

Desarrollo de un extracto en polvo de cáscara de café como alternativa al aprovechamiento de subproductos

Laura Milena Naranjo Henao

Tutor

Diana Cristina Muñoz Urrea

Ingeniería de Alimentos

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI

Programa de Ingeniería de Alimentos

2023

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios, a mi familia, en especial a mi madre Cielo, a mis hijos Nicolas y Valentina. Ellos son mi apoyo incondicional para culminar la ingeniería, gracias a su comprensión, paciencia y amor incondicional, han estado siempre para mí en los momentos malos y menos malos, sin protestar por no dedicarles el tiempo suficiente, por ser mi fortaleza y equilibrio en momentos de debilidad.

También a las personas que contribuyeron en mi crecimiento profesional y académico: amigos, compañeros, profesores, a todos los que han intervenido de forma directa e indirecta a lograr esta meta personal.

Agradecimientos

Agradezco como primera persona a mi asesor de Tesis Ingeniero Agroindustrial Luis David Pérez Vergara, con su ayuda y conocimiento se hizo realidad este proyecto. A la compañía para la cual laboro en la actualidad Duas Rodas Colombia por creer en mis capacidades y facilitarme las herramientas necesarias para el desarrollo del producto, además del apoyo técnico de los saboristas: Ing. Marcelo Floriano, Ing. Jessica Moreno, Ing. Karen Fujiko Peña. También a mi madre por su comprensión y apoyo incondicional, ser promotora de lograr este sueño, ser mi columna espiritual y mental. Agradezco a la universidad UNAD por acogerme y hacer parte de mi formación profesional.

Resumen

La cáscara de café es el principal subproducto en el proceso de obtención del grano verde, representando el 45% del peso de la cereza de café. Estudios previos sugieren que la cáscara de café podría considerarse un suplemento nutricional debido a su alta concentración de fibra dietética y componentes antioxidantes. Con el objetivo de agregar valor a los subproductos de la agroindustria del café y mitigar el impacto ambiental que estos residuos generan, en esta investigación se documentó el desarrollo de un extracto en polvo a base de cáscara de café para la elaboración de bebidas; las cáscaras previamente recolectadas de fincas de la región fueron congeladas en bolsas de polietileno hasta su posterior uso. Se realizó un lavado a las cáscaras con agua caliente a 40 °C, dejándolas por 48 horas en agua para obtener el extracto líquido, una vez obtenido este, se preparó una emulsión con maltodextrina y anticompactante; esta fue secada a una temperatura de 180 °C por Spray Dryer (secado por atomización), el polvo fino obtenido fue empacado en bolsas aluminizadas que se almacenaron en un lugar seco por 2 días, antes de la aplicación de los respectivos métodos de análisis. Se evaluaron las propiedades de contenido de humedad, color, solubilidad, pH, contenido de compuestos fenólicos, cafeína y análisis sensorial de los productos obtenidos al final. Los polvos obtenidos presentaron valores bajos de humedad que es un indicativo del tiempo que puede durar el producto, alta solubilidad en agua que puede indicar una amplia variedad de estos productos, valores de pH bajos, presentaron alto contenido de compuestos fenólicos y bajo contenido de cafeína, así mismo el producto tuvo buena aceptación sensorial en los parámetros evaluados. Dado los resultados finales los extractos obtenidos pueden ser aplicado en la elaboración de bebidas alimenticias tipo funcionales.

Palabras claves: *Coffea*, deshidratado, extracto, compuestos fenólicos.

Abstract

The coffee husk is the main by-product in the process of obtaining the green bean, representing 45% of the weight of the coffee cherry. Previous studies suggest that the coffee husk could be considered a nutritional supplement due to its high concentration of dietary fiber and antioxidant components. In order to add value to the by-products of the coffee agroindustry and mitigate the environmental impact that these residues generate, in this research the development of a powder extract based on coffee husks for the preparation of beverages was documented; the shells previously collected from farms in the region were frozen in polyethylene bags until later use. The shells were washed with hot water at 40 °C, leaving them in water for 48 hours to obtain the liquid extract. Once this was obtained, an emulsion with maltodextrin and anti-compacting agent was prepared; This was dried at a temperature of 180 °C by Spray Dryer (spray-dried), the fine powder obtained was packed in aluminized bags that were stored in a dry place for 2 days, before applying the respective analysis methods. The properties of moisture content, color, solubility, pH, content of phenolic compounds, caffeine and sensory analysis of the products obtained at the end were evaluated. The obtained powders presented low moisture values, which is indicative of the time that the product can last, high solubility in water, which can indicate a wide variety of these products, low pH values, high content of phenolic compounds and low caffeine content. Likewise, the product had good sensory acceptance in the evaluated parameters. Given the results, the extracts obtained can be applied in the elaboration of functional type food drinks.

Keywords: *Coffea*, dehydrated, extract, phenolic compounds.

Tabla de Contenido

Resumen.....	4
Introducción	12
Problema	14
Descripción del Problema	14
Planteamiento del Problema	14
Sistematización del Problema	14
Justificación	16
Objetivos	17
Objetivo General	17
Objetivos Específicos.....	17
Contenido.....	18
Marco Conceptual	18
Definición de Café	18
Composición Química del Café	18
Definición de la Cáscara de Café.....	19
Composición Nutricional de la Cáscara de Café	19
Método de Secado en los Alimentos.....	19
Secado por Atomización	19
Marco Referencial.....	20
Metodología	23
Recepción y Caracterización de Materia Prima	23
Lavado de las Cáscaras	23
Obtención del Extracto	24
Preparación de la Emulsión	25
Secado	26
Caracterización Fisicoquímica.....	27
Determinación de Contenido de Humedad	27
Determinación de Ph.....	28
Color	29
Solubilidad	30
Contenido de Fenoles.....	31
Contenido de Cafeína.....	32
Análisis Sensorial.....	33
Análisis Estadístico.....	34
Resultados y Discusiones.....	35
Contenido de Humedad.....	35
Ph	37
Color	39
Solubilidad	46

Contenido de Fenoles.....	48
Contenido de Cafeína.....	51
Análisis Sensorial.....	54
Conclusiones	56
Recomendaciones	57
Referencias Bibliográficas	58

Lista de Figuras

Figura 1 (a) Recepción de materia prima, (b) Congelamiento de materia prima.	23
Figura 2 Lavado de cáscaras.	24
Figura 3 (a) Proceso de obtención del extracto de cáscara de café, (b) extracto de cáscara de café obtenido.....	25
Figura 4 Preparación de emulsiones.	26
Figura 5 (a) secado de las emulsiones, (b) extractos en polvos obtenidos.	27
Figura 6 Determinación del contenido de humedad	28
Figura 7 Determinación de pH.....	29
Figura 8 Ecuación de determinación de color.....	30
Figura 9 Ecuación de solubilidad.....	30
Figura 10 Determinación de solubilidad.....	31
Figura 11 Panel de aceptación sensorial de los extractos en polvo obtenidos.....	34
Figura 12 Diagrama de Pareto estandarizado del efecto de los factores sobre la humedad de los polvos.....	36
Figura 13 Superficie de respuesta estimada de los factores sobre la humedad de los polvos	36
Figura 14 Diagrama de Pareto estandarizado del efecto de los factores sobre el pH de los polvos	38
Figura 15 Superficie de respuesta estimada de los factores sobre el pH de los polvos	38
Figura 16 Diagrama de Pareto estandarizado del efecto de los factores sobre la luminosidad (L*) de los polvos	41
Figura 17 Superficie de respuesta estimada de los factores sobre la luminosidad (L*) de los polvos.....	41

Figura 18 Diagrama de Pareto estandarizado del efecto de los factores sobre la coordenada cromática a* (rojo-verde) de los polvos.....	42
Figura 19 Superficie de respuesta estimada de los factores sobre la coordenada cromática a* (rojo-verde) de los polvos	42
Figura 20 Diagrama de Pareto estandarizado del efecto de los factores sobre la coordenada cromática b* (rojo-verde) de los polvos	43
Figura 21 Superficie de respuesta estimada de los factores sobre la coordenada cromática b* (rojo-verde) de los polvos	43
Figura 22 Diagrama de Pareto estandarizado del efecto de los factores sobre el diferencial total de color (ΔE) de los polvos.....	44
Figura 23 Superficie de respuesta estimada de los factores sobre el diferencial total de color (ΔE) de los polvos	44
Figura 24 a) extracto en polvo obtenido de la corrida 1, (b) extracto en polvo obtenido de la corrida 2, (c) extracto en polvo obtenido de la corrida 3, (d) extracto en polvo obtenido de la corrida 4	45
Figura 25 Diagrama de Pareto estandarizado del efecto de los factores sobre la solubilidad en agua de los polvos.....	47
Figura 26 Superficie de respuesta estimada de los factores sobre la solubilidad en agua de los polvos.....	47
Figura 27 Diagrama de Pareto estandarizado del efecto de los factores sobre el contenido de fenoles de los polvos.....	50
Figura 28 Superficie de respuesta estimada de los factores sobre el contenido de fenoles de los polvos.....	50

Figura 29 Diagrama de Pareto estandarizado del efecto de los factores sobre el contenido de cafeína de los polvos	53
Figura 30 Superficie de respuesta estimada de los factores sobre el contenido de cafeína de los polvos	53
Figura 31 Resultados de aceptación sensorial de polvos finales obtenidos	55

Lista de Tablas

Tabla 1. Corridas experimentales del diseño experimental.	34
Tabla 2. Valores de humedad para las diferentes corridas.....	36
Tabla 3. Valores de pH para las diferentes corridas.	39
Tabla 4. Valores de los diferentes parámetros de color para las diferentes corridas	45
Tabla 5. Valores de solubilidad para las diferentes corridas.	48
Tabla 6. Valores de contenido de fenoles para las diferentes corridas experimentales.....	51
Tabla 7. Valores de contenido de cafeína para las diferentes corridas experimentales.....	54

Introducción

Colombia se consolida como el mayor productor mundial de café arábigo de suave lavado, produciendo para la última cosecha registrada en 2022 11,4 millones de sacos de 60 kilos de café verde, de tal forma que Roberto Vélez Vallejo, Gerente General de la Federación Nacional de Cafeteros (FNC) manifestó que: “el café es y seguirá siendo motor de esperanza para la economía en Colombia, dado que los cafeteros continúan cumpliéndole al país, esto se ve confirmado por el volumen de producción y el valor de la cosecha alrededor de los 9 billones de pesos recursos que movilizan y habilitan la dinámica económica de más de 600 municipios cafeteros”¹.

Al satisfacer esta alta demanda, la industria se convierte en un generador de grandes cantidades de residuos de café, siendo el café gastado y la pulpa de café los más importantes, generando el 45 % y 29 % respectivamente en peso que, tras la elaboración de la bebida y el procesamiento de la pulpa, terminan en aguas residuales, basuras y rellenos sanitarios, generando mutagenicidad y genotoxicidad (Fernández, 2018). Estos residuos de café no solo contienen cafeína: también poseen compuestos fenólicos con excelentes propiedades antioxidantes (Bravo 2020) y alto contenido de lípidos (Vardon, 2019) que pueden ser aprovechados por la industria petroquímica. Por esta razón, han surgido diversas alternativas que buscan aprovechar los residuos de café como un residuo de alto valor y de gran utilidad para usos en ámbitos farmacéuticos, cosméticos, biomateriales y producción de biodiesel, alcohol carburante, bioaceites, biocarbón, y como material de relleno no estructural (Arulrajah, 2019).

Esta situación muestra la necesidad de buscar alternativas viables de aprovechamiento de los desechos o subproductos del café, como es el caso de la cáscara, con el fin de darle un valor

¹ Tomado de <https://federaciondefcafeteros.org/wp/listado-noticias/produccion-anual-de-cafe-de-colombia-cierra-2022-en-111-millones-de-sacos/>

comercial mediante la elaboración de un extracto en polvo, se busca mitigar el impacto ambiental que estos residuos generan.

Problema

Descripción del Problema

La actividad cafetera en Colombia representa un sector muy importante en la economía nacional. A pesar de que la producción anual de café de Colombia cerró 2022 en 11,1 millones de sacos de 60 kg, cifra que representa una reducción de 12% frente a los casi 12,6 millones de sacos de 2021², el café continúa siendo un eje articulador significativo en términos del desarrollo rural del país (Márquez, 2014). Pese a la gran importancia económica de este producto para el país, en las diferentes etapas del proceso productivo del café se generan alrededor de 784.000 toneladas/año de biomasa residual, que se encuentra compuesta principalmente por la pulpa, cascarilla y la borra (Flores et al, 2008). Siendo así, se estima un aprovechamiento del 5% del peso total del fruto para la preparación de la bebida de café. Además, alrededor de 43,58 % del peso del fruto fresco es pulpa de café, lo que permite manifestar que por cada millón de sacos de 60 kilogramos de café almendra que Colombia exporta, se generan alrededor de 162.900 toneladas de residuos de pulpa fresca (Rodríguez & Franco, 2010).

Planteamiento del Problema

¿Cómo se pueden aprovechar las grandes cantidades de residuos generados por la actividad cafetera, de tal forma que se puedan mitigar los impactos ambientales y generar productos con valor agregado?

Sistematización del Problema

Lo anterior sugiere un problema de alta importancia, puesto que el gran volumen de residuos constituye un problema ambiental, partiendo del hecho que, en muchos casos esta biomasa residual es arrojada a cuerpos de agua, lo que implica un aumento de la demanda de

² Tomado de <https://federaciondefeferos.org/wp/listado-noticias/produccion-anual-de-cafe-de-colombia-cierra-2022-en-111-millones-de-sacos/>

oxígeno para su descomposición y por ende una disminución en la cantidad de oxígeno disponible que genera asfixia en la biota acuática (Álvarez et al, 2011). Así mismo, es común que estos residuos sean vertidos en el suelo de forma no controlada, lo que conlleva a potenciales problemas fitosanitarios y de contaminación cruzada (Novita, 2016).

Justificación

El procesamiento adecuado de los desechos y/o subproductos de la cadena de recolección del café para ser transformados en productos con un alto valor agregado, puede mejorar significativamente la calidad de vida de los caficultores (Restrepo & Villa, 2020). Existen diferentes estrategias documentadas relacionadas con el aprovechamiento de los subproductos del café, como lo son el aprovechamiento de la pulpa de café para la obtención de alimentos para animales (Noriega et al, 2008), harina, biocombustibles, absorbente para la remoción de metales pesados, sustrato para cultivo de hongos comestibles, abono orgánico, entre otros, (López Plaza, 2021).

Aquí, es necesario señalar que la pulpa además de poseer pectinas y protopectinas, contiene también una serie de azúcares, antocianinas, proantocianinas, cianuros, bioflavonoides, taninos, cafeína y ácidos clorogénicos, los cuales son compuestos bioactivos de alto interés en la prevención y/o tratamiento de enfermedades causadas por estrés celular oxidativo. Por tal razón, la pulpa de café se convierte en un residuo aprovechable que tiene un alto potencial como materia prima para la elaboración de una bebida funcional, como estrategia para la valorización de subproductos del proceso de producción del café (Cortez et al, 2014). Pese a lo anterior, la mayoría de estos procesos de transformación de la pulpa, resultan desconocidos para la población campesina, quienes lo utilizan principalmente como abono.

Con base a lo anteriormente expuesto, en la presente investigación se desarrolló un extracto en polvo obtenido de cáscara de café para la elaboración de bebidas como alternativa al aprovechamiento de residuos generados en la cosecha de café y de esta forma mitigar el impacto ambiental que esto provocan.

Objetivos

Objetivo General

Desarrollar un extracto en polvo a base de cáscara de café deshidratada como alternativa al aprovechamiento de subproductos

Objetivos Específicos

Determinar el efecto de las concentraciones del extracto de las cáscaras de café en la emulsión para secado por atomización.

Determinar el perfil sensorial de los secados obtenidos para aceptabilidad del producto final.

Determinar el contenido de compuestos antioxidantes del extracto obtenido de la cáscara de café.

Contenido

Marco Conceptual

Definición de Café

Según Temis-Pérez et al., (2011), el fruto del café es a menudo llamado cereza, que se define como el fruto fresco completo del árbol que consta de una serie de capas que envuelven generalmente dos granos de café. Las capas externas se denominan como:

- Cáscara o pericarpio: envoltura externa del fruto de café.
- Pulpa o exocarpio: carne o tejido de la fruta que se encuentra por debajo de la cáscara.
- Mucílago o mesocarpio: sustancia viscosa y pegajosa que se encuentra adherida al endocarpio.
- Pergamino o endocarpio: tejido duro y compacto que recubre a la semilla o grano del café individualmente.
- Cutícula: membrana delgada de color blanquecino que se encuentra adherida a la semilla o grano de café. También conocida como película plateada.
- Grano de café: semilla obtenida en la fruta de café. Normalmente existen dos en cada fruta, pero puede haber solo una o hasta tres.

Composición Química del Café

La pulpa de café es uno de los principales subproductos del proceso de beneficio húmedo del café, tanto por el volumen que se genera como por el alto contenido en componentes biodegradables que posee, tiene una elevada humedad entre 80% a 82%.

La pulpa de café es rica en carbohidratos, proteínas, minerales y contiene cantidades apreciables de potasio, taninos, cafeína y polifenoles. (Porres et al.,

1993; Roussos et al., 1995; Salmone et al., 2005, citado por Traba, 2012).

Definición de la Cáscara de Café

Se define como cáscara de café al producto que se separa del grano de café y que por lo general esta se desecha y no se le da un valor agregado para la industrialización (Noriega et al, 2009).

Composición Nutricional de la Cáscara de Café

Contiene compuestos poliméricos que forma el color pardo del café conocidos como melanoidinas, las mismas que presentan varias propiedades biológicas interesantes para los humanos como un poder antioxidante elevado y actividad prebiótica en nuestro organismo; el contenido de cafeína es del 1,3 % en base del peso seco, además presenta poder calórico aproximado de 4180 cal/g o 4,18 kcal/kg, material volátil de 87,7 %, tamaño de la cáscara oscila entre 0,425 y 2,36 mm de diámetro (Noriega et al, 2009).

Método de Secado en los Alimentos

El secado es una práctica antigua utilizada por el hombre para la conservación de alimentos como granos de cereal, frutas, hortalizas y cáscaras de frutas, impidiendo cualquier actividad microbiana o enzimática al eliminar gran cantidad de agua en ellos, con la finalidad de preservar la vida útil de los alimentos fuera de su época de cosecha o producción, alimentos susceptibles a descomponerse debido a su composición química, y a la vez eliminar cantidades de agua u otro líquido de un material sólido con el fin de reducir el contenido de líquido residual (Fajardo & Criollo, 2010).

Secado por Atomización

Es un proceso en el cual se atomiza un fluido, de forma tal que se rompe en pequeñas gotas para facilitar la transferencia de calor y de masa. Una vez atomizado el fluido a secar

dentro de la cámara, este se encuentra con una corriente de aire caliente que le transfiere calor al producto y el producto le transfiere vapor de agua al aire, entrando en equilibrio el proceso. Una vez secas las gotas, las más grandes caen al fondo del tanque donde son recogidas y las más finas salen del secador a través del aire y pasan por un secador de polvos, por lo general para ello se requiere de un ciclón para allí ser separadas (Chen & Mujumdar, 2018).

Marco Referencial

El fruto de café está compuesto por la pulpa, el mucílago y la semilla. La pulpa está formada por el exocarpio (epidermis) y parte del mesocarpio (mucílago); el color de la epidermis varía de verde a rojo o amarillo, dependiendo de la variedad de café y del grado de maduración del fruto. La pulpa es el primer producto que se obtiene en la etapa de beneficio del fruto y representa, en base húmeda, alrededor del 43,58% del peso del fruto fresco. La pulpa de café tiene un contenido de humedad entre el 76% y el 80%. Está constituida por materia orgánica (entre el 88% y el 89% en base seca) y cenizas (entre el 11% y el 12% en base seca). Además, el contenido de otras sustancias en base seca es de 1,10% - 1,30% de nitrógeno, 29,50% de celulosa, 4,60% de hemicelulosa, 16,90% de lignina, 0,75% de cafeína y 3,70% de taninos, contenidos medios, en base seca, de 17,31% para azúcares reductores y de 18,49% para azúcares totales, con un valor medio de 3,59 °Bx. De la pulpa de café fresca se han aislado levaduras de los géneros *Cándida* sp., *Rhodotorula* sp. y *Toruplosis* sp. (Rodríguez, 2013).

Según Valenzuela (2010), la pulpa de café es un subproducto del procesamiento de café que se obtiene del método conocido como despulpado. El rendimiento es de 43 %. La pulpa de café contiene de 80% a 88% de agua, pero se ha encontrado que una operación de prensado puede reducir la humedad a 55-60 %. Por ello, este estudio estuvo enfocado en brindar una alternativa de diversificar productos del café para contrarrestar cambios en el precio y poder

mantenerse estable a nivel económico y ser más eficientes en el uso de café cereza, optimizando el uso de la fruta y reduciendo pérdidas, brindando mayor valor a la pulpa de café, convirtiéndolo en un jarabe y probando diferentes saborizantes en busca de un producto apto para el paladar humano, con el fin de tener un producto con un valor más agregado.

Rathinavelu y Graziosi (2005), en el documento académico acerca de “Posibles usos alternativos de los residuos y subproductos del café” indican que, en los países productores de café, los residuos y subproductos del café constituyen una fuente de grave contaminación y problemas ambientales. Por ese motivo, desde mediados del siglo pasado se han investigado métodos para utilizarlos como materia prima en la producción de piensos, bebidas, vinagre, biogás, cafeína, pectina, enzimas pépticas, proteína, y abono.

Joachin y Bressani (2008), en la investigación “Concentración, caracterización funcional y utilización en pan francés de la fibra dietética total de la pulpa de café (*Coffea arabica*)” mencionan que en años recientes ha existido una demanda de productos ricos en fibra dietética con actividad metabólica para incluirlas en la alimentación humana. Una materia prima de interés en este sentido es la pulpa de café; subproducto del café de gran abundancia con poco uso en donde se genera.

La sostenibilidad de la industria agroalimentaria depende en gran medida del buen uso de sus subproductos. Para ello, es importante implementar prácticas sostenibles que se puedan incluir en la cadena de suministros, para así mejorar las condiciones de origen, reducir las emisiones, reciclar los materiales, desarrollar instalaciones ecológicas y/o diseñar nuevos productos a partir del aprovechamiento de estos subproductos (Iriondo et al, 2019).

La industria del café es responsable de la generación de cantidades importantes de subproductos (residuos) que ocasionan un peligro de contaminación si son dispuestos en el medio ambiente sin un previo tratamiento (Chanakya & De Alwis, 2004).

Estos subproductos son ricos en carbohidratos, proteínas, pectinas, compuestos bioactivos como polifenoles, entre otros (Murthy & Naidu, 2012).

La cascarilla de café (CC) es un endocarpio fibroso y fuerte que cubre ambos hemisferios de la semilla de café y los separa el uno del otro. Está formada por alfa-celulosa (40-49%) hemicelulosa (25-32%), lignina (33-35%) y cenizas (0,5-1%). La CC se retira luego de secar el grano, permitiendo que se recolecte y se use por separado de otros subproductos (Esquivel & Jiménez, 2012).

Existen dos procedimientos o vías para retirar la cascarilla de café seca y humedad. La vía seca en donde se separa la cascarilla de los granos de café verde junto con la piel y la pulpa, y el proceso por vía húmeda en donde la cascarilla se elimina después del secado y está queda aislada, permitiendo así recolectar ese subproducto (Benítez et al, 2019).

Por cada 60 kg de café que se produce, se generan alrededor de 11 kg de CC. Sin embargo, es poco estudiada a pesar de las propiedades funcionales que puede tener, dado que contiene compuestos fenólicos y cafeína (Mirón et al, 2019).

La harina de café tiene un sabor ligeramente afrutado, es una excelente fuente de fibra, proporciona 14% de potasio, 15% de hierro y 4% de calcio los cuales benefician su principal objetivo, la salud. Adicionalmente, la harina de café contiene todos los antioxidantes que pierde el café al tostarse, no tiene gluten y es baja en grasas (Brahan & Bressani, 2000).

Metodología

Recepción y Caracterización de Materia Prima

Se trabajó con cáscaras de café recibidas de la finca cafetera La Esperanza vereda Chorro Hondo, municipio de Barbosa, departamento de Antioquia. Estas se empacaron en bolsas de polietileno y se congelaron hasta su utilización. (ver figura 1).

Figura 1

(a) Recepción de materia prima, (b) Congelamiento de materia prima.



Lavado de las Cáscaras

El proceso de lavado de las cáscaras se realizó de acuerdo con la metodología descrita por Canteri-Schemin et al. (2005); las cáscaras fueron lavadas manualmente en agua caliente a una temperatura de 40 °C, por un tiempo de 30 minutos. (ver figura 2).

Figura 2

Lavado de cáscaras.

**Obtención del Extracto**

El procedimiento para la obtención del extracto se realizó de acuerdo con lo planteado por Tona et al, (1998), con modificaciones en cuanto al cambio de solvente. El extracto fue obtenido mediante 70% agua y 30% cáscaras, que fueron picadas en una licuadora industrial (Industrial Drink Machine Advance Rojo Vitamix). Luego este se quedó en reposo durante 3 días y finalmente fue escurrido en tamiz malla 35 para ser utilizado para la emulsión del secado (ver figura 3).

Figura 3

(a) *Proceso de obtención del extracto de cáscara de café, (b) extracto de cáscara de café obtenido.*

**Preparación de la Emulsión**

La emulsión se preparó con maltodextrina 65% - 70%, extracto de café 29% - 34%, anticompactante (1%), con cantidad fija de agua. La emulsión fue homogenizada mediante un agitador de aspas (agitador industrial serie VHD) (ver figura 4).

Figura 4

Preparación de emulsiones.

**Secado**

La emulsión fue secada de acuerdo con la metodología descrita por Velazco et al, (2014). La emulsión fue llevada a un equipo de secado por atomización (spray dryer Ref. DT-QI018), a una temperatura de entrada de 175 °C y una temperatura de salida de 90 °C, con un bombeo de 60 rpm. El polvo obtenido fue empacado en bolsas aluminizadas para sus posteriores análisis (ver figura 4).

Figura 5

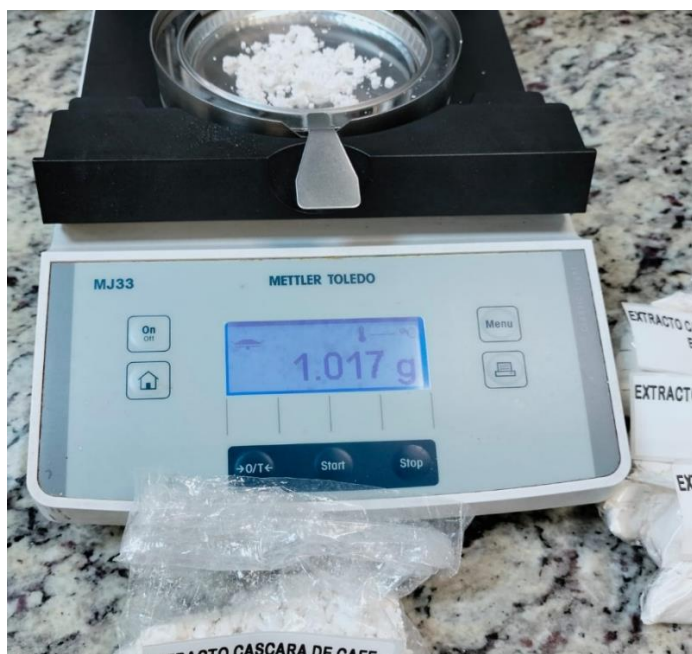
(a) secado de las emulsiones, (b) extractos en polvos obtenidos.



Caracterización Físicoquímica

Determinación de Contenido de Humedad

La determinación del contenido de humedad se realizó de acuerdo con Nollet (1996). Muestras de polvo obtenido fueron colocados en una termobalanza (HE73 - 71 gr. 0,01% m. Mettler Toledo) y se registró el valor del contenido de humedad. Cada prueba se realizó por triplicado (ver figura 6).

Figura 6*Determinación del contenido de humedad**Determinación de Ph*

El pH se determinó según el método descrito en el manual de Zaan para análisis del cacao (ADM Cocoa, 1999) con algunas modificaciones. Se disolvieron 5 g de polvo en 50 ml de agua destilada. La medida del pH se realizó directamente sobre la suspensión utilizando un pH Meter Mettler Toledo SevenEasy S20 por triplicado (ver figura 7).

Figura 7

Determinación de pH



Color

El color se determinó usando un colorímetro CR-10 PLUS Color Reader (Konica Minolta, Japón), que fue calibrado con una placa blanca estándar ($L^*=94,4$, $a^*=-1,7$, $b^*=5,1$). Se utilizó la escala CIELab para determinar los parámetros L^* , a^* , y b^* , donde L^* indica el grado de luminosidad (0 para negro y 100 para el blanco) y los parámetros a^* , (rojo - verde) y b^* , (amarillo - azul) que describen las coordenadas de cromaticidad. Los análisis se realizaron por triplicado, registrando 5 mediciones para cada polvo. El color del polvo será expresado como la diferencia de color (ΔE) de acuerdo con la ecuación (1). Donde ΔL^* , Δa^* y Δb^* son las diferencias entre los parámetros de color de las muestras de los extractos y el estándar del equipo, que se utiliza para el calibrado del mismo.

Figura 8

Ecuación de determinación de color

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

Solubilidad

La solubilidad se determinó de acuerdo con la metodología descrita por Colla et al., (2006). 10 gr de polvo fueron disueltos en 100 ml de agua destilada. Luego, se agitó lenta y periódicamente durante 24 h a temperatura ambiente. El contenido de masa seca de las muestras iniciales y finales se determinó mediante el secado de las muestras a 60 °C hasta peso constante. Las mediciones se realizaron por triplicado (ver figura 8).

Figura 9

Ecuación de solubilidad

$$\% \text{ solubilidad} = \frac{mi}{mf} \times 100$$

Mediante la ecuación (8) se calculó la solubilidad en agua; donde *mi* es el peso inicial del polvo y *mf* el peso final del polvo.

Figura 10*Determinación de solubilidad****Contenido de Fenoles.***

El contenido de fenoles se realizó de acuerdo con el método AOAC 2017.13

Se pesaron 100 mg de material de prueba y se transfirieron a un matraz volumétrico de 100 ml, posteriormente se agregaron alrededor de 75 ml de agua y se sometieron a ultrasonidos en un baño ultrasónico que contiene unos 3 cm de agua durante un máximo de 10 min hasta que los sólidos se diluyeron a volumen con agua y se mezclaron bien. Se pipetearon cuantitativamente 5,0 ml de esta solución en un Matraz volumétrico de 100 ml se diluyó el volumen con agua y se mezcló bien. El peso del material de prueba se ajustó en función del total contenido fenólico para lograr una absorbancia dentro del rango de la curva de calibración.

Se prepararon siete pruebas en tubos, cada uno con 15,00 ml de agua y 1 ml de Folin & Reactivo fenol de Cioalceu. En cada tubo de ensayo se agregaron 1,00 ml de solución de prueba de muestra, 1,00 ml solución estándar de calibración y 1,00 ml de agua (en blanco), se mezclaron bien el contenido de cada tubo de ensayo y se dejó reposar durante 6 min. Se agregaron 3,0 ml de

solución de carbonato de sodio a cada tubo y se mezclaron, posteriormente se colocaron los tubos de ensayo en el bloque calefactor durante 120 min. Por duplicado, se transfirieron 1 ml de cada reacción a una cubeta y se midió la absorbancia a 765 nm posteriormente el espectrofotómetro puesto a cero para lectura del blanco. La prueba se realizó por triplicado.

Contenido de Cafeína

El contenido de cafeína se determinó de acuerdo con la NTC ISO 20481. Para llevar a cabo la extracción de la cafeína a partir de las muestras de café se pesaron 0.5 g de cada una de las muestras. A continuación, se introdujo la muestra en un matraz Erlenmeyer al que se le añadieron 0.5 g de MgO y 20 ml de agua bidestilada, se agitó y se llevó a un baño de maría a 90°C con agitación suave durante 20 min. Transcurrido este tiempo, las muestras se centrifugaron y filtraron empleando un filtro de celulosa regenerada de 0.45 μm . Las muestras de café descafeinado se analizaron directamente en el sistema cromatográfico (sin diluir), mientras que la muestra de café convencional (sin descafeinar) se diluyó en relación 1:10.

Para la identificación de la cafeína en la muestra, se inyectaron en el equipo las disoluciones patrón preparadas, tal y como se ha descrito anteriormente. La identificación de este compuesto en la muestra se llevó a cabo comparando el tiempo de retención (t_R) correspondiente al pico observado en las disoluciones de los patrones con el t_R de los picos obtenidos en el cromatograma de las muestras. La cuantificación de la cafeína se realizó mediante el método del estándar externo. Para ello, se inyectaron en el equipo cromatográfico las disoluciones de cafeína a diferentes concentraciones. A partir de los cromatogramas registrados en el equipo se calcularon las áreas correspondientes para cada concentración. Con estos datos se construyó una recta de calibrado, representando el área de cada uno de los picos frente a su concentración en el patrón.

A partir de los cromatogramas de las muestras se obtuvo también el área del pico identificado como cafeína y empleando la ecuación de la recta de calibrado se calculó la concentración de este compuesto en la muestra del extracto de café.

Análisis Sensorial

Se realizó mediante una prueba de aceptabilidad en la que se usó la escala hedónica, la cual midió gusto o disgusto. Se evaluó sensorialmente y la escala fue la siguiente:

1-me disgusta mucho.

2-me disgusta.

3-ni me gusta, ni me disgusta

4-me gusta

5-me gusta mucho.

Los parámetros evaluados fueron: color, olor, sabor. Los extractos en polvos se evaluaron al 2 % en una base de agua azucarada al 5%. La evaluación se realizó mediante pruebas subjetivas con paneles de degustación que estaban integrados por catadores no calificados. Los catadores no calificados eran trabajadores de empresa DUAS RODAS Colombia, con un número de 20 trabajadores, a los cuales se les aplicó la prueba de degustación y la aceptabilidad (ver figura 9).

Figura 11

Panel de aceptación sensorial de los extractos en polvo obtenidos



Análisis Estadístico

Los experimentos se realizaron empleando un diseño experimental factorial con 2 factores experimentales (extracto y maltodextrina) y dos niveles con una repetición. (ver tabla 1). Las variables respuestas corresponden a las mediciones de los parámetros descritos anteriormente. Los datos obtenidos fueron analizados por ANOVA con un nivel de confianza del 95%, usando el software STATGRAPHICS CENTURIÓN XVII VERSIÓN 16.1.15

Tabla 1

Corridas experimentales del diseño experimental.

Corrida	Maltodextrina (%)	Extracto de café (%)
1	65	29
2	70	29
3	65	34
4	70	34
5	65	29
6	70	29
7	65	34
8	70	34

Resultados y Discusiones

Contenido de Humedad

La tabla 1 contiene los valores de humedad de los polvos obtenidos en las diferentes corridas experimentales. Según el ANOVA los polvos presentaron diferencia significativa en el valor de humedad, donde la maltodextrina tuvo un efecto estadístico negativo ($p < 0,05$), mientras que el extracto de café tuvo un efecto estadístico positivo ($p < 0,05$). Esto significa que a medida que la concentración de maltodextrina pasa del nivel bajo (65 %) al nivel alto (70%); la humedad de los polvos disminuye, en cambio cuando la concentración de extracto pasa del nivel bajo (29 %) al nivel alto (34 %), la humedad de los polvos aumenta, (ver figuras 10 y 11). El mayor y menor valor de humedad fue de $6,42 \pm 0,08$ % y $5,78 \pm 0,03$ %, alcanzado para los polvos obtenidos con la combinación de factores de la corrida 3 (65% Maltodextrina, 34% Extracto) y corrida 6 (70 % Maltodextrina, 29% Extracto), respectivamente (ver tabla 2).

Los porcentajes de humedad en esta investigación son inferiores a los reportados por Sevillano (2017) que reporto valores del 9%, pero son mayores al comparar con López (2015) para harina de cáscara de piña que obtuvo una humedad de 2,28 %. El contenido de humedad de las harinas debe ser tan bajo como sea posible por cuanto valores superiores propiciaron la proliferación de hongos en la harina (Machuca & Meyhuay, 2017).

Figura 12

Diagrama de Pareto estandarizado del efecto de los factores sobre la humedad de los polvos

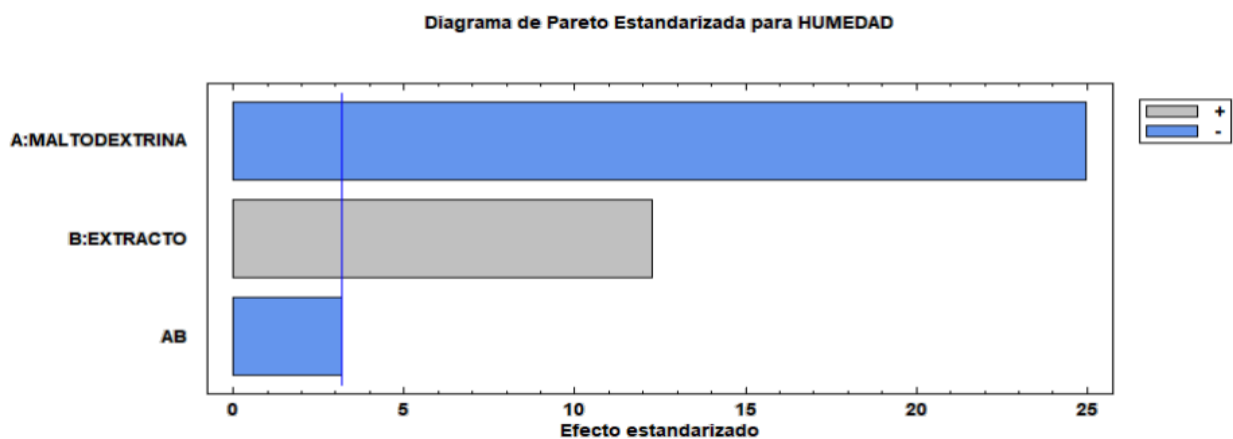


Figura 13

Superficie de respuesta estimada de los factores sobre la humedad de los polvos

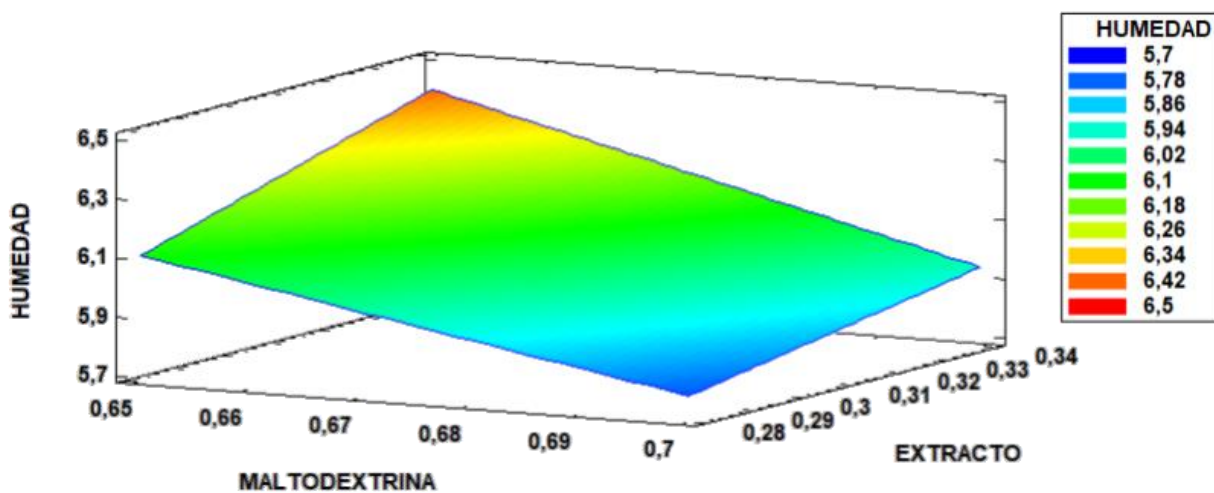


Tabla 2

Valores de humedad para las diferentes corridas

Corrida	Maltodextrina (%)	Extracto de café (%)	Humedad (%)
1	65	29	6,15 ± 0,05 ^c
2	70	29	5,81 ± 0,03 ^a
3	65	34	6,40 ± 0,02 ^d
4	70	34	5,97 ± 0,03 ^b
5	65	29	6,16 ± 0,01 ^c
6	70	29	5,78 ± 0,03 ^a
7	65	34	6,42 ± 0,08 ^d

8	70	34	$5,92 \pm 0,04^b$
---	----	----	-------------------

Media aritmética de tres repeticiones \pm error estándar

Letras iguales no muestran diferencias significativas

Letras diferentes indican diferencias significativas (LSD de Fisher $p < 0,05$)

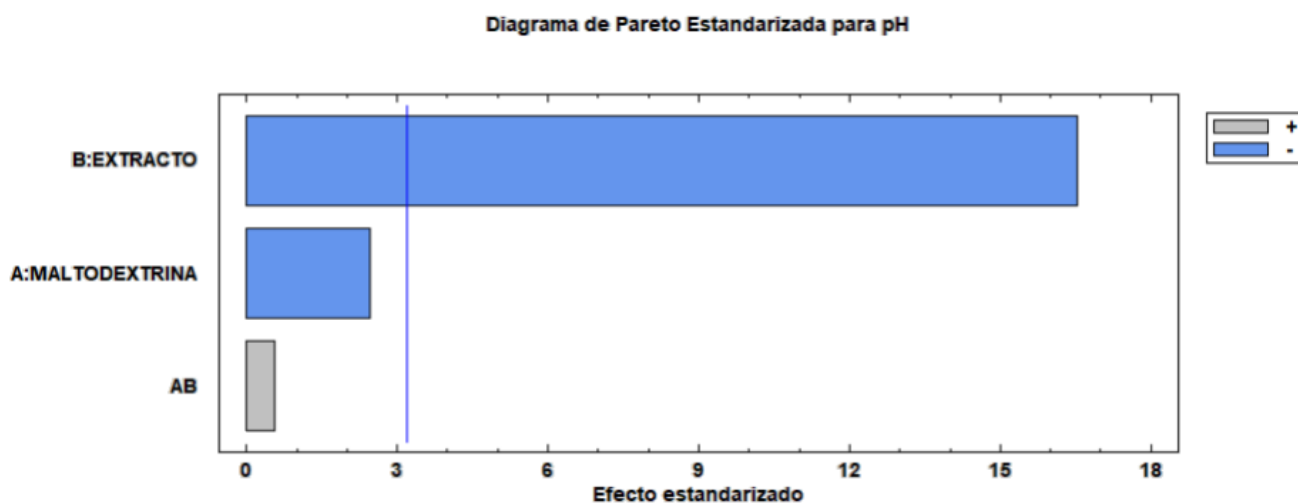
Ph

Los valores de pH se muestran en la tabla 2. De acuerdo con el análisis de varianza existe diferencia significativa en esta variable respuesta para los polvos obtenidos, donde el extracto de café tuvo un efecto estadístico negativo ($p < 0,05$). El efecto negativo del extracto, indica que un aumento de su concentración provoca una disminución en el pH de los polvos, (ver figuras 12 y 13). La corrida 5 con el nivel bajo (29 %) de extracto presentó el valor más alto de pH de $3,82 \pm 0,10$ mientras la corrida 8 con el nivel alto (34 %) de extracto presentó el valor más bajo de pH de $3,30 \pm 0,03$ (ver tabla 3).

Los valores de pH en esta investigación son menores a los reportados por Murillo et al, (2018), en polvos de cáscara de café con valores de 5.22 y 5.34. Al respecto Medina y Pagano (2003) señalan que el pH está determinado por la concentración de iones hidrógenos si el pH es bajo (menos de 7 hasta 1) significa que hay muchos protones libres. Por tanto, los resultados de esta investigación indican que existen menos protones en comparación con otros extractos de cáscaras de café.

Figura 14

Diagrama de Pareto estandarizado del efecto de los factores sobre el pH de los polvos

**Figura 15**

Superficie de respuesta estimada de los factores sobre el pH de los polvos

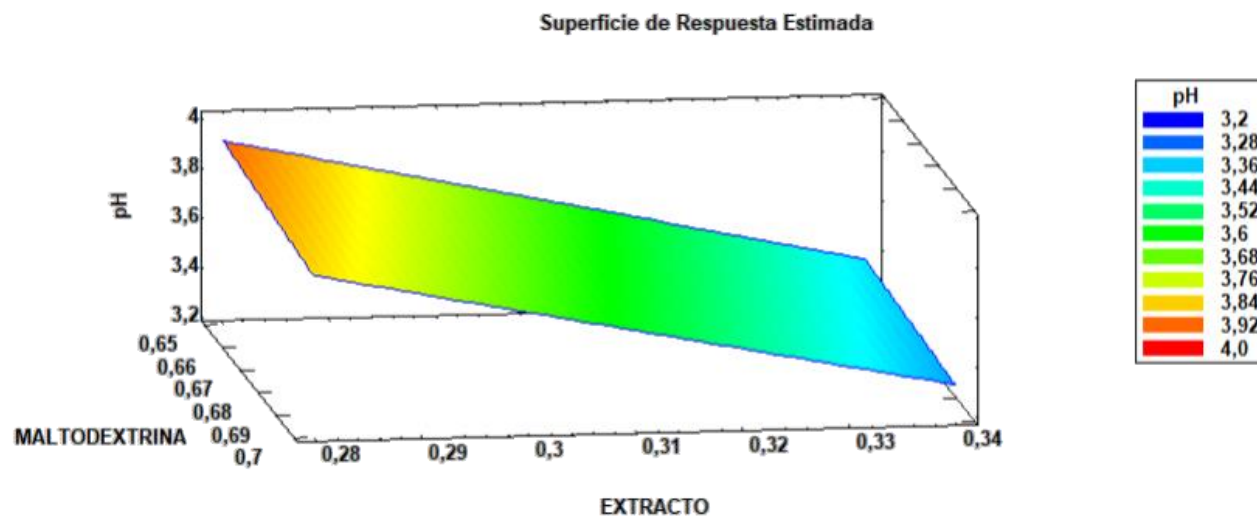


Tabla 3*Valores de pH para las diferentes corridas*

Corrida	Maltodextrina (%)	Extracto de café (%)	pH
1	65	29	3,80 ± 0,01 ^c
2	70	29	3,74 ± 0,01 ^c
3	65	34	3,45 ± 0,05 ^b
4	70	34	3,35 ± 0,05 ^a
5	65	29	3,82 ± 0,10 ^c
6	70	29	3,76 ± 0,01 ^c
7	65	34	3,35 ± 0,05 ^a
8	70	34	3,30 ± 0,03 ^a

Media aritmética de tres repeticiones ± error estándar

Letras iguales no muestran diferencias significativas

Letras diferentes indican diferencias significativas (LSD de Fisher $p < 0,05$)

Color

Los valores de las coordenadas L*, a*, b* y el diferencial total de color (ΔE) de los polvos se presentan en la tabla 3. El valor L* indica la luminosidad del polvo; cuando este valor disminuye, significa que el polvo ha sido coloreado. Este parámetro presentó diferencia significativa para las diferentes corridas. De acuerdo con el ANOVA, la maltodextrina mostró un efecto estadísticamente positivo ($p < 0,05$), es decir, al pasar del nivel bajo al nivel alto de maltodextrina, se produce un aumento del valor de L*. Mientras el extracto mostró un efecto estadísticamente negativo ($p < 0,05$), es decir, al aumentar la concentración de este factor disminuía la luminosidad del polvo (ver figuras 14 y 15).

La coordenada a* (rojo-verde), aunque presentó diferencias significativas entre las diferentes concentraciones, de acuerdo con el ANOVA ninguno de los factores evaluados presentó un efecto estadísticamente significativo en esta coordenada (ver figuras 16 y 17).

La coordenada b* (amarillo-azul), presentó diferencias significativas entre las diferentes concentraciones. De acuerdo con el ANOVA, el extracto presentó un efecto estadísticamente

positivo ($p < 0,05$), es decir, al incrementar los niveles de este factor se aumentaban los valores b^* , mientras que la maltodextrina presentó un efecto estadísticamente negativo ($p < 0,05$), es decir, al incrementar los niveles de este factor disminuían los valores b^* (ver figuras 18 y 19).

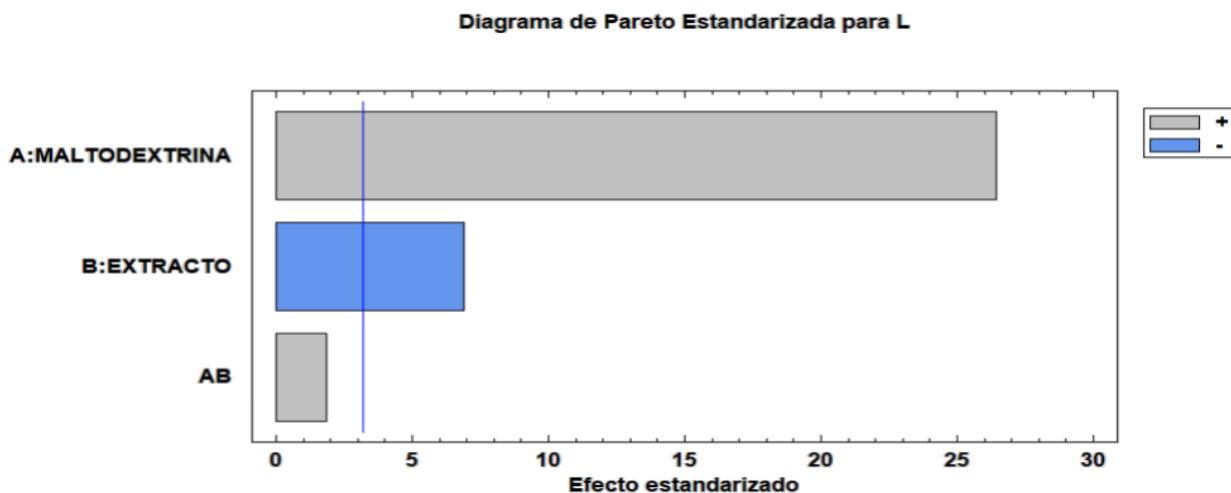
El diferencial total de color (ΔE) que engloba las coordenadas anteriormente mencionadas presentó diferencias significativas entre las diferentes corridas. El extracto mostró un efecto estadísticamente positivo en el color ($p < 0,05$), es decir, el extracto aumenta el color de los polvos, mientras que la maltodextrina mostró un efecto estadísticamente negativo en el color ($p < 0,05$), es decir la maltodextrina disminuye el color de los polvos (ver figuras 20, 21, y 22). La corrida 3 con 65% de maltodextrina y con un 34 % de extracto presentó el valor más alto de color de $21,40 \pm 0,59$, mientras la corrida 6 con 70 % de maltodextrina y con un 29 % de extracto presentó el valor más bajo de color de $7,34 \pm 0,29$ (ver tabla 4).

Los valores de L^* reportados en esta investigación son mayores a los reportados por Alkarkhi et al., (2010), en las harinas de pulpa de café ($L^* = 68.62$ y 56.08). En cuanto a los valores de a^* son menores a los reportados por Murillo et al, (2018) en polvos de cáscara de café con valores de $a^* = 2.02$.

Los valores de b^* son similares a los reportado por Alkarkhi et al., (2010), y Türker et al., (2016), ($b^* = 22,49$) en harina de cáscara de plátano variedad Cavendish; esto se explica, al oxidarse las clorofilas durante el secado se hacen visibles los carotenos y las antocianinas, que son pigmentos naturales de la cáscara del plátano; como reportan Pazmiño, et al., (2001). Similar comportamiento se observa en el extracto de cáscara de café dada la carga de compuesto fenólicos.

Figura 16

Diagrama de Pareto estandarizado del efecto de los factores sobre la luminosidad (L^*) de los polvos

**Figura 17**

Superficie de respuesta estimada de los factores sobre la luminosidad (L^*) de los polvos

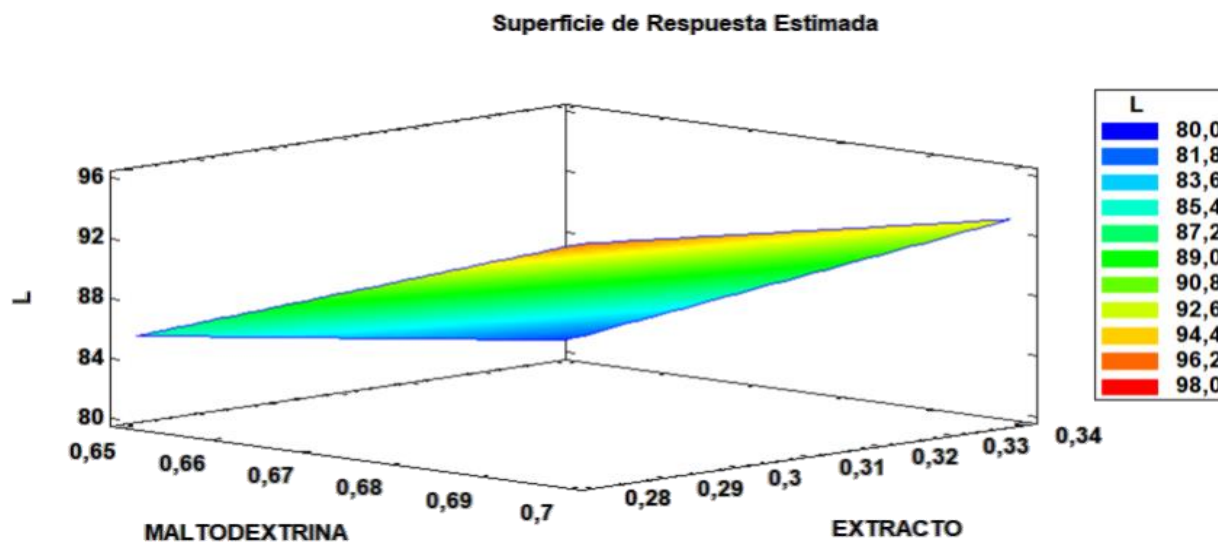
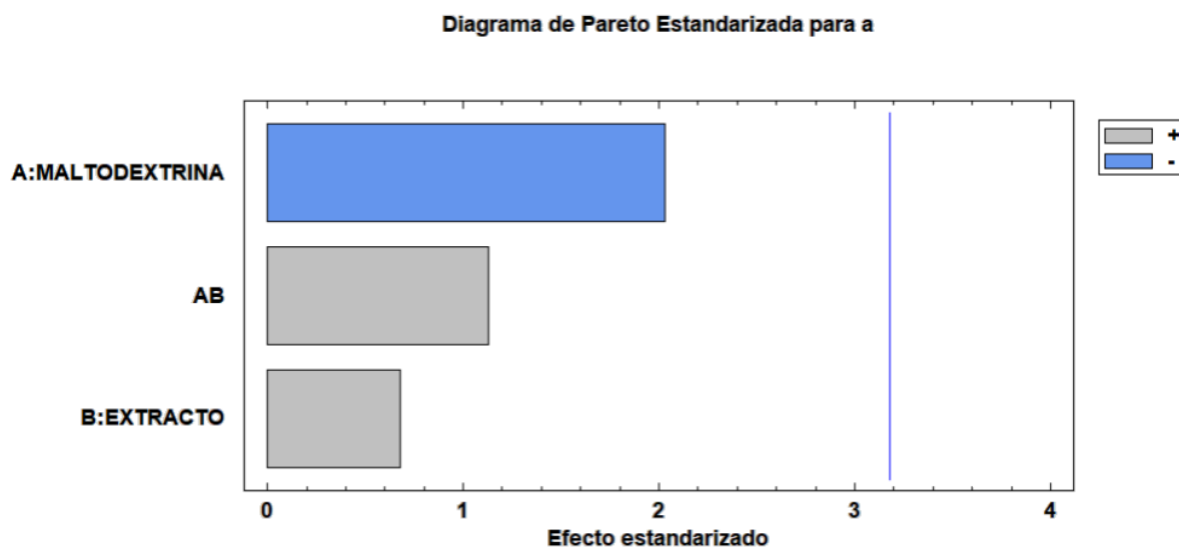


Figura 18

Diagrama de Pareto estandarizado del efecto de los factores sobre la coordenada cromática a^* (rojo-verde) de los polvos

**Figura 19**

Superficie de respuesta estimada de los factores sobre la coordenada cromática a^* (rojo-verde) de los polvos

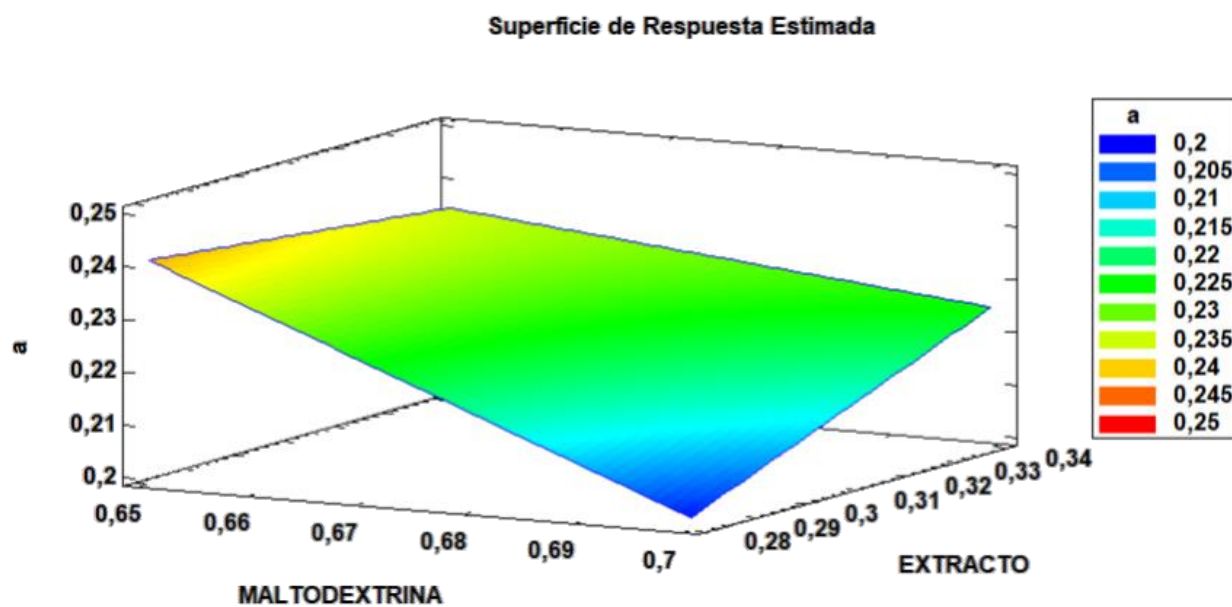
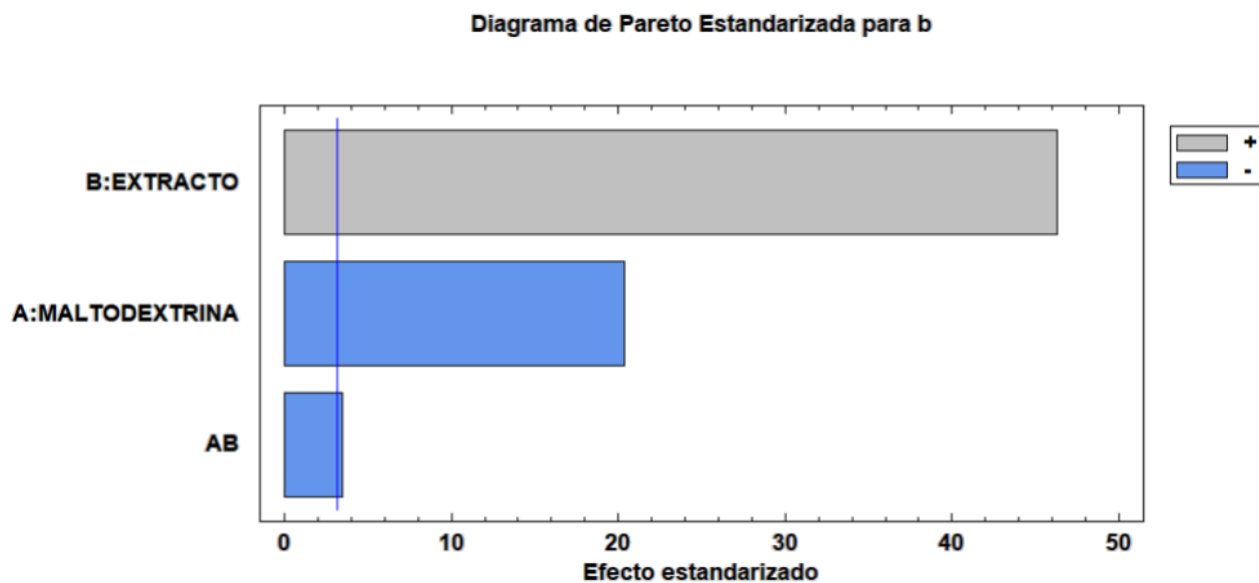


Figura 20

Diagrama de Pareto estandarizado del efecto de los factores sobre la coordenada cromática b^* (rojo-verde) de los polvos

**Figura 21**

Superficie de respuesta estimada de los factores sobre la coordenada cromática b^* (rojo-verde) de los polvos

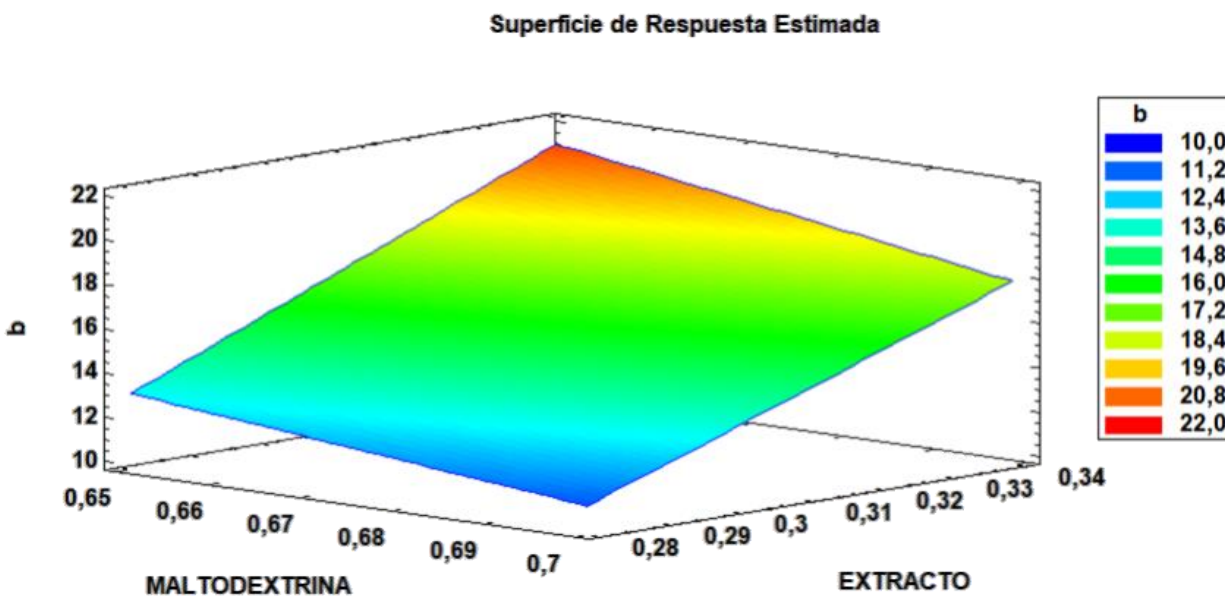
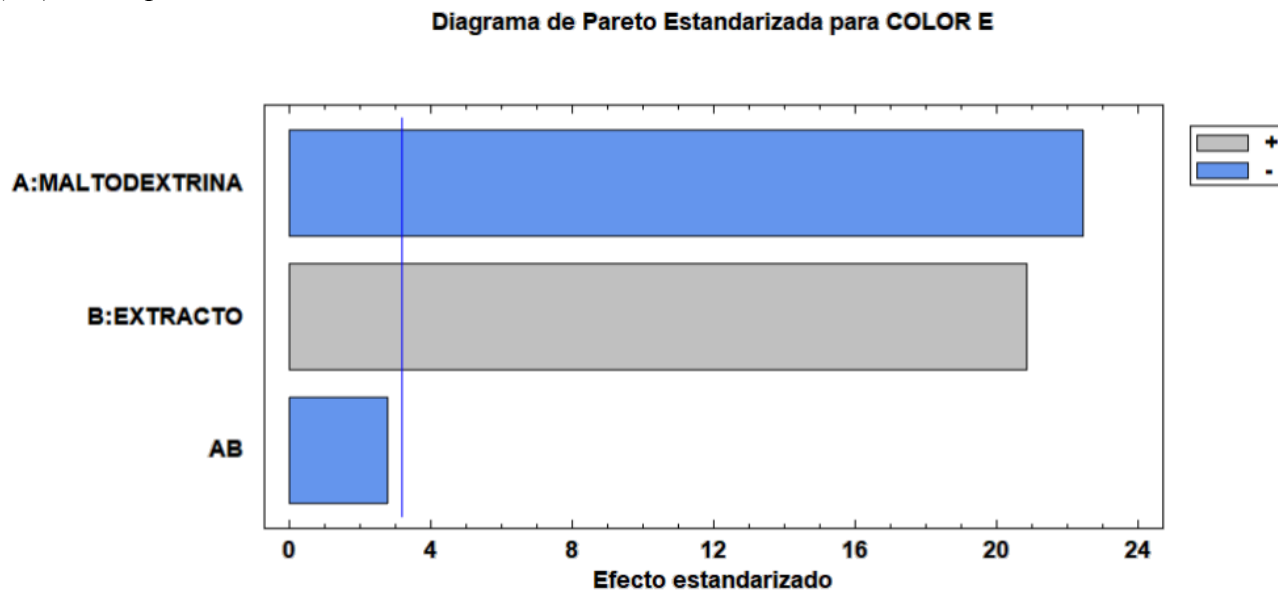


Figura 22

Diagrama de Pareto estandarizado del efecto de los factores sobre el diferencial total de color (ΔE) de los polvos

**Figura 23**

Superficie de respuesta estimada de los factores sobre el diferencial total de color (ΔE) de los polvos

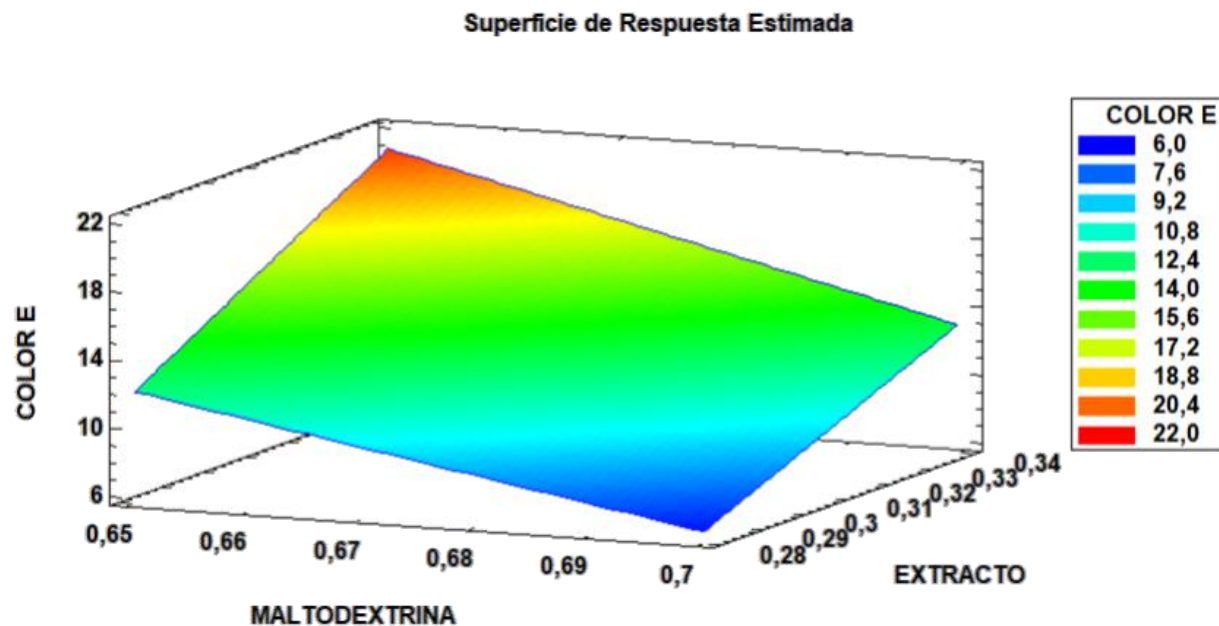
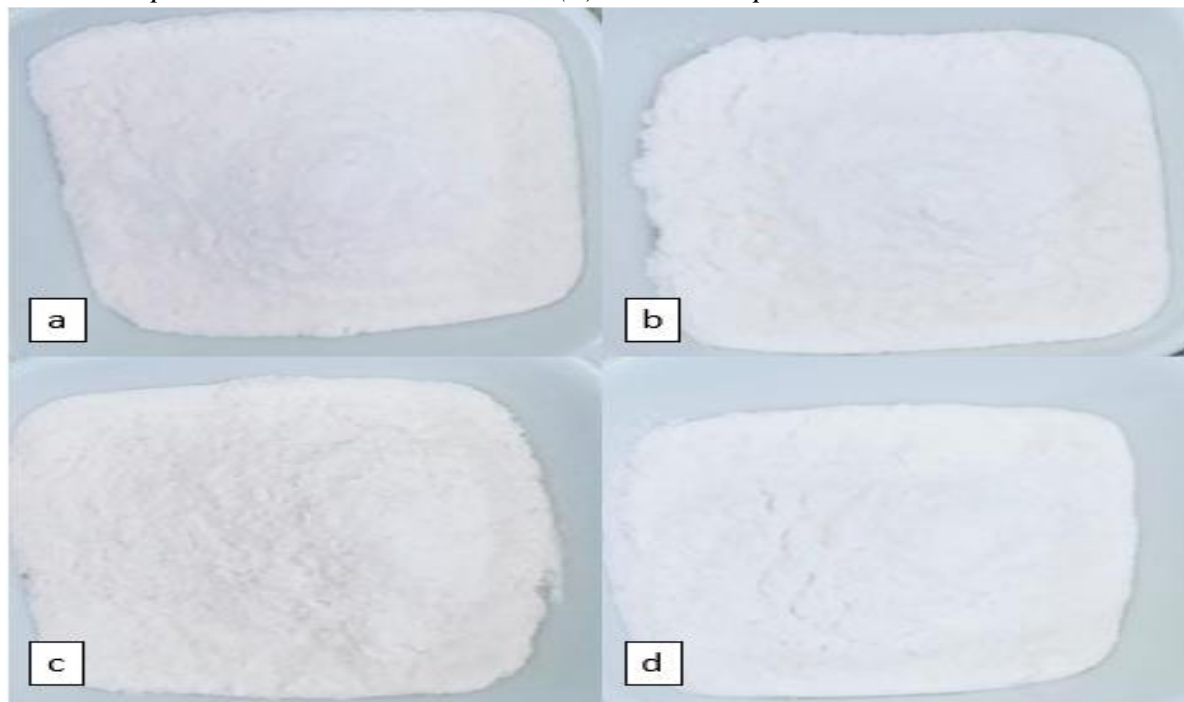


Figura 24

a) extracto en polvo obtenido de la corrida 1, (b) extracto en polvo obtenido de la corrida 2, (c) extracto en polvo obtenido de la corrida 3, (d) extracto en polvo obtenido de la corrida 4

**Tabla 4**

Valores de los diferentes parámetros de color para las diferentes corridas

Corrida	Maltodextrina (%)	Extracto de café (%)	ΔE	L^*	a^*	b^*
1	65	29	$14,01 \pm 1,05^c$	$84,20 \pm 1,06^b$	$0,25 \pm 0,02^{de}$	$14,50 \pm 0,50^b$
2	70	29	$7,38 \pm 0,42^a$	$95,59 \pm 0,53^d$	$0,21 \pm 0,02^{ab}$	$12,11 \pm 0,40^a$
3	65	34	$21,40 \pm 0,59^d$	$80,50 \pm 0,62^a$	$0,22 \pm 0,01^{abc}$	$21,25 \pm 0,28^d$
4	70	34	$12,85 \pm 0,60^b$	$93,06 \pm 0,31^c$	$0,23 \pm 0,01^{cd}$	$17,73 \pm 0,64^c$
5	65	29	$13,09 \pm 0,55^{bc}$	$85,33 \pm 0,58^b$	$0,23 \pm 0,01^{cd}$	$14,33 \pm 0,42^b$
6	70	29	$7,34 \pm 0,29^a$	$94,93 \pm 0,89^d$	$0,20 \pm 0,01^a$	$12,13 \pm 0,32^a$
7	65	34	$20,58 \pm 0,28^d$	$81,57 \pm 0,51^a$	$0,25 \pm 0,01^e$	$21,07 \pm 0,31^d$
8	70	34	$13,24 \pm 0,36^{bc}$	$93,17 \pm 0,47^c$	$0,22 \pm 0,01^{bc}$	$18,13 \pm 0,35^c$

Media aritmética de tres repeticiones \pm error estándar

Letras iguales no muestran diferencias significativas

Letras diferentes indican diferencias significativas (LSD de Fisher $p < 0,05$)

Solubilidad

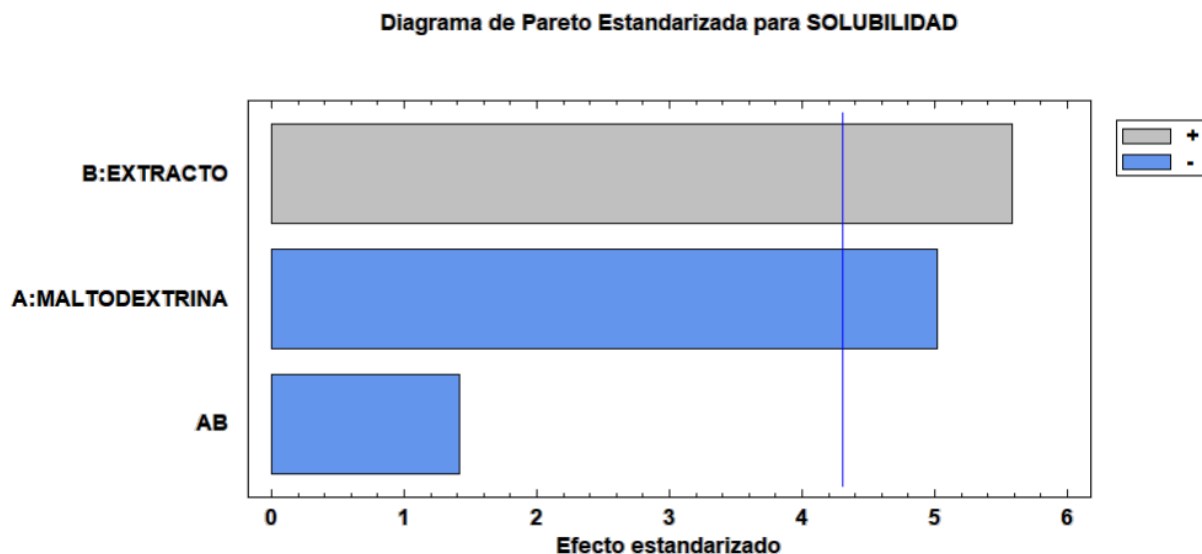
La solubilidad de los polvos presentó diferencias significativas entre las diferentes concentraciones (ver tabla 4). Los valores altos indican una menor resistencia al agua. El extracto presentó un efecto estadísticamente positivo sobre esta variable respuesta ($p < 0,05$). El aumento de este factor incrementó la solubilidad en agua, mientras que la maltodextrina presentó un efecto estadísticamente negativo sobre esta variable respuesta ($p < 0,05$), el aumento de este factor disminuía la solubilidad en agua (ver figuras 23 y 24) es así como la corrida 7 con los niveles de maltodextrina (65 %) y extracto (34 %), presentó el porcentaje solubilidad más alto con un $94,50 \pm 0,50$ %, mientras que la corrida 6 con los niveles de maltodextrina (70 %) y extracto (29 %), presentó el porcentaje de solubilidad más bajo con un $84,30 \pm 0,70$ % (ver tabla 5).

El aumento de la solubilidad puede verse reflejada con el aumento del factor extracto dado, que el procedimiento de obtención del extracto de cáscara definido en la presente investigación comprende una etapa de extracción con agua, que se caracteriza porque dicha etapa puede tener lugar en condiciones de una extracción con agua subcrítica (Del castillo et al, 2011).

Aunque la maltodextrina tuvo influencia en la disminución de la solubilidad, juega un papel clave en la actividad de agua. En estudios anteriores se ha reportado que, a mayor porcentaje de maltodextrina, mayor es la higroscopicidad (Vimala et al, 2018). En cambio, Chuaychan y Benjakul (2016), mencionaron que las propiedades higroscópicas de la maltodextrina se deben a los grupos aminos y carboxilos que le permiten interactuar y pueden atrapar humedad del ambiente.

Figura 25

Diagrama de Pareto estandarizado del efecto de los factores sobre la solubilidad en agua de los polvos

**Figura 26**

Superficie de respuesta estimada de los factores sobre la solubilidad en agua de los polvos

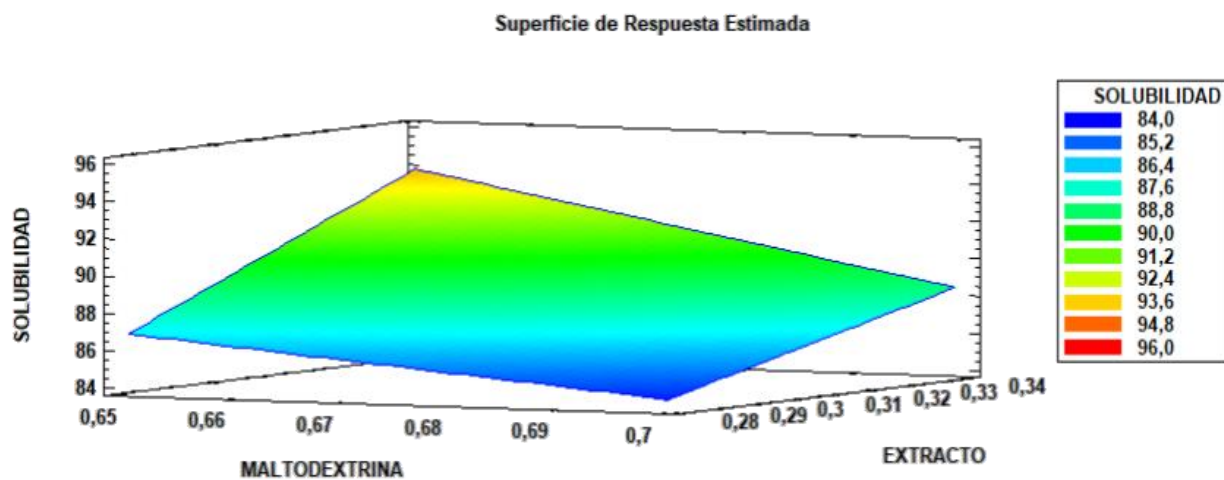


Tabla 5
Valores de solubilidad para las diferentes corridas.

Corrida	Maltodextrina (%)	Extracto de café (%)	Solubilidad (%)
1	65	29	87,87 ± 0,78 ^b
2	70	29	85,80 ± 0,92 ^a
3	65	34	93,17 ± 0,85 ^c
4	70	34	88,47 ± 0,57 ^b
5	65	29	88,20 ± 0,75 ^b
6	70	29	84,30 ± 0,70 ^a
7	65	34	94,50 ± 0,50 ^c
8	70	34	88,27 ± 1,10 ^b

Media aritmética de tres repeticiones ± error estándar

Letras iguales no muestran diferencias significativas

Letras diferentes indican diferencias significativas (LSD de Fisher $p < 0,05$)

Contenido de Fenoles

El contenido de fenoles de los polvos obtenidos presentó diferencias significativas entre las diferentes concentraciones (ver tabla 5). El extracto de café presentó un efecto estadísticamente positivo sobre esta variable respuesta ($p < 0,05$). El aumento de este factor aumentó el contenido de fenoles (ver figura 25 y 26). Es así como la corrida 7 con los niveles de maltodextrina (65%) y extracto (34%), presentó el contenido de fenoles más alto con un $165,07 \pm 0,54$ mg Eq GAE/100ml. Mientras que la interacción lineal del factor extracto con la maltodextrina presentó un efecto estadísticamente negativo sobre esta variable respuesta ($p < 0,05$), el aumento de esta interacción provocó una disminución del contenido de fenoles (ver figuras 25 y 26), es así como la corrida 1 con los niveles de maltodextrina (65 %) y extracto (29 %), presentó el contenido de fenoles más bajo con un $159,59 \pm 1,00$ mg Eq GAE/100 ml (ver tabla 6).

Los valores de contenido de fenoles en esta investigación son mayores a los reportados por Pacheco et al, (2018) en extractos ricos en compuestos fenólicos presentando los contenidos

siguientes: Villa Oriente con $99,19 \pm 2,90$ mg/g de extracto, Munaipata Café con la variedad típica con $67,18 \pm 3,84$ mg/g de extracto y WCS con $65,22 \pm 3,54$ mg/g de extracto.

Teniendo en cuenta lo anterior, se puede manifestar que los resultados encontrados tras la experimentación coinciden con lo encontrado en la literatura para la cáscara de café lista para preparar infusiones y/o bebidas aromáticas, pues mediante técnicas similares de cuantificación o determinación, se ha encontrado que la cáscara de café está constituida principalmente por xantinas y flavonoides, con un contenido mayor de la primera especie química en comparación con la segunda (Munguía et al, 2018), por tanto vale la pena señalar que los granos de café poseen un contenido mucho mayor de flavonoides y xantinas en comparación con la cáscara o pulpa de este (Gomes et al, 2019).

Figura 27

Diagrama de Pareto estandarizado del efecto de los factores sobre el contenido de fenoles de los polvos

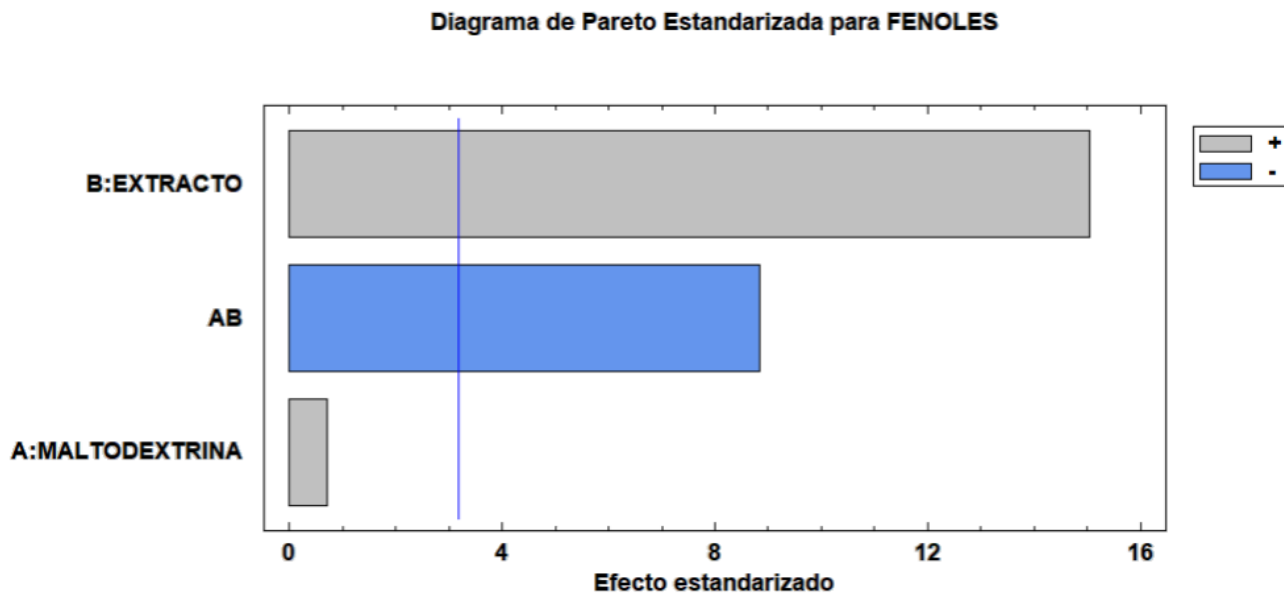


Figura 28

Superficie de respuesta estimada de los factores sobre el contenido de fenoles de los polvos

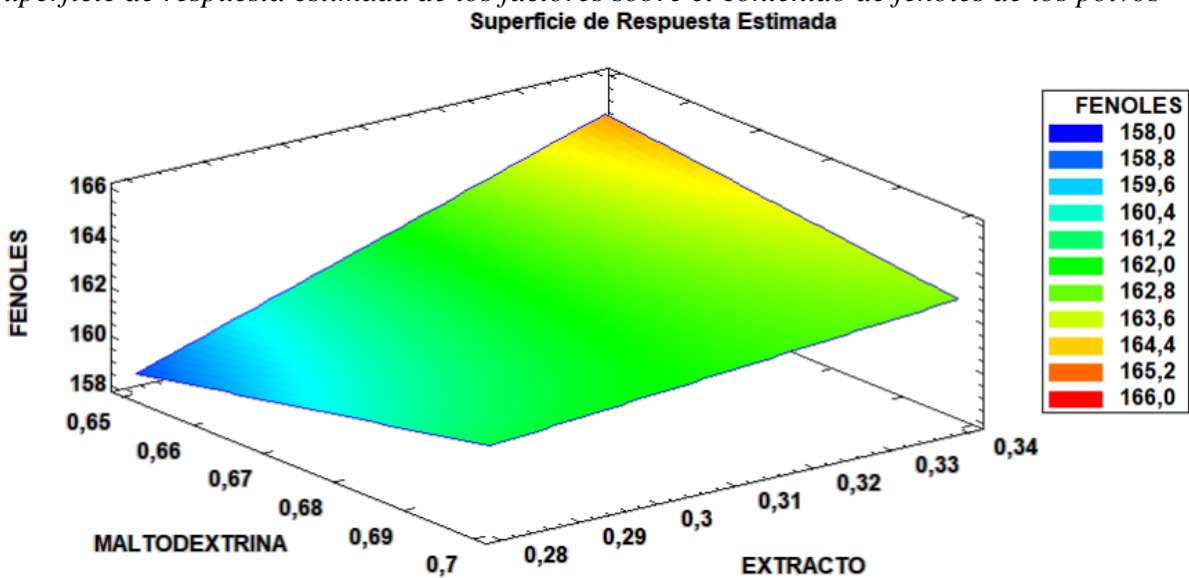


Tabla 6

Valores de contenido de fenoles para las diferentes corridas experimentales.

Corrida	Maltodextrina (%)	Extracto de café (%)	Fenoles (mg Eq GAE/100 ml)
1	65	29	159,59 ^a ± 1,00
2	70	29	161,15 ^{ab} ± 0,52
3	65	34	164,40 ^{de} ± 0,67
4	70	34	162,82 ^c ± 1,01
5	65	29	159,59 ^a ± 1,71
6	70	29	162,15 ^{bc} ± 0,54
7	65	34	165,07 ^e ± 0,54
8	70	34	163,15 ^{cd} ± 0,66

Media aritmética de tres repeticiones ± error estándar

Letras iguales no muestran diferencias significativas

Letras diferentes indican diferencias significativas (LSD de Fisher $p < 0,05$)

Contenido de Cafeína

El contenido de cafeína de los polvos obtenidos presentó diferencias significativas entre las diferentes concentraciones (ver tabla 7). El extracto de café presentó un efecto estadísticamente positivo sobre esta variable respuesta ($p < 0,05$). El aumento de este factor aumentó el contenido de cafeína (ver figuras 27 y 28), por tanto, como la corrida 7 con los niveles de maltodextrina (65 %) y extracto (34%), presentó el contenido de cafeína más alto con un $40,86 \pm 0,32$ mg/100ml. Mientras que la interacción lineal del factor extracto con la maltodextrina presentó un efecto estadísticamente negativo sobre esta variable respuesta ($p < 0,05$). El aumento de esta interacción provoca una disminución del contenido de cafeína (ver figuras 27 y 28), es así como la corrida 5 con los niveles de maltodextrina (65 %) y extracto (29 %), presentó el contenido de cafeína más bajo con un $37,88 \pm 0,79$ mg/100ml (ver tabla 7).

Los valores de cafeína reportados en esta investigación son inferiores a los reportados por Pacheco et al, (2018) que reporta un buen rendimiento de cafeína con $51,94 \pm 1,41$ mg/g extracto. Sin embargo, el extracto tiene un rendimiento bajo en cafeína que resulta interesante, ya

que este subproducto no es utilizado y se generan toneladas en el beneficiado del café, que podrían ser utilizadas para la obtención de extractos ricos que luego sirvan para bebidas o jarabes estimulantes anti-somnolencia (Qual, 1998); siendo el contenido en cafeína bajo en comparación a los valores normales reportados para bebidas aromáticas preparadas a partir de las hojas del té negras (32.8 mg/g de cafeína) y verdes (36.6 mg/g de cafeína) y té Formosa Oolong (23.8 mg/g de cafeína), los cuales a su vez tienen un contenido de 1.65 mg/g, 0 mg/g y 0.65 mg/g de teobromina respectivamente (Hicks & Bell, 1996). Lo anterior, se constituye como elemento clave de valorización del producto pues su bajo contenido en xantinas hace que poblaciones sensibles a estos componentes puedan acceder al consumo de una bebida con propiedades antioxidantes sin preocupaciones.

Figura 29

Diagrama de Pareto estandarizado del efecto de los factores sobre el contenido de cafeína de los polvos

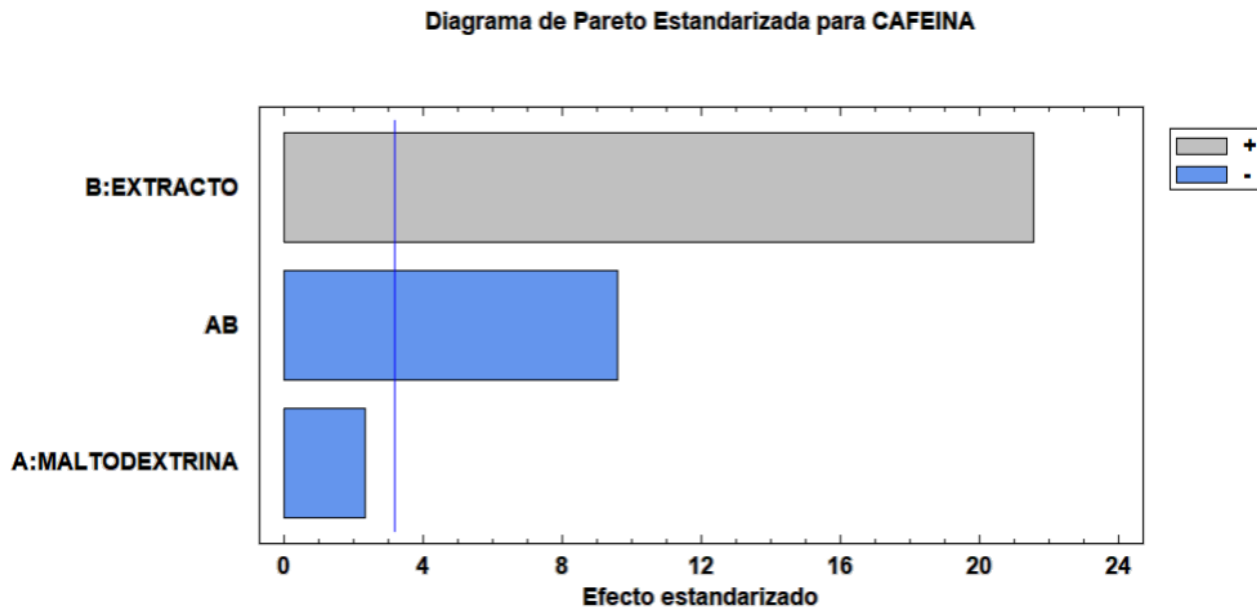


Figura 30

Superficie de respuesta estimada de los factores sobre el contenido de cafeína de los polvos

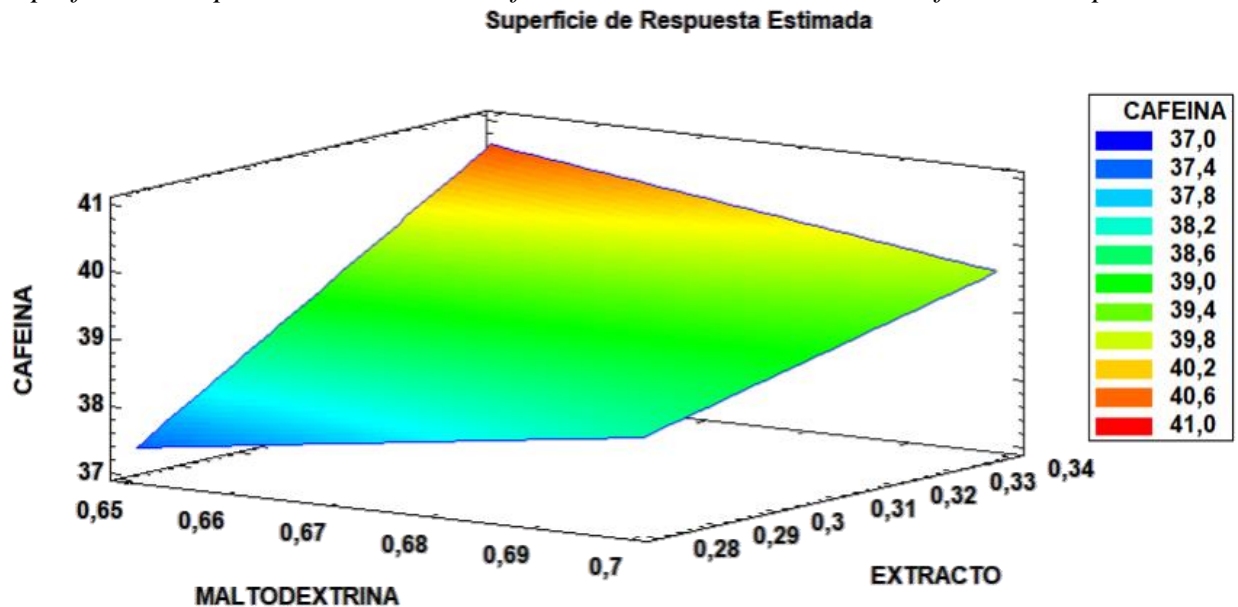


Tabla 7*Valores de contenido de cafeína para las diferentes corridas experimentales.*

Corrida	Maltodextrina (%)	Extracto de café (%)	Cafeína (mg/100 ml)
1	65	29	37,97 ^a ± 0,95
2	70	29	38,56 ^{ab} ± 0,50
3	65	34	40,53 ^{de} ± 0,55
4	70	34	39,60 ^{bcd} ± 0,53
5	65	29	37,88 ^a ± 0,79
6	70	29	38,58 ^{abc} ± 0,66
7	65	34	40,86 ^e ± 0,32
8	70	34	39,67 ^{cd} ± 0,58

Media aritmética de tres repeticiones ± error estándar

Letras iguales no muestran diferencias significativas

Letras diferentes indican diferencias significativas (LSD de Fisher $p < 0,05$)

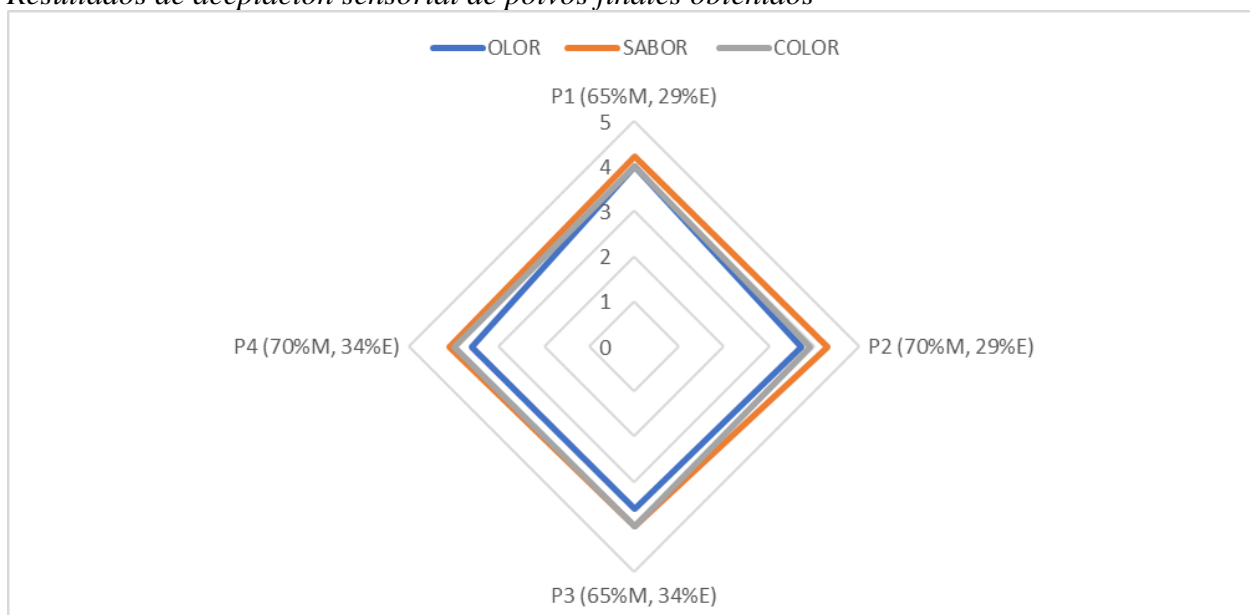
Análisis Sensorial

En el análisis sensorial se determinó que los atributos sensoriales evaluados (olor, color y sabor) no presentaron una significancia $>0,05$, indicando así que los catadores no pudieron identificar diferencias entre los tratamientos en cuanto a los atributos antes mencionados, teniendo un nivel alto de aceptabilidad (ver figura 29).

El extracto en polvo fue aceptable en todos sus tratamientos en cuanto al análisis sensorial se refiere, predominando el atributo “me gusta”. En la figura 29 se evidencia el resultado del análisis sensorial, en el cual se puede observar que el sabor presentó valores más altos con relación al olor y al color, pero no se puede distinguir una diferencia considerable entre los tratamientos, debido a que todos los tratamientos presentaron valores similares, aproximándose a 5, considerando este como el valor más alto en la aceptabilidad del extracto de café.

Figura 31

Resultados de aceptación sensorial de polvos finales obtenidos



Conclusiones

En la obtención de un preparado a base de cáscara de café, la concentración de extracto provoca cambios en las características fisicoquímicas y en el contenido de compuestos fenólicos de los productos finales. En general, los polvos finales obtenidos presentan buena solubilidad en agua lo que puede representar una amplia variedad de aplicaciones. Así mismo, los polvos presentaron valores bajos de humedad que puede significar la no proliferación de hongos, alargando el tiempo de vida útil.

Los valores de pH son menores a los reportados en bibliografía; esto puede ser óptimo para la elaboración de bebidas, así mismos las coordenadas de color no presentaron diferencias en cuanto a las tonalidades de los polvos finales dado que solo el aumento del extracto provocó un leve aumento de color amarillo en los productos finales.

En cuanto a aceptación sensorial no hubo preferencia clara en cuanto a sabor, color u olor de un tratamiento en específico; sin embargo, en todos los tratamientos predominó la opción “me gusta”, lo que significa que este puede tener una muy buena aceptación en bebidas.

Los diferentes tratamientos presentaron valores altos en contenido de fenoles y bajos en contenido de cafeína, por tanto indican que la cáscara de café tiene potencial alto para ser aprovechada en la industria alimentaria en la preparación de bebidas funcionales, dado que se constituye como una fuente natural de agentes antioxidantes involucrados en la disminución y prevención de enfermedades, especialmente por el contenido de constituyentes fenólicos derivados de la cáscara del café.

En general, a mayor concentración de extracto de café y menos concentración de maltodextrina se obtienen los mejores resultados esperados (menos contenido de humedad, mayor solubilidad, mayor contenido de fenoles y cafeína).

Recomendaciones

En futuras investigaciones es recomendable realizar estudios de las variedades de cáscara de café, cuyos residuos de las cafeteras artesanales se desechan, puesto que estos tienen potencial nutricional para ser utilizados en otras áreas productivas del sector alimentario así como ayuda a reducir la contaminación en el medio ambiente, así mismo evaluar el contenido de minerales en las cáscaras empleadas para los estudios, también realizar un análisis microbiológicos de estas y desde el punto de vista económico es recomendable realizar los correspondientes balances de masa y energía para una propuesta de escalamiento industrial y así poder determinar los costos variables del proceso.

Referencias Bibliográficas

- AOAC 2017.13-2017. Total Phenolic Content in Extracts.
- AOAC 990.12. Aerobic Plate Count in Foods (Petrifilm™ Method).
- AOAC Official Method 997.02. Yeast and Mold Counts in Foods.
- AOAC 991.14: Placa Petrifilm Recuento de E. coli y coliformes en alimentos.
- Alkarkhi, A. F. M., Ramli, S. B., Yong, Y. S., & Easa Azhar Mat. (2010). Physicochemical properties of banana peel flour as influenced by variety and stage of ripeness: multivariate statistical analysis. *As. J. Food Ag-Ind.* 3(03), 349-362.
- Alvarez, J. Hugh, N. Cuba, M. Loza, M. (2011). Evaluación de un sistema de tratamiento de aguas residuales del prebeneficiado de café (*Coffea Arábica L*) implementado en la comunidad Carmen Pampa provincia de Nor Yungas del Departamento de la Paz.,» *Journal of the Selva Andina Research Society*, vol. 2, nº 1, pp. 34-42.
- Aaron, P. Chadburn, H. Moat, J. O'Sullivan, R. Hargreaves, S. Eimear, N. (2019). High extinction risk for wild coffee species and implications for coffee sector sustainability, *cience Advances*, vol. 5, nº 1, pp. 1- 10.
- Arulrajah, Arul, et al. (2018). Spent coffee grounds as a non-structural embankment fill material: engineering and environmental considerations. *Journal of Cleaner Production*, [en línea]. 2014, 72 pp. 181-186. ISSN 0959-6526 Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614002315>
- Benítez V, Rebollo-Hernanz M, Hernanz S, Chantres S, Aguilera Y, Martin-Cabrejas MA. (2019). Coffee parchment as a new dietary fiber ingredient: Functional and physiological characterization. *Food Res Int*; 122:105–13.
- Brahan, J. & Bressani, R. (2000). Pulpa de café composición, tecnología y utilización. *Escala*

- Bravo, Jimena, et al. (2020). Influence of extraction process on antioxidant capacity of spent coffee. En: FOOD RESEARCH INTERNATIONAL. April. vol. 50, no. 2, p. 610-616
- Canteri-Schemin, M. H., Fertoni, H. C. R., Waszczynski, N., & Wosiacki, G. (2005). Extraction of pectin from apple pomace. Brazilian archives of biology and technology, 48, 259-266.
- Chanakya HN, De Alwis AAP. (2004). Environmental Issues and Management in Primary Coffee Processing. Process Saf Environ Prot; 82:291–300.
- Chuaychan S, Benjakul S. (2016). Effect of maltodextrin on characteristics and antioxidative activity of spray-dried powder of gelatin and gelatin hydrolysate from scales of spotted golden goatfish. Journal Food Science Technol. 53(9):3583–3592. Eng. doi:10.1007/s13197-016-2340-7
- Chen, X. D., & Mujumdar, A. (2008). Drying technologies in food processing. Reino Unido: Blackwell Publisher.
- Cocoa, A. D. M. (1999). The De Zaan Cocoa Products Manual: an ADM Publication on Cocoa Liquor. Cocoa Butter, Cocoa Powder, Koog and De Zaan, Netherlands: ADM Cocoa
- Colla, G., Roupahel, Y., Cardarelli, M., & Rea, E. (2006). Effect of salinity on yield, fruit quality, leaf gas exchange, and mineral composition of grafted watermelon plants. HortScience, 41(3), 622-627.
- Cortez Meza, S., Ortiz, A., Ramírez, L. (2014). Determination of Antioxidant in Coffee Products Produced and Marketed in Risaralda (Colombia), universidad Tecnológica del Pereira, Pereira.

- D. Martínez-Carrera, A. Aguilar, W. Martínez, M. Bonilla, M. Sobal y P. Morales. (2008). Commercial Production and Marketing of Edible Mushrooms Cultivated on Coffee Pulp in Mexico, de *Coffee Biotechnology and Quality*, Dordrecht, Springer, pp. 471-488.
- Del Castillo M, Ibáñez M, Amigo M, Herrero M, Plaza M, Ullate M. (2012). Aplicación de productos de la cascarilla del café en cosmética antienvjecimiento y alimentación funcional. Application PCT/ES2012/070490 events.
- Iriondo-DeHond, A. (2018). Applications of Compounds from Coffee Processing By-Products, *Biomolecules*, vol. 10, nº 9, pp. 12-19.
- De Prada, G. (2011). Desarrollo de la tecnología de obtención de harina de amaranto de dos variedades (INIAP ALEGRIA y SANGORACHE) para panificación (Tesis). Universidad Técnica de Ambato. Ambato. Ecuador.
- E. Novita. (2016). Biodegradability Simulation of Coffee Wastewater Using Instant Coffee, *Agricultural Science Procedia*, vol. 9, nº 1, pp. 29-217.
- Esquivel P, Jiménez VM. (2012). Functional properties of coffee and coffee by-products. *Food Res Int.* 2012; 46:488–95.
- Fajardo, C. S. y Criollo M. P. (2010). Valor nutritivo y funcional de la harina de amaranto (*amaranthus hybridus*) en la preparación de galletas (Tesis de grado). Universidad de Cuenca. Ecuador.
- Feasibility of ethanol production from coffee husks, *Biotechnology Letters*, vol. 31, nº 1, pp. 1315-1319, 24 09 2009.
- Fernández, A. S., et al. (2018). Impacts of discarded coffee waste on human and environmental health. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, [en línea]. 2017, 141 pp. 30-36. ISSN 0147-6513.

- Flórez, A., Cornejo, M., Murcia, Z. (2008). Propuesta para el aprovechamiento de los subproductos del beneficiado del café como una alternativa para la diversificación de la actividad cafetalera y aporte de valor a la cadena productiva. Universidad del Salvador, El Salvador.
- Gomes, J. Borges, M. Silva, C. Dos Santos, M. Correia S. Barbosa de Lima, S. Da Silva, L. (2019). Total phenolic content and primary antioxidant capacity of aqueous extracts of coffee husk: chemical evaluation and beverage development, *Food Science and Technology*, vol. 39, n° 1, pp. 348-353.
- Hicks, M B y Bell, L, N. (1996). La preparación del té y su influencia en la concentración de metilxantina. *Food Research International*, vol. 29, n° 3, pp. 325-330.
- Iriondo-DeHond A, Aparicio N, Fernandez, B. Guisantes, E. Velázquez, F. (2019). Validation of coffee by-products as novel food ingredients. *Innov Food Sci Emerg Technol*; 51:194–204.
- ISO 6579-1:2017/A1:(2021). Microbiología de la cadena alimentaria.
- Joachin, G. V. y Bressani, R. (2008). Concentración, caracterización funcional y utilización en pan francés de la fibra dietética total de la pulpa de café (*Coffea arabica*). *Rev. 19*. Universidad del Valle de Guatemala. Guatemala.
- López, A. T., Reyes, V. M., Rodríguez, H. R y Aguilar, G. C. (2011). La pulpa de café, un residuo fuente de antioxidantes polifenólicos. *Revista Cienciacierta*. N° 25. Universidad autónoma de Coahuila. Recuperado de <http://www.posgradoeinvestigacion.uadec.mx/CienciaCierta/CC25/1pulpa.html>

- López, J. (2015). Obtención de harina de cáscara de piña (*Ananas comosus*) con diferentes tiempo y temperaturas de secado para elaborar galletas. Obtenido de Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Machuca, M., & Meyhuay, F. (2017). Evaluación nutricional de galletas dulces con sustitución parcial por harina de arroz (*Oryza sativa*) y harina de lenteja (*Lens culinaris*). Obtenido de Universidad de Nacional del Centro de Perú Facultad de Ciencias Aplicadas, Tarma-Perú
- Medina B. M. y Pagano G. F. (2003). Caracterización de la pulpa de gayaba (*Psidium guajava* L.) tipo “criolla roja”. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 20. Universidad Central de Venezuela. Venezuela
- Mirón, V. Yáñez, J. Montañez, B. Barragán, B. (2019). Valorization of coffee parchment waste (*Coffea arabica*) as a source of caffeine and phenolic compounds in antifungal gellan gum films. *LWT - Food Sci Technol*; 101:167–74.
- M. A. López Plazas. (2019). Cáscara de café remueve metales pesados en rellenos sanitarios, Universidad Nacional - Periódico Digital En línea. Available: <https://unperiodico.unal.edu.co/pages/detail/cascarade-cafe-remueve-metales-pesados-en-rellenossanitarios/>. [Último acceso: 21 04 2021].
- Márquez, L. (2014). Caficultura sostenible, moderna y competitiva. Federación Nacional de Cafeteros, Ensayos sobre economía Cafetera, vol. 1, pp. 1-30.
- Murillo S, Otálora A, Torrez W, Rodríguez J, Buendía H. (2018). Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pulpa de café (*coffea arabica*) en el color, textura y contenido de minerales en galletas dulces. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. La Merced – Chanchamayo – Perú

- Munguía G, M. E. Ortega Cerrilla, P. Zetina Córdoba, A. Díaz Cruz, M. Soto Hernández y J. Herrera Haro. (2018). Chemical composition and antioxidant capacity of coffee Pulp. *Animal Science and Veterinary*, vol. 42, n° 3, pp. 307-313.
- Noriega, S. A., Silva, A. R. y García, de S. M. (2009). Composición química de la pulpa de café a diferentes tiempos de ensilaje para su uso potencial en la alimentación animal. *Rev. Zootecnia tropical*, 27(2), 135-141.
- Noriega, S. A., Silva, A. R. y García, de S. M. (2008). Revisión: Utilización de la pulpa de café en la alimentación animal.,» *Zootecnia Tropical*, vol. 4, n° 26, pp. 411-419, 25 10.
- Norma técnica NTC-ISO colombiana 20481. determinación del contenido de cafeína usando cromatografía líquida de alto desempeño (hplc).
- Murthy, P. Naidu, M. (2012). Sustainable management of coffee industry by-products and value addition. *Rev. Vol*; 66:45–58.
- O'Mahony M, Rousseau B. (2002). Discrimination testing: A few ideas, old and new. *Food Qual. Pref.* 14: 157-164.
- Pacheco T, Torrez S, Almanza G. (2018). Cuantificación de compuestos bioactivos en cáscara de *Coffea Arábica* en Bolivia. *Rev. Bol. Quim* vol.35 no.5 La Paz.
- Pazmiño, E. A., Giusti, M. M., Wrolstad, R. E., & Gloria, B. A. (2001). Anthocyanins from banana bracts (*Musa x paradisiaca*) as potential foods colorants. *Food Chemistry* 73(3), 327 - 332.
- Qual, G. (1998). Calidad en taza de las variedades de *Coffea Arábica L.* Cultivadas en Colombia, *Cenicafé*, vol. 49, pp. 78-265.

- Rathinavelu R. y Graziosi G. (2005). Posibles usos alternativos de los residuos y subproductos del café. ICS – UNIDO. Organización Internacional del café. Universidad de Trieste. Italia.
- Restrepo, L y Villa Deossa, G. (2020). Estrategias para el aprovechamiento de la pulpa de café en las fincas cafeteras del municipio de andes, Antioquia. Instituto Tecnológico de Antioquia, Medellín.
- Rodríguez, V. N. (2013). Producción de alcohol a partir de la pulpa de café. Revista Cenicafe 64(2), 78-93.
- Rodríguez, N y Franco, D. (2010). Los subproductos del café: Fuente de energía renovable.,» Avances técnicos, vol. 1, n° 393, pp. 120-178.
- Sevillano J. (2021). Sustitución parcial de la harina de trigo por harina de cáscara de café en la elaboración de galletas. Universidad Politécnica Estatal del Carchi. Facultad de ciencias agropecuarias y ambientales. Tulcán, Ecuador.
- Tona L., Kambu K., Ngimbi N., Cimanga K., Vlietinck A.J. (1998). Antiamoebic and phytochemical screening of some Congolese medicinal plants, Journal of Ethnopharmacology, 61, 57-65.
- Türker, B., Savlak, N., Berkel, K. M. (2016). Effect of green banana peel flour substitution on physical characteristics of gluten-free cakes. Rev. Vol;4(2), 197-204.
- Valenzuela, M. (2010). Desarrollo y evaluación física, química y sensorial de un jarabe de sacarosa con pulpa de café saborizado (*Coffea arabica*). Proyecto especial de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Honduras.

- Vardon, Derek R., et al. (2019). Complete Utilization of Spent Coffee Grounds To Produce Biodiesel, Bio-Oil, and Biochar. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, [en línea]. 2013, 1(10), pp. 1286-1294. ISSN 2168- 0485 Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/sc400145>
- Velasco J, Villaflor G, Flores J, Bisonard E. (2014). Operación y simulación de un secador spray para la producción de pentaborato de sodio. Universidad la salta.
- Vimala S, Moses A, Anandharamakrishnan C. (2018). Nano and Microencapsulation Using Food Grade Polymers. [place unknown]: Springer International Publishing.
- Zoca, S., Penn, C., Rosolem, C., Alves, A. (2014). Coffee processing residues as a soil potassium amendment, *Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, vol. 4, nº 3, pp. 155-165.