UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

APROVECHAMIENTO DE DOS SUBPRODUCTOS AGROINDUSTRIALES EN EL DESARROLLO DE UN *SNACK* RICO EN FIBRA DIETARIA

Mabel Martínez Rodríguez

Universidad Nacional de Colombia
Facultad de Ciencias Agrarias
Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos
Bogotá D.C., Colombia
2021

Aprovechamiento de dos subproductos agroindustriales en el desarrollo de un *snack* rico en fibra dietaria

Mabel Martínez Rodríguez

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Directora:

PhD. Andrea del Pilar Sánchez Camargo

Codirector (a):

PhD. Fabián Parada Alfonso

Línea de Investigación:

Diseño y desarrollo de alimentos

Grupo de Investigación:

Grupo de Investigación en Química de alimentos - GiQA (COL0004549)

Departamento de Química-Facultad de Ciencias

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agrarias

Bogotá D.C., Colombia

2021

A mi hijo Gael,
por ser el motor principal en mi vida y
la luz que ilumina mis días.

A Alejandro por su amor,
apoyo y motivación para continuar
con mis sueños.

A mis padres y hermanos por su
cariño, palabras de aliento y apoyo
incondicional

Agradecimientos

A Dios por darme sabiduría y fortaleza en esta etapa de mi vida.

A mi directora Andrea del Pilar Sánchez Camargo y codirector Fabián Parada Alfonso, por su orientación, enseñanzas, paciencia y apoyo incondicional a lo largo de estos años. Gracias por mostrarme lo bello de la investigación y la importancia del papel de la mujer en la ciencia.

Al Grupo de Investigación en Química de Alimentos – GiQA y cada uno de sus miembros por su sabiduría, compañerismo y permitirme conocer otros puntos de vista en torno a los alimentos.

A los profesores Carlos Fuenmayor, Carlos Zuluaga y el Ingeniero Jorge Sandoval, por sus consejos y asesorías en el desarrollo de este trabajo.

Al Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, sus aulas, laboratorios y plantas, por ser el lugar donde se materializó este sueño, donde crecí como mujer, persona, profesional y madre.

A la Universidad Nacional de Colombia por ser el segundo hogar de mi familia y formar una Química Farmacéutica, un Fisioterapeuta, un Ingeniero Electrónico y una Nutricionista ahora Magister.

Resumen

El uso de tecnologías de extracción sub- y supercríticas como estrategia de valorización de residuos agroindustriales, logra la obtención de extractos bioactivos y macronutrientes de interés para la industria alimentaria y/o farmacéutica. Sin embargo, las biomasas agotadas de estos procesos aún contienen un valor nutricional importante, lo que hace que sean potencialmente usadas como ingredientes alimentarios. El objetivo de esta investigación fue el desarrollo de un *snack* tipo galleta rico en fibra dietaria, usando como ingredientes principales subproductos del procesamiento del café (*C. arábiga*) y del mango (*M. indica*) *var*. Azúcar. Inicialmente, se caracterizaron muestras de cascarilla de café – CC, película plateada de café – PP y epicarpio de mango – EM, provenientes de industrias de procesamiento a nivel local. Los resultados mostraron un perfil nutricional superior en la PP respecto a CC con un aporte de cenizas (5,2 %), grasa (5,4 %), proteína bruta (13,8 %) y fibra dietaria soluble (11,6 %). A su vez, el EM presentó un aporte importante de cenizas (4,2 %), proteína bruta (6,3 %) y fibra dietaria total (35,6 %). Posteriormente, se sometió a la PP a una extracción con etanol presurizado (10,0 MPa) y el EM a extracción con CO_2 supercrítico (25,9 MPa, 60°C), obteniendo fibras residuales de PP (MP1) y de EM (MP2). Se elaboraron formulaciones de galleta con dos niveles de sustitución de harina de trigo de (15 y 30 %) por cada ingrediente aportante de fibra dietaria (PP, EM, MP1, MP2 y sus posibles mezclas 0, 25, 50, 75, 100 %). Finalmente, la inclusión de PP, EM, MP1, MP2 presentó diferencias significativas ($p<0,000$) en la textura (dureza y fracturabilidad) y el color instrumental (CIELab) frente al control. La formulación con 30 % de incorporación de MP2, obtuvo una aceptación del 84 % de los consumidores. Además, aporta 4,2 g de fibra dietaria, lo que representa el 15 % de cubrimiento del valor de referencia, considerándose como un “alimento buena fuente de fibra”. Los resultados obtenidos permiten proponer el uso del epicarpio de mango *var.* Azúcar y la película plateada de café, importantes subproductos agroindustriales, como ingredientes en el desarrollo de un *snack* tipo galleta rico en fibra dietaria, como una forma factible de valorizar estos residuos agroindustriales.

Palabras clave: Fibra dietaria, subproductos de café, película plateada de café, epicarpio de mango, subproductos de mango, fluidos supercríticos, líquidos presurizados, *snack* tipo galleta.

Abstract

Use of two agroindustrial products in the elaboration of a snack rich in dietary fiber

The use of sub- and supercritical technologies as a revalorization strategy of agro-industrial waste, obtains bioactive extracts and macronutrients of importance for the food and pharmaceutical industry. However, the biomass depleted from those processes, still contain an important nutritional value, which makes them potentially used as food ingredients. This research work aimed to develop a cookie-type *snack* rich in dietary fiber, using as ingredients by-products of coffee (*C. arabiga*) and mango processing (*M. indica*) Sugar *var*. First, samples of coffee husk (CC), coffee silverskin (PP) and -mango epicarp (EM) provided by local processing industries were characterized. Results showed that PP had a more relevant nutritional profile than CC with a contribution of ash (5.2 %), fat (5.4 %), crude protein (13.8 %) and soluble dietary fiber (11.6 %). Furthermore, the EM presented a significant contribution of ash (4.2 %), crude protein (6.3 %) and total dietary fiber (35.6 %). Next, PP was subjected to pressurized liquids extraction using ethanol, while EM to extraction with supercritical carbon dioxide, obtaining residual biomasses from PP (MP1) and EM (MP2). cookies formulations were carried out with different levels of wheat flour substitution (15 and 30 %) for the contributing ingredient of dietary fiber (PP, EM, MP1, MP2 and their different proportions 0, 25, 50, 75, 100 %). Finally, the inclusion of PP, EM, MP1, MP2 showed significant differences ($p < 0.000$) on texture and instrumental color, when compared to the control. The assay with inclusion of 30 % of PM2, obtained an 84 % of consumers acceptance. It also provides 4.2 g of dietary fiber, which represents 15 % coverage of the reference value, considering “good fiber source”. The set of results obtained allows us to propose the use of the mango epicarp Sugar var. and the silverskin of coffee -important agro-industrial by-products- as ingredient in the developing a cookie-type *snack* rich in dietary fiber, as a feasible way to valorize these agro-industrial waste.

Keywords: Dietary fiber, coffee by-products, coffee silverskin, mango epicarp, mango by-products, supercritical fluids, pressurized liquids, cookie-type *snack*

Contenido

Pág.

1. Introducción ... 1

2. Marco Conceptual ... 3

2.1 Desechos y residuos agroindustriales ... 3

2.1.1 Proceso y subproductos del beneficio del café. ... 5

2.1.1.1 Proceso del beneficio del café ... 6

2.1.1.2 Subproductos de la industria del Café ... 8

2.1.2 Beneficio y subproductos de mango de azúcar ... 10

2.2 Uso de tecnologías sub- y supercríticas como estrategia de valorización de residuos agroindustriales ... 13

2.2.1 Extracción con fluidos supercríticos ... 13

2.2.2 Extracción con líquidos presurizados ... 14

2.3 Fibra dietaria ... 15

2.3.1 Rol nutricional y de salud ... 17

2.3.2 Recomendación nutricional de fibra en Colombia ... 17

2.3.3 Fibra dietaria e industria alimentaria ... 18

2.4 Productos alimenticios *snack* tipo galleta ... 21

3. Objetivos ... 23

3.1 Objetivo General ... 23

3.2 Objetivos específicos ... 23

4. Materiales y Métodos ... 24

4.1 Materiales ... 25

4.1.1 Biomasas de estudio ... 25

4.1.1.1 Pre-tratamiento de las biomasas ... 25

4.1.2 Materias primas para la elaboración del *snack* 25
4.1.2.1 Biomasas tratadas por fluidos presurizados..... 25
4.1.2.2 Ingredientes adicionales 27
4.2 Métodos..... 27
4.2.1 Caracterización de biomasas de estudio 27
4.2.2 Propiedades tecnológicas de MP1 y MP2 27
4.2.3 Caracterización nutricional, instrumental y sensorial del *snack* tipo galleta ... 29

5. Resultados y discusión 37
5.1.1 Caracterización de biomasas de estudio 37
5.1.2 Propiedades tecnológicas de MP1 y MP2 41
5.1.3 Caracterización nutricional, instrumental y sensorial del *snack* tipo galleta ... 43

6. Conclusiones y recomendaciones 59
6.1 Conclusiones..... 59
6.2 Recomendaciones 61

7. Bibliografía 63

8. Anexos 72

Lista de figuras

Pág.

Figura 2-1 Planta, cereza y residuos del procesamiento de café. Modificado de Marulanda y col (19) 6
Figura 2-2 Partes del mango. (32) 10
Figura 2-3 Diagrama de fases sólido/líquido/gas/fluido supercrítico 13
Figura 5-1 Biomasas en estudio. **a)** Cascarilla de café – CC, **b)** Película plateada de café – PP, **c)** Epicarpio de Mango – EM 37
Figura 5-2 a) Biomasas de Película plateada de café tratada con líquidos presurizados y de **b)** Epicarpio de Mango tratado con CO_2 supercrítico. 41
Figura 5-3. Formulaciones elaboradas de *snack* tipo galleta sin y con adición de subproductos de café y de mango. 44

Lista de tablas

Pág.

Tabla 2-1: Residuos del beneficio por vía húmeda e industrialización de 1 kg de cereza de café (13). 9
Tabla 2-2 Propiedades fisicoquímicas de la fibra dietaria 16
Tabla 2-3 Recomendaciones de ingesta de fibra total para la población colombiana. 18
Tabla 4-1 Formulación del *snack* tipo galleta control y con diferentes niveles de sustitución de harina por biomasas de café y mango. 31
Tabla 5-1 Análisis proximal de las biomasas de estudio. 38
Tabla 5-2 Propiedades funcionales y tecnológicas de MP1 y MP2 41
Tabla 5-3 Aporte de fibra dietaria total de PP, EM, MP1, MP2 42
Tabla 5-4 Resultados textura de las formulaciones de *snack* tipo galleta. 46
Tabla 5-5 Datos de color para las formulaciones de *snack* tipo galleta horneada. 49
Tabla 5-6 Aporte teórico de fibra por porción de las formulaciones tipo galleta 52
Tabla 5-7 Aceptabilidad sensorial de las formulaciones de *snack* tipo galleta. 53
Tabla 5-8 Aporte nutricional de macronutrientes del *snack* tipo galleta con inclusión de 30 % de MP2. 55
Tabla 5-9 Valor de referencia y porcentaje de cubrimiento *snack* tipo galleta F12 56

Lista de abreviaturas

Abreviaturas

Abreviatura	Término
AI	Ingesta Adecuada
AOAC	Official Methods of Analysis
CC	Cascarilla de Café
CH	Capacidad de hinchamiento
CRA	Capacidad de retención de agua
CRAC	Capacidad de retención de aceite
DBO	Demanda bioquímica de oxígeno
DQO	Demanda química de oxígeno
EFS	Extracción con fluidos supercríticos
ELP	Extraction con líquidos presurizados
EM	Epicarpio de Mango
ENSIN	Encuesta Nacional de la Situación Nutricional
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FDI	Fibra dietaria insoluble
FDS	Fibra dietaria Soluble
FDT	Fibra dietaria Total
FLI	Índice de perdida de alimentos
FOS	Fructooligosacáridos
FSC	Fluido supercrítico
GRAS	Generally Recognized as Save
LDL	Lipoproteínas de baja densidad
MP1	Película plateada sometida a extracción con líquidos presurizados
MP2	Epicarpio de mango sometido a extracción con fluidos supercríticos
MSPS	Ministerio de Salud y Protección Social
NAS	The National Academy of Sciences
PP	Película Plateada de café

1. Introducción

Recientemente las tendencias del consumo de alimentos a nivel mundial han cambiado. En la actualidad el consumidor prefiere y elige alimentos con connotación más saludable y de mejor calidad nutricional de los encontrados en el mercado, ligado a una alimentación saludable, prevención y/o reducción de factores de riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles.

Las exigencias e intereses de los consumidores han llevado tanto a que la industria desarrolle productos más saludables y con las mismas características organolépticas de los tradicionales como a los avances tecnológicos y a la investigación de compuestos bioactivos y su inclusión en matrices alimentarias (1)

La investigación del aprovechamiento de subproductos agroindustriales ha mostrado interés en la comunidad científica, como una forma de reducir las pérdidas y desperdicios de alimentos; lo que facilita la disminución de costos, aumento de la eficiencia del sistema agroalimentario, contribución a un medio ambiente más sustentable y la mejora de la seguridad alimentaria y nutricional (2).

La extracción con fluidos supercríticos - EFS y líquidos presurizados – ELP hace parte de las nuevas técnicas de extracción y presenta ventajas como el menor tiempo de extracción y el uso de disolventes orgánicos, mejorando el rendimiento de extracción y la calidad del extracto; la EFS y ELP presentan algunas aplicaciones en la agroindustria alimentaria como el fraccionamiento, extracción de aceites y grasas, de alcaloides, aromas, especias, y antioxidantes naturales, etc. (3). Para el aprovechamiento de subproductos de la agroindustria alimentaria, se ha utilizado esta técnica verde, obteniéndose compuestos bioactivos de interés con posibles aplicaciones en la industria alimentaria y/o farmacéutica, y fibras residuales como ingrediente potencial en la elaboración de nuevos productos (4).

Los *snack*s, definidos como alimentos de rápido consumo que pueden ser ingeridos entre los principales tiempos de comida, son uno de los grupos de alimentos que más ha crecido, en respuesta a la demanda de los consumidores (1). Las galletas, consideradas como *snack*s saludables, son consumidas entre un 72,6 % a 91,4 % de la población colombiana de 3 a 64 años (5). Esta alta aceptación por parte de los consumidores ha llevado a que sean estudiadas como matrices alimenticias para la inclusión de nuevos ingredientes como harinas de diferentes cereales y pseudocereales tales como avena (6), cebada, quinua y amaranto (7), semillas como la alfalfa (8) y la linaza (9), compuestos bioactivos como betacarotenos y fibra dietaria tanto soluble (10) como insoluble (11), entre otros.

A pesar del crecimiento en el mercado de galletas como *snack*s con inclusión de compuestos bioactivos, ingredientes no convencionales, entre otros, en muchas ocasiones se prefieren las características organolépticas, la vida útil del producto y los bajos costos, que la calidad nutricional del mismo.

La presente investigación tiene como objetivo desarrollar un *snack* tipo galleta rico en fibra, usando como ingredientes un subproducto del procesamiento de café (*C. arábiga*), y un subproducto del procesamiento del mango (*M. indica*) *var*. Azúcar, como una opción más saludable para la población colombiana.

Hoy en día no existen productos enriquecidos con fibra dietaria proveniente del beneficio del café y del procesamiento del mango. Por lo que este trabajo busca contribuir a la investigación de los efectos de la adición de dichos subproductos sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de este tipo de producto horneado, con el fin de generar en el futuro una opción con un mejor perfil nutricional y una connotación más saludable, llegando a aportar al aumento de la ingesta de fibra dietaria por parte de los colombianos. La presente investigación, no solo pretende desarrollar un *snack* enriquecido en fibra, sino que además plantea la posibilidad de aprovechar un subproducto del beneficio del café y uno proveniente de la cadena productiva del mango.

Se presenta inicialmente, el marco conceptual donde se exponen los desechos y residuos agroindustriales enfatizando en el proceso de beneficio de café y los subproductos generados en el mismo y el procesamiento del mango y sus subproductos; así mismo se contextualiza sobre el uso de tecnologías sub- y supercríticas como estrategia de valorización de residuos agroindustriales, la fibra dietaria y los productos horneados tipo galleta.

A continuación, se describe la metodología propuesta para lograr los objetivos, los resultados obtenidos y análisis de estos. Por último, se presentan las conclusiones y recomendaciones del trabajo realizado.

2. Marco Conceptual

2.1 Desechos y residuos agroindustriales

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO, las pérdidas y desperdicios de alimentos, son la disminución de la masa de alimentos para el consumo humano en cualquier punto de la cadena productiva (2). Las pérdidas se presentan principalmente durante la producción, poscosecha, almacenamiento y transporte mientras que los desperdicios suceden durante la distribución y consumo, estando relacionados con el comportamiento de los vendedores mayoristas y minoristas, servicios de venta de comida y consumidores que deciden desechar los alimentos que aún tienen un valor. (2)

Una de las industrias que produce más residuos anualmente es la agroalimentaria, ya sea por los procesos productivos o por procesos de transformación a productos industrializados. Se estima que alrededor de un tercio de la producción mundial de alimentos se convierte en desechos (2). Para el año 2019, la FAO, publicó la primera estimación mundial del índice de pérdida de alimentos - (FLI por sus siglas en inglés) donde señala que el 13,8 % de los alimentos producidos en 2016 se perdieron desde la granja hasta el transporte, excluyendo la venta al por menor; siendo para la región de América latina y el Caribe alrededor del 10 al 15 %. En cuanto a los grupos de alimentos que más generan pérdidas, se encuentran las raíces, tubérculos y cultivos oleaginosos (25 %), seguido de las frutas y las verduras (20 – 22 %), pérdidas que están estrechamente relacionadas con el contenido de humedad y su característica perecedera (2).

En Colombia, se pierden y desperdician anualmente 9.76 millones de toneladas de alimentos, es decir, cerca del 34 % de la producción total. La etapa de producción encabeza las pérdidas con el 40,5 % (3,95 millones de toneladas), seguida de la

postcosecha y almacenamiento con 19,8 % y la producción industrial 3,5 %. Los grupos de alimentos que presentan las mayores pérdidas en el país se encuentran en las frutas y vegetales (62 %) y raíces y tubérculos (25 %) (12). Cada sector agroalimentario o cadena productiva genera residuos en diferentes porcentajes dependiendo de los tipos de productos fabricados; por ejemplo, durante el proceso de beneficio del café, solo el 9,5 % del peso del fruto fresco es usado en la preparación de la bebida (13). Por otro lado, la industria del beneficio del mango produce millones de toneladas de residuos ya sean derivados del cultivo o del procesamiento del fruto. Dentro de ellos se encuentran los residuos primarios como las hojas, raíces y tallos y los residuos secundarios como lo son la cáscara y la semilla; residuos conformados principalmente por tejido lignocelulósico y altos contenidos de sustancias como fenoles, carotenoides, tocoferoles y esteroles (14).

La generación de grandes cantidades de residuos provenientes de dichos sectores de la industria alimentaria, representa un peligro inminente de contaminación al ser liberados al medio ambiente sin ningún tratamiento, uso o reaprovechamiento, debido a que por su naturaleza química son tóxicos para las plantas y microorganismos del suelo; así mismo dichos residuos generan daño a ecosistemas de agua dulce, ya que las altas cantidades de materia orgánica en éstas aumenta la demanda bioquímica de oxígeno-DBO y la demanda química de oxígeno-DQO, que conllevan a efectos negativos en el equilibrio del ecosistema (15).

En actualidad, estos residuos son utilizados principalmente como alimento para animales, biocombustibles o simplemente son quemados o eliminados al medio ambiente sin precaución. Sin embargo, se han realizado investigaciones donde se busca el aprovechamiento de los residuos o subproductos agroindustriales en diferentes campos, como la ingeniería civil, la ingeniería química, zootecnia, industria farmacéutica, alimentaria, entre otras.

En Colombia, el aprovechamiento de residuos agroindustriales ha girado en torno a (16):

- El cultivo de hongos comestibles, favoreciéndose el crecimiento y producción al usar residuos como los de carpacho de uchuva (*Physalis peruviana*), cáscara de arvejas (*Pisum sativum*) y tusa de maíz (*Zea mays*), como compostaje.

- Aprovechamiento de lactosuero en la elaboración de nuevos derivados lácteos como bebidas, mantequilla, concentrado proteico, proteína en polvo, quesos tipo quesillo.
- Valorización de residuos del procesamiento de frutas entre ellas la naranja, guayaba, guanábana y mango, y subproductos de la industria azucarera en el compostaje y la lombricultura.

Uno de los campos donde se tiene gran interés en buscar el aprovechamiento de los subproductos de la industria cafetera y del procesamiento del mango es el de la ciencia y tecnología de alimentos, investigando las características nutricionales, químicas y tecnológicas que ayuden a convertirlos en ingredientes alimenticios funcionales de alimentos con un mayor valor agregado. Actualmente, en Colombia, dichos subproductos tan solo son aprovechados para consumo animal y obtención de combustible (13). Por lo tanto, la presente tesis no solo desarrolla un *snack* rico en fibra dietaria, sino que además plantea el aprovechamiento de un subproducto del beneficio del café y uno proveniente de la cadena productiva del mango de azúcar.

2.1.1 Proceso y subproductos del beneficio del café.

El café es uno de los productos agrícolas con mayor importancia a nivel mundial y una de las bebidas más consumidas alrededor del mundo, la cual es elaborada a partir de los granos de café tostados y molidos. Entre 70 a 80 especies de la planta de café (*Coffea* L*).* o cafeto, cultivadas en países tropicales y subtropicales, son usadas para la producción de granos de café. No obstante, las especies Arabica (*Coffea arabica*) y Robusta (*Coffea* canephora) son las más comercializadas en los mercados internacionales con el 75 % y el 25 % de la producción mundial, respectivamente (17,18).

Respecto al fruto del café, se trata de una cereza o baya que mide alrededor de 10 mm (17) y su morfología está conformada por el epicarpio o piel, el mesocarpio o pulpa, endocarpio o pergamino y la película plateada (**Figura 2-1**). ´

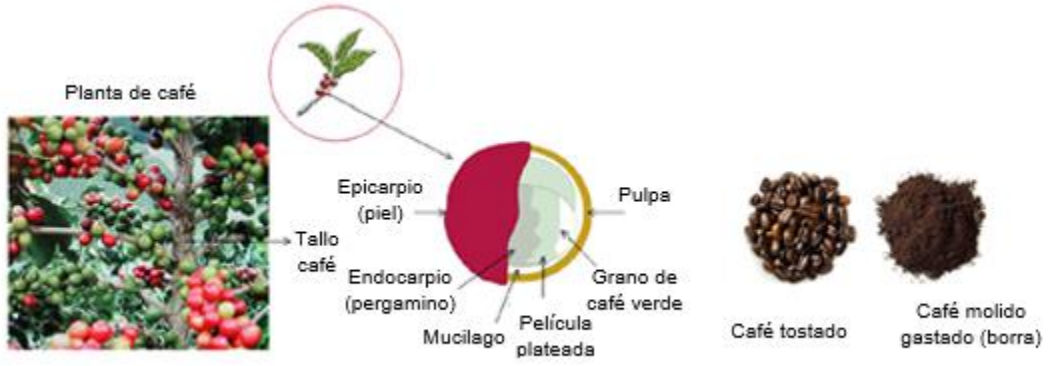


Figura 2-1 Planta, cereza y residuos del procesamiento de café. Modificado de Marulanda y col (19)

La primera de ellas, el epicarpio o piel, es la capa más externa, es suave y resistente. En estado de madurez pasa de verde a rojo violeta, rojo intenso o amarillo dependiendo la variedad de café (20). Rodeado por el epicarpio se encuentra el mesocarpio o pulpa suave, amarilla y cuya naturaleza es mucilaginosa, con notas dulces y aromáticas como características sensoriales. Protegiendo esta pulpa se encuentra una película de celulosa amarillenta denominada pergamino o endocarpio. Finalmente, la última la capa, la más interna llamada integumento o película plateada que recubre cada hemisferio del grano de café, denominado endospermo (18,20,21).

2.1.1.1 Proceso del beneficio del café

El proceso de beneficio del café es un conjunto de operaciones en las cuales se remueven las envolturas o capas que cubren los granos de café, con el fin de obtener el café verde o café pergamino (grano de café cubierto o no con la película plateada) de alta calidad en términos físicos y de la infusión (20). El beneficio del café se puede realizar por dos métodos principalmente: proceso vía seca y vía húmeda (21).

En el proceso por vía seca, la cereza del café es secada al sol después de cosechada, con posterior descascarado mecánico eliminando las cáscaras secas como lo son la piel, pulpa, mucílago, pergamino y algún porcentaje de película plateada (20).
En el proceso húmedo, se realiza remojo en agua de las cerezas de café, donde aquellas que se encuentren dañadas y/o inmaduras flotan y permiten la separación de las maduras,

las cuales permanecerán en el fondo. A continuación, se separa por presión mecánica la piel y la mayor parte de la pulpa de las cerezas hundidas. El resto de la pulpa y el mucílago se eliminan por medio de una fermentación “controlada” de duración entre 12 – 48 horas y un lavado mecánico, donde gracias a las enzimas de los tejidos del café y los microorganismos de la piel de la cereza, se hidroliza el mucilago. Posterior a la fermentación los granos aún se encuentran cubiertos por pergamino, el cual se separa por el secado y descascarillado (20).

En Colombia la mayoría de caficultores realizan el beneficio del café por vía húmeda donde como se ha mencionado se tienen las etapas de despulpado, remoción del mucílago (fermentación natural o remoción mecánica), lavado y secado; posteriormente el café pergamino es trillado para extraer la almendra para exportación o tostado (22). A continuación, se describen brevemente estas etapas:

> *Despulpado*: se inicia inmediatamente después de la cosecha de los granos; en este se retira la pulpa de la cereza por presión ejercida por la camisa de la despulpadora.
> *Remoción del mucilago:* se realiza por medio del proceso de fermentación natural o mecánicamente; la fermentación se hace en tanques donde se recibe el grano despulpado, en este proceso es indispensable el control del tiempo con el fin de asegurar la calidad final del grano, ya que dependiendo de este factor se afectan los atributos de sabor y aroma. Dicha fermentación tiene un tiempo de 12 a 18 horas, según la temperatura ambiente.
> *Lavado:* esta etapa se hace una vez finaliza la fermentación y permite retirar con agua totalmente el mucílago fermentado del grano.

El proceso de beneficio del café influye directamente en la calidad del grano, en especial en la calidad sensorial; es así como aquellos granos de café provenientes del beneficio húmedo presentan un aroma superior y de mayor aceptación por parte de los consumidores (20).

Después del beneficio, los granos de café son tostados usando calor seco a temperaturas entre 200 – 300 °C y con agitación constante con el fin de asegurar calentamiento uniforme; allí los granos verdes cambian de color a amarillo y posteriormente a un bronceado marrón

claro y luego a un color marrón oscuro y aceitoso. Los azúcares presentes en el grano además de participar en la reacción de Maillard, se caramelizan confiriendo sabores y aromas complejos que hacen al café agradable al consumidor (23).

2.1.1.2 Subproductos de la industria del Café

Durante el proceso de beneficio del café se obtiene alrededor del 90,5 % de subproductos que pasan a ser residuos, ya que solo el 9,5 % del peso del fruto fresco es usado en la preparación de la bebida (13).

Por estos motivos, centros académicos y de investigación han desarrollado prácticas sostenibles e iniciativas en los diferentes eslabones de la cadena agroindustrial de este alimento, con el fin de disminuir las emisiones, reciclar subproductos y/o diseñar nuevos productos de café (24,25).

En Colombia, según el Centro Nacional de Investigaciones del Café - Cenicafé, se han desarrollado metodologías para el cultivo y el beneficio del fruto, como una nueva tecnología para el beneficio ecológico del café por vía húmeda. Con estas metodologías se pretende controlar la contaminación de las fuentes de agua por la mala disposición de los subproductos de dicho proceso. Así mismo se realiza el aprovechamiento de dichos residuos sólidos tanto en el cultivo de hongos de los géneros *Pleurotus, Lentinula, Ganodema* e *Hypsizygus,* como en la lombricultura, la obtención de pectinas, y procesos de ensilaje, entre otros (13).

Según la vía usada en el beneficio se tienen varios subproductos del café; por vía seca el principal subproducto obtenido está compuesto por la piel, la pulpa, el mucílago y el pergamino, todos como una sola fracción denominada “cáscaras de café”. Por vía húmeda se recupera la piel y la pulpa en una primera fracción (43,2 % p/p de la cereza), el mucílago y azúcares solubles en una segunda fracción cuando no se realiza fermentación natural (11,8 % p/p) y por último el pergamino (6,1 % p/p) (20).

Los residuos generados en el beneficio por vía húmeda e industrialización de 1 kg de cereza de café en cada una de las etapas se presentan en la **Tabla 2-1**.

Tabla 2-1: Residuos del beneficio por vía húmeda e industrialización de 1 kg de cereza de café (13).

ETAPA/PROCESO	PÉRDIDA (g)	RESIDUO OBTENIDO
Despulpado	394	Pulpa fresca
Desmucilaginado	216	Mucílago
Trilla	35	Pergamino
Secado	171	Agua
Torrefacción	22	Volátiles
Preparación de bebida	104	Borra
Pérdida total	942	

A continuación, se describen los subproductos del café y sus principales usos:

a. *Epicarpio y pulpa*: corresponden alrededor del 45 % de la cereza y posee un alto contenido de carbohidratos (35 - 85 %), fibra soluble (30,8 %) minerales (3 - 11 %), proteínas (5 - 11 %); adicionalmente también es rica en compuestos fitoquímicos como los taninos y cianidinas (5-9 % y 20 %, respectivamente) con posibles efectos positivos en los seres humanos. Este subproducto ha sido usado como fertilizante, compostaje, como biosorbente para la producción de etanol o extracción de cafeína (19); en la actualidad ha sido usado como fuente de fibra dietaria, fuente de compuestos bioactivos como antocianinas, cafeína y otros compuestos con actividad antimicrobiana (15,24). El extracto de este subproducto ha sido estudiado como ingrediente para productos alimenticios como yogurt y, productos de panificación (26).
b. *Pergamino*: Representa el 5,8 % del peso seco de la cereza del café y se encuentra compuesto por α-celulosa (40 - 49 %), hemicelulosa (25 - 32 %), lignina (33 - 35 %) y ceniza (0,5 - 1,0 %); hasta el momento no se han descrito aplicaciones como ingrediente alimentario para este subproducto (24).
c. *Película plateada:* corresponde al 4,2 % en peso de la cereza de café (27) Se obtiene como subproducto del proceso de tostado y tiene un alto contenido de fibra dietaria (68 - 80 %, siendo 14 % fibra dietaria soluble) y polisacáridos (60 - 70 %) y su contenido total de azúcares se encuentra variante entre 1,6 - 12,0 %. Contiene además, proteínas (16,2 - 19,0 %), grasas (1,56 - 3,28 %) y cenizas (5 - 7 %) (24); así mismo este subproducto presenta una alta actividad antioxidante posiblemente dada por compuestos como la cafeína, trigonelina y melanoidinas derivados de la reacción de Maillard y ácidos clorogénicos (28). La mayoría de este subproducto

es desechado en grandes cantidades como residuo industrial por las tostadoras de café (20). Recientemente la investigación de este subproducto se ha centrado en su fibra dietaria, como prebiótico para bifidobacterias, ingrediente alimenticio y extracción de diferentes compuestos bioactivos (24,29). Como ingrediente en alimentos, se ha realizado inclusión en hojuelas, panes, galletas y bocadillos (19,26). La película plateada también se ha investigado en la industria farmacéutica, donde se ha encontrado que los extractos de ésta, no son irritantes y se pueden emplear para aplicación tópica o como ingrediente activo para la hidratación y firmeza de la piel, obteniendo resultados similares al ácido hialurónico (19).

2.1.2 Beneficio y subproductos de mango de azúcar

El mango (*Mangifera indica* L.) es una drupa carnosa de origen asiático, cuyo cultivo se expandió en países del trópico después de la colonia. Presenta forma disimétrica, redonda, ovoide o reniforme, dependiendo de la variedad, dimensiones de 4 a 25 cm de largo y 1,5 a 10 cm de grosor, color, sabor, tamaño de la semilla y composición variada. Presenta un peso entre 150 g y 2 Kg. Está conformado por: i) *pericarpio,* de aspecto liso y uniforme con pequeñas glándulas circulares y blancas denominadas lenticelas, representa entre el 15 al 20 % de la fruta fresca; ii) *mesocarpio o pulpa* de color amarillo o naranjado y con contenido de fibra soluble; iii) *endocarpio*, el cuál es grueso y está cubierto por una capa externa fibrosa que se puede infiltrar dentro de la pulpa; por último, se encuentra la iv) *Semilla*, de forma ovoide, oblonga, alargada y aplanada y con los cotiledones dentro de ella (30,31). En la **figura 2-2**, se muestra un esquema con los componentes principales.

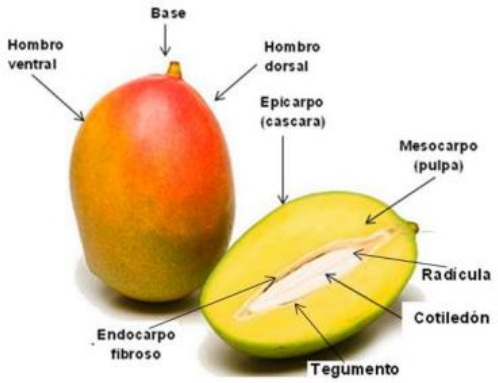


Figura 2-2 Partes del mango. (32)

En cuanto a su contenido y calidad nutricional, estos varían dependiendo de la madurez, variedad, clima y posición geográfica del cultivo. No obstante, la pulpa de mango y la cáscara poseen en promedio un alto contenido humedad (74 - 87 %), carbohidratos (15 - 23 %), vitaminas como ácido ascórbico (10 - 186 mg/ 100 g), tiamina, riboflavina, niacina y β – caroteno (1159 - 3000 mg/100 g) y minerales. Por otra parte, su aporte de proteínas y lípidos es mínimo (0,40 - 0,80 % y 0,3 - 1,0 % respectivamente) (33).
También, vale la pena destacar su importante contenido de fibra dietaria, encontrándose especialmente fibra soluble (pectina) en la pulpa y fibra insoluble como ligninas y hemicelulosas en la cáscara.

En los últimos años, el estudio del mango como biomasa promisoria ha despertado un enorme interés en la comunidad científica, ya que se le han atribuido propiedades antioxidantes, antibacterianas, antivirales, antidiabéticas, antiparasitarias, antialergénicas e antiinflamatorias. Esto debido a su importante contenido en, mangiferina, catequinas, ramnetina, ácidos gálicos, epigálicos, quercetina, kaempferol, alquilresorcinoles, entre otros (34).

En Colombia, desde el año 2015 se ha venido observando un aumento en la producción nacional de mango, llegando así a una producción estimada de 261.154 toneladas métricas en el año 2019 (35). El cultivo de mango en país está distribuido en 4 zonas:

Zona Centro: Compuesta por los departamentos de Cundinamarca y Tolima, produciendo las variedades de Tommy Atkins, Yulima, Keitt e Hilacha, con un mercado del 20 % destinado a la agroindustria y el 80 % al mercado fresco nacional.
Zona Costa Caribe: En los departamentos de Atlántico, Bolívar, Magdalena y Cesar, se producen las variedades de Tommy Atkins, Keitt, Mango de Azúcar e Hilacha; el mercado se centra en el abastecimiento de la agroindustria (70 %) y mercado fresco nacional (30 %).
Zona Occidente: compuesta por los departamentos de Antioquia, Córdoba y Caldas, donde se cultivan las variedades Tommy Atkins, Keitt e Hilacha; su principal mercado es para abastecer la agroindustria (15 %) y el mercado nacional (25 %).
Zona Pacífico: Los departamentos de Cauca y Valle del Cauca cultivan las variedades Tommy Atkins, Keitt e Hilacha para el mercado del abastecimiento de la agroindustria (60 %) y el mercado nacional (40 %) (36).

El mango se comercializa y transporta dependiendo de las necesidades del mercado tanto en estado verde como maduro y se caracteriza por poseer buenas características organolépticas atribuidas a su contenido de azúcares simples, ácidos orgánicos, aromas y pigmentos (37).

El mango de azúcar tiene una alta demanda tanto a nivel nacional como internacional; en la industria nacional para la elaboración de pulpas y jugos y en el exterior como fruta fresca, todo esto especialmente por sus características, como tamaño pequeño, contenido de azúcar, textura, buen aroma y sabor (38,39).

2.1.2.1 Subproductos de la industria de procesamiento del mango

La industria de procesamiento del mango produce millones de toneladas de residuos, ya sean derivados del cultivo o del procesamiento del fruto. Dentro de ellos se encuentran los residuos primarios como las hojas, raíces y tallos y los residuos secundarios como lo son la cáscara y la semilla, los cuales están conformados en gran cantidad por tejido lignocelulósico y según, se ha descrito, altos contenidos de sustancias como fenoles, carotenoides, tocoferoles y esteroles (14).

Varios estudios han demostrado que las hojas y tallos de mango poseen fitoquímicos bioactivos como la mangíferina, compuesto relacionado con una eficiente utilización de la glucosa por parte de las células, es decir, posee propiedades antidiabéticas (40). Otros de los compuestos presentes en las hojas del mango son las benzofenonas y los flavonoides, quienes presentan potencial para eliminar contaminantes como metales pesados (14).

La cáscara de mango contiene polifenoles que difieren en concentración dependiendo de la variedad. Dentro de ellos se encuentran el ácido quínico, ácido gálico, galato de metilo, mangíferina, quercetina, isoquercetina, entre otros (41,42). Así mismo contiene 51,2 % de fibra dietaria total (43). Este subproducto como ya se mencionó es considerado un residuo, descartándose después del procesamiento y contribuyendo así, a la contaminación ambiental (43).

2.2 Uso de tecnologías sub- y supercríticas como estrategia de valorización de residuos agroindustriales

2.2.1 Extracción con fluidos supercríticos

Un fluido supercrítico – FSC es un compuesto a una temperatura y una presión por encima de su punto crítico termodinámico, donde éste es compresible y se comporta como un gas. A su vez, conserva la densidad de un líquido haciéndolo actuar como disolvente. La temperatura y la presión crítica, como se mencionó, son variables importantes que controlan el proceso. La temperatura crítica, es aquella por encima de la cual el componente gaseoso del compuesto puro no puede ser licuado sin importar la presión aplicada y la presión crítica, es la presión a la cual el líquido del compuesto puro no puede ser evaporado sin importar la temperatura aplicada (44). La figura 1-3 muestra un diagrama de fases P-T donde se indica la zona de condición supercrítica.

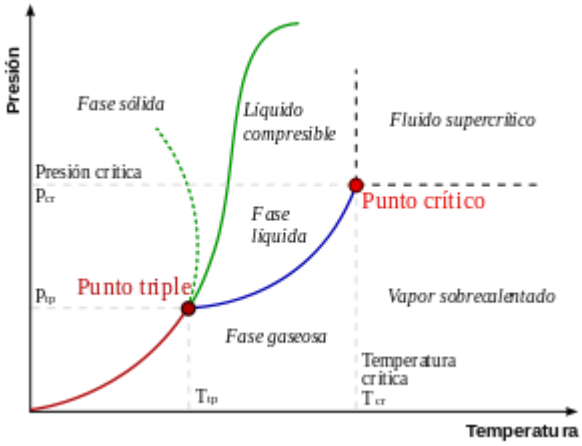


Figura 2-3 Diagrama de fases sólido/líquido/gas/fluido supercrítico

El comportamiento de un FSC es de un líquido muy móvil, con una solubilidad cercana a la de la fase líquida, con alta difusividad y baja viscosidad lo que favorece la penetración

en una matriz sólida; todo ello conlleva al aumento en la velocidad de extracción y separación de fases frente a los métodos convencionales (44).

En la actualidad, la mayoría de las aplicaciones de extracción de compuestos bioactivos a partir de fuentes naturales empleando fluidos supercríticos se basan en las ventajas que presenta el dióxido de carbono gracias a unos valores de temperatura y presión críticos fácilmente alcanzables (Tc= 31.2 °C, Pc= 7.38 MPa). Además, el CO_2 posee una serie de propiedades que lo convierten en un disolvente supercrítico ideal, incluyendo entre otras: a) es considerado como GRAS (Generally Recognized As Safe, por sus siglas en inglés) para la industria alimentaria, b) es barato y fácilmente disponible, c) permite la reutilización del CO_2 generado en otros procesos industriales, cumpliendo así con algunos de los principios de la Química Verde, y d) es gas a temperatura ambiente (4,45).

2.2.2 Extracción con líquidos presurizados

La extracción con líquidos presurizados – ELP, es una técnica de extracción verde, basada en el uso de disolventes a temperatura y presión elevadas, sobrepasando el punto de ebullición atmosférico; dichas condiciones generan cambios en las propiedades de los disolventes que favorecen los procesos de transferencia de masa (46).

Como ventajas de esta técnica de extracción, se tiene el menor uso de volúmenes de disolvente requerido frente a las técnicas convencionales, es más rápida y ofrece la posibilidad de automatización, reduciendo la variación entre extracciones y aumentando la reproducibilidad y la calidad de los extractos. El etanol, el agua y mezclas de estas, son dos disolventes normalmente usados en la ELP de compuestos polares, siendo el etanol considerado como seguro (GRAS) (46). La ELP se ha usado en la extracción de compuestos bioactivos de matrices como hierbas medicinales y subproductos agroindustriales, los cuales son de interés para la industria alimentaria y farmacéutica por su bajo uso de sustancias peligrosas y mínimo impacto en el medioambiente. Las técnicas de extracción verde EFS y ELP, se han usado como estrategias en el aprovechamiento y valorización de subproductos de la industria de alimentos, buscando aportar en la

disminución de los costos económicos y ambientales generados por los desechos y haciendo sostenibles los procesos y disminuyendo el impacto ambiental (46).

En la EFS y ELP de subproductos agroindustriales se obtienen extractos bioactivos de interés ya sean polares o apolares y fibra residual, con posibilidad de ser empleados por la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica. La fibra residual obtenida, es rica en fibra dietaria por lo cual puede usarse como ingrediente en el desarrollo de nuevos productos con enriquecimiento de dicho nutriente (38).

Se han reportado estudios de la aplicación de técnicas de EFS y ELP en diferentes matrices, entre ellas subproductos de las frutas como cáscaras, semillas, orujos y granos como: epicarpio y pulpa de mango, algas, epicarpio de tomate, semillas de papaya, cacao, orujo y semillas de uva, entre otros (4,38,47–51).

2.3 Fibra dietaria

En el año 2001 buscando un consenso mundial sobre la definición de fibra dietaria, *The National Academy of Sciences (NAS) y Food and Nutrition Board* de Estados Unidos propusieron las definiciones de fibra dietaria, fibra funcional y fibra total (52).

De acuerdo con este consenso, la *Fibra dietaria*, se define como el conjunto de carbohidratos no digeribles y lignina que son intrínsecos e intactos en las plantas, mientras que la *fibra funcional* se define como aquellos carbohidratos aislados no digeribles, ya sea por medio de métodos físicos, químicos y/o enzimáticos, que tienen efectos fisiológicos y que generan un beneficio en los seres humanos. Por lo que, la suma de estas dos es la *fibra total* (52).

La fibra dietaria es entonces, una serie de polímeros de hidratos de carbono que hacen parte de las paredes celulares de las plantas como la celulosa, hemicelulosa y pectinas, y otros polisacáridos de origen vegetal o de algas como lo son gomas y mucílagos y oligosacáridos como la inulina. Adicionalmente, también hacen parte de la fibra dietaria algunos carbohidratos que no son digeribles y que pasan el intestino delgado a ser

fermentados en el intestino grueso tales como almidón resistente, fructooligosacáridos – FOS, galacto-oligosacáridos, polidextrosa (53).

La fibra dietaria puede clasificarse según su fuente, solubilidad, fermentabilidad y efectos fisiológicos en el organismo. Según la solubilidad en agua, se encuentran dos tipos de fibra, la fibra dietaria soluble e insoluble. En la fibra dietaria soluble se incluyen las pectinas y gomas, a las que se le atribuyen el aumento de la viscosidad y la reducción de colesterol en sangre y la disminución de la respuesta glicémica. Por su parte, la insoluble como la celulosa y lignina, son de baja densidad y alta porosidad, favoreciendo el aumento del volumen fecal y mejorando el tránsito intestinal (53).

Como propiedades fisicoquímicas de la fibra dietaria se encuentran la capacidad de retención de agua y aceite, viscosidad, capacidad de unión, capacidad de carga y fermentabilidad. En la **Tabla 2-2**, se presentan algunas propiedades fisicoquímicas y tecnológicas de la fibra dietaria.

Tabla 2-2 Propiedades fisicoquímicas de la fibra dietaria (53).

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN
Capacidad de retención de agua	Al ser la fibra dietaria compuestos en su mayoría polisacáridos es altamente hidrofílica, favoreciendo la retención de agua en los sitios hidrofílicos o en espacios vacíos en la estructura molecular. La capacidad de retención de agua es entonces la cantidad de agua retenida por un peso conocido de la fibra seca en ciertas condiciones de temperatura, tiempo de inmersión y velocidad de centrifugación.
Viscosidad y formación de gel	Se refiere a la capacidad de la fibra de absorber agua y formar un gel, es una propiedad principalmente de la fibra soluble, donde a nivel del organismo aumentaría la viscosidad del contenido intestinal.
Capacidad de unión	La formación de geles favorece la captación de parte de los ácidos biliares en el intestino delgado y la excreción de estos en las heces.
Capacidad de carga	Es la capacidad que tiene la fibra en especial la insoluble, de aumentar el volumen fecal gracias a la formación de partículas y su capacidad de retención de agua.
Fermentabilidad	En general las plantas poseen fibras dietarias de fermentación variable tales como fermentación rápida, fermentación lenta y no fermentables; la fibra soluble posee mayor facilidad para ser fermentada por bacterias colónicas que las fibras insolubles.

2.3.1 Rol nutricional y de salud

La fibra dietaria en general, se encuentra en alimentos de origen vegetal como cereales, leguminosas, frutas, verduras, semillas y en cereales para desayuno; más específicamente la fibra soluble puede ser obtenida de alimentos como la avena, frutas, verduras y leguminosas, mientras que la fibra insoluble está principalmente en la pared celular de alimentos como los cereales integrales y derivados. El salvado de trigo, por ejemplo, contiene alrededor de un 50 % de fibra dietaria y el salvado de avena un 20 % (53).

Por años se han realizado numerosas investigaciones alrededor de la fibra dietaria, dados sus efectos fisiológicos considerados como beneficiosos en los seres humanos. Dentro de ellos se encuentran la reducción del colesterol sanguíneo, mejora en el tránsito gastrointestinal, en especial del intestino grueso, atenuación de los niveles de glucosa e insulina postprandiales en sangre; presenta actividad prebiótica al favorecer el crecimiento y la actividad de las bacterias intestinales beneficiosas (53). La fibra dietaria soluble participa en la reducción de la absorción de macronutrientes y retrasa el vaciamiento gástrico generando como ya se mencionó una reducción en la respuesta de la glucosa postprandial y en los niveles de colesterol total y colesterol LDL (lipoproteínas de baja densidad), lo que favorece en el control de peso corporal y evita la ganancia de tejido adiposo generando de este modo reducción de factores de riesgo de enfermedades crónicas no transmisibles como la obesidad, diabetes mellitus, entre otras (54).

2.3.2 Recomendación nutricional de fibra en Colombia

Las recomendaciones de ingesta de fibra total (fibra dietaria y fibra funcional) según la resolución 3802 de 2016 del Ministerio de Salud y Protección Social – MSPS, para la población colombiana en g/día se muestran en la **Tabla 2-3**:

Tabla 2-3 Recomendaciones de ingesta de fibra total para la población colombiana. (55)

GRUPO DE EDAD/PERIODOS DE VIDA	HOMBRES	MUJERES	HOMBRES Y MUJERES g/1000 Kcal
Niños y niñas (años)			
1-3	19	19	14
4-8	25	25	14
9-13	31	26	14
14-18	38	26	14
Adultos (años)			
19-30	38	25	14
31-50	38	25	14
51-70	30	21	14
Mayor a 70	30	21	14
Gestación (años)			
≤ 18	--	28	14
19-50	--	28	14
Lactancia (años)			
≤ 18	--	29	14
19-50	--	29	14

De acuerdo con la información anterior, la recomendación de ingesta de fibra total expresada como Ingesta Adecuada (AI) se establece por edad a partir del primer año y va incrementando a lo largo de los ciclos de vida, llegando a aumentar en las etapas de gestación y lactancia, y disminuir en la tercera edad. La recomendación de fibra total también presenta diferencias por sexo, siendo mayor en hombres que en mujeres.

Por otro lado, el reglamento técnico sobre los requisitos de etiquetado nutricional y frontal que deben cumplir los alimentos envasados o empacados para consumo humano en la resolución 810 de 2021, definió el valor diario de referencia de fibra dietaria para la población colombiana de 4 años y adultos en 28 g (56).

2.3.3 Fibra dietaria e industria alimentaria

La industria alimentaria, con las nuevas tendencias alrededor de la salud y nutrición y el cambio en las exigencias de los consumidores, ha venido innovando en el desarrollo de variedad de alimentos enriquecidos con nutrientes y dentro de ellos uno de los más explorados es la fibra dietaria, ya sea con la inclusión en formulaciones de alimentos ricos en este nutriente o en la adición de aislados de fibras solubles e insolubles en los

productos. Así mismo, se han realizado varias investigaciones en ciencia y tecnología de alimentos, en la caracterización de diferentes fibras dietarias provenientes de varias fuentes alimenticias y su efecto en las propiedades tecnológicas al ser adicionadas en matrices alimentarias como yogurt, galletas, panes, pasta, helados, productos cárnicos, barras de cereal, etc. (53,57).

Por otro lado, como ya se ha mencionado, en la industria alimentaria se generan gran cantidad de subproductos, que en muchas ocasiones no son aprovechados, sino son descartados generando un efecto negativo en el medio ambiente; varios de estos subproductos son ricos en fibra y pueden ser usados en el desarrollo de nuevos productos alimenticios con el fin de mejorar el perfil nutricional y tecnológico de los productos tradicionales disponibles en el mercado y porque no, de disminuir la carga ambiental generada por estos hasta ahora considerados “desechos”.

2.3.3.1 Fibra dietaria, subproductos de café y mango y desarrollo de productos

Según varios estudios como los realizados por Iriondo Dehond y col. han demostrado que los subproductos de la industria cafetera como la cascarilla o la película plateada del café son ricos en antioxidantes y fibra dietaria (24). La fibra dietaria encontrada en la película plateada son principalmente celulosa y hemicelulosas y una pequeña parte de lignina. Además de estos compuestos, también se encuentra compuestos fenólicos como los ácidos clorogénicos, los cuales se encuentran adheridos a la matriz de la fibra dietaria formando una compleja estructura de carbohidratos conocida como fibras dietarias antioxidantes (27,54).

La inclusión de subproductos derivados de la industria del café en el desarrollo de alimentos no ha sido muy explorada, sin embargo, en los últimos años se han venido realizando investigaciones como las realizadas por Gizem Ateş y col. donde se usó la fibra de la película plateada del café como sustituto de grasa en formulaciones de ponqués. Se estudiaron los efectos de esta en los atributos fisicoquímicos y sensoriales de dichos productos. En este estudio se usaron reemplazos de 20, 25 y 30 % de grasa por la película plateada, encontrándose que no se alteran significativamente las características de volumen específico y pérdida de peso de los ponqués; en cuanto a textura se observó un

aumento en la dureza y masticabilidad y disminución en la elasticidad y cohesión. La calidad sensorial de los ponqués con inclusión de película plateada no se vio afectada y se encontraron similitudes en cuanto a porosidad de la miga, cohesión, humedad, grasa y dulzor. Los investigadores concluyeron que la adición de un 30 % de esta fibra en ponqués como reemplazo de grasa mejora el contenido de fibra sin alteraciones en las características de estos productos (58).

En otro trabajo de investigación, se exploraron los efectos de bebidas elaboradas a partir de película plateada de café rica en antioxidantes como cafeína, melanoidinas y ácidos clorogénicos en la disminución de grasa corporal y control del peso corporal (54). En dicho estudio se encontró que el extracto de este subproducto, usado como ingrediente en la bebida contenía alrededor del 19 % - 23 % (p/p) de fibra dietaria total, contenido similar al del salvado de avena, por lo que la bebida desarrollada por los investigadores presentó un índice glucémico bajo y representa un opción para la prevención y/o tratamiento de enfermedades como la diabetes y el control de peso corporal (54).

Serna et al. estudiaron la inclusión de película plateada de café en galletas endulzadas con Stevia, a fin de obtener una galleta más sana, nutritiva y de buena calidad sensorial. En esta investigación se usó este subproducto como colorante natural y como fuente de fibra dietaria. Fue adicionado en la matriz alimentaria tanto el extracto como el residuo sólido recuperado después del proceso de extracción. Las galletas obtenidas presentaron buena calidad nutricional, una mejor textura y color (11).

En cuanto al desarrollo de productos elaborados a partir de subproductos de mango, se destacan los productos de panadería como pan, galletas y tortas. En la investigación de Ajila et al., y colaboradores se evaluó la inclusión de cáscara de mango pulverizada en la harina de trigo y su efecto en las características físicas, bioquímicas y sensoriales de galletas de masa blanda, concluyendo que dicho producto mostró propiedades antioxidantes mejoradas, un aumento de 6,5 a 20,7 % del contenido total de fibra dietética, en especial de fibra soluble con la adición de 20 % del subproducto y de buena aceptabilidad desde la incorporación con 10 % del mismo (43).

En otro estudio se obtuvo una reducción de la tasa de digestión del almidón y el grado de digestión de pan al adicionar cáscara de mango en polvo, esto generalmente proporcional

al porcentaje de adición del subproducto. Por otro lado, la humedad y volumen también se vieron afectados con la inclusión, donde esta primera mejoró mientras que la segunda se redujo. El subproducto también cambio la textura del pan, donde se presentó mayor dureza y masticabilidad, y disminuyó la cohesión (59).

La semilla o *kernel* de mango, es otro subproducto de esta industria que es considerado un desecho, sin embargo, también se ha investigado como ingrediente de productos de panadería. La harina de semilla de mango fue caracterizada por Chandra y col., y colaboradores, en términos de análisis proximal, propiedades tecnológicas, y posteriormente incluida en la elaboración de tortas (60).

Por lo mencionado anteriormente, los subproductos tanto de la industria cafetera como de la mangíferina se convierten en excelentes y prometedores ingredientes para ser usados en diferentes aplicaciones alimenticias, dentro de ellas el desarrollo de nuevos alimentos y bebidas que generen beneficios en la salud de los consumidores tales como la reducción del colesterol y la adecuada utilización de la glucosa por parte de los tejidos.

2.4 Productos alimenticios *snack* tipo galleta

Los *snack*s, definidos como alimentos de rápido consumo que pueden ser ingeridos entre los principales tiempos de comida, son uno de los grupos de alimentos que más ha crecido, en respuesta a la demanda de los consumidores (1).

Las galletas hacen parte de una categoría de los productos horneados derivados de cereales de gran importancia, ya que son un alimento tradicional y son consumidos por una gran parte de la población tanto en el área urbana como rural. Las galletas pueden ser catalogadas como un *snack* saludable debido a su bajo costo, aporte de nutrientes, buen sabor, textura crujiente, fácil portabilidad, almacenamiento y consumo (61).

Este tipo de productos se caracterizan por tener un bajo contenido de agua (1-5 %) y poseer tres ingredientes básicos los cuales son harina (principalmente trigo), azúcar y compuestos lipídicos como mantequilla, margarina y/o aceite; entre otros ingredientes se

pueden encontrar agentes fermentativos (levadura), sal, emulsificantes y leche en polvo (11,61).

Las galletas han sido estudiadas como matrices alimenticias para la inclusión de nuevos ingredientes como harinas de cereales y pseudocereales tales como avena (6), cebada, quinua y amaranto (7) y de semillas como la alfalfa (8) y linaza (9) y de compuestos bioactivos como betacarotenos, fibra dietaria tanto soluble (10) como insoluble (11).

El gran interés de los consumidores por incluir dentro de su dieta alimentos de mejor perfil nutricional, sensoriales y de salud hace que la industria alimentaria se preocupe por ofrecer productos con dichas características, sin embargo en la actualidad se encuentran en el mercado *snack*s de baja calidad nutricional ricos en ácidos grasos saturados, ácidos grasos trans, grasas hidrogenadas y demás ingredientes que se encuentran relacionados más que con la calidad nutricional con el tiempo de vida útil del producto, haciendo que pierdan la característica de *snack* saludable.

En Colombia, según la Encuesta Nacional de la Situación Nutricional – ENSIN 2015, la prevalencia de uso o consumo de galletas por ciclo de vida es de: 91,4 % en niños y niñas de 3 a 4 años; 86,9 % en escolares entre los 5 a 12 años; 80,2 % para adolescentes entre los 13 a 17 años; 72,6 % en jóvenes y adultos entre los 18 a 64 años y 79,6 % en mujeres gestantes (5); por lo que se puede decir que es consumido por una gran parte de la población colombiana, siendo entonces una excelente oportunidad como matriz alimentaria para la inclusión de subproductos de la agroindustria del café y del mango, en el desarrollo de un *snack* saludable con adición de fibra dietaria.

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Desarrollar un *snack* tipo galleta rico en fibra, usando como ingredientes un subproducto del procesamiento de café (*C. arábiga*), y un subproducto del procesamiento del mango (*M. indica*) *var*. azúcar.

3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar fisicoquímicamente las biomasas a emplear, (fibras provenientes del pergamino del café, de la película plateada del café y de la cáscara del mango) y seleccionar el mejor subproducto del beneficio del café, en cuanto a perfil nutricional.
- Evaluar el efecto que tiene la inclusión de la fibra seleccionada de café y la fibra de cáscara de mango sobre las características fisicoquímicas y sensoriales del *snack* tipo galleta.

4. Materiales y Métodos

La metodología de la presente investigación se dividió en tres fases:

- La primera de ellas consistió en la caracterización fisicoquímica en términos de análisis proximal de las biomasas en estudio (cascarilla de café – CC, película plateada de Café – PP y epicarpio del mango *var*. azúcar – (EM). Con lo anterior se seleccionó el mejor subproducto del café a partir del cual se obtendrá la materia prima 1 – MP1, y el EM con el cual se obtendrá la materia prima 2 – MP2.
- Teniendo las biomasas PP y EM, la segunda fase consistió en someterlas por separado, a técnicas de extracción verdes (extracción con líquidos presurizados y con fluidos supercríticos), con el fin obtener extractos que fueron evaluados en proyectos de investigación paralelos. Las fibras residuales o tortas de extracción de estos procesos de extracción se consideraron como las materias primas (MP1 a partir de PP de café y MP2 a partir de EM) para la subsecuente formulación del *snack*, en un enfoque de biorrefinería. En cada materia prima se determinó sus propiedades tecnológicas.
- En la última fase se prepararon varias formulaciones de *snack* tipo galleta, con sustitución de harina de trigo por i) las biomasas sin pre-tratamiento supercrítico/ presurizados (PP y EM), ii) las fibras residuales de las biomasas de café (MP1) y de mango (MP2) pre-tratadas con fluidos supercrítico/presurizados, y iii) sus mezclas variando la proporción MP1:MP2. Dichos *snack*s se caracterizaron nutricional, instrumental y sensorialmente. A continuación, se detallan los materiales y métodos empleados.

4.1 Materiales

4.1.1 Biomasas de estudio

Para realizar la presente investigación, se emplearon tres biomasas como posibles fuentes de fibra dietaria, a saber: (i) la CC proveniente de la trilla del café y (ii) la PP obtenida durante el tostado de dicho grano, las cuales fueron suministradas por la empresa La Tostadora SAS (Bogotá D.C.) que produce y comercializa café tostado y molido (marca *Café de la Fonda*), y (iii) el epicarpio del mango variedad Azúcar – EM suministrada por una empresa de procesamiento local Fast Fruit Ltda (Bogotá D.C.).

4.1.1.1 Pre-tratamiento de las biomasas

Las biomasas CC y PP se suministraron secas y tal como se generan en el proceso de tueste del café. En cuanto a la cáscara de mango, la muestra se secó en un horno de aire convectivo a 50 ° C durante 24 h. Cada subproducto fue molido con un molino de cuchillas de capacidad de 350 mL (KitchenAID, USA). Posteriormente, la muestra se tamizó (empleando tamices estándar de la serie Tyler), seleccionando para este estudio la fracción retenida en la Malla # 50 (300 µm). Finalmente, las muestras fueron almacenadas en oscuridad y a temperatura de refrigeración (4-5°C).

4.1.2 Materias primas para la elaboración del *snack*

4.1.2.1 Biomasas tratadas por fluidos presurizados

La mejor biomasa de café en cuanto a perfil nutricional se sometió a extracción con líquidos presurizados – ELP con el fin de obtener un extracto bioactivo de carácter polar (de interés alimentario y/o farmacéutico); y bajo el enfoque de biorrefinería, re-aprovechar la biomasa resultante de este proceso. Las extracciones se realizaron en un equipo Speed Helix de Applied Separations (Allentown, PA, EE. UU.), y bajo condiciones de extracción (100 °C, 100 % Etanol como solvente, 20 min, modalidad de extracción estática a una presión de 10,0 MPa) previamente optimizadas por Escamilla (62). La torta o fibra residual, se empleó en la formulación del *snack* y se identificó como la materia prima uno MP1.

Así mismo, el EM se sometió a extracción con CO_2 supercrítico, obteniendo un extracto rico en carotenoides. Las condiciones de EFS previamente optimizadas en laboratorio fueron 25,0 MPa, 60 °C y etanol al 15 % p/p como co-solvente y flujo masico 90 g/min (Sánchez y col. (38)). Para ello se utilizó un instrumento EFS a escala piloto (Thar Technologies, modelo SF 2000, Pittsburg, PA) equipado con una celda de extracción de 0,5 L y dos separadores de 0,5 L con controles independientes de presión y temperatura. Este extracto tuvo una aplicación como ingrediente alimentario antioxidante en aceites comestibles (no reportada en este estudio) y la torta de extracción o fibra residual, se empleó en el presente trabajo en la formulación del *snack* y se identificó como la materia prima MP2.

Así, MP1 y MP2 fueron los ingredientes fuente de fibra dietaria a incluir en la formulación del *snack* tipo galleta. A continuación, en la **Figura N° 4-1,** se esquematiza el procedimiento mediante el cual se obtuvo MP1 y MP2.

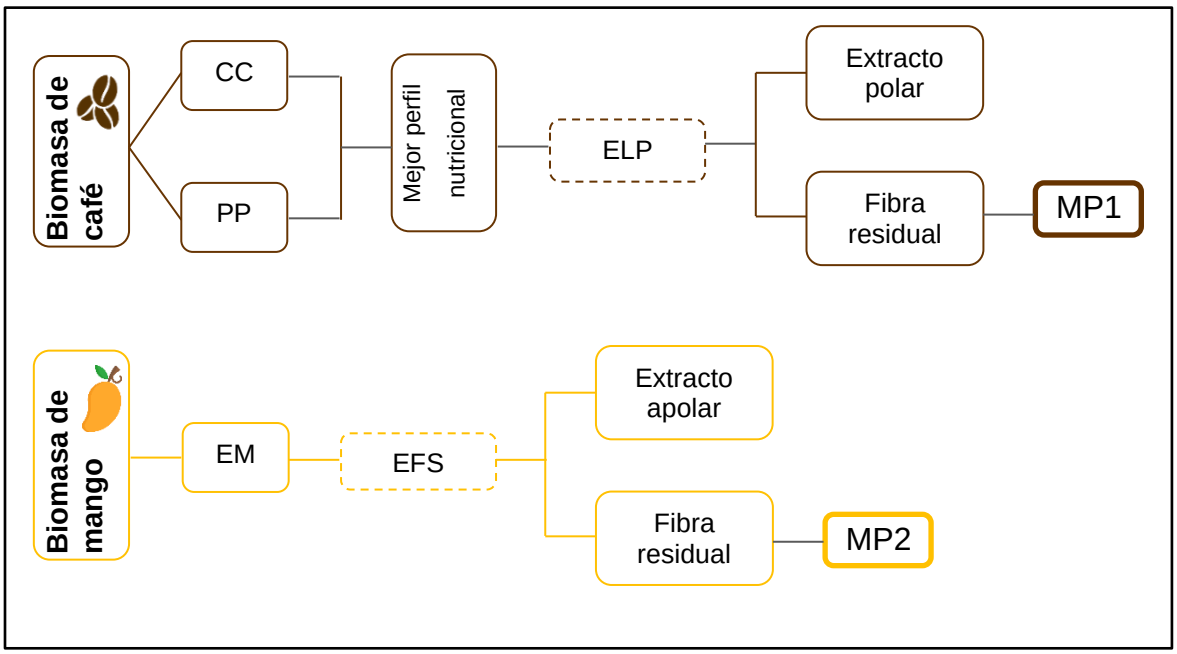


Figura 4-1. Procedimiento de obtención de MP1 y MP2

4.1.2.2 Ingredientes adicionales

En la elaboración del *snack* tipo galleta se utilizaron, además del ingrediente que aporta fibra dietaria PP, EM, MP1, MP2 y las posibles mezclas, los siguientes ingredientes, que fueron adquiridos en un mercado local:

- Harina de trigo haz de oros
- Azúcar blanco Rio Paila
- Margarina La Fina
- Polvo para hornear Royal

4.2 Métodos

4.2.1 Caracterización de biomasas de estudio

Se determinó la composición química de las biomasas (CC, PP, EM) por medio de metodologías oficiales de la AOAC, de humedad, grasa, proteína bruta, cenizas y fibra dietaria; cada determinación se realizó por triplicado.

Métodos para la determinación de los componentes:

- Humedad: secado en estufa hasta peso constante – AOAC 950.46
- Fibra dietaria: método enzimático gravimétrico – AOAC 985.29
- Proteína bruta: método de Kjeldahl – AOAC 960.52
- Grasa bruta: extracción por método de Soxhlet – AOAC 991.36
- Cenizas: incineración a 550° – AOAC 942.05

4.2.2 Propiedades tecnológicas de MP1 y MP2

Con el propósito de conocer las propiedades tecnológicas de MP1 y MP2, se sometieron a determinación de su capacidad de retención de agua - CRA, capacidad de retención de aceite - CRAC y capacidad de hinchamiento – CH, siguiendo la metodología reportada por Meneses y col. (63).

4.2.2.1 Capacidad de retención de agua

Para determinar la CRA se mezclaron 0,5 g de cada una de las biomasas con 10 mL de agua destilada durante 24 h a temperatura ambiente. Posteriormente la mezcla se centrifugó a 3000 rpm por 10 min, se eliminó el sobrenadante y se pesó el precipitado generado. La CRA (%) se calculó mediante la siguiente fórmula (ec. 1):

$$CRA = \frac{Peso\ del\ precipitado - Peso\ de\ la\ muestra}{Peso\ de\ la\ muestra} * 100 \qquad \text{Ec. 1}$$

4.2.2.2 Capacidad de retención de aceite

La CRAC se determinó al mezclar 0,5 g de cada biomasa con 10 mL de aceite de girasol comercial durante 24 h a temperatura ambiente. Posteriormente la mezcla se centrifugó a 3000 rpm por 10 min, se eliminó el sobrenadante y se pesó el precipitado generado. La CRAC (%) se calculó mediante la siguiente fórmula (ec. 2):

$$CRAC = \frac{Peso\ del\ precipitado - Peso\ de\ la\ muestra}{Peso\ de\ la\ muestra} * 100 \qquad \text{Ec. 2}$$

4.2.2.3 Capacidad de hinchamiento

Para la capacidad de hinchamiento se adicionaron 2,0 g de cada biomasa en una probeta graduada de 25 mL y se midió el volumen ocupado por las muestras (V_0). Luego se adicionaron 10 mL agua destilada y se agitó manualmente durante 5 min. Posteriormente, se dejaron en reposo 24 h a temperatura ambiente y se midió el volumen final alcanzado por la fibra (V_1). La capacidad de hinchamiento (mL/g) se calculó mediante la siguiente fórmula (ec. 3):

$$CH = \frac{V1 - V0}{Peso\ de\ la\ muestra} \qquad \text{Ec. 3}$$

4.2.3 Caracterización nutricional, instrumental y sensorial del *snack* tipo galleta

Como formulación base para elaborar el *snack* tipo galleta se realizó un diseño experimental con dos niveles de sustitución de harina de trigo (15 y 30 %) por el ingrediente aportante de fibra dietaria (PP, EM, MP1, MP2 y las posibles mezclas de MP1:MP2 0, 25, 50, 75, 100 %), adicionalmente se realizaron formulaciones de los subproductos sin extracción con fluidos presurizados. El procedimiento (**diagrama 3-1**) para la elaboración del *snack* se presenta a continuación:

Diagrama 3-1 Flujograma de preparación de *snack* tipo galleta

Las formulaciones de galletas sin biomasas de interés (F1), y con diferentes niveles de sustitución de harina por biomasa sin tratamiento con fluidos supercríticos/presurizados (F2-F5), las biomasas pre-tratadas con fluidos supercríticos/presurizados (F6, F7, F11 y F12) y sus mezclas (F8-F10, F13-15) se pueden observar en la **Tabla 4 - 1**.

Tabla 4-1 Formulación del *snack* tipo galleta control y con diferentes niveles de sustitución de harina por biomasas de café y mango.

ID	FIBRA	DESCRIPCIÓN	INGREDIENTE (% p/p)						
			HARINA DE TRIGO	FIBRA CAFÉ	FIBRA MANGO	AGUA	AZÚCAR	MARGARINA	POLVO DE HORNEAR
F1	N/A	Control	43	0	0	17,2	19,4	19,4	1,1
F2	PP	15%	36,6	6,5	0	17,2	19,4	19,4	1,1
F3	PP	30%	30,1	12,9	0	17,2	19,4	19,4	1,1
F4	EM	15%	36,6	0	6,5	17,2	19,4	19,4	1,1
F5	EM	30%	30,1	0	12,9	17,2	19,4	19,4	1,1
F6	MP1	15%	36,6	6,5	0	17,2	19,4	19,4	1,1
F7	MP2	15%	36,6	0	6,5	17,2	19,4	19,4	1,1
F8	MP1/MP2 50:50	15%	36,6	3,2	3,2	17,2	19,4	19,4	1,1
F9	MP1/MP2 25:75	15%	36,6	1,6	4,8	17,2	19,4	19,4	1,1
F10	MP1/MP2 75:25	15%	36,6	4,8	1,6	17,2	19,4	19,4	1,1
F11	MP1	30%	30,1	12,9	0	17,2	19,4	19,4	1,1
F12	MP2	30%	30,1	0	12,9	17,2	19,4	19,4	1,1
F13	MP1/MP2 50:50	30%	30,1	6,5	6,5	17,2	19,4	19,4	1,1
F14	MP1/MP2 25:75	30%	30,1	3,2	9,7	17,2	19,4	19,4	1,1
F15	MP1/MP2 75:25	30%	30,1	9,7	3,2	17,2	19,4	19,4	1,1

4.2.3.1 Análisis de textura del *snack* tipo galleta

Las formulaciones del *snack* tipo galleta se sometieron a la prueba de compresión para determinar la fuerza de fractura por medio de un analizador de textura TA-XT *Plus* Stable Micro Systems® (**Figura 4–2**).

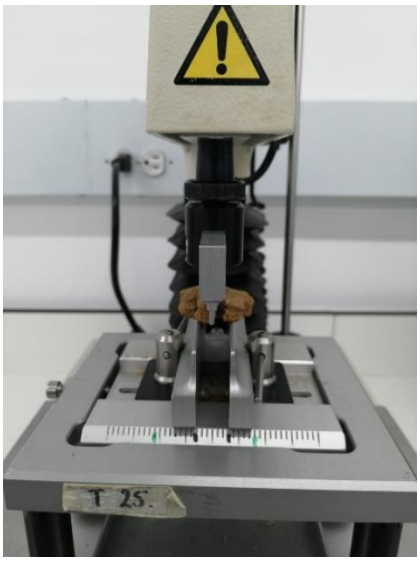


Figura 4-2 Análisis de textura de las formulaciones *snack* tipo galleta mediante texturómetro TA-XT – *Plus.*

Para esta determinación, se usó un cuchillo tubular de borde remo como espesor de 4 mm y que se desplaza a una velocidad pre, post y de prueba de 1.0 mm/s, 10.0 mm/s, 3.0 mm/s, respectivamente Se tomaron 10 réplicas para cada una de las formulaciones. La fuerza de fractura (N) se interpreta como el pico de fuerza para romper la galleta.

4.2.3.2 Análisis de color del *snack* tipo galleta

El color de las galletas se evaluó por medio de un espectrofotocolorímetro ColorQuest XE (**Figura 3-2**), con el fin de determinar el efecto de la adición de las biomasas de PP, EM, MP1, MP2 y mezclas sobre dicha variable. Se realizaron 4 réplicas por cada una de las formulaciones de galletas y se registraron los valores del espacio CIE L, a* y b*, donde L* es luminosidad, a* es el componente de cromaticidad que va de verde a rojo (-a* +a*) y b* va de azul a amarillo (-b +b*); a partir de L, a* y b* fueron calculadas por medio de ecuaciones, las coordenadas polares C* (croma o saturación, diferencia de las distancias

partiendo de cada punto de color hasta el eje de la luminosidad; (-) = saturación inferior al estándar, (+) = saturación superior al estándar), h° (ángulo de matiz, variación del ángulo entre las direcciones de los vectores asignados a los dos colores (64).

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \qquad \text{Ec 4}$$

$$h° = arctg\left(\frac{b^*}{a^*}\right) * \frac{180}{\pi}. \qquad \text{Ec 5}$$

Así mismo con el propósito de identificar la diferencia de color entre cada una de las formulaciones, se determinó la diferencia global de color (ΔE) respecto a un estándar (F1), se calculó según la ecuación (64):

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}. \qquad \text{Ec 6}$$

Figura 4-3 Análisis de color de las formulaciones *snack* tipo galleta mediante espectrofotocolorímetro ColorQuest XE.

4.2.3.3 Análisis estadístico.

Para las variables de textura y color se aplicó prueba de Shapiro – Wilks para determinar la normalidad de los datos, si eran normales, se les realizó una prueba homogeneidad de varianzas (prueba de Levene o Barlett). En las variables que se encontraron datos normales y homogeneidad de variables, se realizó análisis de varianzas empleando ANOVA de una vía y para comparación múltiple de grupos por prueba de Tukey. Para las variables de CRA, CRAC, CH se realizó prueba de Shapiro – Wilks para determinar la normalidad de los datos y se realizó prueba t para varianzas iguales si eran normales, para

los datos que no fueron normales se les aplicó prueba de Wilcoxo. El análisis estadístico de los datos se realizó en el software RStudio©

Con el propósito de obtener las 2 mejores formulaciones en cuanto a las características deseadas, se procesaron los datos instrumentales de textura (dureza y fracturabilidad) y color (L*a* b*) obtenidos y el aporte de fibra (g) de una porción de 30 g de *snack* tipo galleta (calculada teóricamente con el aporte de cada ingrediente) de cada formulación, en el software DART 2.05, usando funciones de conveniencia y utilidad.

Las funciones de conveniencia y utilidad presentan un enfoque basado en la definición de una función de deseabilidad para cada variable con el fin de trasformar los valores de las variables a la misma escala, en un valor entre 0 y 1. La conveniencia general se calcula combinando todas las conveniencias a través de una medida geométrica; mientras que la utilidad general se calcula con menos severidad, como una suma de las utilidades individuales.

4.2.3.4 Análisis sensorial del *snack* tipo galleta

Las pruebas afectivas, son pruebas en las que el panelista o consumidor manifiesta el nivel de aceptación, preferencia o agrado sobre una o varias muestras. Para la determinación de dicha aceptación se usan escalas de calificación. Generalmente en la realización de estas pruebas se requiere de un grupo grande de consumidores que no obligatoriamente deben ser entrenados. Dentro de las pruebas afectivas se encuentran las pruebas de preferencia, pruebas de satisfacción y pruebas de aceptación. Las pruebas de satisfacción de escala hedónica verbal y facial, son pruebas claras, que requieren mínima instrucción, proporcionan más información y puede ser usada por atributos. Estas pruebas son aplicadas en el desarrollo de nuevos productos, estudios de vida útil, reformulaciones de productos y preferencias de consumidores (65,66).

Las dos formulaciones posicionadas con la mejor ponderación de conveniencia y utilidad en términos de las variables de textura, color y aporte de fibra por porción fueron sometidas junto a la formulación control (F1) a un análisis de aceptabilidad sensorial con consumidores, por medio de una escala hedónica de siete puntos (ver **ANEXO A**). En este estudio participaron 50 consumidores no entrenados. Con el fin de disminuir el sesgo del

consumidor a la hora de evaluar las muestras, se adicionó colorante caramelo (E-150d) a la formulación control.

Los resultados obtenidos de las pruebas sensoriales fueron sometidos mediante la prueba de Kruskal-Walis, con el fin de determinar la existencia de diferencia significativas entre las formaciones de *snack* tipo galleta.

4.2.3.5 Análisis nutricional del *snack* tipo galleta

Posterior a la obtención de la formulación con la mejor aceptación por los consumidores se realizó la determinación de fibra dietaria total según la metodología mencionada en el capítulo 3; así mismo se calculó el aporte nutricional de macronutrientes de esta en una porción de 30 g.

5. Resultados y discusión

5.1.1 Caracterización de biomasas de estudio

En la Figura 5-1, se muestran fotografías del aspecto general de las biomasas sin pre-tratar con fluidos presurizados empleadas en este estudio y que fueron sometidas a caracterización proximal.

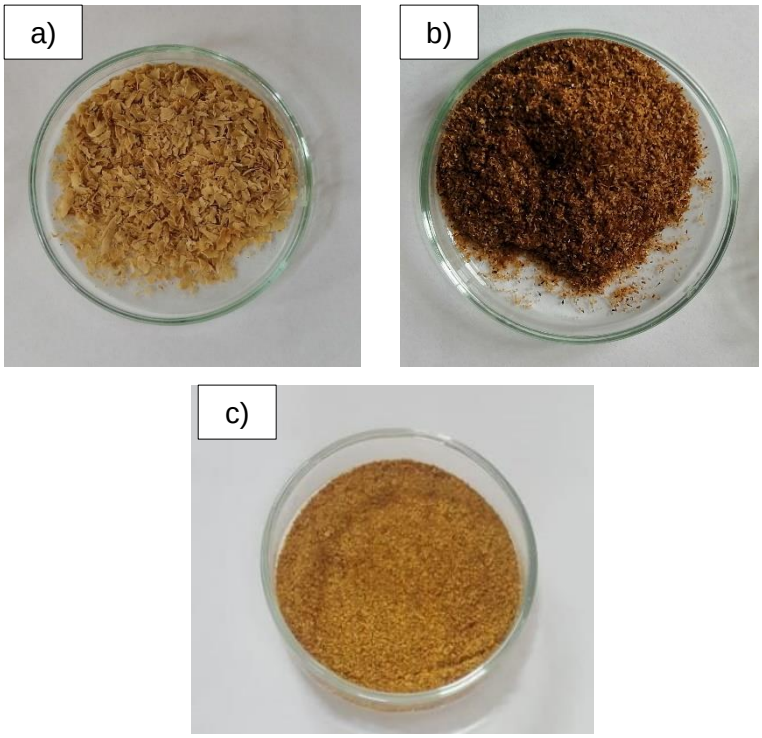


Figura 5-1 Biomasas en estudio. **a)** Cascarilla de café – CC, **b)** Película plateada de café – PP, **c)** Epicarpio de Mango – EM

A continuación, en la **Tabla 5-1**., se presentan los resultados obtenidos del análisis proximal de las biomasas de estudio.

Tabla 5-1 Análisis proximal de las biomasas de estudio.

Componente (%)	Cascarilla de café - CC	Película de Café - PP	Epicarpio de mango - EM
Humedad	7,9 ± 0,1	5,2 ± 0,1	74,6 ± 0,7
Cenizas*	0,9 ± 0,0	5,5 ± 0,2	4,2 ± 0,0
Grasa*	1,6 ± 0,2	5,4 ± 0,7	1,6 ± 0,0
Proteína bruta**	1,6 ± 0,3	13,8 ± 0,6	6,3 ± 0,1
FDT*	81,9 ± 0,2	68,0 ± 0,4	35,6 ± 0,5
FDI*	79,9 ± 0,1	56,4 ± 0,3	23,5 ± 0,4
FDS*	2,0 ± 0,2	11,6 ± 0,3	12,1± 0,3
Carbohidratos***	14,1 ± 0,2	7,2 ± 0,4	52,3 ± 0,6

*Valores expresados en base seca
**N x 6.25
***Valor determinado por diferencia con los demás componentes

De acuerdo con los resultados obtenidos, la cascarilla de café – CC contiene un porcentaje de humedad de 7,9 y 0,9 de cenizas, valores menores a los reportados en la literatura por Fonseca y col. 13,1 % y 3,7 % (67), Janissen y col. 12 % y 6 % (68) y Gómez y col. 10,1 % y 1,2 % (69). Por su parte, el contenido de grasa encontrado para esta biomasa (1,59 %) es superior a los obtenidos por Iriondo y col. (0,3 %) y mientras que el valor de proteína bruta es inferior a los reportados por esta misma autora siendo 3,1 % frente a 1,55 % de la presente investigación. (24). En relación al porcentaje de grasa determinado, se encuentra dentro del rango reportado en la revisión realizada por Massaya y col. el cual es de 0,5 a 6 % (70).

Por otro lado, el componente mayoritario en el análisis proximal de la cascarilla de café es la fibra dietaria total con 81,9 %, siendo el 79,9 % fibra dietaria insoluble y el 2,0 % fibra dietaria soluble. Estos dos primeros valores fueron menores a los descritos por Iriondo y col. (92,6 % y 92,1 %), mientras que el valor de fibra dietaria soluble fue mayor al reportado en este mismo estudio (0,5 %) (24). De acuerdo a la literatura, los compuestos principales

de la fibra dietaria total presentes en la cascarilla de café, son la hemicelulosa 4-10 %, celulosa 35-51 % y lignina 7-11 % (24,70).

En cuanto a la película plateada del café – PP, se obtuvo un porcentaje de 5,2 % (de humedad, valor superior al 4,7 % encontrado en el estudio de Costa y col. (71) y dentro del rango de 2,59 a 10,34 % reportado por Toschi y col. (72). El porcentaje de ceniza determinado en la presente investigación para la PP (5,53 %;5,2 g/100 g) fue muy similar al reportado en el estudio de Sánchez y Anzola para la PP de variedad caturra (5,59 %) y lo encontrado por Jiménez y col., 5,4 % (73); y menor al 8,34 g/100 g reportado por Costa y col. (71) y 7 g/100 g de la investigación de Borrelli y col. (28). Estudios recientes reportan algunos minerales presentes en PP, como potasio (21,100 mg/kg de PP seca), calcio (9,4 mg/kg), magnesio (3,1 mg/kg), azufre (2,8 mg/kg), fósforo (1,2 mg/kg) y hierro (843 mg/kg), entre otros. Sin embargo, los autores también informaron la presencia de aluminio (470 mg/kg) (19). Para el componente de grasa, la PP presentó un 5,4 %, el cual es superior a lo obtenido por estudios antes mencionados, donde oscila entre 2 a 4 % (21,24,28,70,72).

Los componentes mayoritarios de la PP de acuerdo con lo obtenido durante el presente estudio son la fibra dietaria total - FDT (68,0 %) y la proteína bruta (13,8 %); el primero de ellos, fue consistente con lo reportado en las investigaciones de Iriondo y col. (67,7 %) (24), Toschi y col. (67,7-80 %) (72) y Sánchez y Anzola (69,9 %) (21), y ligeramente menor a lo encontrado por Borrelli y col. (62,4 %) (28). Es importante mencionar que, aunque los valores de fibra dietaria total son cercanos a los reportados por estudios previos, los valores de fibra dietaria insoluble (56,4 %) y soluble (11,6 %) obtenidos, difieren a lo reportado; la fibra dietaria soluble reportada por otros autores oscila entre 3,3 a 8,8 % (21,24,28,71,72).

Por último, el porcentaje de proteína bruta determinado es mayor a los estudios de Iriondo y col. (10,9 %) (24) y Sánchez y Anzola (11,91 %) (21) y menor a Massaya y col., Borelli y col., Costa y col. (15 %,18,6 %, 18,8 % respectivamente) (28,70,74). Se debe tener en cuenta que el método empleado para la determinación de proteína bruta (método de Kjeldahl) al cuantificar nitrógeno total puede verse afectado por el contenido de compuestos nitrogenados no proteicos derivados de la reacción de Maillard durante el proceso de tostión del café (21,73).

Al comparar entre las dos biomasas de café analizadas durante la investigación, es notorio que la PP presenta un mejor contenido nutricional frente a la CC, pues el contenido de cenizas, grasa, proteína bruta y fibra soluble fueron mucho más elevados en la PP, mientras que la humedad y fibra dietaria total predominaron en la CC. Esto puede entenderse debido a que el proceso de tostión del café tiene un impacto directo nutricional en la PP, especialmente sobre la humedad y el contenido de fibra dietaria soluble, generando que el primero de ellos disminuya y el segundo aumente en comparación con la CC (20).

El contenido nutricional del epicarpio de mango – EM usado en el presente estudio, fue analizado previamente por Sánchez y col. (38), como parte de otro proyecto, donde se resaltan los valores de humedad (74,6 %) y fibra dietaria total (35,6 %). Existen escasos trabajos reportados en la literatura sobre el contenido proximal del epicarpio de mango variedad azúcar por lo que se hace necesario comparar los resultados obtenidos con otras variedades. En comparación con estudios realizados por Vergara y col. sobre el epicarpio de mango variedad Tommy, los valores de cenizas, proteína bruta y fibra dietaria total de EM *var*. Azúcar (4,2 %, 6,3 % y 35,6 %, respectivamente) fueron mayores frente a los reportados en dicho estudio (2,8 %, 4,28 % y 28,0 %, respectivamente) (75). Así mismo en otra investigación de Serna y col. donde se analizó el epicarpio de mango de las variedades Tommy Atkins y Keintt, se reportaron porcentajes menores de FDT (19,9 % y 22,18 %, respectivamente), al igual que para FDI y FDS (16,4 % y 18,1 %; y 3,53 % y 4,2 %, respectivamente) (76). El contenido de fibra dietaria total de esta biomasa es importante ya que es muy superior a otras biomasas de similares características como las biomasas analizadas por Vargas y col. (lima, berenjena, zanahoria, papaya) donde se obtuvieron datos no mayores a 1,88 % para dicho componente (77).

Considerando los resultados obtenidos en la caracterización proximal de las tres biomasas objeto de estudio en esta investigación y que la PP y el EM presentan un importante contenido nutricional, en especial de fibra dietaria total, y con el propósito de aportar a la valorización de estos subproductos de la agroindustria, se procede a trabajar con estas dos en la extracción con líquidos presurizados y fluidos supercríticos, respectivamente, para posteriormente emplear las correspondientes tortas en la elaboración de un *snack* tipo galleta.

5.1.2 Propiedades tecnológicas de MP1 y MP2

Posterior a la selección de la PP y el EM por su contenido nutricional y buscando la valorización de estos subproductos, se realiza la extracción por técnicas verdes para obtención de extractos bioactivos y de biomasas residuales (tortas de extracción), siendo estas últimas el objeto de interés del presente trabajo, dada la posibilidad de emplearlas como ingredientes aportantes de fibra dietaria en el desarrollo de un *snack* tipo galleta.

En la **Figura 5-2**, que se muestra a continuación, se presenta el aspecto de las muestras MP1 y MP2.

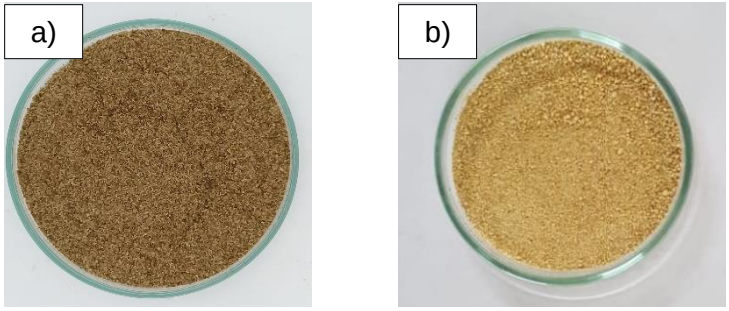


Figura 5-2 a) Biomasas de Película plateada de café tratada con líquidos presurizados y de **b)** Epicarpio de Mango tratado con CO_2 supercrítico.

Posterior a la obtención de las fibras residuales de PP (MP1) y de EM (MP2) se determinó la capacidad de retención de agua – CRA, capacidad de retención de aceite – CRAC, capacidad de hinchamiento- CH para cada una de ellas. Los resultados obtenidos se presentan en la **Tabla N° 5 – 2**.

Tabla 5-2 Propiedades funcionales y tecnológicas de MP1 y MP2

Materia prima	CRA (%)	CRAC (%)	CH (mL/g)
MP1	8,9 ± 0,2	4,8 ± 0,3	0,20 ± 0,10
MP2	6,9 ± 0,2	1,8 ± 0,1	4,20 ± 0,30

En general, las propiedades funcionales de la fibra dietaria son las encargadas de los efectos fisiológicos que desarrollan en el organismo, y pueden verse afectadas por la fuente de obtención, la estructura de la fibra, la relación fibra dietaria insoluble/fibra dietaria soluble, el tamaño de partícula y los tratamientos a la cual es sometida.

El análisis de los datos reportados en la **Tabla 5–2** para las propiedades CRA, CRAC y CH para las MP1 y MP2 se obtuvieron diferencias significativas ($p<0,05$). Es posible observar que la biomasa MP1, tiene una mayor CRA, CRAC y menor CH que la MP2. Sin embargo, cabe resaltar que el valor de CH para MP1 es muy bajo en comparación a MP2; esto se relaciona con lo observado en las pruebas físicas, donde las lecturas de volumen inicial para MP1 son muy altas comparadas con MP2 y al momento de la adición de agua se observan volúmenes finales equiparables, dando lugar a diferencias de volumen mayores en MP2 y menores en MP1.

Los valores obtenidos para CRA en la presente investigación, tanto para MP1 como para MP2, son mayores a los reportados por Menesess y col. para fibra de banano verde (3,4 %) (63).

Se realizó la determinación del contenido de fibra dietaria total a MP1 y MP2, considerando que el objetivo principal de la presente investigación es la inclusión de los subproductos PP y EM como ingredientes en la elaboración de un *snack* rico en fibra dietaria; por lo cual los resultados se presentan en la **Tabla N° 5 – 3**.

Tabla 5-3 Aporte de fibra dietaria total de PP, EM, MP1, MP2

Biomasa	PP	EM	MP1	MP2
FDT (g/100 g) *	64,5 ± 0,4	9,0 ± 0,5	72,9 ± 0,7	32,7± 0,2

*g/100 g biomasa fresca (base húmeda)

El contenido de fibra dietaria total de las tortas de extracción (MP1 y MP2) aumenta, en comparación con los subproductos PP y EM, respectivamente. Luego de los respectivos procesos de extracción, la fibra dietaria total varía de 64,5 a 72,9 g/100 g en el subproducto de café, y de 9,0 a 32,7 g/100 g en el subproducto de mango, respectivamente. Dado que las técnicas de extracción empleadas facilitan la extracción de compuestos tanto apolares

como polares, se ve favorecida la concentración del contenido de fibra dietaria total en las tortas de extracción (MP1 y MP2).

5.1.3 Caracterización nutricional, instrumental y sensorial del *snack* tipo galleta

5.1.3.1 Elaboración de *snack* tipo galletas

Se llevaron a cabo las 15 formulaciones propuestas en la **Tabla 4-1** con diferentes niveles de inclusión de PP, EM, MP1, MP2 y mezclas, siguiendo el procedimiento descrito en el capítulo anterior. Durante el proceso de elaboración del *snack* tipo galleta se realizó un amasado manual de todas las formulaciones; permitiendo así, una descripción de las características físicas de las masas y de las galletas obtenidas.

En la **Figura 5-3**, se presentan imágenes de las galletas antes (izquierda) y después (derecha) del proceso de horneado, para todas las formulaciones. En general se integraron todos los ingredientes de manera homogénea, difiriendo principalmente en el tiempo requerido hasta alcanzar consistencia idónea (todas las formulaciones fueron sometidas al mismo tiempo de amasado) y en la energía impartida en el amasado. No se encontraron diferencias apreciables entre las formulaciones para PP, EM, MP1, MP2 y sus mezclas en el amasado.

Las formulaciones F1 (control) y con inclusión de EM y MP2 (F4, F5, F7 y F12) requirieron menor tiempo y energía impartida en el amasado para alcanzar consistencia deseada en las masas (buena extensibilidad, baja elasticidad y baja resistencia a la deformación) (78).

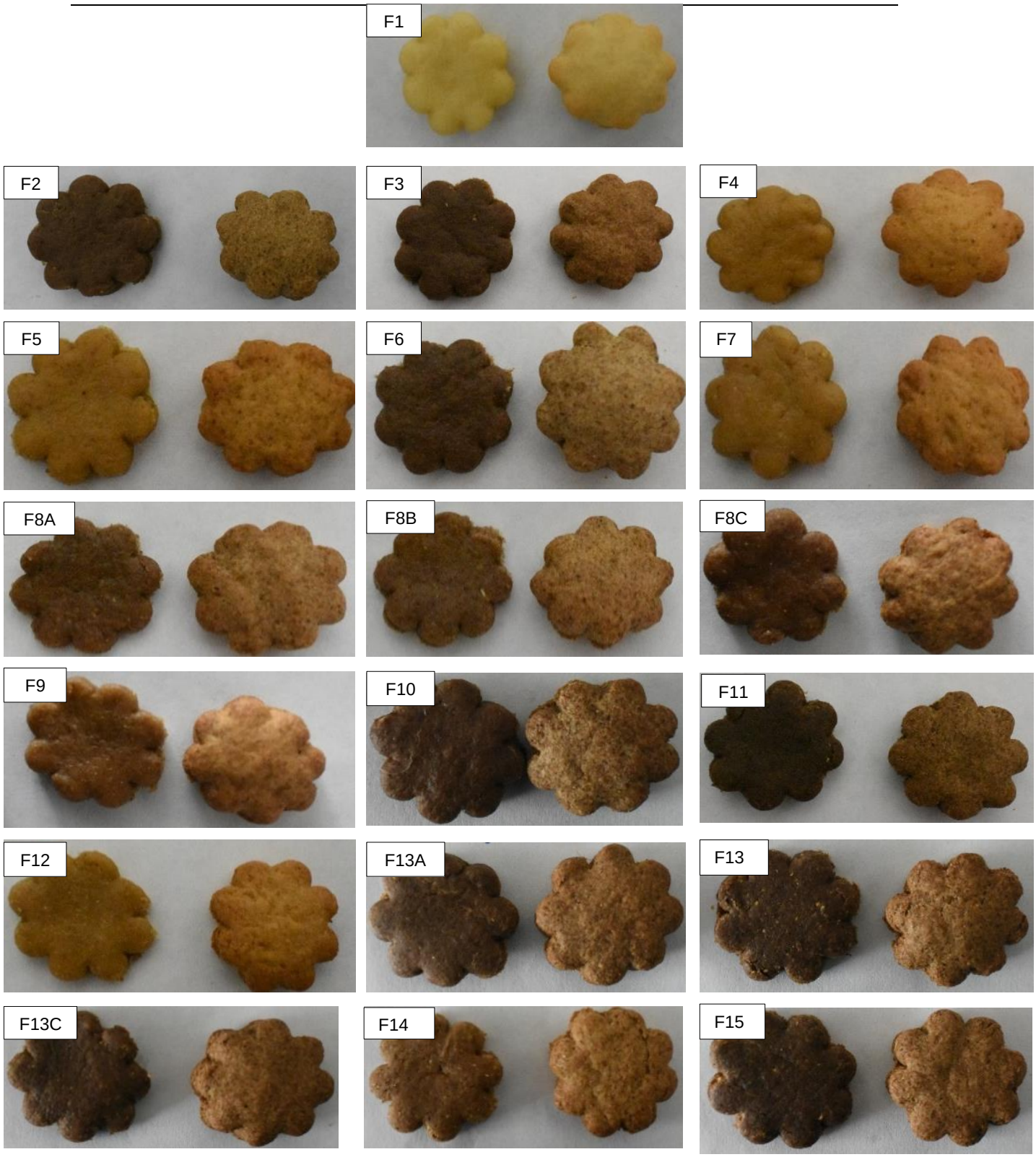


Figura 5-3. Formulaciones elaboradas de *snack* tipo galleta sin y con adición de subproductos de café y de mango, según la **Tabla 4-1**; para cada pareja de galletas: antes (izquierda) y después (derecha) del horneado.

En cuanto a la coloración, con inclusión de EM y MP2 se obtuvieron tonalidades más claras en comparación con las formulaciones con inclusión de PP y MP1 (F2, F3, F6 y F11), con características de consistencia contrarias a las descritas. Las formulaciones correspondientes a las mezclas de MP1 y MP2 (F8-F10 y F13-F15) presentaron características intermedias a las mencionadas con inclusión.

Respecto a los porcentajes de inclusión de subproducto o fibra residual, en todos los casos los porcentajes más bajos de inclusión (15 %) presentaron comportamiento más manejable y fácil en la elaboración de las galletas en comparación con los porcentajes más altos (30 %), los cuales representaron dificultad al momento de alcanzar las características deseadas en el proceso para la elaboración de galletas, ya que la incorporación de fibra dietaria en la masa de galletas tiende a requerir un aumento en el nivel de hidratación dependiendo de los tipos y contenidos de fibra (79).

Por último, visualmente se puede apreciar una disminución de la intensidad del color sobre la superficie de la galleta después del horneado en comparación con las masas iniciales (antes del horneado), lo cual puede deberse al menor contenido de humedad en las galletas horneadas.

5.1.3.2 Análisis de textura para las formulaciones del *snack* tipo galleta

En los alimentos, la textura es una de las propiedades que se encuentra estrechamente relacionada con la calidad y una de las más importantes para los consumidores, llegando a ser determinante para la aceptabilidad del producto. A pesar de esto, la determinación de parámetros de textura en galletas es difícil, debido a su composición heterogénea y a su estructura poco uniforme. Los resultados obtenidos de los atributos primarios (dureza) y secundarios (fracturabilidad) de textura mecánica de las formulaciones de *snack* tipo galleta se presentan en la **Tabla N° 5 – 4**.

Tabla 5-4 Resultados textura de las formulaciones de *snack* tipo galleta.

ID	Descripción	Dureza (N)*	Fracturabilidad (mm)*
F1	N/A	40,35 ± 3,00[a]	47,82 ± 0,91[f]
F2	PP – 15 %	53,28 ± 6,95[bcd]	46,19 ± 1,59[de]
F3	PP – 30 %	81,88 ± 8,52[ghi]	43,55 ± 0,69[ab]
F4	EM – 15 %	46,87 ± 7,88[ab]	47,32 ± 1,05[ef]
F5	EM – 30 %	75,39 ± 8,72[g]	43,91 ± 0,47[b]
F6	MP1 – 15 %	53,56 ± 6,41[cd]	46,51 ± 10,10[d]
F7	MP2 – 15 %	49,74 ± 7,86[bc]	46,63 ± 1,29[de]
F8	MP1/MP2 50:50 – 15 %	45,45 ± 3,79[bc]	45,86 ± 1,08[d]
F9	MP1/MP2 25:75 – 15 %	47,62 ± 6,14[bc]	45,41 ± 1,17[cd]
F10	MP1/MP2 75:25 – 15 %	56,89 ± 7,78[de]	44,21 ± 1,35[bc]
F11	MP1 – 30 %	84,95 ± 7,46[i]	43,47 ± 1,02[ab]
F12	MP2 – 30 %	63,59 ± 7,22[ef]	43,65 ± 0,91[ab]
F13	MP1/MP2 50:50 – 30 %	69,43 ± 6,67[g]	43,66 ± 0,68[b]
F14	MP1/MP2 25:75 – 30 %	75,00 ± 11,71[fgh]	43,56 ± 1,08[ab]
F15	MP1/MP2 75:25 – 30 %	86,22 ± 9,54[hi]	42,71 ± 1,01[a]

* Valores de media y desviación estándar de 10 determinaciones por cada formulación propuesta.
Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas ($p<0.05$).

De acuerdo con la **Tabla 5-4**, las formulaciones con inclusión de subproductos obtuvieron diferencias significativas ($p<0,05$) frente al control (F1) con excepción de F4 (EM-15%); mostrando un considerable aumento en los valores de la variable dureza y en menor medida disminución de los valores de fracturabilidad. Los subproductos provenientes de café (PP y MP1) otorgan un ligeros aumentos y disminución en los valores de dureza y fracturabilidad, respectivamente, en comparación con los subproductos provenientes de mango (EM y MP2); sin embargo, no se presentan diferencias significativas ($p>0,05$) cuando se comparan por nivel de inclusión y con/sin sometimiento a técnicas de extracción, exceptuando la comparación MP1-MP2 al 30% en el caso de la dureza. Por otra parte, un mayor porcentaje de inclusión (15 a 30 %) reportó diferencias significativas ($p<0,05$) en todos los casos, con aumentos considerables de los valores de dureza y disminución de los valores de fracturabilidad. El sometimiento a técnicas de extracción, dan lugar a ligeros aumentos de los valores de dureza y ligeras disminuciones de los valores de

fracturabilidad, donde, no se presentan diferencias significativas ($p>0,05$) con excepción de la comparación EM-MP2 al 30% en el caso de la dureza.

5.1.3.1 Análisis de color para las formulaciones del *snack* tipo galleta

En la **Tabla 5–5**, se reportan los datos promedio de color obtenidos y medidos en coordenadas CIELab para todas las formulaciones de la tabla 3-1, luego de ser horneadas. A partir de las variables L*, a* y b*, se determinan las variables croma (C_{ab}*) y tonalidad (h_{ab}*), que permiten analizar la diferencia de las distancias partiendo de cada punto de color hasta el eje de la luminosidad (mayor o menor saturación) y la variación del ángulo entre las direcciones de los vectores asignados a los dos colores, respectivamente (64). Con el fin de identificar la diferencia de color entre cada formulación, se determina la diferencia global de color (ΔE) respecto a un estándar (control).

Los rangos de las variables L*, a* y b*, donde se ubican los valores medidos respecto a las formulaciones con diferentes niveles de inclusión corresponden a (43-62), (6-11) y (21-36), respectivamente. Los puntos tridimensionales de color se ubican sobre el cuadrante positivo del plano a*b* y la zona central del eje L*; lo anterior infiere que se presenta tendencia hacia las coloraciones rojizas y amarillas con una intensidad lumínica intermedia entre tenue y oscuro.

Respecto a la variable de luminosidad (L*) se aprecia que reporta valores más altos para las formulaciones con inclusión de EM y MP2 en comparación con PP y MP1 reportando diferencias significativas ($p<0,05$), dado que el color marrón característico de estas últimas confiere intensidad lumínica hacia el oscuro; por otra parte, a mayor porcentaje de inclusión de fibra (15 a 30 %) para cualquier formulación propuesta se observa una tendencia decreciente sobre el eje L*, presentando diferencias significativas ($p<0,05$) entre las comparaciones con excepción de EM. Las formulaciones sometidas a técnicas de extracción presentan un comportamiento creciente para porcentajes de 15 y decreciente con porcentaje de 30, debido posiblemente a que mayores porcentajes de inclusión intensifican la tendencia hacia el marrón oscuro, limitando la incorporación en la matriz y saturando la mezcla (27).

Tabla 5-5 Datos de color para las formulaciones de *snack* tipo galleta horneada.

ID	Descripción	L*	a*	b*	h°	C*	∆E†
F1	N/A	75,86 ± 0,67^{i}	5,43 ± 0,53^{def}	33,31 ± 0,47^{g}	80,76 ± 0,77^{jk}	33,75 ± 0,54^{e}	0,00
F2	PP – 15 %	49,07 ± 2,18^{cde}	8,75 ± 0,81^{dfg}	27,32 ± 0,83^{ef}	72,26 ± 1,03^{cfgh}	28,69 ± 1,04^{d}	27,65
F3	PP – 30 %	43,86 ± 1,41^{ab}	8,26 ± 0,04^{bde}	24,37 ± 0,19^{d}	71,27 ± 0,22^{df}	25,73 ± 0,17^{c}	33,35
F4	EM – 15 %	59,82 ± 0,84^{i}	10,78 ± 0,52^{hi}	36,06 ± 0,31^{e}	73,37 ± 0,69^{hij}	37,64 ± 0,40^{g}	17,13
F5	EM – 30 %	59,61 ± 0,94^{i}	10,22 ± 0,22^{h}	35,21 ± 0,53^{h}	73,81 ± 0,32^{hij}	36,66 ± 0,54^{f}	17,05
F6	MP1 – 15 %	53,78 ± 1,74^{fgh}	6,34 ± 0,36^{a}	23,40 ± 0,52^{bc}	74,84 ± 0,65^{k}	24,24 ± 0,57^{ab}	24,22
F7	MP2 – 15 %	61,47 ± 0,99^{i}	10,98 ± 0,77^{ghi}	34,91 ± 0,73^{hi}	72,56 ± 0,82^{eghj}	36,60 ± 0,92^{fg}	15,50
F8	MP1/MP2 50:50 – 15 %	51,66 ± 1,90^{eg}	8,76 ± 0,51^{ef}	27,09 ± 1,05^{e}	72,08 ± 0,71^{defg}	28,48 ± 1,12^{d}	25,20
F9	MP1/MP2 25:75 – 15 %	54,83 ± 1,41^{fh}	10,35 ± 0,27^{hi}	29,30 ± 0,54^{g}	70,55 ± 0,46^{bc}	31,07 ± 0,55^{e}	21,96
F10	MP1/MP2 75:25 – 15 %	48,22 ± 3,99^{bcdef}	7,82 ± 0,43^{b}	23,41 ± 0,56^{bcd}	71,52 ± 1,24^{bcdefgh}	24,68 ± 0,46^{b}	29,45
F11	MP1 – 30 %	41,86 ± 1,61^{a}	7,79 ± 0,57^{bc}	22,69 ± 0,73^{ab}	71,07 ± 0,77^{bde}	23,99 ± 0,87^{ab}	35,70
F12	MP2 – 30 %	55,43 ± 1,17^{h}	11,16 ± 0,39^{i}	35,03 ± 0,83^{hi}	72,33 ± 0,46^{egi}	36,76 ± 0,87^{fg}	21,29
F13	MP1/MP2 50:50 – 30 %	44,28 ± 1,49^{ab}	8,66 ± 0,22^{f}	24,21 ± 0,78^{cd}	70,29 ± 0,75^{b}	25,71 ± 0,74^{c}	33,02
F14	MP1/MP2 25:75 – 30 %	49,64 ± 0,72^{d}	8,77 ± 0,31^{cf}	28,00 ± 0,19^{f}	72,61 ± 0,49^{g}	29,34 ± 0,27^{d}	26,96
F15	MP1/MP2 75:25 – 30 %	46,04 ± 1,09^{bc}	8,10 ± 0,29^{bd}	21,53 ± 0,87^{a}	69,38 ± 0,58^{a}	23,00 ± 0,89^{a}	32,18

**Valores de media y desviación estándar de 4 determinaciones por cada formulación propuesta.

† ∆E se refiere a la diferencia global de color en el espacio CIELAB respecto al control positivo (F1).

Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas ($p<0.05$).

En cuanto a las variables a* y b*, se observa valores mayores sobre las formulaciones con inclusión de EM y MP2 en comparación con PP y MP1; infiriendo que los subproductos provenientes del mango otorgan coloración más rojiza y amarilla que las provenientes de los subproductos de café. La inclusión de mayor porcentaje (15 a 30 %) favorece el aumento de la variable a*(+ rojo) y la disminución de la variable b* (- amarillo). Por último, las formulaciones sometidas a técnicas de extracción verde favorecen el aumento de la variable a* para el caso de los subproductos provenientes del mango y disminuye en el caso de subproductos provenientes de café y para la variable b* disminuye en los dos casos mencionados.

Es a partir de las tres variables previamente mencionadas (L*, a*, b*) que se determina la diferencia global de color (ΔE) para cada una de las formulaciones, teniendo como estándar la formulación control F1. Los resultados obtenidos son mayores a los 15 puntos, donde la diferencia global de color entre las formulaciones y el control es fácilmente apreciable por el ojo humano (80); de igual manera se evidencian diferencias globales de color marcadas entre las formulaciones con inclusión de los dos subproductos.

Los ángulos de tono h_{ab}* correspondientes a las formulaciones, se ubican en el primer cuadrante (0-90°) con valores entre 69°-75, corroborando la tendencia de tono de acuerdo con los ángulos en los que se ubican (45°=rojo, 90°=amarillo)(80). Los valores correspondientes al croma C_{ab}* se encuentran en un rango de (23-38) interpretado como saturación o intensidad del color (cantidad de color puro que hay en una muestra). Las formulaciones con inclusión de subproductos provenientes de café (PP y MP1) y sometidos a técnicas de extracción, reportan menor intensidad en comparación de los subproductos provenientes de mango (EM y MP2); un mayor porcentaje de inclusión (15 a 30 %) se interpreta como disminución de la intensidad.

5.1.3.1 Determinación de las formulaciones con las mejores características deseadas.

Teniendo en cuenta que el propósito final de esta investigación es el desarrollo de un *snack* tipo galleta con la adición de subproductos de la agroindustria como forma de valorización, y que las biomasas antes y después de ser sometidas a los procesos EFS y ELP presentan un importante contenido en fibra dietaria, se realizó el cálculo teórico de aporte de fibra

dietaria de una porción de 30 g de cada una de las formulaciones elaboradas del *snack* tipo galleta.

La definición del tamaño de porción, corresponde al gramaje que una persona adulta (18 a 64 años) podría consumir entre comidas como *snack* (5). A continuación, se presentan en la **Tabla N° 5–6**, el cálculo teórico de aporte de fibra por formulación:

Tabla 5-6 Aporte teórico de fibra por porción de las formulaciones tipo galleta

ID	Descripción	Aporte de fibra por porción* (g)
F1	N/A	0,43
F2	PP – 15 %	1,61
F3	PP – 30 %	2,80
F4	EM – 15 %	0,54
F5	EM – 30 %	0,65
F6	MP1 – 15 %	1,78
F7	MP2 – 15 %	0,99
F8	MP1/MP2 50:50 – 15 %	1,34
F9	MP1/MP2 25:75 – 15 %	1,19
F10	MP1/MP2 75:25 – 15 %	1,58
F11	MP1 – 30 %	3,12
F12	MP2 – 30 %	1,57
F13	MP1/MP2 50:50 – 30 %	2,34
F14	MP1/MP2 25:75 – 30 %	1,96
F15	MP1/MP2 75:25 – 30 %	2,73

*Aporte de fibra por ingredientes en 100g (Harina de trigo 3,33g, PP 64,5g, EM 9 g, MP1 72,9 y MP2 32,7)

Los resultados obtenidos de textura, color y aporte teórico de fibra por porción, para cada una de las formulaciones elaboradas fueron procesadas en el software DART 2.05 donde se establecieron las características deseadas para el *snack* tipo galleta, por lo cual se maximizó la respuesta de las variables de dureza, L*, a*, b* y aporte de fibra y se minimizó la variable de fracturabilidad; adicionalmente se fijó un porcentaje de importancia para cada variable, asignándole 25 % para el aporte de fibra dietaria y un 15 % para el resto de las variables.

Los datos arrojados por el software, clasifica las formulaciones del *snack* tipo galleta de acuerdo con la mejor conveniencia y utilidad global para los criterios fijados. Las formulaciones con las mejores ponderaciones corresponden a F12, F14, F5; es decir, que, para obtener una alta dureza, menor fracturabilidad, colores característicos al horneado y un alto aporte de fibra dietaria por porción es más útil y conveniente en primer lugar realizar inclusión de 30 % MP2 y en segundo lugar realizar inclusión 30 % de MP1/MP2 25:75. La formulación F5 presentó una menor conveniencia y mayor utilidad, frente a las otras dos formulaciones.

5.1.3.2 Análisis sensorial del *snack* tipo galleta

La aceptabilidad de las tres formulaciones, esto es, 30 % MP2, MP1/MP2 25:75 – 30 % y control de *snack* tipo galleta, se realizó con 50 consumidores no entrenados. Se identificaron las muestras de galleta de aproximadamente 5 g con códigos aleatorios de tres dígitos y se presentaron al tiempo a los consumidores en bandejas blancas. Los participantes evaluaron la aceptación global de las formulaciones utilizando escala hedónica de 7 puntos (**ANEXO A**). Adicionalmente se indagó por la intención de compra, consumo habitual de galletas, información asociada a síntomas de COVID-19 (previo a la prueba) y observaciones generales.

Los participantes de la prueba se encontraron entre los 23 a 53 años, el 95 % fueron consumidores habituales del producto y el 20 % fueron positivos para COVID – 19 asintomáticos en un periodo no menor a 3 meses, es decir no presentaron pérdida de sentido del olfato y/o gusto.

Los resultados de aceptabilidad sensorial obtenidos de las formulaciones F1 (control), F12 (MP2 30 %) y F14 (MP1/MP2 25/75 – 30 %) se presentan en la **Tabla N° 5–7** y **Gráfica 5–1.**

Tabla 5-7 Aceptabilidad sensorial de las formulaciones de *snack* tipo galleta.

FORMULACIÓN	ACEPTABILIDAD (Escala hedónica)	ACEPTABILIDAD (%)
F1	5,3 ± 1,2 [a]	76,0
F12	5,9 ± 0,9 [b]	83,7

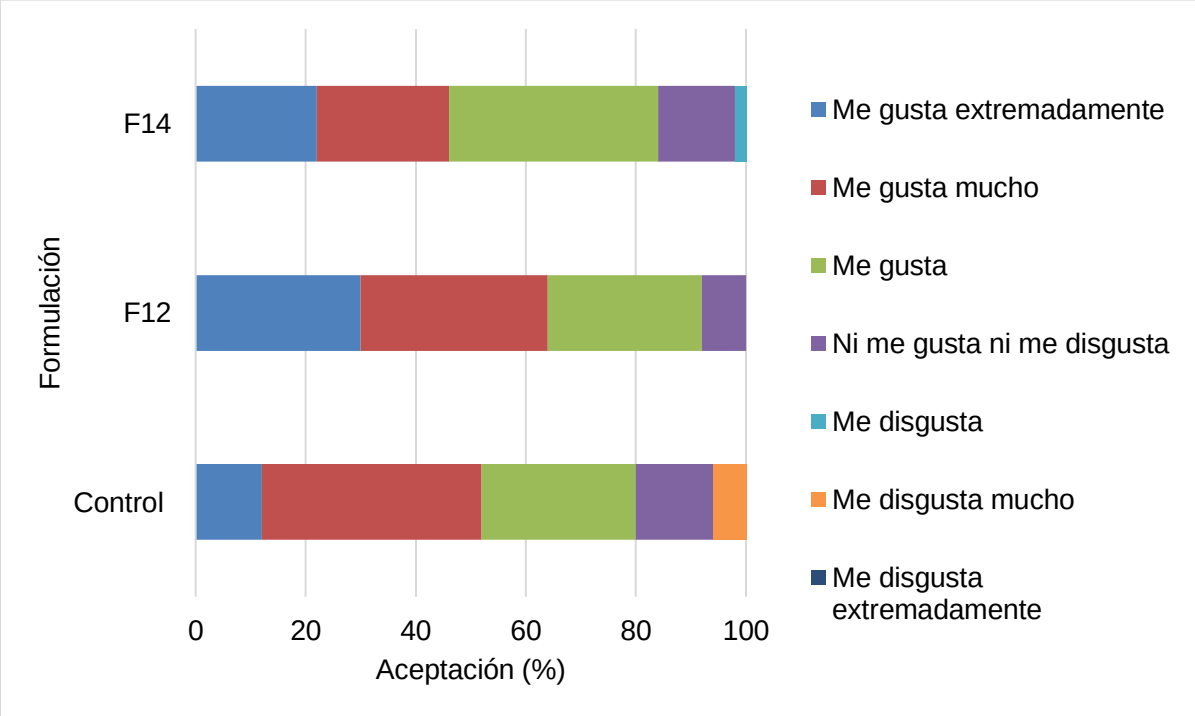
F14	5,5 ± 1,1[ab]	78,6

*Valores expresados como promedio ± desviación estándar.

* Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas (p<0.05).

De acuerdo con los resultados, la formulación F12, presentó una aceptabilidad sensorial del 84 % frente a la F14 y F1 con 79 y 76 % respectivamente, encontrándose diferencias significativas (p<0,05) entre F12 y F1, pero no entre F12 y F14 y F14 y F1. Lo anterior permite inferir que la adición de subproductos de MP1, MP2 y sus mezclas afectan positivamente la aceptación del producto en los consumidores, haciendo factible el desarrollo de un *snack* tipo galleta.

Gráfica 5–1. Porcentaje de aceptabilidad sensorial del *snack* tipo galleta con y sin adición de biomasa residual.



Dentro de las observaciones de los consumidores se resaltan la apreciación del sabor balanceado y excelente, dulzor bajo o adecuado para todas las formulaciones, sin embargo, algunos consumidores manifestaron encontrar la formulación F14, más dura y dulce y con una sensación de resequedad en boca posterior al consumo; dichos comentarios pueden darse posiblemente ya que la formulación F14 corresponde a una

mezcla de MP1 y MP2 en relación 25 %/75 % en un porcentaje inclusión de 30 %, donde la adición del subproducto del café otorga mayor dureza en el producto.

5.1.3.3 Análisis nutricional del *snack* tipo galleta

El aporte nutricional del *snack* tipo galleta con inclusión del 30 % de MP2 (**Tabla N° 5 – 8**) se realizó calculando el aporte nutricional de cada uno de los ingredientes de la formulación. Para la fibra dietaria, se tomaron los valores de fibra dietaria total determinados por método enzimático – gravimétrico descrito, donde se reportó un aporte de 13,9 g /100 g de galleta fresca. Para los demás ingredientes se empleó la Tabla de Composición de Alimentos Colombianos 2018, usando “Harina de trigo, para todo uso, enriquecida, blanqueada” código 616, “Margarina regular, dura, soya (hidrogenada) y palma (hidrogenada y regular) con sal” código 1050 y “azúcar granulada” código 1067 (81).

Tabla 5-8 Aporte nutricional de macronutrientes del *snack* tipo galleta con inclusión de 30 % de MP2.

NUTRIENTE	CONTROL	F12
Calorías (kcal)	113	99
Carbohidratos (g)	16,0	13,1
Grasa total (g)	4,9	4,9
Grasa saturada (g)	1,1	1,1
Grasa monoinsaturada (g)	1,9	1,9
Grasa poliinsaturada (g)	1,7	1,7
Proteína (g)	1,4	1,0
Fibra Dietaria (g)	0,4	4,2

Al comparar el *snack* tipo galleta frente al control en cuanto al aporte nutricional calculado por porción, se puede observar que la inclusión de MP2, aumenta notoriamente el contenido de fibra dietaria, disminuye el aporte de carbohidratos y por ende el aporte calórico.

De acuerdo con la resolución 810 de 2021, para que un alimento sólido o liquido pueda declararse con propiedad nutricional de “buena fuente” debe cumplir con el requisito de contener no menos de 3 g por 100 g o mL o 10 – 19 % del valor diario de referencia del

nutriente por porción; así mismo se pueden utilizar los sinónimos “proporciona”, “fuente”, “contiene” o “con” (56).

Al calcular el porcentaje de cubrimiento del valor de referencia, presentado en la **Tabla N° 5-9**, por el aporte de fibra total, el *snack* tipo galleta elaborado con una inclusión del 30 % de epicarpio de mango sometido a extracción con fluidos supercríticos, cumple con los requisitos normativos para considerarse como “buena fuente de fibra”, por lo cual podrían etiquetarse con dicho descriptor si se desea comercializar en el mercado de alimentos funcionales.

Tabla 5-9 Valor de referencia y porcentaje de cubrimiento *snack* tipo galleta F12

	***Snack* tipo galleta F12**
Porción (g)	30
Número de unidades	6 – 7
Aporte de Fibra dietaria (g)	4,2
Valor de referencia (g)	28
Cubrimiento (%)	**15**

La adecuada ingesta de fibra dietaria se ha visto relacionada con la disminución significativa del riesgo de desarrollar patologías tales como enfermedad coronaria, accidente cerebrovascular, hipertensión, diabetes, obesidad, síndrome metabólico, enfermedades del tracto gastrointestinal (reflujo gastroesofágico, úlcera duodenal, diverticulitis, estreñimiento y hemorroides), depresión, entre otras enfermedades crónicas no transmisibles (82–84). Teniendo en cuenta el alto consumo y aceptación de este producto horneado por parte de los consumidores, el *snack* tipo galleta desarrollado puede convertirse en una excelente opción para la población colombiana, que con su ingesta diaria habitual no logra cubrir el requerimiento de fibra dietaria, obteniendo los beneficios mencionados propios de la fibra dietaria. Lo anterior no solo permite contar con un ingrediente rico en fibra, procedente de un subproducto agroindustrial (epicarpio de mango *var*. Azúcar), que puede hacer parte de la formulación para producir un *snack* rico en fibra, sino que permite dar valor agregado a la cadena de producción de mango de Azúcar. El

presente trabajo constituye un modelo de estudio a seguir, para proponer rutas que valoricen residuos agroindustriales y las respectivas cadenas de valor.

6. Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

- La PP presentó un mayor aporte de cenizas (5,2 %), grasa (5,4 %), proteína bruta (13,8 %) y fibra dietaria soluble (11,6 %) frente a CC, la cual reportó valores importantes de humedad (7,9 %), fibra dietaria total (81,9 %) y fibra dietaria insoluble (79,9 %). Estas diferencias pueden verse influenciadas por el proceso de tostado de PP donde se pierde agua y se producen compuestos derivados de la reacción de Maillard. El EM mostró valores relevantes de humedad, cenizas, proteína y fibra dietaria soluble con 74,6 %, 4,2 %, 6,3 % y 12,1 %, respectivamente.
- La muestra MP1 mostró valores más elevados de las propiedades tecnológicas (CRA, CRAC, CH) evaluadas frente a la muestra MP2.
- La ELP sobre PP aumenta el contenido de fibra dietaria total en MP1, pasando de 64,5 g/100 g a 72,9 g/100 g de biomasa fresca; así mismo, la EFS sobre EM eleva el contenido de fibra dietaria total en MP2 de 9,0 g/100 g a 32,7 g/100 g de biomasa fresca.
- La inclusión de MP1 y MP2 incrementa los tiempos y la energía impartida en el amasado para alcanzar la consistencia deseada en las masas de galletas, como son buena extensibilidad, baja elasticidad y resistencia a la deformación.
- El reemplazo de harina de trigo por MP1 y MP2 afecta significativamente la textura y el color instrumental de las galletas; aumentando la dureza, disminuyendo la fracturabilidad y otorgando coloraciones tendientes al amarillo y rojo.
- Las formulaciones más convenientes y útiles en el desarrollo del *snack* tipo galleta, con una mayor dureza, menor fracturabilidad, mejor patrón de color y aporte teórico de fibra dietaria por una porción de 30 g, fue la de inclusión de 30 % MP2 (F12) y de 30 % de MP1/MP2 25:75 (F14) lo cual muestra una novedosa posibilidad

tecnológica para MP2 (epicarpio de mango de azúcar previamente extraído por EFS) y para MP1 (película plateada del café previamente extraída por ELP).

- La aceptación sensorial de las formulaciones con inclusión de subproductos agroindustriales (F12 y F14) fue ligeramente mayor que la formulación control (F1) sin adición de subproductos.
- El subproducto agroindustrial “epicarpio de mango” sometido a extracción con fluidos supercríticos, puede ser considerado como un ingrediente alimentario que mejora el aporte de fibra dietaria en galletas, disminuye el aporte calórico y de carbohidratos y es muy bien aceptado por los consumidores. De manera complementaria, el subproducto agroindustrial “película plateada de café” sometido a extracción con líquidos presurizados, puede ser considerado como un ingrediente alimentario que mejora el aporte de fibra dietaria en galletas, disminuye el aporte calórico y de carbohidratos y hace parte de una de las formulaciones bien aceptadas por los consumidores.

6.2 Recomendaciones

.

En el estudio del aprovechamiento de subproductos PP y EM y su potencial como ingrediente de productos alimenticios se recomienda:

- Caracterizar el EM y la PP, en términos de análisis proximal, posterior a la EFS y ELP, respectivamente.
- Realizar EFS y ELP de las biomasas aquí estudiadas, variando las condiciones de proceso, y analizar su efecto sobre el contenido de fibra dietaria total, fibra dietaria soluble e insoluble.
- Determinar propiedades tecnológicas de los subproductos EM y PP, teniendo en cuenta el tamaño de partícula, esto con el propósito de analizar los efectos de la EFS y ELP sobre los valores de fibra dietaria soluble e insoluble y relación entre ellas.
- Analizar las propiedades nutricionales, reológicas y tecnológicas de las masas de galleta con inclusión de MP1 y MP2.
- Realizar pruebas de análisis sensorial con consumidores de las formulaciones F12, F14 y F1 donde se evalué la aceptación por escala hedónica de los atributos de color, textura, sabor, olor y apariencia general.
- Realizar el análisis proximal de las galletas F14 y F1 con el propósito de tener el aporte nutricional real del *snack* tipo galleta.
- Análisis de costos y de acceso o disponibilidad de las materias primas EM, PP, MP1 y MP2.

7. Bibliografía

1. Farinazzi-Machado FMV, Barbalho SM, Oshiiwa M, Goulart R, Pessan Junior O. Use of cereal bars with quinoa (Chenopodium quinoa W.) to reduce risk factors related to cardiovascular diseases. Food Sci Technol [Internet]. 2012;32(2):239–44. Available from: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612012000200005&lng=en&nrm=iso&tlng=en
2. FAO. The State of Food and Agriculture 2019. Moving forward on food loss and waste reduction. d. FAO. Rome; 2019. 1–439 p.
3. Velasco RJ, Villada HS. Aplicaciones de los Fluidos Supercríticos en la Agroindustria. Inf Tecnol. 2011;18(1):53–65.
4. Castro-Vargas HI, Baumann W, Parada-Alfonso F. Valorization of agroindustrial wastes: Identification by LC-MS and NMR of benzylglucosinolate from papaya (carica papaya L.) seeds, a protective agent against lipid oxidation in edible oils. Electrophoresis. 2016;37(13):1930–7.
5. ICBF, MSPS, INS, DPS. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional - ENSIN 2015. 2015.
6. Duta DE, Culetu A. Evaluation of rheological , physicochemical , thermal , mechanical and sensory properties of oat-based gluten free cookies. J Food Eng [Internet]. 2015;162:1–8. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2015.04.002
7. Jan KN, Panesar PS, Singh S. Optimization of antioxidant activity , textural and sensory characteristics of gluten-free cookies made from whole indian quinoa fl our. LWT - Food Sci Technol [Internet]. 2018;93(December 2017):573–82. Available from: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.013
8. Giuberti G, Rocchetti G, Sigolo S, Fortunati P, Lucini L, Gallo A. Exploitation of alfalfa seed (Medicago sativa L .) flour into gluten-free rice cookies : Nutritional , antioxidant

and quality characteristics. Food Chem [Internet]. 2018;239:679–87. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.07.004

9. Kaur M, Singh V, Kaur R. Effect of partial replacement of wheat fl our with varying levels of fl axseed fl our on physicochemical , antioxidant and sensory characteristics of cookies. Bioact Carbohydrates Diet Fibre. 2017;9(November 2016):14–20.
10. Mudgil D, Barak S, Khatkar BS. Cookie texture , spread ratio and sensory acceptability of cookies as a function of soluble dietary fi ber , baking time and different water levels. LWT - Food Sci Technol [Internet]. 2017;80:537–42. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.009
11. Serna EG, Saez NM, Mesias M, Morales FJ, Castillo MD. Use of Coffee Silverskin and Stevia to Improve the Formulation of Biscuits. Polish Acad Sci. 2014;64(4):243–51.
12. S.Gaviria, L.Mejia, M.Castro, E.Gómez FC. Pérdida y Desperdicio de alimentos en Colombia. Dep Nac Planeación. 2016;39:116.
13. Valencia NR. Manejo de residuos en la agroindustria cafetera. Cenicafé. 2014;
14. Mouho DG, Oliveira AP, Kodjo CG, Valentão P. Valorisation of Mangifera indica crop biomass residues. Ind Crop Prod [Internet]. 2018;124(June):284–93. Available from: https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.07.028
15. Magoni C, Bruni I, Guzzetti L, Dell M, Sangiovanni E, Piazza S, et al. Valorizing coffee pulp by-products as anti-in fl ammatory ingredient of food supplements acting on IL-8 release. Food Res Int [Internet]. 2018;112(March):129–35. Available from: https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.06.026
16. Cury K, Aguas Y, Martinez A, Olivero R;, Chams L. Residuos agroindustriales su impacto , manejo y aprovechamiento. Rev Colomb Cienc Anim. 2017;9:122–32.
17. Narita Y, Inouye K. Review on utilization and composition of coffee silverskin. FRIN [Internet]. 2014;61:16–22. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2014.01.023
18. Cantergiani E, Andlauer W, Heeger A, Kosin A. Bioactives of coffee cherry pulp and its utilisation for production of Cascara beverage. Food Chem. 2017;221:969–75.
19. Marulanda VA, Chacón-Perez Y, Alzate CAC. The biorefinery concept for the industrial valorization of coffee processing by-products. Handbook of Coffee Processing By-Products: Sustainable Applications. 2017. 63–89 p.
20. Esquivel P, Jiménez VM. Functional properties of coffee and coffee by products.

Food Res Int J [Internet]. 2012;46(2):488–95. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2011.05.028

21. Sánchez A. D, Anzola V. C. Caracterización química de la película plateada del Café (Coffea arábica) en variedades Colombia y Caturra. Rev Colomb Química. 2013;41(2):211–25.
22. Cenicafé. Cultivemos café- Beneficio [Internet]. www. cenicafé.org. 2016. Available from: https://www.cenicafe.org/es/index.php/cultivemos_cafe/beneficio
23. Narita Y, Inouye K. High antioxidant activity of coffee silverskin extracts obtained by the treatment of coffee silverskin with subcritical water. Food Chem [Internet]. 2012;135(3):943–9. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.078
24. Iriondo-dehond A, Aparicio N, Fernandez-gomez B, Guisantes-batan E, Velázquez F, Patricia G, et al. Validation of coffee by-products as novel food ingredients. Innov Food Sci Emerg Technol [Internet]. 2018;(June):0–1. Available from: https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.06.010
25. Pastoriza S, Ru A, Jim A. Revalorization of coffee by-products . Prebiotic , antimicrobial and antioxidant properties. Food Sci Technol. 2015;61:12–8.
26. Iriondo-dehond A, Iriondo-dehond M. biomolecules Applications of Compounds from Coffee Processing By-Products. 2020.
27. Behrouzian F, Amini AM, Alghooneh A, Mohammad S, Razavi A. Characterization of dietary fiber from coffee silverskin: An optimization study using response surface methodology. Bioact Carbohydrates Diet Fibre. 2016;8(November):58–64.
28. Borrelli Cinzia R, Esposito F, Napolitano A, Ritieni A, Vincenzo F. Characterization of a New Potential Functional Ingredient : Agric Food Chem. 2004;52:1338–43.
29. Fernandez-gomez B, Ramos S, Goya L, Dolores M, Dolores M, Ángeles M. Coffee silverskin extract improves glucose-stimulated insulin secretion and protects against streptozotocin-induced damage in pancreatic INS-1E beta cells. Food Res Int [Internet]. 2016;89:1015–22. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2016.03.006
30. CNUCED NATIONS UNIES. MANGO. In: Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo. 2010.
31. Lawson T, Lycett GW, Ali A, Foan C. Characterization of Southeast Asia mangoes (Mangifera indica L) according to their physicochemical attributes. Sci Hortic (Amsterdam) [Internet]. 2019;243(August 2018):189–96. Available from:

https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.014

32. Navarro FH, Morales MSE, Gaytán Martínez M. Elaboración y evaluación de un dulce enriquecido con fibra dietética presente en el bagazo de mango (Mangífera indica L.). Vol. 3. Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada; 2015.
33. De la Rosa L, Álvarez-parrilla JALE. El mango : aspectos agroindustriales , valor nutricional / funcional y efectos en la salud. Nutr Hosp. 2015;31(1):67–75.
34. Vimalraj S, Ashokkumar T, Saravanan S. Biogenic gold nanoparticles synthesis mediated by Mangifera indica seed aqueous extracts exhibits antibacterial , anticancer and anti-angiogenic properties. Biomed Pharmacother [Internet]. 2018;105(February):440–8. Available from: https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.05.151
35. Agronet. Estadisticas agricolas, área y producción de mango en Colombia [Internet]. Ministerio de Cultura y Desarrollo Rural. 2020 [cited 2020 May 1]. Available from: www.agronet.gov
36. Pérez G. W, Noreña T. ME. Cadena del mango indicadores e instrumentos [Internet]. Ministerio de agricultura (Colombia). 2019. Available from: https://sioc.minagricultura.gov.co/Mango/Documentos/2019-06-30 Cifras Sectoriales.pdf
37. Quinterio V, Giraldo G, Lucas J, Vasco J. Caracterización fisicoquímica del mango común (Mangifera indica L .) durante su proceso de maduración. Biotecnol en el Sect Agropecu y Agroindustrial. 2013;11(1):10–8.
38. Sánchez Camargo A del P, Gutiérrez LF, Vargas SM, Martinez Correa HA, Parada Alfonso F, Narváez Cuenca CE. Valorisation of mango peel: Proximate composition, supercritical fluid extraction of carotenoids, and application as an antioxidant additive for an edible oil. J Supercrit Fluids [Internet]. 2019;152:104574. Available from: https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.104574
39. Corrales-Bernal A, Maldonado Camila ME, Urango LA, Franco MEC, Rojano BA. Sugar mango (Mangifera indica), variety from Colombia: Antioxidant, nutritional and sensorial characteristics. Rev Chil Nutr. 2014;41(3):312–8.
40. Asyifah MR, Lu K, Ting HL, Zhang D. Hidden Potential of Tropical Fruit Waste Components as a Useful Source of Remedy for Obesity. Agric Food Chem. 2014;
41. Sánchez-Camargo A del P, Ballesteros-Vivas D, Buelvas-Puello LM, Martinez-

Correa HA, Parada-Alfonso F, Cifuentes A, et al. Microwave-assisted extraction of phenolic compounds with antioxidant and anti-proliferative activities from supercritical CO2 pre-extracted mango peel as valorization strategy. Lwt. 2021;137(June 2020).

42. Arreto JACB, Revisan MATST, Ull WIEH, Piegelhalder BES, Wen ROWO. Characterization and Quantitation of Polyphenolic Compounds in Bark, Kernel, Leaves, and Peel of Mango (Mangifera indica L_) - Journal of Agricultural and Food Chemistry (ACS Publications). Agric Food Chem. 2008;5599–610.
43. Ajila CM, Leelavathi K, Prasada Rao UJS. Improvement of dietary fiber content and antioxidant properties in soft dough biscuits with the incorporation of mango peel powder. J Cereal Sci. 2008;48(2):319–26.
44. Castillo H. G. Extracción con Fluidos Supercríticos. Los Compuestos Bioactivos y Tecnol Extracción. 2016;108–18.
45. López G. L, De la Vega M. R, Sanchéz B. A. Extracción con fluidos supercríticos. Reduca. 2012;4(10):5003.
46. Pagano I, Sánchez-Camargo A del P, Mendiola JA, Campone L, Cifuentes A, Rastrelli L, et al. Selective extraction of high-value phenolic compounds from distillation wastewater of basil (Ocimum basilicum L.) by pressurized liquid extraction. Electrophoresis. 2018;39(15):1884–91.
47. Sánchez-Camargo A del P, Pleite N, Herrero M, Cifuentes A, Ibáñez E, Gilbert-López B. New approaches for the selective extraction of bioactive compounds employing bio-based solvents and pressurized green processes. J Supercrit Fluids [Internet]. 2017;128(February):112–20. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2017.05.016
48. Antonio J, León M. Extracción de compuestos bioactivos de microalgas mediante fluidos supercríticos. 2008;
49. Ospina M, Castro-Vargas HI, Parada-Alfonso F. Antioxidant capacity of Colombian seaweeds: 1. Extracts obtained from Gracilaria mammillaris by means of supercritical fluid extraction. J Supercrit Fluids [Internet]. 2017;128:314–22. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2017.02.023
50. Castro-Vargas HI, Parada AF. Evaluación del efecto protector contra la oxidación lipídica de fracciones obtenidas a partir del epicarpio de tomate de árbol (Solanum betaceum Sendtn). Rev Colomb Química. 2017;46(2)(81):17–23.
51. Barriga Sánchez M, Churata Huanca A, Tinoco Gómez Ó. Optimización del

rendimiento de la extracción de aceite de semillas de vitis vinifera con CO2 supercrítico. Rev la Soc Química del Perú. 2018;84(2):217–27.

52. Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes Proposed Definition of Dietary. NATIONAL ACADEMY PRESS. 2001.
53. Mudgil D, Sheweta B. Composition , Properties and Health Benefits of Indigestible Carbohydrate Polymers as Dietary: A review. Biol Macromol. 2013;61(January 2015):1–6.
54. Martinez-saez N, Ullate M, Martin-cabrejas MA, Martorell P, Genovés S, Ramon D, et al. A novel antioxidant beverage for body weight control based on coffee silverskin. FOOD Chem [Internet]. 2014;150:227–34. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.100
55. Ministerio de Salud y Protección Social. Resolución 003803 de 2016. 2016 p. 26.
56. Ministerio de Salud y Protección Social - MSPS. Resolución No. 810 de 2021. 2021. p. 50.
57. Silva De Paula N, Gomes Natal DI, Aparecida Ferreira H, de Souza Dantas MI, Rocha Ribeiro SM, Duarte Martino HS. Characterization of cereal bars enriched with dietary fiber and omega 3 Caracterizacao de barras de cereal enriquecidas com fibra dietética e omega 3. Rev Chil Nutr. 2013;40:269–73.
58. Gizem A, Elmacı Y. Coffee silverskin as fat replacer in cake formulations and its e ff ect on physical , chemical and sensory attributes of cakes. Food Sci Technol. 2018;90(December 2017):519–25.
59. Chen Y, Zhao L, He T, Ou Z, Hu Z, Wang K. Effects of mango peel powder on starch digestion and quality characteristics of bread. Int J Biol Macromol [Internet]. 2019;140:647–52. Available from: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.188
60. Das PC, Khan MJ, Rahman MS, Majumder S, Islam MN. Comparison of the physico-chemical and functional properties of mango kernel flour with wheat flour and development of mango kernel flour based composite cakes. NFS J [Internet]. 2019;17(October):1–7. Available from: https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.10.001
61. Sulieman AA, Zhu K, Peng W, Hassan HA, Mahdi AA, Zhou H. Influence of fermented and unfermented Agaricus bisporus polysaccharide flours on the antioxidant and structural properties of composite gluten-free cookies. LWT - Food Sci Technol [Internet]. 2018; Available from: https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.11.007

62. Escamilla M. Obtención de extractos bioactivos a partir de un subproducto del café, empleando técnicas de extracción verdes. 2020.
63. Meneses SMO, Molina DAR, Vargas JHL. Caracterización fisicoquímica y funcionalidad tecnológica de la fibra de banano íntegro verde (Cavendish valery) (Musa AAA cv. Musaceae). Rev Lasallista Investig. 2016;13(1):23–30.
64. Mathias-Rettig K., Ah-Hen K. El color en los alimentos un criterio de calidad medible. AgroSur Univ Austral Chile. 2014;42(2):39–48.
65. Reyna M, Domínguez L, Pachón H. Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos " Guía para la Evaluación Sensorial de Alimentos ." 2007;
66. Hernandez E. Evaluacion Sensorial. 2005;
67. Fonseca F, Mesa JM, Rocha JD, Filippetto D, Luengo CA, Pippo WA. Biomass briquetting and its perspectives in Brazil. Biomass and Bioenergy. 2011;5:1–7.
68. Janissen B, Huynh T. Chemical composition and value-adding applications of coffee industry by- products : A review. Resour , Conserv Recycl. 2018;128(October 2017):110–7.
69. Gómez A, Rincón SL, Wiest W. Transformación termoquímica de la biomasa residual del proceso de extracción del aceite de palma : tecnologías y perspectivas Thermochemical Transformation of the Residual Biomass from the Palm Oil Extraction Process : Technologies and Prospects. PALMAS. 2004;25:388–97.
70. Massaya J, Prates Pereira A, Mills-Lamptey B, Benjamin J, Chuck CJ. Conceptualization of a spent coffee grounds biorefinery: A review of existing valorisation approaches. Food Bioprod Process [Internet]. 2019;118:149–66. Available from: https://doi.org/10.1016/j.fbp.2019.08.010
71. Costa ASG, Alves RC, Vinha AF, Costa E, Costa CSG, Nunes MA, et al. Nutritional , chemical and antioxidant / pro-oxidant profiles of silverskin , a coffee roasting by-product. Food Chem [Internet]. 2018;267:28–35. Available from: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.03.106
72. Toschi TG, Cardenia V, Bonaga G, Mandrioli M, Rodriguez-estrada MT. Coffee Silverskin : Characterization , Possible Uses , and Safety Aspects. Agric Food Chem [Internet]. 2014;62:10836–44. Available from: https://pubs-acs-org.ezproxy.unal.edu.co/doi/10.1021/jf503200z
73. Jiménez Zamora A, Pastoriza S, José RH. Revalorization of coffee by-products . Prebiotic , antimicrobial and antioxidant properties. 2015;61:12–8.
74. Martorell R, López de Romaña D. Components of Successful Staple Food

Fortification Programs: Lessons From Latin America. Food Nutr Bull [Internet]. 2017 Jan 1;379572117707890–379572117707890. Available from: http://ezproxy.unal.edu.co/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=mnh&AN=28490239&lang=es&site=eds-live

75. Vergara-Valencia N, Granados-Pérez E, Agama-Acevedo E, Tovar J, Ruales J, Bello-Pérez LA. Fibre concentrate from mango fruit: Characterization, associated antioxidant capacity and application as a bakery product ingredient. LWT - Food Sci Technol. 2007;40(4):722–9.
76. Serna Cock L, Torres León C. Potencial agroindustrial de cáscaras de mango (Mangifera indica) variedades Keitt y Tommy Atkins. Acta Agronómica. 2015;64:110–5.
77. Vargas y Vargas M de L, Figueroa Brito H, Tamayo Cortez JA, Toledo López VM, Moo Huchin VM. Aprovechamiento de cáscaras de frutas: análisis nutricional y compuestos bioactivos. Cienc ergo sum. 2019;26(2):1–11.
78. Candela DE. Evaluación de los cambios estructurales de galletas elaboradas con sustitutos de grasa. Universidad Politecnica de Valencia. 2015.
79. Villemejane C, Roussel P, Berland S, Aymard P, Michon C. Technological and sensory tools to characterize the consistency and performance of fibre-enriched biscuit doughs. J Cereal Sci [Internet]. 2013;57(3):551–9. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2013.03.005
80. Mendoza ZM dos SH de, Borges PH de M. Análisis colorimétrico del extracto acuoso de hojas de teca. Rev Arvore. 2015;39(5):953–61.
81. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Tabla De Composición De Alimentos Colombianos [Internet]. Icbf. 2018. p. 1–147. Available from: https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/tcac_web.pdf
82. Anderson JW, Baird P, Jr RHD, Ferreri S, Knudtson M, Koraym A, et al. Health benefits of dietary fiber. Nutr Rev. 2009;67(4):188–205.
83. Miki T, Masafumi EM, Kurotani K, Takeshi KM, Kuwahara K, Rie IR, et al. Dietary fi ber intake and depressive symptoms in Japanese employees : The Furukawa Nutrition and Health Study. Nutrition [Internet]. 2016;32(5):584–9. Available from: http://dx.doi.org/10.1016/j.nut.2015.11.014
84. Vázquez-Sánchez K, Martinez-Saez N, Rebollo-Hernanz M, del Castillo MD, Gaytán-Martínez M, Campos-Vega R. In vitro health promoting properties of

antioxidant dietary fiber extracted from spent coffee (Coffee arabica L.) grounds. Food Chem [Internet]. 2018;261(March):253–9. Available from: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.04.064

8. Anexos

A. Anexo: Productos Académicos

1. *II Congreso Nacional y I Congreso Internacional en Ciencias Ambientales*. Fusagasugá - Cundinamarca, noviembre 6 y 7 de 2020.

   Ponencia: Aportes al beneficio de la cadena productiva del café bajo el panorama de la química verde y de los ODS.

   Autores: Mabel Martínez-Rodríguez, Ana Milena Escamilla-Santos, Andrea Del Pilar Sánchez Camargo, Fabián Parada-Alfonso, J. Jaramillo, Elena Ibáñez, Alejandro Cifuentes

2. *1°Encuentro Ibérico de Fluidos Supercríticos*. Santiago de Compostela, España, febrero 18 – 20 de 2020.

   Poster: Colombian Coffee Silverskin as Source of Bioactive Extracts

   Autores: A.M. Escamilla-Santos, A.D.P. Sánchez-Camargo, M. Martínez-Rodríguez, G. Álvarez- Rivera, S.R.S. Ferreira, A. Cifuentes, E. Ibáñez, F. Parada-Alfonso.

3. *II Congreso de Química del Caribe*. Puerto Colombia - Atlántico, febrero 27 al marzo 01 de 2019.

   Ponencia: Análisis proximal de dos subproductos derivados del beneficio del café en Colombia”

   Autores: Escamilla, Ana Milena; Martínez, Mabel; Sánchez-Camargo, Andrea del Pilar, Parada-Alfonso, Fabian

B. Anexo: Formato Análisis sensorial a consumidores *snack* tipo galleta

C. Anexo: Datos sensorial

D. Anexo: Análisis estadístico

A. Anexo: Productos académicos

A.1. II Congreso Nacional y I Congreso Internacional en Ciencias Ambientales

II CONGRESO NACIONAL Y I CONGRESO INTERNACIONAL EN CIENCIAS AMBIENTALES

Una apuesta translocal para la gestión y sostenibilidad ambiental de los territorios

UDEC
UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

En el marco del Articulo 120 de la ley 30 de 1992

Certifica que:

MABEL MARTÍNEZ-RODRÍGUEZ, ANA MILENA ESCAMILLA-SANTOS, ANDREA DEL PILAR SÁNCHEZ-CAMARGO, FABIÁN PARADA-ALFONSO, J. JARAMILLO, ELENA IBÁÑEZ, ALEJANDRO CIFUENTES

Participaron en el II CONGRESO NACIONAL Y I CONGRESO INTERNACIONAL EN CIENCIAS AMBIENTALES en la temática PRODUCCIÓN AGROPECUARIA SOSTENIBLE
En Calidad de

PONENTES

Ponencia Titulada. APORTES AL BENEFICIO DE LA CADENA PRODUCTIVA DEL CAFÉ BAJO EL PANORAMA DE LA QUÍMICA VERDE Y DE LOS ODS

Organizado por la Dirección de Investigación Universitaria, la Dirección de Postgrados, la Facultad de Ciencias Agropecuarias y el programa Maestría en Ciencias Ambientales Sede Fusagasugá, dentro de las actividades de Investigación; realizado el 6 y 7 de Noviembre de 2020

JAIME AUGUSTO PORRAS JIMENEZ
Director de Investigación Universitaria
Dirección de Investigación

VICTOR HUGO LONDOÑO AGUIRRE
Director de Interacción Social Universitaria

VILMA MORENO MELO
Decana Facultad Ciencias Agropecuarias

A.2. *1°Encuentro Ibérico de Fluidos Supercríticos*

CERTIFICATE

We hereby certify that

Fabian Parada-Alfonso

presented the Poster Communication entitled

Colombian Coffee Silverskin As Source Of Bioactive Extracts

by *A.M. Escamilla-Santos, A.D.P. Sánchez-Camargo, M. Martínez-Rodríguez, G. Alvarez-Rivera, S.R.S. Ferreira, A. Cifuentes, E. Ibáñez, F. Parada-Alfonso*

at the

Encuentro Ibérico de Fluidos Supercríticos

1º

Encontro Ibérico de Fluidos Supercríticos

held on 18-20 February 2020 in Santiago de Compostela (Spain)

Carlos A. García-González
Conference co-Chair

Hermínio C. de Sousa
Conference co-Chair

A.3. *II Congreso de Química del Caribe*

Barranquilla, 14 de febrero de 2019

Carta de Aceptación

Estimados:
Escamilla, Ana Milena; Martínez, Mabel; Sánchez-Camargo, Andrea del Pilar; Parada-Alfonso, Fabian.

Su trabajo "ANÁLISIS PRÓXIMAL DE DOS SUBPRODUCTOS DERIVADOS DEL BENEFICIO DEL CAFÉ EN COLOMBIA" fue aceptado en la modalidad Comunicación Oral para ser presentado en el *II Congreso de Química del Caribe*; el cual se llevará a cabo en el Centro Cultural de la Universidad del Atlántico, sede Norte del 27 de Febrero al 01 de marzo de 2019.

Por favor consulte las condiciones para inscripción en la pagina web: http://apolo.uniatlantico.edu.co/quimicasinfronteras2/

Saludos cordiales,

FARRAH CAÑAVERA BUELVAS, Ph. D
Directora II Congreso de Química del Caribe
farrahcanavera@mail.uniatlantico.edu.co
quimicacaribe@mail.uniatlantico.edu.co

Universidad del Atlántico

Grupo de Investigación Ciencia, Educación y Tecnología CETIC

El comité organizador certifica que

Mabel Martinez Rodriguez

Participó como **ASISTENTE** al **II Congreso de Química del Caribe, evento Internacional** realizado en la Universidad del Atlántico.

27 de Febrero al 01 de Marzo del 2019
Universidad del Atlántico, Puerto Colombia
Atlántico - Colombia

Farrah Cañavera Buelvas
Directora II Congreso de Química del Caribe

Victoria Andrea Arana Rengifo
Directora Comité Científico

II congreso de QUÍMICA DEL CARIBE
27 Febrero a 01 Marzo | 2019

B. Anexo: Formato Análisis sensorial a consumidores *snack* tipo galleta

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA – ICTA

Edad: _____ Género: _____ Fecha: _____

- ¿En los últimos tres meses ha presentado síntomas gripales o asociados a COVID – 19?
  - Si ___
  - No ___
- Si su respuesta fue sí, ¿Tuvo afectación de su sentido del gusto o del olfato?
  - Si ___
  - No ___
  - ¿Ya los recuperó? _____
- ¿En los últimos 14 días tuvo o ha tenido uno o más de los siguientes síntomas?
  - Fiebre ___
  - Dificultad para respirar (Sentir que le falta el aire) ___
  - Fatiga __
  - Dolores musculares y corporales __
  - Dolor de cabeza __
  - Pérdida reciente del olfato o el gusto ___
  - Dolor de garganta ___
  - Congestión o moqueo __
  - Náuseas o vómitos ___
  - Diarrea __
- ¿Tuvo contacto con personas que tuvieran síntomas de enfermedad respiratoria o fiebre?
  - Si ___
  - No ___

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA
INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA – ICTA

¿Es consumidor(a) habitual de galletas? Si __ No __

Pruebe los productos que se presentan a continuación. Luego, por favor marque con una X, el cuadrado que esta junto a la frase que mejor describa su opinión sobre cada uno de los productos que acaba de probar.

Calificación	***Muestra***	***Muestra***	***Muestra***
Me gusta extremadamente			
Me gusta mucho			
Me gusta			
Ni me gusta ni me disgusta			
Me disgusta			
Me disgusta mucho			
Me disgusta extremadamente			
¿La compraría?	**SI/NO**	**SI/NO**	**SI/NO**

Observaciones/razón de su decisión:

_____
_____
_____

¡Muchas Gracias!

C. Anexo: Datos sensorial

Consumidor	Control	F12	F14
1	6	5	4
2	6	6	5
3	6	4	5
4	5	5	5
5	5	6	5
6	4	4	4
7	5	6	6
8	5	5	6
9	6	7	4
10	7	6	6
11	6	7	5
12	5	6	5
13	7	5	6
14	6	7	6
15	6	4	5
16	5	4	5
17	4	5	6
18	5	7	4
19	6	7	7
20	5	5	3
21	4	5	7
22	5	5	6
23	4	6	5
24	5	6	5
25	5	6	7
26	6	6	5
27	6	6	5
28	6	6	5
29	5	6	7
30	7	6	5
31	6	7	5
32	6	5	6
33	6	5	7
34	6	6	7
35	2	7	7
36	5	7	6
37	7	7	7
38	6	7	6
39	6	6	4
40	6	6	7
41	6	7	5
42	6	5	5
43	4	7	6
44	5	5	5
45	7	6	5
46	7	5	4
47	2	7	7
48	4	5	4
49	4	7	7
50	2	7	6

D. Anexo: Análisis estadístico

D.1 Propiedades tecnológicas variables CRA, CRAC, CH

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas (MP1 y MP2)

	CRA		**CRAC**		**CH**	
	MP1	***MP2***	***MP1***	***MP2***	***MP1***	***MP2***
Media	8.867293	6.94569	4.807608	1.8251	0.149237	4.20856
Varianza	0.043595	0.05984	0.097266	0.01647	0.009847	0.08917
Observaciones	3	3	3	3	3	3
Coeficiente de correlación de Pearson	-0.950347		0.871071		-0.576677	
Diferencia hipotética de las medias	0		0		0	
Grados de libertad	2		2		2	
Estadístico t	7.432934		24.62635		-19.26556	
P(T<=t) una cola	0.008811		0.000822		0.001342	
Valor crítico de t (una cola)	2.919986		2.919986		2.919986	
P(T<=t) dos colas	0.017623		0.001645		0.002683	
Valor crítico de t (dos colas)	4.302653		4.302653		4.302653	

D.2 Análisis de textura

Variable dureza

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	38807	15	2587	41.95	7E-45	1.736
Dentro de los grupos	8881	144	61.68			
Total	47688	159				

Reporte de valores P para comparaciones multiples de medias (Tukey)

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
F1															
F2	0.000														
F3	0.000	0.000													
F4	0.151	0.106	0.000												
F5	0.000	0.001	0.209	0.000											
F6	0.002	0.924	0.000	0.024	0.000										
F7	0.007	0.369	0.000	0.533	0.000	0.422									
F8	0.002	0.120	0.000	0.688	0.000	0.081	0.565								
F9	0.024	0.161	0.000	0.840	0.000	0.120	0.430	0.784							
F10	0.000	0.121	0.000	0.035	0.006	0.427	0.048	0.018	0.033						
F11	0.000	0.000	0.278	0.000	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
F12	0.000	0.010	0.001	0.000	0.013	0.012	0.009	0.002	0.001	0.138	0.000				
F13	0.000	0.000	0.177	0.000	0.767	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.013	0.001			
F14	0.000	0.002	0.169	0.000	0.935	0.002	0.000	0.000	0.000	0.001	0.031	0.067	0.823		
F15	0.000	0.000	0.491	0.000	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.857	0.000	0.014	0.103	

Diferencias significativas (p<0.05)

Variable fracturabilidad

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	470.9	15	31.39	24.49	3E-32	1.736
Dentro de los grupos	184.6	144	1.282			
Total	655.5	159				

Reporte de valores P para comparaciones multiples de medias (Tukey)

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
F1															
F2	0.006														
F3	0.000	0.001													
F4	0.372	0.058	0.000												
F5	0.000	0.004	0.312	0.000											
F6	0.022	0.551	0.000	0.032	0.000										
F7	0.0498	0.559	0.000	0.306	0.000	0.861									
F8	0.006	0.955	0.000	0.048	0.000	0.532	0.230								
F9	0.002	0.355	0.002	0.002	0.010	0.088	0.079	0.098							

F10	0.000	0.014	0.142	0.001	0.322	0.006	0.003	0.004	0.172						
F11	0.000	0.001	0.858	0.000	0.352	0.000	0.000	0.000	0.005	0.156					
F12	0.000	0.003	0.828	0.000	0.370	0.000	0.000	0.000	0.013	0.056	0.769				
F13	0.000	0.001	0.477	0.000	0.525	0.000	0.000	0.000	0.010	0.193	0.432	0.757			
F14	0.000	0.007	0.982	0.000	0.410	0.000	0.000	0.000	0.000	0.221	0.890	0.850	0.653		
F15	0.000	0.001	0.056	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.263	0.105	0.007	0.085	

Diferencias significativas (p<0.05)

D.3 Análisis de color

*Variable L**

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	4535	15	302.3	121.4	7E-33	1.88
Dentro de los grupos	119.5	48	2.49			
Total	4654	63				

Reporte de valores P para comparaciones multiples de medias (Tukey)

	F1	**F2**	**F3**	**F4**	**F5**	**F6**	**F7**	**F8**	**F9**	**F10**	**F11**	**F12**	**F13**	**F14**	**F15**
F1															
F2	0.000														
F3	0.001	0.038													
F4	0.136	0.002	0.000												
F5	0.121	0.001	0.000	0.593											
F6	0.006	0.043	0.000	0.001	0.003										
F7	0.971	0.004	0.000	0.151	0.113	0.007									
F8	0.002	0.122	0.002	0.000	0.001	0.068	0.002								
F9	0.005	0.021	0.001	0.002	0.012	0.301	0.009	0.001							
F10	0.005	0.890	0.119	0.014	0.015	0.172	0.010	0.304	0.064						
F11	0.000	0.001	0.209	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.001	0.013					
F12	0.012	0.013	0.002	0.012	0.024	0.294	0.005	0.008	0.440	0.024	0.000				
F13	0.000	0.020	0.412	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.095	0.058	0.001			
F14	0.001	0.604	0.002	0.000	0.000	0.006	0.001	0.011	0.002	0.866	0.001	0.004	0.000		
F15	0.001	0.086	0.176	0.001	0.001	0.011	0.000	0.006	0.002	0.113	0.019	0.000	0.153	0.022	

Diferencias significativas (p<0.05)

Variable a*

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	156.6	15	10.44	53.18	1E-24	1.88
Dentro de los grupos	9.424	48	0.196			
Total	166	63				

Reporte de valores P para comparaciones multiples de medias (Tukey)

	F1	**F2**	**F3**	**F4**	**F5**	**F6**	**F7**	**F8**	**F9**	**F10**	**F11**	**F12**	**F13**	**F14**	**F15**
F1															
F2	0.625														
F3	0.158	0.325													
F4	0.006	0.008	0.002												
F5	0.006	0.037	0.000	0.056											
F6	0.005	0.010	0.002	0.000	0.000										
F7	0.017	0.058	0.006	0.752	0.168	0.002									
F8	0.218	0.977	0.083	0.005	0.008	0.004	0.030								
F9	0.000	0.036	0.001	0.310	0.630	0.001	0.238	0.003							
F10	0.024	0.019	0.078	0.001	0.002	0.014	0.008	0.034	0.002						
F11	0.024	0.020	0.204	0.003	0.005	0.032	0.016	0.030	0.002	0.646					
F12	0.004	0.009	0.001	0.129	0.004	0.000	0.709	0.006	0.090	0.001	0.003				
F13	0.378	0.841	0.004	0.004	0.001	0.002	0.012	0.568	0.000	0.019	0.043	0.001			
F14	0.451	0.965	0.039	0.001	0.000	0.000	0.018	0.974	0.009	0.030	0.068	0.001	0.567		
F15	0.058	0.179	0.311	0.001	0.001	0.003	0.011	0.007	0.001	0.188	0.311	0.001	0.016	0.012	

Diferencias significativas (p<0.05)

Variable b*

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	1541	15	102.7	310.7	2E-42	1.88
Dentro de los grupos	15.88	48	0.331			
Total	1557	63				

Reporte de valores P para comparaciones multiples de medias (Tukey)

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
F1															
F2	0.012														
F3	0.000	0.003													
F4	0.000	0.000	0.000												
F5	0.002	0.001	0.000	0.049											
F6	0.001	0.004	0.040	0.000	0.000										
F7	0.004	0.001	0.000	0.065	0.251	0.000									
F8	0.000	0.551	0.001	0.000	0.000	0.003	0.001								
F9	0.217	0.032	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.010							
F10	0.000	0.010	0.100	0.000	0.000	0.978	0.000	0.002	0.002						
F11	0.000	0.001	0.010	0.000	0.000	0.277	0.000	0.001	0.000	0.313					
F12	0.001	0.001	0.000	0.091	0.749	0.000	0.872	0.000	0.004	0.000	0.000				
F13	0.000	0.005	0.437	0.000	0.000	0.055	0.000	0.001	0.001	0.065	0.039	0.000			
F14	0.004	0.236	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.037	0.034	0.000	0.001	0.000	0.000		
F15	0.000	0.002	0.010	0.000	0.000	0.024	0.000	0.001	0.002	0.021	0.186	0.000	0.004	0.000	

Diferencias significativas (p<0.05)

Variable h°

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	403.5	15	26.9	59.83	8E-26	1.88
Dentro de los grupos	21.58	48	0.45			
Total	425.1	63				

Reporte de valores P para comparaciones multiples de medias (Tukey)

	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
F1															
F2	0.023														
F3	0.002	0.192													
F4	0.204	0.098	0.009												
F5	0.399	0.051	0.000	0.118											
F6	0.212	0.017	0.001	0.001	0.015										
F7	0.068	0.767	0.048	0.326	0.100	0.034									

F8	0.008	0.768	0.053	0.037	0.005	0.006	0.510							
F9	0.001	0.055	0.038	0.005	0.001	0.002	0.036	0.001						
F10	0.025	0.266	0.544	0.106	0.059	0.024	0.446	0.731	0.210					
F11	0.001	0.017	0.688	0.011	0.005	0.004	0.156	0.062	0.227	0.287				
F12	0.017	0.907	0.037	0.086	0.019	0.006	0.620	0.661	0.030	0.381	0.093			
F13	0.000	0.032	0.014	0.006	0.001	0.002	0.016	0.007	0.223	0.108	0.109	0.010		
F14	0.033	0.561	0.008	0.011	0.002	0.000	0.930	0.182	0.007	0.332	0.037	0.472	0.007	
F15	0.000	0.010	0.011	0.004	0.001	0.002	0.013	0.002	0.011	0.036	0.010	0.009	0.010	0.006

Diferencias significativas (p<0.05)

Variable C*

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	*Suma de cuadrados*	*Grados de libertad*	*Promedio de los cuadrados*	*F*	*Probabilidad*	*Valor crítico para F*
Entre grupos	1585	15	105.7	259.1	1E-40	1.88
Dentro de los grupos	19.57	48	0.408			
Total	1604	63				

Reporte de valores P para comparaciones multiples de medias (Tukey)

	F1	**F2**	**F3**	**F4**	**F5**	**F6**	**F7**	**F8**	**F9**	**F10**	**F11**	**F12**	**F13**	**F14**	**F15**
F1															
F2	0.022														
F3	0.000	0.007													
F4	0.000	0.000	0.000												
F5	0.002	0.001	0.000	0.045											
F6	0.001	0.005	0.016	0.000	0.000										
F7	0.004	0.003	0.000	0.161	0.858	0.000									
F8	0.000	0.666	0.001	0.000	0.000	0.003	0.001								
F9	0.788	0.031	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001	0.008							
F10	0.000	0.009	0.047	0.000	0.000	0.449	0.000	0.001	0.001						
F11	0.001	0.001	0.017	0.000	0.000	0.710	0.001	0.001	0.000	0.335					
F12	0.001	0.001	0.000	0.101	0.837	0.000	0.842	0.000	0.004	0.000	0.000				
F13	0.000	0.011	0.913	0.000	0.000	0.015	0.000	0.001	0.001	0.014	0.037	0.000			
F14	0.007	0.332	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.060	0.022	0.000	0.002	0.000	0.000		
F15	0.000	0.003	0.011	0.000	0.000	0.070	0.000	0.001	0.002	0.024	0.262	0.000	0.004	0.000	

Diferencias significativas (p<0.05)