

Obtención de un ingrediente alimentario a partir de pulpa de café

Obtaining of a food ingredient from coffee pulp

Briana Davahiva Gómez Ramírez ^{1,4}, Alejandra María Gómez Gutiérrez ^{1,5}, Santiago Cifuentes Ramírez ^{2,6}, Diana Patricia Ceballos Calle ^{3,7}, Dora Lilia Hincapié Hincapié ^{3,8}, Daniel Ramírez Ortiz ^{3,9}.

¹Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. ²Corporación Colegiatura Colombiana. Medellín, Colombia. ³Cooperativa de Caficultores de Antioquia. Medellín, Colombia. ⁴ ✉ briana.gomez@udea.edu.co; ⁵ ✉ alejandra.gomezg@udea.edu.co; ⁶ ✉ santiago.cifuentes@colegiatura.edu.co; ⁷ ✉ diana.ceballos@cafedeantioquia.com; ⁸ ✉ dora.hincapie@cafedeantioquia.com; ⁹ ✉ daniel.ramirez@cafedeantioquia.com



<https://doi.org/10.15446/acag.v72n4.113635>

2023 | 72-4 p 377-384 | ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-0118 | Rec.: 2024-03-22 Acep.: 2024-10-01

Resumen

La pulpa de café es el primer subproducto generado durante el procesamiento húmedo del café y representa una fuente importante de contaminación y amenaza ambiental. Reducir este riesgo se vuelve imperativo para la industria del café. Este trabajo tuvo como objetivo desarrollar un ingrediente culinario artesanal derivado de la pulpa de café, que, además de contribuir con la reducción del impacto ambiental, pueda ser producido a bajo costo por las mismas familias caficultoras. Se realizó un estudio experimental, que incluyó el diseño de un protocolo de recolección y secado de pulpa de café y la obtención de un ingrediente alimentario que cumpliera criterios microbiológicos de la resolución 1407 del Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia. Se obtuvo una harina fina de la pulpa de café inocua microbiológicamente, con bajo nivel de residualidad, micotoxinas y con un aporte importante de fibra y proteína. El contenido de cafeína limita el consumo a 23 g/d de harina de pulpa de café. Por dichas características, este subproducto derivado de la pulpa de café tiene gran potencialidad para ser usado en la alimentación de familias caficultoras, lo que aporta a su soberanía y seguridad alimentaria.

Palabras claves: aprovechamiento de desechos, café, harina, inocuidad de los alimentos, producción de alimentos.

Abstract

Coffee pulp is the first by-product generated during wet coffee processing and represents a major source of pollution and an environmental threat. Reducing this risk becomes imperative for the coffee industry. Thus, this work aimed to develop an artisanal culinary ingredient from coffee pulp that could be produced at low cost by the same coffee-growing families, while also reducing the environmental impact. An experimental study was conducted, involving the design of a protocol for the collection and drying of coffee pulp and the production of a food ingredient that met the microbiological criteria set by Resolution 1407 of the Ministry of Health and Social Protection of Colombia. A fine flour with low residuality, mycotoxins, and an important contribution of fiber and protein was obtained from the microbiologically harmless coffee pulp. Because of its caffeine content, the recommended daily intake of the flour is limited to 23 g/d. Due to these characteristics, this coffee pulp-derived byproduct shows great potential for use in the nutrition of coffee-growing families, contributing to their food sovereignty and security.

Keywords: coffee, flour, food production, food safety, solid waste use.

Introducción

Cada paso del procesamiento del café, incluidos la cosecha, el despulpado, la remoción del mucilago, la separación de las semillas de café, el tostado, el empaquetado y la preparación de la bebida, generan subproductos (Iriondo-DeHond *et al.*, 2020). El primer subproducto generado durante el procesamiento húmedo del café es la pulpa, la cual puede incluir la cáscara (exocarpio), la pulpa propiamente dicha (mesocarpio) y parte de la capa de pectinas que le sigue (Marín-Tello *et al.*, 2020). La pulpa de café constituye entre el 40 % y el 50 % del peso fresco de la cereza de café, es decir, que por cada tonelada de cereza de café procesada se genera aproximadamente media tonelada de pulpa (Iriondo-DeHond *et al.*, 2020).

Por otro lado, los subproductos del procesamiento de las bayas de café, donde sobresale la pulpa, representan una fuente importante de contaminación y amenaza ambiental, especialmente para los cuerpos de agua ubicados cerca de las mismas fincas cafeteras procesadoras del café (Desai *et al.*, 2020). En este sentido un estudio de Cenicafé reportó que la pulpa de café representa el 73.7 % de la contaminación potencial de los subproductos del beneficio (Rodríguez-Valencia *et al.*, 2013). Este potencial contaminante se atribuye a los componentes bioorgánicos de la pulpa de café (polifenoles, pectina, azúcares), que sirven como sustrato para bacterias aeróbicas que los descomponen en productos como el dióxido de carbono, los nitratos, los sulfatos y los fosfatos, los cuales ingresan a los cuerpos de agua o son depositados en el suelo aumentando su acidez, lo que reduce su fertilidad y provoca la formación de tierras baldías (Manasa *et al.*, 2021).

Hasta la fecha, la mayoría de los esfuerzos se han dirigido al manejo de la pulpa de café como efluente y no tanto a su reutilización (Manasa *et al.*, 2021), pero debido a su importante aporte de nutrientes, se considera un producto aprovechable para la nutrición humana. En la literatura se han reportado amplios rangos de nutrientes de la pulpa de café; 4 a 12 g de proteína (por 100 g de materia seca), 1 a 2 g de lípidos y 45 a 89 g de carbohidratos (incluida la pectina). Además, se han reportado minerales como P, K, Ca y Mg en 2.48, 25.13, 4.10 y 1.39 g/kg de pulpa de café, respectivamente, y Fe y Mn, en 77 y 46 mg/kg (Marín-Tello *et al.*, 2020).

El porcentaje de cafeína está entre el 0.12 y 0.26 %; la pectina y los taninos oscilan entre 1 y 9 g/100 g de materia seca, o alrededor del 6 % del peso. La pulpa de café también contiene ácido cafeico, ácido gálico y ácido clorogénico en aproximadamente 16 mg/g, 3 mg/g y 62 mg/g de materia seca, respectivamente, lo que la convierte en una excelente materia prima para la producción de alimentos funcionales (Marín-Tello *et al.*, 2020).

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue desarrollar un ingrediente culinario artesanal derivado de la pulpa de café, que además de contribuir con la reducción del impacto ambiental que ocasiona este subproducto de la industria del café, pueda ser producido por las mismas familias caficultoras, lo que implicaría un bajo costo y un aporte extra de nutrientes para mejorar la alimentación de poblaciones de menores recursos económicos.

Materiales y métodos

Este es un estudio experimental realizado por La Cooperativa de Caficultores de Antioquia y la Universidad de Antioquia, para el desarrollo de un protocolo de recolección y secado de pulpa de café y la obtención de un ingrediente alimentario que cumpla criterios microbiológicos. Este proyecto está clasificado como de mínimo riesgo y tiene aprobación 133-2022 del Comité de Bioética de la Facultad de Odontología de la Universidad de Antioquia.

Protocolo de recolección y secado de pulpa de café

La pulpa de café correspondió a pulpa de café fresca (recién despulpada) de Variedad Castillo® y se obtuvo de dos fincas cafeteras en Antioquia que no aplican agroquímicos en la producción del café. Fue recolectada en un recipiente limpio al momento del despulpado y antes de que hubiera caído al piso. Posteriormente se lavó brevemente con agua potable y se eliminó el exceso de agua utilizando un cedazo. Para evitar la contaminación y la pérdida excesiva de los componentes nutritivos, la pulpa se sometió a un secado, para lo cual se extendió sobre una superficie limpia y se cubrió con una tela negra a manera de malla mosquitera. Se diseñaron y probaron varios protocolos de secado, a saber:

1. 12 h de secado al sol.
2. 24 h de secado al sol.
3. 36 h de secado al sol.
4. 24 h de secado en marquesina.
5. 36 h de secado en marquesina.
6. Desinfección de la pulpa con 600 ppm de ácido acético y secado al sol 36 h.

En todos los casos, cada 2 horas se recomendaba remover la pulpa para obtener un secado uniforme. No obstante, dependiendo de las condiciones climáticas se podía remover cada hora (días soleados) o cada 6 horas (días más húmedos).

Análisis microbiológico

Para determinar cuál protocolo de recolección garantizaba inocuidad microbiológica, las pulpas obtenidas de los diferentes tratamientos de secado fueron sometidas a análisis microbiológico por triplicado. Las muestras de pulpa de café secas fueron llevadas al laboratorio en frascos de vidrio, a temperatura ambiente (21°C). Allí se realizaron los siguientes análisis: recuento de mesófilos UFC/g (norma ISO 4833-1: 2013, técnica de siembra en profundidad); coliformes fecales NMP/g (Manual FDA-BAM capítulo 4); y *salmonella* sp. (método horizontal, Norma ISO 6579-1:2017/Amd.1:2020). Los resultados se analizaron frente a la resolución 1407 de 2022 (Ministerio de Salud y Protección Social, 2022), que establece los criterios microbiológicos que deben cumplir los alimentos y bebidas destinados para consumo humano; específicamente se contrastó con los parámetros de frutas deshidratadas.

Obtención del ingrediente culinario

La pulpa seca que cumplió los parámetros microbiológicos fue trasladada al Laboratorio de Alimentos de la Escuela de Nutrición y Dietética de la Universidad de Antioquia. Se eliminaron algunos contaminantes como trozos de hojas o ramas y se realizaron diferentes pulverizados:

- 1) Con licuadora, marca Oster (1.25 L-700 Watts).
- 2) Con procesador de alimentos (picatodo), marca Black and Decker (2 L-450 Watts).
- 3) Con mortero de porcelana de 130 mm.

En todos los casos, la pulpa pulverizada se pasó por cedazo, separando la harina gruesa de la harina fina. Con ambas harinas se realizaron pruebas caseras de comportamiento en tostión y en presencia de agua o aceite. Para esto se pusieron 50 g de harina fina o gruesa en 200, 500, 750 y 1000 mL de agua; 50 g de harina en 200 mL de aceite vegetal y 50 g de harina para tostión en sartén.

Caracterización de ingrediente culinario

Se realizaron análisis de micotoxinas (aflatoxinas totales ug/Kg [AOAC-IUPAC993.16 [2019] método de ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas], ocratoxina A ug/Kg) (AOAC 991.44-1996 [2002] HPLC); pesticidas mg/Kg (UNE-EN 15662:2019, cromatografía de gases y HPLC acoplada a la espectrometría de masas); análisis proximal básico (humedad g/100g [gravimetría], cenizas g/100g [AOAC 923.03 [2019], incineración], grasa g/100g [AOAC 922.06 [2019]], proteína g/100g [ISO 1871, [2009]], carbohidratos g/100g [reglamento técnico 2492 de 2022], calorías Kcal/100g [reglamento técnico 2492 de 2022], fibra dietética soluble e insoluble g/100g [AOAC 991.43

[2019], micronutrientes básico según FDA Elemental Analysis Manual for Food and Related Products 4.4 V1.1 [2010] [calcio mg/100 g, potasio mg/100 g, fósforo mg/100 g [ASTM D 820:2016], magnesio mg/100 g, hierro mg/100 g, sodio mg/100 g y zinc mg/100 g]); y ácidos clorogénicos mg/100g, catequina, epicatequina, teobromina y cafeína mg/100g mediante cromatografía líquida de alta resolución con detector de arreglo de diodos y fluorescencia (HPLC-DADFLD) y capacidad antioxidante (ORAC-H).

Análisis estadístico

El análisis microbiológico de la pulpa y la caracterización del ingrediente alimentario (pesticidas, cafeína, ácidos clorogénicos, ocratoxinas, antinutrientes y capacidad antioxidante) se presentan con medidas de tendencia central y dispersión. Para la base de datos se usó Microsoft Excel.

Resultados

Análisis microbiológicos

Se determinó que los tratamientos indicados para la obtención de una pulpa seca microbiológicamente aceptable fueron aquellos llevados a cabo en marquesina (tratamientos 4 y 5). Ningún protocolo de secado al sol cumplió con los parámetros establecidos en la norma colombiana (Tabla 1). Para realizar este trabajo, se eligió la harina de pulpa obtenida con el tratamiento 5 (36 h), dado que proporcionaba más seguridad microbiológica.

Obtención del ingrediente culinario

La pulpa de café seca fue sometida a 3 ensayos para su pulverización (Figura 1). Después de observar el aspecto físico de los pulverizados obtenidos con licuadora, con procesador de alimentos (picatodo) y con mortero, y de considerar cuál podría ser el utensilio más factible de encontrar en las cocinas de las familias caficultoras, se seleccionó el pulverizado con licuadora como la mejor opción para procesar la pulpa de café y obtener el ingrediente culinario.

Con las harinas gruesa y fina se realizaron diferentes ensayos para conocer sus propiedades culinarias. Allí se observó:

- Alta plasticidad, alta capacidad de atrapamiento de agua, pero con poca retención. La harina fina tuvo un mejor comportamiento que la gruesa.
- Poca solubilidad (por la alta cantidad de fibra). La harina fina tuvo más solubilidad que la harina gruesa.
- Poca posibilidad de interacción con lípidos.

- Tendencia al daño por alta temperatura, por pérdida de olor y sabor durante la tostión.

Se concluye, entonces, que la mejor opción para trabajar en la cocina es la harina fina de pulpa de café.

Caracterización del ingrediente culinario

El análisis fisicoquímico, de micotoxinas, ácidos clorogénicos, catequinas, potencial antioxidante, cafeína, taninos y teobromina de la harina fina de pulpa de café se presenta en la Tabla 2. Además, era importante garantizar la ausencia de agrotóxicos que pudieran afectar la salud humana. La Tabla 3 muestra los resultados de plaguicidas presentes en la harina de pulpa de café.

Discusión

El principal reto del manejo de la pulpa de café para incorporar a la alimentación humana es su inocuidad. Por lo que controlar la carga microbiológica es fundamental para garantizar la calidad y seguridad del producto final (Abaya *et al.*, 2020). Se determinó que el protocolo de secado de pulpa de café con mayor inocuidad microbiológica implica el uso de marquesina, y a mayor tiempo de secado se obtuvo mayor inocuidad en la pulpa. También se observó que, para utilizar la pulpa de café como ingrediente culinario, esta requiere ser pulverizada en la licuadora y cernida para obtener una harina fina, de mayor plasticidad y solubilidad. La caracterización de la harina fina de pulpa de café informó un aporte

Tabla 1. Resultados microbiológicos de tratamientos de secado para la pulpa de café

Tratamiento	Parámetro Resolución 1407 (Ministerio de Salud y Protección Social, 2022)			Conformidad con la Resolución 1407	
	Recuento mesófilos	NMP Coliformes fecales	Salmonella sp		
	10 000 UFC/g	<10 UFC/g	Ausente		
Tratamiento 1 Sol 12 horas	103 000	<3	Ausente	No conformes	Recuento de microorganismos mesófilos que superaron el límite establecido
Tratamiento 2 Sol 24 horas	277 000	<3	Ausente	No conformes	Recuento de microorganismos mesófilos que superaron el límite establecido
Tratamiento 3 Sol 36 horas	222 000	<3	Ausente	No conformes	Recuento de microorganismos mesófilos que superaron el límite establecido
Tratamiento 4 Marquesina Sol 24 horas	2500	<3	Ausente	Conformes	Está conforme
Tratamiento 5 Marquesina Sol 36 horas	2100	<3	Ausente	Conforme	Está conforme
Tratamiento 6 Lavado con 600 ppm de ácido acético y sol 36 horas	25 000	3.6	Ausente	No conforme	Recuento de microorganismos mesófilos que superaron el límite establecido



Prueba 1.
Pulverizado con licuadora.



Prueba 2.
Pulverizado con procesador de alimentos.



Prueba 3.
Pulverizado con mortero.



Harina gruesa prueba 1- licuadora



Harina fina prueba 1- licuadora

Figura 1. Resultados de los ensayos de pulverizado de la pulpa seca de café.

Tabla 2. Análisis fisicoquímico de la harina de pulpa de café

Componente	Contenido
Análisis proximal	
Humedad (g/100 g)	7.52
Cenizas (g/100 g)	8.17
Energía (kcal/100 g)	257
Proteína (g/100 g)	11.37
Grasa (g/100 g)	1.74
Carbohidratos (g/100 g)	71.2
Fibra dietaria soluble (g/100 g)	8.22
Fibra dietaria insoluble (g/100 g)	36.13
Fibra dietaria total (g/100 g)	44.35
Calcio (mg/100 g)	501.77
Potasio (mg/100 g)	3164.63
Fósforo (mg/100 g)	185.84
Magnesio (mg/100 g)	133.87
Hierro (mg/100 g)	15.03
Sodio (mg/100 g)	0.5
Zinc (mg/100 g)	1.02
Micotoxinas	
Aflatoxinas totales (µg/kg)	3.07
Ocratoxina A (µg/kg)	6.1
Ácidos clorogénicos	
Componente	Cantidad ± DS
Ácido neoclorogénico (mg/100 g)	13.472 ± 0.359
Ácido clorogénico (mg/100 g)	202.680 ± 8.525
Ácido criptoclorogénico (mg/100 g)	25.681 ± 0.145
Ácido cafeico (mg/100 g)	ND
Catequinas	
Catequina (mg/100 g)	ND
Epicatequina (mg/100 g)	4.690 ± 0.306
Otros	
Teobromina (mg/100 g)	ND
Cafeína (mg/100 g)	1763.485 ± 50.050
Taninos (mg/100 g)	ND
Potencial antioxidante	
Determinación ORAC-H (µmol ET/100 g muestra)	83 464.7 ± 2034.2

DS: Desviación estándar. ND: No detectado.

importante de proteínas, carbohidratos, fibra, similar a lo reportado por Klingel *et al.* (2020), Iriundo-DeHond *et al.* (2020) y Santos *et al.* (2021) para la pulpa de café (Tabla 4). Se encontró un alto aporte de cafeína; poco aporte de taninos y teobromina, que representa menor cantidad de antinutrientes; y también se identificó aporte de compuestos fenólicos que le confieren cierto potencial antioxidante al ingrediente culinario (Tabla 4). En la caracterización de la harina se destaca una baja presencia de residualidad de plaguicidas y micotoxinas, lo cual indica que es pertinente su uso a nivel alimentario

Tabla 3. Contenido de plaguicidas en la harina de pulpa de café

Plaguicida	Contenido mg/kg
Aldrin	<0.05
Alpha-BHC	<0.08
Beta-BHC	<0.02
Delta-BHC	<0.07
Gamma-BHC (Lindane)	<0.10
Chlorbenseide	<0.14
Cis-chlordane	<0.03
Trans-chlordane	<0.05
Chlorfenson (Ovex)	<0.11
Chloroneb	<0.09
2.4'-DDD	<0.15
4.4'-DDD	<0.17
2.4'-DDE	<0.14
4.4'-DDE	<0.10
2.4'-DDT	<0.21
4.4'-DDT	<0.17
4.4'-Dichlorobenzophenone	<0.01
Dieldrin	<0.03
Endosulfan I	<0.04
Endosulfan II	<0.05
Endosulfan ether	<0.05
Endosulfan sulfate	<0.05
Endrin	<0.01
Endrin aldehyde	<0.17
Endrin ketone	<0.14
Ethylan (Perthane)	<0.02
Fenson	<0.14
Heptachlor	<0.04
Heptachlor epoxide (Isomer B)	<0.05
Heptachlor (sum of heptachlor, cis-heptachlorepoide and trans-heptachlorepoide)	<0.05
Hexachlorobenzene	<0.04
Isodrin	<0.15
2.4'-Methoxychlor	<0.05
4.4'-Methoxychlor olefin	<0.01
Mirex	<0.01
Cis-nonachlor	<0.17
Trans-nonachlor	<0.16
Pentachloroanisole	<0.01
Pentachlorobenzene	<0.12
Pentachlorothioanisole	<0.14
Tetradifon	<0.12
Azinphos ethy	<0.10
Azinphos methyl	<0.49
Chlorpyrifos ethyl	<0.04
Chlorpyrifos methyl	<0.04
Diazinon	<0.02
EPN	<0.18
Fenitrothion	<0.21
Isazophos	<0.06
Phosalone	<0.06
Phosmet	<0.02
Pirimiphos ethyl	<0.05
Pirimiphos methyl	<0.06
Pyraclafos	<2.40
Pyrazophos	<0.08
Pyridaphenthion	<0.11
Quinalphos	<0.04

Tabla 4. Composición de la pulpa de café

Componente	Reportes de composición de pulpa de café seca	Resultados de harina fina de pulpa de café
Proteína	4-12 %*	11.3 %
	5-15 %**	
	4-12 %***	
Carbohidratos	45-89 %*	71.2 %
	21-32 %**	
	45-89 %***	
Grasa	0.5-3 %*	1.7 %
	2-7 %**	
	1-2 %***	
Fibra	18-32 %*	44.3 %
	60.5 %**	
Celulosa	63 %**	ND
Hemicelulosa	2.3 %**	ND
Pectinas	6.5 %**	ND
Magnesio	20.8-420 mg/100g *	133.87 mg/100g
Potasio	2284-2460 mg/100g *	3164.64 mg/100g
Calcio	54.8-554 mg/100g *	501.77 mg/100g
Hierro	4.3-15 mg/100g *	15.03 mg/100g
Sodio	100-266 mg/100g *	0.5 mg/100g
Vit C	70 mg/100g *	ND
Cafeína	1.2 %*	1.7 %
	1.5 %**	
	1.3 %***	
Ac. clorogénico	10.7-12 %*	0.2 %
	2.4 %**	
Taninos	1.8-9.3 %*	ND
	3 %**	

ND: no detectado.

Tomado de: *Iriondo-DeHond *et al.*, 2020; **Santos *et al.*, 2021; ***Klingel *et al.*, 2020.

En la harina de pulpa de café es significativo el aporte de carbohidratos, específicamente de fibra dietaria y dentro de los tipos de fibra, la fibra insoluble. La ingesta de fibra dietética se asocia con diferentes beneficios para la salud, dentro de los que se destacan la regulación de la motilidad intestinal, el control de la adiposidad abdominal y el control del peso, el aumento de la sensibilidad a la insulina y la salud metabólica, el mejoramiento de la microbiota intestinal y la producción de metabolitos (Barber *et al.*, 2020). También se destaca el aporte de micronutrientes que tienen funciones biológicas importantes, como el potasio en la contracción muscular y el calcio en la salud ósea. No obstante es importante resaltar que por estar en una matriz vegetal, no tendrán una alta biodisponibilidad (Shkembi y Huppertz, 2021). Se analiza que los resultados en micronutrientes de la harina de pulpa son similares a los reportes de Iriondo-DeHond *et al.* (2020) sobre pulpa de café.

El contenido de cafeína en la harina fina de pulpa de café es mayor a lo reportado por Klingel *et al.* (2020), Iriondo-DeHond *et al.* (2020) y Santos *et al.* (2021); posiblemente como explican Eckhardt *et al.* (2022), la cafeína tiene gran variabilidad a razón de las diferencias del tipo de café, también el despulpado en húmedo (que fue el usado en este trabajo) conserva un mayor contenido de cafeína por la imposibilidad de degradación microbiana de la cafeína. Adicionalmente la mayor exposición de la pulpa al contacto con agua puede disminuir la cafeína; en este trabajo solo se realizó un enjuagado leve, por lo tanto, no hubo posibilidad de disminución de este componente.

En el análisis de la harina fina no se detectaron taninos ni ácido cafeico. Con relación a los taninos, el resultado se considera una ventaja debido a que los factores antinutricionales de la pulpa de café son los taninos y la cafeína, los cuales se deben reducir para optimizar su uso como complemento en formulaciones de alimentos para animales (Marín-Tello *et al.*, 2020). Contrario a la anterior postura, Hu *et al.* (2023), plantea que la lignina, la cafeína y también los compuestos fenólicos como los taninos son considerados como compuestos bioactivos, debido a que presentan propiedades antioxidantes y biológicas en humanos; por lo tanto, queda la duda si estos componentes de la pulpa del café funcionan como compuesto antinutricional solo en la nutrición animal y no en la nutrición humana (Hoseini *et al.*, 2021).

En trabajos realizados en Panamá en café arábica, se reportó que el contenido de cafeína se encontraba entre 927.8 mg/100 g y 1349.3 mg/100 g (Vega *et al.*, 2018), lo que, comparado con nuestros resultados, es menor cantidad, e indica que la harina de pulpa de café aporta una alta cantidad de cafeína. De acuerdo con la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) el límite seguro de consumo de cafeína al día es 400 mg (Rodak *et al.*, 2021), por lo anterior, si 100 g de la harina de pulpa tienen 1763 mg, el consumo seguro sería 23 g/día.

En cuanto a los compuestos bioactivos o fitoquímicos, se han identificado en la pulpa de café diverso polifenoles, como los flavonoles, y, por su parte, ácidos fenólicos, como ácido cafeico, ácido ferúlico y ácido clorogénico (Bondam *et al.*, 2022). En el estudio de Ormaza *et al.* (2018) la cantidad de ácido clorogénico en el café tostado y molido fue 44.72 mg/100 g y en el café tostado y molido en barril 52.85 mg/100 g, cantidad inferior a lo encontrado en la harina de pulpa de café, que fue 202.68 mg/100 g, por lo que se analiza que la pulverización y separación de partes entre harina gruesa y fina puede disminuir estos compuestos. Por otro lado, la harina de pulpa tiene un contenido alto de epicatequina, mientras que la catequina está en baja cantidad o incluso ausente, contrario al estudio de Ormaza *et al.* (2018), en el que se observa una cantidad alta de catequinas (1932.2 mg

/100 g). En el estudio de Bondam *et al.* (2022) los principales compuestos fenólicos reportados en los subproductos del café, como la pulpa, son el ácido clorogénico y sus derivados, tal como los resultados de este estudio.

En la investigación de Serna-Jiménez *et al.* (2018), se cuantificó la actividad antioxidante de muestras de pulpa de café, con lo cual se identificó que tenía una equivalente trolox de 2024.26 $\mu\text{M ET/g}$, que es muy similar al té verde y te negro; estos resultados son inferiores a los del presente estudio al transformarlos (83.46 mmol Trolox/100 g). Por lo anterior, posiblemente se podría analizar que el secado en marquesina, más el pulverizo y la separación de partes puede afectar el contenido fenólico y antioxidantes de la pulpa de café, y que, si bien esta harina puede ser considerada como una materia prima con elevado contenido de compuestos de importancia en salud y su consumo, se podría potencializar haciendo uso en el diseño de alimentos o bebidas (Serna-Jiménez *et al.*, 2018), no tendría tanto potencial si se usa la pulpa de café seca sin otro procesamiento.

Respecto a la cuantificación de micotoxinas analizadas en el ingrediente culinario está dentro de los límites permitidos en Colombia según la resolución 4506 de 2013 (Ministerio de Salud y Protección Social, 2013), en la cual se establece que para alimentos similares las aflatoxinas totales máximas permitidas son 4.0 $\mu\text{g/kg}$ y para ocratoxina A el límite es 10.0 $\mu\text{g/kg}$. Las aflatoxinas totales se analizaron respecto a Frutas pasas y sus productos transformados para el consumo humano directo o su utilización como ingredientes de productos alimenticios y la ocratoxina A se analizó respecto a Uvas pasas (pasas de Corinto, sultanas y otras variedades de pasas).

El análisis de plaguicidas se realizó con base a la resolución 2906 de 2007 (Ministerio de la Protección Social, 2007) en lo referente a café en grano. En este sentido, se observa que, en los resultados, los parámetros están inferiores a los de la resolución en mención, debido a que compuestos como Aldicarb, Carbofuran, Endosulfan, Propiconazol, Triadimenol están inferiores a 0.1 mg/kg y Cipermetrin, Clorpirifos, forato, Permetrin, Terbufos y Triazofos están inferiores a 0.05 mg/kg. Adicionalmente, al revisar los límites máximos de residuos para café establecidos por la Organización Internacional del Café (OIC, 2022), también se cumplirían; además es importante resaltar que no todos los compuestos aparecen en el listado. La principal recomendación a las familias caficultoras para la utilización de la harina de pulpa como complemento a su alimentación es la no utilización de agrotóxicos como insecticidas, fungicidas y herbicidas que pueden generar contaminación y residualidad en la pulpa.

Conclusión

Este trabajo constituye una muestra del potencial de la pulpa de café como ingrediente alimentario. Se pudo desarrollar un ingrediente artesanal de bajo costo, haciendo uso de elementos que son comunes para las familias caficultoras, como la marquesina, la licuadora y el cedazo. Se pudo determinar que si se sigue el protocolo se puede obtener un ingrediente inocuo desde los puntos de vista microbiológico, de residualidad y de micotoxinas. Además, ofrece un aporte importante en fibra, proteína y compuestos antioxidantes. Este ingrediente culinario presenta un bajo contenido de antinutrientes de taninos y teobromina, y contiene un alto contenido de cafeína, que le da un máximo de consumo al día de 23 g. Por estas características, este ingrediente derivado de la pulpa de café tiene gran potencialidad para ser usado en recetas comunes en familias caficultoras, haciendo uso de un residuo y aportando a la soberanía y seguridad alimentaria de las familias.

Referencias

- Abaya, S. W.; Bråttveit, M.; Deressa, W.; Kumie, A.; Tenna, A. y Moen, B. E. (2020). Microbial contamination of coffee during postharvest on farm processing: A concern for the respiratory health of production workers. *Archives of Environmental & Occupational Health*, 75(4), 201-208. <https://doi.org/10.1080/19338244.2019.1592094>
- Barber, T. M.; Kabisch, S.; Pfeiffer, A. F. H. y Weickert, M. O. (2020). The health benefits of dietary fibre. *Nutrients*, 12(10), 3209. <https://doi.org/10.3390/nu12103209>
- Bondam, A. F.; Diolinda da Silveira, D.; Pozzada dos Santos, J. y Hoffmann, J. F. (2022). Phenolic compounds from coffee by-products: Extraction and application in the food and pharmaceutical industries. *Trends in Food Science & Technology*, 123, 172-186. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.03.013>
- Desai, N. M.; Varun, E.; Patil, S.; Pimple, V. y Murthy, P. S. (2020). Environment pollutants during coffee processing and its valorization. En *Handbook of Environmental Materials Management* (pp. 1-13). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58538-3_209-1
- Eckhardt, S.; Franke, H.; Schwarz, S. y Lachenmeier, D. W. (2022). Risk assessment of coffee cherry (cascara) fruit products for flour replacement and other alternative food uses. *Molecules*, 27(23), 8435. <https://doi.org/10.3390/molecules27238435>
- Hoseini, M.; Cocco, S.; Casucci, C.; Cardelli, V. y Corti, G. (2021). Coffee by-products derived resources. A review. *Biomass and Bioenergy*, 148, 106009. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106009>
- Hu, S.; Gil-Ramírez, A.; Martín-Trueba, M.; Benítez, V.; Aguilera, Y. y Martín-Cabrejas, M. A. (2023). Valorization of coffee pulp as bioactive food ingredient by sustainable extraction methodologies. *Current Research in Food Science*, 6, 100475. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100475>
- Iriondo-DeHond, A.; Iriondo-DeHond, M. y del Castillo, M. D. (2020). Applications of compounds from coffee processing by-products. *Biomolecules*, 10(9), 1219. <https://doi.org/10.3390/biom10091219>

- Klingel, T.; Kremer, J. I.; Gottstein, V.; Rajcic de Rezende, T.; Schwarz, S. y Lachenmeier, D. W. (2020). A review of coffee by-products including leaf, flower, cherry, husk, silver skin, and spent grounds as novel foods within the European Union. *Foods*, 9(5), 665. <https://doi.org/10.3390/foods9050665>
- Manasa, V.; Padmanabhan, A. y Anu Appaiah, K. A. (2021). Utilization of coffee pulp waste for rapid recovery of pectin and polyphenols for sustainable material recycle. *Waste Management*, 120, 762-771. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.10.045>
- Marín-Tello, C.; Zelada-Castillo, L.; Vásquez-Arqueros, A.; Vieira, A. y Siche, R. (2020). Coffee pulp: An industrial by-product with uses in agriculture, nutrition and biotechnology. *Reviews in Agricultural Science*, 8, 323-342. https://doi.org/10.7831/ras.8.0_323
- Ministerio de la Protección Social. (2007). Resolución 2906 de 2007. Por la cual se establecen los Límites Máximos de Residuos de Plaguicidas - LMR en alimentos para consumo humano y en piensos o forrajes. <https://www.mincit.gov.co/temas-interes/reglamentos-tecnicos/rt-conjuntos/resolucion-2906-del-22-de-agosto-de-2007-1.aspx>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). Resolución 4506 de 2013. Por la cual se establecen los niveles máximos de contaminantes en los alimentos destinados al consumo humano y se dictan otras disposiciones. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-4506-de-2013.pdf>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (2022). Resolución 1407. Por la cual se establecen los criterios microbiológicos que deben cumplir los alimentos y bebidas destinados para consumo humano. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Resolución No. 1407 de 2022.pdf
- Organización Internacional del Café. (2022). Límites máximos de residuos. Consejo Internacional del Café. <https://www.ico.org/documents/cy2021-22/icc-134-2c-maximum-residue-limits.pdf>
- Ormaza, A. M.; Díaz, F. O. y Rojano, B. A. (2018). Efecto del añejamiento del café (*Coffea arabica* L. var. Castillo) sobre la composición de fenoles totales, flavonoides, ácido clorogénico y la actividad antioxidante. *Información Tecnológica*, 29(3), 187-196. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000300187>
- Rodak, K.; Kokot, I. y Kratz, E. M. (2021). Caffeine as a factor influencing the functioning of the human body - Friend or foe? *Nutrients*, 13(9), 3088. <https://doi.org/10.3390/nu13093088>
- Rodríguez-Valencia, N.; Zambrano Franco, D. A. y Ramírez, C. A. (2013). Manejo y disposición de los subproductos y de las aguas residuales del beneficio del café. En *Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura* (vol. 3, pp. 111-136). Cenicafé. https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4347/1/cenbook-0026_31.pdf
- Santos, É. M. dos; Macedo, L. M. de; Tundisi, L. L.; Ataíde, J. A.; Camargo, G. A.; Alves, R. C.; Oliveira, M. B. P. P. y Mazzola, P. G. (2021). Coffee by-products in topical formulations: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 111, 280-291. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.02.064>
- Serna-Jiménez, J. A.; Torres-Valenzuela, L. S.; Martínez Cortínez, K. y Hernández Sandoval, M. C. (2018). Aprovechamiento de la pulpa de café como alternativa de valorización de subproductos. *Revista ION*, 31(1), 37-42. <https://doi.org/10.18273/revion.v31n1-2018006>
- Shkempi, B. y Huppertz, T. (2021). Calcium absorption from food products: Food matrix effects. *Nutrients*, 14(1), 180. <https://doi.org/10.3390/nu14010180>
- Vega, A.; De León, J. A.; Reyes, S. M. y Miranda, S. Y. (2018). Componentes bioactivos de diferentes marcas de café comerciales de Panamá. Relación entre ácidos clorogénicos y cafeína. *Información Tecnológica*, 29(4), 43-54. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000400043>