



Revista CENIC Ciencias Químicas

ISSN: 1015-8553

ISSN: 2221-2442

Centro Nacional de Investigaciones Científicas

Iglesias Guevara, Dairon; Morejón Ramos, Brian; Ruiz
Karell, Betania Jacqueline; Pérez Santana, Danae
Optimización del proceso de obtención de un extracto acuoso de cascavilla de cacao
Revista CENIC Ciencias Químicas, vol. 53, núm. 1, 2022, Enero-Junio, pp. 60-71
Centro Nacional de Investigaciones Científicas

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181671261004>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEH  redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Optimización del proceso de obtención de un extracto acuoso de cascarilla de cacao

Optimization of the process of obtaining an aqueous extract of cocoa husk

Dairon Iglesias Guevara ^{a,*} (0000-0002-0044-6083).

Brian Morejón Ramos ^a (0000-0001-8306-1105).

Betania Jacqueline Ruiz Karell ^a (0000-0002-1430-4801).

Danae Pérez Santana ^a (0000-0002-8928-8914).

^a Instituto de Farmacia y Alimentos.

* daironig1993@gmail.com

Recibido: 14 de septiembre de 2021;

Aceptado: 1 de febrero de 2022;

RESUMEN

La cascarilla de cacao es un subproducto de la industria cacaotera con gran contenido de compuestos fitoquímicos y nutricionales. Esta posee un sabor y olor típico a chocolate que puede ser empleada en la elaboración de productos alimenticios. Como objetivo general se planteó optimizar el proceso de obtención del extracto acuoso tipo infusión a partir de la cascarilla del grano de cacao tostado. Se realizó una evaluación micromorfológica y microbiológica de la cascarilla. Luego se diseñó el experimento (11 corridas experimentales) donde se seleccionó el mejor extracto tipo infusión teniendo en cuenta las variables calidad sensorial y contenido de polifenoles totales, empleando la metodología de superficie de respuesta. Como principales resultados se obtuvo que la cascarilla de cacao presenta diferentes caracteres estructurales: cavidades o bolsas de grasa o aceites, diferentes tipos de vasos, fibras esclerenquimatosas y esclereidas, parénquima de reserva con células pentagonales, presencia de proteínas y granos de almidón. La optimización del extracto permitió obtener modelos cuadráticos que describieron el comportamiento de la calidad sensorial, el contenido total de polifenoles y las mejores condiciones para su obtención (0,1 g/mL). Se comprobó la correlación negativa existente entre las variables polifenoles totales y calidad sensorial, cumpliéndose a partir de la relación 0,08 con una mayor intensidad. La infusión seleccionada presentó 2,3 % de sólidos totales, calidad sensorial aceptable, polifenoles totales de 1098,3 mg (AGE)/L de extracto y coordenadas cromáticas que correspondieron a un color pardo medio. Este estudio constituye la base para ampliar la aplicación de este subproducto en la producción de alimentos.

Palabras claves: cascarilla de cacao, extracto, infusión, polifenoles, sensorial.

ABSTRACT

The cocoa husk is a by-product of the cocoa industry with a high content of phytochemical and nutritional compounds. It has a typical chocolate flavor and smell that can be used in the production of food products. As a general objective, it was proposed to optimize the process for obtaining the infusion type aqueous extract from the husk of the roasted cocoa bean. A micromorphological and microbiological evaluation of the scale was carried out. Then the experiment was designed (11 experimental runs) where the best infusion type extract was selected taking into account the variables sensory quality and total polyphenol content, using the response surface methodology. The main results were that the cocoa husk presents different structural characters: cavities or pockets of fat or oils, different types of vessels, sclerenchymal and sclereid fibers, reserve parenchyma with pentagonal cells, presence of proteins and starch grains. The performance optimization obtained quadratic models that described the behavior of the sensory quality, the total content of polyphenols and the best conditions for obtaining them (0.1 g/mL). The negative correlation between the total polyphenol variables and sensory quality was verified, fulfilling from the relation 0.08 with a higher intensity. The selected infusion presented 2.3% of total solids, acceptable sensory quality, total polyphenols of 1098.3 mg (AGE)/L of extract and chromatic coordinates that correspond to a medium brown color. This study constitutes the basis for expanding the application of this by-product in food production.

Keywords: cocoa husk, extract, infusion, polyphenols, sensory.

INTRODUCTION

El procesamiento de alimentos puede generar subproductos que contienen un alto valor nutricional, con beneficios para la salud humana y probable valor de mercado (Sharma *et al.*, 2016). La valoración de los subproductos agrícolas ha recibido una atención cada vez mayor, debido a que presentan gran cantidad de compuestos bioactivos, además de ser ricos en fibra dietética (Helkar *et al.*, 2016).

En la explotación cacaotera solo se aprovechan los granos, que representan aproximadamente un 10 % de la masa del fruto fresco (Afoakwa, 2016). En la obtención de los granos secos de cacao, se generan otros subproductos menos utilizados como la mazorca y la cascarilla del grano de cacao tostado y sin tostar (Barazarte *et al.*, 2008). Ambos desechos presentan valiosos metabolitos primarios y secundarios pueden ser utilizados en la industria alimentaria (Galanakis, 2012).

La cascarilla del grano de cacao tostado representa aproximadamente el 12 % de la masa del grano tostado (Sotelo *et al.*, 2015). Bustamante (2014) la describe como la testa que es obtenida al descascarillar el grano de cacao, de color café, marrón, olor característico al cacao y de naturaleza crujiente. En varios países de América del Sur, Asia y África se emplea como materia prima para abono orgánico, combustible y alimento para animales (Magistrelli *et al.*, 2012). Según Pérez (2020) la cascarilla obtenida del procesamiento del grano del cacao tostado desde el punto de vista toxicológico es apta para el consumo humano, al no detectarse mortalidad ni morbilidad en los animales de experimentación durante el estudio toxicológico realizado, tras la exposición a dosis orales de 2 g/kg de peso corporal. Además, se comprobó que esta no tiene carácter alergénico.

Estudios preliminares en cacao de origen venezolano determinaron que la cascarilla de cacao tiene el mismo porcentaje de teobromina que el grano, lo cual significa que las propiedades del cacao también están presentes en su cascarilla. Entre estas propiedades resaltan su capacidad como antioxidante y estimulante.

La elaboración de una infusión a base de esta materia prima permitiría aprovechar sus propiedades para la salud humana, con un contenido de polifenoles de 6000 mg/100 g de muestra (Sangronis *et al.*, 2014) muy similar a los publicados para varias semillas de cacao venezolanas que se promueven como ricas en antioxidantes, debido a los polifenoles presentes (Padilla *et al.*, 2008).

Teniendo en cuenta lo antes planteado el presente trabajo tiene como objetivo optimizar el proceso de obtención del extracto acuoso tipo infusión a partir del grano de cacao tostado empleando la metodología de superficie de respuesta.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

Se recogieron muestras de cascarilla del grano de cacao tostado (tipo Trinitario cultivado en Cuba), envasadas en sacos de polietileno (30 kg/saco) de tres producciones procedentes de la unidad empresarial de base Derivados del Cacao Baracoa “Rubén Suárez Abella”. El material fue triturado en un molino de cuchillas de alta velocidad a 7 500 min⁻¹ por 60 s y se tamizó para obtener un tamaño de partícula promedio de 550 µm. La cascarilla en polvo empleada contenía una humedad de 5,7 % y 7,8 % de cenizas totales.

Caracterización micromorfológica de la cascarilla de cacao tostada molida

El análisis microscópico de la cascarilla del grano de cacao tostado para visualizar los caracteres anatómicos internos se realizó utilizando un microscopio (Novel NIB—100, China) con un lente objetivo (10x) acoplado a una cámara digital HDCE-50B (China) serviciado con un software ScopeImage Dynamic Pro. La muestra (1g aproximadamente) se aclaró por 3 minutos con una disolución de hipoclorito de sodio (0,5 mol/L) y se lavó posteriormente con agua, después de lavadas se colorearon con safranina al 1 % para finalmente ser fijadas en gelatina glicerizada.

Se realizaron algunas reacciones histoquímicas tales como: ensayo de Sudan III al 5 % en etanol al 70 % para determinar la presencia de gotas de aceites; ensayo con la disolución de Lugol (yodo al 1 % con yoduro de potasio al 2 % en agua) para determinar la presencia de almidón, y el ensayo de la eosina para determinar la presencia de proteínas (Miranda & Cuellar, 2000).

Calidad microbiológica de la cascarilla de cacao tostada molida

Se realizaron en las muestras los controles microbiológicos siguientes: conteo total (NC ISO 4833:2014), microorganismos coliformes (NC ISO 4832:2010), conteo de mohos y levaduras (NC ISO 7954:2002). Todos los análisis se hicieron por triplicado.

Diseño experimental

Se empleó el programa Design-Expert 11.1.01 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.) para el diseño experimental y procesamiento de los datos de las infusiones de cascarilla del grano de cacao tostado. Se utilizó el método de optimización numérica a través de una superficie respuesta I-Óptimo, generando un modelo matemático que describe las variaciones de las variables en estudio.

La relación masa/disolvente (A) (cascarilla de cacao y agua) fue el factor seleccionado, mientras que la calidad sensorial (evaluación sensorial) y el contenido de polifenoles totales, fueron las variables de respuesta. El número total de combinaciones definidas por el programa fue 11 corridas, incluyendo 4 réplicas. El intervalo evaluado para el factor en estudio fue de un mínimo de 0,05 y un máximo de 0,12 g de cascarilla/mL de agua.

Preparación de las infusiones de cascarilla de cacao tostada

Las infusiones se realizaron en vasos de precipitados de 500 mL. En primera instancia se colocó el agua (300 mL) y cuando esta comenzó a hervir se bajó el recipiente e incorporó la cascarilla de cacao según el diseño experimental, dejándose reposar por 10 minutos. La mezcla resultante se filtró al vacío mediante un embudo Büchner (Øint 95 mm) y papel de filtro cualitativo Whatman (grado 3, Ø 150 mm), desechando el residuo sólido. Del extracto obtenido se tomaron 2 mL para el análisis de polifenoles totales y el resto se endulzó con azúcar refino (98 °Brix) para la evaluación sensorial a razón de 10 g/100 mL de extracto.

Evaluación sensorial de las infusiones

Las muestras fueron evaluadas por cinco catadores adiestrados con experiencia en la evaluación sensorial de productos de cacao y sus derivados pertenecientes al Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria, y que cumplen con los requisitos de la NC-ISO 8586:2019. Para esto se realizó una prueba de calidad de acuerdo con los atributos sensoriales de la infusión teniendo como base el sabor y olor a chocolate de

estas, utilizando una escala categórica de cinco puntos (1- pésima; 5- excelente) (Duarte, 2017).

Contenido de polifenoles totales en los extractos

La cuantificación de los polifenoles totales, basada en una reacción colorimétrica de oxidación-reducción, se realizó de acuerdo a la metodología propuesta por Slinkard y Singleton (1977). El ensayo consistió en añadir a 50 μ L del extracto acuoso de la cascarilla de cacao; 2,5 mL de la disolución diluida del reactivo Folin-Ciocalteu (1+ 9 H_2O). Después de 5 min, se adicionó 2 mL de Na_2CO_3 al 7,5 % (m/v) y se dejó reposar por 2 h. Transcurrido ese tiempo, se determinó la absorbancia a 765 nm en un espectrofotómetro (Rayleigh UV-1601, China). Para la curva de calibración se utilizó como patrón el ácido gálico (Spectrum Chemical, China) a concentraciones entre 100 y 500 mg/L. Los resultados fueron expresados como ácido gálico equivalente (AGE) en mg/L de extracto.

Caracterización de la infusión seleccionada

Sólidos totales

Se determinó por gravimetría indirecta, mediante la separación del agua del producto por secado en termobalanza (Sartorius Mod, MA-40, Alemania) a 105 °C hasta masa constante. *Densidad*

La densidad a 25 °C (g/mL) se determinó con un picnómetro, según Miranda y Cuéllar (2000).

Determinación de pH

Se determinó de forma directa utilizando un pH-metro pH Meter BASIC 20+.

Coordenadas cromáticas

La determinación del color del extracto seleccionado se realizó mediante el método espectrofotométrico según las recomendaciones de la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE, por sus siglas en francés) (Illumination, 1971). Se utilizó un espectrofotómetro (Shimadzu UV-2401PC UVVIS, Japón) para obtener el espectro de transmitancia en la región visible entre 400 y 700 nm. Se realizó la transformación al espacio uniforme CIE $L^* a^* b^*$, y se calculó la luminosidad representada por L^* y los componentes del matiz por los valores a^* y b^* . Se empleó el iluminante D65 y un ángulo visual del observador normal de 10° (CIE, 1978). El extracto se diluyó 1:10 (1+ 9 H_2O).

Análisis estadístico

Los parámetros estadísticos que se analizaron como la media y la desviación estándar se determinaron a través del paquete estadístico IBM SPSS versión 25.0. También se realizó el análisis de correlación de Pearson para las variables calidad sensorial y polifenoles totales. La significación empleada para todo el tratamiento estadístico realizado fue de 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización micromorfológica y calidad microbiológica

Los detalles para la evaluación micromorfológica de la cascarilla molida se aprecian en la Figura 1. Los análisis microscópicos mostraron la presencia de gotas de aceites o

grasa contenidas en bolsas o cavidades (A); diferentes tipos de vasos conductores, entre los que se aprecian: vasos xilemáticos espiralados (B) y vasos xilemáticos anulares lignificados (C); fibras esclerenquimatosas (D); esclereidas de tipo braquiesclereida (E); parénquima reservante con células pentagonales (F); presencia de proteínas (de color rojo) (G) y granos de almidón (H).

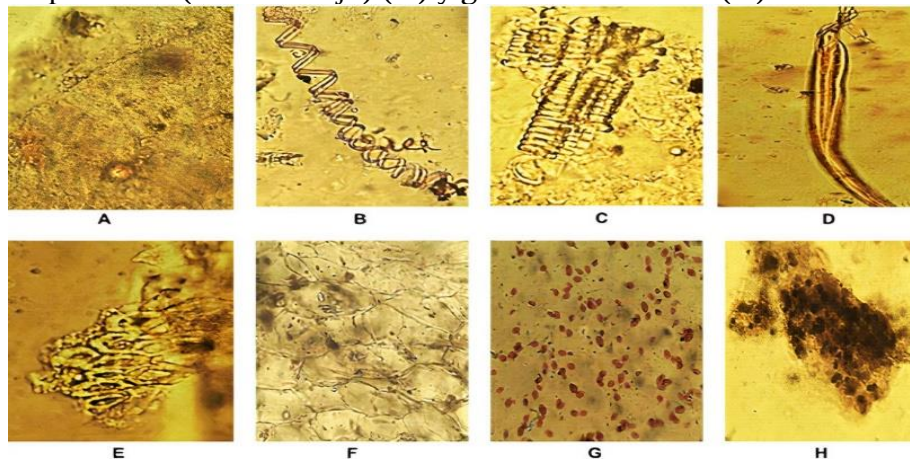


Fig. 1. Detalles micromorfológicos de la cascarilla de cacao en polvo.

El resultado de la caracterización micromorfológica muestra que la cascarilla seca residual obtenida del procesamiento industrial del grano de *Theobroma cacao* L. puede ser identificada por sus características estructurales micromorfológicas, constituyendo un resultado novedoso ya que no se ha encontrado hasta el presente ninguna información publicada al respecto.

Los conteos totales de mesófilos en la cascarilla del grano de cacao tostado fue de 2×10^4 ufc/g, coliformes totales y levaduras por debajo de 10 ufc/g; mientras que los mohos fueron de $1,1 \times 10^2$ ufc/g. Como puede apreciarse se partió de una cascarilla de cacao con buena calidad microbiológica para la elaboración de alimentos, pues los conteos totales fueron inferiores a los valores de referencias 5×10^4 ufc/g y los mohos menores de 10^2 ufc/g (NC 585: 2017).

Obtención del extracto tipo infusión

Como se puede observar en la Tabla 1 el contenido de polifenoles totales fue similar para las relaciones inferiores a 0,1 g/mL y a partir de esta se observa un aumento creciente de los polifenoles en el medio de extracción, lo que sugiere que a concentraciones superiores a 0,12 mg/mL debieran encontrarse mejores resultados. En este sentido hay que destacar que desde el punto de vista práctico se hace imposible aumentar la proporción de cascarilla de cacao, pues la capacidad de absorción de agua de esta, no permite rendimientos adecuados del extracto.

Los resultados de la evaluación sensorial no mostraron gran variación dentro de las 11 corridas evaluadas, siendo la relación 0,08 en la que los catadores encontraron una mayor calidad (3-Aceptable, 4-Bueno). Destacar que uno de los factores que los catadores referían era el amargor (típico del cacao) que presentaban las muestras, el cual fue más marcado para las corridas 7 y 5 (mayor concentración).

Tabla 1. Resultados obtenidos para la matriz del diseño experimental

Corridas	Cascarilla (g) / Agua (mL)	Polifenoles totales (mg/L)*	Calidad sensorial
2	0,05	1080,0 (72,1)	2,4 (0,6)
11	0,05	827,7 (98,5)	2,4 (1,5)
3	0,06	906,7 (66,6)	2,6 (1,1)
9	0,07	967,7 (30,5)	2,6 (0,8)
4	0,08	863,3 (26,5)	3,1 (0,6)
6	0,08	955,3 (71,1)	3,4 (0,7)
8	0,08	946,3 (74,8)	3,3 (0,8)
10	0,10	1253,3 (90,2)	2,7 (0,4)
1	0,11	1337,3 (51,6)	2,5 (0,7)
5	0,12	1666,7 (173,2)	2,1 (0,5)
7	0,12	1586,7 (152,7)	1,9 (1,2)

Media (Desviación estándar)

**Expresado en AGE (ácido gálico equivalente)*

Influencia de la relación cascarilla de cacao/agua sobre las variables polifenoles totales y calidad sensorial

Para la variable polifenoles totales se obtuvo que el modelo cuadrático resultó significativo con un nivel de confianza del 95 % (Tabla 2), mostrando que existió una relación significativa de la relación cascarilla de cacao/agua con la variable dependiente (polifenoles totales) del modelo.

El estadígrafo R^2 indicó que el modelo ajustado explica el 91,2 % (Tabla 2) de la variabilidad observada para los polifenoles totales. La ecuación 1 describe la variación de los polifenoles totales.

$$(Ec.1) \quad \text{Polifenoles totales} = 1961,558 - 32328,769 A + 246364,024 A^2$$

La Tabla 2 también muestra la significación del análisis de varianza de la regresión y de los coeficientes estimados para la variable calidad sensorial. Se observa que el modelo cuadrático también resultó significativo con un nivel de confianza del 95 % y el R^2 indicó que este explica el 84,7 % de la variabilidad.

Tabla 2. Análisis de varianza para las variables polifenoles totales y calidad sensorial

	Polifenoles totales	Calidad sensorial
Fuente	p-valor	p-valor
Modelo	0,0001	0,0005
A (cascarilla de cacao/agua)	0,0001	0,0746
A ²	0,0025	0,0002
R ²	0,9121	0,8469
Falta de ajuste	0,7253	0,0676

R²: coeficiente de determinación

Dentro del tratamiento estadístico (Tabla 2) la influencia del factor A (cascarilla (g)/agua (mL)) solo fue significativa para los polifenoles totales, mientras que el homólogo cuadrático (A²) resultó serlo para ambas variables en estudio. En los dos casos se evidenció un buen ajuste del modelo, pues la falta de ajuste resultó no significativa en relación con el error puro. A continuación, se muestra la ecuación 2 que describe la variable calidad sensorial.

(Ec. 2) $Calidad\ sensorial = 2,040 + 125,815 A - 771,160 A^2$

La variable calidad sensorial describe perfectamente una parábola cóncava hacia abajo, por lo que tiene un máximo absoluto de respuesta para la relación 0,082. Los resultados para las corridas inferiores a 0,08 (tramo monótono creciente de la función) pudieron estar sujeto a una menor intensidad de los atributos olor y sabor a chocolate. De la experiencia con la evaluación sensorial y los resultados de los modelos se decidió realizar un análisis de correlación entre el contenido de polifenoles totales y la calidad sensorial de las infusiones obtenidas (Figura 2). Se apreció una correlación significativa con un 95% de confianza, el cual muestra que, aunque el coeficiente de correlación R (-0,674) no fue lo suficientemente cercano a -1, si se aprecia cierta correlación negativa entre ambas variables. Realizando el mismo análisis, pero teniendo en cuenta solamente los resultados contemplados a partir de la relación cascarilla de cacao/agua 0,08 (como punto máximo de la función que describe la variable calidad sensorial) se muestra una mayor intensidad (R = -0,956).

Este resultado señala que existe una correlación negativa entre las variables polifenoles totales y calidad sensorial, cumpliéndose a partir de la relación 0,08 con una mayor intensidad. Esto evidencia la dificultad de obtener una infusión con el mayor contenido de polifenoles totales y la mejor respuesta sensorial. Puntos dentro del círculo rojo pertenecen a las corridas con relación cascarilla de cacao/agua inferior a 0,08.

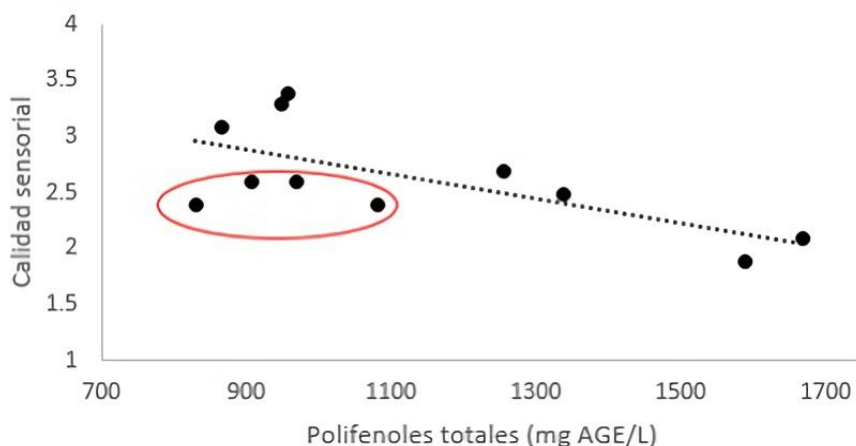


Fig. 2. *Análisis de correlación para las variables polifenoles totales y calidad sensorial*

SELECCIÓN DEL MEJOR EXTRACTO TIPO INFUSIÓN

Una vez que se tuvieron los modelos cuadráticos debidamente ajustado se procedió a explorar la superficie descrita por el modelo para encontrar la combinación del factor (A) cascarilla de cacao (g)/ agua (mL) que da por resultado un valor óptimo de las variables polifenoles totales y calidad sensorial. Dentro de los límites impuestos a los distintos parámetros y para mantener una respuesta sensorial en el entorno del valor máximo observado, se disminuyó el intervalo de la cascarilla de cacao/agua (0,06 y 0,1) de acuerdo al máximo descrito en el acápite relacionado con la influencia de la cascarilla de cacao/agua sobre la variable calidad sensorial. En cuanto al contenido de polifenoles se maximizó entre 827,66 y 1666,67 mg (AGE)/L de extracto y para la calidad sensorial, también se maximizó el rango entre los valores 1,9 y 3,38. Se obtuvo un óptimo con una relación cascarilla de cacao/agua de 0,1 g/mL, con 1192,32 mg (AGE)/L, calidad sensorial de aceptable (2,83) y una conveniencia estadística del 62,3 %.

Caracterización de la formulación seleccionada

La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos para la caracterización del extracto tipo infusión optimizado.

Tabla 3. Caracterización de la infusión seleccionada

Parámetros	Media (desviación estándar)
pH	6,01 (0,05) ¹
Sólidos totales (%)	2,3 (0,46) ¹
Densidad relativa (g/mL)	1,003 (0,001) ²
Polifenoles totales (mg AGE/L)	1098,3 (23,54) ¹
Evaluación sensorial	3,12 (0,72) ³
L*	68,78 (0,02) ²
a*	17,33 (0,04) ²
b*	49,99 (0,07) ²

¹n=3, ²n=2, ³n=5 (n: número de réplicas) *: L (luminosidad), a* (coordenada rojo-verde) y b* (coordenada amarillo-azul)

El extracto seleccionado presentó 1098,3 mg/L de polifenoles totales, valor que se encuentra dentro de margen de estimación por el modelo ($1192,320 \pm 97,08$). En cuanto a la calidad sensorial esta fue similar a lo estimado por el modelo en su límite superior (3,04) resultado que se acerca más al obtenido para la relación de 0,08 g/mL. Desde el punto de vista práctico esto sugiere cierta calidad sensorial del extracto, lo que permite ser empleado en formulaciones donde se aprovechen sus atributos sensoriales y los beneficios farmacológicos atribuidos a la presencia de los compuestos fenólicos.

Sojos *et al.*, (2018) elaboraron un extracto a partir de hojas de moringa y cascarilla de cacao arrojando como resultados: pH 3,727; polifenoles totales 43,200 mg (AGE) por funda a infundir y densidad 0,997 este último es similar al de la presente investigación. Otro estudio realizado en Ecuador (Llerena *et al.*, 2019) donde se obtiene una infusión de cascarilla de cacao de fino aroma tuvo similitud en cuanto al del pH.

En el acápite de colorimetría, los valores obtenidos en esta investigación mostraron que el color del extracto se debió principalmente a la contribución amarilla (valor positivo de b^*) y en menor proporción a la contribución roja (valor positivo de a^*); la combinación de estos con la luminosidad permitió caracterizar el color del extracto desde el punto de vista analítico con un color pardo medio. Este es un método que pudiera emplearse en el control de la calidad del extracto obtenido.

CONCLUSIONES

La evaluación micromorfológica de la cascarilla evidenció la presencia de diferentes caracteres estructurales, los cuales constituyen nuevos informes para la cascarilla del grano de cacao tostado. La optimización del extracto permitió obtener modelos cuadráticos que describieron el comportamiento de las variables polifenoles totales, calidad sensorial y las mejores condiciones para su obtención. La infusión seleccionada presentó 2,3 % de sólidos totales, evaluación sensorial aceptable, polifenoles totales de 1098,3 mg (AGE)/L de extracto y las coordenadas cromáticas correspondieron a un color pardo medio. Este estudio constituye la base para ampliar la aplicación de este subproducto agroindustrial.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Afoakwa, E. O. (2016). World cocoa production, processing and chocolate consumption pattern. *Chocolate science and technology*, 17-48. <https://doi.org/10.1002/9781118913758.ch2>
- Barazarte, H., Sangronis, E., & Unai, E. (2008). La cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.): Una posible fuente comercial de pectinas. *Archivos Latinoamericanos de nutrición*, 58(1), 64-70. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222008000100009&script=sci_arttext&tlng=en
- Bustamante, K. (2014). *Determinación de compuestos antioxidantes en subproductos de cacao "testa"* (Doctoral dissertation, tesis para obtener título]. Ecuador-Loja: Universidad Técnica Particular de Loja). <https://1library.co/document/wq2mgjy1-determinacion-compuestos-antioxidantes-subproductos-cacao-testa.html>
- CIE. (1978). Recommendations on uniform color spaces, color difference equations, psychometric color terms, Supplement 2 to CIE publication 15

- (E1.3.1) 1971/(TC1.3). Central Bureau of the Commission Internationale de l'Éclairage (Vienna, Austria).
- Duarte-García, C. (2017). Metodología para la evaluación de la calidad sensorial de los alimentos: Methodology for food sensory quality evaluation. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 27(2), 31-38. ISSN 1816-7721. <https://www.revcitecal.iiia.edu.cu/revista/index.php/RCTA/article/view/145/123>
- Galanakis, C. M. (2012). Recovery of high added-value components from food wastes: Conventional, emerging technologies and commercialized applications. *Trends in Food Science & Technolog*, 26(2), 68-87. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.03.003>
- Helkar, P. B., Sahoo, A. K., & Patil, N. J. (2016). Review: Food industry by-products used as a functional food ingredients. *International Journal of Waste Resources*, 6(3), 1-6. <https://doi.org/10.4172/2252-5211.1000248>
- Illumination, I. C. on. (1971). Colorimetry: Official Recommendations. Bureau Central de la CIE. <https://books.google.com.cu/books?id=-ch3wgEACAAJ>
- Llerena, W. F. T., Guevara, M. D. G., & Mora, S. M. O. (2019). Exploración de la intención de consumo de la Cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) como infusión: Caso Tungurahua-Ecuador. *Cuadernos de Contabilidad*, 20(50), 1-14. [https://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/CC/20-50%20\(2019\)/151561447004/](https://revistas.javeriana.edu.co/files-articulos/CC/20-50%20(2019)/151561447004/)
- Magistrelli, D., Malagutti, L., Galassi, G., & Rosi, F. (2012). Cocoa husks in diets of Italian heavy pigs. *Journal of animal science*, 90(4), 230-232. <https://doi.org/10.2527/jas.53970>
- Miranda, M., & Cuellar, A. (2000). Manual de prácticas de laboratorio: Farmacognosia y productos naturales. Editorial Félix Varela. Ciudad Habana: Universidad de la Habana. <https://isbn.cloud/9789590717956/manual-de-practicas-de-laboratorio-farmacognosia-y-productos-naturales/>
- NC 585. (2017). Contaminantes microbiológicos en alimentos. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- NC ISO 4832. (2010). Guía general para la enumeración de coliformes. Técnica de placa vertida. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- NC ISO 4833. (2014). Microbiología de la cadena alimentaria-Método horizontal para la enumeración de microorganismos-Parte 1: Conteo de colonias a 30 °C por la técnica de placa vertida. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- NC ISO 7954. (2002). Microbiología de alimentos de consumo humano y animal. Guía general para enumeración de levaduras y mohos. Técnica de placa vertida a 25 °C. La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- NC ISO 8586. (2019). Análisis sensorial—guía general para la selección, entrenamiento y seguimiento de los jueces—parte 1: selección de catadores (ISO 8586-1:1993, IDT). La Habana: Oficina Nacional de Normalización.
- Padilla, F. C., Rincón, A. M., & Bou-Rached, L. (2008). Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de varias semillas y nueces. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 58(3), 303-308. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S0004-06222008000300014&script=sci_arttext
- Pérez, D. (2020). Caracterización de la cascarilla del grano de cacao tostado y aplicación en productos de repostería. Tesis en opción al grado científico de

Doctor en Ciencias de los Alimentos. Instituto de Farmacia y Alimentos, Universidad de La Habana. La Habana, Cuba.

- Sangronis, E., Soto, M. J., Valero, Y., & Buscema, I. (2014). Cascarilla de cacao venezolano como materia prima de infusiones. Archivos latinoamericanos de nutrición, 64(2), 123-130. http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S000406222014000200007&script=sci_arttext&tlng=pt
- Sharma, S. K., Bansal, S., Mangal, M., Dixit, A. K., Gupta, R. K., & Mangal, A. K. (2016). Utilization of food processing by-products as dietary, functional, and novel fiber: A review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 56(10), 1647-1661. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.794327>
- Slinkard, K., & Singleton, V. L. (1977). Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods. American journal of enology and viticulture, 28(1), 49-55. <https://doi.org/10.1080/10408398.2013.794327>
- Sojos, C. G., Bastidas, E. V., Silva, K. M., Matute, N. L., Cun, J. V., Cuesta, O., Jaramillo, C. G., & Ingrid, M. (2018). Diseño de una infusión de hojas de *Moringa oleifera* (moringa) y cascarilla de *Theobroma cacao* (cacao). Revista Cubana de Plantas Medicinales, 24(1), <http://revplantasmedicinales.sld.cu/index.php/pla/article/view/803>
- Sotelo, L., Alvis, A., & Arrázola, G. (2015). Evaluación de epicatequina, teobromina y cafeína en cáscaras de cacao (*Theobroma cacao* L.), determinación de su capacidad antioxidante. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas, 9(1), 124-134. <https://doi.org/10.17584/rcch.2015v9i1.3751>

Este artículo no presenta conflicto de intereses

CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Dairon Iglesias Guevara: Conceptualización, curación de datos y análisis formal.

Brian Morejón Ramos: Metodología, redacción del borrador, revisión y edición.

Betania Jacqueline Ruiz Karell: Redacción del borrador original e investigación.

Danae Pérez Santana: Supervisión y validación.