue 10,14 cm, no obstante, Campos-Vega et al. (2018), en su proyecto de investigación indica que el diámetro de cacao fino es menor que el de cacao Mocambo.

En el mismo sentido los autores, Peñaherrera Chang (2017), indicó un dato en cuanto a peso de almendras frescas de cacao 138,47 gramos lo que nos sigue indicando que el peso del cacao Mocambo tiene un peso más elevado. Con respecto al peso de la mazorca sin almendras en un estudio realizado por Parada-Berrios et al. (2022), muestra que una mazorca de cacao mocambo *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl., tienen un peso de 637,63 gramos, lo que guarda relación a la presente investigación realizada por que el valor fue de 620,91 gramos, también cabe recalcar que las mazorcas de la variedad de cacao Mocambo *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl., cultivado en Honduras evidencia una cáscara más gruesa (cascarudas).

3.2. Variable de temperatura

En la Tabla 9, se muestran las variables de temperatura que tuvo las almendras de *Theobroma cacao* y *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl., durante los 6 días de estudios del proceso de fermentación, donde se presenta diferencia estadística significativa en temperatura 1 y temperatura 4, a diferencia de los otros días de fermentación donde no existió un comportamiento estadístico en cuestión de la probabilidad de Tukey $p \leq 0.05$, esta temperatura tuvo mayor valor porcentual en el primer día en el *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl., a diferencia del cacao *Theobroma cacao* L., aumentando de manera paulatina la temperatura lo cual, no excedió los 50°C, la mayor temperatura alcanzó la variedad de cacao *Theobroma cacao* L.

Tabla 8.

Temperatura en la etapa fermentativa del (Theobroma cacao L. y Theobroma bicolor Humb. & Bonpl.)

Factor		Variable					
Variedad		Temp1	Temp2	Temp3	Temp4	Temp5	Temp6
<i>Theobroma Cacao</i> L		21,33	33,66	35,66	37,33	39,00	42,33
<i>Theobroma Cacao</i> L		21,50	35,66	38,66	41,00	43,33	46,33
<i>Theobroma Cacao</i> L		21,00	36,33	39,00	42,66	45,00	48,66
<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.		25,00	33,66	36,33	37,00	38,66	43,00
<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.		25,56	35,33	38,33	40,66	43,66	47,33
<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.		25,33	35,66	38,00	42,00	44,33	48,66
	EEM ±	0,30	0,19	0,16	0,14	0,16	0,29
Probabilidad	Variedad	$\leq 0,0001$ *	0,2442	0,3370	0,0395 *	0,3370	0,2062
	CV	3,91	1,65	1,25	1,02	1,11	1,91

*Los promedios con letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

*CV= Coeficiente de variación EEM- Error estándar de la media

Con respecto a lo encontrado por Vera Chang et al. (2023), la utilización de fermentación por el método de cajas Rohan en las dos variedades de cacao alcanzó en el último día de fermentación una temperatura de 48°C, lo cual guarda una relación en cuanto a los datos encontrados en la presente investigación, con respecto al estudio de Alvarado Vásquez et al. (2021) la fermentación de cacao Nacional en cajas micro-fermentadoras presentó un valor similar a la de la presente investigación, lo cual menciona que no debe ser superior a 50°C por motivo que presentaría una sobre fermentación no menor a 40°C por tanto, no

cumpliría un proceso adecuado fermentativo. Erazo Solórzano et al. (2021) indican que es apropiado utilizar maderas blancas para que no exista olores no deseados y mejoren el aspecto del beneficiado de los granos de cacao, la fermentación de tipos *Theobromas* como el Copoazú alcanzó una temperatura de 45°C lo cual guarda relación con la presente investigación (Criollo et al., 2010).

3.3. Variable de Sólidos Solubles

En la Tabla 10, se visualiza los valores alcanzados de sólidos solubles, esta determinación fue de suma importancia en el proceso fermentativo de las almendras de *Theobroma cacao* y *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl. En los días 3 y 4 del estudio, presentó diferencia estadística significativa, no obstante, en los otros días no se registró diferencia estadística significativa en cuestión de la probabilidad de rango múltiple de Tukey $p \leq 0.05$, el valor inicial de *Theobroma cacao* tuvo mayor dulzor a diferencia del *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl. y el último día de estudio el *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl. tuvo mayor dulzor a diferencia del *Theobroma cacao* L.

Tabla 9.

Grados Brix en la etapa fermentativa del *Theobroma cacao* L. y *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.

Factor	Variable						
Variedad	Brix1	Brix2	Brix3	Brix4	Brix5	Brix6	
<i>Theobroma Cacao</i> L	21,50	17,33	14,66	13,33	8,66	7,33	
<i>Theobroma Cacao</i> L	21,83	16,33	14,66	13,33	10,33	6,00	
<i>Theobroma Cacao</i> L	21,66	16,00	14,00	12,00	10,00	6,00	
<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.	20,66	17,66	14,00	12,00	9,00	6,33	
<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.	21,66	16,66	13,33	11,33	9,33	6,00	
<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.	20,66	16,66	12,66	11,00	8,66	7,66	
EEM ±	0,26	0,18	0,21	0,27	0,25	0,33	
Probabilidad	Variedad	0,0955	0,0989	0,0026 *	0,0028 *	0,0821	0,6458
	CV	3,66	3,14	4,49	6,71	7,99	15,25

*Los promedios con letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

*CV= Coeficiente de variación EEM- Error estándar de la media

De acuerdo al estudio de Vera Chang et al. (2022), en el contenido inicial de sólidos solubles totales en la fermentación de cacao Nacional en 4 días de estudio tuvo un contenido inicial de 13,12°Brix y el Trinitario un contenido inicial de 12,78°Brix, se puede evidenciar que el cacao Mocambo en el tercer día de estudio tuvieron un contenido inicial de 14,43°Brix lo que significa que si tiene concordancia con la presente investigación; en secuencia de lo mencionado, Alvarado Vásquez et al. (2021), en la fermentación de cacao Nacional menciona que los sólidos solubles son consumidos por los microorganismos presentes en el proceso de post cosecha, donde su contenido de sólidos solubles inicial es de 13,4°Brix y finalmente, también mencionan que el contenido de sólidos solubles totales en el día 3 de fermentación es de 6,18°Brix, y corroborando todo este proceso Cedeño et al. (2023), nos dice que al pasar más días de fermentación los sólidos solubles disminuye por la actividad microbiana. Joya Davila (2018) descubrió la mazorca de *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl., midiendo parámetros como los sólidos solubles (°Brix) de la pulpa de frutos maduros estuvo en un rango de 13,3 a 17,4.

3.4. Variable de pH

Como se observa en la Tabla 11 de la variable de pH, el promedio de los valores que tuvo las almendras de cacao Mocambo (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.) y (*Theobroma cacao* L.) en los días de estudio en el proceso de fermentación, con respecto al primer día de evaluación presentó diferencia estadística significativa con respecto a la prueba de rangos múltiples de Tukey $p \leq 0.05$ siendo mayor pH inicial el del *Theobroma cacao* L., en el mismo contexto, existió diferencia significativa en el último día de estudio donde se presentó otro escenario, el *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl. tuvo mayor pH que el *Theobroma cacao* L.

Tabla 10.

pH en la etapa fermentativa del del *Theobroma cacao* L. y *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.

Factor		Variable					
Variedad		pH1	pH2	pH3	pH4	pH5	pH6
<i>Theobroma Cacao</i> L		3,83	4,14	4,21	4,47	4,57	4,91
<i>Theobroma Cacao</i> L		3,89	4,19	4,23	4,46	4,57	4,96
<i>Theobroma Cacao</i> L		3,88	4,11	4,25	4,41	4,49	5,46
<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.		3,82	4,13	4,25	4,44	4,54	5,17
<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.		3,64	4,17	4,23	4,43	4,55	5,42
<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.		3,55	4,14	4,26	4,46	4,63	5,48
	EEM ±	0,02	0,01	0,0024	0,02	0,02	0,02
Probabilidad	Variedad	0,0001*	0,9495	0,0687	0,5861	0,3871	≤0,0001*
	CV	1,89	0,88	0,17	1,61	1,38	1,21

*Los promedios con letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey (P≤0.05)

*CV= Coeficiente de variación EEM- Error estándar de la media

Vera Chang et al. (2022) indican que la medición de pH es un parámetro importante ya que expresa la calidad del cacao y producto final evitando sabores acéticos, que pueden perjudicar el aroma del cacao. Chávez-Salazar et al. (2023) ratifican que una fermentación noble debe tener un rango de pH entre 4,90 – 6,1 el pH, para que exista una fermentación adecuada no debe ser menor de 4,00 por lo que aparecen los ácidos volátiles. Lares Amaiz et al. (2008) mencionan que el rango de pH de 4,7 a 5,2 se puede valorar dado que habido una fermentación adecuada. Sus valores están cercanos a los de pH final en la etapa de fermentación siendo cercanos a 5,44 a 5,52 de pH cacao Mocambo (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.). Vera Chang et al. (2021), en la fermentación de híbridos experimentales fermentados en cajas Rohan obtuvieron datos similares al de las almendras fermentadas de cacao mocambo (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.).

Avendaño-Arrazate (2018) en su investigación realizado en México en la determinación química del cacao Mocambo (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.) encontró un 6,03 de pH dato mayor a los analizados en el presente estudio que pueden deberse a la parte geográfica.

3.5. Variable de la calidad de la almendra de cacao

Según el análisis estadístico se observa en la Tabla 12 que presentó diferencia estadística significativa según la probabilidad de los rangos múltiples de Tukey p≤0.05 en la variable de índice de mazorca la variedad "*Theobroma cacao* L." presentó mayor valor a diferencia del *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl. En el mismo contexto, se evidenció en índice de semilla diferencia estadística según la prueba de rangos múltiples de Tukey p≤0.05 el valor más alto correspondió al *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl., en consecuencia, las otras variables no presentaron un comportamiento estadístico.

Tabla 11.

Variable de calidad del grano de cacao después de la fermentación

Factor		Variables					
Variedad		IM	PesosSeco	IS	%Testa	%Cotiledón	Humedad
<i>Theobroma Cacao</i> L		15,00	978,00	1,59	11,69	88,33	6,7
<i>Theobroma Cacao</i> L		15,33	983,66	1,48	13,59	86,40	7,40
<i>Theobroma Cacao</i> L		15,33	972,66	1,49	13,18	86,82	7,43
<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.		13,00	970,66	1,73	13,37	86,62	6,76
<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.		12,33	971,33	1,75	13,69	86,30	7,13
<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.		12,66	976,66	1,67	14,41	85,59	8,03
	EEM ±	0,21	2,61	0,02	0,37	0,37	0,10
Probabilidad	Variedad	≤0,0001*	0,1819	≤0,0001*	0,0776	0,0776	0,3861
	CV	4,47	0,80	3,65	8,28	1,27	4,34

*Los promedios con letras diferentes difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey (P≤0.05)

*CV= Coeficiente de variación EEM- Error estándar de la media

Según lo indicado por Vera Chang, Intriago Flor, et al. (2022), la prueba de corte es de gran importancia siendo una actividad visual y analítica, logrando evidenciar la calidad de las almendras de cacao, observando si existió factores perjudiciales que causen perjuicios en la calidad los cuales son: granos fermentados, violetas, pizarras, hongos. Erazo Solórzano et al. (2021) mencionan que para que exista una calidad adecuada, el grano de cacao debe haber pasado por una fermentación adecuada para que no se vea afectado los granos de cacao de manera visual, lo cual es perjudicial para la calidad del producto final. Con respecto a la humedad, Vera Chang, Morejon Lucio, et al. (2022) recomiendan que debe estar en un rango de 6 a 8% si es mayor puede tener un efecto negativo en la proliferación de mohos o bacterias, por el contrario si la humedad es menor el grano de cacao no sería apropiado para la elaboración de productos.

3.6. Evaluación Sensorial

En la Tabla 13 se presentan los promedios de los valores de la evaluación sensorial según los 25 catadores seminternados, de acuerdo con la variedad se observó que tanto para aroma, amargor, cacao, nuez, frutos secos, floral he intensidad tuvieron un comportamiento estadístico significativo según la prueba de rangos múltiples de Tukey $p \leq 0.05$, a diferencia de las otras variables no presentaron un comportamiento estadístico. Por otro lado, para el Factor B extracto de *Justicia Spicigera* la mayor aplicación tuvo aceptabilidad por los catadores, todas las variables presentaron diferencia estadística significativa en cuanto a la prueba de rangos múltiples de Tukey $p \leq 0.05$, de la interacción entre la variedad y el extracto de *Justicia Spicigera* tuvo el mismo comportamiento, pero en la única variable donde no se evidenció diferencia significativa fue en amargor, siendo beneficio la aplicación de este extracto mejorando las propiedades sensoriales.

Tabla 12.

Variable de las notas sensoriales

Factor		Variable								
Variedad	Extracto de justicia	Aroma	Acidez	Amargor	Cacao	Nuez	Frutos secos	Floral	Intensidad	Color
<i>Theobroma Cacao L</i>	0	3,16	0,68	3,32	4,72	4,04	3,88	5,00	5,00	4,72
<i>Theobroma Cacao L</i>	3	3,84	0,04	3,84	4,40	4,12	3,92	5,00	5,00	4,64
<i>Theobroma Cacao L</i>	6	5,00	0,00	4,92	4,84	4,00	2,84	5,00	5,00	4,80
<i>Theobroma bicolor Humb. & Bonpl.</i>	0	3,68	0,00	3,56	4,92	4,72	3,20	3,88	3,28	4,44
<i>Theobroma bicolor Humb. & Bonpl.</i>	3	4,00	0,06	3,84	4,88	4,00	3,48	3,52	4,00	4,72
<i>Theobroma bicolor Humb. & Bonpl.</i>	6	5,00	0,28	4,92	3,60	4,92	5,00	4,40	3,20	5,00
	EEM ±	0,04	0,04	0,05	0,05	0,03	0,05	0,04	0,03	0,06
	Variedad	$\leq 0,0001^*$	0,3496	0,2684	0,0147*	$\leq 0,0001^*$	$\leq 0,0001^*$	$\leq 0,0001^*$	$\leq 0,0001^*$	$\leq 0,9999$
	Extracto de Justicia	$\leq 0,0001^*$	0,0079*	$\leq 0,0001^*$	$\leq 0,0001^*$	$\leq 0,0001^*$	0,0001*	$\leq 0,0001^*$	$\leq 0,0001^*$	0,0057*
Probabilidad	Variedad*									
	Métodos de fermentación	0,0002*	$\leq 0,0001^*$	0,2941	$\leq 0,0001^*$	0,0472*				
	CV	7,62	130,50	10,84	10,16	6,27	11,44	7,20	5,90	10,59

*Los promedios con letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

*CV= Coeficiente de variación EEM- Error estándar de la media

Quinteros et al. (2018) determina que el cacao Mocambo tiene una excelente aceptabilidad, por lo tanto, menciona que el análisis sensorial tuvo una excelente aceptación según el panel de catación tanto las variables organolépticas olor, color y sabor tuvo una excelente aceptabilidad. En una investigación realizada por Goicochea et al. (2021) en la utilización de la materia prima a base de las almendras de Mocambo (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.) como base para la confección de brownies, se observó una

satisfactoria percepción por parte del panel de catación. Esta percepción fue positiva al introducir *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl., lo que contribuyó a mejorar la impresión del producto final.

Estos hallazgos guardan coherencia con los resultados obtenidos en la investigación donde la; la adición de *Justicia Spicigera* mejoró el aspecto del color y propiedades organolépticas, siendo algo beneficioso para la salud humana disminuyendo la diabetes e inclusive mejorando el sistema inmunológico como un hepatoprotector (Murillo-Villicaña et al., 2022), en el mismo sentido Núñez-Tuesta et al. (2022) indica que la utilización de *Justicia Spicigera* posee un efecto beneficioso para la salud humana, las plantas medicinales han jugado un papel fundamental en el cuidado y preservación de la salud, lo cual además ofrecen posibilidades para descubrir moléculas con actividad antimicrobiana.

3.7. Evaluación de Antioxidante

En la Tabla 14, se describen los resultados de la capacidad antioxidantes de las almendras de (*Theobroma cacao* L.) y (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.) mediante la aplicación de extracto de *Justicia Spicigera*, como se puede verificar en la evaluación de la capacidad antioxidantes por medio del método de ABTS se encontró que la adición de este extracto en diferentes dosis en el refinado (0%, 3% y 6%) permitió obtener una mayor capacidad de eliminar los radicales libres presentes en la dilución con valores 239,83 y 176,49 μmol Equivalente a Trolox/g de cacao "Chocolate".

La capacidad antioxidantes del producto por medio del método de DPPH se constató diferencia estadística significativa en la comparación de medias de rangos múltiples de Tukey $p \leq 0.05$ en las dos variedades de *Theobromas* entre los tratamientos de estudio, siendo estadísticamente superior el tratamiento que se adicionó 6% del extracto de *Justicia Spicigera* en el refinado del chocolate de (*Theobroma cacao* L.) con un promedio de 27,83 μmol equivalente a Trolox / g de cacao, encontrándose un valor proporcional al reportado en el contenido fenólico para este mismo tratamiento.

Tabla 13.

Capacidad antioxidante de los tratamientos de estudio

Factor		Variable		
Variedad	Extracto de Justicia	(ABTS) μmol Equivalente a Trolox / g de cacao	(DPPH) μmol Equivalente a Trolox / g de cacao	
<i>Theobroma Cacao</i> L	0	179,18	14.80	
<i>Theobroma Cacao</i> L	3	165,69	25,70	
<i>Theobroma Cacao</i> L	6	239,83	26.88	
<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.	0	176,49	13.63	
<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.	3	148,80	22,78	
<i>Theobroma bicolor</i> Humb. & Bonpl.	6	153,74	27,83	
EEM \pm		7,10		
Probabilidad	Variedad	$\leq 0,0001$	*	$\leq 0,0001$ *
	Extracto de Justicia	$\leq 0,0001$	*	$\leq 0,0001$ *
	Variedad*Métodos de fermentación	0,0001	*	$\leq 0,0001$ *
	CV	14,29		1,61

*Los promedios con letras diferentes, difieren estadísticamente entre sí, según la prueba de Tukey ($P \leq 0.05$)

*CV= Coeficiente de variación EEM- Error estándar de la media

La investigación realizada por Santacruz Terán & Mantuano Morán (2021) al evaluar el efecto del procesamiento de cacao negro en el contenido y actividad antioxidantes de compuestos fenólicos, obtuvieron como resultado que el chocolate negro tuvieron el mayor contenido (112,39mg GAE/g muestra

seca); en comparación del estudio realizado por Delgado et al. (2018) desarrollo de chocolate oscuro con nibs de cacao fermentado y no fermentado: polifenoles totales, antocianinas, capacidad antioxidante y evaluación sensorial al efectuar una comparación de la capacidad antioxidante de un chocolate amargo con nibs fermentados y no fermentados obtuvo como resultados una mayor capacidad antioxidante mediante la utilización del método de ABTS comparados con el método de DPPH, describiendo una mayor capacidad en el cacao sin nibs con 0,075 mg/ml con nibs fermentados un promedio de 0,072 mg/ml.

La capacidad antioxidante está asociada a la presencia de compuestos fenólicos que ejercen su acción a través del rompimiento de la reacción en cadena de los radicales libres por donación de un átomo de hidrógeno y estos antioxidantes reaccionan con los radicales utilizados como estándar.

CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación muestran hallazgos significativos en varios aspectos. En primer lugar, en la evaluación de parámetros fisicoquímicos durante la fermentación de almendras de cacao, se observó una diferencia estadística en varios indicadores entre las variedades *Theobroma cacao* L. y *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl. Por ejemplo, el peso de las mazorcas y el número de almendras variaron entre estas dos variedades, lo que sugiere diferencias morfológicas notables.

En relación con la fermentación, se observaron diferencias en la temperatura y los sólidos solubles durante el proceso. La temperatura alcanzada durante la fermentación no superó los 50°C, lo cual es coherente con estudios anteriores que indican que temperaturas más altas podrían generar sobre fermentación. Los sólidos solubles mostraron variaciones, siendo el *Theobroma cacao* L., inicialmente más dulce y el *Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl. mostrando mayor dulzor al final del proceso.

El pH, otro parámetro relevante, varió durante la fermentación. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas en los valores de pH entre las variedades y los días de estudio, siendo importante para determinar la calidad del cacao. Además, se evaluó la calidad de las almendras después de la fermentación, observándose diferencias en el índice de mazorca y de semilla entre las dos variedades estudiadas.

La evaluación sensorial con catadores seminternados mostró que ciertas características como aroma, amargor, cacao, nuez, frutos secos, floral e intensidad variaron significativamente entre las dos variedades estudiadas y en relación con la aplicación del extracto de *Justicia Spicigera*. Esta aplicación influyó positivamente en la aceptabilidad y mejoró propiedades sensoriales del producto final.

Además, se evaluó la capacidad antioxidante de las barras de chocolate, por medio del método de ABTS, en tanto que por el método de DPPH fue superior en el tratamiento que incluyó el 6% de EM con un total de 27,83 μmol Equivalente a Trolox / g de cacao, encontrando que la adición del extracto de *Justicia Spicigera* en diferentes dosis permitió obtener una mayor capacidad para eliminar los radicales libres en las almendras de cacao, lo que sugiere un potencial beneficioso en términos de propiedades antioxidantes para el chocolate elaborado.

Se recomienda elaborar nuevas investigaciones, analizando la parte nutricional de las barras de chocolate con la adición de *Justicia Spicigera*.

FINANCIAMIENTO

Los autores no recibieron patrocinio para llevar a cabo este estudio-artículo.

CONFLICTO DE INTERESES

No existe ningún tipo de conflicto de interés relacionado con la materia del trabajo.

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Conceptualización: Alvarado-Vásquez, K. E., Intrigo-Flor, F. G. y Rivadeneira-Barcia, C. S.

Curación de datos: Intrigo-Flor, F. G.

Análisis formal: Alvarado-Vásquez, K. E.

Investigación: Alvarado-Vásquez, K. E., Intrigo-Flor, F. G. y Rivadeneira-Barcia, C. S.

Metodología: Alvarado-Vásquez, K. E. y Rivadeneira-Barcia, C. S.

Supervisión: Intrigo-Flor, F. G.

Validación: Intrigo-Flor, G. y Alvarado-Vásquez, K. E.

Redacción - borrador original: Alvarado-Vásquez, K. E., Intrigo-Flor, F. G. y Rivadeneira-Barcia, C. S.

Redacción - revisión y edición: Alvarado-Vásquez, K. E., Intrigo-Flor, F. G. y Rivadeneira-Barcia, C. S.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado Vásquez, K., Vera Chang, J., Tuarez García, D., & Intriago Flor, F. (2021). Fermentación de cacao (*Theobroma cacao* L.) con adición de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y enzima (PPO's) en la disminución de metales pesados. *Centrosur*, 1, 24. <https://centrosuragraria.com/index.php/revista/article/view/191/399>
- Alvarado Vásquez, K., Vera Chang, J., Tuarez García, D., & Intriago Flor, 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 Agraria*, 24. <https://centrosuragraria.com/index.php/revista/article/view/191/399>
- Amador Sacoto, C., Alvarado Barzallo, A., Farah Asang, S. E., & Martillo Garcia, J. J. (2022). Caracterización morfológica del cacao Nacional "*Theobroma cacao* L." del cantón Naranjal, Ecuador. *Revista Tecnológica - ESPOL*, 34(4), 80–97. <https://doi.org/10.37815/rte.v34n4.978>
- Amorim Homem de Abreu, L., Reis de Araujo, Q., René-Valle, R., Andrade-Sodré, G., & Moreira de Souza, S. M. (2017). 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 Recursos Agropecuarios*, 4(12), 579. <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1274>
- Ariefandie Febrianto, N., & Zhu, F. (2022). Comparison of bioactive components and flavor volatiles of diverse cocoa genotypes of *Theobroma grandiflorum*, *Theobroma bicolor*, *Theobroma subincanum* and *Theobroma cacao*. *Food Research International*, 161, 111764. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111764>
- Avendaño-Arrazate, C. H. (2018). Pataxte (*Theobroma Bicolor* Humb. & Bonpl.): Especie Subutilizada En México. *Agro Productividad*, 9(1), 7. <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/706>
- Campos-Vega, R., Nieto-Figueroa, K. H., & Oomah, B. D. (2018). Cocoa (*Theobroma cacao* L.) pod husk: Renewable source of bioactive compounds. *Trends in Food Science & Technology*, 81, 172–184. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.022>
- Carbonero Zalduegui, P. (1975). *Bioquímica de las fermentaciones*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Cedeño, J., Parraga, C., & Intriago, F. (2023). Inducción de microorganismos eficaces (EM) en la masa fermentativa del cacao (*Theobroma cacao* L.) y su incidencia las características físico química y antioxidante. [Universidad Técnica de Manabí].
- Chávez-Salazar, A., Guevara-Pérez, A., Encina-Zelada, C., Vidaurre-Rojas, P., & Muñoz-Delgado, V. (2023). Condiciones de fermentación y secado en las características físico químicas del cacao (*Theobroma cacao* L.) Cultivar CCN 51. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 3(2), e555.

<https://doi.org/10.51252/raa.v3i2.555>

- COEXA. (2011). *Instructivo para el control de calidad de grano de cacao* (p. 17). Colombia exporta cacao fino y de aroma-COEXCA.
https://www.swisscontact.org/_Resources/Persistent/5/6/1/6/5616ce94e66df97f365ec26cdf9ad999fef0bc18/InstructivoControlCalidad.pdf
- Criollo, J., Criollo, D., & Aldana, A. S. (2010). Fermentación de la almendra de copoazú (*Theobroma grandiflorum* [Willd. ex Spreng.] Schum.): evaluación y optimización del proceso. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 11(2), 107–115. https://doi.org/10.21930/rcta.vol11_num2_art:200
- Delgado, J., Mandujano, J., Reátegui, D., & Ordoñez, E. (2018). Development of dark chocolate with fermented and non-fermented cacao nibs: total polyphenols, anthocyanins, antioxidant capacity and sensory evaluation. *Scientia Agropecuaria*, 9(4), 543–550.
<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.04.10>
- Erazo-Solorzano, C., Vera-Chang, J., Tuarez-García, D., Vásquez-Cortez, L., Alvarado-Vásquez, K., Zambrano, C., Mindiola Véliz, K., Mora Yela, R., & Revilla Escobar, K. (2023). Caracterización fenotípica en flores de Cacao (*Theobroma cacao* L.) en 40 híbridos experimentales en la finca experimental La Represa. *Bionatura*, 8(3), 1–9. <https://doi.org/10.21931/RB/2023.08.03.11>
- Erazo Solórzano, C. Y., Bravo Franco, K. J., Tuárez García, D. A., Fernández Escobar, Á. O., Torres Navarrete, Y. G., & Vera Chang, J. F. (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.
<https://doi.org/10.33789/talentos.8.2.153>
- Goicochea Trauco, E., Granda Santos, M. S., & Chavez Quintana, S. G. (2021). Elaboración de brownies con chocolate moca a partir de pasta de macambo (*Theobroma bicolor*) y tres variedades de café (*Coffea arabica*). *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 5(3), 34.
<https://doi.org/10.25127/aps.20213.816>
- Halevy, A. H. (2018). *Handbook of Flowering*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351072571>
- Iniesta López, J. (2016). *Caracterización físico-química y compuestos funcionales de cuatro variedades de naranjas tardías* [Universidad Miguel Hernández de Elche]. <http://hdl.handle.net/11000/3247>
- Jaimez, R. E., Amores Puyutaxi, F., Vasco, A., Loor, R. G., Tarqui, O., Quijano, G., Jimenez, J. C., & Tezara, W. (2018). Photosynthetic response to low and high light of cacao growing without shade in an area of low evaporative demand. *Acta Biológica Colombiana*, 23(1), 95–103.
<https://doi.org/10.15446/abc.v23n1.64962>
- Jiménez-González, O., López-Malo, A., González-Pérez, J. E., Ramírez-Corona, N., & Guerrero-Beltrán, J. Á. (2023). Thermal and pH stability of *Justicia spicigera* (Mexican honeysuckle) pigments: Application of mathematical probabilistic models to predict pigments stability. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 6, 100158. <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2022.100158>
- Jiménez Barragán, J. C., Rodríguez Zamora, G. A., Saltos, R., Brito Grandes, B., & Samaniego, I. (2016). Mejoramiento de homologación de los procesos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y café. In *Calidad integral del grano y derivados: Protocolo 6* (pp. 21–30). Mocache, Ecuador: INIAP. Estación Experimental Tropical Pichilingue, Programa de Cacao y Café.
<http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4392>
- Joya Davila, J. G. (2018). *Caracterización morfoagronómica y propagación vegetativa de Theobroma bicolor Humb y Bonpl en Chiapas, México* [Universidad Autónoma De Chiapas].

<https://repositorio.unach.mx/jspui/handle/123456789/3177>

- Lares Amaiz, M., Pérez Sira, E., Álvarez Fernández, C., González Sandra, J. P., & El Khori, S. (2008). Agronomía tropical : revista del Instituto Nacional de Agricultura. *Agronomía Tropical*, 58(1), 17–20. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2008000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- López Hernández, M. del P., Sandoval Aldana, A. P., García Lozano, J., & Criollo Nuñez, J. (2021). Estudio morfoagronómico de materiales de cacao (*Theobroma cacao* L.) de diferentes zonas productoras en Colombia. *Ciencia y Agricultura*, 18(3), 98–109. <https://doi.org/10.19053/01228420.v18.n3.2021.12570>
- Murillo-Villicaña, M., Noriega-Cisneros, R., Peña-Montes, D. J., Huerta-Cervantes, M., Aguilera-Méndez, A., Cortés-Rojo, C., Salgado-Garciglia, R., Montoya-Pérez, R., Riveros-Rosas, H., & Saavedra-Molina, A. (2022). Antilipidemic and Hepatoprotective Effects of Ethanol Extract of *Justicia spicigera* in Streptozotocin Diabetic Rats. *Nutrients*, 14(9), 1946. <https://doi.org/10.3390/nu14091946>
- Núñez-Tuesta, L., Aranda-Ventura, J., Villacrés-Vallejo, J., & González-Aspajo, G. (2022). Efecto reductor del extracto acuoso de hojas de *Justicia spicigera* contra la hiperglicemia en ratones BALB/C. *Revista Peruana de Medicina Integrativa*, 7(4). <https://doi.org/10.26722/rpmi.2022.v7n4.1>
- Parada-Berríos, F. A., Vásquez-Osegueda, E. A., Lovo-Lara, L. M., Arias-de-Linares, A. Y., & Molina-Escalante, M. O. (2022). Rescate de patashte (*Theobroma bicolor* Humb & Bonpl.) y cushta (*Theobroma angustifolium*) dos especies promisorias en peligro de extinción en El Salvador. *Revista Minerva*, 2(1), 109–122. <https://doi.org/10.5377/revminerva.v2i1.12531>
- Peñaherrera Chang, C. P. (2017). *Diversidad fenotípica de la mazorca y calidad física de la almendra en 13 clones elites de cacao (Theobroma Cacao L.) en la finca experimental La Represa* [Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. https://biblioteca.uteq.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=14155&query_desc=kw%2Cwrdl%3ADiversidadfenotípica
- PROCACAO. (2017). *Actividades de poscosecha para lograr cacao de calidad* (Issue 14, p. 8). Infocacao Ciencia y Tecnología al servicio del sector cacaoero. http://www.fhia.org.hn/descargas/proyecto_procacao/infocacao/InfoCacao_No14_Sept_2017.pdf
- Quintana Lombeida, M. D., & Aguilar Herrera, J. V. (2018). Denominación de origen de cacao ecuatoriano: ¿Un aporte de marketing global? *INNOVA Research Journal*, 3(10.1), 68–76. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n10.1.2018.825>
- Quinteros, V., Quinteros, A., Chumacero, J., & Castro, P. (2018). Efecto de la temperatura y tiempo de tostado en la aceptabilidad sensorial de pasta alimenticia de macambo (*Theobroma bicolor* Humb. & Bonpl.). *Agroindustrial Science*, 8(1), 27–31. <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2018.01.04>
- Santacruz Terán, S. G., & Mantuano Morán, W. A. (2021). Efecto del procesamiento de cacao negro en el contenido y actividad antioxidante de compuestos fenólicos. *Revista ESPAMCIENCIA*, 12(1), 41–45. https://doi.org/10.51260/revista_espamciencia.v12i1.221
- Solórzano, R. G., Casanova Mendoza, T. de J., & Plaza Avellán, L. F. (2016). Mejoramiento y homologación de los procesos y protocolos de investigación, validación y producción de servicios en cacao y café. *INIAP*, 433, 21–30. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5093>
- Vera Chang, J. F., Benavides Vera, J. I., Vásquez Cortez, L. H., Alvarado Vásquez, K. E., Reyes Pérez, J. J., Intriago Flor, F. G., Naga Raju, M., & Castro Triana, V. L. (2023). Efectos de dos métodos fermentativos en cacao (*Theobroma cacao* L.) trinitario, inducido con *Rhizobium japonicum* para disminuir cadmio. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 10(1), 95–106.

<https://doi.org/10.23850/24220582.5460>

- Vera Chang, J. F., Morejon Lucio, R. N., Salgado Tello, I. P., Flores Mancheno, C. I., & Morejón Centeno, M. R. (2022). Use Of Enzymes And Leavening Agents As A Strategy To Reduce The Presence Of Cadmium In The Fermentation Process Of Theobroma Cacao L. Almonds. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 13(3), 11. <https://doi.org/10.47750/pnr.2022.13.03.089>
- Vera Chang, J., Intriago Flor, F., Vásquez Cortez, L., & Alvarado Vásquez, K. (2022). Inducción anaeróbica de Bradyrhizobium Japonicum en la postcosecha de híbridos experimentales de cacao y su mejoramiento en la calidad fermentativa. *Revista Ciencia e Investigación*, 7(1), 20. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7723254>
- Vera Chang, J., Vásquez Cortez, L., Erazo Solorzano, C., & Intriago Flor, F. (2021). Sistema de producción de la almendra y del cacao: Una caracterización necesaria. *Revista de Ciencias Sociales*, 11354–11371. <https://doi.org/10.31876/rsc.v27i.36525>
- Vera Chang, J., Vásquez Cortez, L., Erazo Solorzano, C., & Intriago Flor, 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*, 6(3), 11354–11371. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS3.8672>
- Zambrano Muñoz, D. M. (2020). *Estudio del contenido en cadmio de cacao (Theobroma cacao L) ecuatoriano y su incidencia en el consumo humano* [Universidad de Córdoba]. <http://hdl.handle.net/10396/20041>