



UNIVERSIDAD  
**NACIONAL**  
DE COLOMBIA

**DESARROLLO DE UN SNACK COMESTIBLE A  
PARTIR DE UN CONCENTRADO PROTEICO DE  
LACTOSUERO DULCE INCORPORANDO PULPA  
Y CASCARA DE MANGO**  
*(Mangifera indica L.)*

**JOSE EDUARDO ESCOBAR RIOMALO**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA-SEDE MEDELLÍN

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

MEDELLÍN

2023

**DESARROLLO DE UN SNACK COMESTIBLE A  
PARTIR DE UN CONCENTRADO PROTEICO DE  
LACTOSUERO DULCE INCORPORANDO PULPA  
Y CASCARA DE MANGO**  
**(*Mangifera indica L.*)**

**JOSE EDUARDO ESCOBAR RIOMALO**

**Trabajo Final** presentado como requisito para optar al título de:  
**Magister en Ciencia y Tecnología de Alimentos (Línea de Profundización)**

Director:

JOSÉ URIEL SEPÚLVEDA VALENCIA, MSc.

Codirector:

HÉCTOR JOSÉ CIRO VELÁSQUEZ, MSc. PhD.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA-SEDE MEDELLÍN  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
MAESTRÍA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS  
MEDELLÍN

2023

# Dedicatoria

*A Carlos Bautista.*

*Este logro es tan mío como tuyo, gracias por vivir todo este proceso y acompañarme en cada paso. Siempre mi gratitud infinita.*

# Agradecimientos

A mi Director de tesis José Uriel Sepúlveda Valencia y Co-Director Héctor José Ciro Velásquez por su gran apoyo, la disposición y servicio para con el desarrollo de este proyecto y mi progreso profesional y personal, gracias por creer en mí y hacerme parte de esta investigación que hoy me llena de satisfacción.

A los funcionarios del Laboratorio de Productos Lácteos, Laboratorio de Control y Calidad de Alimentos y el Laboratorio de Procesos Agrícolas de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín, por su ardua colaboración.

A mi compañera de fórmula Sandra Liliana Vargas Díaz, gracias por acompañar todo este proceso y estar siempre dispuesta a ayudar, además de compartirme tus conocimientos y permitirme ser parte de tu investigación doctoral.

A la Universidad Nacional de Colombia y en especial a la Facultad de Ciencias Agrarias por las oportunidades brindadas durante el periodo de estudio, en especial a la “Convocatoria De Fomento a la Investigación Para Estudiantes De Maestría” Primera Cohorte 2022.

## Resumen

Una forma de agregar valor a las frutas tropicales y aumentar su disponibilidad en el mercado es desarrollar productos menos perecederos, sin descuidar el contenido nutricional para que pueda aumentar la preferencia de consumo; de esta manera productos como los snacks de fuentes vegetales ganan cada vez lugar en la alimentación, dado que las actuales opciones de mercado generalmente proceden de materias primas con contenidos considerables en carbohidratos, grasas y aditivos que tienen asociación por sus compuestos a dificultades de salud en la población. Por estas razones se buscan alternativas para elaborar pasabocas de una manera saludable y que aporten beneficios nutraceuticos. De acuerdo a lo anterior, se propone el desarrollo de un snack comestible a partir de un concentrado proteico de lactosuero dulce incorporando pulpa y cáscara de mango (*Mangifera indica L.*).

El estudio fue desarrollado en las instalaciones de la Universidad Nacional de Colombia- Sede Medellín, en donde se estableció una formulación final de la suspensión con pulpa y cáscara de mango (*Mangifera indica L.*). Una vez definida la suspensión se sometió a secado por convección forzada con aire caliente y finalmente, una vez obtenido el producto de humedad intermedia ( $a_w=0,68$ ) se procedió a realizar la caracterización fisicoquímica relacionada con la acidez, pH, color, humedad, concentración de polifenoles, carotenoides, capacidad antioxidante al igual que contenido de proteína y fibra; de la misma forma se evaluó tecno funcionalmente empleando un análisis de resistencia mecánica a la tensión.

Lo anterior permitió presentar un snack de humedad intermedia con un significativo potencial comercial inclinado a tendencias de consumo saludables, sin dejar de lado la posibilidad de aporte a la recircularización de coproductos provenientes de la agroindustria del mango.

**Palabras clave:** Pasaboca, lactosuero, mango, secado, coproducto, nutraceútico.

**DEVELOPMENT OF AN EDIBLE SNACK FROM A SWEET WHEY PROTEIN  
CONCENTRATE INCORPORATING MANGO PULP AND PEEL**

**(*Mangifera indica* L.)**

**Summary**

One way to add value to tropical fruits and increase their availability in the market is to develop less perishable products, without neglecting the nutritional content in order to increase the preference of consumption; in this way products such as snacks from vegetable sources are gaining more and more place in the diet, since the current market options generally come from raw materials with considerable contents in carbohydrates, fats and additives that are associated by their compounds to health difficulties in the population. For these reasons, alternatives are sought to elaborate snacks in a healthy way and that provide nutraceutical benefits. According to the above, the development of an edible snack from a sweet whey protein concentrate incorporating mango pulp and peel is proposed (*Mangifera indica* L.).

The study was carried out at the facilities of the Universidad Nacional de Colombia - Medellín, where a final formulation of the suspension with components such as mango pulp and peel were established (*Mangifera indica* L.). Once the suspension was defined, it was subjected to forced convection drying and finally, once the intermediate moisture product was obtained, the physicochemical characterization related to acidity, pH, color, moisture, concentration of polyphenols, carotenoids, antioxidant capacity as well as protein and fiber content was carried out; in the same way, a techno-functional evaluation was made using an analysis of mechanical resistance to tension.

This allowed presenting a snack of intermediate moisture with a commercial potential inclined to healthy consumption trends, without leaving aside the possibility of contributing to the recirculation of coproducts in the industry.

Key words: Snack, whey, mango, drying, coproduct, nutraceutical.



**CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
Lista de figuras.....	XI
Lista de tablas.....	XII
Introducción.....	1
1. Objetivos .....	6
1.1 Objetivo General.....	6
1.2 Objetivos Específicos.....	6
2. Revisión de Literatura.....	7
2.1 Marco Teórico.....	7
2.1.1 Consideraciones del Lactosuero.....	7
2.1.2. Procesos de Separación por Membrana: Concentrado de lactosuero.....	9
2.1.3 Consideraciones del mango.....	12
2.1.3.1 Capacidad antioxidante.....	14
2.1.3.2 Polifenoles.....	16
2.1.3.3 Carotenoides.....	17
2.1.4 Snacks comestibles.....	19
2.2 Estado Del Arte.....	23

3. Metodología.....	28
3.1. Localización.....	28
3.2. Caracterización WPC.....	28
3.3. Acondicionamiento y caracterización del mango.....	30
3.4. Formulación de la suspensión.....	33
3.5. Proceso de elaboración del snack.....	34
3.5.1. Secado.....	34
4. Análisis de resultados.....	35
4.1. Caracterización concentrado proteína.....	35
4.2. Acondicionamiento y caracterización mango.....	37
4.3. Caracterización de la suspensión.....	45
4.4. Caracterización fisicoquímica Snack.....	51
5. Conclusiones y recomendaciones.....	58
5.1. Conclusiones.....	58
5.2. Recomendaciones.....	60
6. Bibliografía.....	61

**Lista de figuras**

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1.</b> Separación en membrana tubular .....	11
<b>Figura 2.</b> Reograma Suspensión.....	50

**Lista de tablas**

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1.</b> Composición físico química del lactosuero dulce.....	8
<b>Tabla 2.</b> Valores y contenidos según el proceso de microfiltración (MF), ultrafiltración (UF), nanofiltración (NF) y ósmosis inversa (RO o OI).....	10
<b>Tabla 3.</b> Análisis proximal del mango de azúcar .....	14
<b>Tabla 4.</b> Capacidad antioxidante del mango de azúcar.....	16
<b>Tabla 5.</b> Carotenoides de la pulpa del mango de azúcar.....	17
<b>Tabla 6.</b> Caracterización del concentrado proteico de suero lácteo (WPC).....	35
<b>Tabla 7.</b> Caracterización de la pulpa y cáscara de mango de azúcar .....	37
<b>Tabla 8.</b> Formulación Suspensión.....	45
<b>Tabla 9.</b> Caracterización fisicoquímica suspensión.....	46
<b>Tabla 10.</b> Caracterización Fisicoquímica Snack humedad intermedia.....	51

## INTRODUCCIÓN

Es conocido que la industria láctea no solamente representa un reglón importante en la dinámica económica de los países con potencial de transformación agrario, sino que también significa un riesgo ambiental debido a la posible generación de productos (coproductos) con características contaminantes. Uno de esos casos se representa en el lactosuero, que se obtiene después de la coagulación de las proteínas de la leche en la elaboración de quesos; donde por cada kilogramo producido, se obtienen 9 litros de lactosuero, así, las estimaciones de producción del mismo a nivel mundial hacen referencia aproximadamente a 140 millones de toneladas al año (Zikmanis, et al., 2020). Debido a la significativa producción y su alto contenido orgánico, este efluente presenta una demanda bioquímica de oxígeno (DBO) que varía de 30 a 50 g/L y una demanda química de oxígeno (DQO) de 60 a 80 g/L (Freire, et al., 2017). Por lo anterior, el lactosuero sin tratamiento tecnológico es considerado como una de las mayores fuentes de contaminación del sector agroalimentario con severos impactos negativos al medio ambiente como es la afectación a la biota de las fuentes hídricas, suelos y su entorno ecológico.

Sin embargo, en un panorama no tan alentador para el medio ambiente debido al procesamiento de diversas matrices alimentarias, particularmente en la industria quesera surge un paralelo enmarcado al valor alimenticio y biológico de sus coproductos. Según Asas (2021), el suero derivado de la producción del queso es sumamente nutritivo, este retiene alrededor del 52% de los nutrientes de la leche entera y contiene nutrientes importantes como lactosa (4,5-5 % p/v),

proteínas séricas (0,6 a 0,8 % p/v), lípidos (0,4 a 0,5 % p/v) y sales minerales (8-10% de extracto seco) que pueden ser aprovechados por la industria de alimentos de muchas formas aumentando el valor nutricional de diferentes matrices siendo este último un reglón importante en la innovación y tecnología de productos de tipo alimentario, representados en un sin número de formulaciones que van dirigidas al consumidor que día a día es exigente en la decisión de compra.

Por lo anterior la industria ha buscado alternativas para el aprovechamiento de compuestos de alto valor biológico en este líquido; como es el caso de la disponibilidad de modelos de ultrafiltración por membranas como método de separación de compuestos de alto valor agregado, el cual consiste en una membrana semipermeable, la cual, selectivamente, permite el paso de materiales de bajo peso molecular, como agua, iones y lactosa, mientras retiene materiales de peso molecular alto, como las proteínas (WPC). El retenido es, así, concentrado por diferentes métodos dependiendo los fines específicos de cualquier formulación que se lleve a cabo. Estos retenidos o WPC en el mercado contienen 30-35% inclusive niveles superiores de proteína. Los primeros pueden ser destinados como suplentes de leche descremada, y son usados en la fabricación de derivados lácteos, bebidas, salsas, galletas, pasteles, panadería, carne, bebidas, y productos de formulaciones infantiles debido a las propiedades funcionales excelentes de sus proteínas y sus beneficios nutricionales, y por otra parte los WPC que tienen un 80% de proteína, son utilizados para aplicaciones como gelificación, emulsificantes y formación de espuma. (Jaramillo, 2021).

Con relación a la agroindustria de los frutales, el mango (*Mangifera indica L.*) es una de las frutas tropicales más importantes del mundo en términos de producción, superficie cultivada, y

popularidad, con una producción global que excede los 27 millones de toneladas, siendo el mayor cultivo tropical, se le atribuye contenidos de ácido ascórbico (36,45 mg /100 g), carotenoides (1159 a 3000 mg/100 g), flavonoides ( 60 a 82 mg/100 g) y polifenoles presentes en la parte comestible de la fruta que le confieren capacidad antioxidante considerable (23,7%) (Palacios,2018). Sin embargo, es importante destacar que el aprovechamiento del mango tradicionalmente se ha centrado en su pulpa, relegando sus otros componentes como la cáscara y la semilla para ser productos de desecho, siendo estos una fracción porcentualmente importante teniendo en cuenta su representatividad (15% - 20% para la cáscara y 35 al 60% para la semilla en el peso total), lo que sin duda deja por sentado una pérdida económica por la posibilidad del aprovechamiento de un coproducto y a su vez un reto de investigación que genere soluciones basadas en el valor nutricional y su posible inclusión en matrices alimentarias. Julca (2019), estima que la cáscara contiene aproximadamente 40,8% de azúcares totales, 3,9% de proteína, 8,4% de fibra cruda y pectina del 13% , lo anterior sumando a que son una fuente importante de compuestos bioactivos, entre los que se incluyen carotenoides, flavonoides, antocianinas, polifenoles, manguiferina, fibra dietaria y ácidos grasos poliinsaturados lo que sitúa esta fracción que tradicionalmente se considera como desecho a ser un coproducto con unas características nutraceuticas de importancia para el consumo; que tendría un potencial de transformación relevante teniendo en cuenta sus beneficios.

El consumo de alimentos relacionado con snacks o pasabocas presenta la preocupación de que en la mayoría de sus desarrollos no solo están asociados a la carencia de valores nutritivos significativos sino también a que algunos de sus componentes como grasas insaturadas, azúcares y sodio representan un factor de riesgo con respecto a enfermedades de salud pública de frecuente

incidencia en la población; esto sumado a la carencia de investigaciones de procesados a base de pulpa de frutas desaprovechando su características físicas y químicas que podrían ser un aporte importante en la dieta (Celi, 2019). Por esta razón, productos ricos en contenido de grasas y azúcares entre otros aditivos, han llevado a las personas a ingerir más calorías de las que necesitan antes de que se sientan satisfechas y es por eso que la elección de estos alimentos poco saludables ha generado un incremento de la obesidad y enfermedades como la diabetes e inconvenientes cardiacos; por lo cual, la llegada de tendencias como el cuidado de las salud, el ejercicio y una sana alimentación y los snacks saludables se convierten en una opción que cumple con lo que el consumidor necesita: una alimentación sana que no requiere de mucho tiempo ya que este tipo de alimentos están diseñados para ser consumidos con practicidad y en cualquier lugar y por otra parte los aportes nutricionales significativos para la dieta (Orduz et al., 2017).

A pesar de que en la actualidad existe una gran variedad de productos catalogados como snacks (pasabocas) a base de farináceas (fritos y productos extruidos) y de vegetales como frutas deshidratadas de alto consumo, no existen estudios que muestren el desarrollo y caracterización de snacks a base del aprovechamiento del lactosuero dulce específicamente en su concentrado proteico y coproducto resultante del aprovechamiento de la pulpa del mango como es su cáscara (*Mangifera indica L.*), por lo que este trabajo es pionero en el uso de estos coproductos para la generación de nuevos componentes deshidratados de humedad intermedia. De esta manera se busca no solo ofrecer el desarrollo de un producto no existente, si no que se pretende explorar la posibilidad de que dicha formulación tenga una calidad nutraceútica importante sin contar las contribuciones de tipo económico, ambiental y de transferencia tecnológica que esto pueda atender

de manera paralela lo que tendría en cuenta un mercado cambiante y con poder decisión de compra en productos adecuados a su estilo de vida.

En este trabajo, se pretende formular y caracterizar un snack deshidratado de humedad intermedia usando como base concentrado proteico de lactosuero dulce e incorporando características nutraceútics a partir de la pulpa y cáscara del mango (*mangifera indica l*).

## 1. Objetivos

### 1.1 Objetivo General

Desarrollar un snack comestible de humedad intermedia a base de un de concentrado proteico de lacto suero dulce, pulpa y cáscara de mango (*Mangifera indica L.*)

### 1.2 Objetivos Específicos

1.2.1. Formular una suspensión de concentrado proteico de lactosuero dulce, pulpa y cáscara de mango para su secado de forma convectiva.

1.2.2. Evaluar las características fisicoquímicas, de actividad antioxidante y tecno funcionales de un snack de humedad intermedia.

## **2. Revisión de Literatura**

### **2.1 Marco Teórico**

#### **2.1.1 Consideraciones del lactosuero.**

El lacto-suero es la sustancia líquida obtenida por separación del coágulo de leche en la elaboración de queso de apariencia translúcida verde obtenido después de la precipitación de la caseína. Existen varios tipos de lacto-suero dependiendo principalmente de la eliminación de la caseína, el primero denominado dulce, es la fase acuosa que se separa de la cuajada en el proceso de la elaboración del queso o la caseína por acción enzimática, de color amarillo verdoso con un pH entre 5,8 – 6,6 (Villota et al., 2015). El segundo llamado ácido resulta del proceso de fermentación o adición de ácidos orgánicos o ácidos minerales para coagular la caseína como en la elaboración de quesos frescos; disminuyendo el valor del pH hasta 5,1. En la producción quesera este líquido no es desapercibido dado que sus volúmenes de extracción son considerables, ya que cuando se hace referencia a sus rendimientos productivos, se estima que a partir de 10 litros de leche de vaca se puede producir de 1 a 2 kg de queso y un promedio de 8 a 9 kg de suero; lo que representa cerca del 90% del volumen de la leche y contiene la mayor parte de los compuestos hidrosolubles de ésta, el 95% de lactosa (azúcar de la leche), el 25% de las proteínas y el 8% de la materia grasa (Ramírez, 2009). En la tabla 1 se enmarcan la composición fisicoquímica del lactosuero dulce.

**Tabla 1.**

*Composición fisicoquímica del Lactosuero Dulce, Fuente: Adaptado de Montesdeoca (2020).*

<b>Análisis</b>	<b>Resultados</b>
pH	6,66 ± 0,02
Acidez titulable (%)	0,11 ± 0,01
Sólidos Totales (%)	5,85 ± 0,01
Grasa (%)	0,7 ± 0,10
Proteína (%)	0,94 ± 0,01
Lactosa (%)	3,71 ± 0,01

Tradicionalmente, se consideraba el suero de la leche de los rumiantes: vacunos, caprinos, bufalinos y otros como un elemento no deseable, de escaso interés y de alto costo en su eliminación; en la actualidad, con gran frecuencia aún, se observa como este importante alimento a nivel global no es aprovechado por diversos sectores de la producción; de esta manera importantes cantidades de suero de la leche son depositadas en diversas fuentes hídricas y suelos, ocasionando fuerte contaminación en el medio ambiente (Asas et al., 2021). El lactosuero contiene una calidad nutricional importante, sin embargo, aun en la industria, particularmente en Colombia continúa siendo considerado como un desecho específicamente para queseras no tecnificadas, industrias de baja infraestructura tecnológica o pequeños productores; por lo que frecuentemente se vierte directamente al suelo o al drenaje de las instalaciones de procesamiento lo que sin duda genera una contaminación para el medio ambiente. La industria láctea mundial produce suero con una cifra aproximada de 140 millones de toneladas al año (Zikmanis et al., 2020). Por tal razón es considerada uno de las más contaminantes de diversas industrias, no sólo en términos del alto volumen de efluentes, sino también por sus impactos negativos, aportando valores de DBO entre

30.000 y 50.000 ppm, y una DQO entre 60.000 y 80.000 ppm, implicando que la mayor parte de esta corresponde a la materia orgánica biodegradable, principalmente las proteínas y la lactosa, considerándose, por tanto, un contaminante potencial. Basados en esa preocupación se han propuesto alternativas de recircularización de elementos con el objetivo no solo de optimizar procesos y generar valor agregado a la industria, sino también de disminuir los impactos que estos acarrearán al ambiente; un ejemplo de ellos puede ser el concentrado de lactosuero dulce desmineralizado que se utiliza con éxito en una variedad de productos en la industria alimenticia, como polvos para bebidas, barras de nutrición, sopas, productos de panadería, recubrimientos de confitería, helados, postres, bebidas deportivas y alimentos formulados, pero debido a los altos volúmenes no se alcanza a aprovechar ni el 10% del lactosuero producido lo que representa una oportunidad de producción, innovación y tecnología para la misma industria que lo genera (Chandrapala et al., 2016).

### **2.1.2 Procesos de separación por membrana.**

Existe suficiente evidencia científica que respalda el valor nutricional y funcional del lactosuero, así como la de todos sus componentes, a partir de su capacidad de retención, lo que ha generado un interés particular por la inclusión de este tipo de compuestos en diferentes productos alimenticios (Ramírez et al., 2018).

A partir de lo anterior, el cambio de percepción del lactosuero de desecho a un componente importante (coproducto) se debe precisamente al uso de herramientas tecnológicas como lo es la

tecnología de separación por membranas, la cual es definida como la separación de dos o más componentes de diferente tamaño molecular que se encuentran en un fluido primario. De esta forma ocurre la separación del líquido en dos corrientes, un permeado y un concentrado, lo cual se consigue al pasar el líquido a través de una membrana con permeabilidad selectiva. Entre las principales tecnologías de separación por membranas que se han implementado en el sector alimentario, se encuentran: microfiltración (MF), ultrafiltración (UF), nanofiltración (NF) y ósmosis inversa (OI); en donde la fuerza motriz para el transporte de materiales a través de la membrana en esos cuatro procesos es la diferencia de presión relacionada a la energía necesaria para atravesar los poros de la membrana, siendo MF y UF de bajas presiones y NF y OI de altas. En la tabla 2 se presentan los rangos comunes de presión y tamaños de partículas, así como el contenido del permeado y concentrado en los diferentes procesos (Berk, 2018).

**Tabla 2.**

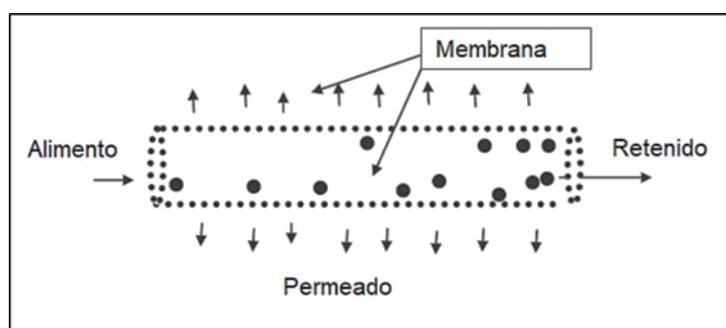
*Valores y contenidos según el proceso de microfiltración (MF), ultrafiltración (UF), nanofiltración (NF) y ósmosis inversa (RO o OI). Fuente: Adaptado Berk (2018).*

	<b>MF</b>	<b>UF</b>	<b>NF</b>	<b>RO</b>
<b>Permeado</b>	Agua, minerales, Lactosa y proteínas	Agua, minerales y lactosa	Agua, lactosa, iones monovalentes	Agua
<b>Concentrado</b>	Grasa y proteínas	Grasa y proteínas	Todos los solutos (Excepto	Todos los solutos

			iones monovalentes)	
<b>Tamaño de partícula (nm)</b>	100 - 10000	1 - 100	0,5 - 5	0,5 - 5
<b>Presion de operación (MPa)</b>	0,1 – 0,3	0,2 - 1	1 - 4	3 - 10

---

En la industria láctea una alternativa para la recuperación y el fraccionamiento de los componentes del lactosuero particularmente las proteínas, puede ser alcanzado usando técnicas como la ultrafiltración (Figura 1). El resultado de este proceso es un concentrado de proteína, y un permeado que contiene principalmente lactosa, minerales solubles, agua y compuestos de bajo peso molecular como nitrógeno no proteico y vitaminas solubles en agua (Berk, 2018).



**Figura 1.** Separación en membrana tubular. Fuente: Berk (2018).

El concentrado de proteína de suero comúnmente conocido por WPC (Whey Protein Concentrate) es uno de los productos del proceso de ultrafiltración y es una fracción importante en

el proceso de separación por membranas, ya que es aquí que se retiene la proteína del suero que transita por el sistema y dependiendo del nivel de concentración de proteína obedece su denominación, generalmente esta oscila entre 35 y 80%. De esta forma un coproducto lácteo se convierte en un insumo interesante en términos de sus propiedades a partir de que su uso cada vez en más común en el desarrollo de diferentes matrices alimentarias desde derivados lácteos, bebidas, salsas, galletas, pasteles, panadería, carne y productos de formulaciones infantiles debido a las propiedades funcionales excelentes y sus beneficios nutricionales, y por otra parte los WPC que tienen un 80% de proteína, son utilizados para aplicaciones como gelificación, emulsificantes y formación de espuma (Jaramillo, 2021).

### **2.1.3 Consideraciones del mango.**

Esta fruta es nativa de Asia (originado en India y Malasia principalmente), pero se encuentra extendida en diferentes partes del mundo llegando a ser una de las frutas más cultivadas en los trópicos; perteneciente a la familia Anacardiaceae, los mangos maduros, sin pelar, poseen una resina dulce y dentro de la pulpa se encuentra la semilla de 4-7 cm de longitud, la cual contiene el embrión (Fasoli et al., 2013). En Colombia el cultivo de mango está en dieciséis departamentos, llegándose a presentar producciones desde el nivel del mar hasta 1700 msnm, resaltando que se cultiva en el país por altitudes mayores a los 1200 msnm (su producción óptima se debe realizar a 600 msnm). De acuerdo, a cifras del Ministerio de Agricultura, la producción de mango en el país presenta una tendencia de incremento que se ha sostenido al pasar de producir 248.510 toneladas en el año 2015 a 280.000 toneladas al año 2020 en un área de 26.158 hectáreas, de la misma forma,

aproximadamente un 39% del área que ocupa esta fruta hace referencia a plantaciones silvestres, principalmente de variedad hilacha, los cuales carecen de tecnificación y asistencia técnica, seguido de 20% para Tommy Atkins, 11% Keitt, 5% mango de azúcar, siendo este último un poseedor de alta demanda como fruta en fresco en el exterior debido a su tamaño pequeño, poca fibra, además de tener buen aroma y sabor que le otorgan preferencia. Las zonas de producción actualmente corresponden a caribe, occidente, centro y pacífico. Así mismo los departamentos con mayor índice de producción para el año 2018 hacían referencia a Antioquia, Atlántico, Bolívar, Cesar, Córdoba, Magdalena, Cundinamarca y Tolima, estos dos últimos concentraron la mayor cantidad de producción tanto para las variedades mejoradas como para las variedades criollas, considerando los mercados principales a Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla y Bucaramanga (MADR, 2020).

Según la Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC/2021), el mango, después del limón es la segunda fruta con mayor consumo en el país con el 15% favorabilidad para los encuestados en cuanto a la preferencia de consumo. Lo cual deja en evidencia que se habla de una fruta promisoriosa no solo a nivel de producción sino también por sus componentes nutricionales aportados como materia prima de cara posibles transformaciones, pues sus aportes son valiosos tanto cuantitativamente como cualitativamente (Araneda et al., 2017). En la tabla 3 se destacan las características bromatológicas de este vegetal.

**Tabla 3.**

*Análisis proximal del mango de azúcar. Fuente: Corrales et al., (2018).*

<b>Análisis bromatológico de la pulpa madura de mango de azúcar (<i>Mangifera indica</i> L.) / 100 g</b>	
<b>Parámetros</b>	<b>Valores Obtenidos (%)</b>
Humedad	79,3
Cenizas	0,4
Grasa total	0,02
Nitrógeno total	0
Proteína total	0
Carbohidratos totales	20,3
Calorías Kilocalorías/100 g	81,15

### **2.1.3.1 Capacidad antioxidante y metabolitos secundarios.**

Los radicales libres son una familia química con uno o más electrones desapareados; cuando existe un exceso de estos pueden atacar lípidos, proteínas, el ADN, ciertos tipos de hidratos de carbono, neurotransmisores, lo que puede generar en el organismo una serie de reacciones en cadena, formándose nuevos radicales libres y otros compuestos, como carbonilos y aldehídos. Los radicales libres están relacionados con la salud, ya que los compuestos generados en este proceso se relacionan con enfermedades y procesos degenerativos, como enfermedad cardiovascular, ciertos tipos de cáncer (debido a las mutaciones que producen en el ADN), patologías del sistema

cognitivo, entre otros (Araneda et al., 2017). Por lo anterior, los antioxidantes han sido estudiados como un grupo de compuestos capaces de prevenir los procesos degenerativos asociados a un exceso de radicales libres en el organismo, ya que al interactuar con estos generan un nuevo radical menos reactivo que el radical libre original o potenciando otros sistemas antioxidantes, como ciertas enzimas (Araneda et al., 2017).

El mango (*Mangifera indica* L.) presenta una actividad antioxidante significativa, debido a sus contenidos de ácido ascórbico, carotenoides, polifenoles y terpenoides que poseen efectos protectores para la salud. Estudios realizados al respecto muestran que los principales compuestos fenólicos encontrados en esta fruta son la mangiferina, ácido gálico, leucocianidina, catequina, epicatequina, ácido clorogénico, quercitrina y quercetina. *Mangifera indica* L. de la misma forma representa un contenido importante de pigmentos, incluidas las clorofilas y los carotenoides que suman a esta carga de metabolitos con poder antioxidante en la fruta mencionada y destacándola como una materia prima promisoría tanto para el consumo directo en fresco como en la formulación de diferentes matrices alimenticias dado su potencial nutracéutico (Palacios, 2018). A continuación, en la tabla 4 se denota la capacidad antioxidante mediante el método DPPH.

**Tabla 4.**

*Capacidad antioxidante del mango de azúcar. Método DPPH, adaptado de: (Corrales et al., 2018).*

<b>Capacidad antioxidante de la pulpa de azúcar, método DPPH</b>	
<b>Estado de maduración</b>	<b>DPPH (TEAC/100 g pulpa)</b>
Mango verde	5523,6 + 221, 9 <sup>a</sup>
Mango pintón	6471,5 + 167,7 <sup>b</sup>
Mango maduro	5907,3 + 178, 9 <sup>a</sup>

*Promedio + error estándar de la media. (n=4). Los valores dentro de cada tipo de prueba antioxidante que no comparten la misma letra, son significativamente diferentes  $a \neq b, P < 0,05$*

**2.1.3.2 Polifenoles**

El mango es una fuente importante de compuestos polifenólicos, representada en flavonoides, ácidos fenólicos y galotaninos. El ácido gálico y taninos hidrolizables son los principales polifenoles con actividad antioxidantes en mango que ostenta potencial de utilización como opción natural de reemplazo para aditivos alimenticios sintéticos (Reyes, 2014). Los polifenoles, actúan contra los radicales libres donando un hidrógeno de los grupos OH del anillo B, además un electrón a radical hidroxilo, peroxilo y peroxinitrito, estabilizándolos y transformándose en una molécula relativamente sólida. Otra manera de actuar es que algunos de estos pueden potenciar las actividades de enzimas antioxidantes, como la genisteína, una isoflavona que potencia la catalasa, la glutatión peroxidasa, y la glutatión reductasa (Jurado et al., 2016).

### 2.1.3.3 Carotenoides

Según Villegas (2020), los carotenoides son unos de los principales compuestos bioactivos en el mango, ya que son los responsables de la coloración típica de la fruta en sus diferentes estadios fisiológicos ( verde, amarilla y roja eventualmente), donde estos metabolitos se describen como pigmentos liposolubles compuestos por terpenoides, cuya subdivisión consiste en carotenos y xantofilas, dicha categorización va en relación a su biosíntesis y naturaleza de solubilidad en grasa siendo los primeros extremadamente solubles y los segundos más polares. Existen por lo menos una docena de carotenoides y cada uno de ellos con propiedades importantes a nivel nutricional como por ejemplo los betacarotenos, licopenos, luteínas, zeaxantinas entre muchos otros asociados al mango (*Mangifera indica* L.).

En la Tabla 5, se relaciona el contenido de carotenoides de estudios realizados para la pulpa de mango de azúcar.

**Tabla 5.**

*Carotenoides de la pulpa del mango de azúcar. Adaptado de: (Corrales et al., 2018).*

Carotenoides de la pulpa de mango de azúcar	
Estado de maduración	Carotenoides (mg bcaroteno /100 g pulpa)
Mango verde	11,1 + 0,01 <sup>a, b</sup>
Mango pintón	11,8 + 0,2 <sup>a</sup>
Mango maduro	10,7 + 0,2 <sup>b</sup>

*Promedio + error estándar de la media. (n=4). Los valores dentro de cada tipo de prueba antioxidante que no comparten la misma letra, son significativamente diferentes*

*a ≠ b, P < 0,05*

---

Por su parte la cáscara del mango, es una fracción de la fruta con características relevantes a nivel nutricional, si bien es cierto que tradicionalmente es una porción asociada al desecho y por tanto al desperdicio, es también importante mencionar que han surgido intereses de investigación dirigidas a la caracterización y uso de la misma en la inclusión de diferentes matrices alimentarias. Luit et al., (2019) realizaron formulaciones y evaluaciones de mermeladas de pulpa de mango con inclusiones entre el 20% y 30% de cáscara de mango; cuyos resultados se vieron favorecidos a nivel sensorial con mayores aceptaciones en rango superior de inclusión y valores de fibra dietética total de 7,8%. De otra parte Juárez (2018) evaluó la sustitución parcial de harina de trigo por polvo de cáscara de mango sobre la formulación de galletas dulces evaluando concretamente la firmeza, color y contenido de fibra logrando mejores resultados en la inclusión de 5% de inclusión de cáscara en polvo alcanzando un porcentaje de fibra de 10,6% esto se debe a los componentes del mango como la pectina responsable de estas características, demostrando que existió diferencia significativa entre las sustituciones. De esta manera hay tendencias crecientes a la investigación y utilización de fracciones tradicionalmente no comestibles de la fruta como la cáscara y la semilla dada las potencialidades nutraceuticas, lo que restara impactos ambientales pues su desecho puede ser menor y a su vez se ganaran materias primas con características relevantes en su composición biológica de cara al consumo consciente y las buenas prácticas de alimentación.

#### **2.1.4 Snacks comestibles.**

Según Buelvas et al., (2017) el término snack o aperitivos proviene del inglés y significa alimento ligero que se consume entre comidas. Los snacks o pasabocas han tenido una gran importancia en la dieta de todas las personas, siendo utilizados como fuente de energía y en momentos para calmar la ansiedad del hambre. Cuando se hace referencia a snacks se puede decir que existe una variedad importante la cual en su gran mayoría son derivados del maíz, papa, trigo, arroz, y vegetales (frutas y hortalizas) con diferentes tipos de procesos que van desde la deshidratación hasta la fritura. De esta manera la fruta deshidratada es una alternativa para introducir el consumo a través de snacks nutritivos que aportan los requerimientos nutricionales adecuados, sin embargo, tiene inconvenientes en cuanto al precio más alto que la fruta fresca y la estacionalidad de la producción en cuanto a sus variedades. No obstante, los snacks de frutas deshidratadas se han popularizado en los últimos años y pueden posicionarse como una alternativa saludable a la confitería o snacks convencionales, y paralelamente utilizarse para aportar interés y variedad al mercado de la comida sana.

Las frutas y hortalizas deshidratadas emergen como renglón significativo dentro de los alimentos saludables y comercializables porque ofrecen beneficios similares a las presentaciones en fresco sin los problemas de conservación y logística. Del mismo modo, el mercado obliga a los industriales a diseñar y ofertar alimentos ajustables a estilos de vida agitada. Por lo anterior, aparece el creciente mercado de los snacks saludables, productos que pueden definirse como: alimentos en presentaciones pequeñas como bocados, constituidos con materias primas que

aportan sustancias nutritivas y benéficas para la salud a diferencia de los snacks convencionales con elevado valor calórico y bajo valor nutritivo. Estos “nuevos” productos contribuyen a mitigar el problema de alimentación inadecuada sin chocar con los esquemas culturales de consumo de alimentos que se han desarrollado en las últimas décadas en las economías consolidadas. Los snacks saludables son una categoría que enmarca desde las tradicionales nueces, maní, almendras y avellanas, hasta las sofisticadas frutas y hortalizas orgánicas deshidratadas u horneadas. Las frutas tropicales deshidratadas están teniendo un interesante desarrollo en el naciente mercado de los snacks saludables, individualmente son un renglón minoritario pero atractivo, novedoso y con elevado potencial. Este fenómeno es una oportunidad para las economías de la América Tropical donde se cultivan frutas extensamente (Buitrago, 2014).

Los snacks son alimentos elaborados por medio de fritura, extrusión, deshidratación entre otros procesos que han sido formulados para ser consumidos por placer o como complemento energético o nutritivo, pero no constituyen por sí mismos ninguna de las principales comidas del día. Una gran variedad de 24 alimentos como: cereales, tubérculos, carne, pescado, etc. pueden ser transformados en snacks. De acuerdo a diversas investigaciones este tipo de presentación de alimento puede ser fabricado con una amplia gama de materias primas y procesos. El procedimiento más utilizado es la fritura, pero existen otros como la extrusión o el horneado. La producción de snacks es infinita, puesto que se tiene un área innumerable en colores formas, tamaños y sabores para el momento de fabricar (Higuera et al., 2013).

Es importante comentar que la industria agroalimentaria utiliza la deshidratación como un método de conservación de un gran número de productos y su objetivo fundamental es la reducción de la actividad del agua para prolongar la vida útil de los alimentos, esto ha permitido el desarrollo de deshidratados en los últimos años debido principalmente a la conveniencia que ofrece, su estabilidad química y microbiológica, sin contar con la reducción de los costos de transporte y almacenamiento. La aplicación de procesos de deshidratación a los productos lácteos es muy común en leches en polvo y quesos madurados, aunque con el paso del tiempo y las tecnologías emergentes los procesos de deshidratación han sido opciones industriales acertadas en otros tipos de matrices alimentarias, con resultados cada vez más promisorios.

Según Buelvas et al., (2017) hay diferentes alternativas para la transformación del mango criollo colombiano desde productos en fresco como adecuación de la materia prima para pulpas y lonjas de inmediato consumo pasando por fabricación de mermeladas, néctares y jugos , así como también intervenciones en la matriz vegetal que implican tecnologías que modifican propiedades iniciales sin desmeritar el producto final, es el caso de la deshidratación que emplea tratamientos térmicos para la obtención de pasabocas o snacks que van desde hojuelas de la fruta fresca, polvos, rollos o lonchas que representan una alternativa novedosa de consumo y a su vez un consumo importante en términos nutricionales.

El mango (*Mangifera indica L.*) es una fruta prometedora en términos nutricionales como bien se ha dicho en otras secciones, pero a esta altura es importante mencionar que sus cualidades no solo se deben a la pulpa que finalmente es la fracción comestible por tradición, sino que hay otros

componentes como la semilla y cáscara que son destinados al desecho y aunque promisorios en términos de su calidad nutraceútica, siendo este último (cáscara) de particular interés, representando alrededor del 20% de la fruta; concretamente en la variedad mango azúcar que contiene el 50% de carbohidratos, 43% y 22% de fibra soluble e insoluble, proteína en el orden de 6,6 gr/100 gr y un contenido de polifenoles altos (Marçal et al., 2021), a lo anterior se le puede sumar el potencial prebiótico, capacidad antioxidante, inclusive antimicrobiana que dejan ver que aunque se está desperdiciando es un opción importante en el desarrollo y la formulación de productos deshidratados como snacks, pues actualmente la industria alimentaria todavía utiliza mayoritariamente salvado de cereales para aumentar el contenido de fibra en los productos alimenticios procesados deshidratados; sin embargo, los subproductos de frutas como las cáscaras de mango son una fuente alternativa de fibra que aportara significativamente el desarrollo de un producto, contribuyendo a la mitigación de impactos ambientales que ocasionarían los residuos de una fruta que no se utiliza.

Los snacks de frutas, en este caso uno que contenga pulpa y cáscara de mango son una propuesta interesante ya discutido desde el punto de vista nutraceútico y ahora desde la novedad de producto es sin duda una alternativa propicia. Rubiano et al., (2019) desarrollaron un snack de mango cuyas propiedades mecánicas permitían que se pudiera enrollar sobre sí mismo, deshidratado por medio de convección forzada con características fisicoquímicas y sensoriales adecuadas, además de contener sustancias bioactivas: vitamina C (48,38mg/100g, aportando, aproximadamente, el 60% de la cantidad requerida de consumo diario) y con una capacidad antioxidante, medida con la metodología DPPH de 63,63%, que pueden favorecer la salud de los

consumidores. Lo anterior abre nuevas posibilidades para el desarrollo de productos alimentarios a partir del mango y, a su vez, el aprovechamiento de subproductos, como la cáscara.

## **2.2 Estado del Arte**

Se han realizado algunos estudios relacionados con la formulación y desarrollo de snacks de frutas y hortalizas, caracterizaciones antes y después de diferentes técnicas de tratamientos térmicos utilizados, destacando aditivos para el mejoramiento de procesos y características intrínsecas, así como también la demostración de alternativas de transformación con características nutraceúticas importantes.

Huang et al., (2012), presentan una visión general del progreso de la investigación en la producción de vegetales secos y snacks también examina las ventajas relativas de diversas tecnologías de secado como secado al vacío, liofilización, secado en microondas, extrusión y considera adecuada la combinación de diferentes métodos como alternativas apropiadas para deshidratación de diferentes matrices vegetales, adicional a lo anterior establece según estudios que el secado al vacío es especialmente adecuado para productos de alto valor que son sensibles al calor; por ejemplo, frutas con alto contenido de azúcar y ciertas hortalizas de alto valor nutricional.

Estrada et al., (2018), estudiaron la aplicación de técnicas de deshidratación osmótica y secado por aire caliente en snacks de mango, guayaba y limón. Se determinaron compuestos de interés nutraceútico como fibra, calcio y vitamina C antes y después de los procesos de deshidratación. Se obtuvieron productos de humedad baja comprendidos por ralladura de limón deshidratada, lámina de mango-limón, mango en polvo, guayaba en polvo y de humedad intermedia comprendido por mango y guayaba osmodeshidratada. La técnica de secado por aire caliente permitió obtener ralladura de cáscara de limón, mango y guayaba en polvo, con contenidos importantes de fibra dietaría y presencia de vitamina C, en contraste con una pérdida drástica de vitamina C o ácido ascórbico en los productos osmodeshidratados.

Buelvas et al., (2017), estudiaron posibles alternativas agroindustriales del mango criollo colombiano, destacando formulaciones y requerimientos de fabricación en transformaciones de mango como materia prima, por ejemplo, los snacks, harinas y lochas de mango. Así mismo se identifican apropiadamente, el uso de tecnologías aplicadas en el desarrollo de productos agroindustriales y su proceso de transformación, y paralelamente se realiza una caracterización inicial de la materia prima con la finalidad de identificar, características físicas y químicas de los mangos criollos.

Rubiano et al., (2019), desarrollaron un producto alimentario tipo snack con forma de rollos a base de pulpa de mango *Mangifera indica* L., con la adición de componentes bioactivos (polifenoles y vitamina C), presentes en la cáscara.; evaluaron la extracción por fluidos supercríticos de polifenoles, y posteriormente fue sometido al secado al vacío (40°C, 33mbar,

durante 7,5horas) y molienda criogénica de la cáscara de mango. Los resultados indicaron un rendimiento del proceso de extracción de 56,67%, por lo que se estableció adicionar directamente la cáscara de mango deshidratada y molida al producto alimentario. Posteriormente, se determinó la formulación para elaborar un rollo comestible a partir de pulpa de mango, mediante un diseño factorial, variando la adición de ácido ascórbico (0,3-0,5%p/ p) y cáscara de mango deshidratada (1-3%p/p), teniendo como variables de respuesta propiedades fisicoquímicas y sensoriales. Se estableció como formulación adecuada: 0,5% ácido ascórbico y 1% cáscara de mango, así como la adición de ácido cítrico 0,5%, azúcar 3,5%, maltodextrina 10%, CMC 1% y pulpa 83,5%; los rollos fueron obtenidos por secado convectivo hasta humedad de 24% bh. Lo anterior permitió obtener un producto con calidad apropiada (pH= 4,39,  $a_w$  =0,8275, humedad= 23,47% bh, parámetros de color  $L^*$ = 46,9,  $a^*$  =2,86,  $b^*$ =37,89 y calidad sensorial alta), además de contener sustancias bioactivas: vitamina C (48,38mg/100g) y polifenoles (capacidad antioxidante 63,63%).

Erdociain (2020), desarrolló snacks de manzana de la variedad Royal Gala mediante secado con aire caliente y estudio cómo factores como la temperatura de secado (40, 60 y 80 °C), el grosor del producto inicial (2 y 4 mm) y la aplicación de un pretratamiento antioxidante con zumo de limón y su afectación a la cinética de secado y a parámetros como la humedad, el color y la textura del producto final. La cinética de secado y la textura se vieron afectadas por los tres factores planteados. El color de los snacks se volvió más oscuro a mayor temperatura de secado, particularmente a 80 °C, en los snacks no sometidos a pretratamiento con zumo de limón. Este pretratamiento tuvo un claro efecto antipardeante, al menos en los snacks obtenidos a las temperaturas de secado 40 y 60 °C.

Ciurzyńska et al., (2020), evaluaron diferentes tipos de hidrocoloides como: alginato de sodio con lactato de calcio y la mezcla de goma de algarroba con goma xantana respecto a las propiedades físicas de la producción de snacks vegetales liofilizados basados en formulaciones de brócoli, coliflor, pimiento verde y zanahoria. Los resultados indicaron que el tipo de hidrocoloide tuvo un impacto significativo en las propiedades físicas de los snacks investigados, pues todas las variantes de snack presentaron propiedades físicas favorables (alta porosidad, baja contracción, dureza apropiada, baja actividad de agua y atractiva apariencia para el consumidor). El tipo de hidrocoloide utilizado tuvo el mayor impacto en los snacks con alginato de sodio que obtuvieron poros más finos, lo que da como resultado una mayor porosidad y dureza en comparación con los snacks basados en mezclas de hidrocoloides que probablemente tenían de un gran número de poros cerrados, lo que resultó en una menor porosidad. Así mismo se dedujo que el tipo de hidrocoloide afecta significativamente la fuerza máxima necesarios para deformar la muestra.

Pires et al., (2021), formularon tratamientos de snacks ricos en calcio a base de yogur con adición de pectina y proteína de suero lácteo para proporcionar una matriz alimentaria crujiente después de la liofilización. El contenido de calcio varió de 0,28 g a 0,74 g/100 g en snack. Se encontró que la pectina y el calentamiento antes del secado por congelación son importantes para proporcionar productos con una textura adecuada, en cuanto a crocancia y dureza. Además, se realizó una digestión estática in vitro de tres pasos que simula la digestión oral, condiciones gástricas e intestinales y se encontró que los snacks con alto contenido de calcio tuvieron la mayor diferencia entre el calcio soluble al principio y al final de la fase intestinal.

Bravo et al., (2023), estudió de estabilidad fisicoquímica de una lámina comestible de humedad intermedia elaborada a base de pulpa de mango (*Mangifera indica*) variedad Tommy Atkins y piña (*Ananas comosus*) variedad oro miel, obtenida por deshidratación por convección forzada. Para el desarrollo y obtención final de la lámina comestible, se evaluó la adición de los hidrocoloides carboximetilcelulosa (CMC), gelatina sin sabor y pectina en concentraciones del 1% respecto al peso de las pulpas de frutas, sobre la flexibilidad de las láminas obtenidas por secado a 70°C. Los resultados preliminares mostraron que la adición de CMC fue el único hidrocoloide que logró una textura flexible, buen color, retención de aroma y sabor, por lo tanto, la formulación base fue establecida con 0,1% de ácido cítrico, 0,1% de ácido ascórbico, 1% de CMC y 4,5% de azúcar blanca. La obtención de la lámina comestible a partir de la formulación base, se llevó a cabo mediante un secado por convección forzada a temperaturas de 60°C y 70°C en condiciones constantes de velocidad de circulación de aire. Por otro lado, las propiedades de resistencia mecánica tales como la fuerza de falla al corte y la fuerza de falla en tensión, disminuyeron con el tiempo de estabilidad, logrando los menores valores de resistencia mecánica a 60°C y almacenadas a 35°C. Por otro lado, a mayor temperatura de secado y de almacenamiento de las láminas comestibles, se observó una mayor pérdida de vitamina C. Mientras que el mayor contenido de vitamina C fue de  $3,371 \pm 0,050$  mg/g de materia seca, alcanzado en condiciones de secado a 60°C y almacenamiento a 35°C, el valor mínimo observado fue de  $0,692 \pm 0,036$  mg/g materia seca, presente en las láminas almacenadas por 4 semanas previamente secadas y almacenadas a 70°C y 35°C.

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Localización.**

El desarrollo experimental se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio de Productos Lácteos, el laboratorio de Procesos Agrícolas y el laboratorio de Control de Calidad de Alimentos, adscritos al Departamento de Ingeniería Agrícola y Alimentos, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

#### **3.2 Obtención, acondicionamiento y caracterización del concentrado de proteína de lactosuero dulce.**

En este estudio se utilizó el lactosuero dulce obtenido de la coagulación de la leche pasteurizada durante la elaboración de quesos frescos, suministrado por el laboratorio de productos lácteos de la Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín. Inicialmente se filtró con una malla de tela de tamaño de poro de 0.1mm de diámetro; posteriormente, se sometió a 40-45°C para ser descremado en una centrifuga Westfalia a 8050 rpm. Finalmente, el producto fue pasteurizado a 63°C por 30 minutos. Posterior a la pasteurización, el suero se sometió a un proceso de separación por membranas por ultrafiltración utilizando el sistema de flujo continuo de marca PERINOX modelo E0FT. Este proceso se llevó a cabo a una temperatura de 48°C, un factor de concentración

de 18, una presión de entrada de 1 bar y una presión de salida de 3 bares. El concentrado de proteína o WPC fue llevado a refrigeración para su posterior procesamiento.

Para el concentrado proteico se caracterizaron las siguientes variables:

- Sólidos solubles totales. Se determinó como grados Brix ( $^{\circ}\text{Bx}$ ) utilizando un refractómetro HANNA HI 96801 (Kucheryavskiy & Lomborg, 2015; AOAC 981.12, 1997).
- Acidez titulable. Por titulación siguiendo la metodología propuesta por Leo, Nollet & Toldra (2009) con algunas modificaciones: se tomó una muestra de 9 mL y fue llevada a un crisol de porcelana, en donde se aplicaron 2 gotas de fenolftaleína al 2% como indicador, titulando con hidróxido de sodio a 0,1 N (AOAC 947.05, 1997). La acidez fue expresada como % de ácido láctico.
- pH. Se realizó con un potenciómetro de electrodo, siguiendo la metodología dada por Leo, Nollet & Toldra (2009) (AOAC 981.12, 1997; NTC 3651, 2012).
- Color. Se utilizó el espacio de color CIE  $L^*a^*b^*$  empleando un colorímetro (Konica Minolta®, modelo Chroma meter CR-400, Japón), con iluminante D65 y un ángulo visual de  $2^{\circ}$ . A partir de los espectros reflexión de las muestras se determinaron las coordenadas de color  $L^*a^*b^*$  (NTC 4623, 1999).

- Contenido de proteína. Esta variable fue determinada por el método Kjeldahl conformado en 3 etapas: digestión, destilación y titulación. En la etapa de digestión se sometió la muestra (1 ml) en una solución con ácido sulfúrico concentrado, en presencia de un catalizador formándose el sulfato ácido de amonio  $(\text{NH}_4) \text{HSO}_4$ , en una temperatura de  $370^\circ\text{C}$  durante 1 hora, posteriormente se alcalinizó la muestra digerida con NaOH 32% y el nitrógeno se desprende en forma de amoníaco ( $\text{NH}_3$ ). El amoníaco destilado se recogió sobre un exceso de ácido bórico (2%), se forman en iguales proporciones ion borato - ion amonio. Finalmente, en la etapa de titulación se realizó la cuantificación del nitrógeno amoniacal por medio de una volumetría ácido-base del ion borato formado, empleando ácido sulfúrico 0,1 N y como indicador una disolución alcohólica de una mezcla de rojo de metilo y azul de metileno. Los equivalentes de ácido consumidos corresponden a los equivalentes de amoníaco destilados; para así conocer el porcentaje de proteína de la muestra. (ISO 14891:2008 IDF 185:2008)

### **3.3. Acondicionamiento y caracterización del mango.**

El mango variedad azúcar (*Mangifera indica L.*) fue obtenido de pequeños productores y comercializadores en la Central Minorista de la ciudad de Medellín, cosechados en el departamento de Antioquia. El producto se adecuó y desinfectó con una solución de hipoclorito 50 ppm, posteriormente fueron pelados con un cuchillo, troceados manualmente y almacenados en temperaturas de  $-10^\circ\text{C}$ . Para este estudio se tomaron en cuenta los mangos en estado de maduración 4 de acuerdo a la clasificación propuesta por la norma técnica colombiana 5139 (NTC 5139, 2002).

**Obtención de pulpa.** La fruta ya adecuada y desinfectada, fue sometida a un proceso de despulpado usando una despulpadora industrial Merkader ind, modelo HK 4323 con capacidad procesamiento de 200 kilos / hora; posteriormente se caracterizó por triplicado siguiendo los protocolos dados a continuación:

- pH. Se realizó con un potenciómetro de electrodo, en pulpa homogenizada (AOAC 942.15, 2012; NTC 3651, 2012).
- Acidez titulable. Se midió 9 mL de pulpa de fruta homogenizada para ser titulados con una solución de hidróxido de sodio 0,1 N y fenolftaleína (1%) como indicador. Se expresó como % de ácido cítrico por cada 100 g de muestra (NTC 5139, 2002).
- Sólidos solubles totales. Se determinó mediante lectura refractométrica expresando su resultado en grados Brix (NTC 4580, 1999).
- Color. Se trabajó en el espacio de color CIE L\*a\*b\* empleando un colorímetro (Konica Minolta®, modelo Chroma meter CR-400, Japón), con iluminante D65 y un ángulo visual de 2°. A partir de los espectros reflexión de las muestras se determinó las coordenadas CIE-L\*a\*b\*(NTC 4623, 1999).
- Actividad antioxidante. Se realizaron las pruebas de ABTS y DPPH, donde la extracción metanólica se llevó a cabo con modificaciones de la metodología descrita por Bravo et al.,

(2014), pesando 1 g de pulpa de fruta en tubos falcón de 50 mL. Luego se adicionó 5 mL de metanol, se agitó en vórtex a 15000 rpm durante 5 minutos y se centrifugó 10000 rpm por 10 min a 20°C; posteriormente se pasó la muestra por un papel filtro Whatman No.4 a un balón aforado de 5 mL. Posterior a ello se prepararon en tubos eppendorf con 990 microlitros de la solución de trabajo previamente calibrada, 10 microlitros de la extracción antes mencionada; después se sometió a reposo en oscuridad a temperatura ambiente durante 30 minutos (DPPH) y 7 minutos (ABTS). para ser leído en un espectrofotómetro Genesys 10S UV – VIS marca Thermo Scientific con absorbancias de 517 nm para DPPH y 734 nm en ABTS con un blanco de reactivos respectivamente. Este proceso fue igual para la suspensión y producto deshidratado.

- Polifenoles Totales. Esta prueba se realizó por el método colorimétrico de Folin-Ciocalteu modificado y descrito por Prior et al., (2005) construyendo una curva patrón usando como estándar ácido gálico y los resultados se expresaron como equivalentes en mg de ácido gálico /100 g de pulpa. Se tomó una muestra de pulpa de 1 g y se realizó una extracción con metanol (5 mL), se agitó en vórtex a 10000 rpm durante 5 minutos, se sonicó 10 minutos y se centrifugó a 10000 rpm durante 10 minutos a 20°C; posteriormente se pasó la muestra por un papel filtro Whatman No.4 a un balón aforado de 5 mL; posteriormente se tomó una muestra de 50 microlitros de la extracción anterior en una solución de 425 microlitros de agua destilada, 125 microlitros de folin ciocalteu, en agitación por 6 minutos y finalmente se agregaron 400 microlitros de carbonato de sodio para ser almacenado en condiciones de oscuridad y reposo durante una hora para su posterior lectura de absorbancia a 760 nm con un blanco de reactivos en un

espectrofotómetro Genesys 10S UV – VIS marca Thermo Scientific Este proceso es igual para las suspensiones y producto deshidratado.

- Carotenoides Totales. Este se realizó siguiendo la metodología propuesta por Ferreira et al. (2009), en cual se utilizó 1 gramo de la muestra, se agitó con 10 ml de una mezcla de n-hexano y acetona (proporción 6:4) durante 10 minutos a temperatura ambiente y se filtró a través de un papel de filtro Whatman No.4. La absorbancia del filtrado se midió a 450 nm con un blanco de reactivos en un espectrofotómetro Genesys 10S UV – VIS marca Thermo Scientific. Los resultados se expresaron como  $\beta$  caroteno/100 g de pulpa

### **3.4. Formulación de la suspensión.**

Para la establecer la suspensión final, de manera preliminar se llevaron a cabo numerosos pre ensayos preliminares en los cuales se ejecutaron variaciones de las materias primas (Pulpa y cáscara de mango, concentrado de proteína y estabilizante) en relación con el tiempo de secado, grosor de la lámina y metabolitos antioxidantes; finalmente se seleccionó una suspensión óptima para elaboración tienen y se homogenizó la mezcla en una licuadora industrial marca Javar-LC15 1F 15LT durante 10 minutos obteniendo una suspensión pastosa de color amarillo que posteriormente se sometió a deshidratación en un sistema de convección forzada con aire caliente en la elaboración del snack de contenido de humedad intermedio.

### **3.5. Proceso de elaboración del snack**

#### **3.5.1. Secado**

La suspensión formulada se vertió en una bandeja metálica previamente forrada con papel cera esparciéndolo de manera uniforme hasta alcanzar un espesor de la mezcla en la bandeja de 7-8 mm. El secado se realizó en una estufa Universal Memmert INB 500 a una temperatura de 65°C y velocidad constante de circulación de aire de 2,5m/s, condiciones similares a las estudiadas en un producto de características similares (Bravo, 2020), finalizando el proceso cuando se alcanzó una humedad entre 16 - 20% bh y actividad de agua (aw) entre 0,6 – 0,8, valor de aw que determina un producto deshidratado de humedad intermedia (Badui, 2016). Posteriormente el snack resultante del secado fue caracterizado fisicoquímicamente (Color, sólidos solubles totales, actividad de agua, humedad, pH, acidez titulable, capacidad antioxidante, carotenos y polifenoles totales, contenido de proteína) con los protocolos descritos anteriormente mencionados y adicionalmente se ejecutó un análisis de carácter reológico relacionado con la resistencia mecánica a la tensión; en donde las láminas comestibles fueron sometidas a un esfuerzo de tensión utilizando un analizador universal de textura TA-XT2i (Stable Micro Systems, London, U.K.). Las láminas de dimensiones 4,5cm x 8,4cm, fueron fijadas en sus extremos y sometidas a tensión hasta punto de fallo, utilizando una geometría similar a lo requerido en las pruebas ASTM E8 con las modificaciones propuestas en alimentos de acuerdo a la metodología dada por Henkel (1998). Se utilizó una celda de carga de 50kg, velocidad de prueba de 1mm/s, velocidad de pre y post prueba de 2mm/s y distancia de deformación máxima de 50mm.

## 4. Análisis De Resultados

### 4.1. Caracterización del concentrado de proteína (WPC).

En la Tabla 6 se muestra la caracterización del concentrado proteico (WPC) obtenido por medio de la tecnología de ultrafiltración.

**Tabla 6.**

*Caracterización de concentrado proteico de suero lácteo (WPC).*

<b>Parámetro</b>	<b>WPC</b>
Humedad (% bh)	87,83 ± 0,3
Sólidos solubles (°Bx)	10,51 ± 0,4
pH	6,70 ± 0,04
Acidez (% ácido láctico) (v/v)	0,16 ± 0,01
Proteína (%)	4,3 ± 0,16

**Fuente:** *Elaboración propia.*

El valor de la humedad media  $87,83\% \pm 0,3$  presenta un valor inferior, de lo reportado por (Guerrero et al., 2015) el cual obtuvo un valor de  $93,32\%$ . La anterior diferencia puede ser debido a la composición inicial de la leche que fue procesada para la elaboración de quesos frescos, las técnicas empleadas de coagulación, que incluye los tiempos de desuero y, probablemente a las razas de producción y la alimentación de los animales durante el proceso de ordeño (Ruiz et al., 2020; Villegas 2020). Respecto a los sólidos solubles, en el estudio realizado por Sandoval et al., (2022) obtuvieron valores medios de  $18,21 \pm 0.4$  °Bx un valor superior a lo obtenido en este estudio ( $10,51 \pm 0,4$  °Bx), lo que está directamente asociado a la presión de operación del sistema del proceso de ultrafiltración en función de la cantidad de suero procesado, eso sin contar de la calidad de la leche en cuanto a su contenido proteico inicial como materia prima.

Por otra parte, el pH que se obtuvo fue de  $6,70 \pm 0,04$  que es semejante a lo encontrado por Argenta et al., (2022) de  $6,50 \pm 0,14$  y que también presenta similitud con respecto al valor dado por Guerrero et al., (2015) de  $6,57 \pm 0.3$ . De lo anterior, permite establecer que esta solución proteica ofrece una tendencia neutral en cuanto a su potencial de hidrógeno y que por su parte la acidez que se encontró con una cifra de  $0,16 \pm 0,01$  que corresponde a lo reportado por Nishanthi et al., (2017) de  $0,1 \pm 0.03$ .

Con respecto al contenido de proteína, el valor encontrado por Guerrero et al., (2015) fue de  $4,11\%$  que es similar a lo encontrado en este estudio con un valor medio de  $4,3 \pm 0,16$ . Lo cual confirma lo que se ha mencionado en apartados anteriores respecto a que la ultrafiltración como método de separación de membranas es una alternativa viable en cuanto a la retención de

compuestos de alto valor biológico como son entre otros, las proteínas que anteriormente eran dispuestas como un desecho en conjunto con el suero dulce en la industria láctea proveniente de la fabricación de quesos frescos.

#### 4.2. Acondicionamiento y caracterización del Mango

La caracterización fisicoquímica de la pulpa y cáscara de mango (*Mangifera indica L.*), se pueden observar en la Tabla 7.

**Tabla 7.**

*Caracterización de la pulpa y cáscara de mango de azúcar*

Parámetro	Pulpa	Cáscara
Humedad (% b.h)	81,35 ± 0,7	70,2 ± 0,4
Sólidos Solubles (°Bx)	18,6 ± 2,3	29,8 ± 0,4
pH	4,58 ± 0,3	4,52 ± 0,019
Acidez (% ácido cítrico) (v/v)	0,16 ± 0,03	0,14 ± 0,01
L*	35,6 ± 1,5	-
a*	6,7 ± 0,6	-
b*	39,6 ± 3,1	-
Ácidos fenólicos (mg AGE/100 g bs)	210,4 ± 0,1	5442 ± 3,1
Fibra Cruda (g /100 g bs)	0,2 ± 0,0	0,7 ± 0,2

Carotenos (mg B-Caroteno/ 100 g bs)	5,85 ± 2,5	26,12 ± 2,1
ABTS (µmol Trolox equivalente/ g extracto seco)	12,91 ± 1,2	587 ± 2,3
DPPH (µmol Trolox equivalente/ g extracto seco. Litro)	14,3 ± 0,7	442,74 ± 4,24

**Fuente:** *Elaboración propia.*

En cuanto a contenido de humedad, la pulpa estudiada de mango de la variedad azúcar (*Mangifera indica L.*) reportó resultados similares a Buelvas et al., (2017) en que se establecen valores cercanos a 81,35% de humedad ( exactamente de 81,48%), sin embargo, respecto a esta característica fisicoquímica es importante mencionar que se mueve en rangos amplios de la escala; dado que está relacionada directamente con el estado de maduración, como es el caso de Corrales et al., (2017) y Estrada et al., (2018) quienes reportan valores de 79,3% y 73,94% respectivamente. Lo anterior se debe probablemente a los procesos fisiológicos que tienen lugar en la maduración, en donde debido a la producción de etileno y respiración de la fruta se ocasionan aumentos en la actividad metabólica que desencadena liberación de vapor de agua aumentando con esto disponibilidad hídrica de la fruta. Por su parte la humedad de la cáscara es de 70,2 % ± 0,4, contenido que se ajusta al valor reportado por Marçal et al., (2021) , cuyos valores oscilaron entre el 62%- 83% b.h, cifras que relacionan su variabilidad con el estado de maduración en la que se realiza el despulpado y sobre todo a la eficiencia del procesamiento de fruta para ser separada de la cáscara, dado que en ocasiones las cáscaras de fruta contienen cantidades considerables de pulpa, lo que afecta de manera directa los análisis, sumando una humedad al resultado que no precisamente le corresponde a la cáscara propiamente.

Respecto al contenido de sólidos solubles de la pulpa ( $18,6 \pm 2,3$  °Bx), su valor corresponde de manera cercana con la norma técnica colombiana NTC 5139 del 2002 que asume para el estado de maduración 4 el valor de  $19,3$  °Bx, siendo la variedad azúcar la cual según esta norma debe rendir el máximo de grados Brix comparados con las variedades criollas vallenato e hilacha, también colombianas. Rodríguez et al., (2016) reportan inclusive valores cercanos al  $20$  °Bx después de 10 días de almacenamiento como bien fue la época del análisis para algunas mediciones llevadas a cabo.

Por otra parte, Siddiq et al., (2017), reportan en su estudio un valor de acidez cercano al  $0,1\%$  como ácido cítrico, que expresan coherencia con el análisis que según sus valores medios indican  $0,16 \pm 0,03$ , lo que va en concordancia con la NTC 5139 de 2002 que indica valores máximos para este parámetro no deben superar los  $0,22\%$ . Este resultado se encuentra sobre los límites establecidos por la norma y para este caso se podría catalogar como un compuesto semiácido o ligeramente ácido, por su parte otra variable como el pH, el cual fue de  $4,58 \pm 0,3$  muestra que esta fruta en su estado de maduración máximo se puede proyectar como ligeramente ácida dejando de lado un comportamiento marcado en pH altamente ácidos propios de las frutas en su estadio fisiológico inicial o verde, cifra que inclusive, también coincide ligeramente con el anterior lineamiento técnico que establece que para el estado de maduración 4 el valor del potencial de hidrogeno debe ser de  $4,62$ , valores similares inclusive con el estudio de Siddiq et al., (2017) con un valor de  $4,65$ .

El mango contiene una cantidad considerable de fibra dietaria total, la cual, inclusive es más representativa en la cáscara de la fruta (López, 2020). En esta investigación la fibra cruda en la pulpa con un valor de  $0,2 \text{ g} \pm 0,0 / 100 \text{ g}$  es similar con la investigación de Zafar et al., (2017) en donde se reportan contenidos de fibra cercanos a  $0,4 \text{ g} / 100 \text{ g}$  y Siddiq et al., (2017) con  $0,3 \text{ g} / 100 \text{ g}$ , por su parte la cáscara con un valor de  $0,7 \pm 0,2 \text{ g} / 100 \text{ g}$  comprende un valor superior y apenas esperado dado que en la corteza de la fruta se encuentran componentes estructurales de las paredes celulares con el objetivo de dar soporte y protección de a la pulpa y semilla. Sin embargo, es conveniente mencionar que conforme avanza el estado fisiológico de la fruta ocurren procesos de hidrólisis mediados por la respiración y la producción de etileno lo que afecta el metabolismo péptico, provocando cambios de textura a nivel estructural y mejora las características sensoriales del producto. En este caso la fibra cruda se convierte en un elemento indispensable para mejora la motilidad intestinal optimizando consigo procesos digestivos y presentándose como una opción favorable consumo para aquellas personas de tránsito lento.

La norma técnica colombiana NTC 5139 del 2002 establece para el mango variedad azúcar cuatro estados de maduración señalando la menor como la número 1 y cuyo estado de maduración máximo es el 4, siendo este último el seleccionado para este estudio. El análisis de las coordenadas de color (CIELAB) en donde la luminosidad,  $L^* = 35,6 \pm 1,5$  destaca una superficie que puede presentar matices de pardeamiento en respuesta a su avanzado estado de maduración mediado no solo por procesos fisiológicos asociados a la respiración de la matriz vegetal si no también como respuesta a la acción enzimática como la polifenol oxidasa y peroxidasas encargadas de tornar la superficie un poco más oscura; por su lado el parámetro  $b^*$ , encargado de indicar la dirección hacia tonalidades amarillas con un valor de  $39,6 \pm 3,1$  muestra que la fruta en

una estado de maduración 4 ( máximo para esta fruta) puede expresar tendencias hacia colores amarillos con posibilidades de aumento de la coordenada teniendo en cuenta que la pulpa una vez comienza las fases de proceso pierde agua lo que podría ocasionar una concentración de color cada vez más marcada. Por último, la coordenada de color  $a^*(6,7 \pm 0,6)$  es consecuente con la medición  $b^*$ , que expresa que está cada vez se encuentra más lejos de tonalidades rojas dado que es característico que esta fruta tome colores hacia amarillos en su estado de maduración típico (Corrales et al., 2017).

Para los compuestos fenólicos de la pulpa de mango, en este estudio se encontró valores de  $210,4 \pm 0,1$  mg AGE/100 g, resultados con similitud en la investigación de dada por Corrales et al., (2014), los cuales reportaron valores de  $217,6 \pm 1,4$  mg AGE/100 g, y similar a lo reportado por CORPOICA (2008) en los que los análisis mostraron contenidos en rangos desde 50 a 200 mg AGE/100 g para mango criollo de la variedad azúcar. Respecto a lo anterior es importante mencionar que existe diversidad de mangos y cada uno con metabolitos en diferentes proporciones y que estos no solo dependen de su variedad sino también de su estado de maduración; un ejemplo claro fue el análisis de Zafar et al., (2017) que reportan para el mango variedad Kent un valor de metabolito cercano a 21,16 mg GAE/100 g, lo cual respalda que esos compuestos bioactivos son dependientes no solo del estado de maduración sino también de la variedad con la que se trabaje; a parte de la riqueza cualitativa es conveniente mencionar que hay un gran número de compuestos que conforman esta lista de metabolitos llamados polifenoles y que sus proporciones, ausencias o abundancias afectan los valores estudiados como por ejemplo la mangiferina, catequinas, quercetina, kaempferol, ramnetina, antocianinas, ácidos gálico y elágico, galato de propilo y metilo, ácido benzoico entre muchos otros que son parte de una lista extensa de la cual se destaca

la manguiferina y el ácido gálico con una representatividad importante (Masibo et al., 2018). A estos compuestos se les atribuye especial interés, ya que varios estudios han mostrado la importancia nutracéutica y farmacéutica, que los han hecho polifenoles destacados en el mango y sus beneficios han sido ampliamente verificados por su potencial para combatir enfermedades degenerativas relacionadas con problemas cardíacos y el cáncer. La manguiferina es una xantona y los compuestos de esta clase son algunos de los antioxidantes más potentes que se conocen; se cree que son más potentes que la vitamina C o la vitamina E y, a veces, se los denomina extraoficialmente como antioxidantes de orden superior.

La cáscara de la fruta presentó una cantidad de polifenoles correspondiente a  $5442 \pm 3,1$  mg GAE/100 g, una cuantía muy superior a la pulpa. Algunos estudios indican que la diferencia es muy superior entre partes como lo reporta Marçal et al., (2018) con aproximadamente  $4440 \pm 0.3$  mg GAE/100 g que si bien es cierto que es un valor inferior al encontrado en la investigación no deja de ser alto en relación a su cantidad y comparativo con la pulpa que es la parte comestible de la fruta. Sin embargo, si se compara con otras variedades hermanas como el mango Ataulfo ( $7578 \pm 10.09$  mg GAE/100 g) y Tommy Atkins ( $3857 \pm 5.35$  mg GAE/100 g) se puede decir que la variedad azúcar se encuentra en un rango medio aunque con valores muy superiores para tratarse de una cáscara que para efectos del procesamiento de esta fruta se considera un subproducto cuyo fin más común es el desecho en diferentes escalas e impactos (Quintana et al., 2019). Cualitativamente en este tejido se puede decir que la manguiferina y la quercetina son las variedades de polifenoles más representativas en la cáscara con aproximadamente 54,8% y 41,94% respectivamente (Masibo et al., 2018). Estos resultados dejan en evidencia la posible capacidad

antioxidante representada en el aporte de polifenoles en un producto de humedad intermedia como un snack comestible.

El contenido de carotenos en la pulpa de fruta según Siddiq et al., (2017) correspondió a 3,95 (mg/100 g) cifra que se relaciona con el valor encontrado en este estudio de  $5,85 \pm 2,5$  (mg/100 g). Corrales et al., (2014) reportan del mismo metabolito para la variedad azúcar una cifra de  $10,7 \pm 0,2$  (mg/100 g). Lo anterior indica el amplio rango en la variabilidad de mediciones supeditado a factores fisiológicos, genéticos, de manejo agronómico y postcosecha, y técnicas de cuantificación y extracción, aunque es conveniente mencionar que esta fruta en su fracción pulpa tiene una considerable capacidad antioxidante además de los aportes provitamina A; pues este mismo metabolito es considerado precursor con capacidad para convertirse en retinol (García,2016). En lo que refiere a la porción de cáscara, Ajila et al., (2007) estableció una cantidad de carotenoides de  $19,4 \pm 0,26$  (mg/100 g) valor inferior de lo encontrado en cuanto a  $26,12 \pm 2,1$  (mg/100 g) y ambas variaciones ( pulpa y cáscara) pueden deberse a los estados de maduración de las frutas, pues es a partir de este evento fisiológico que pueden ocurrir procesos de degradación y síntesis de algunos metabolitos, lo anterior sin contar eventos relacionados con el manejo de la fruta en postcosecha que ocasionando daños mecánicos, abren paso a procesos de oxidación enzimática que terminan en la degradación de compuestos de interés. Sin embargo, es importante mencionar que son valores con una representatividad importante, sobre todo tratándose de una fracción destinada a ser desechada en el proceso agroindustrial, y por consiguiente aumentando las cifras de contaminación ocasionadas por la manufactura que pueden estar relacionadas con procesos de descomposición en la producción de metano y también como fuente de carbono que favorece el crecimiento bacteriano; lo que deja por sentado que hay oportunidades

en la exploración de fracciones de la fruta como esta que pueden representar un potencial nutracéutico y proporcionar una materia prima favorable para la obtención de extractos ricos en compuestos con propiedades antioxidantes, además de que con este aprovechamiento se podrían reducir los problemas ambientales causados por estos residuos relacionados con esta fruta. (Sumaya et al., 2019)

En investigaciones de Corrales et al., (2014) se reportan valores de capacidad antioxidante (ABTS) aproximados en  $12,22 \mu\text{mol Trolox equivalente/ g}$  lo que va en concordancia con el valor de  $12,91 \pm 1,2 \mu\text{mol Trolox equivalente/ g}$  propios ambos realizados para la variedad azúcar en estado de maduración 4. Por otra parte, la capacidad antioxidante en términos de DPPH presentó una cifra de  $14,3 \pm 0,7 \mu\text{mol Trolox equivalente/ g}$ , lo cual es similar a lo estudiado por Saucedo (2016) quien reportó valores cercanos  $14,6 \mu\text{mol Trolox equivalente/ g}$  en la variedad Ataulfo.

La capacidad antioxidante de la cáscara mostró un valor de  $587 \pm 2,3$  y  $442,74 \pm 4,24 \mu\text{mol Trolox equivalente/ g}$  extracto seco para los métodos ABTS y DPPH respectivamente, lo cual está relacionado con los valores estudiados en ABTS por Morales et al., (2020) que reporta un valor de  $530,7 \mu\text{mol Trolox equivalente/ g}$  extracto seco; sin embargo, cuando se habla de DPPH, lo que se reportó por Meneses et al., (2015) y Blancas et al., (2015) fue  $851.9$  y  $790.79 \pm 11.57 \mu\text{mol TE/g}$ , respectivamente, y esta diferencia puede ser explicada desde muchas ópticas, tales como las condiciones de siembra y establecimiento, las subvariedades genéticas, inclusive las condiciones de cosecha, almacenamiento y posterior proceso de maduración que tratándose de una fruta climatérica está supeditada a los procesos de respiración, sin embargo la cifra desde la

cuantificación, interpreta una capacidad antioxidante alta para tratarse de un componente que no es consumido de manera habitual, pues generalmente es dispuesto como desecho posterior al proceso de despulpado, generándose según Marçal et al., (2021) cerca de 15 millones de residuos por este tejido, perdiéndose con él gran parte de la acción de estos metabolitos que contribuyen a la neutralización de radicales libres de diferente orden en el cuerpo; sin embargo es importante mencionar que a esta misma capacidad antioxidante se le atribuyen de manera fisiológica y vegetal condiciones de protección ( retraso, control o inhibición) ante el estrés biótico y abiótico en el proceso de desarrollo del fruto.

#### 4.3. Obtención y Caracterización de la suspensión.

La suspensión formulada se desarrolló con lo definido en la Tabla 8 y en la Tabla 9 su caracterización fisicoquímica.

**Tabla 8.**

*Formulación de la suspensión.*

<b>Materia Prima</b>	<b>Participación (%)</b>
Pulpa de mango	60
Concentrado de proteína (WPC)	30
Cáscara de mango	9
Estabilizante CMC	0,5
Ácido cítrico	0,5

**Fuente:** *Elaboración propia.*

**Tabla 9.***Caracterización fisicoquímica suspensión.*

<b>Parámetro</b>	
Humedad (% b.h)	76,04 ± 2,1
Sólidos Solubles (°Bx)	17,53 ± 0,42
pH	3,92 ± 0,07
Acidez (% ácido cítrico) (v/v)	0,72 ± 0,11
L*	42,03 ± 0,82
a*	2,93 ± 0,62
b*	42,51 ± 0,30
Ácidos fenólicos (mg AGE/100 g. bs)	277 ± 0,08
Carotenos (mg B-Caroteno/100 g bs)	2,87 ± 0,28
ABTS (µmol Trolox equivalente/ g extracto seco)	21,01 ± 2,54
DPPH (µmol Trolox equivalente/ g extracto seco)	25,23 ± 2,81
Tamaño de partícula Dx (90) (µm)	1190,33 ± 124,8
Índice de Consistencia (K) (Pa.s <sup>n</sup> )	29,41 ± 2,31
Índice de fluidez (n) (adimensional)	0,1625 ± 0,033

**Fuente:** *Elaboración propia.*

La suspensión propuesta para el desarrollo de un producto de contenido de humedad intermedio mostró un contenido alto de humedad ( $76,04 \pm 2,1$  % b.h) relacionado con lo estudiado por Rubiano et al., (2019) en las que reportan una humedad de una suspensión destinada a deshidratación para el desarrollo de un snack correspondiente a  $73,76 \pm 2,23$ % b.h, aunque cabe resaltar que dicho valor es inferior a lo reportado en análisis anteriores de pulpa y cáscara realizados. Lo anterior que puede explicarse desde la adición de ingredientes en polvo de baja contenido de humedad a la mezcla, tales como el CMC, lo cual permite en gran medida la retención de agua disponible. Respecto al pH reportado en este estudio ( $3,92 \pm 0,07$ ) es ligeramente inferior a lo reportado por Cortellino et al., (2018) de  $3,32 \pm 0,01$  en el desarrollo de productos cuyas materias primas eran WPC y frutas, indicando que es una suspensión con tendencia a la acidez; lo que va en concordancia con lo que reporta en el porcentaje de acidez expresado como ácido cítrico de  $0,72 \pm 0,11$ .

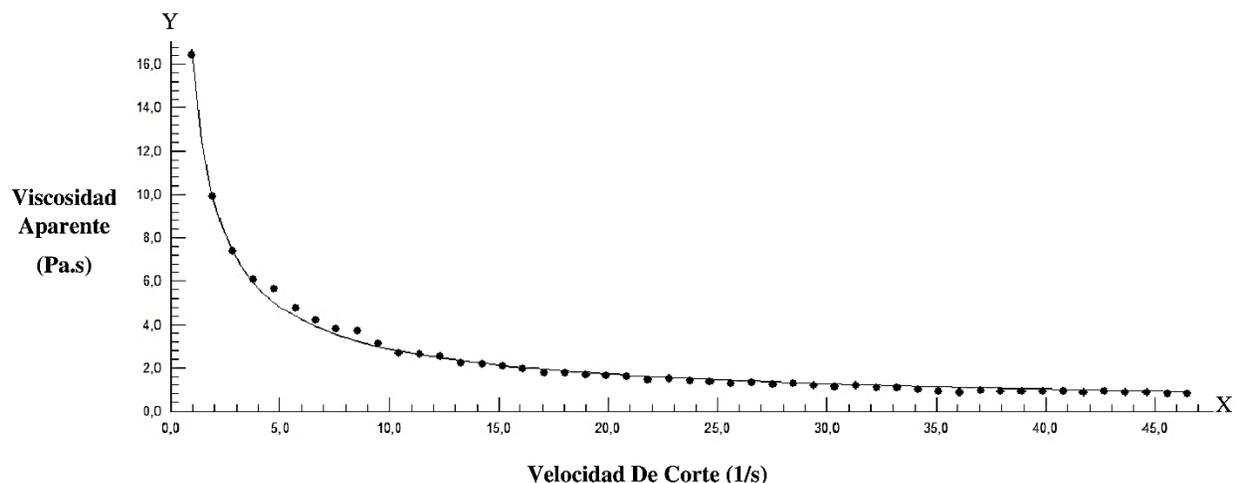
Las coordenadas de color de la suspensión evidencian que es un material con una distancia marcada de los rojos, pero con una tendencia inclinada hacia las tonalidades amarillas, lo que sin duda es consecuente con los aportes de carotenos que presentan tanto en la pulpa como en la cáscara encargados en mayor medida de la coloración de la suspensión lo que a su vez está en acuerdo con la coordenada  $b^*$  de la pulpa reportada en este estudio correspondiente a  $39,6 \pm 3,1$  que es similar al valor  $b^*$  de la suspensión ( $42,51 \pm 0,30$ ) que da cuenta de la significancia en un aporte del 60% de pulpa de mango en la formulación y que este debería expresarse colorimétricamente en la suspensión en fresco.

El contenido de carotenoides de esta suspensión ( $2,87 \pm 0,28$  mg  $\beta$ -Caroteno/ 100 g bs) es inferior a lo que reporta en pulpa y cáscara ( $5,85 \pm 2,5$  y  $26,35 \pm 5,2$ ) lo cual se relaciona con lo expresado por García, (2016) respecto a que en operaciones de trituración y homogenizado como la que se empleó en el proceso de fabricación de esta suspensión mejoran la biodisponibilidad de los carotenoides al disociar los complejos proteicos y promover la rotura de paredes celulares, y que a su vez los expone a procesos de degradación rápida proporcionados por el almacenamiento, el transporte y la manipulación. Por su parte el contenido de polifenoles presentó una evidente disminución con respecto a la composición de sus materias primas aportantes (pulpa y cáscara) con un valor de  $277 \pm 0,08$  mg AGE/100 g. bs. El resultado de la diferencia es bastante considerable de manera global, teniendo en cuenta que la cáscara, por ejemplo, por si sola tiene un contenido medio de  $5442 \pm 3,1$  y en este punto es importante mencionar el porcentaje de inclusión dentro del desarrollo de la suspensión (9%). Esta disminución puede ser explicado desde lo mencionado por Vicente et al., (2017) respecto a que los procesos mecánicos como por ejemplo el licuado o homogenización de las frutas propicia pérdidas de la compartimentación celular, lo cual permite el contacto entre las enzimas encargadas de la oxidación y los compuestos fenólicos (en este estado aún más expuestos) lo que acelera la degradación; a lo que también se le suma la producción de peróxido de hidrogeno proporcionando un co-sustrato necesario para la degradación de polifenoles mediada por enzimas peroxidasas.

Por otra parte, la capacidad antioxidante de la suspensión muestra valores de  $21,01 \pm 2,54$  y  $25,23 \pm 2,81$  en ABTS y DPPH respectivamente ( $\mu\text{mol Trolox equivalente/ g extracto seco}$ ) que es consecuente con la dinámica que presentó esta mezcla en relación a lo metabolitos presentes en el contenido de las materias primas. Claramente los procesos de corte, y homogenización,

ocasionan que las células se fraccionen para permitir expresiones altas en las cuantificaciones de metabolitos, lo cual indica que es una mezcla que presenta unas cuantías importantes para ser un producto intermedio destinado a un proceso de deshidratación.

El comportamiento reológico de la suspensión deja evidencia de la naturaleza pseudoplástica, con un bajo valor para el índice de fluidez ( $n=0,1625$ )  $<1$  (Tabla 9), lo que hace referencia en la suspensión a la tendencia de disminución de la viscosidad al aumentarla tasa de cizallamiento; así mismo esta propiedad puede afectar el proceso de secado debido a que las partículas sólidas suspendidas en el fluido pueden alterar la estructura del material y, por lo tanto, influir en su comportamiento durante el secado dándole mayor movilidad del fluido y facilitando la eliminación del agua. Sin embargo, la influencia de las partículas sólidas puede ser significativa y depender de varios factores, como el tamaño, la forma y la distribución de las partículas, la concentración del fluido y las condiciones de procesamiento (temperatura, humedad, velocidad de secado, entre otras.) (Jafari,2018). Adicionalmente, el reograma de la suspensión muestra una disminución de la viscosidad aparente al aumentar el gradiente de velocidad se puede atribuir este comportamiento al aporte de estabilizantes como el CMC el cual tiene alta capacidad de ligamiento de agua, efecto que obedece al alineamiento molecular de las partículas suspendidas en la muestra la cual restringe la fluidez y modifica la estructura de la suspensión (Coronado et al., 2019). De esta manera el uso de hidrocoloides como el CMC conducen a cambios notables en la estructura de las fases líquidas en las que se emplea dado que la organización isotrópica rígida sufre interacciones de naturaleza molecular con el agua presente en el sistema durante la fase de dispersión que se traduce en una respuesta como disminución de la viscosidad aparente. (Contreras et al., 2019).



**Figura 2.** Reograma de la suspensión a base de lactosuero dulce con pulpa y cáscara de mango.

Por otra parte, el tamaño de partícula de la suspensión ( $D_{90}$ ) que corresponde a  $1190,33 \pm 124,8$  ( $\mu\text{m}$ ) es explicado desde los procesos mecánicos que fueron empleados para la homogenización de las materias primas (licuadora industrial durante 10 minutos). Adicionalmente se ha podido encontrar que los procesos de homogenización inciden de manera directa en la medición de los tamaños de partícula de una suspensión, de esta manera se considera que el resultado depende del proceso utilizado, tiempo y tecnología, destacando tamaños de partícula inferiores conforme se varíen los anteriores factores (Martínez, 2017). Sin embargo, es importante mencionar que tratándose en este caso de un producto de humedad intermedia (suspensión destinada secado) una disminución del tamaño de partícula agresivo podría aumentar los mecanismos físicos de separación afectando la estabilidad de la suspensión, generando fenómenos naturales de oxidación y degradación química de cara un proceso de deshidratación que podría afectarlos significativamente (Vicente et al., 2017).

#### 4.4. Caracterización fisicoquímica y funcional del snack comestible

En la Tabla 10 se muestran los parámetros evaluados determinados sobre el producto seco tipo snack en condiciones de contenido de humedad intermedia.

**Tabla 10.**

*Caracterización fisicoquímica Snack de Humedad Intermedia.*

Parámetro	Valor Medio
Humedad (% b.h)	17,2 ± 0,4
Actividad de agua ( $a_w$ )	0,687 ± 0,022
Sólidos Solubles (°Bx)	82,95 ± 0,35
pH	3,81 ± 0,1
Acidez (% ácido cítrico) (v/v)	0,68 ± 0,01
L*	23,2 ± 0,8
a*	3,8 ± 0,1
b*	37,4 ± 0,4
Ácidos fenólicos (mg AGE/100 g. bs)	255 ± 0,3
Carotenos (mg β-Caroteno/ 100 g bs)	2,54 ± 0,4
ABTS (μmol Trolox equivalente/ g extracto seco)	16,5 ± 1,8

DPPH ( $\mu\text{mol Trolox equivalente/ g}$ extracto seco)	$17 \pm 6,6$
Fibra Cruda (g /100 g bs)	$3,1 \pm 0,5$
Proteína (%)	$6,19 \pm 0,3$
Fuerza de Falla a Tensión (kgf)	$2,4 \pm 0,4$

---

**Fuente:** *Elaboración propia.*

Bravo et al., (2023) en el desarrollo de un producto deshidratado tipo snack de frutas reportó una humedad correspondiente a  $20,565 \pm 0,3$  % b.h; lo cual es similar a lo hallado en esta investigación ( $17,2 \pm 0,4$ ) y que coincide con el desarrollo de láminas de mango deshidratadas realizadas por Vanegas et al., (2012) quienes después de 9 horas de secado de puré de mango en tunel de flujo combinado a  $70^{\circ}\text{C}$ , alcanzaron una humedad final en la lámina de  $17,04$  % b.h. Adicionalmente, el valor de la actividad de agua ( $a_w$ ) corresponde a  $0,687 \pm 0,022$  y se encuentra dentro de la clasificación de los alimentos de humedad intermedia, los cuales no solo indican procesos de deshidratación menores respecto a otras matrices como snacks sino que también permiten versatilidad en condiciones de almacenamiento y vida útil respecto a un alimento de una presentación en fresco, generando un producto estable frente las posibles alteraciones que pueden afectar la conservación del mismo (Prabhakar, 2014)

El valor de pH encontrado en este estudio fue de  $3,81 \pm 0,1$  en los análisis de producto final, mientras que en la fabricación de una lámina de mango deshidratada realizada por Rubiano et al.,(2019) se reportaron valores similares ( $3,75 \pm 0,13$ ), que aunque sus materias primas

consideran valores inferiores es importante mencionar que al restarse humedad de la muestra por el proceso de secado no solo se concentran los sólidos si no también los ácidos en respuesta al proceso de deshidratación (Franco et al., 2016).

Por su parte las coordenadas de color reportadas por Rubiano et al., (2019) para un producto enrollable de humedad intermedia indican valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  correspondientes a  $24,62 \pm 0,30$ ;  $5,85 \pm 0,01$  y  $20,70 \pm 0,18$  respectivamente, lo cual está muy relacionado con los valores encontrados en este estudio ( $L^*=23,2 \pm 0,8$ ;  $a^*=3,8 \pm 0,1$  y  $b^*=37,4 \pm 0,4$ ). Sí se realiza un comparativo con la pulpa de mango es posible decir que, por ejemplo la luminosidad ( $L^*$ ) disminuye de una manera considerable (34,8%) por la acción del proceso de secado que reduce la dilución de los componentes que aportan tonos claros y favorece el pardeamiento lo que termina en tonalidades más oscuras respecto a la materia prima, así mismo las coordenadas  $a^*$  y  $b^*$  presentan una disminución alejándose de las tonalidades rojas y acercándose a los amarillos intensos debido al aporte de color que hace el mango de la variedad azúcar.

Los polifenoles totales para el producto seco muestran un valor  $255 \pm 0,3$  (mg AGE/100 g. bs) presentando un ligero aumento si solo se compara con la pulpa (17,5%), resultado que concuerda de manera muy similar con la investigación de Yao (2020) quien reportó un valor de  $197 \pm 0,02$  (mg AGE/100 g. bs) y también a Ruiz (2022) que destaca rangos de polifenoles en suspensiones para secado de mango entre 178,43 a 294,10 mg GAE/100g cuya variación puede ser dada por el aumento de temperaturas del aire de secado cerca a los  $60^\circ\text{C}$  pero con disminuciones de los contenidos en la medida en que se incrementa el grosor en la película

dispuesta para el secado, dado que con esto aumentaría el tiempo del proceso y de esta manera los aumentos de contenido mostrados a 60°C de temperatura de secado pueden deberse a la destrucción de los enlaces covalentes y constituyentes celulares liberando antioxidantes, como ácidos fenólicos, flavonas, fenoles y otros compuestos, que se encuentran unidos a macromoléculas (fracciones de carbohidratos y proteínas) causados por el tratamiento térmico, lo que repercute positivamente en el contenido de fenoles totales. Por último, para este producto de humedad intermedia es importante mencionar que, aunque no existe una ingesta diaria recomendada de polifenoles (IDR) se sabe que consumos superiores a 600 mg/persona/día tienen un efecto protector frente a las enfermedades crónicas, de esta manera el producto desarrollado en esta investigación representa el 42,5% por cada 100 gramos de producto consumido, lo que da cuenta de un producto que aporta en gran medida a la capacidad nutracéutica de un alimento tipo snack deshidratado (Periago, 2017).

Respecto a los carotenos reportados de  $2,54 \pm 0,4$  (mg  $\beta$ -Caroteno/ 100 g bs) presentan una disminución con relación a la suspensión del 11,5%, aunque el valor es inferior a lo analizado por Siddiq et al., (2013) correspondiente a 4,6 mg  $\beta$ -Caroteno/ 100 g bs, pero con valores similares a los estudiados por Kumar et al., (2022) de  $2,14 \pm 0,27$ , en donde se presentaron pérdidas asociadas del producto en fresco al producto seco obtenido con aire caliente a 60° C de aproximadamente del 20%, lo que da cuenta que un proceso de secado convectivo ( 60°C/ 6 horas) pueden ocasionar pérdidas significativas sobre el contenido de este metabolito, sin embargo el aporte de cáscara en la formulación ocasiona un amortiguamiento a la pulpa, pues como se dijo en apartados anteriores el valor de este metabolito en esta parte de la fruta es casi cinco veces

mayor, lo cual deja en evidencia una vez más de las bondades nutricionales que tiene un material subutilizado en los procesos industriales de la fruta.

La cuantificación de los anteriores metabolitos deja predecir que al presentarse una disminución en sus valores, de la misma forma, la capacidad antioxidante tiene la posibilidad de disminuir con tendencias similares, lo cual se puede corroborar en este estudio ( $16,5 \pm 1,8$  y  $17 \pm 6,6$   $\mu\text{mol}$  Trolox equivalente/ g extracto seco para ABTS y DPPH respectivamente con relación a la suspensión ( $21,01 \pm 2,54$  y  $25 \pm 2,81$   $\mu\text{mol}$  Trolox equivalente/ g extracto seco para ABTS y DPPH respectivamente), mostrando reducciones en el orden de 21,5% y 32%. Es importante mencionar que la actividad antioxidante de una mezcla no viene dada solo por la suma de la capacidad antioxidante de los compuestos polifenólicos presentes en sus materias primas (pulpa y cáscara), sino que depende también de efectos sinérgicos inhibitorios entre ellos y del microambiente donde se encuentran, que pueden ocasionar reacciones adversas en la capacidad antioxidante, lo que se suma a que en la fabricación de un producto deshidratado se dan a lugar procesos químicos y térmicos que también intervienen en la cuantificación de su potencial; algunos de ellos por mencionarlos se asocian a la luz, la temperatura de secado y el pH, así como también el contacto del producto con el oxígeno lo que influye de manera directa en la degradación de metabolitos que tributan a esta capacidad (Varela et al.,2013)

La cantidad de fibra aportada en este producto está en el orden de  $3,1 \pm 0,5$  g /100 g bs, lo cual comparado con la recomendación de ingesta según la normatividad colombiana (38 g /día) para un hombre adulto promedio estima que con 100 gramos del producto de esta investigación se

estarían cubriendo el 8,15% de los requerimientos diarios; sin embargo, cuando se habla de mujeres adultas promedio (25 g /día) este cubrimiento estaría en el orden de 12,5% (Ministerio De salud y Protección Social,2016). Es importante mencionar que los mayores aportes de fibra están localizados en la cáscara de las frutas de manera general, lo que destaca las bondades que se obtienen por la inclusión de esta materia prima en la formulación matrices que permitan su uso, pero que sin embargo es afectada de manera directa por los procesos mecánicos de homogenización (licuado) que rompen los enlaces que la componen representando una pérdida que puede ser considerable en relación al producto resultante para ser consumido.

En lo que respecta al contenido proteico del producto ( $6,19 \% \pm 0,3$ ), lo cual es similar a la investigación desarrollada por Cordero (2019) en la se elaboraron snacks con frutas adicionando lactosuero como fuente de proteína y en la que el contenido final fue 6,35%. Los valores anteriores dan cuenta que este producto contribuye de una manera considerable en el cumplimiento de los requerimientos proteicos de un adolescente temprano con peso promedio de 45 kg, dado que para este modelo se recomienda una ingesta de 45 gramos / día, y de esta manera con el consumo promedio de 100 gramos de este snack de humedad intermedia se estaría cubriendo el 13,8% de la demanda diaria. Lo anterior sumado a que esta proteína es considerada de un valor biológico importante dado su fuente primaria (leche) la cual se dispone por procesos de recircularizacion de sobrantes de la industria láctea (Freire et al., 2017). De esta manera no solo se otorga un valor agregado a una categoría alimentaria con una tendencia al alza en el consumo actual que no sólo está representada en un valor nutraceútico y tecno funcional como bien se ha discutido en apartados anteriores si no también que hace aportes a la disminución de impactos ambientales por la misma industria que los genera.

En lo que respecta a la fuerza de falla en tensión, se encontró un valor de  $2,4 \pm 0,4$  (kgf), que se encuentra dentro de los estudios realizados por Bravo et al., (2023), quienes reportaron valores entre 2,574 kgf y 4,045 kgf en láminas de mango y piña secadas mediante convección forzada; a su vez indica que temperatura cercanas a los 70°C requieren mayor fuerza para generar el rompimiento, lo que permite analizar que en este estudio aunque utilizó temperaturas de secado inferiores, los resultados fueron similares en términos comparativos, inclusive esta fuerza puede estar explicada no solo desde la pérdida de agua, resultado del proceso de secado, lo que sin duda otorga características texturales importantes si no también desde la rigidez que genera un acortamiento (lámina impermeable superficial) formada durante el proceso de secado. Esto permite hacer referencia a algunos atributos sensoriales respecto a la deformación por rompimiento en relación a las características de masticación en el consumo del mismo como lo explica Renzetti et al., (2016).

## **5. Conclusiones y recomendaciones**

### **5.1. Conclusiones**

El proceso de secado de la suspensión destinada para la elaboración del snack de contenido de humedad intermedia afectó los metabolitos secundarios resultando en disminuciones en el orden de 7,94% y 11,5% en los polifenoles y carotenos, lo cual es consecuente en las lecturas de la capacidad antioxidante con disminuciones del 21,42% y 32,61% (ABTS y DPPH respectivamente), mostrando la termo sensibilidad de estos productos. Así mismo es posible que la cáscara del producto vegetal haya generado un efecto de amortiguación a los resultados dado su contenido reportado en los análisis como materia prima.

De acuerdo con las exigencias de la normatividad colombiana el snack desarrollado mostró que con 100 gramos de producto se pueden alcanzar cubrimientos del orden de 8,15% de los requerimientos diarios de un hombre adulto, mientras que para una mujer adulta el cubrimiento podría ser del 12,5%. En cuanto al contenido de proteína con esta misma porción se podrían tener coberturas en el orden del 13,8% de los requerimientos diarios cuando se habla de un adolescente.

El desarrollo y caracterización de un snack comestible de humedad intermedia permitió integrar materias primas como el concentrado de proteína de suero dulce o WPC, cáscara y pulpa de mango

en estado de maduración 4 (*Mangifera indica L.*), reuniendo características importantes que permiten la obtención de un producto con potencial uso comercial desde el punto de vista fisicoquímico y tecnofuncional inclinado a tendencias de consumo saludables que tiene en cuenta la demanda creciente de productos nutraceúticos actuales, esto sin dejar de lado la posibilidad de aporte a la recircularización de coproductos en la agroindustria.

## 5.2. Recomendaciones

Ampliar el bloque de las formulaciones en función de un diseño estadístico que permita analizar el efecto de las diferentes combinaciones de lactosuero dulce, características del mango (pulpa y cáscara), y diferentes clases de hidrocoloides que logren obtener suspensiones estables físico y químicamente con potencial para ser deshidratadas de forma convectiva en la elaboración de snacks en forma de láminas enrollables.

Analizar el efecto de la sinergia de las formulaciones en la elaboración del producto final (snack) con relación a los perfiles de azúcares, ácidos orgánicos y vitaminas A y C.

Estudiar diferentes métodos y condiciones de secado en la elaboración de snacks de contenido de humedad intermedia que permita optimizar las condiciones del procesamiento en función de las características fisicoquímicas, de actividad antioxidante, tecno funcionales, microbiológicas entre otras.

Elaborar y caracterizar snacks deshidratados empleado posibles combinaciones de frutas y hortalizas juntos con sus respectivos coproductos como cáscaras y semillas.

## 6. Bibliografía

Ajila, C. M., Naidu, K. A., Bhat, S. G., & Rao, U. P. (2007). Bioactive compounds and antioxidant potential of mango peel extract. *Food chemistry*, 105(3), 982-988.

Araneda Flores, J., Lobos Fernández, L., Olivares Cortés, S., Moresco, P. O., Quezada Figueroa, G., & Sandoval, P. 2017. Bebidas azucaradas: Representaciones de escolares con sobrepeso y obesidad. *Revista Chilena de Nutrición*, 44(3), 276-282.

Argenta, A. B., De Lima, J. J., Nogueira, A., & Scheer, A. D. P. (2021). Evaluation of concentration process of bovine, goat and buffalo whey proteins by ultrafiltration. *Journal of Food Science and Technology*, 58(5), 1663-1672.

Asas, C., Llanos, C., Matavaca, J., & Verdezoto, D. (2021). El lactosuero: impacto ambiental, usos y aplicaciones vía mecanismos de la biotecnología. *Agroindustrial Science*, 11(1), 105-116.

AOAC, (Association of Official Analytical Chemists). 2012. Official Methods of Analysis of AOAC International. Vol. II, 19th edition. Sec.942.15 Association of Official Analytical Chemists International, Arlington, VA.

Badui Dergal, S. (2016). *Química de los alimentos*. México, Pearson Educación.

Blancas-Benitez, F. J., Mercado-Mercado, G., Quirós-Sauceda, A. E., Montalvo-González, E., González-Aguilar, G. A., & Sáyago-Ayerdi, S. G. (2015). Bioaccessibility of polyphenols associated with dietary fiber and in vitro kinetics release of polyphenols in Mexican 'Ataulfo' mango (*Mangifera indica* L.) by-products. *Food & function*, 6(3), 859-868.

Bravo Buitrago, J. E. (2020). Desarrollo y caracterización fisicoquímica de una lámina comestible a base de pulpa de mango (*Mangifera indica*) y piña (*Ananas comosus*).

Bravo-Buitrago, J. E., Ciro-Velasquez, H. J., & Márquez-Cardozo, C. J. (2023). Study of the physicochemical and mechanical stability of an edible leather of mango (*Mangifera indica*) and pineapple (*Ananas comosus*) pulp. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 76(1), 10189-10200.

Berk, Z. 2018. Membrane processes. *Food Process Engineering and Technology*, 261-287.

Buelvas Salgado, G. A. Mejía, Córdoba C.A, Castro Riascos, M. L, Avendaño, M.T, (2017). Alternativas agroindustriales del mango criollo.

Buitrago Huertas, C. A. (2014). Estudio preliminar para deshidratación solar de mango (*Mangifera Indica* L. variedad Común) en Colombia.

Celi Fernández, M. M. (2019). Evaluación y caracterización de un snack deshidratado a base de agar agar (*Gelidium cartilagineum*), pulpa de arándano (*Vaccinium myrtillus*) y extracto de yacón (*Smallanthus sonchifolius*) en la región Piura, Perú 2018.

Chandrapala, J., Duke, M. C., Gray, S. R., Weeks, M., Palmer, M., & Vasiljevic, T. (2016). Nanofiltration and nanodiafiltration of acid whey as a function of pH and temperature. *Separation and Purification Technology*, 160, 18-27.

Ciurzyńska, A., Marczak, W., Lenart, A., & Janowicz, M. (2020). Production of innovative freeze-dried vegetable snack with hydrocolloids in terms of technological process and carbon footprint calculation. *Food Hydrocolloids*, 108, 105993.

Contreras-Lozano, K. P., Ciro-Velásquez, H. J., & Arango-Tobón, J. C. (2019). Hidrocoloides como estabilizantes en bebidas de maíz dulce (*Zea mays* var. *saccharata*) y gel de aloe vera (*Aloe barbadensis* Miller). *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2).

Coronado Campos, A. S., Guayama Araujo, S. R., & Navarro Zapata, M. M. (2019). Efecto de la concentración de carboximetilcelulosa (CMC) en la estabilidad del néctar de fresa (*Fragaria*) edulcorado con stevia (*Stevia rebaudiana*).

Corrales Bernal, A., Maldonado, M. E., Urango, L. A., Franco, M. C., & Rojano, B. A. (2014). Mango de azúcar (*Mangifera indica*), variedad de Colombia: características antioxidantes, nutricionales y sensoriales. *Revista chilena de nutrición*, 41(3), 312-318.

Cordero Carrión, B. E. (2019). *Elaboración de un deshidratado osmótico de pera (*pyrus communis L.*) enriquecido con suero lácteo utilizando tres temperaturas de secado* (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo).

Cortellino, G., & Rizzolo, A. (2018). Storage stability of novel functional drinks based on ricotta cheese whey and fruit juices. *Beverages*, 4(3), 67.

Erdociain Pérez, E. (2020). Desarrollo de snacks de manzana bajo diferentes condiciones de proceso.

Estrada, H. H., Restrepo, C. E., Saumett, H. G., & Pérez, L. (2018). Deshidratación osmótica y secado por aire caliente en mango, guayaba y limón para la obtención de ingredientes funcionales. *Información tecnológica*, 29(3), 197-204.

- Fasoli, E., Righetti, P. 2013. The peel and pulp of mango fruit: A proteomic samba. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1834, 2539–2545
- Fernandes Henriques M.H., Dias Pereira C. J., Mendes Gil M. H., 2021. Characteristics of Bovine and Ovine Whey Protein Concentrates Obtained by Ultrafiltration and Diafiltration Using Different Configuration Processes. *Challenges and Advances in Chemical Science* Vol. 1, 14 p.p. 119-131.
- Ferreira, I., Barros, L. & Abreu, R. 2009. Antioxidants in Wild Mushrooms. *NCBI*, vol. 16(12), pp. 1543-1560.
- Franco-Tobón, Y. N., Rojano, B., Alzate-Arbeláez, A. F., Restrepo-Florez, C. E., Rivero-Barrios, D. M., & Maldonado-Celis, M. E. (2016). Efecto del tiempo de almacenamiento sobre propiedades fisicoquímicas y antioxidantes de productos derivados del fruto agraz (*Vaccinium meridionale swartz*). *Vitae*, 23(3), 184-193.
- Freire, L., Gonçalves, C. M., Lumi, P., Suguimoto, H. H. 2017. Deproteinization: an integrated-solution approach to increase efficiency in  $\beta$ -galactosidase production using cheese whey powder (CWP) solution. *Ambiente & Água*, 12, 643-651.
- García Mayordomo, P. (2016). *Compuestos bioactivos en alimentos de origen vegetal*.

Guerrero Ramos, C., Salas Valerio, W. F., & Baldeón-Chamorro, E. O. (2015). Evaluación instrumental de la textura del queso elaborado con suero concentrado por ultrafiltración. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81(3), 273-282.

Higuera Rosero, M. W., & Prado Argoti, R. A. (2013). Determinación de los parámetros óptimos de proceso para la elaboración de snacks a partir de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) (Bachelor's thesis).

Huang, L. L., Zhang, M., Wang, L. P., Mujumdar, A. S., & Sun, D. F. (2012). Influence of combination drying methods on composition, texture, aroma and microstructure of apple slices. *LWT-Food Science and Technology*, 47(1), 183-188.

ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 3651, Pub. L. No. 3651 (2012). Bogotá, Colombia.

ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 4580, Pub. L. No. 4580 (1999). Bogotá, Colombia.

ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 4623, Pub. L. No. 4623 (1999). Bogotá, Colombia.

ICONTEC. Norma Técnica Colombiana NTC 5139, Pub. L. No. 5139 (2002). Bogotá, Colombia.

ISO. International Standard 14891 IDF 185. (2002) Determination of nitrogen content. Routine method using combustion according to the Dumas principle

Iuit-González, M., Betancur-Ancona, D., Santos-Flores, J., & Cantón-Castillo, C. G. (2019). Mermelada enriquecida con fibra dietética de cáscara de Mango (*Mangifera indica* L.). *Revista Tecnología en Marcha*, 32(1), 193-201.

Jafari, S. M., Assadpoor, E., & He, Y. (2018). Food hydrocolloids: Structures, properties, and functions (2nd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.

Jaramillo Ávila, C. P. (2021). *Desarrollo de un suplemento nutricional a partir de lactosuero para deportistas adultos* (Bachelor's thesis).

Juarez Bereche, M. (2018). Extracción de pectina de cáscara de mango (*Mangifera indica* L.) de variedad Edward y su aplicación en la elaboración de mermelada, Chulucanas-Piura.

Julca Caballero, E. E. (2019). Potencial Alimentario de Productos obtenidos a partir de residuos Industriales de Mango (*Mangifera Indica*).

- Jurado, B., Aparcana, I.M., Villarreal, L.S., Ramos, E., Calixto, M.R., Hurtado, P.E., Acosta K. 2016. Evaluación del contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos de los frutos de aguaymanto (*physalis peruviana* l.) de diferentes lugares del Perú. *Rev Soc Quím*, 82(3), 272-279.
- Kucheryavskiy, S., & Lomborg, C. J. (2015). Monitoring of whey quality with NIR spectroscopy—a feasibility study. *Food Chemistry*, 176, 271-277.
- Kumar, A., Kandasamy, P., Chakraborty, I., & Hangshing, L. (2022). Analysis of energy consumption, heat and mass transfer, drying kinetics and effective moisture diffusivity during foam-mat drying of mango in a convective hot-air dryer. *Biosystems Engineering*, 219, 85-102.
- López-Martínez, L. X. (2020). FRUTAS TROPICALES Y SUS SUBPRODUCTOS: FUENTES DE FIBRA DIETARIA EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS. *Epistemus, Ciencia, Tecnología y Salud*, 14(29), 1-17.
- Marçal, S., & Pintado, M. (2021). Mango peels as food ingredient/additive: Nutritional value, processing, safety and applications. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 472-489.

Martinez Andrade, A. (2017). Caracterización del fruto de lulo (*Solanum quitoense* Lam) y efecto de las altas presiones de homogenización sobre las propiedades del zumo. Posibilidades de utilización en el desarrollo de alimentos funcionales de interés en el departamento del Chocó (Colombia).

Masibo, M., & He, Q. (2008). Major mango polyphenols and their potential significance to human health. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 7(4), 309-319

Meneses, M. A., Caputo, G., Scognamiglio, M., Reverchon, E., & Adami, R. (2015). Antioxidant phenolic compounds recovery from *Mangifera indica* L. by-products by supercritical antisolvent extraction. *Journal of Food Engineering*, 163, 45-53.

Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural, 2020. CADENA DEL MANGO. Indicadores e instrumentos.

Ministerio De Salud Y Protección Social, Resolución Número 003803 de 2016 (22 AGO 2016) Por la cual se establecen las Recomendaciones de Ingesta de Energía y Nutrientes- RIEN para la población colombiana y se dictan otras disposiciones.

Montesdeoca Párraga, R. R., & Piloso Chávez, K. (2020). Evaluación fisicoquímica del lactosuero obtenido del queso fresco pasteurizado producido en el taller de procesos lácteos en la espam “mfl”

physicochemical evaluation of the dairy. *Revista Científica de Ciencia y Tecnología El Higo*, 10(1), 2413-1911.

Morales, M., Zapata, K., Sagaste, C. A., Angulo, A. A., & Rojano, B. (2020). Optimization of the ultrasound-assisted extraction of polyphenol, mangiferin, and its antioxidant expression in mango peel (*Mangifera indica*) using response surface methodology. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 19(1), 5-14.

Nishanthi, M., Chandrapala, J., & Vasiljevic, T. (2017). Compositional and structural properties of whey proteins of sweet, acid and salty whey concentrates and their respective spray dried powders. *International Dairy Journal*, 74, 49-56.

Nollet, L. M., & Toldrá, F. (Eds.). (2009). *Handbook of dairy foods analysis*. CRC press.

Orduz, G. C., Rincón, A. M., & Mosquera, A. Q. (2017). Descripción del mercado de los snacks saludables en Villavicencio, Meta. *Libre empresa*, 14(2), 33-45.

Palacios Bazalar, J. (2018). Capacidad antioxidante de la pulpa de mango (*Mangifera indica* L.). *In Crescendo*, 9(1), 33-39.

Prabhakar, K. 2014. Intermediate Moisture Foods. En: Batt, C.; Tortorello, M. Encyclopedia of Food Microbiology. Ed. Academic Press. Segunda Edición. p.372 - 376.

Periago, M. J. (2017). Nutrición Humana y Dietética. *Nutrición Humanay Dietética*, 21(4), 320-326.

Pires, T. C., Dias, M. I., Calhelha, R. C., Alves, M. J., Santos-Buelga, C., Ferreira, I. C., & Barros, L. (2021). Development of new bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) based snacks: Nutritional, chemical and bioactive features. *Food Chemistry*, 334, 127511.

Prior, R. L., Wu, X., & Schaich, K. (2005). Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(10), 4290-4302.

Quintana Obregón, E., San Martín-Hernández, C., Muy-Rangel, M., & Vargas-Ortiz, M. (2019). Valorization of mango (*Mangifera indica* L.) pericarp powders as an alternative for the generation of functional foods. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 22(1), 1-5.

Ramírez Navas, J. S., Solís, C. A., & Vélez, C. A. Tecnología de membranas: Obtención de proteínas de lactosuero. (2009) Membrane technology: Obtaining Whey Protein Tecnologia de membrana: Obtenção de proteína de soro de leite.

- Raheem, Z. (2019). Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics 1. *Journal of Engineering Materials and Technology*, D638–14, 1-17.
- Renzetti, S., & Jurgens, A. (2016). Rheological and thermal behavior of food matrices during processing and storage: relevance for textural and nutritional quality of food. *Current Opinion of Food Science*, 9, 117-125.
- Reyes, L. S. (2014). Efecto de procesamiento sobre la estabilidad de polifenoles en extracto de mango (*Mangifera indica* L.).
- Rodríguez, S. J. V., Campos, M. D. J. K., Fernández, O., ESPINOSA, M. E., Martínez, F. J. P., ROMO, E. R., ... & BARBA, S. T. M. D. C. (2016). Introducción a la Tecnología del Mango. *Jalisco: editorial DR Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, AC, Primera Edición*.
- Rubiano-Charry, K. D., Ciro-Velásquez, H. J., & Aristizabal-Torres, I. D. (2019). Aprovechamiento de los subproductos del mango, como fuente de compuestos bioactivos, para la elaboración de rollos comestibles. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2).
- Ruiz-Díaz, F., Rubio-Cieza, M. Y., & Pérez-Pérez, R. D. (2020). Efecto de la elaboración de queso en el contenido proteico y microbiológico del lactosuero: Effect of cheese making on the protein and microbiological content of whey. *Revista Ciencia Nor@ndina*, 3(1), 4-12.

Ruiz Flores, L. A. (2022). Harina de mango (*Mangifera indica*): Efecto del secado convencional sobre el contenido de compuestos bioactivos.

Sandoval, A. P., Floriano, J. A., Salamanca, G., Bernal Eusee, J. A., Vásquez, L. A., Gómez, G., & García Lozano, J. (2018). Atributos de calidad del mango criollo para la agroindustria.

Sandoval, E. R., Bejarano-Toro, E., & Sepúlveda-Valencia, J. U. (2022). Use of Ultrafiltration Technology to Concentrate Whey Proteins after White Cheese Manufacturing. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 75(2).

Sauceda, A. E. Q. (2016). Efecto de la matriz alimentaria sobre la bioaccesibilidad, biodisponibilidad y capacidad antioxidante de los compuestos fenólicos presentes en mango cv. 'ataulfo' (*Mangifera indica* L.).

Siddiq, M., Sogi, D. S., & Roidoung, S. (2017). Mango processing and processed products. *Handbook of Mango Fruit: Production, Postharvest Science, Processing Technology and Nutrition*, 195-216.

Sumaya-Martínez, M. T., Medina-Carrillo, R. E., González-Ocegueda, E., Jiménez-Ruiz, E. I., Balois-Morales, R., Sánchez-Herrera, L. M., & López-Nahuatt, G. (2019). Subproductos del despulpado

de mango (*Mangifera indica* L.): actividad antioxidante y compuestos bioactivos de tres cultivares de mango. *Revista Bio Ciencias*, 6, 20.

Vanegas, P., & Parra, a. (2012). Producción de láminas de mango (*Mangífera índica* L.) usando deshidratación dinámica. *Vitae*, 19(1), S75-S77.

Varela, J. H., & Viluzca, S. B. F. (2013). Actividad antioxidante, análisis sensorial y microbiológico de láminas flexibles de mango (*Mangifera indica* L.). *Revista Scientia Agroalimentaria*, 1.

Vicente, A. R., Concellón, A., Viña, S. Z., Lemoine, M. L., Rodoni, L. M., Zaro, M. J., ... & Pintos, F. M. (2017). Alteraciones de los polifenoles en la etapa de poscosecha. In *Seminario de Polifenoles en Frutas y Hortalizas (FANUS, 6 de octubre de 2017)*.

Villegas-González, M. (2020). *Efecto de la alimentación con pasto Maralfalfa comparado a pasto Buffel y sorgo forrajero sobre la producción láctea en vacas Holstein regulares y pelonas* (Doctoral dissertation).

Villegas Villareal, G. L., (2020). Determinación del contenido de fibras en tres variedades de mango (*Mangifera indica*) a diferentes estados de maduración y su efecto en la bioaccesibilidad de carotenoides.

Villota Calvachi, G. E., Cuesta González, F. A., & Flóres Ríos, D. M. (2015). Manejo integral del lacto-suero: algunas aplicaciones del lacto-suero.

Wang, J., Aalaei, K., Skibsted, L. H., & Ahrné, L. M. (2020). Bioaccessibility of calcium in freeze-dried yogurt-based snacks. *LWT*, *129*, 109527.

Yao, L., Fan, L., & Duan, Z. (2020). Effect of different pretreatments followed by hot-air and far-infrared drying on the bioactive compounds, physicochemical property and microstructure of mango slices. *Food Chemistry*, *305*, 125477.

Zafar, T. A., & Sidhu, J. S. (2017). Composition and nutritional properties of mangoes. *Handbook of mango fruit: Production, postharvest science, processing technology and nutrition*, 217-236.

Zikmanis, P., Kolesovs, S., & Semjonovs, P. (2020). Production of biodegradable microbial polymers from whey. *Bioresources and Bioprocessing*, *7*(1), 1-15.