

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS**  
**ALIMENTARIAS**



**“EFECTO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE CÚRCUMA (*Curcuma Longa* L.) Y TIEMPO EN EL PRETRATAMIENTO POR ULTRASONIDO EN LAS CARACTERÍSTICAS TEXTURALES DE SNACK DE PLÁTANO PALILLO (*Musa Paradisiaca* L.) FREÍDOS AL VACÍO”**

# **T E S I S**

**Para Optar el Título Profesional de:**  
**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Presentado por la Bachiller:  
**RUBI YANE MEDINA ORTIZ**

Asesores  
**MTR. ING. YONER ALITO SALAS PASTOR**  
**MTR. ING. MAX EDWIN SANGAY TERRONES**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2024**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:  
**Rubi Yane Medina Ortiz**  
DNI: N° 42759306  
Escuela Profesional/Unidad UNC:  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**
2. Asesor:  
**Ing. Mg. Max Edwin Sangay Terrones**  
**Ing. Mg. Yoner Alito Salas Pastor**  
Facultad/Unidad UNC:  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**
3. Grado académico o título profesional  
☐ Bachiller    ☒ Título profesional    ☐ Segunda especialidad  
☐ Maestro    ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:  
☒ Tesis    ☐ Trabajo de investigación    ☐ Trabajo de suficiencia profesional  
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
6. **"EFECTOS DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE CURCUMA (*Curcuma Longa* L.) Y TIEMPO EN EL PRETRATAMIENTO POR ULTRASONIDO EN LAS CARACTERISTICAS TEXTURALES DE SNACK DE PLATANO PALILLO (*Musa Paradisiaca* L.) FREIDOS AL VACÍO"**
7. Fecha de evaluación: 06/05/2025
8. Software antiplagio: ☒ TURNITIN    ☐ URKUND (ORIGINAL) (\*)
9. Porcentaje de Informe de Similitud: 11%
10. Código Documento: oid: 3117:456180683
11. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
☒ APROBADO    ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 19/05/2025

|                                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <small>Firma y/o Sello<br/>Emisor Constancia</small>                                                                                                              |
| <br>.....<br><b>Ing. Mg. Max Edwin Sangay Terrones</b><br><b>DNI: 10492305</b> |

\* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"  
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
Secretaría Académica



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

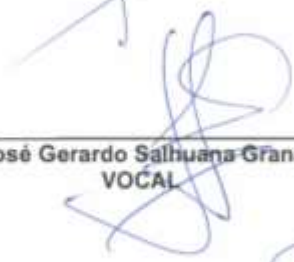
En la ciudad de Cajamarca, a los veinte días del mes de diciembre del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el ambiente 2H - 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 443-2024-FCA-UNC, de fecha 16 de setiembre del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **"EFECTO DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE CÚRCUMA (*Curcuma longa* L.) Y TIEMPO EN EL PRE TRATAMIENTO POR ULTRASONIDO EN LAS CARACTERÍSTICAS TEXTURALES DE SNACK DE PLÁTANO PALILLO (*Musa paradisiaca* L.) FREÍDOS AL VACÍO"**, realizada por la Bachiller **RUBI YANE MEDINA ORTÍZ** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las ocho horas y diez minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las nueve horas y cinco minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

  
Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz  
PRESIDENTE

  
Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachin Chávez  
SECRETARIO

  
Dr. José Gerardo Salhuana Granados  
VOCAL

  
Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones  
ASESOR

  
Ing. Mtr. Yoner Alito Salas Pastor  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

Esta tesis está dedicada a Dios, que ha sido guía en cada paso de mi vida.

A mi madre en el cielo y a mi padre, que durante toda mi vida me inculcaron valores y dieron su mejor esfuerzo e hicieron todo lo posible por brindarme educación, para que este día fuera posible sin importar las circunstancias y nunca perdieron la confianza en mí, demostrándome que puedo ser capaz de realizar cualquier cosa si me lo propongo, y demostrar que mi éxito académico es un reflejo de su amor y sacrificio.

A mi esposo, por su amor y su apoyo que han sido la base de nuestro hogar, y a mis amados hijos, porque cada día que paso a su lado es un regalo que atesoro en mi corazón.

A mis hermanos, por apoyarme siempre y acompañarme durante toda mi vida y demostrarme que su compañía siempre será la mejor.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco principalmente a Dios por haberme permitido culminar con mi tesis, dándome fortaleza y sabiduría para llegar a esta etapa de mi vida.

A mis padres que día a día confiaron en mí y me brindaron todo lo necesario en el transcurso de mi vida para lograr con éxito mis metas.

A la Universidad Nacional de Cajamarca, ya que la formación que recibí en sus aulas fue de mucho provecho durante mi vida como estudiante para poder alcanzar el título de Ingeniero.

A mis docentes quienes confiaron en mí y me han brindado su apoyo durante todo este trayecto, de todos, me llevo un gran aprendizaje y sé que todo lo aprendido lo aplicare en mi futura vida profesional.

## ÍNDICE GENERAL

|                                                  |    |
|--------------------------------------------------|----|
| DEDICATORIA .....                                | iv |
| AGRADECIMIENTO .....                             | v  |
| LISTA DE TABLAS.....                             | ix |
| LISTA DE FIGURAS .....                           | x  |
| RESUMEN.....                                     | xi |
| CAPITULO I .....                                 | 1  |
| INTRODUCCIÓN .....                               | 1  |
| 1.1. Descripción del problema .....              | 2  |
| 1.2. Formulación del problema.....               | 4  |
| 1.3. Justificación.....                          | 4  |
| 1.4. Objetivos.....                              | 6  |
| 1.4.1. <i>Objetivo general</i> .....             | 6  |
| 1.4.2. <i>Objetivos específicos</i> .....        | 6  |
| 1.5. Hipótesis .....                             | 6  |
| REVISIÓN DE LITERATURA .....                     | 7  |
| 2.1. Antecedentes.....                           | 7  |
| 2.1.1. <i>Antecedentes internacionales</i> ..... | 7  |
| 2.1.2. <i>Antecedentes nacionales</i> .....      | 14 |
| 2.2. Marco teórico .....                         | 15 |
| 2.2.1. <i>Snack</i> .....                        | 15 |

|                                          |           |
|------------------------------------------|-----------|
| 2.2.2. Tipos de snack .....              | 15        |
| 2.2.3. Características de un snack ..... | 16        |
| 2.2.4. Snack de plátano .....            | 17        |
| 2.2.5. Plátano .....                     | 18        |
| 2.2.6. Cúrcuma.....                      | 20        |
| 2.2.7. Fritura al vacío.....             | 23        |
| 2.2.8. Ultrasonido .....                 | 24        |
| 2.2.9. Tipos de ultrasonido .....        | 24        |
| 2.2.10. Textura .....                    | 26        |
| 2.2.11. Fracturabilidad .....            | 27        |
| 2.2.12. Dureza .....                     | 27        |
| 2.2.13. Cohesividad .....                | 28        |
| 2.2.14. Crocancia .....                  | 28        |
| 2.3. Definición de términos .....        | 30        |
| <b>CAPITULO III .....</b>                | <b>33</b> |
| <b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>         | <b>33</b> |
| 3.1. Ubicación .....                     | 33        |
| 3.2. Materiales .....                    | 34        |
| 3.2.1. Materia Prima .....               | 34        |
| 3.2.2. Insumos .....                     | 34        |
| 3.2.3. Equipos e Instrumentos .....      | 34        |

|                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.4. <i>Material de gabinete</i> .....                              | 34 |
| 3.3. <i>Metodología</i> .....                                         | 35 |
| 3.3.1. <i>Variables</i> .....                                         | 35 |
| Variables Independientes .....                                        | 35 |
| Variable Dependiente .....                                            | 35 |
| 3.3.2. <i>Diseño experimental, arreglos de los tratamientos</i> ..... | 36 |
| 3.3.3. <i>Procedimientos</i> .....                                    | 37 |
| 3.3.4. <i>Descripción del procedimiento</i> .....                     | 39 |
| 3.4. <i>Evaluaciones</i> .....                                        | 42 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....                                          | 43 |
| 4.1. <i>Análisis para la dureza</i> .....                             | 43 |
| 4.2. <i>Análisis para la Fracturabilidad</i> .....                    | 49 |
| 4.3. <i>Análisis para la cohesividad</i> .....                        | 56 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                                  | 63 |
| 5.1. <i>Conclusiones</i> .....                                        | 63 |
| 5.2. <i>Recomendaciones</i> .....                                     | 63 |
| BIBLIOGRAFÍA .....                                                    | 65 |
| ANEXOS .....                                                          | 76 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1</b> Composición nutricional, minerales y vitaminas del plátano, valores por 100 g.                                                                                  | 19 |
| <b>Tabla 2</b> Tabla de composición nutricional por 100 g de cúrcuma.                                                                                                          | 22 |
| <b>Tabla 3</b> Diseño experimental.                                                                                                                                            | 36 |
| <b>Tabla 4</b> Tratamientos en estudio                                                                                                                                         | 37 |
| <b>Tabla 5</b> Análisis de varianza para la dureza del snack de plátano palillo                                                                                                | 45 |
| <b>Tabla 6</b> Prueba de Tukey para la dureza del snack de plátano palillo por efecto del tiempo de pretratamiento.                                                            | 45 |
| <b>Tabla 7</b> Prueba de Tukey para la dureza del snack de plátano palillo por efecto de la concentración de cúrcuma.                                                          | 46 |
| <b>Tabla 8</b> Análisis de varianza para la fracturabilidad del snack de plátano palillo.                                                                                      | 51 |
| <b>Tabla 9</b> Prueba de Tukey para la fracturabilidad del snack de plátano palillo por efecto de la interacción de la concentración de cúrcuma y del tiempo de pretratamiento | 52 |
| <b>Tabla 10</b> Análisis de varianza para la cohesividad del snack de plátano palillo                                                                                          | 58 |
| <b>Tabla 11</b> Prueba de Tukey para la cohesividad del snack de plátano por efecto del tiempo de pretratamiento.                                                              | 58 |
| <b>Tabla 12</b> Cohesividad del snack de plátano palillo por efecto de la concentración de cúrcuma.                                                                            | 60 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> <i>Análisis de perfil de textura</i>                                                                                                            | 28 |
| <b>Figura 2</b> <i>Plano de Ubicación de la investigación</i>                                                                                                   | 33 |
| <b>Figura 3</b> <i>Flujograma del proceso de elaboración de snack de plátano palillo por fritura al vacío.</i>                                                  | 38 |
| <b>Figura 4</b> <i>Dureza del snack de plátano palillo por efecto del tiempo de pretratamiento.</i>                                                             | 46 |
| <b>Figura 5</b> <i>Dureza del snack de plátano palillo por efecto de la concentración de cúrcuma.</i>                                                           | 47 |
| <b>Figura 6</b> <i>Fracturabilidad del snack de plátano palillo por efecto de la interacción de la concentración de cúrcuma y del tiempo de pretratamiento.</i> | 53 |
| <b>Figura 7</b> <i>Cohesividad del snack de plátano palillo por efecto del tiempo de pretratamiento.</i>                                                        | 59 |
| <b>Figura 8</b> <i>Cohesividad del snack de plátano palillo por efecto de la concentración de cúrcuma.</i>                                                      | 60 |
| <b>Figura 9</b> <i>Recepción del plátano palillo</i>                                                                                                            | 76 |
| <b>Figura 10</b> <i>Pesado del plátano palillo</i>                                                                                                              | 76 |
| <b>Figura 11</b> <i>Escaldado del plátano palillo</i>                                                                                                           | 77 |
| <b>Figura 12</b> <i>Pelado del plátano palillo</i>                                                                                                              | 77 |
| <b>Figura 13</b> <i>Cortado del plátano palillo</i>                                                                                                             | 78 |
| <b>Figura 14</b> <i>Pesado de la cúrcuma para la preparación de soluciones.</i>                                                                                 | 78 |
| <b>Figura 15</b> <i>Pretratamiento con ultrasonido</i>                                                                                                          | 79 |
| <b>Figura 16</b> <i>Fritura al vacío de las rodajas de plátano palillo.</i>                                                                                     | 79 |
| <b>Figura 17</b> <i>Ecurrido</i>                                                                                                                                | 80 |
| <b>Figura 18</b> <i>Envasado de snack de plátano palillo</i>                                                                                                    | 80 |
| <b>Figura 19</b> <i>Análisis de las muestras en el texturómetro</i>                                                                                             | 81 |

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de frutas y hortalizas de la escuela académico profesional de ingeniería de industrias alimentarias de la facultad de ciencias agrarias de la universidad nacional de Cajamarca. Con el objetivo de evaluar las diferentes concentraciones de cúrcuma y tiempo en el pretratamiento por ultrasonido en las características texturales (Dureza, Fracturabilidad y Cohesividad) de snack de plátano palillo freídos al vacío. Se realizó bajo un diseño estadístico completamente al azar (DCA) factorial, evaluándose la concentración de cúrcuma (2%,4%,6%) y la duración del tiempo de pretratamiento con ultrasonido (2,4,6 min), en láminas de plátano palillo de 2mm de grosor, sometidas a fritura al vacío a una temperatura de 120°C y 45KPa durante 6 minutos, para posteriormente evaluar sus características texturales, DUREZA, FRACTURABILIDAD Y COHESIVIDAD en un texturometro BROOKFIELD CT3 y el software TEXTURE PRO-V2, mediante un Análisis de Perfil de Textura (TPA), los datos que se obtuvieron se analizaron en InfoStat mediante ANOVA y prueba de Tukey (confianza de 95%). Los resultados indican que un pretratamiento de 6 minutos con ultrasonido y 6% de cúrcuma optimiza la textura del snack de plátano: aumenta la dureza hasta 12.22 N, incrementa la fracturabilidad a 12.51 N y mejora la cohesividad a 0.1933. En contraste, el tratamiento de 2 minutos y 2% de cúrcuma produjo los valores más bajos: dureza de 10.23 N, fracturabilidad de 7.13 N y cohesividad de 0.1533. En conclusión, el pretratamiento con ultrasonido mejora significativamente la textura de los snacks de plátano, permitiendo modificar sus propiedades sensoriales.

**Palabras clave:** Cúrcuma, ultrasonido, snack, textura

## ABSTRACT

The present research work was carried out in the laboratory of fruits and vegetables of the academic and professional school of engineering of food industries of the faculty of agrarian sciences of the national university of Cajamarca. With the objective of evaluating the different concentrations of turmeric and time in the pretreatment by ultrasound on the textural characteristics (hardness, fracturability and cohesiveness) of vacuum fried plantain snacks. It was carried out under a completely randomized statistical design (DCA) factorial, evaluating the concentration of turmeric (2%,4%,6%) and the duration of the ultrasound pretreatment time (2,4,6 min), in 2mm thick plantain slices, subjected to vacuum frying at a temperature of 120°C and 45KPa for 6 minutes, to subsequently evaluate their textural characteristics, HARDNESS, FRACTURABILITY AND COHESIVITY in a BROOKFIELD CT3 texturometer and TEXTURE PRO-V2 software, through a Texture Profile Analysis (TPA), the data obtained were analyzed in InfoStat through ANOVA and Tukey's test (95% confidence). The results indicate that a 6-minute pretreatment with ultrasound and 6% turmeric optimizes the texture of the banana snack: it increases hardness to 12.22 N, increases fracturability to 12.51 N and improves cohesiveness to 0.1933. In contrast, the 2 minutes and 2% turmeric treatment produced the lowest values: hardness of 10.23 N, fracturability of 7.13 N and cohesiveness of 0.1533. In conclusion, pretreatment with ultrasound significantly improves the texture of plantain snacks, allowing modification of their sensory properties.

**Keywords:** Turmeric, ultrasound, snack, texture, texture.

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

En la actualidad, la demanda de snacks ha aumentado debido al ritmo de vida acelerado que lleva la gente día tras día; al seleccionar un alimento, se busca algo que sea fácil de consumir, atractivo, sabroso y, al mismo tiempo, saludable; por ello, los snacks de plátano frito son una opción deliciosa para disfrutar en cualquier momento del día; con su textura crujiente y sabor salado, además de ser ricos en vitaminas y minerales como el potasio, se han convertido en la mejor alternativa para aquellos que buscan algo rápido y sabroso para comer.

Olucha (s.f.) menciona que la aplicación de ultrasonidos en pretratamientos antes de la fritura podría ser beneficiosa para reducir la formación de acrilamida durante el proceso de fritura; en otras palabras, el uso de tecnologías como el ultrasonido podría ayudar a limitar la cantidad de acrilamida que se forma al freír alimentos. Asimismo, Vallejo (2016), menciona que la fritura al vacío es un método en el que los alimentos se procesan en un sistema cerrado bajo condiciones de presión reducida (subatmosférica); esto reduce la absorción de aceite, lo que resulta en un producto final libre de grasas y calorías, al tiempo que conserva sus componentes nutricionales.

En el marco de esta investigación, se evaluaron diferentes concentraciones de cúrcuma (2%, 4% y 6%) y varias duraciones de pretratamiento con ultrasonido (2 minutos, 4 minutos y 6 minutos) en láminas de plátano palillo fritos al vacío con el objetivo principal de mejorar las características físicas del producto, especialmente su textura.

## 1.1. Descripción del problema

Alvidrez et al. (2002) mencionan que, en las últimas décadas, la industria alimentaria ha experimentado una creciente demanda por productos saludables y funcionales, impulsada por el cambio en las preferencias de los consumidores hacia alimentos que ofrezcan beneficios adicionales para la salud. En este contexto, los snacks se han convertido en un área de particular interés, dado que representan una porción significativa del consumo alimentario diario; dentro de este mercado, los snacks de plátano (*Musa x paradisiaca* L.) destacan no solo por su valor nutricional, sino también por su aceptación sensorial y versatilidad (Narváez et al., 2022).

Rea (2023) indica que, el mercado global de snacks saludables ha mostrado un crecimiento sostenido, con un aumento anual del 5% en los últimos cinco años. Este crecimiento se atribuye a una mayor conciencia sobre la salud y la búsqueda de alternativas que combinen sabor, conveniencia y propiedades nutricionales; por ello, los snacks a base de frutas y vegetales han ganado popularidad debido a su percepción como opciones más naturales y menos procesadas.

Mora (2020) menciona que, la cúrcuma (*Curcuma longa* L.) ha sido reconocida por sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias, lo que ha incrementado su uso en la formulación de alimentos funcionales. Además, Zambrano et al. (2022), manifiesta que estudios recientes han demostrado que la adición de cúrcuma en diversos alimentos puede mejorar su valor nutricional y extender su vida útil; por lo que, su utilización responde a la tendencia de incorporar ingredientes naturales que promuevan la salud y el bienestar.

Martínez et al. (2021) manifiesta que, el proceso de fritura al vacío ha emergido como una técnica que minimiza la absorción de aceite, preserva los nutrientes y mejora la textura de los productos alimentarios. Paralelamente, Rubio (2014) menciona que, el pretratamiento por ultrasonido se ha utilizado para modificar las características estructurales de los alimentos, mejorando la absorción de compuestos bioactivos y optimizando la textura final del producto. Por lo que, la combinación de estos procesos podría representar una innovación significativa en la elaboración de snacks más saludables y de alta calidad.

Bastidas (2022) nos indica que, a pesar de las ventajas potenciales, la aplicación práctica de diferentes concentraciones de cúrcuma y tiempos de pretratamiento por ultrasonido en la fritura al vacío de snacks de plátano palillo no ha sido completamente investigada. Además, Mora (2020) nos dice que, existe una necesidad imperiosa de comprender cómo estos factores afectan las características texturales del producto final, los datos preliminares sugieren que la optimización de estos parámetros podría resultar en un snack con mejores propiedades sensoriales y funcionales, pero se carece de estudios sistemáticos que validen estas hipótesis.

El presente estudio busca llenar este vacío, proporcionando datos concretos sobre el efecto de las concentraciones de cúrcuma y el tiempo de pretratamiento por ultrasonido en la textura de snacks de plátano palillo fritos al vacío; este conocimiento permitirá no solo mejorar la calidad del producto, sino también ofrecer una alternativa saludable y funcional en el mercado de snacks. Adicionalmente, podría establecerse una base científica para futuras investigaciones y aplicaciones industriales, promoviendo la innovación y competitividad en el sector alimentario.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es efecto de diferentes concentraciones de cúrcuma y tiempo en el pretratamiento por ultrasonido en las características texturales de snack de plátano palillo freídos al vacío?

## **1.3. Justificación**

Mora (2020) indica que, la incorporación de la cúrcuma en los snacks de plátano no solo mejorará sus características organolépticas, sino que también añadirá beneficios nutricionales, dado que la cúrcuma es conocida por sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias; ya que, se contribuye a la creación de alimentos funcionales que pueden mejorar la salud y el bienestar de los consumidores.

En relación a la fritura tradicional, la fritura en vacío se destaca entre los procesos tecnológicos que logran la mejora de la calidad nutricional de los alimentos fritos y la disminución de la cantidad de lípidos, así como también la disminución de la producción de compuestos perjudiciales para la salud. Desde el punto de vista nutricional y de beneficios para la salud, los chips elaborados por fritura en vacío presentaron un 50 % menos de materia grasa y 90% menos de acrilamida que los chips elaborados por fritura tradicional. Los chips de papa fueron sensorialmente muy bien evaluados en todos los atributos menos en la percepción de intensidad de sabor salado.

Robles (2012) indica que la combinación del pretratamiento por ultrasonido con la fritura al vacío representa una innovación tecnológica en la industria alimentaria; esto tiende a evaluar el impacto de estos procesos permitirá desarrollar técnicas más eficientes y sostenibles, que podrían aplicarse a otros productos alimentarios.

García (2023) nos refiere que, con el creciente interés por los alimentos saludables, este estudio puede abrir nuevas oportunidades en el mercado de snacks, ofreciendo productos que no solo sean atractivos por su sabor y textura, sino también por sus beneficios para la salud; pues esto puede generar ventajas competitivas para los productores y satisfacer las demandas de un mercado cada vez más exigente.

Asimismo, Bastidas (2022) nos dice que, al mejorar la calidad de los snacks de plátano mediante técnicas avanzadas, se pueden reducir los desechos y mejorar la eficiencia de la producción. Esto es particularmente relevante en un contexto global que demanda procesos más sostenibles y responsables con el medio ambiente.

Esta investigación es crucial para avanzar en el conocimiento científico y tecnológico sobre la producción de snacks saludables; ya que no solo busca optimizar las características texturales de los snacks de plátano palillo, sino que también pretende ofrecer productos más nutritivos y atractivos para los consumidores, fomentar la innovación en la industria alimentaria y contribuir a la sostenibilidad; la comprensión de estos factores permitirá desarrollar alimentos que respondan a las necesidades y preferencias del consumidor moderno, consolidando la posición de los snacks de plátano en el mercado global.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. *Objetivo general***

- Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de cúrcuma y tiempo en el pretratamiento por ultrasonido en las características texturales de snack de plátano palillo freído al vacío.

### **1.4.2. *Objetivos específicos***

- Evaluar el impacto de diferentes concentraciones de cúrcuma en las características texturales del snack de plátano palillo frito al vacío.
- Determinar el efecto del tiempo de pretratamiento por ultrasonido en las características texturales del snack de plátano palillo frito al vacío.

## **1.5. Hipótesis**

Hi: Las diferentes concentraciones de cúrcuma (*Cúrcuma longa* L.) y los tiempos de pretratamiento por ultrasonido influyen significativamente en las características texturales del snack de plátano palillo (*Musa x paradisiaca* L.) frito al vacío.

## CAPITULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes

##### 2.1.1. Antecedentes internacionales

Mora (2020) en su investigación “*Elaboración de chifles de plátano verde (musa x paradisiaca) enriquecidos con polvo de cúrcuma (cúrcuma longa) como ingrediente antioxidante*”. El objetivo principal de esta investigación fue desarrollar chifles de plátano verde (*Musa paradisiaca*) enriquecidos con polvo de cúrcuma (*Cúrcuma longa*), un ingrediente antioxidante con múltiples beneficios para la salud. El estudio buscó introducir la cúrcuma como un aditivo antioxidante en los chifles, aprovechando sus propiedades nutricionales y su escaso uso como saborizante en snacks. Para ello, se realizó un análisis de polifenoles del polvo de cúrcuma y se formularon tres tratamientos con diferentes concentraciones: T1 (5% cúrcuma + 93% agua + 2% NaCl), T2 (7% cúrcuma + 91% agua + 2% NaCl) y T3 (8% cúrcuma + 90% agua + 2% NaCl), cada uno con tres repeticiones. La capacidad antioxidante de las muestras se evaluó mediante el método DPPH (IC50), determinando que los tratamientos T2 y T3 presentaron mayor capacidad antioxidante. Asimismo, se realizaron pruebas sensoriales utilizando un diseño de bloques completamente aleatorio (DBCA), en el que 30 panelistas no entrenados evaluaron características como color, olor, sabor y textura. Los resultados indicaron que T3 fue la formulación preferida por sus cualidades organolépticas. Los análisis fisicoquímicos mostraron valores de humedad (5.96%), grasa (22.95%), proteínas (1.33%) y cenizas (2.16%). Aunque la humedad estuvo ligeramente por encima de los límites normativos, el producto destacó por su innovador perfil nutricional y su característico color amarillo.

Finalmente, el estudio concluyó que la incorporación de cúrcuma en chifles de plátano representa una alternativa saludable y atractiva para los consumidores. Además, los resultados obtenidos se utilizaron como referencia para evaluar el impacto de la cúrcuma en snacks de plátano palillo freídos al vacío.

Bastidas y Mendoza (2022) investigo el “*Efecto de la impregnación de cúrcuma (Cúrcuma longa) y jengibre (Zingiber officinale) sobre el color de un snack de plátano verde (musa paradisiaca)*”. Con el objeto de estudiar el efecto de la impregnación de cúrcuma y jengibre sobre la coloración de snack de plátano verde (musa paradisiaca) “chifles”. En este trabajo se realizó la exploración de la velocidad de impregnación a vacío de cúrcuma y jengibre en una matriz sólida como lo es el chifle, mediante un estudio de la cinética de absorción. Además, explora el efecto que provoca el almacenamiento a condiciones aceleradas 75% HRE y 85% HRE a 22 °C por cinco días, sobre la textura y color del chifle. También, describe los posibles cambios de color que se producen al someter al chifle a procesos de impregnación a vacío de cúrcuma y jengibre a diferentes concentraciones aplicando una presión de 5 pulgHg por un tiempo de 10 min; la diferencia que presenten los ensayos de impregnación tanto en la concentración de cúrcuma, jengibre y color inicial del producto se evaluarán mediante un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con una significancia del 95%; así como la diferencia de color (medido físicamente) textura (medido sensorialmente) que presenten las muestras durante el periodo de almacenamiento se evaluarán mediante un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) con una significancia del 95%. Estos análisis se realizarán en el software estadístico STATGRAPHICS; versión 16.1.03. Los resultados obtenidos fueron que se logró determinar que a mayor tiempo de impregnación mayor concentración de cúrcuma y jengibre teniendo como mejores resultados la cúrcuma; los chifles durante el periodo de almacenamiento se encontraron varias diferencias entre las dos concentraciones estos fueron

cambios visibles mas no de sabor ya que esto no se encontró ninguna diferencia, en cuanto a las concentraciones de cúrcuma y jengibre quien tuvo menor cambio de color fue la cúrcuma ya que esta no se mostró decoloración entre los días de estudio por lo tanto se encontró buenos resultados demostrando esta ser que mostro mejores resultados, mientras que el jengibre al pasar los días se notaba cambios visuales los cuales se puede detallar la decoloración y pigmentación del chifle por lo contrario el sabor no hubo cambios ya que en todo los días de tratamiento el sabor fue el mismo; además conforme trascurrieron los días sus características van cambiando los primeros días se nota que el snack se encuentra crocante y su nivel de dureza es aceptable por lo que no se necesita de mucha presión para generar un corte con la única diferencia que este genera aristas pero acorde los días pasan el chifle se va poniendo más duro esto ayuda a que este más crocante y al momento de hacer un corte no suelte aristas ya que será un corte limpio en cuanto al color se encontraron resultados satisfactorios por lo cual el que dio el mejor resultado fue el tratamiento 4 al 30% de cúrcuma en una humedad relativa del 75% a diferencia del jengibre del cual si notaron de coloración al pasar los días mientras que el sabor no hubo diferencias ya que ambos dieron buenos resultados entre los 5 días de estudio el sabor no tuvo ninguna alteración.

Campo et al. (2020) efectuó el “*Efecto del pretratamiento con ultrasonido en la cinética de secado convencional de banano (musa paradisiaca)*”. Con el objetivo de evaluar el efecto del pretratamiento con ultrasonido en la cinética de secado convencional de banano. La investigación refiere que el uso del ultrasonido en el procesamiento de alimentos se ha incrementado en la última década debido a la reducción en tiempos, temperaturas, inactivación microbiana y enzimática, extracción de componentes de gran interés para diferentes industrias; sin alterar o modificar su valor nutricional u organoléptico durante los procesos de trasformación de las materias primas en productos con valor agregado.

Considerándose, una tecnología verde al no causar impacto negativo al medio ambiente. En este trabajo se evaluó el efecto del pretratamiento con US (40 KHz/130W/30°C /10, 20 y 30 min) en el secado convectivo a 60°C/2m/s del banano (*Musa paradisiaca*). Se utilizó un modelo difusional para describir las cinéticas de secado y cuantificar la influencia del US en la difusividad efectiva de agua. Observando que el US incrementó significativamente ( $p>0.05$ ) la velocidad de secado en todas las muestras tratadas con una reducción promedio del 31% en el tiempo de secado con respecto al tratamiento control; alcanzando una pérdida de peso del 77% respecto del peso inicial (3.8 a 0.9 g.). El modelo exponencial es el más adecuado para predecir las curvas experimentales de secado del banano y mostró que la aplicación de US aumentó tanto la difusividad efectiva y el coeficiente de transferencia de masa, como corroboran los valores del porcentaje de varianza explicada de 98.5 a 99.3%.

Rodríguez (2023) investigó el “*Impacto de la fritura al vacío sobre las características fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales de chips de banano pisang Mas*”. Costa Rica. Con el objetivo de optimizar el proceso de fritura al vacío para producir chips de banano Pisang Mas. El análisis de la fritura al vacío es una alternativa tecnológica para obtener alimentos fritos de mayor calidad. Los alimentos se sumergen en aceite caliente, pero, a diferencia de la fritura convencional, ocurre en condiciones de vacío, es decir, por debajo de la presión atmosférica. Al disminuir la presión, la temperatura de ebullición del agua se reduce, por lo que es posible disminuir también la temperatura del aceite de fritura. Estas condiciones brindan efectos positivos sobre la degradación del aceite, el contenido de grasa, y las características sensoriales y nutricionales de los productos. En el presente estudio se optimizó el proceso de fritura al vacío empleando aceite de soya para la obtención de chips de banano Pisang Mas, utilizando un equipo piloto discontinuo. Mediante la metodología de diseño de superficie de respuesta, se optimizó el tiempo de freído (360 a 720 s), la temperatura (105-125 °C) y la

velocidad de centrifugación (106-530 r.p.m.) para obtener hojuelas con características sensoriales y nutricionales deseables. Se mantuvieron constantes la presión de vacío de operación (25 kPa) y el tiempo de centrifugación (200 s). Se midieron como variables respuesta el contenido de humedad y de grasa, el valor de  $a_w$ , color, textura y el rendimiento de la operación de fritura de los chips. Se evaluó el efecto de las condiciones óptimas de fritura sobre las características nutricionales de los chips. Se realizaron mediciones en banano fresco y en chips de banano, del contenido de proteína, almidón total, almidón resistente, fibra dietética, perfil de azúcares, carotenoides totales, polifenoles totales, vitamina C, ácido ascórbico y cenizas. Se analizó la percepción del consumidor sobre los chips de frutas (banano, mango y piña) desarrollados mediante fritura al vacío, utilizando la técnica de análisis cualitativo de grupo focal. El análisis estadístico relaciona significativamente el contenido de grasa con la velocidad de centrifugación y la temperatura de freído, encontrando valores idóneos de grasa a mayor temperatura y velocidad de centrifugación. Se establecieron como condiciones óptimas de proceso una temperatura de 121°C, 530 r.p.m. de velocidad de centrifugación, y 433 s de tiempo de fritura, que permiten obtener chips de banano con el menor contenido de grasa (17 % B.H.), baja  $a_w$  (0,25), color luminoso y textura crujiente. Se observó un aumento en el contenido de sacarosa, polifenoles, vitamina C y ácido ascórbico, que eran indetectables en el banano fresco, y una reducción en fructosa, glucosa, proteína, almidón total, almidón resistente y carotenoides. La valoración sensorial con consumidores potenciales de tres tipos de chips elaborados mediante fritura al vacío (piña, papaya y banano) es positiva, dada su aceptación por los participantes. El prototipo ideal creado incluye la mezcla de los chips fritos al vacío con pasas, almendras, chocolates y granola. El producto se conceptualiza como una opción de merienda o un snack para reemplazar snacks tradicionales menos saludables. Se visualiza como un producto disponible en diferentes puntos de ventas, en empaque transparente y en dos presentaciones: grande para consumir en casa y porciones individuales para llevar. El

estudio realizado demuestra el potencial de la fritura al vacío para la transformación de frutas tropicales y la obtención de snacks saludables, acordes a las tendencias actuales del mercado.

En su investigación titulada "*Estandarización de materia prima y etapas de una línea de producción de bocaditos fritos de plátano*" Onofre y Triviño (2022) de Ecuador se centran en estandarizar tanto la materia prima como las etapas de producción para los snacks de chips de plátano, con el objetivo de mejorar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del producto. Destacan que, dado el considerable aumento en la exportación de snacks de chips de plátano, las empresas ecuatorianas productoras de chifles están buscando entrar en el mercado internacional mediante la mejora de las propiedades organolépticas y fisicoquímicas de sus productos. La empresa en estudio desea mejorar las características de sus chips para brindar un producto de mayor calidad, por lo que, el objetivo del proyecto es de estandarizar la materia prima y las etapas de producción de una línea de snacks de chips de plátano mejorando las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del producto. Para alcanzarlo, se realizó una caracterización de la materia prima, después, un diseño de experimentos variando temperaturas y tiempos de fritura. Del diseño y de la caracterización, se eligieron las muestras con mejores características y se realizó un análisis sensorial y una prueba de vida útil acelerada. Los resultados indicaron que, en la caracterización, que la variedad dominico-procesada tuvo la menor humedad (2,5%), y la mayor dureza (3,763 N). De los tratamientos en el diseño de experimentos, el tratamiento 6 (170°C, 3 min., 6h.) tuvo las mejores características con una humedad de (2,39 %) y una dureza de (3,82N). El análisis de vida útil indicó que el tratamiento 6 con índice de peróxido igual a 7,97 fue el que menos se degradó. En la prueba sensorial, los panelistas prefirieron el tratamiento 6. Se concluye que la variedad *Dominico* puede ser utilizada para tener una baja humedad final con una dureza aceptable, asimismo, utilizando el tratamiento 6, se logra obtener un producto con buen color, sabor, y textura.

Lucas et al. (2012) muestra en su estudio titulado “*Evaluación de los parámetros de calidad de chips en relación con diferentes variedades de plátano (Musa paradisiaca L.)*”. Con el objetivo de evaluar físicamente siete variedades de plátano en fresco y su relación con los parámetros de calidad del producto terminado. Se realizó una caracterización fisicoquímica del producto crudo de cada una de las siete variedades con respecto a un testigo de dominico hartón. Posteriormente se evaluó el comportamiento de los chips de cada una de las variedades en el proceso de fritura y su relación con los parámetros de calidad del plátano frito determinando la cantidad de aceite absorbido, contenido de humedad, textura y color. En cuanto a la evaluación de la textura en chips refiere que, como método de deshidratación, la fritura modifica las características de textura de los productos al someterse los almidones de las materias primas a temperaturas de retrogradación. El punto de quiebre (fuerza de dureza) de los productos se usa para medir la crujencia de un producto frito. En la industria de los chips la medida de textura debe tener valores altos ya que esto repercute en la crocancia, con lo cual no sería de buena aceptación sensorial por parte del consumidor los chips analizados no tuvieron diferencia estadística significativa 3,4 y 5,8 N, sin diferencia estadística significativa entre ellos. Donde el chip de la variedad pelipita fue la que mejor comportamiento presentó utilizando una fuerza ejercida promedio de ruptura de 0,7 (N) mientras que el chip de la variedad dominico hartón tuvo que realizar mayor fuerza promedio 1.3 (N); esto se presenta por la resistencia al corte por parte del chip de plátano con el texturómetro, por ende, a menor promedio de textura mayor crocancia se tendrá en el chip. Según las condiciones anteriores, esto pudo ocurrir posiblemente porque el almidón se gelatiniza y se carameliza, ayudando en la formación de la costra o corteza, lo que provoca un producto finalmente duro y una buena deshidratación del producto final. Los resultados mostraron que, las variedades con mejores características físicas en cuanto a su tamaño y diámetro ecuatorial eran el hartón y el pelipita. Por lo tanto, concluyen que las variedades de plátano con bajo contenido de agua y alta materia

seca son adecuadas para ser utilizadas en los procesos de fritura industrial en Colombia; además, en los procesos industriales las variedades que tienen mayor interés son las de mayor diámetro y longitud.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

Perdomo (2017) en su investigación “*Efecto de tiempo de exposición al ultrasonido (40 khz) en las características fisicoquímicas, recuento de bacterias aerobias mesófilas y aceptabilidad general de la pulpa de mango (mangifera indica l.) variedad Edward*”. Con el objetivo de evaluar el efecto del tiempo de exposición al ultrasonido a 40 kHz sobre el color, sólidos solubles, pH, consistencia, recuento de bacterias aerobias mesófilas y aceptabilidad general de la pulpa de mango variedad Edward. Se evaluó el efecto del tiempo (0, 15, 30, 45 y 60 minutos) de exposición con ultrasonido a una frecuencia de 40 KHz, sobre el color, sólidos solubles, pH, consistencia, recuento de bacterias aerobias mesófilas y aceptabilidad general, en pulpa de mango (*Mangifera indica L.*) variedad Edward. Los resultados obtenidos, mostraron que el tiempo de exposición al tratamiento con ondas de ultrasonido tuvo un efecto significativo ( $p < 0.05$ ) sobre las características estudiadas. La prueba de Duncan indicó que el tiempo de exposición al ultrasonido de 45min permitió obtener el mejor color ( $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ ), sólidos solubles (18.11%), pH (3.34), consistencia (5.11cm/30s) y recuento de aerobias mesófilas (1.69 ufc/g) en la pulpa de mango variedad Edward. El tiempo de exposición al ultrasonido de 15 min presentó la mayor aceptabilidad general, con un rango promedio de 3.23, sin evidencia suficiente para determinar diferencia significativa entre los tratamientos. Esta investigación ayudó para determinar si existe diferencia significativa en la aplicación de diferentes tiempos en el pretratamiento de snack de plátano palillo a desarrollar en esta investigación.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. *Snack***

La Norma Técnica Peruana 209.226:2023 sobre cereales y productos derivados, específicamente bocaditos de cereales, leguminosas y granos andinos, establece que los snacks fritos, tostados, extruidos y expandidos deben fabricarse con materias primas libres de impurezas y de cualquier sustancia perjudicial para la salud del consumidor. Además, estos productos deben presentar una apariencia adecuada a sus características, incluyendo buen color, sabor, olor y textura.

Saldívar (2016) define a un snack como un alimento listo para consumir, generalmente alto en aceite y con un sabor dulce o salado, cuyo objetivo es calmar el hambre momentáneamente y aportar energía. Aunque a menudo se piensa que la mayoría de los snacks no son saludables, existen alternativas nutritivas y beneficiosas que destacan por sus ingredientes naturales.

El Mincetur (s.f.) describe a los chifles como snacks salados elaborados a partir de hojuelas de plátanos verdes fritos en aceite vegetal, muy populares en la región norte de Perú.

### **2.2.2. *Tipos de snack***

El mercado de snacks es muy variado y cuenta con múltiples clasificaciones según el motivo de su consumo o los ingredientes empleados en su elaboración. Por ello, se agrupan en las siguientes categorías: papitas fritas, canchita, galletas saladas, chocolates, bizcochos y

galletas dulces, frutas, pasteles dulces y productos de panadería, barras de cereal, chicles, caramelos masticables y helados (Mondelez International, 2019).

En cambio, ProChile (2011) indica que en el mercado hay una gran diversidad de snacks, los cuales se pueden dividir en dos categorías: los salados, que incluyen "chips", frutos secos, snacks de carne o queso, congelados y productos horneados; y los llamados "snacks saludables", que abarcan tortitas de arroz o maíz, palitos de pan con diversos ingredientes, barritas de cereales y aquellos hechos a partir de frutas o verduras secas o deshidratadas.

En relación con la Norma Técnica Peruana NTP 209.226:1984 sobre bocaditos, se especifica una clasificación que distingue los productos según su sabor en salados, dulces y de sabores especiales. Asimismo, se categoriza conforme a su método de preparación, dividiéndolos en fritos y extruidos.

### **2.2.3. Características de un snack**

Hurtado (2001) se señala que la crocancia es la principal característica de un snack, lograda mediante la reducción de la humedad; a esto le sigue el color, que debe asemejarse al aspecto natural del producto; la combinación adecuada de temperatura y tiempo hace que el producto final sea más atractivo; cabe destacar que la temperatura no siempre es constante; esta varía en función del tamaño de las partículas y del contenido de humedad del alimento.

Tavera – Quiroz et al. (2015) menciona que otra de las características de los alimentos fritos se relaciona con la retención de grasa en el alimento, que es utilizada durante el proceso de elaboración, lo cual condiciona su valor calórico debido a la absorción de los lípidos;

además, recomienda sumergir el producto en el aceite a una temperatura de 180 °C, para provocar una rápida reducción del agua que se encuentra en la superficie del alimento, generando una capa productora que evita la reducción de los componentes nutricionales.

Fellows et al. (2000) menciona que la textura obtenida después de la fritura se debe a las transformaciones que experimentan los componentes de los alimentos, especialmente las proteínas y los carbohidratos; estos elementos se modifican por el calor aplicado y la evaporación del agua presente en el alimento; estos cambios resultan en la formación de una capa crujiente, la cual otorga al alimento su distintiva textura crujiente.

Según Sahin (2000) refiere que el tono dorado representa un indicador clave de la calidad de los productos fritos y juega un papel esencial en su aceptación por parte de los consumidores; diversos factores del proceso, como el tiempo, la temperatura y el tipo de aceite, junto con las características intrínsecas del producto, como su tamaño, variedad y condiciones de almacenamiento previas, influyen en este aspecto.

#### **2.2.4. *Snack de plátano***

Del Rosario (2018) indica que el chifle es un aperitivo salado elaborado con hojuelas de plátano verde. Su proceso de producción implica sumergir directamente la materia prima en aceite vegetal caliente, al que se añaden componentes como sal, azúcar, saborizantes, colorantes y otros aditivos autorizados.

Altez et al. (2020) refiere el término "chifle" se refiere a un bocadillo elaborado principalmente con plátanos verdes de la variedad bellaco, que son comunes en la región de

Piura y ampliamente consumidos en el país; estos aperitivos se cortan en hojuelas de aproximadamente 1 a 1.5 centímetros de grosor y se sumergen directamente en aceite vegetal caliente a una temperatura de 150°C durante 3 a 5 minutos, hasta que adquieren un color amarillo; después, se deja que se enfríen durante dos horas antes de consumirlos.

#### **2.2.5. Plátano**

Herrera (2011) indica que el plátano y el banano (*Musa* sp.) en el Perú son cultivos que se distinguen por ser una fuente alimenticia valiosa para los consumidores y un componente crucial para la seguridad alimentaria de los productores y sus familias, especialmente en la región selvática. Además, proporcionan ingresos estables para los agricultores. Por otro lado, Cárdenas (2001) los términos plátano, banano, cambur o guineo se usan para referirse a híbridos cultivables de *Musa acuminata* y *Musa balbisiana*. Según el Código Internacional de Nomenclatura Botánica, se clasifican como *Musa paradisiaca*. La diferencia principal entre plátanos y bananos es su contenido de agua: plátanos tienen alrededor del 65%, mientras que los bananos cerca del 83%. Los plátanos se preparan fritos o asados, verdes (en versiones saladas) o maduros (en preparaciones dulces), no se consumen crudos.

Cárdenas (2001) el plátano y el banano son ricos en carbohidratos y nutrientes como potasio, magnesio y ácido fólico, además de fibra; su consumo es beneficioso para la diarrea debido a sus propiedades astringentes y su contenido en fructo-oligosacáridos; el potasio es esencial para la función muscular y nerviosa, el magnesio es importante para la salud intestinal, nerviosa y ósea, mientras que el ácido fólico es crucial para la producción de glóbulos y el sistema inmunológico.

**Tabla 1**

*Composición nutricional, minerales y vitaminas del plátano, valores por 100 g.*

| <b>Nombre</b>                        | <b>Valor</b> | <b>Unidad</b> |
|--------------------------------------|--------------|---------------|
| Agua                                 | 61.1         | g             |
| Energía                              | 152          | kcal          |
| Proteína                             | 1.25         | g             |
| Grasa                                | 0.07         | g             |
| Ceniza                               | 0.92         | g             |
| Carbohidratos                        | 36.7         | g             |
| Fibra dietética                      | 2.2          | g             |
| Calcio, Ca                           | 2            | mg            |
| Hierro, Fe                           | 0.75         | mg            |
| Magnesio, Mg                         | 41           | mg            |
| Fósforo, P                           | 31           | mg            |
| Potasio, K                           | 431          | mg            |
| Sodio, Na                            | 2            | mg            |
| Zinc, Zn                             | 0.18         | mg            |
| Cobre, Cu                            | 0.116        | mg            |
| Manganeso, Mn                        | 0.109        | mg            |
| Vitamina C, ácido ascórbico<br>total | 20.2         | mg            |
| Tiamina                              | 0.1          | mg            |
| Riboflavina                          | 0.1          | mg            |
| Niacina                              | 0.55         | mg            |

|                   |      |    |
|-------------------|------|----|
| Ácido pantoténico | 0.53 | mg |
| Vitamina B-6      | 0.07 | mg |

---

*Nota:* se describe las propiedades nutritivas del plátano (USDA, 2019).

Rodríguez (2023) menciona que el plátano tiene varias variedades que varían en color y firmeza, y son ricas en almidón; pueden consumirse en estado verde o maduro; todas estas variedades son de la especie *Musa paradisiaca*, resultado del cruce entre *Musa acuminata* y *M. balbisiana*; en Perú, se cultivan variedades como seda, isla y Muquicho, que se consumen principalmente maduras, y guayabo, inguri y bellaco, que se prefieren cocinar al hervir o freír; en Perú y Ecuador, los chifles son rebanadas o hojuelas de plátano verde frito, condimentadas con sal.

Cárdenas (2001) el plátano verde se utiliza para hacer chifles, un bocadillo frito crocante y sabroso; esto agrega valor a la producción agrícola y proporciona energía; los chifles se elaboran principalmente con plátanos verdes, pero también hay versiones dulces con plátanos maduros. Se detalla el proceso de elaboración en los anexos.

#### **2.2.6. Cúrcuma**

Definición y características. Freire y Vistel (2015) menciona que la Cúrcuma longa L., perteneciente a la familia Zingiberaceae, comúnmente conocida como yuquilla amarilla, jengibre amarillo o simplemente cúrcuma, proviene originalmente del subcontinente indio y del sudeste asiático. Su rizoma seco, considerado la parte útil, se emplea extensamente en varios países como colorante alimenticio y especia.

Pinzón et al. (2023) indican que la cúrcuma longa, también conocida como cúrcuma, es una planta originaria de la India. Principalmente compuesta por curcumina, se le atribuyen diversas propiedades, como antioxidantes, hipolipidémicas, antiinflamatorias y anticancerígenas.

De acuerdo con la USDA, la cúrcuma es una planta con bajo contenido calórico y grasas, principalmente compuesta por carbohidratos. Contiene una alta cantidad de minerales como potasio, fósforo y magnesio, y es una fuente rica en vitaminas C y E. En la siguiente tabla se detalla la composición nutricional por cada 100 gramos de cúrcuma.

**Tabla 2***Tabla de composición nutricional por 100 g de cúrcuma.*

| <b>Nombre</b>                  | <b>Cantidad</b> | <b>Unidad</b> |
|--------------------------------|-----------------|---------------|
| Agua                           | 12.8 g          | gramo         |
| Energía                        | 312 kcal        | Kcal          |
| Proteína                       | 9,68 g          | gramo         |
| Lípidos totales (grasas)       | 3.25 g          | gramo         |
| Carbohidratos, por diferencia. | 67.1 g          | gramo         |
| Fibra dietética total          | 22.7 g          | gramo         |
| Azúcares totales               | 3.21 g          | gramo         |
| Ceniza                         | 7.08 g          | gramo         |
| Sacarosa                       | 2.38 g          | gramo         |
| Hierro, Fe                     | 55 mg           | mg            |
| Magnesio, Mg                   | 208 mg          | mg            |
| Fósforo, P                     | 299 mg          | mg            |
| Potasio, K                     | 2080 mg         | mg            |
| Sodio Na                       | 27 mg           | mg            |
| zinc, zinc                     | 4.5 mg          | mg            |
| Manganeso                      | 19.8 mg         | mg            |

*Nota:* se describe la composición nutricional de la cúrcuma (USDA, 2019).

Castaño (2023) refiere que, la cúrcuma una especia versátil, encuentra múltiples usos en la cocina y la medicina. Ramírez (2020) menciona que, en la gastronomía, es un ingrediente esencial en platos como curry, arroces y sopas, otorgando un característico color amarillo y un sabor distintivo. Además, se emplea como colorante natural en una variedad de alimentos y

bebidas. Mesa et al. (2000) manifiesta que, en el ámbito de la salud, la cúrcuma se consume como suplemento dietético, se añade a té y bebidas como la leche dorada, y se utiliza en la medicina tradicional por sus posibles beneficios antioxidantes, antiinflamatorios y digestivos. Por otro lado, Espinosa (2021) indica que, también se emplea en productos de cuidado de la piel debido a sus propiedades para mejorar la apariencia cutánea. Su versatilidad y popularidad continúan en aumento, siendo valorada tanto por su sabor como por sus posibles beneficios para la salud.

#### **2.2.7. Fritura al vacío**

En esta técnica, el alimento es procesado bajo condiciones de presión reducida (subatmosférica) en un sistema cerrado; esto permite disminuir el punto de ebullición del agua contenida en el alimento y conseguir así, temperaturas más bajas de fritura (García, 2024).

En este tipo de proceso, la temperatura del aceite se encuentra en promedio a 110 °C y 3,1 kPa (presión donde el agua hierve a 25 °C); el mecanismo de transferencia de calor, en la fritura al vacío, es similar a la fritura convencional (presión atmosférica) pero con la diferencia que la temperatura del aceite de fritura será menor (Quisquiche, 2024).

La tecnología de fritura al vacío se presenta como un método prometedor para la producción de snacks más saludables, permitiendo conservar las características originales de la materia prima y preservar los nutrientes de vegetales y frutas, especialmente vitaminas. Esto se logra mediante bajas temperaturas de procesamiento y menor exposición al oxígeno, lo que hace de esta técnica una opción superior para el procesamiento de alimentos, capaz de mantener las cualidades nutricionales de los ingredientes originales (Coronel, 2014).

### **2.2.8. Ultrasonido**

Campo et al. (2018) indica que, el ultrasonido desempeña un papel crucial en la industria alimentaria, donde se emplea en diversas etapas para mejorar la calidad, seguridad y eficiencia de los productos alimenticios; desde la limpieza y desinfección de superficies y equipos hasta la extracción de compuestos bioactivos de materias primas vegetales, el ultrasonido se utiliza para una variedad de aplicaciones. Además, Pisco (2013) menciona que, se emplea en el sellado y envasado de alimentos, la desgasificación y homogeneización de líquidos, el control de plagas de insectos, la descontaminación de superficies y el control de calidad. Por otro lado, Robles y Ochoa (2012) manifiesta que, la versatilidad y efectividad del ultrasonido lo convierten en una herramienta invaluable en la industria alimentaria, contribuyendo a la mejora de la seguridad, calidad y eficiencia en la producción y procesamiento de alimentos.

### **2.2.9. Tipos de ultrasonido**

***Ultrasonido de Procesamiento Alimentario.*** Robles y Ochoa (2012) indica que, este se utiliza para una variedad de aplicaciones en la industria alimentaria, como la homogeneización de líquidos, la emulsificación de grasas y aceites, la desgasificación de líquidos, la extracción de compuestos bioactivos de materias primas vegetales y la mejora de la textura y la calidad de los alimentos.

***Ultrasonido de Descontaminación.*** Pino (2019) refiere que, se utiliza para descontaminar superficies de alimentos, como frutas, verduras, carnes y productos lácteos,

eliminando eficazmente microorganismos patógenos, hongos y otros contaminantes. Esto puede ayudar a prolongar la vida útil de los alimentos y mejorar su seguridad microbiológica.

***Ultrasonido de Envasado.*** Parzanese (s.f.) indica que, se utiliza en el sellado y envasado de alimentos para mejorar la hermeticidad de los envases y prolongar la vida útil de los productos envasados. Las ondas ultrasónicas se aplican para soldar los bordes de los envases, creando un sellado hermético que evita la entrada de aire y la contaminación microbiológica.

***Ultrasonido de Limpieza de Equipos.*** Alba (2021) indica que, se utiliza para limpiar y descontaminar equipos y superficies en la industria alimentaria, como tanques de almacenamiento, tuberías, bandejas de transporte y maquinaria de procesamiento. Las ondas ultrasónicas generan microburbujas en el líquido de limpieza, que colapsan al entrar en contacto con la superficie, eliminando eficazmente la suciedad y los microorganismos no deseados.

### **Formas de aplicación del ultrasonido en alimentos**

***Extracción de Compuestos Bioactivos.*** Velasco et al. (2007) refiere que, el ultrasonido se utiliza para mejorar la extracción de compuestos bioactivos de materias primas vegetales, como polifenoles, antioxidantes y aceites esenciales. Las ondas ultrasónicas ayudan a romper las paredes celulares de las plantas, facilitando la liberación de los compuestos deseados y mejorando el rendimiento de los procesos de extracción.

**Homogeneización y Emulsificación.** Robles y Ochoa (2012) manifiesta que, el ultrasonido se utiliza para homogeneizar líquidos y emulsiones en la producción de alimentos líquidos, como jugos, bebidas y salsas. Las ondas ultrasónicas ayudan a romper las gotas de líquido en tamaños más pequeños, creando una emulsión más estable y mejorando la textura y la calidad del producto final.

**Desgasificación.** Delgado (2011) indica que, el ultrasonido se utiliza para eliminar burbujas de aire y gases disueltos en líquidos y suspensiones en la producción de alimentos. Esto ayuda a mejorar la estabilidad y la calidad de los productos líquidos y reduce el riesgo de deterioro durante el almacenamiento y el transporte.

#### **2.2.10. Textura**

Mostacilla y Ordoñez (2019) indicaron que, la textura desempeña un papel esencial en el mundo de los snacks, influyendo en la experiencia sensorial del consumidor; desde la crocancia de unas papas fritas hasta la suavidad de una barra de cereal, la textura determina la percepción del producto. Así mismo, De la Torre (2021) refiere que, algunos snacks buscan la crocancia mediante procesos de fritura u horneado, mientras que otros prefieren la suavidad mediante ingredientes que retengan la humedad. Mostacilla y Ordoñez (2019) también mencionan que, la dureza y resistencia del snack también son apreciadas en productos como caramelos o pretzels. La combinación de diferentes texturas, como chocolate con nueces crujientes, añade variedad y placer al paladar. Valdez (2014) señaló que, independientemente de la textura, la consistencia y estabilidad son fundamentales para garantizar una experiencia satisfactoria y mantener la calidad del producto a lo largo del tiempo.

La textura de los alimentos es la característica sensorial percibida a través del tacto, la vista y el oído, manifestándose cuando el alimento experimenta una deformación (ISO 11036, 1994).

Hleap y Velasco (2010) manifiestan que, la textura de los alimentos puede ser evaluada de dos maneras diferentes: mediante pruebas instrumentales, que ofrecen una medición objetiva, y mediante pruebas sensoriales, que proporcionan una evaluación subjetiva. Los texturómetros son dispositivos específicos utilizados en las pruebas instrumentales para simular las condiciones de masticación.

A continuación, se definen los términos descriptivos más importantes para la caracterización de textura.

#### ***2.2.11. Fracturabilidad***

Es el primer descenso notable en la curva durante el primer ciclo de compresión, resultado de una alta dureza y una baja cohesividad del alimento (Figura 1). Este término se relaciona con la resistencia con la que el alimento se desintegra, cruje o estalla, medida en unidades de fuerza, Newton. (Bourne 2002; Szcsesniak 2002).

#### ***2.2.12. Dureza***

Es la máxima fuerza registrada en cualquier momento durante el primer ciclo de compresión (Figura 1). Esta medida se refiere a la fuerza necesaria para comprimir un alimento entre los molares o entre la lengua y el paladar, y se expresa en unidades de fuerza, Newton. (Bourne 2002).

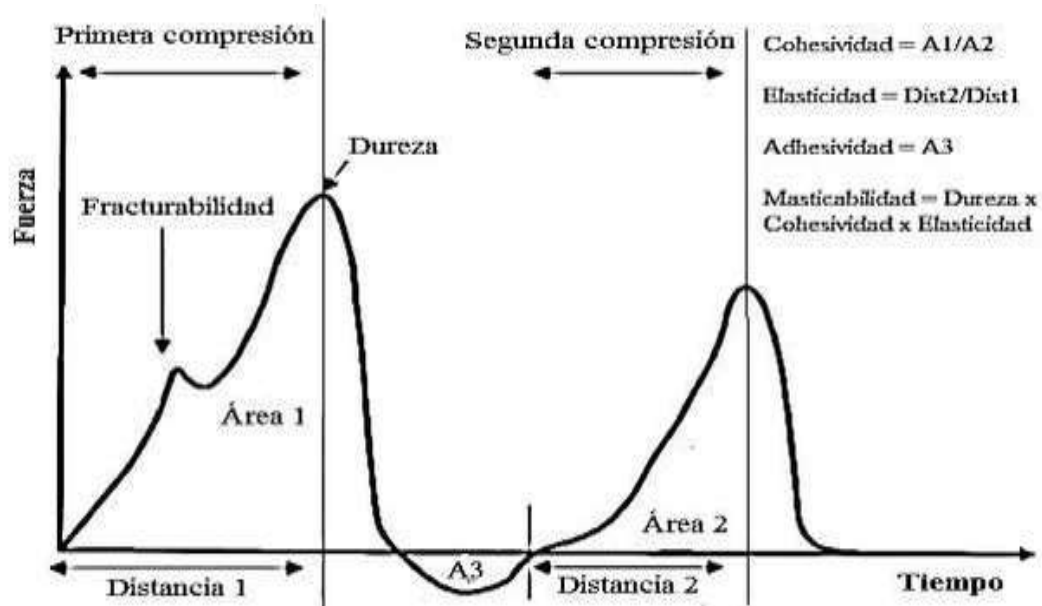
### 2.2.13. Cohesividad

Se refiere a la fuerza que mantiene unidas las partículas, el límite hasta el cual pueden deformarse antes de romperse; esta medida es adimensional. (Szczesniak 2002).

### 2.2.14. Crocancia

Los alimentos crujientes son detectados a través de la vibración al morder los ingredientes con el oído interno, los dientes y las encías. (Bourne 2002).

**Figura 1**  
*Análisis de perfil de textura*



*Nota: La imagen ilustra el análisis del perfil de textura. Hleap y Velasco (2010).*

Al comparar el método sensorial con el instrumental, es crucial demostrar correlaciones consistentes entre ambos métodos (Paula y Conti-Silva, 2014). Sozer et al. (2007) han conducido investigaciones que han mostrado una alta correlación entre las mediciones sensoriales e instrumentales, permitiendo una caracterización rápida de la textura y la

capacidad de predecir valores sensoriales utilizando parámetros físicos medidos instrumentalmente.

Mathoniere et al. (2001) mencionan que las correlaciones entre las mediciones sensoriales e instrumentales de la textura tienen varias implicaciones: facilitan el desarrollo de herramientas para el control de calidad en la industria alimentaria, permiten predecir la respuesta del consumidor, proporcionan comprensión sobre las percepciones en la boca durante la evaluación sensorial de la textura, y ayudan a mejorar u optimizar los métodos instrumentales para complementar la evaluación sensorial.

Paula y Conti-Silva (2014) investigaron la textura de bocadillos extrusados y encontraron que la prueba de dureza presenta una correlación positiva con la evaluación sensorial. Por otro lado, Torres et al. (2015) confirmaron que existe una correlación directa y significativa entre los parámetros de textura de galletas de limón, específicamente entre la fracturabilidad y la dureza medida tanto sensorial como instrumentalmente.

Nogales (2018) refiere que, el Análisis de Perfil de Textura (TPA) es una técnica clave en la evaluación de la textura de alimentos y otros materiales; funciona mediante la aplicación controlada de fuerza mecánica a una muestra, registrando su respuesta a través de parámetros como dureza, elasticidad y adhesividad. Estos datos proporcionan una comprensión detallada de cómo se comporta la muestra ante diferentes tipos de fuerza y su impacto en la experiencia sensorial del consumidor. Ramírez (2012) indica que, el TPA se emplea ampliamente en la industria alimentaria para comparar productos, optimizar procesos y comprender mejor las preferencias del consumidor. Su análisis detallado permite entender cómo las propiedades físicas influyen en la calidad y aceptabilidad de los alimentos.

## **2.3. Definición de términos**

### **Características texturales**

Bastidas y Toala (2022) indican que, los atributos físicos y mecánicos de un alimento, como la dureza, la elasticidad, la adhesividad y la fracturabilidad, que influyen en su percepción sensorial y calidad general.

### **Cúrcuma (*Cúrcuma longa* L.)**

Según Freire y Vistel (2015), se refiere a una planta de la familia del jengibre, la cual es reconocida por sus raíces de color amarillo brillante, siendo empleada tanto como condimento en la gastronomía como en la medicina tradicional gracias a sus efectos antioxidantes y antiinflamatorios.

### **Concentraciones de cúrcuma**

Mora (2020) indica que, las diferentes proporciones o cantidades de cúrcuma agregadas a una solución o mezcla, que pueden variar para investigar cómo afectan a las propiedades de los alimentos.

### **Efectos en la textura**

Fellows (2000). Los cambios observados en las propiedades físicas y mecánicas de un alimento como resultado de diversos tratamientos o adiciones, que pueden incluir alteraciones en la dureza, la suavidad, la jugosidad o la crocancia.

### **Fritura al vacío**

Torres et al. (2017) refiere que, un método de fritura en el cual los alimentos se sumergen en aceite caliente en un entorno de vacío controlado, lo que permite una fritura más rápida y uniforme, así como una reducción en la oxidación y la absorción de aceite.

### ***Musa paradisiaca* L.**

Según Cárdenas (2001), la denominación científica del plátano corresponde a una fruta de notable importancia económica y alimentaria a nivel mundial. Perteneció al género *Musa* y es cultivada principalmente por su fruto comestible.

### **Pre tratamiento**

Cazar, (2015) indica que, el proceso o serie de procesos aplicados a una materia prima o producto antes de su procesamiento principal con el fin de mejorar sus características o facilitar su procesamiento posterior.

### ***Snack de plátano palillo (Musa x paradisiaca L.)***

Navarro (2020) refiere que, un aperitivo elaborado a partir de plátanos de la variedad *Musa paradisiaca* L., cortados en forma de palillos y preparados de diversas maneras, como fritos, horneados o deshidratados.

### **Tiempo de tratamiento**

Vera y Villaprado (2017) refieren que, la duración durante la cual se aplica un tratamiento específico, como el ultrasonido o la fritura, a un producto alimenticio o materia prima, que puede afectar significativamente a sus características finales.

## **Ultrasonido**

Robles y Ochoa (2012) destacan que la tecnología de ultrasonido ha sido ampliamente utilizada en diversas investigaciones dentro de la industria alimentaria, generando un gran interés debido a su aplicabilidad práctica, el uso de equipos seguros y, sobre todo, su consideración como una opción ambientalmente sostenible.

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación

El trabajo de investigación desarrollo ensayos y análisis que se realizaron en las instalaciones de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias (Edificio 2H) en la Universidad Nacional de Cajamarca, en la Av. Atahualpa 1050, Carretera Baños del Inca.

**Figura 2**

*Plano de Ubicación de la investigación.*



*Nota.* En la imagen se muestra la ubicación de la E.A.P. de Ing. en Industrias Alimentarias de la UNC (Elaboración Propia).

## **3.2. Materiales**

### **3.2.1. *Materia Prima***

- Plátano Palillo, frutos que provinieron de la parte selva de la ciudad de Jaen, se eligieron los mejores plátanos, sin golpes ni magulladuras.

### **3.2.2. *Insumos***

- Aceite vegetal 100 % soya
- Cúrcuma en polvo

### **3.2.3. *Equipos e Instrumentos***

- Texturómetro de Brookfield Modelo CT3
- Equipo de ultrasonido
- Freidora de alimentos
- Cocina
- Balanza digital analítica
- Cortadora de mandolina
- Jarras
- Tazones o bowls
- Cuchillo de acero inoxidable

### **3.2.4. *Material de gabinete***

- Papel toalla
- Mandil

- Gorro quirúrgico
- Libreta de apuntes
- Lapiceros y/o lápices
- Computadora
- Cámara
- Papel Bond.

### **3.3. Metodología**

La investigación empleó un diseño factorial con tres réplicas, distribuidas aleatoriamente. Se analizaron dos variables clave: la concentración de cúrcuma y la duración del pretratamiento con ultrasonido. Para evaluar su impacto, se utilizó el Análisis de Varianza (ANOVA) para identificar factores significativamente influyentes, seguido por la prueba de Tukey al 5% de significancia para comparar los niveles de estos factores. Todo el análisis estadístico se realizó con el software InfoStat.

#### **3.3.1. Variables**

##### **Variables Independientes**

- Concentración de cúrcuma
- Tiempo de pretratamiento por ultrasonido

##### **Variable Dependiente**

- Características texturales: Dureza, Fracturabilidad y Cohesividad

### 3.3.2. Diseño experimental, arreglos de los tratamientos

Este estudio utilizó un enfoque experimental y deductivo, basado en hipótesis. Los datos son cuantitativos y se analizan mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres repeticiones. El diseño incluye dos factores, cada uno con tres niveles. El primer factor (A) es la concentración de cúrcuma, con niveles de 2%, 4% y 6%. El segundo factor (B) es el tiempo de exposición al ultrasonido, con niveles de 2, 4 y 6 minutos. Esto resulta en 9 tratamientos diferentes. La investigación se centra en cómo estos factores afectan las propiedades texturales del producto, específicamente la dureza, la fracturabilidad y la cohesividad.

**Tabla 3**

*Diseño experimental.*

| Rodajas<br>(Plátano Palillo)    |  |         |         | P1      |         |         |         |         |         |         |
|---------------------------------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Concentración de<br>cúrcuma (%) |  | C1      |         |         | C2      |         |         | C3      |         |         |
| Tiempo de ultrasonido<br>(min)  |  | T1      | T2      | T3      | T1      | T2      | T3      | T1      | T2      | T3      |
| Tratamientos                    |  | Tr<br>1 | Tr<br>2 | Tr<br>3 | Tr<br>4 | Tr<br>5 | Tr<br>6 | Tr<br>7 | Tr<br>8 | Tr<br>9 |
| Fritura                         |  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
| Análisis de Textura             |  |         |         |         |         |         |         |         |         |         |

*Nota.* En la tabla se describe el diseño experimental utilizado.

**Dónde: P1** = Hojuelas de plátano palillo

**C1** = Concentración de cúrcuma 2%

**T1** = Tiempo de Ultrasonido 2 min

**C2** = Concentración de cúrcuma 4%

**T2** = Tiempo de Ultrasonido 4 min

**C3** = Concentración de cúrcuma 6%

**T3** = Tiempo de Ultrasonido 6 min

La tabla siguiente presenta las combinaciones de tratamientos que consisten en 9 tratamientos por réplica. El diseño sugiere la realización de 3 réplicas, lo que suma un total de 27 pruebas.

**Tabla 4**

*Tratamientos en estudio*

| Tratamientos | Códigos | Descripción |
|--------------|---------|-------------|
| Tr1          | C1T1    | 2% y 2 min  |
| Tr2          | C1T2    | 2% y 4 min  |
| Tr3          | C1T3    | 2% y 6 min  |
| Tr4          | C2T1    | 4% y 2 min  |
| Tr5          | C2T2    | 4% y 4 min  |
| Tr6          | C2T3    | 4% y 6 min  |
| Tr7          | C3T1    | 6% y 2 min  |
| Tr8          | C3T2    | 6% y 4 min  |
| Tr9          | C3T3    | 6% y 6 min  |

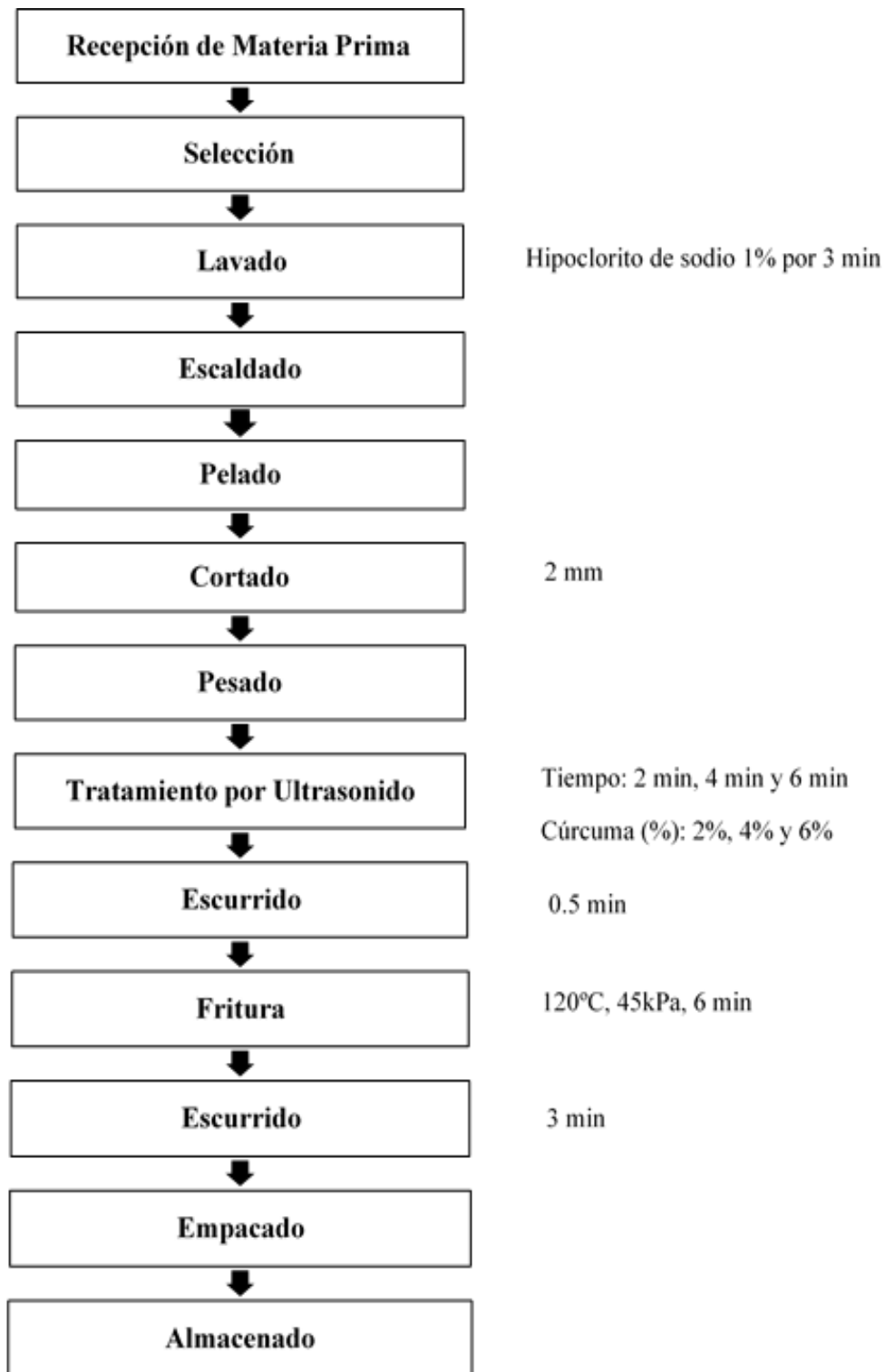
*Nota.* En la tabla se describe los tratamientos a utilizar según el diseño experimental.

### **3.3.3. Procedimientos**

Proceso de elaboración de snack de plátano palillo freído al vacío. En el siguiente diagrama de flujo se detalla el proceso para realizar para el análisis de las características texturales de snack de plátano palillo fritos al vacío.

**Figura 3**

*Flujograma del proceso de elaboración de snack de plátano palillo por fritura al vacío.*



*Nota.* En el esquema se describe el proceso para la elaboración de snack de plátano palillo mediante fritura al vacío, Adaptado de (Santillan Sierra, 2022)

### **3.3.4. Descripción del procedimiento**

**Recepción de la materia prima.** Se obtuvieron plátanos de la variedad "palillo" en estado de madurez fisiológica y en excelentes condiciones para su procesamiento. Estos fueron adquiridos en el mercado central de La Coipa, localidad situada en la Provincia de San Ignacio.

**Selección.** Se seleccionaron plátanos con una madurez fisiológica óptima, caracterizados por una piel predominantemente verde con un ligero tinte amarillo al menos de un cuarto de su superficie. Se rechazaron aquellos frutos que muestren signos de daño físico, como golpes o roturas, o evidencia de crecimiento fúngico, asegurando así que solo los plátanos de la mejor calidad fueron utilizados en el estudio.

**Lavado.** Para asegurar la higiene, los plátanos se sometieron a un proceso de limpieza en dos etapas. Primero, se lavaron con agua potable para eliminar cualquier residuo superficial. Luego, para una desinfección más profunda, se sumergieron en una solución al 1% de hipoclorito de sodio por tres minutos. Finalmente, se enjuagaron dos veces con abundante agua para eliminar cualquier traza del desinfectante.

**Escaldado.** En esta etapa del proceso, luego de la desinfección de los plátanos, se sumergieron en una olla con agua a 90 °C por espacio de 1 minuto esto por dos razones muy importantes para inactivar las enzimas que causan el pardeamiento y facilitar el pelado y de esta manera no malograr la pulpa del plátano palillo. (ver Anexo, Figura 11).

**Pelado.** Se realizó un corte manual en los extremos y dos longitudinales sobre la cáscara, procurando no dañar la pulpa. La cáscara se retiró manualmente con la ayuda de un cuchillo de acero inoxidable (ver Anexo, Figura 12).

**Cortado.** Una vez pelados los plátanos, se procedió a cortarlos en finas láminas. Utilizando una cortadora de mandolina fabricada en acero inoxidable, se obtuvieron hojuelas uniformes con un grosor preciso de 2 milímetros. Este método asegura una consistencia en el tamaño de las hojuelas, factor importante para la calidad y uniformidad del producto final. (ver Anexo, Figura 13).

**Pesado.** Para cada una de las réplicas del experimento, se utilizó una muestra estandarizada de 100 gramos de las hojuelas de plátano palillo previamente preparadas. Este proceso de pesaje preciso aseguró la uniformidad en la cantidad de materia prima utilizada en cada tratamiento, permitiendo comparaciones más confiables entre las distintas condiciones experimentales. (ver Anexo, Figura 14).

**Pre tratamiento por Ultrasonido.** Se elaboraron tres soluciones de cúrcuma con concentraciones de 2%, 4% y 6%, utilizando agua caliente como solvente. Estas soluciones se dejaron enfriar hasta alcanzar la temperatura ambiente, aproximadamente 25°C. Luego, las hojuelas de plátano palillo se sumergieron en estas soluciones y se sometieron a tratamiento de ultrasonido. La duración de este tratamiento varió según el diseño experimental, aplicándose por 2, 4 o 6 minutos, dependiendo del tratamiento específico (ver Anexo, Figura 15).

**Ecurrido.** Tras el tratamiento con ultrasonido, las hojuelas de plátano se extrajeron de la solución de cúrcuma. Para reducir el exceso de humedad, crucial para el proceso de fritura

subsiguiente, las hojuelas se colocan sobre papel absorbente durante medio minuto. Este breve periodo de drenaje ayudó a optimizar la textura final del producto al minimizar la retención de aceite durante la fritura.

**Fritura** Las hojuelas pretratadas se frieron en un equipo personalizado, adaptado de una autoclave. Este sistema de fritura al vacío incluye elementos clave como una resistencia calefactora, un termostato para controlar la temperatura, un vacuómetro para la presión, un condensador de vapores y una bomba de vacío. La fritura se realizó en aceite vegetal puro a 120°C y 45 kPa durante 6 minutos, optimizando así la calidad del producto final. (ver Anexo, Figura 16).

**Escurrido.** Tras la fritura, los snacks de plátano se transfirieron a una canastilla de acero inoxidable, donde se dejaron escurrir por unos tres minutos. Este paso inicial permitió que gran parte del aceite excedente se drenara. A continuación, para eliminar aún más el aceite residual, los snacks se dispusieron sobre papel absorbente por 15 minutos, hasta que alcanzaron la temperatura ambiente, asegurando una textura óptima y reduciendo el contenido final de aceite (ver Anexo, Figura 17).

**Empacado.** Una vez enfriados y con el aceite excedente eliminado, los snacks de plátano palillo se envasaron en bolsas de polietileno dotadas de un cierre hermético. Este método de empaque fue elegido para proteger los snacks de la humedad y el aire, factores que podrían comprometer su calidad y vida útil, asegurando así que el producto mantenga su frescura y textura hasta el momento de su consumo (ver Anexo, Figura 18).

**Almacenamiento.** Los snacks de plátano palillo, elaborados mediante fritura al vacío, se conservaron en condiciones ambientales controladas. Se elige un espacio fresco y seco, protegido de la luz directa. Estas condiciones de almacenamiento fueron seleccionadas para minimizar cambios indeseables en la textura, sabor y apariencia del producto, evitando problemas como la absorción de humedad o la oxidación acelerada, lo que contribuye a preservar la calidad y extender la vida útil de los snacks.

### 3.4. Evaluaciones

**Análisis de Textura.** La textura de los snacks de plátano se evaluó con un Texturómetro BROOKFIELD CT3 y el software TEXTURE PRO-V2. Este sistema midió la dureza, fracturabilidad y cohesividad, proporcionando datos cuantitativos sobre cómo los diferentes tratamientos afectan la experiencia sensorial del producto.

Para evaluar la textura, cada muestra de snack se colocó uniformemente en el Texturómetro BROOKFIELD CT3. El software TEXTURE PRO-V2 se configuró para realizar un Análisis de Perfil de Textura (TPA), con una velocidad de compresión de 1,70 mm/sy una profundidad máxima de 1 mm. Estos parámetros se ajustaron específicamente a las características del snack para obtener mediciones precisas de dureza, fracturabilidad y cohesividad.

El Texturómetro comprimió el snack, registrando la fuerza aplicada en función de la distancia. El software generó una curva que visualiza esta relación, permitiendo calcular la dureza, fracturabilidad y cohesividad. Estos datos se analizaron en InfoStat mediante ANOVA y prueba de Tukey (confianza del 95%) para identificar diferencias significativas entre tratamientos, proporcionando así una comprensión estadística de cómo las variables experimentales afectan las propiedades texturales del snack.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Análisis para la dureza

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para la dureza (N) del snack revela que la interacción entre los factores Concentración (C) y Tiempo (T), no es significativa dado que el valor de significación ( $p$ -valor = 0.1109) es mayor al 0.05. Esto indica que, el efecto de la concentración de cúrcuma sobre la dureza no depende significativamente del tiempo de pretratamiento, y viceversa, es decir, que la dureza del snack no se debe a la asociación de la concentración de cúrcuma y al tiempo de pretratamiento.

Pasando a los efectos principales, se observa que el factor Tiempo (T) tiene un  $p$ -valor menor a 0.0001, lo cual menor al 0.05. Esto indica que el tiempo de pretratamiento con ultrasonido tiene un efecto significativo sobre la dureza (N) del snack. Las diferencias en el tiempo de pretratamiento resultan en cambios significativos en la dureza del producto final.

En cuanto a la Concentración de cúrcuma (C), se observa un  $p$ -valor de 0.0193, el cual es menor que 0.05. Esto indica que la concentración de cúrcuma también tiene un efecto significativo sobre la dureza del snack, aunque no tan pronunciado como el efecto del tiempo de pretratamiento.

El análisis revela que tanto el tiempo de pretratamiento con ultrasonido como la concentración de cúrcuma afectan significativamente la dureza del snack de plátano frito al vacío. Sin embargo, no se encontró una interacción significativa entre estos dos factores.

El coeficiente de variación fue de 2.09 %, el cual indica que hubo poca variabilidad en las mediciones de la dureza entre las diferentes muestras de snack analizadas por tratamiento. Además, denota que el diseño utilizado para medir la dureza fue adecuado.

El análisis de los resultados de la Prueba de Tukey para la dureza del snack de plátano, en función del tiempo de pretratamiento con ultrasonido, revela que el tiempo de pretratamiento de 6 minutos resultó en la mayor dureza del snack, con un valor promedio de 12.22N. Este resultado se distingue significativamente de los otros dos tiempos de pretratamiento, como lo indica su clasificación única en el grupo A. El tiempo de pretratamiento intermedio de 4 minutos produjo snacks con una dureza promedio de 11.62 N. Este valor es significativamente menor que el obtenido con 6 minutos de pretratamiento, pero significativamente mayor que el obtenido con 2 minutos, como lo demuestra su clasificación en el grupo B. Finalmente, el tiempo de pretratamiento más corto de 2 minutos resultó en snacks con la menor dureza, con un valor promedio de 10.23 N. Este resultado es significativamente inferior a los obtenidos con los otros dos tiempos de pretratamiento, como lo indica su clasificación única en el grupo C.

El análisis de los resultados de la Prueba de Tukey para la dureza del snack de plátano, en relación con la concentración de cúrcuma utilizada en el pretratamiento, revela que la concentración más alta de cúrcuma, correspondiente al 6 %, resultó en snacks con la mayor dureza promedio, alcanzando un valor de 11.56 N. Este resultado se distingue significativamente de las otras dos concentraciones estudiadas, como lo indica su clasificación única en el grupo A. Las concentraciones de cúrcuma del 4 % y 2 % produjeron snacks con durezas promedio de 11.27 y 11.24 unidades, respectivamente. Estos valores no difieren significativamente entre sí, como lo demuestra su clasificación común en el grupo B. Sin embargo, ambos son significativamente menores que la dureza obtenida con la concentración del 6 %.

**Tabla 5**

*Análisis de varianza para la dureza del snack de plátano palillo.*

| <b>Fuentes de variación</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Cuadrado medio</b> | <b>F Calculado</b> | <b>p-valor</b> |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|
| Concentración (C)           | 0.5599                   | 2                         | 0.2799                | 4.9537             | 0.0193         |
| Tiempo (T)                  | 18.7102                  | 2                         | 9.3551                | 165.5441           | <0.0001        |
| C*T                         | 0.4956                   | 4                         | 0.1239                | 2.1926             | 0.1109         |
| Error                       | 1.0172                   | 18                        | 0.0565                |                    |                |
| Total                       | 20.7829                  | 26                        |                       |                    |                |

**CV = 2.09%**

*Nota.* Tabla ANOVA para ver las diferencias estadísticas para el parámetro dureza del snack de plátano palillo.

**Tabla 6**

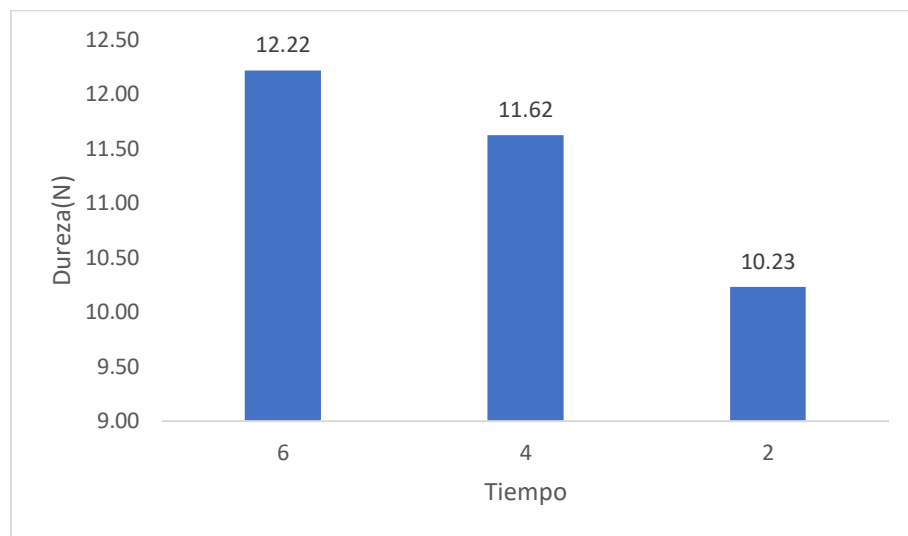
*Prueba de Tukey para la dureza del snack de plátano palillo por efecto del tiempo de pretratamiento.*

| <b>Tiempo (m)</b> | <b>Dureza</b> | <b>Agrupación</b> |
|-------------------|---------------|-------------------|
| 6                 | 12.22         | A                 |
| 4                 | 11.62         | B                 |
| 2                 | 10.23         | C                 |

*Nota.* La tabla indica las diferencias entre las medias del nivel del factor tiempo para el parámetro dureza del snack de plátano palillo.

**Figura 4**

*Dureza del snack de plátano palillo por efecto del tiempo de pretratamiento.*



*Nota.* La imagen muestra la dureza de acuerdo al tiempo de pretratamiento para el snack de plátano palillo.

**Tabla 7**

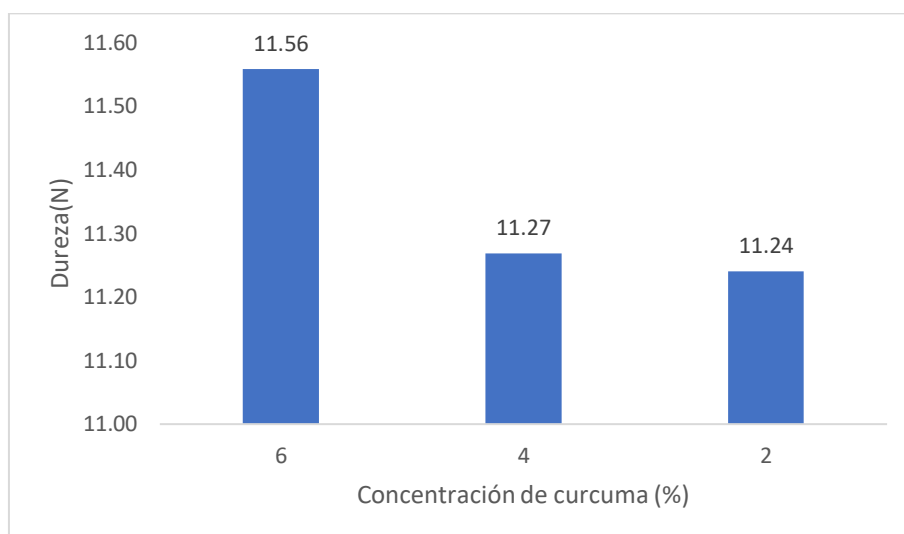
*Prueba de Tukey para la dureza del snack de plátano palillo por efecto de la concentración de cúrcuma.*

| Concentración (%) | Dureza | Agrupación |
|-------------------|--------|------------|
| 6                 | 11.56  | A          |
| 4                 | 11.27  | B          |
| 2                 | 11.24  | B          |

*Nota.* La tabla indica las diferencias entre las medias del nivel del factor concentración de cúrcuma para el parámetro dureza del snack de plátano palillo.

**Figura 5**

*Dureza del snack de plátano palillo por efecto de la concentración de cúrcuma.*



*Nota.* La imagen muestra la dureza de acuerdo a la concentración de cúrcuma para el snack de plátano palillo

En primer lugar, es notable que tanto el tiempo de pretratamiento como la concentración de cúrcuma tienen efectos significativos sobre la dureza del snack, aunque no se observó una interacción significativa entre estos factores. Esto sugiere que ambas variables influyen de manera independiente en la textura final del producto. Este hallazgo es consistente con los estudios de Robles y Ochoa (2012), quienes destacaron la capacidad del ultrasonido para modificar la estructura de los alimentos y mejorar su textura.

El tiempo de pretratamiento con ultrasonido mostró tener un impacto particularmente fuerte en la dureza del snack. Se observó una relación directa entre el tiempo de exposición al ultrasonido y la dureza resultante. Los snacks pretratados durante 6 minutos resultaron significativamente más duros que aquellos tratados por 4 minutos, que a su vez fueron más duros que los tratados por 2 minutos. Este fenómeno podría explicarse por los efectos del

ultrasonido en la estructura celular del plátano, como lo sugieren Campo et al. (2018). Es posible que una exposición más prolongada al ultrasonido cause una mayor ruptura de las paredes celulares, lo que podría resultar en una textura más compacta y, por ende, más dura después de la fritura al vacío.

En cuanto a la concentración de cúrcuma, también se observó un efecto significativo en la dureza del snack, aunque menos pronunciado que el del tiempo de pretratamiento. Los snacks tratados con una concentración del 6% de cúrcuma resultaron significativamente más duros que aquellos tratados con 4% o 2%, entre los cuales no se observaron diferencias significativas. Este hallazgo sugiere que la cúrcuma, en concentraciones más altas, podría estar interactuando con los componentes del plátano de una manera que aumenta la dureza del producto final. Esto podría deberse a las propiedades de la curcumina, el compuesto activo principal de la cúrcuma, que podría estar formando enlaces o interacciones con las moléculas del plátano, alterando así su estructura y, consecuentemente, su textura. Estos resultados están en línea con los estudios de Mora (2020), quien destacó la capacidad de la cúrcuma para mejorar las características organolépticas de los snacks.

Es importante notar que el coeficiente de variación (CV) fue de 2.09%, lo que indica una baja variabilidad en las mediciones de dureza entre las muestras. Esto sugiere que el método utilizado para medir la dureza fue consistente y confiable, lo cual es crucial para la validez de los resultados, como lo señalan Mostacilla y Ordoñez (2019) en su discusión sobre la importancia de la textura en los snacks.

Estos resultados tienen implicaciones importantes para la producción de snacks de plátano. Dependiendo de la textura deseada en el producto final, se pueden ajustar tanto el tiempo de pretratamiento con ultrasonido como la concentración de cúrcuma. Si se busca un snack más duro, se podría optar por un tiempo de pretratamiento más largo y una mayor

concentración de cúrcuma. Por otro lado, si se prefiere un snack menos duro, se podría reducir el tiempo de pretratamiento y la concentración de cúrcuma. Esta flexibilidad en el proceso de producción es valiosa en la industria alimentaria, como lo señala García (2023) en su discusión sobre las oportunidades en el mercado de snacks saludables.

Sin embargo, es importante considerar que la dureza no es el único factor que determina la calidad de un snack. Como sugiere De la Torre (2021), la textura ideal de un snack puede variar dependiendo de las preferencias del consumidor. Futuros estudios podrían explorar cómo estos factores afectan otras características sensoriales como el sabor, el color y la crujencia, así como aspectos nutricionales y de vida útil del producto. Además, sería interesante investigar si existen interacciones entre estos factores y otras variables del proceso, como la temperatura de fritura o el tiempo de fritura al vacío, aspectos que Rodríguez (2023) señala como cruciales en la optimización del proceso de fritura al vacío.

#### **4.2. Análisis para la Fracturabilidad**

El análisis de varianza realizado para la fracturabilidad del snack muestra que, la interacción entre los factores Concentración (C) y Tiempo (T) es significativo, dado que el valor de significación ( $p\text{-valor} = 0.0001$ ) es menor al 0.05, lo cual indica que existe una interacción significativa entre la concentración de cúrcuma y el tiempo de pretratamiento con ultrasonido en relación con la fracturabilidad del snack. En otras palabras, el efecto de la concentración de cúrcuma sobre la fracturabilidad depende significativamente del tiempo de pretratamiento, y viceversa. Esta interacción indica que la combinación de estos factores influye de manera significativa en la fracturabilidad del producto final.

Pasando a los efectos principales, se observa que tanto el factor Concentración (C) como el factor Tiempo (T) tienen p-valores menores al 0.05, lo cual es significativo para ambos. Esto indica que tanto la concentración de cúrcuma como el tiempo de pretratamiento con ultrasonido tienen efectos estadísticamente significativos sobre la fracturabilidad del snack, independientemente uno del otro.

El coeficiente de variación fue de 1.47 %, el cual indica que hubo poca variabilidad en las mediciones de la Fracturabilidad entre las diferentes muestras de snack analizadas por tratamiento. Además, denota que el diseño utilizado para medir la Fracturabilidad fue adecuado.

El análisis de los resultados de la Prueba de Tukey para la fracturabilidad del snack de plátano, considerando la interacción entre la concentración de cúrcuma y el tiempo de pretratamiento con ultrasonido, muestra que la combinación de la concentración más alta de cúrcuma (6%) y el mayor tiempo de pretratamiento (6 minutos) resultó en la fracturabilidad más elevada, con un valor de 12.51 N, significativamente diferente de la mayoría de las otras combinaciones como lo indica su clasificación única en el grupo A.

Las combinaciones de 2 % de cúrcuma con 6 minutos de pretratamiento, así como 4 % y 6 % de cúrcuma con 6 y 4 minutos de pretratamiento, produjeron snacks con fracturabilidades similares, oscilando entre 11.73 N y 12.07 N, como lo demuestra su clasificación en los grupos AB y B. Esto sugiere que, para tiempos de pretratamiento más largos, la concentración de cúrcuma tiene un efecto menos pronunciado en la fracturabilidad.

Se observa una disminución significativa en la fracturabilidad cuando se reduce el tiempo de pretratamiento a 4 minutos con una concentración de cúrcuma del 2 % (10.63 N, grupo C), indicando la importancia del tiempo de pretratamiento en esta característica.

Para el tiempo de pretratamiento más corto (2 minutos), se evidencia una clara tendencia donde la fracturabilidad disminuye a medida que se reduce la concentración de cúrcuma. Los valores van desde 10.33 N para 6 % de cúrcuma (grupo CD), pasando por 10.03 N para 4 % de cúrcuma (grupo D), hasta el valor más bajo de 7.13 N para 2 % de cúrcuma (grupo E).

Estos resultados indican que tanto la concentración de cúrcuma como el tiempo de pretratamiento con ultrasonido influyen significativamente en la fracturabilidad del snack de plátano frito al vacío. Se observa una interacción compleja donde el efecto de la concentración de cúrcuma es más pronunciado a tiempos de pretratamiento más cortos.

**Tabla 8**

*Análisis de varianza para la fracturabilidad del snack de plátano palillo.*

| Fuentes de variación | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Cuadrado medio | F Calculado | p-valor |
|----------------------|-------------------|--------------------|----------------|-------------|---------|
| Concentración (C)    | 13.3341           | 2                  | 6.667          | 257.1567    | <0.0001 |
| Tiempo (T)           | 44.6146           | 2                  | 22.3073        | 860.425     | <0.0001 |
| C*T                  | 8.4841            | 4                  | 2.121          | 81.811      | <0.0001 |
| Error                | 0.4667            | 18                 | 0.0259         |             |         |
| Total                | 66.8995           | 26                 |                |             |         |
| <b>CV = 1.47%</b>    |                   |                    |                |             |         |

*Nota.* Tabla ANOVA para ver las diferencias estadísticas para el parámetro fracturabilidad del snack de plátano palillo

**Tabla 9**

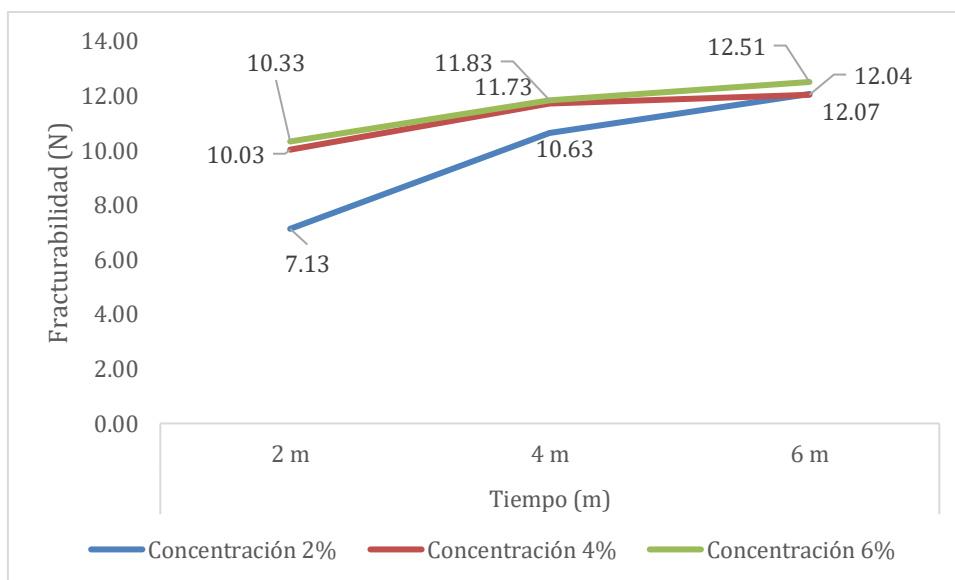
*Prueba de Tukey para la fracturabilidad del snack de plátano palillo por efecto de la interacción de la concentración de cúrcuma y del tiempo de pretratamiento*

| <b>Concentración (%)</b> | <b>Tiempo (minutos)</b> | <b>Fracturabilidad (N)</b> | <b>Agrupación</b> |
|--------------------------|-------------------------|----------------------------|-------------------|
| 6                        | 6                       | 12.51                      | A                 |
| 2                        | 6                       | 12.07                      | AB                |
| 4                        | 6                       | 12.04                      | B                 |
| 6                        | 4                       | 11.83                      | B                 |
| 4                        | 4                       | 11.73                      | B                 |
| 2                        | 4                       | 10.63                      | C                 |
| 6                        | 2                       | 10.33                      | CD                |
| 4                        | 2                       | 10.03                      | D                 |
| 2                        | 2                       | 7.13                       | E                 |

Nota. La tabla indica las diferencias entre las medias de los niveles de los factores concentración de cúrcuma y tiempo para el parámetro fracturabilidad del snack de plátano palillo.

**Figura 6**

*Fracturabilidad del snack de plátano palillo por efecto de la interacción de la concentración de cúrcuma y del tiempo de pretratamiento.*



*Nota.* La imagen muestra la interacción de la concentración de cúrcuma y el tiempo de pretratamiento para el parametro fracturabilidad del snack de plátano palillo.

La Figura 6 muestra los resultados de la Fracturabilidad del snack de plátano en función de la concentración de cúrcuma y el tiempo de pretratamiento con ultrasonido. En primer lugar, se aprecia una clara tendencia al aumento de la fracturabilidad a medida que se incrementa el tiempo de pretratamiento, independientemente de la concentración de cúrcuma. Este patrón es especialmente pronunciado para la concentración más baja de cúrcuma (2%), donde la fracturabilidad aumenta de 7.13 a 12.07 al pasar de 2 a 6 minutos de pretratamiento. Con respecto a la concentración de cúrcuma, se observa que su efecto es más notable a tiempos de pretratamiento más cortos. A 2 minutos de pretratamiento, la fracturabilidad aumenta significativamente de 7.13 a 10.33 al incrementar la concentración de cúrcuma de 2% a 6%. Sin embargo, esta diferencia se reduce a tiempos de pretratamiento más largos.

Para el tiempo de pretratamiento más largo (6 minutos), las diferencias en fracturabilidad entre las distintas concentraciones de cúrcuma son relativamente pequeñas, variando de 12.07 a 12.51. Esto sugiere que, a tiempos de pretratamiento más prolongados, el efecto de la concentración de cúrcuma se vuelve menos pronunciado. Se observa también una interacción interesante entre la concentración de cúrcuma y el tiempo de pretratamiento. Mientras que para la concentración del 2 % de cúrcuma, la fracturabilidad aumenta considerablemente con cada incremento en el tiempo de pretratamiento, para las concentraciones del 4 % y 6 %, el aumento es más pronunciado entre 2 y 4 minutos, y menos notable entre 4 y 6 minutos.

Es notable que existe una interacción significativa entre la concentración de cúrcuma y el tiempo de pretratamiento con ultrasonido en relación con la fracturabilidad del snack. Esto sugiere que ambos factores no solo influyen de manera independiente, sino que también interactúan de manera compleja para determinar la fracturabilidad final del producto. Este hallazgo está en línea con lo mencionado por Robles y Ochoa (2012), quienes destacaron la versatilidad y efectividad del ultrasonido en la industria alimentaria para mejorar la textura de los alimentos.

El tiempo de pretratamiento con ultrasonido mostró tener un impacto particularmente fuerte en la fracturabilidad del snack. Se observó una relación directa entre el tiempo de exposición al ultrasonido y la fracturabilidad resultante, con los valores más altos obtenidos con 6 minutos de pretratamiento. Este fenómeno podría explicarse por los efectos del ultrasonido en la estructura celular del plátano, como lo sugieren Campo et al. (2018). Es posible que una exposición más prolongada al ultrasonido cause una mayor modificación de la estructura celular, lo que podría resultar en una textura más frágil y, por ende, más fracturable después de la fritura al vacío.

En cuanto a la concentración de cúrcuma, también se observó un efecto significativo en la fracturabilidad del snack, aunque su influencia parece ser más pronunciada a tiempos de pretratamiento más cortos. Esto podría estar relacionado con las propiedades de la curcumina, el compuesto activo principal de la cúrcuma, que podría estar interactuando con los componentes del plátano de una manera que afecta su estructura y, consecuentemente, su fracturabilidad. Estos resultados concuerdan con los estudios de Mora (2020), quien destacó la capacidad de la cúrcuma para mejorar las características organolépticas de los snacks.

Es interesante notar que la combinación de la concentración más alta de cúrcuma (6%) y el mayor tiempo de pretratamiento (6 minutos) resultó en la fracturabilidad más elevada. Esto sugiere que tanto la cúrcuma como el ultrasonido contribuyen a aumentar la fracturabilidad del snack, posiblemente a través de diferentes mecanismos que se potencian mutuamente.

El coeficiente de variación (CV) fue de 1.47%, lo que indica una baja variabilidad en las mediciones de fracturabilidad entre las muestras. Esto sugiere que el método utilizado para medir la fracturabilidad fue consistente y confiable, lo cual es crucial para la validez de los resultados, como lo señalan Mostacilla y Ordoñez (2019) en su discusión sobre la importancia de la textura en los snacks.

Estos resultados tienen implicaciones importantes para la producción de snacks de plátano. Dependiendo de la fracturabilidad deseada en el producto final, se pueden ajustar tanto el tiempo de pretratamiento con ultrasonido como la concentración de cúrcuma. Si se busca un snack más fracturable, se podría optar por un tiempo de pretratamiento más largo y una mayor concentración de cúrcuma. Por otro lado, si se prefiere un snack menos fracturable, se podría reducir el tiempo de pretratamiento y la concentración de cúrcuma. Esta flexibilidad en el

proceso de producción es valiosa en la industria alimentaria, como lo señala García (2023) en su discusión sobre las oportunidades en el mercado de snacks saludables.

Sin embargo, es importante considerar que la fracturabilidad no es el único factor que determina la calidad de un snack. Como sugiere De la Torre (2021), la textura ideal de un snack puede variar dependiendo de las preferencias del consumidor. Futuros estudios podrían explorar cómo estos factores afectan otras características sensoriales como el sabor, el color y la dureza, así como aspectos nutricionales y de vida útil del producto.

#### **4.3. Análisis para la cohesividad**

El análisis de varianza realizado para la Cohesividad del snack de plátano revela que la interacción entre los factores Concentración (C) y Tiempo (T) no es significativo, dado que el valor de significación ( $p$ -valor = 0.999) es mayor a 0.05, lo cual indica que no existe una interacción estadísticamente significativa entre la concentración de cúrcuma y el tiempo de pretratamiento con ultrasonido en relación con la cohesividad del snack. En otras palabras, el efecto del tiempo de pretratamiento sobre la cohesividad no depende de la concentración de cúrcuma utilizada, y viceversa.

Pasando a los efectos principales, se observa que el factor Tiempo (T) tiene un valor de significación ( $p$ -valor = 0.0001) menor al 0.05. Esto indica que el tiempo de pretratamiento con ultrasonido tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la cohesividad del snack. Las diferencias en el tiempo de pretratamiento resultan en cambios significativos en la cohesividad del producto final.

En cuanto al factor Concentración (C), se observa un valor de significación (p-valor = 0.999) mayor al 0.05, el cual es considerablemente mayor que 0.05. Esto indica que la concentración de cúrcuma no tiene un efecto estadísticamente significativo sobre la cohesividad del snack. Las variaciones en la concentración de cúrcuma no influyen de manera significativa en esta característica textural del producto.

El coeficiente de variación fue de 3.33 %, el cual indica que hubo poca variabilidad en las mediciones de la Cohesividad entre las diferentes muestras de snack analizadas por tratamiento. Además, denota que el diseño utilizado para medir la Cohesividad fue adecuado.

La Prueba de Tukey para la Cohesividad del snack de plátano (Tabla 11 y Figura 6), en función del tiempo de pretratamiento con ultrasonido, revela diferencias significativas entre los tres tiempos evaluados. El tiempo de pretratamiento de 6 minutos resultó en la mayor cohesividad del snack, con un valor promedio de 0.1933. Este resultado se distingue significativamente de los otros dos tiempos de pretratamiento, como lo indica su clasificación única en el grupo A.

El tiempo de pretratamiento intermedio de 4 minutos produjo snacks con una cohesividad promedio de 0.1733. Este valor es significativamente menor que el obtenido con 6 minutos de pretratamiento, pero significativamente mayor que el obtenido con 2 minutos, como lo demuestra su clasificación en el grupo B.

Finalmente, el tiempo de pretratamiento más corto de 2 minutos resultó en snacks con la menor cohesividad, con un valor promedio de 0.1533. Este resultado es significativamente inferior a los obtenidos con los otros dos tiempos de pretratamiento, como lo indica su clasificación única en el grupo C.

**Tabla 10**

*Análisis de varianza para la cohesividad del snack de plátano palillo*

| <b>Fuentes de variación</b> | <b>Suma de cuadrados</b> | <b>Grados de libertad</b> | <b>Cuadrado medio</b> | <b>F Calculado</b> | <b>p-valor</b> |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|--------------------|----------------|
| Concentración (C)           | 0                        | 2                         | 0                     | 0                  | >0.9999        |
| Tiempo (T)                  | 0.0072                   | 2                         | 0.0036                | 108                | <0.0001        |
| C*T                         | 0                        | 4                         | 0                     | 0                  | >0.9999        |
| Error                       | 0.0006                   | 18                        | 0.000033              |                    |                |
| Total                       | 0.0078                   | 26                        |                       |                    |                |

**CV =3.33%**

*Nota.* Tabla ANOVA para ver las diferencias estadísticas para el parámetro cohesividad del snack de plátano palillo.

**Tabla 11**

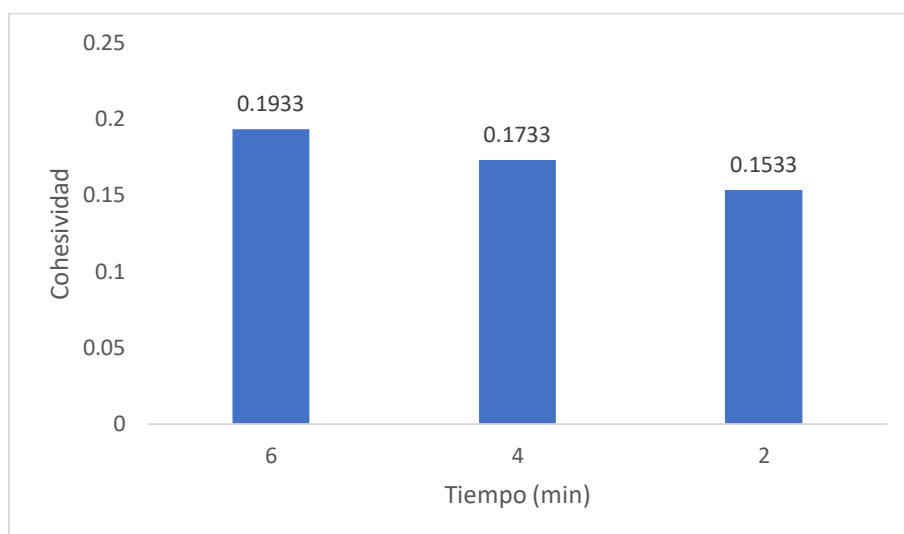
*Prueba de Tukey para la cohesividad del snack de plátano por efecto del tiempo de pretratamiento.*

| <b>Tiempo (min)</b> | <b>Cohesividad</b> | <b>Agrupación</b> |
|---------------------|--------------------|-------------------|
| 6                   | 0.1933             | A                 |
| 4                   | 0.1733             | B                 |
| 2                   | 0.1533             | C                 |

*Nota.* La tabla indica las diferencias entre las medias del nivel del factor tiempo para el parámetro cohesividad del snack de plátano palillo.

**Figura 7**

*Cohesividad del snack de plátano palillo por efecto del tiempo de pretratamiento.*



*Nota.* La imagen muestra la cohesividad de acuerdo al tiempo de pretratamiento para el snack de plátano palillo.

La Tabla 12 y Figura 7 muestra la cohesividad del snack de plátano en función de la concentración de cúrcuma. Para las tres concentraciones de cúrcuma evaluadas (2 %, 4% y 6 %), el valor de cohesividad permanece constante en 0.1733. La ausencia de variación en la cohesividad entre las distintas concentraciones de cúrcuma indica que este factor no tiene un efecto significativo sobre esta propiedad textural del snack de plátano frito al vacío. En otras palabras, el aumento o disminución de la concentración de cúrcuma en el rango estudiado no parece influir en la capacidad del snack para mantener su integridad estructural o en la fuerza de las uniones internas entre las partículas que lo componen.

**Tabla 12**

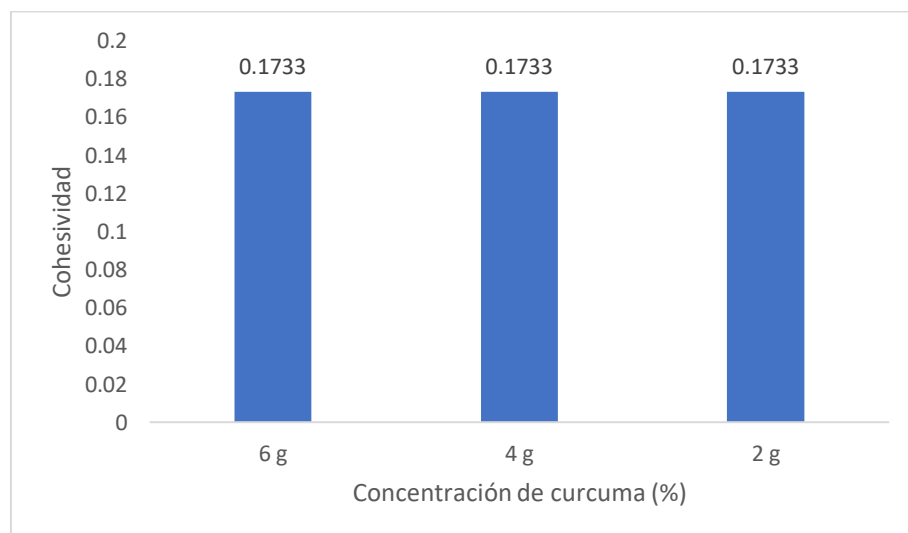
*Cohesividad del snack de plátano palillo por efecto de la concentración de cúrcuma.*

| Concentración (%) | Cohesividad | Agrupación |
|-------------------|-------------|------------|
| 6                 | 0.1733      |            |
| 4                 | 0.1733      |            |
| 2                 | 0.1733      |            |

*Nota.* La tabla indica las diferencias entre las medias del nivel del factor concentración de cúrcuma para el parámetro cohesividad del snack de plátano palillo.

**Figura 8**

*Cohesividad del snack de platano palillo por efecto de la concentración de cúrcuma.*



*Nota.* La imagen muestra la cohesividad de acuerdo a la concentración de cúrcuma para el snack de plátano palillo

Los resultados del análisis de cohesividad en snacks de plátano frito al vacío revelan hallazgos significativos sobre los efectos del pretratamiento con ultrasonido y la adición de cúrcuma. Según el estudio, el tiempo de exposición al ultrasonido desempeña un papel crucial en la cohesividad del producto final, mientras que la concentración de cúrcuma no parece influir significativamente en esta propiedad textural.

El análisis estadístico indica que no existe una interacción significativa entre el tiempo de pretratamiento con ultrasonido y la concentración de cúrcuma. Esto sugiere, como señalan Robles y Ochoa (2012), que ambos factores actúan de manera independiente en su influencia sobre la cohesividad del snack.

El tiempo de pretratamiento con ultrasonido emerge como un factor determinante en la cohesividad del snack. Se observa una relación directa entre la duración del tratamiento y el grado de cohesividad, lo cual concuerda con los hallazgos de Campo et al. (2018) sobre los efectos del ultrasonido en la estructura de los alimentos. Los snacks sometidos a un pretratamiento de 6 minutos mostraron la mayor cohesividad, seguidos por aquellos tratados durante 4 minutos, mientras que los expuestos por solo 2 minutos presentaron la menor cohesividad. Estas diferencias son estadísticamente significativas, lo que subraya la importancia del tiempo de pretratamiento en la textura final del producto.

Por otro lado, la concentración de cúrcuma, sorprendentemente, no mostró un efecto significativo en la cohesividad del snack. Este resultado contrasta con los estudios de Mora (2020), quien sugirió que la cúrcuma podría afectar las propiedades texturales de los alimentos. Los valores de cohesividad permanecieron constantes en 0.1733 para todas las concentraciones de cúrcuma estudiadas (2%, 4% y 6%). Este resultado sugiere que la adición de cúrcuma, al

menos en las concentraciones evaluadas, no altera la estructura interna del snack de manera que afecte su cohesividad.

La baja variabilidad en las mediciones, evidenciada por un coeficiente de variación del 3.33%, respalda la confiabilidad de los resultados obtenidos y sugiere que el método de medición utilizado fue adecuado y preciso, en línea con las recomendaciones de Ramírez (2012) para el análisis de perfil de textura.

Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para la producción de snacks de plátano. Como sugiere Bastidas (2022) el control del tiempo de pretratamiento con ultrasonido puede ser una herramienta efectiva para manipular la cohesividad del producto final, permitiendo ajustar esta característica textural según las preferencias del consumidor o los requerimientos del proceso de producción. Por otro lado, la falta de efecto de la concentración de cúrcuma en la cohesividad podría permitir la adición de este ingrediente por sus propiedades organolépticas o nutricionales sin comprometer la textura del snack, como lo propone Castaño (2023).

Sin embargo, es importante señalar que este estudio se centra específicamente en la cohesividad. Como sugiere De la Torre (2021) sería valioso investigar si la cúrcuma afecta otras propiedades texturales o sensoriales del snack, así como explorar tiempos de pretratamiento más largos para determinar si la cohesividad continúa aumentando o alcanza un punto de saturación. Además, comprender el mecanismo exacto por el cual el ultrasonido afecta la cohesividad del snack podría proporcionar insights valiosos para la optimización del proceso de producción, como lo indican Pisco (2013) y Pino (2019) en sus estudios sobre aplicaciones del ultrasonido en alimentos.

## **CAPITULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1. Conclusiones**

La concentración de cúrcuma afecta significativamente la dureza del snack, con mayor dureza en concentraciones altas (6%). Además, la cúrcuma también influye en la fracturabilidad, incrementándola más notablemente en concentraciones altas (6%) y tiempos de pretratamiento largos.

El tiempo de pretratamiento con ultrasonido impacta significativamente la dureza y fracturabilidad del snack, con un p-valor menor a 0.0001. A mayor tiempo de pretratamiento (6 minutos), la dureza y fracturabilidad aumentan notablemente.

No se encontró una interacción significativa entre la concentración de cúrcuma y el tiempo de pretratamiento en la dureza del snack (p-valor = 0.1109), sugiriendo que ambos factores influyen de manera independiente en esta característica. Sin embargo, sí hubo una interacción significativa en la fracturabilidad (p-valor = 0.0001), indicando que el efecto de la cúrcuma sobre la fracturabilidad depende del tiempo de pretratamiento y viceversa.

#### **5.2. Recomendaciones**

Para obtener snacks de plátano más duros, usar una concentración de cúrcuma del 6% y un pretratamiento de 6 minutos. Para menor dureza, optar por concentraciones de 2% o 4% y reducir el pretratamiento a 2 minutos.

Para controlar la fracturabilidad del snack, se puede aumentar la fracturabilidad aplicando un pretratamiento de 6 minutos y utilizando una concentración de cúrcuma del 6%. Para reducir la fracturabilidad, es recomendable disminuir la concentración de cúrcuma al 2% y reducir el tiempo de pretratamiento a 2 minutos.

Realizar futuros estudios para explorar cómo estos factores afectan otras características sensoriales y nutricionales del snack, como el sabor, color y valor nutricional.

Investigar la posible interacción entre la concentración de cúrcuma, el tiempo de pretratamiento y otras variables del proceso de producción, como la temperatura y tiempo de fritura al vacío, para una optimización completa del producto final.

Asimismo, se recomienda evaluar tanto la absorción de aceite como el contenido de peróxidos en snacks de plátano en otras investigaciones similares.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alba, M. (2021). *“Desarrollo de un sistema ultrasónico mediante acoplamiento por aire para control de claridad en la industria alimentaria en línea de producción y en tiempo real”*. [Tesis de Grado. Universidad Politécnica de Madrid].  
[https://oa.upm.es/69559/1/TESIS\\_MASTER\\_ALBA\\_MARTIN\\_GINEL.pdf](https://oa.upm.es/69559/1/TESIS_MASTER_ALBA_MARTIN_GINEL.pdf)
- Altez Rojas, C. Y., Castro Martínez, J. C., & Reyes Machuca, Y. A. (2020). *“Análisis del nivel de acrilamida en chifles “chips” comerciales y artesanales elaborados a partir de Musa paradisiaca var. Hartón”*. [Tesis de Grado. Universidad María Auxiliadora].  
[https://repositorio.uma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12970/284/TESIS\\_FINAL\\_mod.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.uma.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12970/284/TESIS_FINAL_mod.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
- Alvídrez, A.; Morales, B.; González, E.; y Jiménez, Z. Tendencias en la producción de alimentos: alimentos Funcionales. *RESPYN: Revista de Salud Pública y Nutrición*. Vol 3 N°3. <https://www.medigraphic.com/pdfs/revsalpubnut/spn-2002/spn023g.pdf>
- Bastidas R. J. y Toala A. H. (2022). *“Efecto de la impregnación de cúrcuma (cúrcuma longa) y jengibre (zingiber officinale) sobre el color de un snack de plátano verde (Musa paradisiaca)”*. [Tesis de Grado. Universidad Técnica Estatal de Quevedo].  
<https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/9c19f8ce-9446-4ff1-9559-130f2c31e9d6/content>
- Bourne, M. 2002. Texture profile analysis. *Food Technology*. 37(62):66-72. Texture profile analysis. *Food Technology*
- Campo, Y.; Contreras, M. E; Flórez, S. L. & Villamizar, L. (2020). *“Efecto del pretratamiento con ultrasonido en la cinética de secado convencional de banano (Musa paradisiaca)”*. [Tesis de Grado. Universidad Francisco de Paula Santander].  
<https://revistas.ufps.edu.co/index.php/respuestas/article/view/2820/3308>

- Bourne, M. 2002. Texture profile analysis. Food Technology. 37(62):66-72. Texture profile analysis. Food Technology
- Campo, Y.; Contreras, M. E; Flórez, S. L. & Villamizar, L. (2020). *"Efecto del pretratamiento con ultrasonido en la cinética de secado convencional de banano (Musa paradisiaca)"*. [Tesis de Grado. Universidad Francisco de Paula Santander]. <https://revistas.ufps.edu.co/index.php/respuestas/article/view/2820/3308>
- Campo, Y.; Gelvez, V. y Ayala, A. (2018). Ultrasonido en el procesamiento (homogenización, extracción y secado) de alimentos. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial. Vol. 16 N°1. p 102-109. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v16n1/1692-3561-bsaa-16-01-00102.pdf>
- Cárdenas, F. (2001). Estudio del Mercado de la Cadena de Plátano. [https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/604/1/estudio\\_platano%281%29.pdf](https://repositorio.midagri.gob.pe/bitstream/20.500.13036/604/1/estudio_platano%281%29.pdf)
- Castaño, D. (2023). *"Clasificación y uso tradicional de plantas medicinales por la comunidad Muinane del resguardo Villazul en Puerto Santander, Amazonia colombiana"*. [Tesis de Grado. Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/84902/1015427617.2023.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Cazar, E. (2015). *"Optimización del proceso de elaboración de snacks de piña (Ananas comosus) mediante la combinación de diferentes condiciones de pre tratamiento y fritura al vacío"*. [Tesis de Grado. Escuela Politécnica Nacional]. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10377/3/CD-6176.pdf>
- Coronel, M., (2014). Fritura al Vacío: Un enfoque nutricional. *Enfoque UTE*, 5 (3), 15-24. <https://www.redalyc.org/pdf/5722/572260844002.pdf>

- De la Torre, K. (2021). *“Evaluación sensorial y físicoquímico de tres tipos de snack (deshidratado, horneado, fritura) a base de melloco (Ullucus tuberosus)”*. [Tesis de Grado. Universidad Politécnica Estatal del Carchi]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/1327/1/041-%20DE%20LA%20TORRE%20MOLINA%20KATHERIN%20PAMELA.pdf
- Del Rosario Arellano, D. H. (2018). *“Elaboración de un sistema HACCP para la producción de chifles embolsados a base de plátano en la empresa La Hojuela”*. [Tesis de Grado. Universidad Nacional de Piura]. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1455/IND-ROS-ARE-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Delgado, J. (2012). Aplicación del ultrasonido en la industria de los alimentos. Escuela Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería, Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD, Bogotá, Colombia. Revista Especializada en Ingeniería de Procesos en Alimentos y Biomateriales. Volumen 6 – 2012. Pp 142-149. <https://oaji.net/articles/2017/5082-1501180905.pdf>
- Espinosa, M. (2021). *“Desarrollo, caracterización y evaluación de acarreadores lipídicos nanoestructurados conteniendo curcuminoides para su administración tópica”*. [Tesis de Grado. Universidad Nacional Autónoma de México]. <file:///C:/Users/USER/Downloads/0806402.pdf>
- Fellows, P. J. (2000). Food Processing Technology: Principles and Practice, Second Edition, Bagan 1-4. Food Processing Technology: Principles and Practice, Second Edition, Bagan 1-4 Woodhead Publishing in food science and technology. 608. [https://books.google.com/books/about/Food\\_Processing\\_Technology.html?hl=es&id=w6nJo2ZUi4MC](https://books.google.com/books/about/Food_Processing_Technology.html?hl=es&id=w6nJo2ZUi4MC)

- Freire, R. y Vistel, M. (2015). Caracterización fitoquímica de la *Curcuma longa* L. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Ecuador. *Revista Cubana de Química*. Vol. 27, no. 1, enero-abril, 2015, págs. 9-18. <https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543740002.pdf>
- Freire-González, R. A., & Vistel-Vigo, M. (2015). Caracterización fitoquímica de la *Cúrcuma longa* L. *Revista Cubana de Química*, 9-18. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543740002.pdf>
- García, R. (2023). *“Elaboración y comercialización de snacks de plátano para mejorar el nivel socioeconómico del cantón ventanas mediante un pago justo”*. [Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral]. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/59162/1/D-P15036.pdf>
- García, C. R. (2024). *Efecto del NaCl en el pretratamiento de snacks de plátano palillo (Musa paradisiaca L.), sometidos a fritura de vacío, evaluando características físicas*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://190.116.36.86/handle/20.500.14074/6963>
- Herrera, M. y Colonia, L. (2011). *Manejo integrado del cultivo de plátano*. [Tesis de Grado. Universidad Nacional Agraria La Molina Oficina Académica de Extensión y Proyección Social Agrobanco]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/Platano/manejo\\_integrado\\_del\\_cultivo\\_de\\_platano.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/Platano/manejo_integrado_del_cultivo_de_platano.pdf)
- Hleap, J. y Velasco, V. 2010. Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja. (*Oreochromis* sp). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* 8(2): 46-56. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/749/376>

- Hurtado, M. L., Escobar, B., & Estévez, A. M. (2001). Mezclas legumbre/cereal por fritura profunda de maíz amarillo y de tres cultivares de frejol para consumo "snack". Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. Santiago. Archivos Latinoamericanos de Nutrición, Vol. 51 N° 3, 303-308. <https://www.alanrevista.org/ediciones/2001/3/art-14/>
- ISO 11036. 1994. Sensory Analysis- Methodology- Texture profile, First edition. Disponible en: <https://inen.isolutions.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:11036:ed1:v1>
- Krokida, M. K., Oreopoulou, V., Maroulis, Z. B., & Marinos-Kouris, D. (2001). Colour changes during deep fat frying. Journal of Food Engineering, 48(3), 219-225. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(00\)00161-8](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00161-8)
- Lucas et al. (2012). Evaluación de los parámetros de calidad de chips en relación con diferentes variedades de plátano (*Musa paradisiaca* L.) Revista Lasallista de Investigación, vol. 9, núm. 2, julio-diciembre, 2012, pp. 65-74 Corporación Universitaria Lasallista Antioquia, Colombia. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/695/69525875009.pdf](https://www.redalyc.org/pdf/695/69525875009.pdf)
- Martínez, D.; Acosta, M.; Álvarez, C.; Castellanos, F. Fritura por inmersión al vacío de rodajas de plátano verde con recubrimientos comestibles. *Ingeniería y Competitividad*. Vol. 25 N° X. <http://www.scielo.org.co/pdf/inco/v25n1/2027-8284-inco-25-01-e-20411970.pdf>
- Mathoniere, C., Miochel, L., Peyron, M. y Culioli, J. 2001. Estudio de la textura de la carne por análisis sensorial y mediciones reológicas. Congreso Anual Grupo francés de Reología 15(4): 549-557.
- Mesa, M.; Ramírez – Tortosa, M.; Aguilera, C.; Ramírez - Boscá, A. y Gil, A. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos.

- Ramón y Cajal, N° 4. 18071 Granada. Efectos farmacológicos y nutricionales de los extractos de *Cúrcuma longa* L. y de los cucuminoides. *Ars Pharmaceutica*, 41:3; 307-321, 2000.
- MINCETUR et al. (s.f). *Ficha de requisitos técnicos de acceso al mercado de EE.UU. Productos de Frutas o Frutos. Proyecto BID-ADEX-RTA/CHIFLES*. p3. <https://boletines.exportemos.pe/recursos/boletin/Chifles.pdf>
- Mondelez International (2019). “Snacking Made Right 2019 ESG Report”. Recuperado de: [https://www.mondelezinternational.com//media/Mondelez/Snacking-Made-Right/SMRReport/2019\\_MDLZ\\_Snacking\\_Made\\_Right\\_Summary.pdf](https://www.mondelezinternational.com//media/Mondelez/Snacking-Made-Right/SMRReport/2019_MDLZ_Snacking_Made_Right_Summary.pdf)
- Mora, J. P. (2020). “*Elaboración de chifles de Plátano Verde (musa paradisiaca) enriquecidos con polvo de Cúrcuma (curcuma longa) como ingrediente antioxidante*”. [Tesis de Grado. Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/MORA SUAREZ JENNIFFER PAOLA.pdf>
- Mostacilla, S. y Ordoñez, A. (2019). “*Evaluación de los parámetros de textura en un snack a partir de una mezcla de cereales desarrollado en la empresa SEGALCO S.A.S.*”. [Tesis de Grado. Universidad el Cauca]. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repositorio.unicauca.edu.co:8080/bitstream/handle/123456789/1466/EVALUACI%C3%93N%20DE%20LOS%20PAR%C3%81METROS%20DE%20TEXTURA%20EN%20UN%20SNACK%20A%20PARTIR%20DE%20UNA%20MEZCLA%20DE%20CEREALES%20DESARROLLADO%20EN%20LA%20EMPRESA%20SEGALCO%20S.A.S.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Narvaez, M. y Salazar, K. (2022). “*Caracterización fisicoquímica y sensorial de chips de plátano (Musa paradisiaca) y yuca (Manihot esculenta) para la reactivación económica post-COVID del Cantón Arajuno*”. [Tesis de Grado. Universidad



- Paula, A. y Conti-Silva, A. (2014). Texture profile and correlation between sensory and instrumental analyses on extruded snacks. *Revista Ingeniería de Alimentos* 121: 9-14.
- Perdomo, V. C. (2017). *Efecto de tiempo de exposición al ultrasonido (40 khz) en las características fisicoquímicas, recuento de bacterias aerobias mesófilas y aceptabilidad general de la pulpa de mango (Mangifera indica l.) Variedad Edward*. [Tesis de Grado. Universidad Privada Antenor Orrego]. [https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/3583/RE\\_IND.ALIM\\_VANESSA.PERDOMO\\_EXPOSICION.AL.ULTRASONIDO\\_DATOS.PDF?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/3583/RE_IND.ALIM_VANESSA.PERDOMO_EXPOSICION.AL.ULTRASONIDO_DATOS.PDF?sequence=1&isAllowed=y)
- Pino, A. (2019). *Efecto bactericida del ultrasonido sobre el microbiota de crema de leche cruda*. [Tesis de Grado. Universidad de Pamplona]. [http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/4654/1/Pino\\_2019\\_TG.pdf](http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/4654/1/Pino_2019_TG.pdf)
- Pinzón S, Cabrera L, Pico-Fonseca SM. La curcuma longa como anti-cancerígeno: Una revisión de la literatura. *Universidad Salud*. 2024; 26(1):1-8. <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/6452-Texto%20del%20art%C3%ADculo-37416-5-10-20230920.pdf>
- Pisco, E. (2013). “*Estudios sobre la aplicación de ultrasonido en el procesamiento de alimentos*”. [Tesis de Grado. Universidad Nacional de Trujillo]. <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/e76a281b-ca0a-4e9c-a0eb-bbd8dbfdc95d/content>
- Quisquiche, J. S. (2024). Efecto de la presión y temperatura de fritura al vacío sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de hojuelas de camote (Ipomoea batatas) variedad bondadosa. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <http://190.116.36.86/handle/20.500.14074/6987>

- Rae, H. (2023). *“Plan de negocios para la producción y exportación de snacks a base de chocho deshidratado, año 2023”*. [Tesis de Grado. Universidad Internacional SEK Business School].  
<https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/5149/1/Rea%20%c3%81lvarez%20Harold%20Antonio%20.pdf>
- Ramírez, B. (2020). Origen, desarrollo y legado del uso de las especias. Centro Universitario de los Altos Guadalajara. Primera edición. Guadalajara.  
[http://repositorio.cualtos.udg.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/1093/1/Libro%20ESPECIAS\\_ESPAN%cc%83OL%20SPICES\\_ENGLISH.pdf](http://repositorio.cualtos.udg.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/1093/1/Libro%20ESPECIAS_ESPAN%cc%83OL%20SPICES_ENGLISH.pdf)
- Ramírez-Navas, J. S. (2012). *“Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor”*. Cali – Colombia. [Tesis de Grado. Universidad del Valle]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.researchgate.net/profile/Juan-Ramirez-Navas/publication/257890512\_Analisis\_sensorial\_pruebas\_orientadas\_al\_consumidor/links/00b495260e24536e05000000/Analisis-sensorial-pruebas-orientadas-al-consumidor.pdf
- Robles, L. y Ochoa, L. (2012). Ultrasonido y sus aplicaciones en el procesamiento de alimentos. 1 Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. México. Rev. Iber. Tecnología Postcosecha Vol. 13(2):109-12.  
<https://www.redalyc.org/pdf/813/81325441002.pdf>
- Rodríguez, E. T. (2023). *“Impacto de la fritura al vacío sobre las características fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales de chips de banano (Pisang más)”*. [Tesis de Grado. Universidad de Costa Rica]. <https://kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/90070>
- Rubio, M. (2014). *“Evaluación de la influencia del pre-tratamiento ultrasonico en el contenido de betacaroteno y vitamina c durante el secado de aguaymanto (Physalis peruviana)”*.

- [Tesis de Grado. Universidad Nacional Hermilio Valdizán].  
<https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/6436/TAI00180V75.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sahin, S. (2000). Effects of frying parameters on the colour development of fried potatoes. *European Food Research and Technology*, 211(3), 165-168.  
<https://doi.org/10.1007/s002170050017>
- Saldivar, S. O. S. (2016). Snack Foods: Types and Composition. En *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 13-18). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00633-4>
- Sozer, N., Dalgic, AC. y Kaya, A. 2007. Thermal, textural and cooking properties of spaghetti enriched with resistant starch. *J Food Eng.* 81:476-484.
- Szczesniak, A. 1987. Correlating sensory with instrumental texture measurementsan overview of the recent developments. *Journal of Texture Studies.* 18: 1–15.  
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2129047>
- Tavera - Quiroz, M. J., Urriza, M., Pinotti, A., & Bertola, N. (2015). Baked snack from green apples formulated with the addition of isomalt. *LWT-Food Science and Technology*, 62(2), 1004-1010.  
[https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/87930/CONICET\\_Digital\\_Nro.520a8c0a-fcd4-4c25-8aae-ffd33ac2d027\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/87930/CONICET_Digital_Nro.520a8c0a-fcd4-4c25-8aae-ffd33ac2d027_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Torres, J.; Acevedo, D. & Montero, P. (2017). Efectos de la Fritura al Vacío en los Atributos de Calidad de Arepa con Huevo. *Información tecnológica*, 28(1), 99-108. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642017000100010#:~:text=En%20la%20fritura%20al%20vac%C3%ADo,de%20los%20alimentos%20con%20mayor](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642017000100010#:~:text=En%20la%20fritura%20al%20vac%C3%ADo,de%20los%20alimentos%20con%20mayor)
- USDA. (2019). Spices, turmeric, ground (SR LEGACY, 172231). En *FoodData Central*; in April 2018. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/172231/nutrients>

- Valdez, K. (2014). *"Estimación de la vida útil de productos snacks procesados en la empresa procesos VELSAC. SAC mediante análisis fisicoquímicos y sensoriales"*. [Tesis de Grado. Universidad Nacional del Callao]. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/414/KrystelCecilia\_Tesis\_tituloprofesional\_2014.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Vallejo, E. A. (2016). *Elaboración de hojuelas fritas de Malanga (Xanthosoma sagittifolium) aplicando fritura al vacío*. [Tesis de Grado. Universidad Tecnológica Equinocial]. [https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/16650/1/67657\\_1.pdf](https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/16650/1/67657_1.pdf)
- Velasco, R. et al. (2007). Aplicaciones de los Fluidos Supercríticos en la Agroindustria. *Revista Información Tecnológica*, 18 (1): 53 - 66, 2007. [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642007000100009&l](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642007000100009&l)

## ANEXOS

### Figura 9

*Recepción del plátano palillo*



*Nota: La imagen muestra las manos de plátano provenientes del mercado central de la Coipa, San Ignacio.*

### Figura 10

*Pesado del plátano palillo*



*Nota: La imagen muestra el procedimiento del pesado del plátano palillo.*

## **Figura 11**

### *Escaldado del plátano palillo*



*Nota: La imagen muestra el procedimiento de escaldado del platano palillo.*

## **Figura 12**

### *Pelado del plátano palillo*



*Nota: La imagen muestra el procedimiento de pelado de platano palillo.*

### **Figura 13**

*Cortado del plátano palillo*



*Nota: La imagen muestra el procedimiento de cortado o rebanado de platano palillo en rodajas de aproximadamente 2 mm de espesor utilizando una cortadora de mandolina.*

### **Figura 14**

*Pesado de la cúrcuma para la preparación de soluciones.*



*Nota: La imagen muestra el procedimiento de preparación de soluciones de cúrcuma.*

## **Figura 15**

### *Pretratamiento con ultrasonido*



*Nota: La imagen muestra el procedimiento de pretratamiento con ultrasonido de las rodajas de platano palillo inmersas en la solución de cúrcuma.*

## **Figura 16**

### *Fritura al vacío de las rodajas de plátano palillo.*



*Nota: La imagen muestra el procedimiento de fritura al vacío de las rodajas pretratadas con ultrasonido en un autoclave adaptado para dicho fin.*

### **Figura 17**

#### *Escurreido*



*Nota: La imagen muestra el procedimiento de escurrido de las rodajas de platano palillo pretratadas con ultrasonido / fritas al vacío, sobre papel absorbente.*

### **Figura 18**

#### *Empacado de snack de plátano palillo*



*Nota: La imagen muestra el procedimiento de envasado del snack de plátano palillo*

## **Figura 19**

*Análisis de las muestras en el texturómetro*



*Nota: Las imágenes muestran el procedimiento de análisis de textura de los snacks de plátano palillo.*