

Artículo Original

Nutr Clín Diet Hosp. 2025; 45(4):343-353
DOI: 10.12873/454vasquez-2

Efecto de microorganismos eficientes y extractos frutales sobre el perfil organoléptico y químico del licor de cacao CCN-51 durante la poscosecha

Effect of efficient microorganisms and fruit extracts on the organoleptic and chemical profile of CCN-51 cacao liquor during postharvest processing

Luis Humberto VÁSQUEZ CORTEZ^{1,2}, Silvia Cristina CLAVIJO VELÁZQUEZ¹, Manuel Danilo CARRILLO ZENTENO³, Edison Geovanny DÍAZ CAMPOZANO⁴, Paul Marcelo TACLE HUMANANTE⁵, Daniel ARIAS-TORO²

¹ Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Universidad Nacional de Cuyo, San Rafael, Argentina.

² Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Agroindustria, Babahoyo, Los Ríos, Ecuador.

³ Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAPI), Ecuador.

⁴ Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, Carrera Alimentos.

⁵ Facultad de Recursos Naturales, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Riobamba, Ecuador.

Recibido: 20/octubre/2025. Aceptado: 26/noviembre/2025.

ABSTRACT

Introduction. Cocoa fermentation is a critical stage for the development of its chemical and sensory attributes. The incorporation of effective microorganisms (EM) and fruit extracts has emerged as a strategy to enhance the quality of cocoa liquor.

Objectives. To evaluate the combined effect of three EM levels (0, 40, and 80%) and fruit extracts of banana, yaca, and passion fruit on the physicochemical and sensory properties of CCN-51 cocoa liquor.

Materials and Methods. A completely randomized bifactorial design was applied, consisting of 12 treatments and three replications. Fruit extracts were added at 3%, and EM doses were assigned according to treatment. Physicochemical variables (pH, acidity, moisture, ash, and protein) and sensory attributes (color, appearance, aroma, flavor, and aftertaste) were analyzed using a trained panel.

Results. Fruit extracts significantly affected pH, acidity, moisture, and ash content. EM% had a marked influence on

protein levels and some visual parameters. In sensory evaluation, color and appearance showed a significant interaction between factors, while aroma and aftertaste remained stable with slight treatment-dependent variations. Flavor did not present statistical differences but remained within acceptable sensory ranges.

Discussion. The combination of EM and fruit extracts induced technological modifications without altering the sensory integrity of the cocoa. The differentiated responses indicate the potential to modulate specific attributes based on extract type and microbial level.

Conclusions. The integrated application of effective microorganisms and fruit extracts offers a viable strategy to enhance the chemical and sensory quality of CCN-51 cocoa liquor, supporting its competitiveness in specialized markets.

KEYWORDS

Physicochemical characterization, controlled fermentation, sensory attributes, functional microbiota, postharvest technology.

RESUMEN

Introducción. La fermentación del cacao es un proceso determinante para el desarrollo de atributos sensoriales y quí-

Correspondencia:

Luis Humberto Vásquez Cortez
lvazquezc@utb.edu.ec

micos. La incorporación de microorganismos eficientes (EM) y extractos frutales representa una estrategia emergente para optimizar la calidad del licor de cacao.

Objetivos. Evaluar el efecto combinado de tres niveles de EM (0, 40 y 80 %) y extractos de banana, yaca y maracuyá sobre los parámetros fisicoquímicos y sensoriales del licor de cacao CCN-51.

Material y Métodos. Se empleó un diseño completamente al azar bifactorial con 12 tratamientos y tres repeticiones. Los extractos se aplicaron al 3 % y los EM según nivel asignado. Se analizaron pH, acidez, humedad, cenizas y proteína, junto con los atributos color, aspecto, aroma, sabor y regusto mediante panel sensorial entrenado.

Resultados. Los extractos frutales modificaron significativamente pH, acidez, humedad y ceniza. El EM% influyó especialmente en el contenido proteico y en ciertos atributos visuales. En lo sensorial, el color y aspecto evidenciaron interacción significativa entre factores, mientras que aroma y regusto mostraron estabilidad con variaciones puntuales. El sabor no presentó diferencias estadísticas, aunque se mantuvo dentro de rangos aceptables.

Discusión. La combinación de EM y extractos promovió ajustes tecnológicos sin comprometer la identidad sensorial del cacao. Las respuestas diferenciadas sugieren un potencial para modular características específicas según el tipo de extracto y nivel microbiano.

Conclusiones. El uso integrado de microorganismos eficientes y extractos frutales constituye una alternativa viable para mejorar la calidad química y organoléptica del cacao CCN-51, favoreciendo su competitividad en mercados especializados.

PALABRAS CLAVE

Caracterización fisicoquímica, fermentación controlada, atributos sensoriales, microbiota funcional, tecnología postcosecha.

INTRODUCCIÓN

El cacao (*Theobroma cacao* L.) es un cultivo de alta relevancia económica y sensorial, cuya calidad depende en gran medida de la fermentación poscosecha, etapa en la que se generan los precursores responsables del aroma y sabor del licor (pasta de cacao) y el chocolate¹. Ecuador es líder en cacao fino y de aroma, destacando las variedades CCN-51 y Nacional, reconocidas por sus diferencias en composición química, comportamiento fermentativo y atributos organolépticos². Los métodos tradicionales de fermentación, basados en microbiota espontánea, suelen generar variabilidad en la producción de compuestos volátiles, ácidos orgánicos y fenólicos³. Por ello, las estrategias biotecnológicas emergen como alternativas para dirigir el metabolismo fermentativo. El uso de microorganismos eficientes (EM) ha mostrado potencial para mejorar la degradación del mucílago y favorecer

la síntesis de metabolitos aromáticos clave⁴. Paralelamente, los extractos frutales pueden aportar carbohidratos fermentables, ácidos orgánicos y compuestos fenólicos que estimulan la actividad microbiana y modifican los perfiles químicos y sensoriales del licor. Por tratarse de pasta de cacao, el producto mantiene una composición íntegra del 100% de cacao, sin presencia de azúcares, aditivos ni sustancias exógenas, preservando así la pureza de la matriz lipídica y no lipídica del grano⁵.

Si bien existen estudios individuales sobre el uso de EM o adjuntos frutales, persiste un vacío respecto al efecto combinado de ambas estrategias en variedades contrastantes de cacao. En este contexto, resulta necesario evaluar su influencia conjunta sobre los atributos organolépticos y químicos del licor. El objetivo de este estudio fue analizar el efecto de microorganismos eficientes y extractos frutales sobre los perfiles sensorial y químico del licor de cacao de las variedades CCN-51, con el fin de generar evidencia aplicable a procesos fermentativos controlados orientados a mercados especializados de alta calidad.

MÉTODOS

Localización

La investigación se desarrolló en la Estación Experimental Tropical Pichilingue del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), ubicada en el cantón Mocache. Este sitio se encuentra a 73 m s. n. m., con coordenadas aproximadas de 1°04'26.00" de latitud sur y 79°29'20.47" de longitud oeste. Las mazorcas empleadas en la fermentación fueron recolectadas en dos zonas productoras: el cantón Santa Rosa, en la provincia de El Oro (3°23'41.9" S; 79°50'23.6" O), y la parroquia La Pipona, cantón Rocafuerte, provincia de Manabí (0°86'77.97" S; 80°45'20.02" O).

Los análisis fisicoquímicos se realizaron en el Laboratorio de Bromatología del Campus "La María" de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo (UTEQ), ubicado en el kilómetro 7 de la vía Quevedo–El Empalme, recinto San Felipe, cantón Mocache. Este laboratorio se sitúa a 73 m s. n. m., con coordenadas de 1°06'00" S y 79°29'00" O, y una temperatura promedio de 25,8 °C.

Las frutas empleadas para la preparación de los extractos diluidos fueron recolectadas en el recinto El Naranjo, perteneciente al cantón Mocache, provincia de Los Ríos (1°11'30.7" S; 79°35'43.6" O). La elaboración del licor de cacao se efectuó en el Taller de Confites y Chocolatería del mismo campus universitario. Los análisis químicos del licor final se efectuaron en el Laboratorio de Biotecnología Industrial y Alimentaria de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, sede Santo Domingo de los Tsáchilas. Este centro se localiza a 625 m s. n. m., con coordenadas aproximadas de 0°24'47" S y 79°18'34" O, y una temperatura ambiental entre 22 y 23 °C. En este laboratorio se determi-

naron las variables pH, acidez titulable, contenido de humedad y porcentaje de ceniza.

Diseño Experimental

En el presente trabajo de investigación se recurrió un Diseño Completamente al Azar bifactorial (DCA) conformado por 12 tratamientos por 3 repeticiones un total de 36 objetos de estudio, como primer factor la aplicación de microorganismos eficientes (0 % 0 mL (testigo), 40 % (400 mL), 80 % (800 mL) por un kilo de masa fermentativa de producto líquido respectivamente, como segundo factor se evaluó tres tipos de Extracto de frutas adicionando un control sin extracto diluido. Se utilizaron extractos de banana, yaca y maracuyá, cada extracto fue preparado a una concentración del 3 % (30 mL) para su uso en el estudio.

Procedimiento experimental

Ejecución de la poscosecha

Obtención de la mazorca de cacao (Materias prima)

Durante la recolección de las mazorcas de cacao, es fundamental garantizar que los frutos seleccionados se encuentren en óptimas condiciones, evitando estrictamente la cosecha de aquellos que presenten signos de contaminación por Moniliásis (*Moniliophthora roreri*):

Para garantizar 36 unidades experimentales de 1 kg de masa fresca cada una, se asignaron 36 kg a la variedad CCN-51. Con base en rendimientos promedio reportados para almendras frescas 0,12 kg por mazorca en CCN-51, se estimaron aproximadamente 360 mazorcas, respectivamente. Para compensar la variabilidad fisiológica y asegurar la disponibilidad del material biológico, se consideró un margen adicional del 10 %, resultando en 330 mazorcas de CCN-51.

Despulpado

Una vez obtenidas las mazorcas requeridas, se llevó a cabo el proceso de despulpado, el cual consiste en separar las almendras de cacao de la placenta del fruto. Asimismo, se procedió a efectuar un corte longitudinal o transversal en las mazorcas para facilitar la extracción de las almendras de cacao. Una vez despulpadas, las almendras de cacao fueron separadas y los granos se almacenaron en recipientes limpios y adecuadamente acondicionados. Las almendras se colocaron en las celdas de las cajas micro fermentadoras, cada una con capacidad para albergar 1kg de masa fresca de cacao⁶.

Manejo de Experimento

Proceso de fermentación

Posteriormente, las almendras de cacao se colocaron en cajas micro fermentadoras fabricadas de guayacán blanco,

los cuales cada caja fermentadora tiene una capacidad total de 36 espacios y dimensiones de 125x175x10 centímetros. Se ocuparon en su totalidad 36 celdas, utilizando 1 kilogramo de almendras en cada cuadro, las cuales se procedió a apartar los tratamientos control. El proceso involucró un total de 36 kg de masa fresca de almendras de cacao⁷. Las etapas de fermentación tuvo una duración de 5 días⁸.

Aplicación de microorganismos eficientes

Se llevó a cabo la inducción de microorganismos eficientes (Albiobacth) en las almendras frescas de cacao, siguiendo las especificaciones de un croquis experimental⁴.

Albiobacth

Se utilizó microorganismos Albiobacth (Nombre comercial), su contenido es poseedor de bacterias: 1.3×10^7 Unidad Formadora de Colonia /mL, mientras que las levaduras alcanzan los 4.0×10^6 UPC/mL. Los microorganismos identificados incluyen a *Lactobacillus acidophilus*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Rhizobium japonicum* y *Azotobacter Chroococcum*⁴.

Porcentaje de aplicación de microorganismos eficientes

Siguiendo la metodología descrita por Vásquez 2024¹ se calculó la cantidad de microorganismos Albiobacth a aplicar, utilizando microorganismos eficientes en las siguientes proporciones 0 % (control), 40 % (400 mL), 80 % (800 mL). Estas dosis se aplicó por cada 1 kilogramos de masa fermentativa de productos líquido, asegurando la adecuada distribución según los tratamientos establecidos⁹.

Preparación de extracto diluido de frutas banana

El extracto de banana (*Musa spp.*) (guineo), se procedió a utilizar cuatro frutos en estado de madurez avanzada "Madura", con un peso promedio de 150 g cada uno. De esta cantidad se obtuvieron 150 g de pulpa, los cuales se licuaron con 200 mL de agua destilada a una temperatura controlada inferior a 40 °C¹⁰. La proporción final correspondió a un 42,85 % de fruta en la mezcla, valor obtenido mediante la aplicación de la fórmula correspondiente y siguiendo la metodología descrita por Viera 2022¹¹. Esta misma ecuación 1 del porcentaje de fruto, se empleó de manera análoga para el cálculo de la proporción en los extractos elaborados con las demás frutas evaluadas (banana, yaca y maracuyá).

Ecuación 1. % de fruto.

$$\% \text{ Fruta} = \frac{(\text{g de pulpa})}{\text{g de pulpa} + \text{mL de agua}} \times 100$$

Preparación de extracto de frutas yaca

La obtención del extracto diluido de yaca (*Artocarpus heterophyllus*), fué obtenido a partir de un extracto natural en una concentración de 3 % (30 mL), con el objetivo de evaluar su efecto en la mejora de la calidad del grano de cacao durante el proceso de fermentación. Paralelamente, se preparó un licuado a base de pulpa de yaca, para lo cual se empleó 2700 gr de fruta fresca, de los cuales se procesaron 150 gramos de pulpa, mezclándolos con 200 mL de agua destilada, siguiendo las metodologías propuesta por Vásquez 2023¹².

Preparación de extracto diluido de frutas maracuyá

Paralelamente, se preparó un licuado a base de pulpa de maracuyá, para lo cual se emplearon 400 gramos de fruta frescas (equivalente a aproximadamente 4 frutos de maracuyá, considerando un peso promedio de 100 gramos por fruta), de los cuales se procesaron 150 gramos de pulpa. La pulpa se mezcló con 200 mL de agua destilada, asegurando que el proceso se realizara bajo condiciones controladas para preservar la actividad enzimática y cumplir con los parámetros establecidos por la metodología propuesta por Peña 2023¹³.

Secado de las almendras de cacao

Se procedió al secado de las almendras de cacao. Este se realizó bajo luz solar directa, asegurando un manejo cuidadoso para evitar la mezcla de los granos provenientes de diferentes tratamientos y fincas. El proceso de secado del cacao se llevó a cabo sobre superficies de madera especialmente acondicionadas para esta práctica, evitando el contacto con superficies no aptas que pudieran ocasionar contaminación por agentes externos.

Durante el secado, las almendras de cacao deben ser removidas "Remociones" de manera adecuada y constante para garantizar una deshidratación homogénea. Este procedimiento se debe extender durante un periodo aproximado de 7 a 8 días bajo luz solar directa, con el objetivo de alcanzar un contenido de humedad óptimo, comprendido entre el 6 % y el 7 %, asegurando la calidad final del producto¹.

Almacenamiento de las almendras de cacao

Una vez finalizada la etapa de secado, las almendras de cacao deben ser almacenadas cuidadosamente, manteniendo la segregación según los tratamientos y repeticiones correspondientes. Para su conservación, se almacenaron en bolsas de papel, las cuales favorecen las ventilaciones y evitan la acumulación de humedad, contribuyendo al mantenimiento y mejora de la calidad de las almendras de cacao. Este método asegura que las características adquiridas durante el proceso

de fermentación y secado se preservan de manera óptima hasta su análisis o su posterior⁹.

Proceso de obtención de pasta de cacao al 100%

Selección y clasificación: Se clasificó la materia prima de cacao mediante una inspección manual exhaustiva, eliminando cualquier contaminante o cuerpo extraño ajeno a las almendras. Este proceso garantizará la pureza de las almendras utilizadas.

Tostado: Las almendras pasaron por un proceso de tostados con ayuda de una vasija de barro bajo condiciones controladas a una temperatura promedio de 120 °C. Este proceso se realizó durante un periodo de 18 a 25 minutos, asegurando una distribución uniforme de calor para evitar quemaduras y facilitar la eliminación de humedad residual.

Descascarillado: Se llevó a cabo un proceso de descascarillado manual de las almendras, lo que permitió la separación de la testa de los cotiledones. Las almendras descascaradas fueron almacenadas en fundas de papel debidamente etiquetadas para evitar contaminación y preservar su integridad.

Molienda: Se llevó a cabo la molienda de los cotiledones utilizando un molino manual tradicional. Este proceso permitió reducir el tamaño de las partículas, facilitando el posterior refinado y asegurando una textura uniforme en la pasta de cacao.

Refinado: El refinado se efectuó para alcanzar un tamaño de partícula menor a 40 micras, garantizando una textura homogénea y evitando la presencia de gránulos detectables por las papillas gustativas. Este paso es crítico para optimizar la calidad organoléptica del producto final.

Conchado: La masa de cacao refinada se procesó en una conchadora de capacidad de 5 kg. La muestra se introdujo de manera gradual para permitir que el equipo capture la totalidad de la materia prima adherida a sus paredes, logrando una distribución uniforme y una emulsificación eficiente. Este proceso se mantuvo por un periodo de 48 horas para cada tratamiento, asegurando el desarrollo de un perfil sensorial superior.

Atemperado: Una vez concluida el proceso de refinado, la pasta de cacao se sometió al proceso de atemperado, reduciendo de manera controlada su temperatura. Posteriormente, se vertió en moldes previamente higienizados, donde es importante el reposo hasta adquirir la consistencia deseada.

Almacenamiento: Finalmente, la pasta de cacao se envolvió en papel aluminio para su almacenamiento. Cada unidad almacenó en fundas identificadas con códigos únicos para su trazabilidad y almacenada en condiciones de refrigeración a 4 °C, minimizando el riesgo de contaminación.

ción cruzada y preservando sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas⁹.

Análisis sensorial

Para el análisis sensorial se implementó un panel de cata semientrenados conformado por 50 catadores, los cuales determinaron: sabor, olor, textura, amargor, floral, almendra¹⁴. El análisis sensorial se realizó mediante una evaluación descriptiva estructurada del licor de cacao obtenido de los tratamientos experimentales. Para ello, se empleó una ficha sensorial con una escala hedónica ordinal de 1 a 5, en la que cada valor correspondió a una categoría previamente definida para cada atributo. Se evaluaron cinco parámetros principales: **color, aspecto, aroma, sabor y regusto**, cada uno con descriptores específicos.

La escala empleada para cada parámetro fue la siguiente:

Color: 1 = café caramelo, 2 = marrón, 3 = nogal, 4 = algarrobo, 5 = café negro.

Aspecto: 1 = muy brillante, 2 = brillante, 3 = satinado, 4 = opaco, 5 = muy opaco.

Aroma: 1 = fruta tropical, 2 = cacao, 3 = frutal cítrico, 4 = tostado, 5 = nuez.

Sabor: 1 = frutal, 2 = cacao tostado, 3 = afrutado seco, 4 = amargo, 5 = muy amargo.

Regusto: 1 = persistencia suave, 2 = amargo, 3 = cítricos no prolongados, 4 = astringente, 5 = sensación manchosa.

Las muestras fueron identificadas mediante códigos (T1–T12) para garantizar una evaluación a ciegas y evitar sesgos perceptuales. La sesión se desarrolló en un ambiente con iluminación neutra, temperatura controlada ($20 \pm 2^\circ\text{C}$) y sin interferencias visuales u olfativas. Cada muestra fue servida en recipientes codificados y evaluada de forma individual e independiente.

Los datos obtenidos fueron organizados para su análisis estadístico posterior conforme al diseño experimental establecido.

Pruebas físico químicas a la pasta de cacao

pH y acidez titulable

Las muestras homogenizadas se analizaron utilizando un potenciómetro previamente calibrado. La acidez se determinó mediante titulación con NaOH 0,1 N hasta alcanzar pH 8,1, aplicando la fórmula convencional para el cálculo del porcentaje de acidez¹⁵.

Humedad: Se empleó secado en estufa, pesando aproximadamente 2 g de muestra en crisoles previamente acondicionados. Tras secado a 130°C (2 h) o 150°C (12 h) y enfriamiento en desecador, el contenido de humedad se calculó a partir de la diferencia de masa¹⁶.

Ceniza: Se incineraron cerca de 2 g de muestra en mufla a 600°C durante 3 h, usando crisoles tarados. La cuantificación se realizó con base en la masa residual tras la combustión⁵.

Proteína: El contenido proteico se determinó mediante el método Kjeldahl, que incluyó digestión con H_2SO_4 y catalizador, destilación en sistema Kjeltec y titulación con HCl 0,1 N. La proteína bruta se estimó aplicando el factor de conversión correspondiente¹⁷.

Energía: Se utilizó una bomba calorimétrica. Las muestras (1–1,5 g) se comprimieron en pastillas y se sometieron a combustión completa en oxígeno a 30 atm. El poder calórico se calculó con base en el incremento térmico del sistema y las correcciones específicas del equipo¹⁸.

RESULTADOS

Variables químicas de la pasta de cacao

El análisis mostró que el porcentaje de microorganismos eficientes (EM%) no influyó significativamente en pH, acidez, humedad ni ceniza ($p>0,99$), lo que indica que estos parámetros no dependen directamente de la inoculación microbiana. En cambio, los extractos frutales sí modificaron todas estas variables (pH $p=0,0004$; acidez $p=0,0018$; humedad $p=0,0068$; ceniza $p<0,0001$), evidenciando que los compuestos naturales de maracuyá, banano y yaca intervienen activamente en la acidificación, retención hídrica y fracción mineral. No se detectaron efectos combinados para EM%×Extractos en estas variables.

A diferencia de los parámetros anteriores, la proteína mostró diferencias significativas tanto para EM% como para extractos ($p<0,0001$ en ambos casos). Aunque la interacción no fue significativa ($p=0,0798$), se observó una tendencia creciente con el aumento del EM%, especialmente cuando se combinó con maracuyá, alcanzando valores superiores a 12 %. Esto sugiere un efecto estimulante sobre la disponibilidad o retención nitrogenada durante la fermentación. En cuanto a la energía (kcal/g), se registraron variaciones atribuibles a los factores evaluados, con una interacción marginal ($p=0,0648$). La baja variabilidad experimental (EEM $\pm 0,21$; DMS = 1,07) confirma la confiabilidad de los resultados.

En síntesis, los extractos frutales fueron los principales moduladores del perfil químico básico, mientras que el EM% incidio con mayor fuerza sobre el contenido proteico y, en menor medida, la energía. Los factores actuaron de forma aditiva más que interactiva, aunque ciertas combinaciones como EM 80 % con maracuyá mostraron tendencias tecnológicamente relevantes; como se puede observar en la tabla 1.

Variables Sensoriales

Perfil sensorial color

El análisis estadístico evidenció que el color del licor de cacao fue influenciado significativamente por el porcentaje

Tabla 1. Efecto de la interacción microorganismos eficientes por la aplicación de extractos diluidos de frutas sobre las variables químicas de la pasta de cacao

Factores		Variables Químicas de la pasta de cacao											
EM %	Extractos	pH		Acidez		% Humedad		% Ceniza		% Proteína		Energía kcal/g	
0 %	Sin extractos diluidos de frutas	5,88		0,87		4,07		3,02		8,55		10,35	
	Banana	6,54		0,58		3,46		2,97		9,05		9,28	
	Yaca	6,46		0,60		3,47		3,05		9,71		9,05	
	Maracuyá	6,40		0,61		3,39		3,73		10,30		8,51	
40 %	Sin extractos diluidos de frutas	5,89		0,86		4,07		3,01		9,03		6,90	
	Banana	6,54		0,59		3,44		2,98		10,58		6,75	
	Yaca	6,48		0,62		3,44		3,04		10,50		5,90	
	Maracuyá	6,40		0,58		3,38		3,77		11,19		6,44	
80 %	Sin extractos diluidos de frutas	5,89		0,87		4,07		3,01		11,47		6,82	
	Banana	6,54		0,59		3,45		2,98		10,69		5,98	
	Yaca	6,47		0,61		3,46		3,04		11,95		5,67	
	Maracuyá	6,40		0,60		3,39		3,75		12,91		5,37	
	CV	4,69		23,21		11,89		8,09		5,47		5,04	
	DMS	0,8738		0,45529		1,25622		0,76102		1,69004		1,07655	
	EEM ±	0,17		0,09		0,25		0,15		0,33		0,21	
Prob.	EM %	0,9985	ns	0,9957	ns	0,9967	ns	0,9995	ns	<0,0001	**	<0,0001	**
	Extractos %	0,0004	*	0,0018	*	0,0068	*	<0,0001	**	<0,0001	**	<0,0001	**
	EM %*Extractos%	>0,9999	ns	>0,9999	ns	0,9999	ns	>0,9999	ns	0,0798	ns	0,0648	ns

de microorganismos eficientes (EM %) ($p = 0,0033$), mientras que los extractos frutales no generaron diferencias estadísticas ($p = 0,1142$). La interacción EM \times extractos mostró una tendencia cercana a la significancia ($p = 0,0652$), lo que sugiere posibles efectos combinados sobre la percepción visual.

Las puntuaciones estuvieron comprendidas entre **2,87 y 3,77**, correspondientes a tonos ubicados entre **marrón y nogal**, según la escala empleada (1 = café caramel, 2 = marrón, 3 = nogal, 4 = algarrobo, 5 = café negro). El tratamiento T2 (0 % EM + banana) registró la mayor calificación (3,77), se-

guido por T4 (0 % EM + maracuyá) con 3,73, superando al testigo sin extracto (T1 = 3,20). En el nivel intermedio (40 % EM), el T6 (banana) alcanzó 3,37, mientras que en 80 % EM los valores fueron más variables; el T9 (sin extracto) obtuvo 3,16. Los tratamientos con banana (T2, T6 y T10) se ubicaron de forma consistente entre los valores más altos, lo que sugiere estabilidad visual independientemente del nivel de EM. Este efecto podría estar asociado al contenido de azúcares reductores y compuestos nitrogenados del fruto, los cuales favorecen reacciones de Maillard y la formación de pigmentos durante la fermentación; los resultados obtenidos se pueden observar en la figura 1.

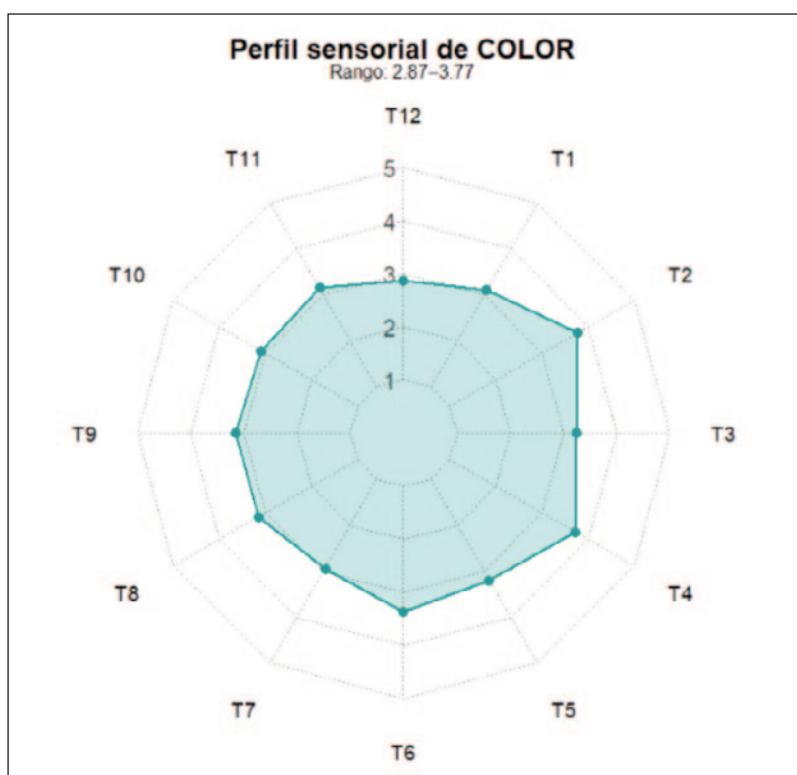


Figura 1. Efecto de la interacción microorganismos eficientes por la aplicación de extractos diluidos de frutas sobre el perfil sensorial de color de la pasta de cacao

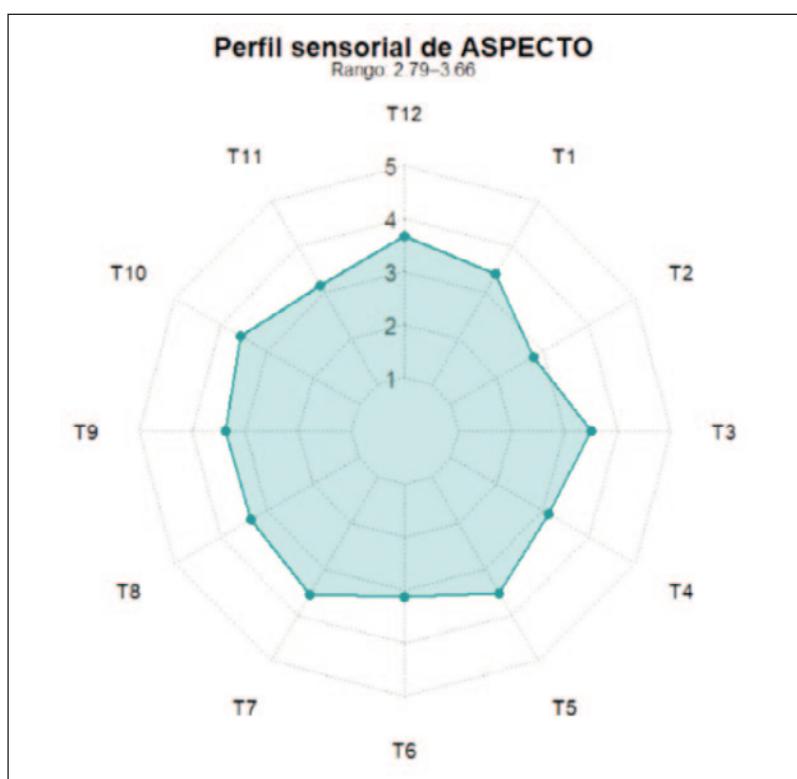


Figura 2. Efecto de la interacción microorganismos eficientes por la aplicación de extractos diluidos de frutas sobre el perfil sensorial de aspecto de la pasta de cacao

Perfil sensorial aspecto

El análisis estadístico determinó que el porcentaje de microorganismos eficientes (EM %) influyó significativamente en el aspecto del licor de cacao ($p = 0,0014$), mientras que los extractos frutales no mostraron efecto individual ($p = 0,1142$). No obstante, la interacción EM % \times extractos presentó un efecto altamente significativo ($p = 0,0001$), lo que indica que la combinación de ambos factores moduló de forma conjunta la apariencia del producto. La mayoría de tratamientos se ubicó en valores cercanos a 3 (satinado), con ligeras variaciones hacia 4 (opaco) según la combinación de factores. El tratamiento T12 (80 % EM + maracuyá) alcanzó la mayor puntuación (3,66), reflejando una tendencia hacia un aspecto satinado-opaco más homogéneo. Le siguió T7 (40 % EM + yaca) con 3,57. En contraste, los valores menores se observaron en T10, T2, T4 y T6, los cuales se mantuvieron alrededor de 2,8–3,2, indicando superficies más brillantes o menos uniformes. Los tratamientos T12, T10 y T7 destacaron en los grupos superiores según Tukey, lo que evidencia que la acción conjunta de microorganismos eficientes y extractos como maracuyá, banana y yaca favorece una apariencia más consistente frente al testigo.

Perfil sensorial aroma

El análisis del perfil sensorial de aroma evidenció un efecto significativo de la interacción entre los porcentajes de microorganismos eficientes (EM %) y los extractos frutales ($p = 0,0267$), lo que confirma que ambos factores actuaron de forma combinada sobre la percepción aromática del licor de cacao. Los puntajes se distribuyeron entre 2,26 y 2,80 según la escala utilizada: El tratamiento T5 (40 % EM sin extracto) alcanzó la puntuación más alta (2,80), lo que indica que una dosis intermedia de microorganismos eficientes, sin interferencia de compuestos derivados de frutas, favorece la expresión del aroma característico del cacao. En contraste, algunos tratamientos con extractos, especialmente con yaca, mostraron ligeras disminuciones en la percepción aromática. Este comportamiento sugiere que, en ausencia de metabolitos frutales, los microorganismos eficientes optimizan la actividad fermentativa responsable de la formación de alcoholes, aldehídos y ácidos precursores del aroma, reforzando el carácter propio del cacao.

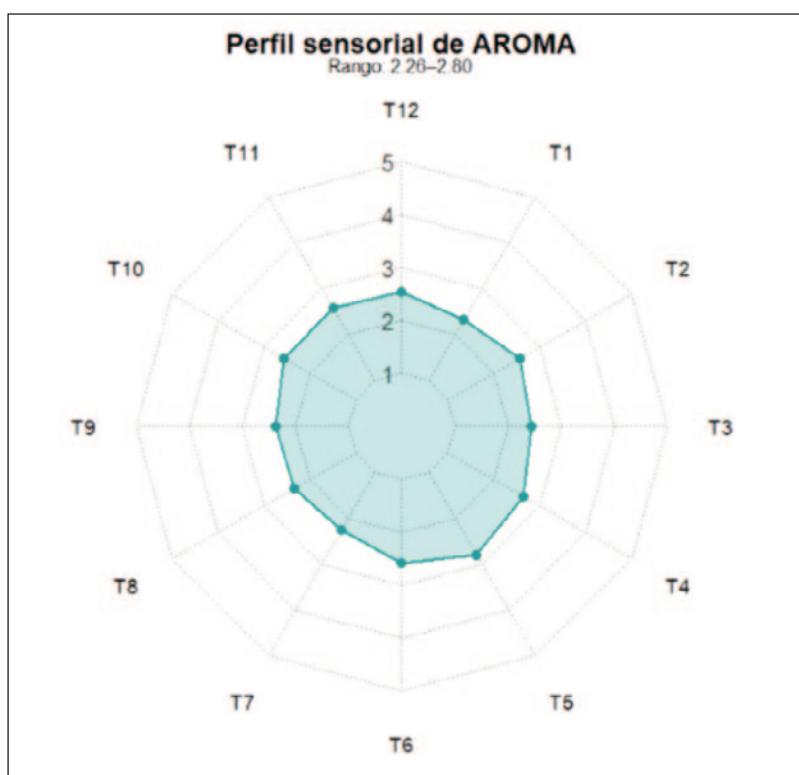


Figura 3. Efecto de la interacción microorganismos eficientes por la aplicación de extractos diluidos de frutas sobre el perfil sensorial de aroma de la pasta de cacao

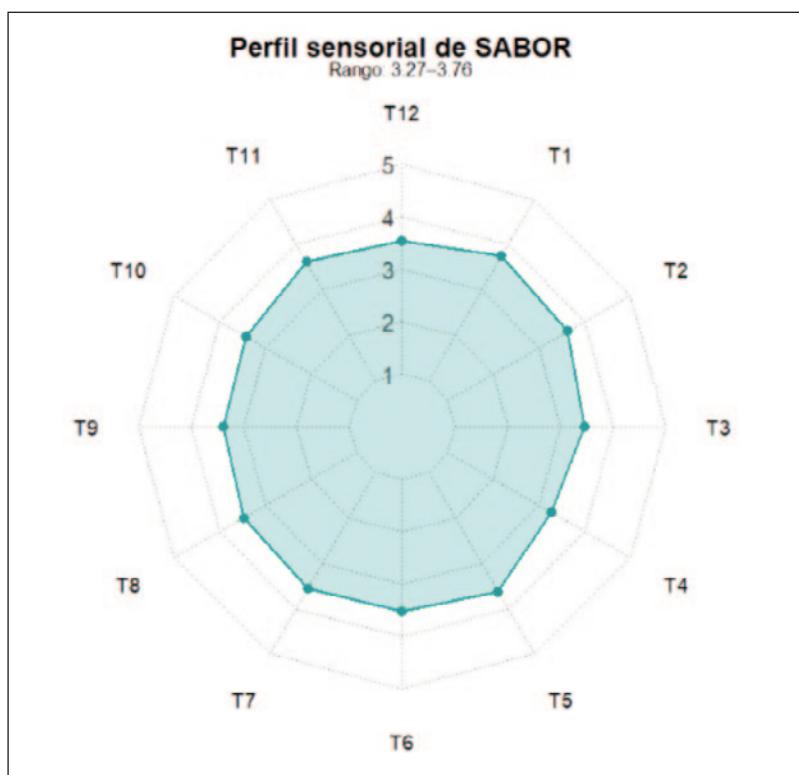


Figura 4. Efecto de la interacción microorganismos eficientes por la aplicación de extractos diluidos de frutas sobre el perfil sensorial de sabor de la pasta de cacao

Perfil sensorial sabor

El análisis sensorial del sabor no evidenció diferencias estadísticas significativas por la interacción entre los porcentajes de microorganismos eficientes (EM %) y los extractos frutales ($p > 0,05$), aunque se observaron variaciones numéricas entre tratamientos. Las puntuaciones se ubicaron entre 3,27 y 3,76.

El tratamiento T1 (0 % EM, sin extracto) registró la puntuación más alta (3,76), asociada a notas próximas al perfil amargo-afrutado seco, mientras que T12 (80 % EM + maracuyá) obtuvo el valor más bajo (3,27), cercano al descriptor afrutado seco. La estrecha dispersión de valores indica que ni los extractos ni los niveles de EM modificaron de forma perceptible la intensidad del sabor.

En conjunto, los resultados sugieren que el sabor del licor de cacao se mantuvo dentro de un rango sensorial estable, sin desplazamientos hacia perfiles más dulces o más amargos, lo que evidencia que los factores evaluados no alteraron significativamente los compuestos responsables de esta característica.

Perfil sensorial regusto

El análisis de varianza mostró que el regusto fue influido significativamente por el porcentaje de microorganismos eficientes (EM %) ($p = 0,0363$) y por la interacción EM % × extractos frutales ($p = 0,0053$). El efecto aislado de los extractos no fue significativo, indicando que su impacto depende de la presencia de EM. Las puntuaciones oscilaron entre 1,86 y 2,29, dentro de la escala sensorial. Esto indica que la percepción se mantuvo predominantemente en el rango amargo-persistencia suave, sin desplazamientos hacia notas más intensas como astringencia o sensación manchosa. El tratamiento T2 (0 % EM + banana) registró la puntuación más alta (2,29), mostrando una ligera intensificación del amargor frente al control sin extracto (T1 = 1,95). En contraste, T9 (80 % EM, sin extracto) obtuvo la puntuación más baja (1,86), lo que sugiere que niveles elevados de EM podrían atenuar el regusto, mientras que la adición de extractos en ese mismo nivel (T10 y T12) moderó parcialmente esa percepción.

Aunque se observaron variaciones numéricas, el regusto se mantuvo sensorialmente estable entre tratamientos, lo que indica que

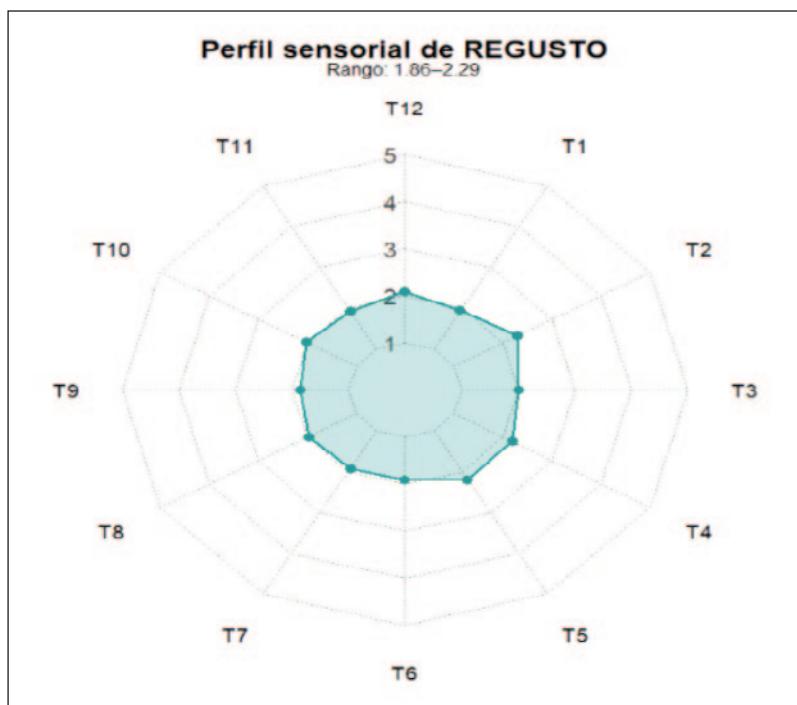


Figura 5. Efecto de la interacción microorganismos eficientes por la aplicación de extractos diluidos de frutas sobre el perfil sensorial de regusto de la pasta de cacao

ninguno de los factores alteró negativamente el perfil residual del cacao. Esta consistencia es favorable para mantener la identidad organoléptica del producto.

DISCUSIÓN

El rango de pH registrado correspondiente entre 5,88-6,54, manifiesta una actividad fermentativa interna eficaz, manteniéndose dentro de parámetros óptimos que preservan la autenticidad del perfil sensorial sin incurrir en desviaciones drásticas o pérdidas de identidad organoléptica¹⁹, registraron un pH de 5,91 de la pasta de cacao frente a 6,83 en muestras sin fermentación, una clara indicación de la actividad microbiológica que acidifica en el cotiledón. Calvo 2021²⁰, establecieron que un intervalo de pH comprendido alrededor de 5,5 y 6,0 representa el umbral ideal para garantizar una fermentación uniforme y acorde, asegurando así la consistencia en la calidad del producto final.

Los niveles de acidez encontrados en la presente investigación están dentro del rango de 0,58 % a 0,87 % demuestran una fermentación técnicamente consistente, sin indicios de desbalances bioquímicos ni daños en la calidad fermentativa de los granos de cacao. González 2024²¹, documentaron intervalos de 0,6 % a 0,8 % en pasta de cacao, estrechamente asociados en la diminución de pH como consecuencia del metabolismos ácidos. Sin embargo Calvo 2021²⁰, argumenta que concentraciones entre 0,5 % y 0,9 % son críticas para mantener un perfil sensorial estable y armónico.

En la investigación de Montoya 2025²², se reportan valores de acidez titulable para pasta de cacao entre 0,65 % y 0,89 %, lo cual se asocia con fermentación activas que permitieron el desarrollo de compuestos orgánicos como el ácido acético. Esto coincide con la afirmación de que acides moderadas elevan el perfil aromáticos sin provocar extremo, sin embargo Cevallos 2025²³, la acidez osciló entre 0,61 % y 0,77 % destacando que las fermentaciones controladas con remociones periódicas ayudaron a estabilizar los niveles de ácido, favoreciendo una calidad sensorial equilibrada y sin notas volátiles indeseadas, lo cual concuerda con un rango similar en la investigación realizada, lo que indica que los tratamientos con extractos y microorganismos eficientes favorecieron una fermentación estable, lo cual es comprable por una mejor dispersión de los valores hacia el rango medio, esto respalda la viabilidad técnica de los coadyuvantes utilizados para de tal forma alcanzar un perfil ácido favorable.

Esta valoración sensorial corrobora lo que menciona Quintana 2025²⁴, determina que la fermentación incide significativamente en las características visuales del cacao, notablemente cuando se controla la temperatura y se utilizan métodos específicos en cajas de madera para promover reacciones de pigmentación lo que reafirma en su investigación.

El patrón de tendencia que se evidenció, muestra que las combinaciones entre las interacciones a 80 % de microorganismos eficientes con adición de extracto diluido de maracuyá o como banana (T12 y T10) y 40 % EM con yaca T7; conservaron una mayor preferencia aromática, distinguiéndose en los grupos superiores de las pruebas de Tukey. Esta tendencia guarda relación con la literatura de Díaz y Lucas 2022²⁵, que señala una fermentación adecuada y predominada por levadura seguidas de bacterias lácticas y acéticas las cuales aceleran la hidrólisis de pectinas en las almendras frescas, promueven el drenaje del mucilago y incrementan la temperatura de las almendras de cacao.

CONCLUSIONES

La aplicación combinada de microorganismos eficientes y extractos frutales durante la fermentación del cacao CCN-51 evidenció efectos diferenciados sobre los parámetros fisicoquímicos y sensoriales del licor. Los extractos de banana, yaca y maracuyá generaron variaciones significativas en pH, acidez titulable, humedad y contenido de ceniza, mientras que el EM% mostró mayor influencia sobre el contenido proteíco, especialmente cuando se combinó con extracto de maracuyá en concentraciones altas. Aunque la interacción entre

factores no fue significativa para todas las variables químicas, se identificaron tendencias consistentes con valor tecnológico que respaldan su incorporación en fermentaciones controladas. En el perfil sensorial, las respuestas fueron específicas según el atributo evaluado. El color presentó mejor puntuación en ausencia de EM cuando se incorporaron extractos frutales, mientras que el aspecto mostró un efecto combinado significativo entre ambos factores. El aroma alcanzó su mayor expresión bajo 40 % de EM sin extractos, y el regusto permaneció dentro de rangos estables y aceptables. El sabor no presentó diferencias estadísticas, lo que evidencia resiliencia sensorial del cacao CCN-51 frente a las intervenciones evaluadas.

Los hallazgos demuestran que la integración de consorcios microbianos y coadyuvantes frutales constituye una estrategia biotecnológica viable para modular atributos sensoriales y mejorar parámetros químicos sin comprometer la identidad organoléptica del cacao. Este enfoque permite diversificar perfiles funcionales, fortalecer el valor comercial del licor y aportar alternativas sostenibles para la optimización pos cosecha de clones industriales como CCN-51 en mercados especializados.

AGRADECIMIENTO

El autor agradece a su tadora de su tesis doctoral, Dra. Ing. Silvia Cristina Clavijo Velázquez, de la Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria de la Universidad Nacional de Cuyo (San Rafael, Argentina), por la dirección académica brindada en el marco del Doctorado en Ingeniería de Productos y Procesos de la Industria Alimentaria. Asimismo, se reconoce el apoyo del Ing. Manuel Danilo Carrillo Zenteno, Ph.D., del Departamento de Suelos y Agua del INIAP–Extensión Tropical Pichilingue (cotutor), institución donde se ejecutó la fase experimental. El primer autor agradece a Dios, a sus padres, a su esposa, Sanyi Lorena Rodríguez Cevallos, M.Sc. (c), y a su familia, quienes fueron pilares de apoyo en su investigación y en su vida, sin duda alguna a su hija quien es su inspiración.

BIBLIOGRAFÍA

1. Vásquez L, Alvarado K, Intriago F, Raju N, Prasad R. Banana and apple extracts with efficient microorganisms and their effect on cadmium reduction in cocoa beans (*Theobroma cacao L.*). *Discov Food* [Internet]. 2024;4(163):1–13. Available from: <https://doi.org/10.1007/s44187-024-00205-5>
2. Intriago F, Alvarado K, Vera J, Vásquez L, Tigselema S, Verduga C. Post-harvest quality of cacao (*Theobroma cacao L.*) for the chocolate industry. In: García L, Naga M, Zambrano F, Aguilar D, editors. *Sustainable Cacao Cultivation in Latin America* [Internet]. 1st ed. London: Routledge; 2024. p. 270–91. Available from: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781003381761-17/post-harvest-quality-cacao-theobroma-cacao-chocolate-industry-frank-intriago-flor-kerly-alvarado-vásquez-jaime-vera-chang-luis-vásquez-cortez-solanyi-tigselema-zambrano-cristhian-verduga>
3. Vera J, Vásquez L, Alvarado K, Intriago F, Raju M, Radice M. Physical and Organoleptic Evaluation of 12 Cocoa Clones (*Theobroma Cacao L.*) of National Type, in Cocoa Liquor—a Study from Ecuador. *Syst Smart Technol Innov Soc* [Internet]. 2024;870:199–211. Available from: [10.1007/978-3-031-51982-6_18](https://doi.org/10.1007/978-3-031-51982-6_18)
4. 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://doi.org/10.23850/24220582.5460>
5. Vásquez L, Montoya E, Cadenas L, Plua J, Camacho C, Cobos F, et al. Evaluación físico química y sensorial del cacao (*Theobroma cacao L.*) CCN51 fermentado con *Saccharomyces cerevisiae* y extracto de fruta (Mango manila) en diferentes grados de madurez. *Nutr Clin y Diet Hosp.* 2025;45(3):117–28.
6. Vásquez L, Erazo C, Vera J, 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: [10.53730/ijhs.v6nS3.8672](https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS3.8672)
7. Torres A, Vera J, Vásquez L, Alvarado K, Intriago F. Extraction of Cocoa Powder for the Preparation of a Drink by Adding Mucilage and Guava. *Sarhad J Agric* [Internet]. 2023;39(2):10–8. Available from: <https://dx.doi.org/10.17582/journal.sja/2023/39/s2.10.18>
8. Vera J, Vásquez L, Alvarado K, Intriago F, Raju M, Radice M. Physical and organoleptic evaluation of 12 cocoa clones (*Theobroma cacao L.*) of National type, in Cocoa liquor — a study from Ecuador. *Syst Smart Technol Innov Soc*. 2024;870:8–15.
9. Intriago F, Cedeño J, Parraga C, Alvarado K, Vásquez L, Revilla K, et al. Induction of effective microorganisms (EM) in the fermenting mass of cacao (*Theobroma cacao L.*) and their impact on physicochemical and antioxidant characteristics. *Biotecnia* [Internet]. 2024;26(2422):1–8. Available from: <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v26.2422>
10. Morales W, Morante J, Herrera R, Ayuso M, Bernalte M. Efecto de la adición de levaduras y enzimas durante la fermentación sobre la calidad fisicoquímica de los granos de cacao fino de aroma. *J Agric Food Res.* 2024;16(101126):1–43.
11. Viera W, Shinohara T, Samaniego I, Terada N, Sanada A, Ron L, et al. Pulp Mineral Content of Passion Fruit Germplasm Grown in Ecuador and Its Relationship with Fruit Quality Traits. *Plants* [Internet]. 2022;11(5):1–19. Available from: <https://www.mdpi.com/2223-7747/11/5/697#B93-plants-11-00697>
12. Vásquez L, Durazno L, Rivadeneira C, Vera J, Arboleda L, Intriago F. Utilización De extracto de Jackfruit (*Artocarpus Heterophyllus*) como estrategia para mejorar la calidad del grano de cacao. *Rev Científica Multidiscip InvestiGo* [Internet]. 2023;4(8):95–117. Available from: <https://www.revistainvestigo.com/EditorInvestigo/index.php/hm/article/view/67>
13. Peña M, Ortiz J, Santander F, Lazo M, Caroca R. Physicochemical changes during controlled laboratory fermentation of cocoa (ccn-51) with the inclusion of fruits and on-farm inoculation. *Brazilian J Food Technol* [Internet]. 2023;26:1–9. Available from: <https://doi.org/10.1590/1516-3598.26.1.0001>

- able from: <https://www.scielo.br/j/bjft/a/yc7QZvLwpxx8JZS639yCSZH/?lang=en>
14. Vera J, Vasquez L, Zapata K, Cevallos R. Caracterización morfológica, fisicoquímica y microbiológica del cacao Macambo (*Theobroma bicolor* Humb & Bonpl.) en Ecuador. *Rev Agrotecnología Amaz* [Internet]. 2024;4(2):1–17. Available from: <https://doi.org/10.51252/raa.v4i2.657>
 15. Vera J, Radice M, Vásquez L, Intriago F. Perfil químico de 12 clones tipo nacioal de pasta de cacao (*Theobroma cacao* L.). Univ y Soc [Internet]. 2024;16(1):126–36. Available from: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202024000100126
 16. Vásquez L, Cevallos C, Uvidia M, Segobia S, Plua J. Evaluación de métodos fermentativos de cacao Nacional y CCN-51, induciendo microorganismos en yute y cajas Rohan para mejora organoleptico. *Rev Luna Azul.* 2025;(60):168–81.
 17. Vásquez L, Rodríguez S, Cadena L, PLua J, Camacho C, Cobos F, et al. Aroma, Ciencia y Tradición: Nuevas fronteras en la fermentación del cacao [Internet]. 1st ed. Rodríguez S, Rojas J, editors. Ediciones GESICAP.; 2025. 1–126 p. Available from: <https://edicionesgesicap.com/index.php/gesicap/catalog/book/47>
 18. Iñiguez F, Espiniza X, Galarza E. Use of probiotics and organic acids as stimulants of the development of broilers: review article. *Rev Investig en Ciencias Agropecu y Vet* [Internet]. 2021;5(14):166–72. Available from: <https://revistaalfa.org/index.php/revistaalfa/article/view/115>
 19. Mbadi C, Matsinkou R, Ngaha W, Assiene J. Formulation of functional cocoa liquor (*Theobroma cacao*) from raw and processed beans blend: physicochemical, phytochemical, sensory characteristics and in vitro antioxidant activity. *Discov Food* [Internet]. 2025;5(186):1–16. Available from: https://link.springer.com/article/10.1007/s44187-025-00488-2?utm_source=chatgpt.com
 20. Calvo A, Botina B, García M, Cardona W, Montenegro A, Criollo J. Dynamics of cocoa fermentation and its effect on quality. *Sci Rep* [Internet]. 2021;11(16746):1–15. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-95703-2>
 21. González A, García G, Polanía P, López L, Suárez J. Fermentation and its effect on the physicochemical and sensory attributes of cocoa beans in the Colombian Amazon. *PLoS One* [Internet]. 2024;19(10):1–20. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0306680>
 22. Montoya E. Evaluación físico química y sensorial del cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN51 fermentado con *Saccharomyces cerevisiae* y extracto de fruta (Mango manila) en diferentes grados de madurez [Internet]. Universidad Técnica de Babahoyo; 2025. Available from: <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/3447>
 23. Cevallos C. Evaluación de métodos fermentativos de cacao Nacional y CCN-51 usando yute, cajas Rohan y microorganismos para mejorar propiedades sensoriales [Internet]. Universidad Técnica de Babahoyo; 2025. Available from: <https://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/18198>
 24. Quintana L, García A, Rodríguez A, Hoyos N, Alvis A. Impact of Spontaneous Fermentation on the Physicochemical and Sensory Qualities of Cacao. *Fermentation* [Internet]. 2025;11(7):1–19. Available from: https://www.mdpi.com/2311-5637/11/7/377?utm_source=chatgpt.com
 25. Díaz C, Luc V. Functional yeast starter cultures for cocoa fermentation. *J Appl Microbiol* [Internet]. 2022;133(1):39–66. Available from: <https://academic.oup.com/jambio/article/133/1/39/6989019>
 26. Camu N, González Á, De Winter T, Van Schoor A, De Bruyne K, Vandamme P, et al. Influence of turning and environmental contamination on the dynamics of populations of lactic acid and acetic acid bacteria involved in spontaneous cocoa bean heap fermentation in Ghana. *Appl Environ Microbiol* [Internet]. 2008;74(1):86–98. Available from: <https://journals.asm.org/doi/10.1128/aem.01512-07>