

Artículo de investigación

Degradación fenólica por secado de la cáscara de cacao (*theobroma cacao l*)

Phenolic degradation by drying of cocoa (*theobroma cacao l*) shells

Dora Villada Castillo^{1,2}✉, Daniel Duran Osorio²✉ y Yanine Trujillo Navarro²✉

¹Grupo de Investigación en Ciencia y Tecnología Agroindustrial (GICITECA), Facultad de Ciencias Agrarias y del Ambiente, Universidad Francisco de Paula Santander, Cúcuta, Colombia.

²Grupo de investigación en Ingeniería y Tecnología de Alimentos (GINTAL), Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia.

Recepción: 26-marzo-2025 **Aceptado:** 30-mayo-2025 **Publicado:** 20-julio-2025

Cómo citar: Villada Castillo, D. C., Durán Osorio, D., & Trujillo Navarro, Y. (2025). Degradación fenólica por secado de la cáscara de Cacao (*Theobroma Cacao L*) *Ciencia En Desarrollo*, 16(2). doi: 10.19053/uptc.01217488.v16.n2.2025.18980

Resumen

El objetivo del estudio fue determinar la degradación fenólica de la cáscara de cacao del clon CCN 51 por la acción del secado por convección. Los frutos fueron obtenidos de la vereda Campo Alicia Sector El Recreo, municipio del Zulia, Norte de Santander. Metodología Los frutos fueron lavados, cortados y despulpados y a la cáscara en fresco analizando las características químicas (humedad, minerales, grasa cruda y pH), y el contenido fenólico total. La cáscara fue cortada y sumergida en una solución de ácido cítrico (0,1 %) y ácido ascórbico al 0.1 % (p/v). Para el caso de la cáscara fresca las cáscaras fueron reducidas de tamaño y para el caso del secado por aire forzado fueron llevadas a 60°C, con una velocidad de aire de secado de 40 m/s h por 28 horas y seguidamente fue molida. Para la extracción y cuantificación de polifenoles y la capacidad antioxidante, se empleó una proporción igual de etanol/agua (50:50 v/v), relación soluto/solvente (1:60 p/v) y temperatura de 60 °C. Los resultados mostraron en las cáscaras frescas y seca una humedad de 74,87 (%) y 6,55 (%), minerales 8,09 (%) y 8,69 (%), grasa 0,90 (%) y 0,70 (%) y pH 5,64 y 5,26 respectivamente. En cuanto al contenido de polifenoles y actividad antioxidante, en la cáscara fresca fue de 62,9 mgEAG/gBH fue del 64,67 % Ibh respectivamente. Mientras que, para la cáscara seca fue del de 57,37 mgEAG/gMS y 50,63 % Ibh respectivamente. Al realizar una relación entre la materia seca (cáscara fresca y harina de cáscara) y como conclusión se determinó que la cantidad de polifenoles se puede indicar, que el secado degrada el 75,3 % del contenido polifenólico presente en la cáscara de cacao.

Palabras Clave: Cacao, cáscaras de cacao, capacidad antioxidante, polifenoles.

Abstract

The objective of the study was to determine the phenolic degradation of cocoa shells of clone CCN 51 by the action of convection drying. The fruits were obtained from the Campo Alicia Sector El Recreo, municipality of Zulia, Norte de Santander. Methodology The fruits were washed, cut and pulped and the fresh peel was analyzed for chemical characteristics (humidity, minerals, crude fat and pH), and total phenolic content. The peel was cut and immersed in a solution of citric acid (0.1 %) and ascorbic acid at 0.1 % (w/v). In the case of fresh peel, the peels were reduced in size and in the case of forced air drying, they were dried at 60°C, with a drying air speed of 40 m/s h for 28 hours and then ground. For the extraction and quantification of polyphenols and antioxidant capacity, an equal ethanol/water ratio (50:50 v/v), solute/solvent ratio (1:60 w/v) and temperature of 60 °C were used. The results showed in fresh and dried peels a moisture content of 74.87 (%) and 6.55 (%), minerals 8.09 (%) and 8.69 (%), fat 0.90 (%) and 0.70 (%) and pH 5.64 and 5.26 respectively. As for polyphenol content and antioxidant activity, in fresh peel it was 62.9 mgEAG/gBH and 64.67 % Ibh, respectively. While, for the dry peel it was 57.37 mgEAG/gBH and 50.63 % Ibh respectively. When a relation between the dry matter (fresh shell and shell flour) and as a conclusion, it was determined that the amount of polyphenols can be indicated that drying degrades 75.3 % of the polyphenolic content present in the cocoa shell.

Keywords: Cocoa, cocoa shells, cocoa, antioxidant capacity, polyphenols.

1. Introducción

El fruto del cacao (*Theobroma cacao L.*) se compone por la semilla, placenta y cáscara, siendo esta última una parte considerable que a menudo se descarta como residuo agroindustrial, a pesar de su potencial no aprovechado [1]. La cáscara de cacao representa alrededor del 90 % de la masa del fruto fresco, teniendo un potencial de ser procesada en harina. Se caracteriza por su bajo contenido de grasas, alto contenido de fibra y una cantidad de compuestos fenólicos denominado bioactivos con beneficios para la salud humana [2]. Estudios sobre los componentes fisiológicos, químicos y morfológicos de las cáscaras de cacao han sido de considerable importancia en estos últimos años [3], destacando su papel como fuente de antioxidantes naturales [4]. es por ello que la creciente demanda por alimentos funcionales y saludables ha llevado a la industria alimentaria a buscar nuevas fuentes de ingredientes bioactivos [5]. En este contexto, los residuos agroindustriales, como las cáscaras de cacao, representan una oportunidad valiosa para desarrollar productos innovadores que no solo mejoren la salud del consumidor, sino que también promuevan prácticas sostenibles al reducir el desperdicio de alimentos [6]. El aprovechamiento de estos residuos puede contribuir a una economía circular, donde los subproductos de un proceso se convierten en materias primas para otro, mejorando así la sostenibilidad del sistema agroalimentario. Las cáscaras de cacao han sido objeto de estudio debido a su alto contenido de compuestos fenólicos, que son conocidos por sus propiedades antioxidantes, los cuales juegan un papel crucial en la neutralización de los radicales libres, ayudando a prevenir diversas enfermedades crónicas como las enfermedades cardiovasculares, el cáncer y las enfermedades neurodegenerativas [7]; además, los compuestos fenólicos estas presentan propiedades antiinflamatorias y antimicrobianas, lo que amplía su potencial aplicación en la industria alimentaria y farmacéutica [8]. Por otra parte, la temperatura y tiempo de procesamiento, pueden conllevar a la pérdida de compuestos bioactivos (polifenoles) por degradación debido a su termolabilidad. En este sentido se ha realizado estudios sobre la estabilidad de los compuestos bioactivos en los alimentos tratados térmicamente. En frutas como arándanos, fresas, frambuesas, grosellas y albaricoques tratadas con diferentes temperaturas y tiempos evidenciado pérdidas de polifenoles entre el 45 y 88 % [9-13].

Con respecto al cacao se ha evidenciado que en las etapas de postcosecha se presenta degradación de polifenoles. Durante la fermentación del grano de cacao [14], indica que el contenido de polifenoles decrece de 7,05 a 5,05 equivalente AG/100 g. Mientras que, [15] encontró que, durante el proceso de secado del cacao con flujo de aire a 55°C por un tiempo de 60 horas, la pérdida de polifenoles era del 29,9 % y cuando este grano era secado al sol durante 120 horas las pérdidas aumentaban al 48,1 %. En este mismo sentido, [16], indica que la degradación de polifenoles durante el tostado del cacao la temperatura tiene mayor influencia que el tiempo de tostado. siendo que la temperatura es un factor determinante en el contenido de polifenoles, en donde si la temperatura aumenta, el contenido de polifenoles y la capacidad antioxidante disminuye [17]. En este contexto, el objetivo del presente estudio se centró en determinar la degradación fenólica de la

cáscara de cacao del clon CCN 51 por la acción del secado por convección.

2. Materiales y métodos

2.1. Obtención y adecuación de la cáscara de cacao

Las cáscaras de cacao variedad CCN51 fueron obtenidas de la vereda Campo Alicia Sector El Recreo del municipio del Zulia, Norte de Santander; suministradas por Federación Nacional de Cacaoteros – FEDECACAO. Fueron seleccionadas en estado fresco, por color rojo intenso y con el índice de madurez óptimo de cosecha. Se procedió a realizar un lavado y desinfección con solución de hipoclorito de sodio a 200 ppm por 2 minutos en inmersión para la eliminación material no deseado y flora microbiana. Posteriormente, fueron reducidas de tamaño mecánicamente empleando un molino cortado rallador industrial en acero inoxidable (Imusa Splendor), obteniéndose láminas de 6,0 cm de longitud y 0,3 cm de espesor, para ser sumergidas en una solución de ácido cítrico (0.1 % p/v) y ácido ascórbico (0.1 % p/v), con el fin de inactivar la enzima polifenol-oxidasa (PPO).

2.2. Obtención de la harina de cáscara de cacao

El secado de la cáscara de cacao reducida en tamaño, se realizó empleando un secador de convección forzada (Memmer UN 460) por un tiempo de 28 h a temperatura de 60 °C, posteriormente la cáscara se molió en un molino eléctrico (Moongiantgo) y separada por tamaño de partícula (malla N°40) en un tamizador de columna AS40 Retsch giratorio durante 20 minutos, siguiendo la metodología propuesta por [18].

2.3. Determinaciones químicas

Obtenidas las muestras y adecuada la cáscara de cacao en fresco y obtenida su harina se procedió a realizar las siguientes determinaciones teniendo en cuenta el método AOAC:

2.3.1. Determinación del contenido de humedad

El contenido de la humedad se determinó por gravimetría utilizando 3,0 gramos de la muestra, la cual se sometió a secado en el horno a 105°C por un tiempo de 24 horas, posteriormente, se pesó la muestra seca y se determinó el contenido de humedad según la ecuación 1. Ecuación 1. Determinación del contenido de humedad.

$$\% \text{de humedad} = \frac{\text{Muestra húmeda (g)} - \text{Muestra seca (g)}}{\text{Muestra húmeda (g)}} \times 100 \quad (1)$$

2.3.2. Determinación del contenido de minerales

Los contenidos de minerales fueron determinados tomando 2 gramos de la muestra que fueron llevados a calcinación

mediante una mufla Slect-Horn TFT (Selecta) a 600°C por dos horas. La muestra calcinada fue pesada, determinándose el contenido de minerales.

2.3.3. Determinación del contenido de grasa

El contenido de grasa fue determinado usando un extractor Soxhlet, tomando 3 gramos de la muestra, la cual se depositaron en un cartucho filtrante para el contacto sólido - líquido. Utilizando hexano como solvente en una relación 1:60 (muestra: solvente) por un tiempo de 4 horas. La solución de la extracción se llevó a destilación simple a 60°C con el fin de retirar trazas del solvente presente y se calculó el contenido de grasa.

2.4. Extracción y cuantificación de los polifenoles y capacidad antioxidante

2.4.1. Extracción de los compuestos polifenólicos

La extracción de compuestos fenólicos se realizó mezclando 1 g de la muestra con 6 mL de una disolución de etanol: agua (50:50, v/v) siguiendo la metodología propuesta por [19, 20, 21]. La mezcla se mantuvo en agitación magnética durante 20 minutos a temperatura de 20°C el sobrenadante obtenido se filtró y se llevó refrigeración a 4°C.

2.4.2. Cuantificación del contenido polifenólico de los extractos de cacao

La determinación de los fenoles totales se llevó a cabo, siguiendo el método de Folín-Ciocalteu, en el cual se empleó ácido gálico ($C_7H_6O_5$) como estándar, elaborándose una curva de calibración con ácido gálico de 0 a 200 mg/mL. Para cada solución de ácido gálico se mezclaron 450 μ L del reactivo de Folín (10 % v/v) con 90 μ L de solución, seguidamente la mezcla se sometió a una agitación por 30 segundos y se dejó reposar a una temperatura 20°C durante 10 minutos, se adicionaron 450 μ L de una solución de carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 20 %, se agitó durante 30 segundos y se llevó a oscuridad a una temperatura de 20°C por 90 minutos. Finalmente, los patrones fueron medidas mediante un espectrofotómetro (Spectroquant ® Pharon 300 M) determinando su absorbancia a 760 nm. La cuantificación de polifenoles en los extractos obtenidos de cáscara de cacao fresca y su harina, fueron sometidos al mismo procedimiento anteriormente mencionado, expresando el contenido polifenólico en mgEq-ácido gálico/gramo de muestra.

2.4.3. Cuantificación de la actividad antioxidante de los extractos por el método DPPH

Se evaluó la capacidad de captación del radical libre DPPH con algunas modificaciones, en la cual se preparó una solución del radical libre DPPH a concentración de 100 mM en metanol midiendo su absorbancia a 517 nm. seguidamente se tomó 0,1 mL de la solución de cada extracto y se añadió a 2.9 mL de la solución metanólica de DPPH. Se agitó en vórtex, la mezcla se dejando en reposo en oscuridad por

30 minutos. Se utilizó como muestra control la solución de DPPH midiendo su absorbancia a 517 nm. El cálculo del porcentaje de inhibición de la absorbancia del radical DPPH se realizó teniendo en cuenta la ecuación 2.

$$\% \text{ de inhibición} = \frac{\text{Abs del blanco} - \text{Abs muestra}}{\text{Abs blanco}} \times 100 \quad (2)$$

2.4.4. Determinación del porcentaje de degradación de polifenoles

La degradación de los polifenoles fue determinada a partir de la materia seca tanto en la cáscara fresca como en la harina, según la ecuación 3 y 4.

$$\% \text{ de polifenoles (MS)} = \frac{\text{Cantidad de polifenoles (mgEq AG/g)}}{\text{Materia seca (mg)}} \times 100 \quad (3)$$

$$\% \text{ de degradación de polifenoles} = \frac{\% \text{ polifenoles cáscara fresca} - \% \text{ polifenoles harina}}{\% \text{ polifenoles en cáscara fresca}} \times 100 \quad (4)$$

3. Resultados y discusiones

3.1. Características químicas de la cáscara de cacao fresca y harina de cacao

De las características químicas analizadas a continuación en la tabla 1, se presentan los resultados obtenidos.

Tabla 1: Caracterización química de cáscara fresca y de harina de cáscara de cacao CCN51 (g/100 g de materia seca)

Parámetro	Cáscara fresca Promedio \pm DS	Harina Promedio \pm DS
Humedad (%)	74.87 \pm 2.74	6.55 \pm 0.24
Minerales (%)	8.09 \pm 0.06	8.69 \pm 0.007
Grasa cruda (%)	0.90 \pm 0.05	8.82 \pm 0.06
Materia seca (%)	16.14 \pm 1.85	84.06 \pm 0.307
pH	5.64 \pm 0.04	5.26 \pm 0.01

El contenido de humedad de la harina fue de 6,55 %, cifra que se encuentra en línea con los datos presentados por [22] y [23] en investigaciones realizadas con harinas de cáscara de cacao. Por otro lado, la cáscara fresca presentó un contenido de humedad de 74,87 %, cifra inferior al 85 % reportado por [24]. Esta diferencia puede deberse a la frescura, calidad y madurez de la cáscara, así como al tamaño y espesor de las julianas, y a factores como la exposición a la deshidratación y a la temperatura ambiente durante el proceso de reducción de tamaño. En cuanto al contenido de minerales, se registró un valor de 8,09 % en la cáscara fresca de cacao en base seca, cifra menor que el 11,4 % reportado en la investigación de [23]. En la harina de cáscara de cacao, el contenido de ceniza fue de 8,69 %, valor que se encuentra dentro del rango reportado por [25]. Esta variación podría estar influenciada por la composición y calidad del suelo, los fertilizantes utilizados u otros factores ambientales. Estos resultados indican que tanto la cáscara fresca como la harina de cáscara de cacao de

la variedad CCN51 tienen un buen contenido de sustancias minerales, lo que las convierte en una materia prima con nutrientes importantes para el suelo. En cuanto al contenido de grasa, la cáscara de cacao fresca presentó un valor de 0,90 %, ligeramente mayor al reportado por [26], mientras que, en la harina de cacao, fue de 8,82 %, superior al 2,34 % y 2,01 % a lo mencionado por [27] y [28], respectivamente, lo cual podría ser beneficioso para su utilización en la producción de alimentos ricos en grasas. Por otra parte, la reducción del contenido de agua de la muestra fresca por la acción del secado aumenta el contenido de materia seca, pasando de un contenido de materia seca del 16,14 % en la cáscara fresca a un 84,06 % en la harina, estos valores son de gran interés para determinar el contenido de polifenoles en porcentaje y así definir realmente el efecto del secado en la degradación de los polifenoles. Los valores de pH de la cáscara fresca y la harina de cáscara de cacao de la variedad CCN51 fueron de 5,64 y 5,26 respectivamente, mostrando una ligera acidez, de acuerdo con [28] en sus investigaciones reportaron valores similares en muestras de cáscara de cacao CCN-51 con un pH de 5,65, lo que sugiere que las muestras utilizadas presentaban un pH ligeramente más alcalino, por lo que de acuerdo con [29], el pH podría influir en la capacidad antioxidante.

3.2. Contenido de polifenoles y capacidad antioxidante

Los resultados de la cuantificación de los polifenoles totales mediante el método de Folin-Ciocalteu se presentan en la Tabla 2, así como la capacidad antioxidante medida por el método DPPH, presentados como porcentaje de la cáscara de cacao fresca y su harina de la variedad CCN-51.

La cantidad de polifenoles totales encontrados en el extracto de la cáscara de cacao fresca y en su harina fue de 62,95 y 57,37 gEAG/100 g respectivamente. Estos valores son ligeramente más altos que los informados por [25] de 46,43 mgEAG/gMS en cáscara de cacao [30] de 61.05 y 60.01 mgEAG/gMS respectivamente en cáscara de cacao seca. En la evaluación de polifenoles en los extractos (con una mezcla de etanol: agua 50:50 v/v y un pH entre 4.0 y 5.0, no se observaron cambios significativos causados en el proceso de secado de la cáscara de cacao del clon CCN-51 aparentemente debido a que los resultados se muestran como mgEAG/g de muestra. Esto es debido a que en la cáscara fresca se reportan los polifenoles con base a gramo materia húmeda (BH) y en la harina con base a materia seca (MS). La diferencia entre los resultados de los extractos de polifenoles de la cáscara de cacao húmeda (CCH) trabajada a temperatura ambiente durante 20 minutos y la obtención de la harina de cáscara de cacao (HCC) sometida a un proceso de reducción de tamaño y secado a 60°C durante 28 horas lo cual podría haberse favorecida por los pocos cambios experimentados por la estructura vegetal durante el proceso de CCH en comparación con HCC. Según [31], durante el proceso de secado de matrices vegetales se producen cambios físicos y químicos debido al estrés térmico e hídrico, como el encogimiento y daño celular, la solubilización de pectinas, la desnaturalización de proteínas, cambios en los sólidos solubles y daños irreversibles que hacen que el material vegetal sea permeable a los solutos, lo que disminuye su extracción. En términos de reducción de costos podría estar asociado a la disminución de los tiempos y temperaturas de extracción. Por otra parte, la cantidad de polifenoles calculados según la

ecuación 3, fue de 248.4 mgEAG/gMS, como se observa en la tabla 2, a diferencia de la harina de cáscara de cacao este fue del 61.4 mgEAG/gMS de polifenoles, siendo de mayor contenido la cáscara fresca de cacao, demostrando una reducción de polifenoles en la harina de cáscara de cacao, lo cual se debió al largo tiempo de exposición de la cáscara al secado. En cuanto a la capacidad antioxidante, se encontró que la cáscara de cacao húmeda y la harina de cáscara de cacao presentaron una capacidad antioxidante de 64.67 y 50.63 respectivamente, lo que demuestra que dicho comportamiento presenta una dependencia inversa con la temperatura [32], pues su deterioro se puede presentar en temperaturas entre los 110 y 160 °C [33], sin embargo [34], establece que los resultados de la capacidad antioxidante puede ser variable en cuanto, los procedimientos de evaluación utilizados en las investigaciones.

4. Conclusiones

La cáscara de cacao fresca del clon CCN51 presentó un mayor contenido de humedad en comparación con la harina de cáscara, lo cual es coherente con los procesos de deshidratación aplicados, presentó un contenido de minerales y de grasa cruda, en cuanto al contenido de polifenoles totales presentó niveles significativos que demuestran alta capacidad antioxidante, por lo que se puede indicar que la cáscara de cacao es una fuente importante de estos, sin embargo, se puede establecer que los procesos de secado afectan significativamente la cantidad de polifenoles, ocasionando su degradación, por lo cual es importante realizar la extracción de polifenoles en cáscara fresca de cacao para obtener mejores rendimientos en el proceso de degradación.

Agradecimientos

A la Universidad Francisco de Paula Santander (Cúcuta) y Universidad de Pamplona, por su apoyo y colaboración para desarrollar la investigación.

Conflictos de interés

El manuscrito fue elaborado, preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos no tener ningún conflicto de intereses que pueda comprometer la validez de los resultados presentados.

Contribución de los autores

Dora Clemencia Villada Castillo, Daniel Salvador Durán Osorio y Yanine Yubisay Trujillo Navarro contribuyeron a la conceptualización, diseño metodológico, desarrollo del estudio e investigación; participaron en la recopilación, tratamiento y análisis de los datos; y realizaron la redacción del borrador original, así como la revisión y edición del manuscrito. Además, Dora Clemencia Villada Castillo estuvo a cargo de la gestión de recursos, y Daniel Salvador Durán Osorio y Yanine Yubisay Trujillo Navarro ejercieron labores de supervisión.

Tabla 2: Cuantificación de polifenoles totales (mgEAG/g de muestra) y capacidad antioxidante del extracto de cáscara fresca y harina de cáscara de cacao del clon CCN51

Muestra	Polifenoles totales (mgEAG/g de muestra) ± DS	Porcentaje de polifenoles con base en la materia seca presente	mgEAG/g MS	Capacidad antioxidante (% Ibh) ± DS
Cáscara fresca	62.95 ± 0.04	24.84 ± 2.23	248.40	64.67 ± 0.01
Harina de cáscara	57.37 ± 0.02	6.14 ± 1.87	61.40	50.63 ± 0.03

Referencias

- [1] J. H. Vera Rodríguez, J. Murillo, N. Mejía, C. Ulbio, Z. Quito, y M. Maridueña, "Residuos de la producción de cacao (*Theobromacacao* L.) como alternativa alimenticia para rumiantes. Colombiana de Ciencia Animal recia", vol. 13, pp. 24–29, 2021. doi: 10.24188/recia.v13.n2.2021.839
- [2] D. Oviedo, R. Valencia, y M. Contreras, "Caracterización físico-química de la cáscara de mazorca de cacao como posible uso en la elaboración de tableros aglomerados", *Investigación, Desarrollo e Innovación*, vol. 12, pp. 97–106, 2022. doi: 10.19053/20278306.v12.n1.2022.14211
- [3] E. Castillo, C. Alvarez, y Y. Contreras, "Caracterización físico-química de la cáscara del fruto de un clon de cacao (*Theobroma cacao* l.) cosechados en Caucagua estado Miranda", Venezuela. *Investigación*, vol. 42, núm. 95, pp. 153–167, 2018. <https://www.redalyc.org/journal/3761/376160247008/>
- [4] A. A. Pacheco-Jiménez, J. Basilio Heredia, E. P. Gutiérrez-Grijalva, E. A. Quintana-Obregón, y M. D. Muy-Rangel, "Potencial industrial de la cáscara de mango (*Mangifera indica* L.) para la obtención de pectina en México", *TIP*, vol. 25, 2022. doi: 10.22201/fesz.23958723e.2022.419
- [5] D. Rico y M. Diana, "Nutracéuticos y alimentos funcionales aliados para la salud: la necesidad de un diseño 'a medida'", *Nutr Clin Med*, vol. XVII, núm. 2, pp. 103–118, 2023. doi: 10.7400/NCM.2023.17.2.5121
- [6] R. Sáez, "Los residuos agroindustriales, una oportunidad para la economía circular", *Tecnológicas*, vol. 25. doi: 10.22430/22565337.2505
- [7] K. S. Murcia Artunduaga y M. Castañeda, "Evaluación Del Contenido De Fenoles Totales Y Capacidad Antioxidante De Extractos Etanólicos De La Cáscara De Cacao (*Theobroma cacao* L.). *Investigación Agraria y Ambiental*", vol. 13, pp. 53–65, 2021.
- [8] A. Ibarra, "Antioxidantes producidos por microorganismos acuáticos y terrestres con uso potencial en cosméticos", *Actualidades Biológicas*, vol. 44, 2022. doi: 10.17533/udea.acbi.v44n116a02
- [9] D. Kovacevic y B. Levaj, "Dragovic Uzelac V. Free radical scavenging activity and phenolic content in strawberry fruit and jam", *Agriculturae Conspectus Scientificus*, vol. 74, núm. 3, pp. 155–159, 2009. <https://acs.agr.hr/acs/index.php/acs/article/view/443>
- [10] K. Savikin *et al.*, "Phenolic content and radical scavenging capacity of berries and related jams from certified area in Serbia", *Plant Foods Hum. Nutr.*, vol. 64, núm. 3, pp. 212–217, 2009. doi: 10.1007/s11130-009-0123-2
- [11] M. Kopjar *et al.*, "Strawberry jams: influence of different pectins on colour and textural properties", *Czech J. Food Sci.*, vol. 27, núm. 1, pp. 20–28, 2009. doi: 10.17221/95/2008-CJFS
- [12] T. M. Rababah *et al.*, "Effect of jam processing and storage on total phenolics, antioxidant activity, and anthocyanins of different fruits: Effect of processing on jam constituents", *J. Sci. Food Agric.*, vol. 91, núm. 6, pp. 1096–1102, 2011. doi: 10.1002/jsfa.4289
- [13] K. J. Shinwari y P. S. Rao, "Stability of bioactive compounds in fruit jam and jelly during processing and storage: A review", *Trends Food Sci. Technol.*, vol. 75, pp. 181–193, 2018. doi: 10.1016/j.tifs.2018.02.002
- [14] P. Peláez, S. Guerra, y D. Contreras, "Changes in physical and chemical characteristics of fermented cocoa (*Theobroma cacao*) beans with manual and semimechanized transfer, between fermentation boxes", *Scientia Agropecuaria*, vol. 7, núm. 2, pp. 111–119, 2016. doi: 10.17268/sci.agropecu.2016.02.04
- [15] C. Salazar, Efecto de las condiciones de fermentación y secado, en las características físico químicas del cacao (*Theobroma cacao* L.); cultivar CCN 51. Trabajo de grado Maestría en Tecnología de Alimentos. Lima, Perú, 2020. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/a33413aa-0a13-458e-a069-ffd21fc7a6a0>
- [16] F. Romero, Degradación de polifenoles del cacao (*Theobroma cacao* L.) criollo de Amazonas durante el tostado. Trabajo de grado Ingeniería Agroindustrial. Chachapoyas, Perú, 2018. <https://hdl.handle.net/20.500.14077/1515>
- [17] C. T. Sepúlveda y J. E. Zapata, "Efecto de la Temperatura, el pH y el Contenido en Sólidos sobre los Compuestos Fenólicos y la Actividad Antioxidante del Extracto de *Bixa orellana* L.", *CIT Inform. Tecnol.*, vol. 30, núm. 5, pp. 57–66, 2019. doi: 10.4067/S0718-07642019000500057
- [18] J. D. Torres González, K. J. González Morelo, D. Acevedo Correa, y J. del C. Jaimes Morales, "Efecto de la utilización de harina de *Lens culinaris* como extensor en las características físicas y aceptabilidad de una salchicha", *Tecnura*, vol. 20, núm. 49, p. 15, 2016. doi: 10.14483/udistrital.jour.tecnura.2016.3.a01
- [19] A. Pallares Pallares *et al.*, "Impacto de la fermentación y secado sobre el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante del clon de cacao CCN-51", *Rev. Ion Investig. Optim. Nuevos Procesos Ing.*, vol. 29, núm. 2, pp. 7–21, 2017. doi: 10.18273/revion.v29n2-2016001
- [20] P. M. D. Harina, Efecto de la liofilización y la adición de goma arábiga sobre el potencial bioactivo de los extractos de fresa y kiwi. 2014. <https://riunet.upv.es/handle/10251/55635>

- [21] N. A. Vega Contreras y M. L. Torres Salazar, "Evaluación De Compuestos Fenolicos De (*Citrus sinensis*) Y Su Capacidad Antioxidante", *Cienc. Desarro.*, vol. 12, núm. 2, 2021. doi: 10.19053/01217488.v12.n2.2021.11635
- [22] A. Baggio, J. Lima, y M. Filho, "Identification of phenolic acids in coffee (*Coffea arabica* L.) dust and its antioxidant activity", *Italian Journal of Food Science*, vol. 19, núm. 2, pp. 193–203, 2007. <https://www.chiriottieditori.it/images/stories/IJFS%20archivio/IJFS192.pdf>
- [23] W. Brand Williams, M. Cuvelier, y C. Berset, "Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity", *Food Sci Technol*, vol. 20, pp. 25–30, 1995. doi: 0.1016/S0023-6438(95)80008-5
- [24] G. Vera, R. Pérez, F. Soto, Q. Lira, y A. Martini, "Harina de cáscara de vaina de cacao: Una opción para el aprovechamiento de residuos agroindustriales", *Boletín de Ciencias Agropecuarias del ICAP*, vol. 6, núm. 11, pp. 5–7, 2020. doi: 10.29057/icap.v6i11.5322
- [25] A. Villamizar Jaimes y L. Giraldo, "Cáscara de cacao fuente de polifenoles y fibra: simulación de una planta piloto para su extracción", *Respuestas*, vol. 22, núm. 1, pp. 75–83, 2017. doi: 10.22463/0122820X.821
- [26] H. Barazarte, E. Sangronis, y E. Unai, "La cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.): Una posible fuente comercial de pectinas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*", vol. 58, pp. 64–70, 2008. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222008000100009
- [27] R. Martínez, P. Torres, M. Meneses, J. Figueroa, A. Pérez, y M. Viuda, "Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of cocoa (*Theobroma cacao* L.) co-products. *Food Research International*", vol. 49, pp. 39–45, 2012. doi: 10.1016/j.foodres.2012.08.005
- [28] M. Baca, P. Rosas, y H. Murillo, "Características fisicoquímicas, compuestos bioactivos y contenido de minerales en la harina de cáscara del fruto de cacao (*Theobroma cacao* L.). *Manglar*", vol. 17, pp. 67–73, 2020. doi: 10.17268/manglar.2020.011
- [29] X. Y. Yuan, "Effect of pH and illumination on stability of apple polyphenol", *Modern Agricultural Science and Technology*, vol. 19, pp. 297–299, 2014. doi: 10.1590/fst.90621
- [30] S. Toro Uribe, R. Estupiñan, y L. Giraldo, "Cocoa husk as a source of natural phenolic antioxidants: comparison of polyphenols and antioxidant activity in *Theobroma cacao* beans and husk", *Facultad Nacional de Agronomía*, vol. 67, pp. 664–668, 2014. doi: 10.3390/molecules25122842
- [31] C. Henríquez, Córdova y otros dos autores, *Kinetic Modeling of Phenolic Compound Degradation During Drum-Drying of Apple Peel By-Products*. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2014.06.037
- [32] N. A. Contreras, Vega, y N. Gutiérrez, "Evaluación del potencial de compuestos fenólicos obtenidos de la fermentación de los residuos en la poscosecha de *Theobroma cacao*", *REVISTA NOVA*, vol. 22, 2024.
- [33] C. Roa, L. Giraldo, y M. Nova, "Extracción de polifenoles: una comparación a partir de cáscara de cacao húmeda versus cáscara de cacao seca", *Ingeniería y competitividad*, vol. 25, 2023. doi: 10.25100/iyc.v25i2.12223
- [34] V. C. Pérez-Nájera, E. C. Lugo-Cervantes, M. Gutiérrez-Lomelí, y C. L. Del-Toro-Sánchez, "EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS FENÓLICOS DE LA CÁSCARA DE LIMA (*Citrus limetta* Risso) Y DETERMINACIÓN DE SU ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE", *Biotecnia*, vol. 15, núm. 3, p. 18, 2013. doi: 10.18633/bt.v15i3.153