


Efecto del mucílago de cacao y hierbaluisa en las propiedades funcionales, fisicoquímicas y sensoriales de una bebida

Effect of cocoa mucilage and lemongrass on the functional, physicochemical and sensory properties of a beverage

*Zamora Castillo, José Andrés*¹
*Hidrovo Velásquez, Johan Fabrizzio*²
Cedeño Guzmán, Wilson Paul^{3*}

Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Calceta, Ecuador

¹ zamoracastillojoseandres@gmail.com 

² johanhidrovo@gmail.com 

³ wpcedeno@espam.edu.ec 

Recibido/received:19/08/2025 Corregido/revised:15/10/2025 Aceptado/accepted:08/04/2026

Resumen: La creciente demanda de alimentos funcionales y el limitado aprovechamiento del mucílago de cacao (*theobroma cacao*) motivan la búsqueda de nuevas formulaciones que valoricen ingredientes naturales con propiedades bioactivas. En este contexto, el presente estudio permitió evaluar las propiedades funcionales, fisicoquímicas y sensoriales de una bebida desarrollada a partir de diferentes concentraciones de mucílago de cacao y hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*). Se aplicó un diseño experimental factorial 3×3, combinando tres niveles de mucílago (55%, 60% y 65%) y de hierbaluisa (25%, 30% y 35%). Se analizaron parámetros como pH, acidez, °Brix, contenido de polifenoles y flavonoides totales, así como la aceptación sensorial mediante prueba afectiva con 50 catadores. Los resultados indicaron que el incremento de mucílago elevó significativamente los sólidos solubles (hasta 10.20 °Brix) y la concentración de compuestos antioxidantes, alcanzando 566.85 mg de polifenoles y 4,018.33 mg de flavonoides. El pH osciló entre 3.93 y 4.05, mientras que la acidez aumentó (0.68%) en las formulaciones con 65% de mucílago y mayores niveles de hierbaluisa. En el análisis sensorial, las combinaciones con 60%–65% de mucílago y 25%–30% de hierbaluisa obtuvieron mayor aceptación, en contraste con las formulaciones de menor contenido de mucílago. El mucílago de cacao aportó un dulzor natural, además de compuestos antioxidante que contribuyen a mejorar el valor nutricional y favorecer la salud del consumidor. Por su parte, la hierbaluisa complementó el perfil organoléptico con notas frescas y agradables, sin afectar negativamente el sabor ni la aceptación del producto.

Palabras clave: Compuestos bioactivos; *cymbopogon citratus*; antioxidantes; polifenoles; flavonoide

* Autor de correspondencia
Correo: wpcedeno@espam.edu.ec



Abstract: The growing demand for functional foods and the limited use of cocoa mucilage (*Theobroma cacao*) have encouraged the search for new formulations that add value to natural ingredients with bioactive properties. In this context, the present study aimed to evaluate the functional, physicochemical, and sensory properties of a beverage developed from different concentrations of cocoa mucilage and lemongrass (*Cymbopogon citratus*). A 3×3 factorial experimental design was applied, combining three levels of mucilage (55%, 60%, and 65%) and lemongrass (25%, 30%, and 35%). Parameters such as pH, acidity, °Brix, total polyphenols, and total flavonoids were analyzed, along with sensory acceptance through an affective test with 50 panelists. The results showed that increasing the mucilage concentration significantly raised the soluble solids (up to 10.20 °Brix) and the content of antioxidant compounds, reaching 566.85 mg of polyphenols and 4,018.33 mg of flavonoids. The pH ranged from 3.93 to 4.05, while acidity increased (0.68%) in formulations containing 65% mucilage and higher levels of lemongrass. In the sensory evaluation, combinations with 60–65% mucilage and 25–30% lemongrass achieved the highest acceptance, contrasting with those containing lower mucilage concentrations. In conclusion, cocoa mucilage provided a natural sweetness and valuable antioxidant compounds that enhanced the nutritional value and supported consumer health. Meanwhile, lemongrass enriched the organoleptic profile with fresh and pleasant notes, without negatively affecting flavor or product acceptance.

Keywords: Bioactive compounds; cymbopogon citratus; antioxidants; polyphenols; flavonoids

Introducción

En Ecuador existe una amplia diversidad de frutas con alto potencial productivo que aún no han sido industrializadas, situación que se atribuye principalmente a deficiencias en el manejo poscosecha, las cuales afectan la calidad del producto y generan diversos problemas durante su comercialización, como la formación de lixiviados, deformaciones, pérdida de color, procesos de fermentación no controlados y proliferación de hongos (Vega et al., 2023); de manera similar, en el caso del cacao, se estima que el 81 % de los productores no incorporan innovaciones tecnológicas dentro de la cadena de valor, lo que provoca que aproximadamente el 72 % del mucílago generado se desperdicie, a pesar de su alto potencial de aprovechamiento (Villarroel et al., 2022).

Según Pinto y Vilela (2021), los consumidores manifiestan una preferencia cada vez mayor por alimentos y bebidas elaborados con ingredientes naturales, debido a que los asocian con beneficios preventivos y terapéuticos para la salud. En este contexto, las bebidas funcionales han ganado especial interés, ya que contienen compuestos bioactivos como polifenoles, fibras dietéticas, prebióticos, proteínas, péptidos, ácidos grasos insaturados, minerales y vitaminas, los cuales contribuyen a mejorar el bienestar y aportan un mayor valor nutricional al producto (Gupta et al., 2023). Esta tendencia forma parte del crecimiento sostenido del mercado global de alimentos funcionales, impulsado por una mayor conciencia sobre la relación entre la dieta y la salud, así como por la búsqueda de alternativas que ayuden a reducir el riesgo de enfermedades crónicas; como resultado, este mercado alcanzó en 2022 un valor estimado de USD 203,64 mil millones y presenta una tasa de crecimiento anual del 12,8 %, con proyecciones que indican que podría llegar a USD 229,7 mil millones (Dimitrova y Ilieva, 2023).

El mucílago de cacao se caracteriza por su elevado contenido de carbohidratos, minerales y vitaminas, lo que lo convierte en una materia prima atractiva para la elaboración de bebidas nutritivas que contribuyen a la hidratación y a la reposición de electrolitos, favoreciendo el equilibrio metabólico y el aporte de energía de rápida asimilación (Santana et al., 2019). Asimismo, diversos estudios han evidenciado su riqueza en compuestos bioactivos; en particular, las variedades CCN-51 y Nacional presentan concentraciones de polifenoles de 72.22 y 105.08 mg AGE/100 mL, respectivamente, mientras que los flavonoides alcanzan valores de 5.16 y 36.8 mg/100 mL, destacándose la variedad Nacional por su mayor potencial antioxidante (Reyes, 2020).

En los últimos años, la hierbaluisa ha dejado de ser un recurso subutilizado para consolidarse como una planta de gran interés, esta planta se caracteriza por una composición química diversa, que incluye terpenos, alcoholes, cetonas, aldehídos y ésteres, entre los cuales destacan aceites esenciales como el citral α y β , nerol, geraniol, citronelal, terpinoleno, acetato de geranilo y mirceno, responsables de su aroma distintivo y de múltiples efectos benéficos para la salud (Al-Maharik et al., 2024). Asimismo, sus hojas contienen una amplia variedad de fitoquímicos, como alcaloides, flavonoides, saponinas y taninos, además de nutrientes esenciales como proteínas, carbohidratos, fibra dietética, vitaminas del complejo B, C, D y E, y minerales como calcio, hierro, potasio, magnesio y zinc, lo que refuerza su potencial como ingrediente natural en el desarrollo de productos funcionales innovadores y sostenibles (Uraku et al., 2015; Rodríguez et al., 2024).

Diversos estudios han evidenciado que las condiciones de infusión influyen de manera significativa en la extracción de compuestos bioactivos, demostrando que el uso de temperaturas moderadas favorece la liberación de antioxidantes, mientras que temperaturas superiores a 90 °C pueden provocar la degradación de polifenoles y una disminución de la calidad sensorial del producto; en contraste, factores como la agitación o el método de dosificación no muestran un efecto relevante sobre este proceso (Antony & Farid, 2022). En este contexto, y debido a su composición rica en compuestos funcionales y a los beneficios que aporta a la salud, la hierbaluisa ha sido utilizada en la formulación de bebidas funcionales, como aquellas elaboradas a partir de pitahaya y extracto de *Cymbopogon citratus* (Castro et al., 2020).

En este contexto, el estudio tuvo como objetivo determinar las propiedades funcionales, fisicoquímicas y sensoriales de una bebida elaborada con diferentes porcentajes de mucílago de cacao (*Theobroma cacao*) y hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*), con el propósito de identificar la formulación que presentó el mejor valor nutritivo y aceptación sensorial.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en los Talleres Agroindustriales y el Laboratorio de Bromatología de la ESPAM MFL, ubicados en el sitio El Limón, cantón Bolívar, provincia de Manabí.

Factores en estudio. Se experimentó con los porcentajes de mucílago de cacao y de hojas frescas de hierbaluisa, en relación a un litro de agua para la respectiva infusión. Se evaluaron dos factores principales:

Factor A: Porcentaje de mucílago de cacao en la bebida (55%, 60%, 65%) Factor B: Porcentaje de infusión de hierbaluisa en la bebida (25%, 30%, 35%) tratamientos. Se empleó un diseño factorial 3x3, resultando en 9 combinaciones posibles (3 niveles de A \times 3 niveles de B), cada una con 3 repeticiones, para un total de 27 unidades experimentales. Cada unidad experimental consistió en 1000 ml de bebida funcional con los porcentajes correspondientes.

Tabla 1

Número de combinaciones resultante de los niveles de los factores

No. de combinaciones	Código	% Mucílago de cacao	% Hierbaluisa
1	a1*b1	55	25
2	a1*b2	55	30
3	a1*b3	55	35
4	a2*b1	60	25
5	a2*b2	60	30
6	a2*b3	60	35
7	a3*b1	65	25
8	a3*b2	65	30
9	a3*b3	65	35

Análisis estadístico: Análisis de Varianza (ANOVA)

El análisis estadístico empleado fue un ANOVA de dos factores, con el objetivo de evaluar el efecto de ambos factores sobre la variable de respuesta. El efecto principal del factor A (porcentaje de mucílago de cacao) permitió determinar si dicho porcentaje influye de manera significativa en la respuesta. De igual forma, el efecto principal del factor B (porcentaje de infusión de hierbaluisa) evaluó si este factor presenta un impacto significativo sobre la variable estudiada. Asimismo, se analizó la interacción entre los factores A y B, con el fin de identificar si el efecto de uno depende del nivel del otro. Todos los análisis se realizaron utilizando el software Infostat 2019.

Diseño experimental

El diseño experimental utilizado es el diseño factorial 3x3 con arreglo factorial A*B, donde se combinan tres niveles del factor A (mucílago de cacao) y tres niveles del factor B (hierbaluisa), resultando en 9 combinaciones con 3 repeticiones cada uno, para un total de 27 unidades experimentales.

Tabla 2
Análisis de Varianza (ANOVA)

Fuente de Variación	Grados de libertad
Total	26
Factor A	2
Factor B	2
A*B	4
Error experimental	18

Unidad experimental

Cada unidad experimental estuvo conformada por 1000 mL de bebida funcional. La distribución de las combinaciones experimentales consideró dos factores: el factor A, correspondiente al porcentaje de mucílago de cacao, evaluado en tres niveles (55 %, 60 % y 65 %), y el factor B, correspondiente al porcentaje de infusión de hierbaluisa, también con tres niveles (25 %, 30 % y 35 %). La combinación de los niveles de ambos factores dio lugar a nueve tratamientos experimentales.

Tabla 3
Formulación de la bebida funcional de acuerdo a los tratamientos de estudio

Ingredientes	T1 (%)	T2 (%)	T3 (%)	T4 (%)	T5 (%)	T6 (%)	T7 (%)	T8 (%)	T9 (%)
Mucílago de cacao	55	55	55	60	60	60	65	65	65
Infusión de hierbaluisa	25	30	35	25	30	35	25	30	35
Agua purificada	20	15	10	15	10	5	10	5	0
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Manejo del experimento

Obtención de muestras: La materia prima utilizada en este estudio fue el mucílago de cacao, obtenido de la empresa CLEOBEL ORGANIC S.A., ubicada en el cantón Mocache, provincia de Los Ríos, dedicada a la compra y comercialización de cacao CCN-51 en baba, variedad empleada como base para la elaboración de la bebida funcional. A partir de este cacao se extrajo el mucílago, el cual fue almacenado en un recipiente plástico con capacidad de 50 litros para su posterior traslado al taller de Agroindustria de Frutas y Hortalizas de la ESPAM-MFL, procurando preservar sus propiedades y calidad en condiciones óptimas. Asimismo, la hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) fresca se obtuvo de

la hacienda CLEOBEL, también ubicada en el cantón Mocache, y sus hojas fueron empacadas en fundas plásticas adecuadas para su transporte, con el fin de garantizar su integridad y mantener su frescura hasta el momento de su procesamiento.

Preparación de muestras: En el Taller de Frutas y Vegetales de la ESPAM MFL se realizó la recepción de las materias primas y se efectuaron pruebas visuales de calidad. Se descartaron hojas secas y sin daños mecánicos o biológicos.

Extracción del mucílago de cacao: El mucílago fue filtrado utilizando una tela de lienzo para eliminar impurezas y obtener una textura homogénea. Posteriormente, se pasteurizó a 75 °C durante 12 minutos, según la metodología descrita por Chang et al. (2023), y luego se enfrió a temperatura ambiente para su posterior uso en la formulación de las bebidas. La aplicación del mucílago se realizó por unidad experimental, siguiendo el procedimiento establecido por Delgado-Ospina et al. (2020).

Elaboración de la infusión de hierbaluisa: Se calentó un litro de agua purificada hasta ebullición, se mantuvo por 2 minutos, se redujo la temperatura a 70 °C, se incorporaron las hojas frescas de hierbaluisa en las proporciones establecidas para cada combinación (25% y 30% y 35%) y se mantuvo la infusión durante 10 minutos para permitir la extracción de compuestos funcionales. Una vez transcurrió el tiempo de la infusión se filtró y se retiraron las hojas de hierbaluisa de la mezcla.

Elaboración de la bebida: Se añadieron las cantidades correspondientes de mucílago e infusión, y la mezcla se mantuvo a 70 °C con agitación durante 2 minutos.

Envasado: Para el envasado de la bebida, se usaron botellas de vidrio (esterilizadas) de 200 L (Romero et al., 2021), se pasteurizó la bebida a una temperatura de 70°C por 15 minutos en la botella para asegurar la inocuidad (Sandoval, 2011). La bebida se almacenó en refrigeración a una temperatura de 4°C (Villareal et al., 2013) durante 24 horas para proceder con la evaluación de las variables físico- químicas, como pH, acidez y °Brix, que se evaluaron en el laboratorio de bromatología de la ESPAM MFL, mientras que los análisis de los compuestos fenólicos y flavonoides se enviaron a un laboratorio externo.

Temperatura de almacenamiento: En la presente investigación, la bebida se conservó bajo condiciones de refrigeración a una temperatura de 4 °C, coincidiendo con el rango de almacenamiento empleado por Olea et al. (2021).

Tiempo de vida útil: En este estudio, la bebida funcional presentó una vida útil aproximada de 20 días, lo que evidencia una mayor estabilidad en comparación con lo reportado por otros autores, quienes han informado periodos de conservación más cortos, que oscilan entre 7 y 14 días (Intriago et al., 2023). La evaluación de la vida útil se llevó a cabo mediante pruebas aceleradas de vida útil (Accelerated Shelf Life Testing, ASLT), las cuales consisten en almacenar el producto a temperaturas superiores a las condiciones normales de conservación, con el propósito de acelerar los procesos de deterioro y obtener resultados en un menor tiempo. Asimismo, para el análisis cinético del deterioro, se empleó la ecuación de Arrhenius (ecuación 1), ampliamente utilizada para describir el efecto de la temperatura sobre la velocidad de reacción en alimentos, conforme a lo descrito por Khasanov y

Matveeva (2020).

$$k=Ae^{-RTEa} \quad (1)$$

donde:

- k: constante de velocidad de la reacción o del proceso de deterioro
- A: factor preexponencial (frecuencia de colisiones o factor de proporcionalidad)
- E_a: energía de activación (J/mol)
- R: constante de los gases (8,314 J/mol·K)
- T: temperatura absoluta (K)

Métodos y técnicas

Propiedades físico químicas: Se evaluaron el pH, la acidez y los °Brix conforme a la norma NTE INEN 2337 (INEN, 2008). Compuestos funcionales. Estos análisis fueron enviados a un laboratorio de la Universidad Técnica de Manabí, para que se analizará la composición en:

Polifenoles totales: Por espectrofotometría, mediante el método Folin-Ciocalteu, donde su contenido de polifenoles totales se expresa en términos de mg de Ácido Gálico por cada 1 ml de muestra en base húmeda (Reyes, 2020).

Flavonoides: Por espectrofotometría, los resultados se expresan en mg de catequina por cada ml de peso en base húmeda (Reyes, 2020).

Evaluación sensorial: metodología propuesta por Núñez (2021). Los participantes registraron sus percepciones mediante una escala hedónica. La evaluación sensorial se llevó a cabo de forma sistemática y bajo condiciones controladas, considerando atributos como la apariencia, el aroma, el sabor, la textura y la aceptabilidad general. Para este proceso se utilizaron escalas sensoriales previamente validadas. A continuación, se presenta la tabla 4, donde se muestran las variables distribuidas, y la tabla 5, que detalla la escala de medición empleada.

Tabla 4

Distribución de los atributos sensoriales evaluados

Atributos	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9
Aroma									
Sabor									
Textura									
Apariencia									
Aceptabilidad general									

Tabla 5
Escala medida

Puntuación	Descripción
1	Me desagrada muchísimo
2	Me desagrada mucho
3	Me desagrada ligeramente
4	Ni me gusta ni me disgusta
5	Me gusta ligeramente
6	Me gusta mucho
7	Me gusta muchísimo

Resultados y discusión

En la Tabla 6 se presentan los parámetros fisicoquímicos pH, acidez y grados °Brix de las bebidas elaboradas con diferentes proporciones de mucílago de cacao y hierbaluisa. En general, los valores de pH oscilaron entre 3.93 y 4.05, lo que indica que todas las formulaciones mantuvieron una ligera acidez, característica deseable en bebidas funcionales. El tratamiento T7 (65 % de mucílago y 25 % de hierbaluisa) presentó el valor de pH más bajo (3.93 ± 0.03), mientras que el T6 (60 % de mucílago y 35 % de hierbaluisa) registró el más alto (4.05 ± 0.01), evidenciando que el incremento del mucílago tiende a elevar ligeramente el pH.

En cuanto a la acidez, los valores variaron de 0.59 a 0.68, mostrando diferencias significativas ($p < 0.0015$). Los tratamientos con mayor proporción de hierbaluisa (T7, T8 y T9) mostraron los niveles más altos de acidez (0.68 ± 0.02 ; 0.68 ± 0.02 ; y 0.68 ± 0.01 , respectivamente), lo que sugiere que esta planta aporta compuestos orgánicos que intensifican la acidez del producto.

Respecto a los °Brix, los valores se ubicaron entre 8.00 y 10.20, con diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.0001$). El tratamiento T9 (65 % de mucílago y 35 % de hierbaluisa) alcanzó el mayor contenido de sólidos solubles ($10.20 \pm 0.10^\circ\text{Brix}$), mientras que el T3 (55 % de mucílago y 35 % de hierbaluisa) presentó el menor ($8.00 \pm 0.17^\circ\text{Brix}$). Este comportamiento indica que el aumento del mucílago y de la concentración de hierbaluisa eleva los °Brix, lo que podría atribuirse a un mayor contenido de azúcares naturales y compuestos solubles, contribuyendo a un sabor más dulce y agradable.

Tabla 6

Parámetros fisicoquímicos (pH, acidez y °Brix) de bebidas elaboradas con diferentes proporciones de mucílago de cacao y hierbaluisa

Tratamiento	Mucílago de cacao (%)	Hierbaluisa (%)	pH	Acidez	Brix
T1	55	25	4.01 ±0.01b	0.63±0.03abc	8.53±0.12bc
T2	55	30	4.03 ±0.01bc	0.61±0.02ab	8.27±0.06ab
T3	55	35	4.04 ±0.01bc	0.62±0.02ab	8.00±0.17 ^a
T4	60	25	4.03 ±0.01 bc	0.59±0.02a	8.43±0.06bc
T5	60	30	4.03 ±0.01bc	0.60±0.02ab	8.67±0.12c
T6	60	35	4.05 ±0.01c	0.64±0.01bcd	9.47±0.12d
T7	65	25	3.93 ±0.03a	0.68±0.02cde	9.77±0.15de
T8	65	30	4.01 ±0.01b	0.68±0.02e	9.93±0.06 ^a
T9	65	35	4.01 ±0.01b	0.68±0.01de	10.20±0.10b
P-Valor			<0.0001	<0.0015	<0.0001

Nota: Letras distintas muestran diferencias significativas entre la media de los tratamientos, prueba Tukey (p<0.05).

Figura 1

Análisis de pH



Figura 2*Determinación de acidez*

El comportamiento fisicoquímico de las bebidas formuladas con mucílago de cacao y hierbaluisa refleja la importancia de encontrar un equilibrio adecuado entre ambos ingredientes para optimizar parámetros como el pH, la acidez y el contenido de sólidos solubles. Diversos estudios han coincidido en que el mucílago de cacao, además de aportar dulzor natural, tiene una influencia directa en la acidez y la percepción sensorial del producto final (López-Narváez et al., 2024; Dávila et al., 2024). En el presente estudio, se observó que al aumentar la proporción de mucílago hasta el 65%, los sólidos solubles incrementaron hasta 10.20°Brix, comportamiento que concuerda con lo reportado por Moretti et al. (2023), pero difieren con los valores alcanzados ya que se observó que en su investigación se encontraron valores superiores |Brix de 64° en jaleas elaboradas con mucílago de cacao, garantizando estabilidad y aceptación sensorial.

La interacción con la hierbaluisa, sin embargo, exige un manejo preciso de las proporciones. Arrunátegui-Jácome et al. (2024) reportaron en néctares de mucílago de cacao Mocambo valores de pH entre 3.45 y 3.80, observando que la combinación con hierbas aromáticas puede incrementar la percepción de acidez. Este efecto fue similar en las bebidas evaluadas, donde al elevar el contenido de hierbaluisa hasta un 35%, el pH disminuyó a 3.93, evidenciando la sensibilidad de este parámetro frente a cambios en la formulación. De igual manera, Vega et al. (2023) destacaron que las combinaciones con frutas y mucílago de cacao Nacional presentaron pH entre 3.18 y 3.30, con grados Brix de 13.50 a 14.47%, resaltando la importancia de un equilibrio armónico entre acidez y dulzor.

Por otro lado, la literatura sugiere que la variación en los grados Brix no solo mejora la percepción de dulzor, sino que también está asociada con la estabilidad microbiológica del producto, lo que contribuye a su vida útil, además, tras la fermentación del mucílago, los granos de cacao desmucilaginosados parcialmente logran reducir su acidez total a 1.67% y alcanzar un pH cercano a 5.0, mejorando la calidad final del producto, esta tendencia también se observa en las bebidas

formuladas, donde las combinaciones con mayor contenido de mucílago presentan valores de acidez entre 0.63% y 0.68%, manteniéndose dentro de parámetros aceptables para su conservación (Kim-Ngoc et al., 2022).

Finalmente, la evidencia proporcionada por Sosa-León y Martínez-Zurita (2023) en infusiones de culén y menta, donde se obtuvieron valores de pH de 7.8, grados Brix de 8.7 y acidez titulable de 6.9%, confirma que la manipulación de proporciones y parámetros como el tiempo de infusión es determinante para alcanzar productos sensorialmente aceptables. Este principio también se refleja en las bebidas a base de mucílago y hierbaluisa, donde el balance de dulzor, acidez y cuerpo es el resultado de una formulación cuidadosamente ajustada.

La tabla 7 muestra que, al aumentar la proporción de mucílago de cacao en las bebidas, se incrementa notablemente el contenido de fenoles totales y flavonoides, lo que resalta la capacidad antioxidante de esta materia prima. Los tratamientos con 65% de mucílago (T8 y T9) presentaron los niveles más altos de fenoles, superando los 566 mg, en contraste con los tratamientos T1 y T2 (55% de mucílago), que mostraron los valores más bajos, por debajo de 430 mg. En cuanto a los flavonoides, T8 destacó por alcanzar el valor más alto (4,018.33 mg), diferenciándose significativamente de T3, que registró el contenido más bajo (2,761.33 mg). A pesar de que los tratamientos intermedios (T4 a T7) no mostraron diferencias estadísticas entre sí, se evidenció una tendencia general al aumento de estos compuestos bioactivos conforme se incrementa el mucílago.

Estos resultados sugieren que la cantidad de mucílago de cacao tiene un papel clave en la concentración de antioxidantes naturales en la bebida, mientras que la hierbaluisa complementa el perfil, pero no ejerce una influencia tan marcada. La significancia estadística ($p < 0.05$) respalda que estos cambios no son casuales y reflejan el impacto directo de la formulación en la calidad funcional del producto.

Tabla 7

Contenido de fenoles totales y flavonoides en bebidas elaboradas con diferentes proporciones de mucílago de cacao y hierbaluisa

Tratamiento	Mucílago de cacao (%)	Hierbaluisa (%)	Fenoles T. (mg)	Flavonoides (mg)
T1	55	25	425.65 ±12.75 a	3,476.00±313.96 bc
T2	55	30	398.50 ±42.62 a	3,263.33 ±352 abc
T3	55	35	497.38 ±8.59 b	2,761.33 ± 372.39 a
T4	60	25	500.39 ±14.88 b	3,068.67 ±143.12 ab
T5	60	30	533.49 ±10.49 b	3,104.67 ±261.70 ab
T6	60	35	540.56 ±12.35 b	3,479.67±192.47 abc
T7	65	35	541.87 ±47.16 b	3,666.67± 132.20 bc
T8	65	30	566.21± 28.93 b	4,018.33±113.215 c
T9	65	25	566.85 ±0.70 b	3,841.67± 384.53 bc
P- Valor(A*B)			0.0031	0.0135

Nota: Letras distintas muestran diferencias significativas entre la media de los tratamientos, prueba Tukey ($p < 0.05$).

El incremento de mucílago de cacao en las formulaciones demostró ser un factor determinante en la concentración de compuestos antioxidantes como los fenoles totales y flavonoides, evidenciando una relación directa entre el porcentaje de mucílago y la capacidad funcional de la bebida. Este comportamiento concuerda con lo señalado por Hassanzadeh et al. (2022), quienes demostraron que la adición de ingredientes ricos en compuestos bioactivos, como la espirulina y el germen de trigo, incrementa la capacidad antioxidante de las bebidas hasta un 98%, elevando los contenidos de fenoles totales de 4 a 22 mg GAE/g y los flavonoides de 5 a 15 mg/L. Si bien las cifras absolutas difieren por la naturaleza de las matrices, la tendencia de incremento es coherente con la observada en las formulaciones con mucílago de cacao.

Por su parte, la hierbaluisa, aunque aporta una cuota de compuestos fenólicos, tiene una influencia menos marcada en comparación al mucílago. Estudios como el de Sourki et al. (2021) reportaron un contenido de 49.2 mg GAE/g de fenoles totales en extractos alcohólicos de hierbaluisa iraní, mientras que Rashid et al. (2022) determinaron 230 µg/mL de TPC y 117 µg/mL de flavonoides en infusiones. Estas cifras, si bien relevantes, son inferiores a las concentraciones alcanzadas en las bebidas con mayor proporción de mucílago de cacao, lo cual refuerza la idea de que este subproducto del cacao es el principal responsable del aumento en la actividad antioxidante.

Asimismo, Polumackanycz et al. (2022) señalaron que las infusiones de Lemon Verbena presentan valores de 14.5 mg QE/g DW de flavonoides, cifra que, aunque significativa, sigue siendo menor frente a los niveles alcanzados en las formulaciones con 65% de mucílago en este estudio. Athanasiadis et al. (2024) también mencionan que los contenidos de TPC y TF en hojas de hierbaluisa oscilan entre 22.83–48.21 mg GAE/g y 2.41–7.56 mg QE/g, respectivamente, valores que podrían explicar la ligera influencia de esta planta en los tratamientos evaluados.

Esto se debe a que el mucílago de cacao representa un subproducto con aplicaciones tecnológicas promisorias, especialmente para la extracción de polifenoles que lo convierte en potencial producto con propiedades antioxidantes (Dewi et al., 2021; Guirlanda, 2022). Dichos polifenoles, cuya estructura química diversa determina su actividad biológica, antioxidante y sensorial, contribuyen a las percepciones de sabor, amargor, acidez y plenitud en las bebidas (Mikyška et al., 2022). Por otra parte, la hierbaluisa se comportó como un conservante natural de alto valor funcional debido a su notable actividad antimicrobiana y antioxidante, ya que su aceite esencial, rico en terpenos bioactivos, confirió estabilidad y frescura al producto final, lo que la posiciona como un ingrediente atractivo y ampliamente aceptado en la industria alimentaria, capaz de satisfacer la creciente demanda de los consumidores por alternativas naturales y saludables (Faheem et al., 2022).

Las Figuras 3 y 4 muestran la tendencia del contenido de flavonoides y fenoles en función del porcentaje de mucílago incorporado en la formulación, evidenciando un comportamiento variable pero generalmente ascendente a medida que aumenta su concentración. En la Figura 1 se observa que el contenido de flavonoides presenta una disminución inicial seguida de un incremento progresivo, alcanzando valores más altos en los mayores porcentajes de mucílago, lo que sugiere una influencia positiva de este componente sobre dichos compuestos bioactivos. De manera similar, la Figura 2 muestra que el contenido de fenoles aumenta gradualmente conforme se incrementa el porcentaje de mucílago, con leves fluctuaciones intermedias, pero manteniendo una tendencia general al alza. Estos resultados indican que el mucílago contribuye significativamente al

enriquecimiento del producto en compuestos antioxidantes.

Figura 3

Tendencia del contenido de flavonoides según el porcentaje de mucílago

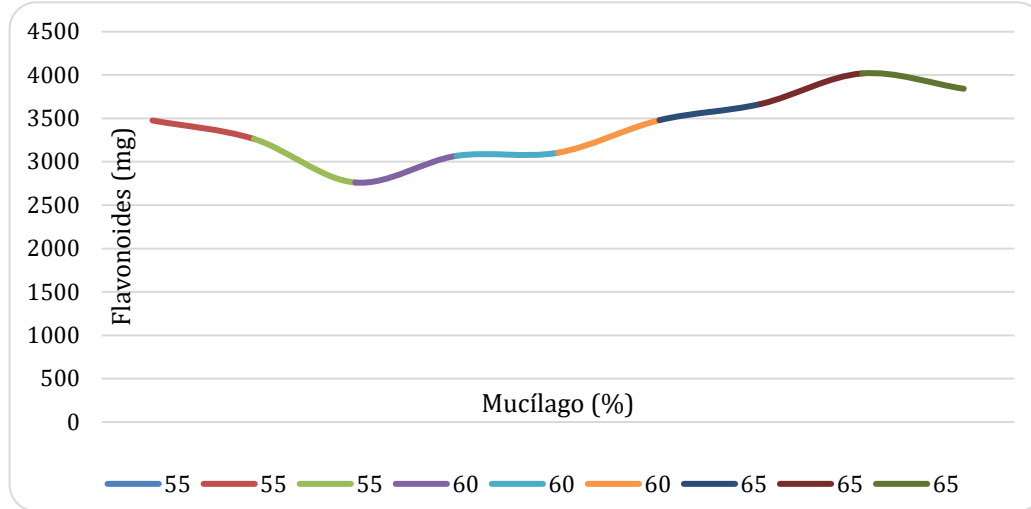
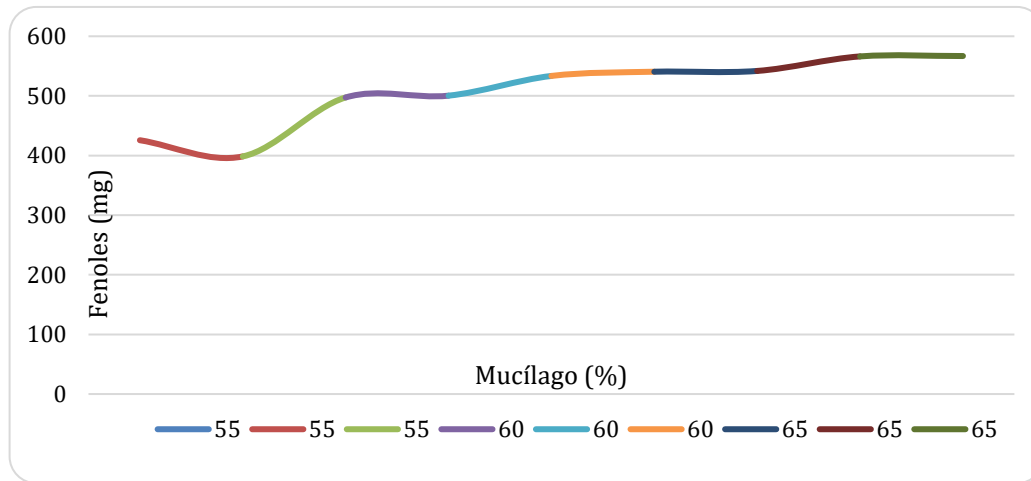


Figura 4

Tendencia del contenido de fenoles según el porcentaje de mucílago



Los resultados de la evaluación sensorial del agua de bebida con diferentes proporciones de mucílago de cacao y hierba luisa (Tabla 8) muestran que los tratamientos T1, T2, T3 y T4 obtuvieron puntuaciones cercanas a 4 en la mayoría de los atributos evaluados, lo que indica una percepción neutral por parte de los catadores (“ni me gusta ni me disgusta”) en aroma, textura, apariencia y aceptabilidad general. Por su parte, los tratamientos T5 y T6 presentaron una mejora en la aceptación, alcanzando puntuaciones de 5 en sabor, textura, apariencia y aceptabilidad general, lo que refleja una valoración positiva correspondiente a “me gusta ligeramente”.

El tratamiento T7 destacó principalmente en el atributo sabor, con una puntuación de 7 (“me gusta muchísimo”), mientras que en los demás atributos obtuvo valores de 5, lo que evidencia una aceptación general favorable. De manera similar, los tratamientos T8 y T9 mostraron puntuaciones uniformes de 5 en la mayoría de los atributos evaluados, indicando una aceptación consistente por parte de los consumidores. Sin embargo, el análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre los tratamientos para ninguno de los atributos evaluados ($p > 0.05$), lo que sugiere que, aunque existen variaciones en las puntuaciones promedio, estas no son estadísticamente significativas.

Tabla 8

Resultados de las pruebas sensoriales de aceptación de agua de bebida con diferentes proporciones de mucílago de cacao y hierba luisa.

Tratamiento	Aroma	Sabor	Textura	Apariencia	Aceptabilidad
T1	4	6	4	4	4
T2	4	4	4	4	4
T3	4	4	4	4	4
T4	4	4	4	4	4
T5	4	5	5	5	5
T6	4	5	5	5	5
T7	5	7	5	5	5
T8	5	5	5	5	5
T9	5	5	5	5	5
P-Valor	Sd	Sd	Sd	Sd	Sd

Nota: Sd sin diferencia significativa ($p > 0.05$).

La aceptación sensorial de las bebidas elaboradas con mucílago de cacao y hierba luisa está estrechamente relacionada con la proporción de estos ingredientes en la formulación. Diversos estudios coinciden en que el mucílago de cacao no solo aporta dulzor natural, sino también mejora la textura y suaviza las notas ácidas de otras plantas aromáticas, creando un perfil de sabor más equilibrado y agradable al paladar (López-Narváez et al., 2024). Este efecto se potencia cuando las proporciones de mucílago se mantienen elevadas, permitiendo resaltar sus propiedades organolépticas sin opacar la frescura de la hierba luisa.

En investigaciones similares, Ramírez-Tixe et al. (2023) destacaron que la correcta combinación de hierbas como lanché, hierbaluisa y edulcorantes naturales como la stevia, resulta clave para lograr infusiones de alta aceptabilidad, donde el equilibrio de sabores es determinante para la percepción positiva del consumidor. De igual forma, Sosa-León y Martínez-Zurita (2023) comprobaron que la interacción adecuada entre los ingredientes, sumada a parámetros como el tiempo de infusión, define en gran medida el éxito sensorial de las bebidas funcionales.

Estos antecedentes reflejan la importancia de formular productos donde la relación de los componentes esté cuidadosamente ajustada, priorizando la sinergia de sabores y aromas. El mucílago de cacao, por su versatilidad y características organolépticas, se presenta como un ingrediente con alto potencial para el desarrollo de bebidas innovadoras, capaces de satisfacer las demandas del consumidor actual que busca opciones saludables, naturales y sensorialmente atractivas.

Conclusiones

Los resultados del estudio mostraron que las variaciones en el porcentaje de mucílago de cacao influyeron en los parámetros fisicoquímicos evaluados de la bebida. Se observaron cambios en los sólidos solubles, el pH y la acidez entre las diferentes formulaciones, manteniéndose valores característicos de bebidas ácidas. Estas variaciones reflejan diferencias atribuibles a la formulación, de acuerdo con el diseño experimental aplicado y el análisis estadístico realizado.

En cuanto a las propiedades funcionales, los análisis evidenciaron que las formulaciones con mayor proporción de mucílago de cacao presentaron contenidos más elevados de fenoles totales y flavonoides en comparación con aquellas de menor concentración. Por su parte, la hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*) mostró una influencia menos marcada sobre estos compuestos, aunque su incorporación se asoció con modificaciones en la acidez de la bebida.

Finalmente, la evaluación sensorial indicó que algunas combinaciones de mucílago de cacao e hierbaluisa obtuvieron mayores puntuaciones promedio en atributos como sabor, textura y aceptabilidad general. No obstante, el análisis estadístico no evidenció diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que los resultados sensoriales se interpretan como tendencias dentro del conjunto de formulaciones estudiadas.

Contribución de Autoría CRediT

En el presente estudio, la conceptualización fue realizada por Cedeño Guzmán Wilson Paul, quien propuso la idea principal de la investigación y definió los objetivos generales y específicos del trabajo.

La metodología fue diseñada por Zamora Castillo José Andrés, quien estructuró el enfoque experimental y los procedimientos de recolección y análisis de datos. La implementación del software estuvo a cargo de Zamora Castillo José Andrés, responsable del desarrollo de los scripts y herramientas informáticas necesarias para el procesamiento de la información. La validación de los resultados fue ejecutada por Cedeño Guzmán Wilson Paul, quien comprobó la consistencia y fiabilidad de los datos obtenidos mediante pruebas de control y revisión cruzada. El análisis formal fue conducido por Cedeño Guzmán Wilson Paul, aplicando métodos estadísticos y modelos de interpretación para obtener conclusiones sólidas. La investigación de campo fue desarrollada por Cedeño Guzmán Wilson Paul, quien lideró las actividades experimentales y la recopilación de información.

En cuanto a los recursos, estos fueron gestionados por Cedeño Guzmán Wilson Paul y Zamora Castillo José Andrés, garantizando la disponibilidad de materiales, equipos y espacios requeridos para el desarrollo del estudio. La redacción del borrador original del manuscrito fue elaborada conjuntamente por Cedeño Guzmán Wilson Paul y Zamora Castillo José Andrés, quienes redactaron la primera versión del documento científico. La revisión y edición del manuscrito fue realizada por Hidrovo Velásquez Johan Fabrizzio, quien efectuó las correcciones de estilo, coherencia y precisión técnica del texto. La supervisión general del proyecto estuvo a cargo de Hidrovo Velásquez Johan

Fabrizio, quien brindó orientación académica y seguimiento a cada fase del estudio. Finalmente, la administración del proyecto también fue responsabilidad de Hidrovo Velásquez Johan Fabrizio, quien coordinó las actividades y veló por el cumplimiento de los objetivos y plazos establecidos.

Declaratoria de uso de inteligencia artificial

Los autores declaran que utilizaron la herramienta de inteligencia artificial ChatGPT (OpenAI, versión GPT-5) exclusivamente como apoyo para la redacción y parafraseo de textos con el fin de mejorar la claridad, coherencia y estilo académico del manuscrito, así como para evitar coincidencias textuales y posibles casos de plagio involuntario.

Declaración de intereses contrapuestos

Los autores declaran que no poseen intereses financieros, comerciales ni personales en conflicto que pudieran haber influido directa o indirectamente en la ejecución, interpretación o presentación de los resultados de este trabajo. Esta declaración implica que ninguno de los autores mantiene vínculos económicos, laborales o institucionales que condicionen la objetividad del estudio o su contenido científico.

Disponibilidad de datos

Los conjuntos de datos generados y/o analizados en el presente estudio están disponibles previa solicitud razonable al autor de correspondencia wpcedeno@espam.edu.ec, quien podrá facilitar el acceso a la información original utilizada en esta investigación. Cualquier investigador interesado puede comunicarse al correo electrónico del autor de correspondencia para obtener los datos pertinentes, siempre que la solicitud cumpla con los principios de uso responsable, confidencialidad y fines exclusivamente académicos o científicos.

Agradecimientos y financiamiento

Los autores declaran que no recibieron financiación externa para la realización de este trabajo.

Referencias

- Al-Maharik, N., Salama, Y., Al-Hajj, N., Jaradat, N., Jobran, N. T., Warad, I., Hamdan, L., Abo Alrob, M., Sawafta, A., & Hidmi, A. (2024). Chemical composition, anticancer, antimicrobial activity of *Aloysia citriodora* Palau essential oils from four different locations in Palestine. *BMC Complementary Medicine and Therapies*, 24, 94. <https://doi.org/10.1186/s12906-024-04390-9>
- Antony, A., & Farid, M. (2022). Effect of temperatures on polyphenols during extraction. *Applied Sciences*, 12(4), 2107. <https://doi.org/10.3390/app12042107>
- Arrunátegui-Jácome, A., Vera-Chang, J., Alvarado-Vásquez, K., Intriago-Flor, F., Vásquez-Cortez, L., Revilla-Escobar, K., Aldas-Morejon, J., Radice, M., Naga-Raju, M., Durazno-Delgado,

- L., & Coello-Loor, C. (2024). Aprovechamiento del mucílago de cacao mocambo (*Theobroma bicolor* Hump & Bonpl.) para la obtención de un néctar. *Agroindustrial Science*, 14(1), 25–31. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2024.01.03>
- Athanasiadis, V., Chatzimitakos, T., Makrygiannis, I., Kalompatsios, D., Bozinou, E., & Lalas, S. I. (2024). Antioxidant-rich extracts from lemon verbena (*Aloysia citrodora* L.) leaves through response surface methodology. *Oxygen*, 4(1), 1–19. <https://doi.org/10.3390/oxygen4010001>
- Cabrera-Blanco, O., Patiño-Altafuya, J. E., Bazurto-García, D. L., & Cuello-Pérez, M. (2022). Obtención de vino y vinagre a partir del mucílago de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51. *UTCiencia*, 9(2), 89–98. <https://investigacion.utc.edu.ec/index.php/utciencia/article/view/457/523>
- Castro, J., Vera, L., Cedeño, C., & Dueñas, A. (2020). Functional beverage based on pitahaya (*Hylocereus undatus*) and extracts of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) and basil (*Ocimum tenuiflorum*). *Facultad de Ingeniería Revista Técnica*. <https://produccioncientificaluz.org/index.php/tecnica/article/view/33624/35425>
- Chang, J. V., Torres-Coronel, A., Vásquez-Cortez, L., Alvarado-Vásquez, K., & Intriago-Flor, F. (2023). *Extraction of cocoa powder for the preparation of a drink by adding mucilage and guava*. *Sarhad Journal of Agriculture*, 39(Special Issue 2), 10–18. <https://doi.org/10.17582/journal.sja/2023/39/s2.10.18>
- Dávila, D. B., Pincay, G. E., & Espinoza, H. A. (2024). Extracto acuoso de hierba luisa y hojas de café en una bebida con lactosuero dulce. *Reincisol*, 3(6), 854–871. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)854-871](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)854-871)
- Delgado-Ospina, J., Di Mattia, C. D., Paparella, A., Mastrocola, D., Martuscelli, M., & Chaves-López, C. (2020). Efecto de la fermentación, el secado y el tostado sobre las aminos biogénicas y otros biocompuestos en los granos y cáscaras de cacao criollo colombiano. *Foods*, 9(4), 520. <https://doi.org/10.3390/foods9040520>
- Dewi, S. R., Stevens, L., Irvine, D., & Ferrari, R. (2021, septiembre 13–16). Extracción de compuestos fenólicos asistida por microondas de cáscaras de mazorcas de cacao: una alternativa para la valorización. En *Actas de la 18.ª Conferencia Internacional sobre Aplicaciones de Microondas y Alta Frecuencia (AMPERE 2021)* (Vol. 1). Gotemburgo, Suecia.
- Dimitrova, T., & Ilieva, I. (2023). Consumption behaviour towards branded functional beverages among Gen Z in post-COVID-19 times: Exploring antecedents and mediators. *Beverages*, 9(3), 59. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10451562/>
- Faheem, F., Liu, Z. W., Rabail, R., Haq, I. U., Gul, M., Bryła, M., Roszko, M., Kieliszek, M., Din, A., & Aadil, R. M. (2022). Uncovering the industrial potentials of lemongrass essential oil as a food preservative: A review. *Antioxidants*, 11(4), 720. <https://doi.org/10.3390/antiox11040720>
- Gupta, A., Sanwal, N., Bareen, M., Barua, S., Sharma, N., Olatunji, O., Nirmal, N., & Sahu, J. (2023). Trends in functional beverages: Functional ingredients, processing technologies, stability, health benefits, and consumer perspective. *Food Research International*, 174, 113457.

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996923005914>

- Guirlanda, C. P. (2022). Caracterização, estudo do processamento e conservação do mel de cacau [Tesis de doctorado, Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Farmácia, Programa de Pós-Graduação em Ciência de Alimentos] (136 p.). Universidade Federal de Minas Gerais. Repositorio UFMG. <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/45681>
- Hassanzadeh, H., Ghanbarzadeh, B., Galali, Y., & Bagheri, H. (2022). The physicochemical properties of the spirulina-wheat germ-enriched high-protein functional beverage based on pear-cantaloupe juice. *Food Science & Nutrition*, 10(11), 3651–3661. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2963>
- Hernández, R. (2011). La evaluación sensorial de bebidas a base de fruta: Una aproximación difusa. *Revista de la Facultad de Ciencias Económicas y Sociales*, 11(3), 113–123. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-48212011000300007
- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN). (2008). Jugos, pulpas, concentrados, néctares, bebidas de frutas y vegetales. <https://es.scribd.com/document/395550377/nte-inen-2337-pdf>
- Intriago, F., Macías Zambrano, M., Napa Vizuete, B., & Vera Chang, J. F. (2023). Inclusión de mucílago de cacao (*Theobroma cacao*) como estabilizante en néctar de yaca (*Artocarpus heterophyllus*). *Ciencia Agroindustrial*, 13(2), 75–81. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2023.02.03>
- Khasanov, A., & Matveeva, N. (2020). Determinación de la vida útil de una bebida funcional mediante pruebas aceleradas. *E3S Web of Conferences*, 164, Article 01003. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202016401003>
- Kim-Ngoc, V.-T., Cong-Hau, N., Bui-Phuc, T., & Thang, N. (2022). Evaluación de la calidad durante la fermentación de los granos de cacao: Efectos de la eliminación parcial del mucílago. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 26(8), 1369–1374. <https://doi.org/10.4314/jasem.v26i8.8>
- López-Narváez, S. P., Guapi-Alava, G. M., Guerrón-Troya, V. A., Revilla-Escobar, K. Y., Aldas-Morejon, J. P., & Barzola-Miranda, S. E. (2024). Efecto de distintas concentraciones de mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*) y café (*Coffea arabica*) en la elaboración de una bebida energética. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 4(1), e600. <https://doi.org/10.51252/raa.v4i1.600>
- Mikyška, A., Jurková, M., Horak, T., & Slabý, M. (2022). Study of the influence of hop polyphenols on the sensory stability of lager beer. *European Food Research and Technology*, 248(4), 979–989. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03900-0>
- Moretti, L. K., Ramos, K. K., Ávila, P. F., Goldbeck, R., Vieira, J. B., & Efraim, P. (2023). Influence of cocoa varieties on carbohydrate composition and enzymatic activity of cocoa pulp. *Food Research International*, 173(Part 2), 113393. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113393>
- Núñez, B. (2021). Evaluación sensorial y vida útil de una bebida formulada a base de garbanzo (*Cicer arietinum L.*), frejol de palo (*Cajanus cajan L.*) y lactosuero dulce saborizada con chocolate [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán].

<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/8389/Bernal%20Núñez%20Lucy%20Yanina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Olea Núñez, A. L. (2021). Mucílago de cacao (*Theobroma cacao*) en la fermentación de leche entera en las características del yogurt saborizado con café (*Coffea arabica*) [Trabajo de titulación, Universidad Agraria del Ecuador]. Universidad Agraria del Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/OLEA%20NU%C3%91EZ%20ANTONIO%20LORENZO.pdf>
- Pinto, T., & Vilela, A. (2021). Bebidas saludables con colores vibrantes: compuestos fenólicos como componentes de bebidas funcionales. *Beverages*, 7(1), Article 12. <https://doi.org/10.3390/beverages7010012>
- Polumackanycz, M., Petropoulos, S. A., Añibarro-Ortega, M., Pinela, J., Barros, L., Plenis, A., & Viapiana, A. (2022). Chemical composition and antioxidant properties of common and lemon verbena. *Antioxidants*, 11(11), 2247. <https://doi.org/10.3390/antiox11112247>
- Ramirez-Tixe, E. E., Ruiz-Díaz, F., Herrera-Oblitas, J. M., Cubas-Díaz, Y., & Tocas-Burga, H. C. (2023). Aprovechamiento de lanche, hierbaluisa y stevia en la elaboración de infusiones. *Revista Agrotecnológica Amazónica*, 3(1), e431. <https://doi.org/10.51252/raa.v3i1.431>
- Rashid, H. M., et al. (2022). Antioxidant and antiproliferation activities of lemon verbena (*Aloysia citrodora*): An in vitro and in vivo study. *Plants*, 11(6), 785. <https://doi.org/10.3390/plants11060785>
- Reyes, B. (2020). Contenido de vitamina C, polifenoles y flavonoides totales presente en mucílago de cacao (*Theobroma cacao L.*) variedad CCN-51 y nacional [Tesis de pregrado, Universidad Técnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/02f8c8c9-77f6-4f5a-935d-0310c1f09811/content/>
- Rodríguez, R., Guerrero, R., Valero, A., Rodríguez, J., & Izquierdo, G. (2024). Cocoa mucilage as a novel ingredient in innovative kombucha fermentation. *Foods*, 13(6), 952. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC11171615/>
- Romero, G., & Fajardo, M. (2016). Uso de suero para la obtención de bebida láctea fermentada [Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/32363>
- Romero, S., Castro, O., Calles, T., Cáceres, D., Fernández, H., Macías, Y., Beckford, Y., & Banda, J. (2021). Envases de vidrio. Universidad Metropolitana de Educación, Ciencia y Tecnología. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/5210266>
- Russo, G. L., Tedesco, I., Spagnuolo, C., & Russo, M. (2017). Antioxidant polyphenols in cancer treatment: Friends, foes or dual players? *Seminars in Cancer Biology*, 46, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.semcancer.2017.05.005>
- Sandoval, C. (2011). Estudio de factibilidad para la creación de una planta de procesamiento y comercialización de leche pasteurizada en envases de vidrio, en la zona urbana del cantón Cayambe [Tesis de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1831/16/UPS-YT00118.pdf>

- Santana, P., Vera, J., Vallejo, C., & Alvarez, A. (2019). Mucílago de cacao, nacional y trinitario para la obtención de una bebida hidratante. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 23(91), 19–28. <https://uctunexpo.autanabooks.com/index.php/uct/article/view/24>
- Sosa-León, J. L., & Martínez-Zurita, M. (2023). Evaluación del tiempo de infusión de una bebida funcional a base de hojas de culén y menta edulcorado con steviósido. *Revista de Investigación Agropecuaria Science and Biotechnology*, 3(1), 1–10. <https://doi.org/10.25127/riagrop.20231.895>
- Sourki, A. H., Ghani, A., Kiani, F., & Alipour, A. (2021). Perfiles fitoquímicos de la hierba luisa (*Lippia citriodora* HBK) y su posible aplicación en el enriquecimiento de galletas. *Food Science & Nutrition*, 9(6), 3100–3113. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2268>
- Uraku, A. J., Onuoha, S. C., Edwin, N., Ezeani, N., Ogbanshi, M. E., Ezeali, C., Nwali, B. U., & Ominyi, M. C. (2015). Evaluación de la cuantificación nutricional y antinutricional de la hoja de *Cymbopogon citratus*. *Pharmacology & Pharmacy*, 6(8), 376–385. <https://doi.org/10.4236/pp.2015.68041>
- Vega Vega, S. S., Guerrón Troya, V. A., Guapi Álava, G. M., Barzola Miranda, S. E., Revilla Escobar, K. Y., & Aldas Morejón, J. P. (2023). Utilización de mucílago de cacao (*Theobroma cacao*) con mora (*Rubus ulmifolius*), arándano (*Oxycoccus microcarpus*) y frambuesa (*Rubus idaeus*) en la elaboración de un néctar. *Revista de Investigación Talentos*, 10(2), 41–52. <https://doi.org/10.33789/talentos.10.2.189>
- Villarroel Bastidas, J., Badillo Melo, W. A., & Briones-Bitar, J. (2022). Sostenibilidad de la industria del cacao: Aprovechamiento del mucílago de residuos de cacao para la producción de bebidas fermentadas. Estudio de caso en la provincia de Los Ríos. *International Journal of Sustainable Development and Planning*, 17(4), 1147–1152. <https://doi.org/10.18280/ijstdp.170412>