

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

## **FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



## **T E S I S**

**“EFECTO DEL pH Y TIEMPO EN EL PRETRATAMIENTO POR  
ULTRASONIDO EN LAS CARACTERÍSTICAS TEXTURALES DE SNACK DE  
PLÁTANO PALILLO (*Musa paradisiaca* L.).”**

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

**Presentado por la Bachiller:  
YACORI MONDRAGÓN SUÁREZ**

**Asesores:**  
**Ing. Mtr. YONER ALITO SALAS PASTOR**  
**Ing. Mtr. MAX EDWIN SANGAY TERRONES**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2025**

## **CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD**

1. Investigador:

**YACORI MONDRAGÓN SUÁREZ**

**DNI: N° 71200424**

Escuela Profesional/Unidad UNC:

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**

2. Asesor:

**Ing. Mtr. MAX EDWIN SANGAY TERRONES**

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:

**EFFECTO DEL pH Y TIEMPO EN EL PRETRATAMIENTO POR ULTRASONIDO EN LAS CARACTERÍSTICAS TEXTURALES DE SNACK DE PLÁTANO PALILLO (*Musa paradisiaca L.*)."**

6. Fecha de evaluación: 13/01/2026

7. Software antiplagio:  TURNITIN  URKUND (OURIGINAL) (\*)

8. Porcentaje de Informe de Similitud: 20%

9. Código Documento: oid: 3117:545949674

10. Resultado de la Evaluación de Similitud:

APROBADO  PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 15/01/2026

*Firma y/o Sello  
Emisor Constancia*



**Ing. Mtr. MAX EDWIN SANGAY TERRONES**

**DNI: 10492305**

\* 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 treinta días del mes de setiembre del año dos mil veinticinco, 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° 117-2025-FCA-UNC, de fecha 07 de febrero del 2025, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: “EFECTO DEL pH Y TIEMPO EN EL PRETRATAMIENTO POR ULTRA SONIDO EN LAS CARACTERÍSTICAS TEXTURALES DE SNACK DE PLÁTANO PALILLO (*Musa paradisiaca L.*)”, realizada por la Bachiller YACORI MONDRAGÓN SUÁREZ para optar el Título Profesional de INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS.

A las diez horas y quince 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 quince (15); 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 once horas y cero minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachin Chávez  
PRESIDENTE

Dr. José Gerardo Selviana Granados  
SECRETARIO

Dr. Jimy Frank Oblitas Cruz  
VOCAL

Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones  
ASESOR

Ing. Mtr. Yoner Alito Salas Pastor  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de investigación está dedicado a:

Dios por brindarme salud, conocimiento, confianza durante el proceso de desarrollo y  
permitirme el cumplimiento de una meta tan importante en mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis Padres por sus esmeros en enseñarme a salir adelante con trabajo y honradez, para no decaer ante las adversidades, a mis hermanos porque me han brindado su cariño, apoyo incondicional y valiosos consejos que me acompañaron durante mis estudios y a lo largo de este trabajo de investigación.

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iv</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE GENERAL .....</b>	<b>vi</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>x</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xi</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Descripción del problema .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Formulación del problema .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. Justificación .....</b>	<b>2</b>
<b>1.4. Objetivos .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4.1. Objetivo General.....</b>	<b>4</b>
<b>1.4.2. Objetivos Específicos .....</b>	<b>4</b>
<b>1.5. Hipótesis y variables de estudio .....</b>	<b>4</b>
<b>1.5.1. Hipótesis.....</b>	<b>4</b>
<b>1.5.2. Variables de estudio.....</b>	<b>4</b>

<b>CAPITULO II .....</b>	<b>6</b>
<b>II. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1. Antecedentes .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2. Marco teórico.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2.1. Snacks.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2.2. Tipos de snacks y clasificación.....</b>	<b>10</b>
<b>2.2.3. Clasificación de snacks .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2.4. Proceso de producción del snack.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.5. Características texturales del snack.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2.6. Pre tratamiento .....</b>	<b>14</b>
<b>2.2.7. Generalidades del plátano .....</b>	<b>16</b>
<b>2.2.8. Fritura convencional.....</b>	<b>16</b>
<b>2.3. Definición de Términos.....</b>	<b>17</b>
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>22</b>
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1. Ubicación.....</b>	<b>22</b>
<b>3.2. Materiales e insumos.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.1. Materiales .....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.2. Equipos.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.3. Instrumentos.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2.4. Métodos .....</b>	<b>23</b>

3.3. Metodología.....	24
<b>CAPITULO IV .....</b>	<b>30</b>
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	30
4.1. Análisis para la dureza .....	30
4.2. Análisis para la Fracturabilidad.....	33
4.3. Análisis de la cohesibilidad.....	39
<b>CAPITULO V.....</b>	<b>42</b>
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	42
<b>CAPITULO VI.....</b>	<b>44</b>
VI. BIBLIOGRAFÍA.....	44
<b>CAPITULO VII .....</b>	<b>54</b>
VII. ANEXOS.....	54

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Factores, variables y niveles en estudio.....	5
<b>Tabla 2</b> Combinaciones para los tratamientos.....	24
<b>Tabla 3</b> Combinación de tratamientos a realizar.....	25
<b>Tabla 4</b> Análisis de varianza para la dureza del snack de plátano palillo .....	31
<b>Tabla 5</b> Prueba de Tukey para la dureza del snack de plátano palillo por efecto del tiempo de pretratamiento .....	32
<b>Tabla 6</b> Prueba de Tukey para la dureza del snack de plátano palillo por efecto del pH de pretratamiento .....	32
<b>Tabla 7</b> Análisis de varianza para la fracturabilidad del snack de plátano palillo.....	36
<b>Tabla 8</b> Análisis de varianza para la cohesividad del snack de plátano palillo .....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ubicación de la Universidad Nacional de Cajamarca .....	22
<b>Figura 2</b> Diagrama de Flujo para la elaboración de snacks de plátano palillo .....	26
<b>Figura 3</b> Dureza del snack de plátano palillo por efecto del tiempo de pretratamiento y nivel de Ph .....	33
<b>Figura 4</b> Fracturabilidad del snack de plátano palillo por efecto de la interacción del nivel de pH y del tiempo de pretratamiento .....	36
<b>Figura 5</b> Cohesividad del snack de plátano palillo por efecto de la interacción del nivel de pH y del tiempo de pretratamiento .....	40

## **RESUMEN**

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el laboratorio de frutas y hortalizas de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca. El objetivo del estudio fue evaluar el efecto del pH y del tiempo de pretratamiento por ultrasonido sobre las características texturales de snacks de plátano palillo sometidos a fritura convencional. Se empleó un diseño completamente al azar (DCA) factorial con tres réplicas, analizando dos variables principales: el pH (2.5, 3.0, 3.5) y la duración del pretratamiento por ultrasonido (2, 4 y 6 minutos).

Para ello, los plátanos fueron cortados en hojuelas de 2 mm de grosor y se sometieron a un pretratamiento de una hora en soluciones ajustadas a los diferentes niveles de pH. Posteriormente, fueron expuestos al ultrasonido durante los tiempos establecidos y fritos a una temperatura constante de 150 °C por 3 minutos. Las características texturales se evaluaron mediante un texturómetro BROOKFIELD, y los parámetros se obtuvieron utilizando el software TEXTURE PRO versión 2.

Los resultados indicaron que las hojuelas tratadas con un pH de 3.5 y 6 minutos de ultrasonido presentaron mayor dureza, fracturabilidad y cohesividad, en comparación con aquellas tratadas con un pH de 2.5 y 2 minutos de ultrasonido, las cuales mostraron valores inferiores en dichas propiedades.

En conclusión, el pretratamiento con ultrasonido mejora significativamente la textura de los snacks de plátano, permitiendo modificar de manera favorable sus propiedades fisico-sensoriales.

Palabras clave: plátano, pH, ácido cítrico, fritura, análisis textural.

## ABSTRACT

This research was conducted in the Fruits and Vegetables Laboratory of the Professional Academic School of Food Industries Engineering, within the Faculty of Agricultural Sciences at the National University of Cajamarca. The objective of the study was to evaluate the effect of pH and ultrasound pretreatment time on the textural characteristics of *palillo* plantain snacks processed by conventional frying. A completely randomized factorial design (CRD) with three replicates was used, analyzing two main variables: pH (2.5, 3.0, 3.5) and ultrasound pretreatment duration (2, 4, and 6 minutes).

The plantains were sliced into 2 mm chips and subjected to a one-hour pretreatment in solutions adjusted to the different pH levels. They were then exposed to ultrasound for the specified times and subsequently fried at a constant temperature of 150 °C for 3 minutes. Textural characteristics were evaluated using a BROOKFIELD Texture Analyzer, and the parameters were obtained with the TEXTURE PRO Version 2 software.

The results showed that chips treated with a pH of 3.5% and 6 minutes of ultrasound exhibited greater hardness, fracturability, and cohesiveness compared to those treated with a pH of 2.5% and 2 minutes of ultrasound, which displayed lower values for these properties.

In conclusion, ultrasound pretreatment significantly improves the texture of plantain snacks, allowing for favorable modifications in their physico-sensory properties.

**Keywords:** plantain, pH, citric acid, frying, textural analysis.

## CAPÍTULO I

### I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación tuvo como finalidad evaluar el efecto de diferentes niveles de pH y del tiempo de pretratamiento por ultrasonido sobre las características texturales dureza, fracturabilidad y cohesividad de snacks elaborados a partir de plátano palillo (*Musa paradisiaca L.*). El estudio se desarrolló en la Universidad Nacional de Cajamarca, en el laboratorio de Frutas y Hortalizas de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

El consumo de snacks ha incrementado en los últimos años debido al ritmo acelerado de vida y a la preferencia de los consumidores por productos prácticos, de textura agradable y de alta aceptación sensorial. Entre estos, los snacks de plátano representan una alternativa ampliamente consumida, destacando por su sabor, disponibilidad y valor nutricional. Sin embargo, su calidad depende en gran medida de la textura, atributo decisivo en la percepción del consumidor.

El empleo de ultrasonido como pretratamiento ha demostrado potencial para modificar la estructura interna de las matrices vegetales, favoreciendo cambios en la firmeza, la absorción de aceite, el color y la textura después de la fritura. De manera complementaria, el uso de ácido cítrico en soluciones de distinto pH contribuye al control del pardeamiento y puede alterar la estructura tisular del fruto, influyendo directamente en sus propiedades mecánicas.

En este estudio se aplicaron tres niveles de pH (2.5, 3 y 3.5) y tres tiempos de exposición al ultrasonido (2, 4 y 6 minutos), con el fin de determinar sus efectos individuales y combinados sobre la textura final del snack. Los resultados obtenidos permitirán optimizar las condiciones de pretratamiento para obtener un producto con mejores características fisicoquímicas,

sensoriales y tecnológicas, aportando información relevante para la industria alimentaria y futuras investigaciones.

### **1.1. Descripción del problema**

La textura es un atributo fundamental de calidad en la industria alimentaria, tanto en productos frescos como procesados, ya que influye directamente en la aceptabilidad y preferencia del consumidor. Entre sus principales características se encuentran la dureza, la fracturabilidad y la cohesividad. Estos parámetros pueden evaluarse mediante análisis sensoriales descriptivos o mediante métodos instrumentales que permiten cuantificar sus propiedades físicas.

La presente investigación adquiere relevancia debido a que el plátano es uno de los productos más consumidos en la región de Cajamarca, tanto en estado maduro como verde. Por esta razón, se decidió elaborar un snack a base de plátano palillo (*Musa paradisiaca L.*), empleando diferentes niveles de pH y aplicando un pretratamiento por ultrasonido a distintos tiempos. El propósito fue determinar el efecto combinado de dichos niveles de pH y del tiempo de ultrasonido sobre las características texturales del snack, específicamente sobre la dureza, la fracturabilidad y la cohesividad.

### **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el efecto de los diferentes niveles de pH y del tiempo de pretratamiento por ultrasonido en las características texturales del snack de plátano palillo (*Musa paradisiaca L.*) sometido a fritura convencional?

### **1.3. Justificación**

**Justificación científica:** el desarrollo de productos alimentarios con mejores características físicas y nutricionales se ha convertido en una prioridad dentro de la industria,

debido a la creciente exigencia de los consumidores por alimentos que cumplan elevados estándares de calidad. Bajo este enfoque, la investigación se orienta a analizar la influencia del pretratamiento mediante ultrasonido sobre la textura del snack elaborado a partir de plátano palillo. El estudio de este efecto permitirá establecer la viabilidad del ultrasonido como una alternativa tecnológica capaz de optimizar los procesos productivos y mejorar las propiedades finales del producto.

**Justificación técnica – práctica:** históricamente, los tratamientos térmicos han sido la opción predominante en la elaboración de snacks, debido a su capacidad para reducir la carga microbiana y desactivar enzimas no deseadas. No obstante, este tipo de procesos puede comprometer las propiedades sensoriales y el contenido nutricional de los alimentos. En este sentido, el pretratamiento mediante ultrasonido surge como una alternativa innovadora para la industria alimentaria, al permitir estabilizar los productos sin ocasionar deterioros significativos en su textura, sabor o valor nutricional. Por lo tanto, la incorporación de esta técnica en la producción de snacks se perfila como una estrategia eficiente para mejorar su calidad final.

**Justificación institucional y personal:** el presente estudio ofrece un valor metodológico significativo, al proporcionar información que puede servir como referencia para futuras investigaciones enfocadas en la aplicación de pretratamientos por ultrasonido en la elaboración de snacks. Asimismo, contribuye al fortalecimiento de la investigación nacional en el ámbito de la optimización de procesos alimentarios. Desde una perspectiva personal e institucional, este trabajo constituye una oportunidad para profundizar conocimientos, generar aportes relevantes y fomentar la adopción de tecnologías innovadoras en el procesamiento de alimentos.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo General**

Evaluar el efecto de diferentes niveles de pH y del tiempo de pretratamiento por ultrasonido en las características texturales del snack de plátano palillo sometido a fritura convencional.

### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Evaluar el efecto de los diferentes niveles de pH en las características texturales del snack de plátano palillo con fritura convencional.
- Determinar el efecto del tiempo de pretratamiento por ultrasonido en las características texturales del snack de plátano palillo con fritura convencional.
- Analizar la interacción entre el nivel de pH y el tiempo de pretratamiento por ultrasonido en las características texturales del snack de plátano palillo con fritura convencional.

## **1.5. Hipótesis y variables de estudio**

### **1.5.1. Hipótesis**

Las diferentes niveles de pH y los tiempos de pretratamiento por ultrasonido influyen de manera significativa en las características texturales del snack de plátano palillo (*Musa paradisiaca L.*) sometido a fritura convencional.

### **1.5.2. Variables de estudio**

A continuación, en la tabla 1 se describe los factores asociados a las variables independientes:

**Tabla 1**

*Factores, variables y nivel en estudio.*

	Variables	Dimensiones	Indicador
Variables independientes	Nivel de pH (Ácido cítrico)	2.5, 3, 3.5	
	Tiempo de Ultrasonido	2, 4, 6	Min
Dureza			
Variables dependientes	Características texturales	Fracturabilidad	N
		Cohesividad	

## CAPITULO II

### II. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes.

Muchos de los trabajos de Investigación se relacionan con las variables de estudio.

Diversos estudios se han enfocado en analizar variables relacionadas con los procesos de pretratamiento y su efecto en la calidad de productos alimentarios.

Por ejemplo, Gamboa (2013), en su investigación sobre el *impacto de los ultrasonidos de potencia en vegetales y frutas durante la deshidratación*, señala que las alteraciones químicas y físicas generadas por los pretratamientos y la deshidratación pueden influir significativamente en las propiedades organolépticas de los alimentos. En cuanto a la textura, se destaca que el pretratamiento es clave para mantener la firmeza del producto final, debido a su efecto sobre la inactivación enzimática; sin embargo, un tratamiento excesivo puede comprometer la estructura del tejido vegetal, aumentando la capacidad de rehidratación y provocando una textura blanda, lo que afecta negativamente las características sensoriales. Este hallazgo resulta especialmente útil para definir el tiempo óptimo de pretratamiento en la producción de snacks de plátano palillo y para evaluar sus propiedades físicas.

Pérez (2019), en su estudio sobre el *efecto del tiempo de exposición al ultrasonido y la temperatura en las propiedades fisicoquímicas, el contenido de vitamina C y la microbiología de la pulpa de zarzamora (Rubus floribundus Kunth)*, investigó cómo varía el pH de la pulpa al someterla a distintos períodos de ultrasonido y rangos de temperatura. Los resultados indicaron que, manteniendo constante la temperatura, el pH aumenta ligeramente conforme se prolonga el tiempo de exposición al ultrasonido, con valores que oscilaron entre 1.14 y 1.52. Este hallazgo es significativo para la presente investigación, ya que sugiere que un incremento

tanto en la temperatura como en el tiempo de exposición al ultrasonido podría inducir cambios en el contenido de ácido cítrico de los snacks, resultando en valores más altos.

Perdomo del Águila (2017), en su estudio sobre el *efecto del tiempo de exposición al ultrasonido (40 kHz) en las propiedades fisicoquímicas, el recuento de bacterias aerobias mesófilas y la aceptabilidad general de la pulpa de mango (Mangifera indica L.) variedad Edward*, destaca que tres parámetros son fundamentales en experimentos con ultrasonido debido a su influencia directa sobre las características físicas de los alimentos, como la composición, estructura y estado físico. El primero, la velocidad de onda, indica la rapidez con que la onda ultrasónica se desplaza a través del material. El segundo, el coeficiente de atenuación, refleja la disminución de la amplitud de la onda durante su paso por un medio, y depende de factores como la naturaleza del fluido, la temperatura y la frecuencia de la onda. Finalmente, la impedancia acústica se define como la relación entre la fracción de la onda reflejada y la transmitida al encontrarse con la interfaz de dos materiales distintos. Estos conceptos facilitan la comprensión del efecto de las ondas ultrasónicas sobre los alimentos, particularmente en lo que respecta a sus propiedades texturales.

Quiceno et al. (2014), en su estudio sobre la *caracterización fisicoquímica del plátano (Musa paradisiaca sp. AAB, Simmonds) para fines de industrialización*, evaluaron diversos parámetros fisicoquímicos en distintas muestras del fruto. Entre ellos, se determinó el pH mediante potenciometría, observando una disminución gradual a lo largo del tiempo de almacenamiento, atribuida al incremento de ácido málico. De este modo, el pH del plátano disminuye durante la maduración, pasando del verde oscuro al amarillo intenso, reflejando la mayor presencia de este ácido. Específicamente, se reportó que el pH de la pulpa varía de 5.4 en el periodo preclimatérico a 4.5 en el postclimatérico. Esta información resulta relevante para

la presente investigación, ya que permite comprender las variaciones del pH en el plátano verde, un factor crítico al considerar diferentes niveles de acidez en la elaboración de snacks.

Ciudad (2018), en su estudio sobre la *aplicación de ultrasonidos en la cocción de alimentos*, evaluó procesos asistidos por esta tecnología, incluyendo el calentamiento mediante pulsos eléctricos de alto voltaje. Los resultados mostraron que estos métodos presentan ventajas energéticas frente a los procedimientos tradicionales. En este contexto, los ultrasonidos se consolidan como una tecnología eficiente para optimizar procesos que implican transferencia de energía y masa. Además, dependiendo del protocolo de aplicación, pueden emplearse como un sistema de calentamiento rápido y uniforme en los alimentos. Estos hallazgos destacan la importancia del ultrasonido para la presente investigación, dado que su uso influye de manera directa en las propiedades del snack.

Baíma (2017), en su estudio sobre el *uso del análisis de imagen en los procesos de producción de alimentos y el efecto de la temperatura de deshidratación en la calidad de los snacks de banana*, indica que para prevenir el pardeamiento enzimático es necesario someter las muestras a un pretratamiento adecuado. Este procedimiento permite conservar las características sensoriales y nutricionales del alimento, evitando alteraciones en el sabor, aroma, color y valor nutricional de la fruta. La industria alimentaria ha explorado diversos compuestos, como el ácido cítrico y el ácido ascórbico, para inhibir este proceso. En el presente estudio, se empleará ácido cítrico en tres concentraciones diferentes como agente antioscurecimiento durante el pretratamiento de las muestras.

Hurtado (2013), en su estudio sobre el *efecto de los ultrasonidos en vegetales y su influencia en la microbiota, textura y color de la zanahoria (*Daucus carota*)*, examinó zanahorias frescas con contaminación inicial mediante dos experimentos de ultrasonido de baja frecuencia (25 kHz y 40 kHz) con duraciones de 5 y 10 minutos. Los resultados mostraron que

el tratamiento a 40 kHz generó el mayor aumento de temperatura, alcanzando 12,9 °C después de 30 minutos (aproximadamente 0,43 °C por minuto), mientras que a 25 kHz la temperatura se elevó solo hasta 4 °C en el mismo periodo (0,12 °C por minuto). De manera más específica, en la parte central de la zanahoria tratada a 40 kHz, la temperatura se incrementó 7,3 °C en 20 minutos (0,4 °C por minuto), comparado con 3,3 °C a 25 kHz (0,2 °C por minuto). Estos hallazgos son relevantes para la presente investigación, ya que indican que frecuencias más bajas favorecen una mayor reducción de microorganismos, y que tratamientos más breves tienden a producir resultados más eficientes.

Erdociain (2020), en su investigación sobre el *desarrollo de snacks de manzana bajo distintas condiciones de proceso*, evidenció que la temperatura de secado tiene un impacto notable en la textura del producto. Temperaturas elevadas tienden a producir snacks más crujientes, mientras que temperaturas más bajas generan una textura más gomosa. Aunque el grosor de las muestras influye en menor medida, se observaron diferencias en la fracturabilidad: los snacks más gruesos requieren mayor fuerza para romperse y presentan menor fracturabilidad, mientras que los más delgados tienden a ser ligeramente más crujientes. Desde el punto de vista económico, se prefieren los snacks delgados, dado que permiten duplicar la cantidad de unidades obtenidas por cada manzana. Estos hallazgos son útiles para la presente investigación, ya que proporcionan criterios para ajustar la temperatura y el grosor de los snacks, optimizando tanto la textura como la eficiencia en la producción.

Cabrera (2012), citado por Jambrak et al. (2007), estudió la *aplicación de ultrasonidos de potencia en el pretratamiento y deshidratación de hortalizas y frutas, incluyendo champiñones, coles de Bruselas y colibror*. Se realizaron tratamientos con sonda ultrasónica (20 kHz, 39–43 W/cm<sup>2</sup>) durante 3 y 10 minutos, así como con baño de ultrasonido (40 kHz, 0,5 W/cm<sup>2</sup>) por el mismo tiempo, utilizando agua a temperatura ambiente. Los resultados

indicaron que las muestras sometidas a ultrasonido presentaron una mayor aceptación, debido a la reducción en el tiempo de secado y la mejora de las propiedades de deshidratación. Este hallazgo es relevante para la presente investigación, ya que proporciona criterios para definir el tiempo óptimo de pretratamiento por ultrasonido en las muestras de plátano.

Simal (2013), en su investigación sobre la *intensificación de procesos mediante ultrasonidos de potencia y su efecto en las cinéticas de secado*, reportó que todos los pretratamientos aceleraron el secado, destacando especialmente aquellos realizados con una sonda ultrasónica de 14 mm en combinación con inmersión en ácido cítrico al 1 %. Los experimentos incluyeron sondas de distinto diámetro (14 y 40 mm) y muestras sin ultrasonido como control. Las láminas de manzana se sumergieron en diferentes líquidos —agua, ácido cítrico 1 % y zumo de manzana— durante 5 minutos a 25 °C. Los resultados de este estudio son útiles para la presente investigación, pues permiten determinar tanto el tiempo óptimo de aplicación de ultrasonido como la concentración adecuada de ácido cítrico para lograr las propiedades texturales deseadas en los snacks.

## **2.2. Marco teórico.**

### **2.2.1. Snacks**

Cornejo (2016) describe a los snacks como productos de tamaño reducido que pueden presentarse en formas sólidas o líquidas y que destacan por la diversidad de sabores, colores y formas, derivada de la combinación de distintos procesos y materias primas. Además, estos productos contribuyen al aporte nutricional, suministrando proteínas, calorías, fibra, ácidos grasos esenciales, vitaminas y minerales.

### **2.2.2. Tipos de snacks y clasificación**

Riveros (2020) señala que los snacks comprenden alimentos dulces o salados, que pueden ser fritos o prensados, según las materias primas empleadas en su elaboración.

Además, se presentan en diversas formas y formatos, siendo comúnmente comercializados envasados. Entre sus tipos más destacados se encuentran:

- Salados
- Dulces
- Nutritivos
- Naturales
- Combinados

#### **2.2.3. Clasificación de snacks**

- **Fritura:** los snacks se fríen a aproximadamente 175 °C, con el propósito de obtener una textura crujiente y atractiva para el consumidor.
- **Horneado:** los productos se someten a una temperatura cercana a 150 °C, logrando un secado controlado y uniformidad en la textura.
- **Pasteurización:** este tratamiento térmico, realizado a 72 °C, permite una adecuada homogenización de las grasas y demás ingredientes, asegurando estabilidad y seguridad del producto.
- **Congelación:** se aplica para mantener los productos en estado sólido, facilitando su conservación y transporte.

#### **2.2.4. Proceso de producción del snack.**

Las etapas necesarias para el proceso de producción de chifles, según Odar (2014), se muestran a continuación:

- **Pesado:** inicia el pesado de la materia prima, el cual es el plátano pintón.
- **Selección:** se seleccionan aquellos plátanos que estén en estado pintón y aptos para ser procesados con la finalidad de convertirlos en producto final.

- **Desinfección:** la materia prima es sumergida en una solución de hipoclorito de sodio y agua con el objetivo de ser desinfectada.
- **Descascarado:** la materia prima es descascarada manualmente.
- **Trozado:** se realiza el trozado o corte de la materia prima, de manera manual en forma de rodajas.
- **Fritura:** los plátanos son fritos en peroles conteniendo aceite por un tiempo de 3 minutos a 150°C.
- **Escurrido:** el producto es depositado en bandejas con orificios por donde escurrirá el aceite en exceso, durante un tiempo de 3 minutos.
- **Enfriado:** se deja enfriar el producto hasta llegar a una temperatura de 25°C para la siguiente etapa del proceso.
- **Salado:** el producto es colocado en una mesa metálica y se le esparce sal yodada.
- **Envasado:** el producto es envasado en bolsas de polipropileno de baja densidad.
- **Pesado:** el producto se pesa para verificar que la cantidad puesta en los envases sea de 34 gramos.
- **Sellado:** se procede a sellar las bolsas contenedoras de chifle.
- **Almacenaje:** el producto se almacena para su posterior comercialización.

#### **2.2.5. Características texturales del snack**

##### **a. Textura**

La textura de los alimentos se entiende como el conjunto de características físicas percibidas por los sentidos, determinadas tanto por la estructura macroscópica como microscópica del producto (Mostacilla & Ordoñez, 2019). Su evaluación considera cómo el alimento responde a la aplicación de fuerzas, así como aspectos de su geometría, tamaño y forma de las partículas, y su distribución dentro del alimento. La humedad es un factor determinante, ya que influye en la consistencia y contribuye a que los snacks mantengan

un nivel de crujiente adecuado, aspecto clave para la aceptación por parte del consumidor. Adicionalmente, el contenido de proteínas y fibra en la matriz alimentaria también impacta significativamente en la percepción textural.

#### **b. Dureza**

La dureza de un alimento se define como la fuerza máxima que se aplica durante el primer ciclo de compresión. La resistencia a la rotura se refiere al punto de máxima fuerza, indicando alta rigidez y baja cohesión del producto. Para su evaluación, la velocidad de penetración se establece en 60 mm/min. En un estudio realizado con maíz gigante, se observó que la dureza del grano dependía del tratamiento aplicado: el maíz pelado con CaOH y expuesto a 100 °C durante un tiempo prolongado presentó una textura más firme en comparación con el tratamiento con NaOH, mientras que el remojo favoreció una consistencia más suave. Estos resultados sugieren que un mayor contenido de humedad antes de la fritura incrementa la fuerza máxima requerida para deformar el snack frito (Boluarte, Dionisio & Cisne, 2018).

#### **c. Crujencia**

La crujencia es una característica sensorial relevante tanto en alimentos frescos como secos, y se relaciona con el sonido que se genera durante la masticación. Su evaluación considera parámetros como la duración promedio de la amplitud del sonido durante la masticación y la intensidad del ruido producido al triturar el alimento, lo que permite diferenciar entre productos con mayor o menor nivel de crujiente (Mostacilla & Ordoñez, 2019).

#### **d. Resistencia a la ruptura**

La resistencia a la ruptura se evalúa mediante un analizador de textura, cuyo objetivo es medir la fuerza necesaria para romper las muestras (Cazar, 2015). Los menores valores de fuerza de ruptura se obtuvieron en tratamientos con temperaturas elevadas y tiempos prolongados. En el caso de los chips de plátano, la fuerza de ruptura fue elevada, similar a los resultados obtenidos en chips de piña recubiertos con goma guar al 0,5.

#### **e. Adherencia**

La adherencia en alimentos refiere a la capacidad que tiene un producto para mantenerse cohesionado sin presentar sensación grasosa o pegajosa al paladar, lo cual es un atributo sensorial importante para la aceptación del consumidor. En estudios con bases de plátano maduro, se ha observado que la aplicación de un método de cobertura superficial (tópico) es eficaz para mejorar este comportamiento de unión, alcanzando un rendimiento cercano al 97 % y un perfil sensorial positivo, sin interferir significativamente en el proceso de cocción del alimento (por ejemplo, en formulaciones de snacks).

#### **2.2.6. Pretratamiento**

Cima (2022) define los pretratamientos como procedimientos iniciales aplicados a las materias primas que buscan alterar la estructura celular de microorganismos presentes, contribuyendo a la seguridad alimentaria y a la obtención de productos frescos y libres de contaminantes. Estas intervenciones permiten reducir el riesgo microbiano antes de los procesos principales de elaboración.

##### **a. Tipos de pretratamiento:**

- **Escaldado:** este procedimiento consiste en exponer las hojuelas del snack a un breve escaldado de aproximadamente 3 minutos antes de la fritura. Su objetivo principal es

reducir el tiempo de cocción y mejorar las propiedades sensoriales del producto, como textura y sabor (De la Torre, 2021).

- **Ultrasonido:** el pretratamiento con ultrasonido se realiza en tiempos cortos y frecuencias que varían entre 18 kHz y 100 kHz. Este método facilita la manipulación y producción, mejora la pureza del producto final, disminuye los tiempos de proceso y reduce riesgos químicos y físicos. Su eficiencia en ahorro de tiempo, agua y energía lo hace una tecnología cada vez más relevante en la industria alimentaria (Campo et al., 2018).
- **Antipardeamiento:** para evitar el pardeamiento enzimático, se pueden emplear agentes como el zumo de limón. Erdociain (2020) señala que la combinación de una temperatura controlada de 60 °C con un pretratamiento antipardeamiento permite obtener snacks crujientes, con un color uniforme y un sabor agradable, evitando el dorado excesivo durante el secado.

#### b. Tiempos de aplicación de alimentos a ultrasonido

Delgado (2011) describe al ultrasonido como una tecnología emergente que utiliza ondas acústicas de alta frecuencia, usualmente entre 20 y 100 kHz, capaces de inducir cavitación en medios líquidos. Este fenómeno genera microburbujas que colapsan, provocando microagitación, rupturas celulares y un incremento en la permeabilidad de los tejidos vegetales.

En frutas y hortalizas, la aplicación de ultrasonido puede:

- Alterar parcialmente la estructura celular;
- Aumentar la transferencia de masa;
- Modificar la textura;

- Reducir los tiempos de procesamiento;
- Mejorar la penetración de solutos.

Cuando se emplea antes de la fritura, esta técnica puede producir snacks más porosos, con menor humedad y textura más crujiente, siendo el efecto directamente dependiente del tiempo de exposición al ultrasonido.

### **c. Ácido cítrico**

Corrá (2021) caracteriza al ácido cítrico como un sólido cristalino blanco e inodoro, que puede presentarse en formas anhidra o monohidrato. Su principal aplicación se encuentra en la industria alimentaria, donde representa cerca del 60 % de su consumo total. Se utiliza como regulador de pH y como agente aromatizante en productos como bebidas, postres y mermeladas, además de prevenir la oxidación de aceites y mejorar el sabor de los alimentos. Industrialmente, su producción se realiza casi en su totalidad mediante fermentación con levadura negra, empleando materias primas como sacarosa, melaza de caña o jarabe de glucosa.

#### **2.2.7. Generalidades del plátano**

##### **a) Tipos de plátanos**

Rodríguez (2023) existen más de 20 variedades de plátano, de las cuales siete se producen en el Perú, principalmente en las regiones de San Martín, Huánuco y Piura. Estas variedades son: plátano de seda, plátano de isla, plátano dulce y contundente, plátano bellaco o maduro, plátano palillo, plátano manzano, plátano rojo y plátano bizcocho.

##### **b) Plátano palillo**

El plátano guayabo o palillo es un fruto pequeño y transversalmente redondo. En su estado de madurez, puede producir aproximadamente 120 dedos y pesa alrededor de 270 g

(Torrejón, 2020). Según Chávarry (2020), en la región selva, las variedades de mayor producción en toneladas son el palillo y el moquicho o bizcochito, con un rendimiento del 4 y 5, respectivamente.

### **2.2.8. Fritura convencional**

La fritura convencional consiste en sumergir los alimentos en aceite caliente, generalmente entre 150 y 180 °C, combinando simultáneamente fenómenos de transferencia de masa y energía (Aguilera, 2017). Durante este proceso, el agua presente en el alimento se evapora rápidamente, creando un gradiente de humedad que favorece la formación de una estructura porosa y crujiente, atributo esencial en los snacks.

En productos derivados del plátano verde, como los chifles o snacks de plátano, la fritura cumple varias funciones principales:

- Desarrollo de textura crujiente mediante el secado superficial y la gelatinización-retrogradación del almidón.
- Formación de color dorado, resultado de reacciones de Maillard y caramelización de azúcares residuales.
- Generación de sabor y aroma característicos, a partir de compuestos volátiles liberados por el aceite y la matriz del alimento.

La velocidad de evaporación del agua y la absorción de aceite dependen fuertemente de las condiciones iniciales de la materia prima. Estudios previos indican que pretratamientos físicos, como el ultrasonido, modifican la estructura celular creando microcanales que facilitan tanto la salida de humedad como la penetración de aceite (Fan et al., 2019). Esto explica por qué el ultrasonido puede influir en propiedades texturales del snack, como dureza, fracturabilidad o cohesión.

El plátano palillo (*Musa paradisiaca* L.) posee naturalmente un alto contenido de almidón, cuya estructura se ve alterada durante los pretratamientos. En la fritura convencional, la gelatinización parcial del almidón y el colapso de la estructura celular generan superficies rígidas que contribuyen a una textura más dura y quebradiza, coincidiendo con los resultados observados en este estudio.

Asimismo, el pH aplicado mediante ácido cítrico puede afectar la fritura. Soluciones más ácidas modifican la permeabilidad de la pared celular y la desnaturalización de proteínas, influyendo indirectamente en la porosidad y las propiedades mecánicas del snack (Mora, 2020). Esto respalda la relación observada entre el pH y la dureza o fracturabilidad del producto final.

Finalmente, los parámetros utilizados en esta investigación la fritura a 150 °C durante 3 minutos corresponde a los valores óptimos reportados para snacks delgados de plátano, permitiendo un equilibrio adecuado entre deshidratación, textura crujiente y color, sin ocasionar una degradación significativa del aceite.

### **2.3.Definición de términos**

#### **Ácido cítrico**

El ácido cítrico es un compuesto orgánico con propiedades ácidas que se utiliza como regulador de pH y como agente antioxidante en alimentos. Durante los pretratamientos, actúa inhibiendo el pardeamiento enzimático y puede modificar la estructura celular de las materias primas, contribuyendo a la preservación de las características sensoriales y funcionales del producto (Corrá, 2021).

## **Características texturales**

Las características texturales de un alimento comprenden los atributos físicos y mecánicos que determinan cómo se comporta frente a fuerzas y deformaciones durante la manipulación o consumo. Entre estos atributos se incluyen la dureza, cohesividad, elasticidad, crujencia y fracturabilidad, los cuales son fundamentales para evaluar la calidad sensorial y funcional de los productos alimentarios (Bourne, 2002).

### **Cohesividad**

La cohesividad de un alimento se refiere a su capacidad para mantener su integridad frente a fuerzas o deformaciones. Este atributo indica hasta qué punto el producto puede comprimirse o deformarse antes de fracturarse, siendo un parámetro clave para evaluar la textura y resistencia de los alimentos durante el consumo o procesamiento (Szcesniak, 2002).

### **Dureza**

La dureza de un alimento se define como la fuerza máxima necesaria para comprimirlo durante el primer ciclo de un análisis de perfil de textura. Este atributo refleja la resistencia inicial del producto frente a la deformación, siendo un indicador importante de la firmeza y consistencia de los alimentos (Bourne, 2002).

### **Fracturabilidad**

La fracturabilidad se refiere al punto en el que un alimento crujiente se rompe o quiebra al aplicarle una fuerza. Este atributo se asocia comúnmente con productos rígidos y secos, cuya textura crujiente determina la percepción sensorial y la aceptabilidad del consumidor (Szcesniak, 2002).

## **Fritura convencional**

La fritura por inmersión consiste en sumergir los alimentos en aceite caliente, generalmente en un rango de 150 a 180 °C. Durante este proceso, el alimento pierde humedad de manera rápida, lo que favorece la formación de una textura crujiente, el desarrollo de un color dorado y la generación de los atributos sensoriales característicos del snack (Velasco, 2023).

## **pH**

El pH representa la medida de acidez o alcalinidad de una solución. En el ámbito alimentario, este parámetro influye directamente en la estabilidad del color, la integridad de la estructura celular y la velocidad de las reacciones químicas que ocurren durante el procesamiento y almacenamiento de los productos (Pérez, 2019).

## **Plátano palillo**

El plátano palillo es una variedad de *Musa paradisiaca L.* que se distingue por su tamaño reducido, pulpa firme y elevado contenido de almidón. Esta variedad es ampliamente empleada en la elaboración de productos fritos debido a su buena estabilidad durante los procesos de cocción, lo que permite obtener snacks con textura consistente y propiedades sensoriales favorables (Waldo, 2015).

## **Pretratamiento**

El pretratamiento previo a la fritura consiste en someter el alimento a técnicas como la aplicación de ultrasonido o el uso de agentes químicos, con el fin de modificar su estructura celular, prevenir el pardeamiento enzimático, mejorar la textura y facilitar la transferencia de masa durante el proceso de cocción (De la Torre, 2021).

## **Snack**

Un snack es un alimento de consumo rápido, generalmente de tamaño reducido, que se distingue por su textura crujiente y su prolongada vida útil. En la industria alimentaria, estos productos se elaboran mediante diferentes procesos, como fritura, horneado o extrusión, dependiendo de las características deseadas y de la materia prima utilizada (Riveros, 2020).

## **Texturómetro**

El analizador de textura es un equipo instrumental empleado para evaluar las propiedades mecánicas de los alimentos mediante ensayos de compresión, fragmentación o penetración. Su uso permite cuantificar de manera objetiva atributos como dureza, cohesividad y fracturabilidad, proporcionando información clave sobre el comportamiento físico y sensorial de los productos alimentarios.

## **Ultrasonido**

El ultrasonido es una tecnología que utiliza ondas acústicas de alta frecuencia, generalmente entre 20 y 100 kHz, para inducir cavitación en medios líquidos. Este fenómeno provoca modificaciones en la estructura microcelular de los alimentos, acelerando la transferencia de masa y contribuyendo a mejorar sus propiedades texturales. Su aplicación permite optimizar procesos y obtener productos con mayor calidad sensorial y funcional (Delgado, 2011).

## CAPITULO III

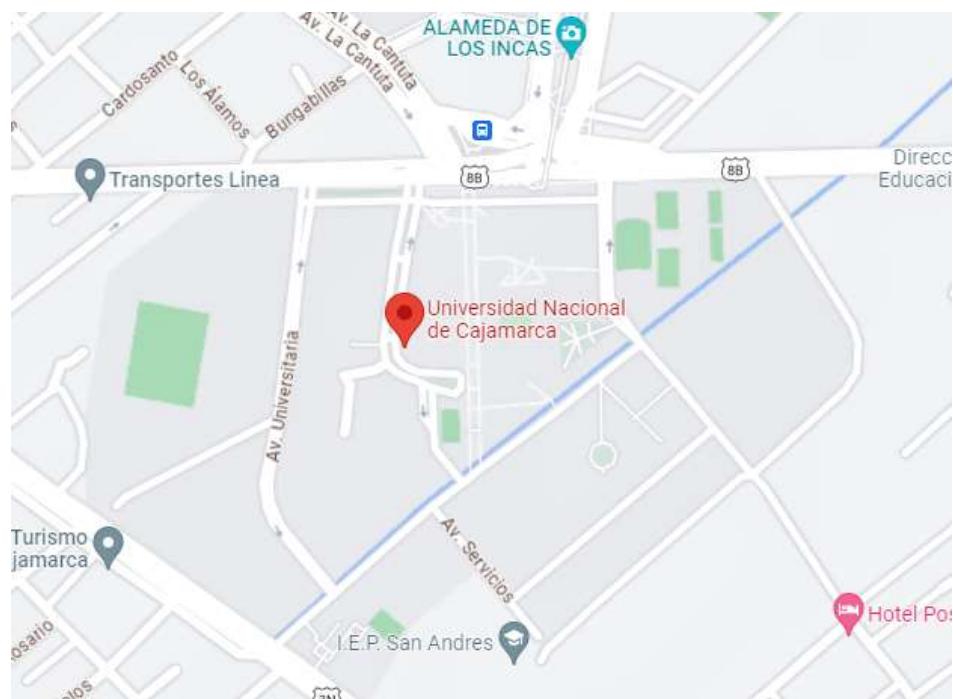
### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1.Ubicación

La presente investigación se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Nacional de Cajamarca cito en la Av. Atahualpa 1050 Carretera Baños del Inca, en el Edificio 2H en los laboratorios de la EAP de Industrias Alimentarias, específicamente en el Laboratorio de Análisis de Alimentos.

**Figura 1**

*Ubicación de la Universidad Nacional de Cajamarca*



Nota. La figura (1) se muestra el mapa de ubicación donde se realizó el trabajo de investigación, en la Universidad Nacional de Cajamarca. Laboratorio de Frutas y Hortalizas.

Fuente: Google Maps (2023).

### **3.2.Materiales e insumos**

#### **3.2.1. Materiales**

- Plátano Palillo, los frutos se obtuvieron de la Provincia de Jaén del Centro poblado Huallape. Con el respectivo grado de madurez fisiológica.
- Ácido cítrico

#### **3.2.2. Equipos**

- Equipo de ultrasonido
- Texturómetro de Brookfield Modelo CT3
- Termómetro.

#### **3.2.3. Instrumentos**

- Cuchillo
- Balanza analítica
- Vaso de precipitación 50 ml
- Reloj
- Bolsas herméticas de polipropileno

#### **3.2.4. Métodos**

- Determinación de pH: se realizó tres disoluciones ácidas con ácido cítrico a diferentes niveles a una escala de medición de pH 2.5, 3 y 3.5.
- Exposición a ultrasonido: se expuso las muestras al ultrasonido a escala de tiempo en minutos 2,4 y 6.
- Determinación de textura: los snacks obtenidos se sometieron a la medición de la textura utilizando un texturómetro de marca Brookfield donde se determinó dureza, fracturabilidad y cohesividad.

### **3.3.Metodología**

#### **a. Diseño experimental**

Se aplicó un diseño experimental (PxM) (3x3), con tres réplicas para lograr una eficiente interpretación de resultados y determinación del mejor tratamiento, como se indica a continuación en la tabla (2).

**Tabla 2**

*Combinaciones para los tratamientos.*

<b>Factores</b>	<b>Niveles</b>
	2.5
<b>P: Nivel de pH</b>	3
	3.5
	2 min
<b>M: Tiempo de exposición al ultrasonido 40 MHz</b>	4 min
	6 min

La combinación de los factores se muestra en la Tabla (1).

**Tabla 3**

*Combinación de tratamientos a realizar.*

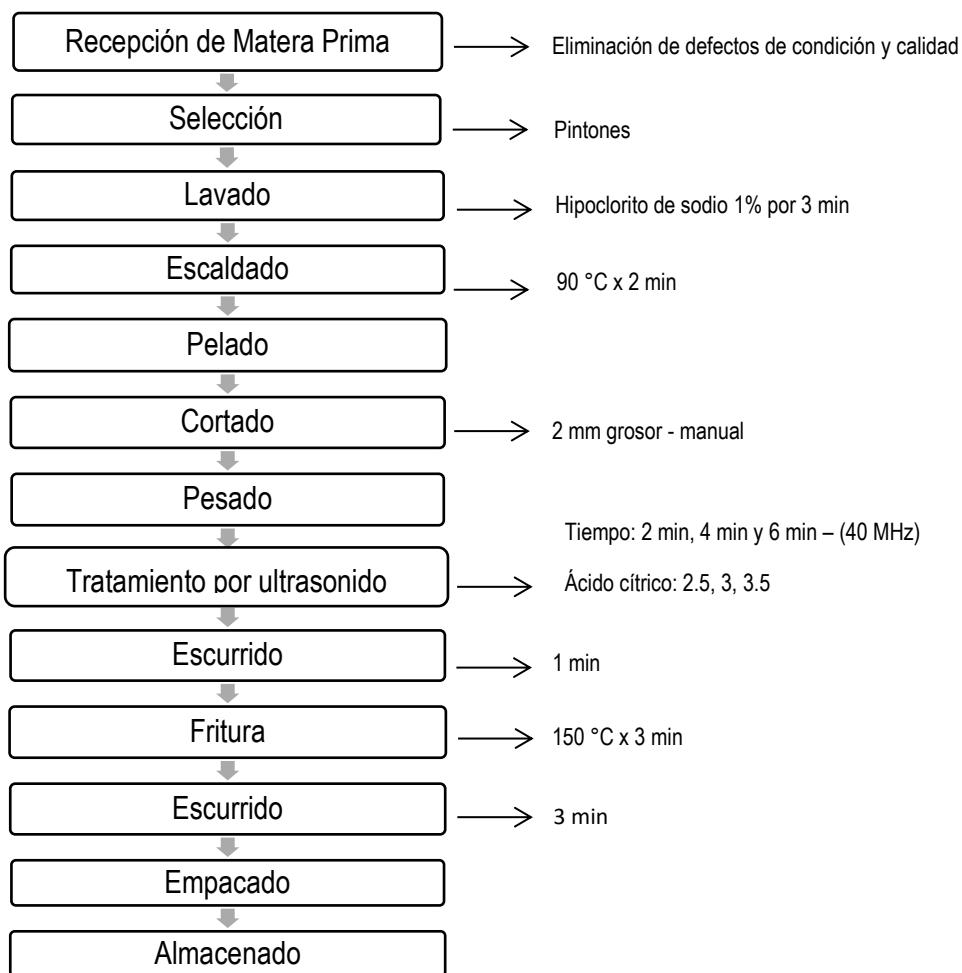
Tratamientos	Códigos	Descripción
T1	p1 m1	2.5 de nivel de pH y 2 min de exposición al ultrasonido.
T2	p1 m2	2.5 de nivel de pH y 4 min de exposición al ultrasonido.
T3	p1 m3	2.5 de nivel de pH y 6 min de exposición al ultrasonido.
T4	p2 m1	3 de nivel de pH y 2 min de exposición al ultrasonido.
T5	p2 m2	3 de nivel de pH y 4 min de exposición al ultrasonido.
T6	p2 m3	3 de nivel de pH y 6 min de exposición al ultrasonido.
T7	'p3 m1	3.5 de nivel de pH y 2 min de exposición al ultrasonido.
T8	p3 m2	3.5 de nivel de pH y 4 min de exposición al ultrasonido.
T9	p3 m3	3.5 de nivel de pH y 6 min de exposición al ultrasonido.

## b. Diagrama de flujo

Los snacks fueron elaborados de acuerdo a los tratamientos establecidos (Tabla 2) y al procedimiento reportado en la Figura 2.

**Figura 2**

*Diagrama de Flujo para la elaboración de snacks de plátano palillo*



Nota. En la figura (2) se muestra el diagrama de flujo de la elaboración de snacks con diferentes niveles de pH y diferentes tiempos de exposición de ultrasonido. Adaptada de (Santisteban, 2019).

## Proceso de obtención de snack

- 1. Recepción de la materia prima:** se adquirieron plátanos de la variedad "palillo" en estado de madurez fisiológica óptima y en condiciones adecuadas para su procesamiento, provenientes del mercado central de Jaén.
- 2. Selección:** se realizó una selección rigurosa de los plátanos, priorizando aquellos en estado de madurez fisiológica óptima, caracterizados por una piel predominantemente verde con un ligero tinte amarillo en al menos un cuarto de su superficie. Se descartaron los frutos con defectos físicos, golpes, roturas o signos de crecimiento fúngico, garantizando la calidad y seguridad del producto final.
- 3. Lavado:** los plátanos se sometieron a una limpieza en dos etapas. Primero, se lavaron con agua potable para eliminar residuos superficiales. Luego, se desinfectaron sumergiéndolos en una solución al 1 % de hipoclorito de sodio durante tres minutos. Finalmente, se enjuagaron dos veces con abundante agua para eliminar cualquier residuo del desinfectante.
- 4. Escaldado:** se realizó un breve tratamiento térmico a 90 °C por dos minutos, con el objetivo de inactivar las enzimas responsables del pardeamiento y facilitar la separación de la cáscara de la pulpa.
- 5. Pelado:** se practicaron cortes manuales en los extremos y dos cortes longitudinales sobre la cáscara, procurando no dañar la pulpa. La cáscara se retiró manualmente o con la ayuda de un cuchillo de acero inoxidable.
- 6. Cortado:** los plátanos pelados se cortaron en finas láminas de 2 mm de grosor utilizando una mandolina de acero inoxidable, asegurando uniformidad en tamaño y grosor de las hojuelas, factor clave para la consistencia del producto final.

- 7. Pesado:** se pesaron todas las hojuelas para determinar el rendimiento del proceso de corte y calcular las mermas asociadas, datos esenciales para ajustar parámetros operativos.
- 8. Tratamiento por ultrasonido:** las hojuelas se sometieron a un pretratamiento con tres niveles (pH 2.5, 3 y 3.5) y se expusieron al ultrasonido durante 2, 4 y 6 minutos, según las condiciones experimentales.
- 9. Escurrido:** tras la inmersión en la solución de ácido cítrico, las hojuelas se colocaron sobre superficies y papel absorbente para eliminar el exceso de líquido, evitando interferencias durante la fritura y asegurando textura crujiente y absorción óptima de aceite.
- 10. Fritura:** los plátanos pretratados se introdujeron en aceite a 150 °C durante 3 minutos, hasta alcanzar la textura y color deseados.
- 11. Escurrido post-fritura:** los snacks obtenidos se colocaron en recipientes coladores para eliminar el aceite excedente.
- 12. Empacado:** el envasado se realizó en bolsas de polipropileno, pesadas en balanzas analíticas para garantizar la uniformidad de las porciones.
- 13. Almacenamiento:** los snacks de plátano palillo se conservaron en condiciones ambientales controladas: un espacio fresco, seco y protegido de la luz directa, para minimizar cambios indeseables en textura, sabor y apariencia, evitando absorción de humedad u oxidación y prolongando la vida útil del producto.

### c. Propiedades físicas (texturales)

#### Se utilizó un texturómetro Brookfield

La evaluación de la textura de los snacks se realizó utilizando un texturómetro **Brookfield CT3**. Cada muestra se colocó de manera uniforme en la plataforma del equipo y se configuró el software **TEXTURE PRO-V2** para realizar un **Análisis de Perfil de Textura (TPA)**. Los parámetros de medición incluyeron una velocidad de compresión de 1,70 mm/s y una profundidad máxima de 2 mm, ajustados específicamente a las características del snack para garantizar mediciones precisas de dureza, fracturabilidad y cohesividad.

Durante el análisis, el texturómetro comprimió la muestra registrando la fuerza aplicada en función de la distancia. El software generó una curva que permitió visualizar esta relación y calcular las propiedades texturales mencionadas.

Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante **ANOVA** y la prueba de **Tukey** con un nivel de confianza del 95 % utilizando **InfoStat**, con el fin de identificar diferencias significativas entre los tratamientos y comprender cómo las variables experimentales afectan las propiedades texturales del snack.

## CAPITULO IV

### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto de diferentes niveles de pH y tiempo en el pretratamiento por ultrasonido en las características texturales en la dureza, fracturabilidad y cohesividad de snack de plátano palillo.

#### 4.1. Análisis para la dureza

Según Torres (2015), la dureza es la fuerza necesaria para provocar una deformación determinada y constituye uno de los atributos mecánicos más importantes de la textura de los alimentos. Junto con el sabor y la apariencia, la dureza es un criterio clave en la percepción y aceptación del consumidor.

El análisis de varianza (ANOVA) realizado sobre la dureza (N) de los snacks de plátano palillo reveló que la interacción entre los factores pH (P) y tiempo de pretratamiento (M) no es significativa, ya que el valor de significancia ( $p$ -valor = 0.951) es mayor a 0.05. Esto indica que el efecto del pH sobre la dureza no depende del tiempo de pretratamiento, y viceversa; es decir, la dureza del snack no se ve afectada por la combinación de ambos factores.

Al considerar los efectos principales, se observa que el factor tiempo de pretratamiento (M) presenta un  $p$ -valor de 0.014, menor a 0.05, lo que indica que el tiempo de exposición al ultrasonido tiene un efecto significativo sobre la dureza del snack. Por su parte, el factor pH (P) muestra un  $p$ -valor menor a 0.05, indicando que el pH ejerce un efecto significativo sobre la dureza del producto.

En conclusión, tanto el tiempo de pretratamiento con ultrasonido como el pH afectan significativamente la dureza del snack de plátano palillo, mientras que no se encontró una interacción significativa entre estos dos factores. Esto sugiere que cada variable influye de manera independiente en la firmeza del producto final.

**Tabla 4**

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

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
pH (P)	18.7102	2	9.35508	93.17	< 0.05
Tiempo (M)	0.1968	2	0.09841	0.98	0.014
P*M	0.0685	4	0.01711	0.17	0.951
Error	1.8074	18	0.10041		
Total	20.7829	26			

**CV = 2.09%**

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

El análisis de la Prueba de Tukey para la dureza del snack de plátano palillo, en función del tiempo de pretratamiento con ultrasonido, indica que el tiempo de 6 minutos produjo la mayor dureza, con un valor promedio de 11.21 N, ubicándose significativamente por encima de los demás tiempos y clasificado en el grupo A.

El tiempo intermedio de 4 minutos generó snacks con una dureza promedio de 10.32 N, significativamente menor que la obtenida a los 6 minutos, pero mayor que la de 2 minutos, ubicándose en el grupo B.

Finalmente, el tiempo más corto de 2 minutos produjo la menor dureza, con un valor promedio de 9.23 N, significativamente inferior a los demás tratamientos, y clasificado en el grupo C.

Estos resultados evidencian que la dureza del snack aumenta conforme se incrementa el tiempo de pretratamiento con ultrasonido, mostrando una respuesta estadísticamente significativa entre los diferentes tiempos evaluados.

**Tabla 5**

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

Tiempo (t)	Dureza	Agrupación
6	11.21	A
4	10.32	B
2	9.23	C

*Nota.* La tabla indica las diferencias entre las medias del nivel del factor tiempo.

El análisis de la Prueba de Tukey para la dureza del snack de plátano palillo, en relación con el nivel de pH utilizada en el pretratamiento, muestra que el pH más alto, 3.5, produjo la mayor dureza promedio, alcanzando 12.22 N, clasificándose significativamente en el grupo A.

Los niveles de pH 3 y 2.5 generaron snacks con durezas promedio de 11.62 N y 10.23 N, respectivamente. Estos valores no presentan diferencias significativas entre sí, como lo indica su clasificación común en el grupo B, pero ambos son significativamente menores que la dureza obtenida con el pH de 3.5.

Estos resultados evidencian que el incremento del pH en el pretratamiento con ácido cítrico está asociado con un aumento significativo de la dureza del snack, destacando la influencia del nivel de pH en las propiedades texturales del producto final.

**Tabla 6**

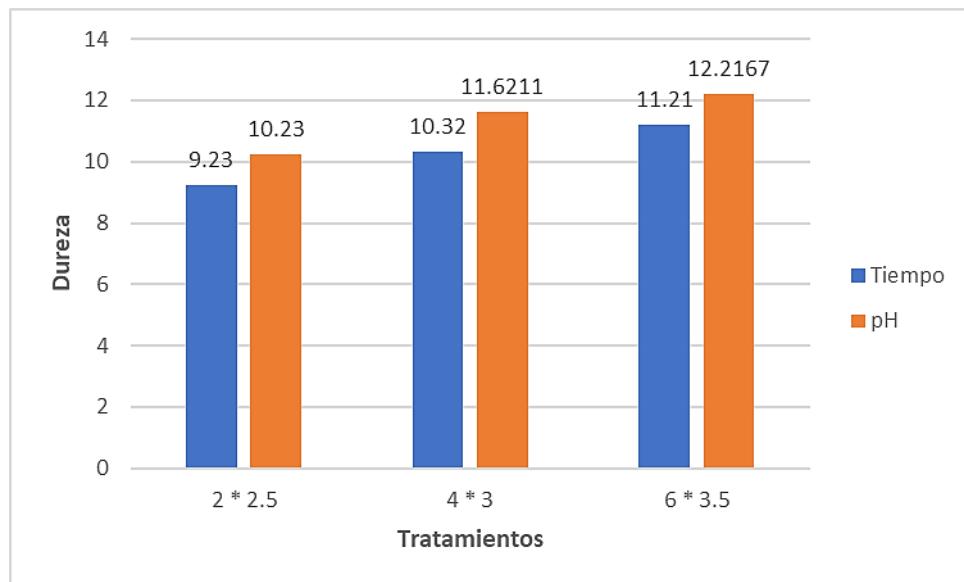
*Prueba de Tukey para la dureza del snack de plátano palillo por efecto del pH de pretratamiento.*

pH	N	Media	Agrupación
3.5	9	12.2167	A
3.0	9	11.6211	B
2.5	9	10.2300	C

*Nota.* La tabla indica las diferencias entre las medias del nivel del factor pH.

**Figura 3**

*Dureza del snack de plátano palillo por efecto del tiempo de pretratamiento y el nivel de pH.*



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

En primer lugar, se observa que tanto el tiempo de pretratamiento como el pH tienen efectos significativos sobre la dureza del snack de plátano palillo, aunque no se identificó una interacción significativa entre ambos factores. Esto sugiere que cada variable influye de manera independiente en la textura final del producto, hallazgo consistente con 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 un impacto directo sobre la dureza del snack: los tratamientos de 6 minutos produjeron snacks significativamente más duros que los de 4 minutos, los cuales a su vez fueron más duros que los de 2 minutos. Este efecto puede explicarse por la acción del ultrasonido sobre la estructura celular del plátano, como señalan Campo et al. (2018). Una exposición más prolongada al ultrasonido podría provocar una mayor

ruptura de las paredes celulares, generando una textura más compacta y, por ende, una mayor dureza tras la fritura convencional.

Por su parte, el pH del ácido cítrico también mostró un efecto significativo, más pronunciado que el tiempo de pretratamiento. Los snacks tratados con un pH de 3.5 presentaron la mayor dureza, significativamente superior a los tratados con pH de 3 o 2.5, entre los cuales no se observaron diferencias significativas. Esto sugiere que el pH podría interactuar con los componentes del plátano, formando enlaces o interacciones que alteran la estructura de la pulpa y, en consecuencia, la textura final. Este resultado concuerda con Mora (2020), quien evidenció que el pH puede mejorar las características texturales de los snacks.

Estos hallazgos tienen implicaciones importantes para la producción de snacks de plátano, ya que permiten ajustar la textura del producto final mediante la manipulación del tiempo de ultrasonido y del pH. Para obtener un snack más duro, se podría optar por un mayor tiempo de pretratamiento y un pH elevado; para un snack más suave, sería recomendable reducir el tiempo de pretratamiento y ajustar el pH hacia niveles más bajos. Esta flexibilidad es valiosa en la industria alimentaria, tal como señala García (2023) en su análisis sobre oportunidades en el mercado de snacks saludables.

No obstante, es importante considerar que la dureza no es el único atributo que determina la calidad del snack. La textura ideal puede variar según las preferencias del consumidor, como indica De la Torre (2021). Futuros estudios podrían explorar cómo estos factores afectan otras características sensoriales como sabor, color y crujencia, así como aspectos nutricionales y la vida útil del producto. Asimismo, sería relevante investigar posibles interacciones con otras variables del proceso, como la temperatura y tiempo de fritura, aspectos que Rodríguez (2023) considera cruciales para optimizar la fritura convencional.

#### **4.2.Análisis para la fracturabilidad**

La fracturabilidad es la primera caída significante de la curva durante el primer ciclo de compresión producto de un alto grado de dureza Hleap, (2010). Se refiere a la dureza con la cual el alimento se desmorona, cruce o revienta.

El análisis de varianza realizado para la fracturabilidad del snack muestra que, la interacción entre los factores pH (P) y Tiempo (M) es significativo, dado que el valor de significación (p-valor = 0.0001) es menor al 0.05, lo cual indica que existe una interacción significativa entre el pH y el tiempo de pretratamiento con ultrasonido en relación con la fracturabilidad del snack. En otras palabras, el efecto del pH 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 pH (P) como el factor Tiempo (M) tienen p-valores menores al 0.05, lo cual es significativo para ambos. Esto indica que tanto el pH 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.

**Tabla 7**

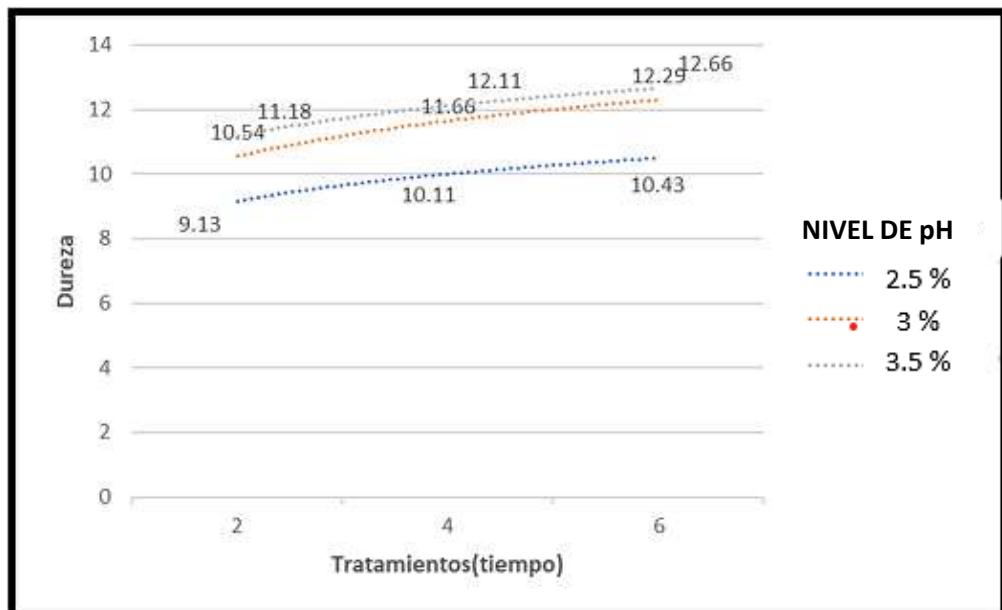
*Análisis de varianza para la fracturabilidad del snack de plátano palillo.*

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
pH (P)	13.3341	2	6.667	257.1567	<0.0001
Tiempo (M)	44.6146	2	22.3073	860.425	<0.0001
P*M	8.4841	4	2.121	81.811	<0.0001
Error	0.4667	18	0.0259		
Total	66.8995	26			
<b>CV = 1.39%</b>					

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

**Figura 4**

*Fracturabilidad del snack de plátano palillo por efecto de la interacción del nivel de pH y del tiempo de pretratamiento.*



*Nota.* La imagen muestra la interacción de pH y el tiempo de pretratamiento para el parámetro fracturabilidad del snack de plátano palillo.

La Figura 4 muestra los resultados de la Fracturabilidad del snack de plátano en función del nivel de pH 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 del nivel de pH. Con respecto al nivel de pH, se observa que su efecto es más notable, si aplicamos un pretratamiento de corto de 2 minutos su fracturabilidad es de 9.13, la fracturabilidad aumenta significativamente de 9.13 a 12.66 al incrementar el nivel de pH 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 los niveles de pH son relativamente pequeñas, variando de 9.13 a 10.43. Esto sugiere que, a tiempos de pretratamiento más prolongados, el efecto del nivel de pH se vuelve menos pronunciado. Mientras que para el nivel de pH del 2, la fracturabilidad aumenta considerablemente con cada incremento en el tiempo de pretratamiento, para los niveles de 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 el pH 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 facturable después de la fritura convencional.

En cuanto al pH, también se observó un efecto significativo en la fracturabilidad del snack, aunque su influencia parece ser más pronunciada cuando el tiempo de pretratamiento aumenta. Esto podría explicarse por las características del ácido cítrico, principal agente activo, que posiblemente interactúa con los componentes del plátano, modificando su estructura y, por lo tanto, su facilidad para fracturarse. Estos hallazgos coinciden con los de Mora (2020), quien resaltó que el ácido cítrico mejora las propiedades físicas de los snacks.

Es interesante notar que la combinación del pH más bajo (3.5) y el mayor tiempo de pretratamiento (6 minutos) resultó en la fracturabilidad más elevada. Esto sugiere que tanto el pH como el ultrasonido contribuyen a aumentar la fracturabilidad del snack, posiblemente a través de diferentes mecanismos que se potencian mutuamente.

La fracturabilidad del producto final puede ajustarse mediante la modificación del tiempo de pretratamiento con ultrasonido y el pH. Para obtener un snack más fracturable, se recomienda un tiempo de pretratamiento más prolongado y un pH más bajo. En cambio, para un snack menos fracturable, se sugiere reducir el tiempo de pretratamiento y aumentar el pH. 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 de la cohesividad**

La cohesividad es la razón entre el área de fuerza positiva durante la segunda compresión y el área durante la primera compresión. Indica la habilidad de soportar rotura bajo compresión, representa la fuerza con la que están unidas las partículas, (González et al., 2015).

El análisis de varianza realizado para la cohesividad del snack muestra que, la interacción entre los factores pH (P) y Tiempo (M) es significativo, dado que el valor de significación (*p*-valor = 0.0001) es menor al 0.05, lo cual indica que existe una interacción significativa entre el pH y el tiempo de pretratamiento con ultrasonido en relación con la cohesividad del snack. En otras palabras, el efecto del pH 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 cohesividad del producto final.

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

El coeficiente de variación fue de 2.09 %, 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.

**Tabla 8**

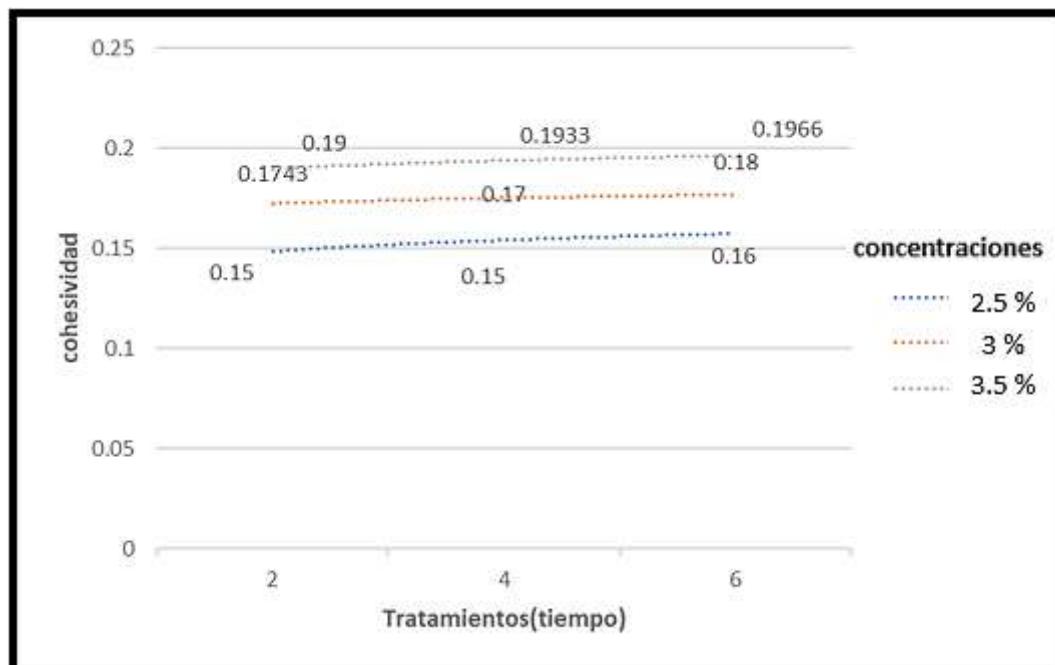
*Análisis de varianza para la cohesividad del snack de plátano palillo.*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
pH (P)	2	0.007200	0.003600	486.00	< 0.05
Tiempo (M)	2	0.000156	0.000078	10.50	< 0.001
P*M	4	0.000311	0.000078	10.50	< 0.05
Error	18	0.000133	0.000007		
Total	26	0.007800			

$$\text{CV} = \mathbf{2.09\%}$$

**Figura 5**

*cohesividad del snack de plátano palillo por efecto de la interacción del nivel de pH y del tiempo de pretratamiento.*



*Nota.* La imagen muestra la interacción del pH y el tiempo de pretratamiento para el parámetro cohesividad del snack de plátano palillo.

Los resultados del análisis de cohesividad en snacks de plátano fritos revelan hallazgos significativos sobre los efectos del pretratamiento con ultrasonido y la adición de pH. Según el

estudio, el nivel de pH desempeña un papel crucial en la cohesividad del producto final, mientras la exposición al ultra sonido no parece influir significativamente en esta propiedad textural.

El análisis estadístico indica que si existe una interacción significativa entre el tiempo de pretratamiento con ultrasonido y el pH. Esto sugiere, como señalan Robles y Ochoa (2012), que ambos factores actúan de manera conjunta 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, el pH, mostró un efecto más significativo en la cohesividad del snack. Este resultado contrasta con los estudios de Mora (2020), quien sugirió que el pH podría afectar las propiedades texturales de los alimentos.

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, el pH en la cohesividad podría permitir la adición de este ingrediente por sus propiedades texturales, organolépticas o nutricionales, como lo propone Castaño (2023).

## CAPITULO V

### V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- El pH afecta significativamente las características texturales del snack. A mayor nivel de pH (3.5), se obtuvieron los valores más bajo de dureza, fracturabilidad y cohesividad; mientras que a menor pH (2.5) se obtuvieron los valores más altos
- El tiempo de pretratamiento por ultrasonido tuvo un efecto significativo. El tratamiento de 6 minutos resultó en los valores más altos de dureza, fracturabilidad y cohesividad, mientras que el de 2 minutos resultó en los valores más bajos, demostrando que un mayor tiempo de exposición incrementa estas propiedades texturales.
- No se observó una interacción significativa entre el nivel de pH y el tiempo de pretratamiento con ultrasonido en la dureza del snack ( $p > 0.05$ ), lo que sugiere que ambos factores afectan esta propiedad de manera independiente. Sin embargo, se encontró una interacción significativa en la fracturabilidad y cohesividad ( $p < 0.05$ ), indicando que el efecto del pH sobre estas características depende del tiempo de pretratamiento y viceversa.

#### 5.2. Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios adicionales utilizando ultrasonido con diferentes frecuencias y potencias, ya que en esta investigación se empleó un ultrasonido de 40 kHz con potencia constante para todos los tratamientos. La variación en estos parámetros podría influir significativamente en las propiedades del snack, como la textura, la cohesividad y la fracturabilidad. Explorar estos factores permitirá optimizar el proceso de producción y mejorar la calidad del producto final.
- Se sugiere realizar investigaciones adicionales para analizar cómo el nivel de pH y el tiempo de pretratamiento con ultrasonido afectan otras propiedades sensoriales y

nutricionales del snack, como el sabor, el color y el valor nutricional. Estos estudios permitirán optimizar el proceso de producción y mejorar la calidad del producto final.

## CAPITULO VI

### VI. 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/revalpubnut/spn-2002/spn023g.pdf>

Báima, A. (2017). Diseño de un programa de gestión de la calidad en la cadena de suministro de snacks de maíz extruido en Lima.

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-9446-4ff1-9559130f2c31e9d6/content>

Bourne, M. 2002. Texture profile analysis. Food Technology. 37(62):66-72. Texture profile analysis. Food Technology

Boluarte, L., Dionisio, J., & Cisne, M. (2018). Evaluación de la dureza y el contenido de humedad en la elaboración de snacks de yuca con recubrimiento comestible. \$\$Tesis de licenciatura\$\$

Cabrera, J. (2012). *La aplicación de ultrasonidos de potencia en el pretratamiento y la deshidratación de hortalizas y frutas.*

[https://www.researchgate.net/publication/308785920\\_Aplicacion\\_de\\_ultrasonidos\\_de\\_potencia\\_en\\_el\\_pretratamiento\\_y\\_la\\_deshidratacion\\_de\\_hortalizas\\_y\\_frutas](https://www.researchgate.net/publication/308785920_Aplicacion_de_ultrasonidos_de_potencia_en_el_pretratamiento_y_la_deshidratacion_de_hortalizas_y_frutas)

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://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10377/3/CD-6176.pdf>

Ciudad, M. L. (2018). Desarrollo de snacks saludables a partir de tubérculos andinos: evaluación de la aceptabilidad y propiedades físico-químicas. \$\$Tesis de licenciatura\$\$

Cima, J. (2022). Optimización de pretratamientos por ultrasonido en la deshidratación osmótica de frutas. \$\$Artículo de revista\$\$

De la Torre, K. (2021). “*Evaluación sensorial y fisicoquímico de tres tipos de snack (deshidratado, horneado, fritura) a base de melloco (Ullucus tuberosus)*”. [Tesis de Grado. Universidad Politecnica Estatal del Carchi]. chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/<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-2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y> ROS-ARE-

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>

Fellows, P. J. (2000). Food Processing Technology: Principles and Practice, Second Edition, Bagian 1-4. Food Processing Technology: Principles and Practice, Second Edition, Bagian 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)

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 <http://190.116.36.86/handle/20.500.14074/6963>

Gamboa, A. (2013). Impacto de los ultrasonidos de potencia en la calidad de vegetales y frutas durante el proceso de deshidratación. [Tesis de maestría, Universidad]. [https://www.researchgate.net/profile/Juliana-Gamboa-4/publication/308785644\\_Impacto\\_de\\_los\\_ultrasonidos\\_de\\_potencia\\_en\\_la\\_calidad\\_](https://www.researchgate.net/profile/Juliana-Gamboa-4/publication/308785644_Impacto_de_los_ultrasonidos_de_potencia_en_la_calidad_)

de\_vegetales\_y\_frutas\_durante\_el\_proceso\_de\_deshidratacion/links/57f0fcba08ae886  
b8978cf74/Impacto-de-los-ultrasonidos-de-potencia-en-la-calidad-de-vegetales-y-  
frutas-durante-el-proceso-de-deshidratacion.pdf

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://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/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>

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://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/695/69525875009.pdf

Mathoniere, C., Miochel, L., Peyron, M. y Culoli, 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, Nº 4. 18071 Granada. Efectos farmacológicos y nutricionales de los extractos de ácido cítrico 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>

Mostacilla, S. y Ordoñez, A. (2019). “Evaluacion 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].  
Chromeextension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/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

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)

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 Politécnica Estatal del Carchi].

<http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/1535/1/076-%20NARV%C3%81EZ%20MAR%C3%8DA%20%E2%80%93%20SALAZAR%20KAROL.pdf>

Navarro, K. (2020). “Deshidratación del plátano verde (*Musa paradisiaca*) variedad inguiři”. [Tesis de Grado. Universidad Nacional “San Luis Gonzaga”]. chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/<https://repositorio.unica.edu.pe/server/api/core/bitstreams/28c93017-856a-41be-9638-04586aea7452/content>

Nogales, D. (2018). “Efecto de la forma y dimensión de muestras de queso fresco y velocidad de prueba sobre el análisis de perfil de textura instrumental”. Riobamba – Ecuador. [Tesis de Grado. Universidad Nacional de Chimborazo]. chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/4809/1/UNACH-EC-ING-IND-2018-0004.pdf>

NTP 209.226:2023. Cereales y productos derivados.

<https://inacal.isolutions.iso.org/obp/ui/#home>

Olucha, D. (s.f). *Estudio de la influencia de los ultrasonidos de Potencia en la transferencia de materia, Propiedades ópticas y mecánicas durante el Tratamiento prefritura de patata.* [Tesis de Grado. Universidad Politécnica de Valencia].

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/27981/TFM%20DAVID%20OLUCHA%20MORENO..pdf;jsessionid=9212D612C9A7647D35E5937C371E1AD4?sequence=1>

Parzanese, M. (s.f.). Tecnologías para la Industria Alimentaria. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. Revista Alimentos Argentinos. Pp 63-69  
<https://alimentosargentinos.magyp.gob.ar/contenido/revista/pdfs/58/ULTRASOSONIDOORIGINAL.pdf>

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)

Pérez. (2019). Efecto del tiempo de exposición al ultrasonido y la temperatura en las propiedades fisicoquímicas, contenido de vitamina C y microbiológicas de la pulpa de zarzamora (*Rubus floribundus* Kunth) [Tesis de licenciatura].  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/index.php/Record/UNHE\\_6da27b814cbd530888011b333efcd8c3/Details](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/index.php/Record/UNHE_6da27b814cbd530888011b333efcd8c3/Details)

Pino, A. (2019). *Efecto bactericida del ultrasonido sobre el microbiota de crema de leche cruda.* [Tesis de Grado. Universidad de Pamplona].  
[http://repositoryspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/4654/1/Pino\\_2019\\_TG.pdf](http://repositoryspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/4654/1/Pino_2019_TG.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>

Quiceno, M., Gómez, C., & Simmonds, R. (2014). Caracterización fisicoquímica del plátano (*Musa paradisiaca* sp. AAB, Simmonds) para la industrialización.

<https://es.scribd.com/document/545381143/268087837>

Riveros, L. (2020). Clasificación de alimentos procesados tipo snack según el sistema NOVA y su implicación nutricional. \$\$Artículo de revista\$\$

Ramirez, 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)

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>

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>

Simal, S. (2012). Influencia de la aplicación de ultrasonidos de potencia en las cinéticas de secado, el contenido polifenólico y la capacidad antioxidante de manzana (cv. Granny Smith).

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>

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), 99108.  
[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S071807642017000100010#~:text=En%20la%20fritura%20al%20vac%C3%A9o,de%20los%20alimentos%20con%20mayor](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S071807642017000100010#~:text=En%20la%20fritura%20al%20vac%C3%A9o,de%20los%20alimentos%20con%20mayor)

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://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/414/KrystelCecilia\\_Tesis\\_tituloprofesional\\_2014.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12952/414/KrystelCecilia_Tesis_tituloprofesional_2014.pdf?sequence=3&isAllowed=y)

## CAPITULO VII

### VII. ANEXOS

#### Anexo 1. Preparación de snacks de plátano palillo

1) Recepción de la materia prima. La imagen a es de la recepción de los plátanos.



2) Pesado. La imagen b es del pesado de los plátanos.



**3) Selección y clasificación. Imagen c es de la selección de los mejores plátanos.**



**4) Escaldado. Imagen d es del escaldado de los plátanos por un minuto**



- 5) Pelado. La imagen es del pelado de los plátanos con sumo cuidado para no dañar la pulpa.



- 6) Cortado. Imagen f son del cortado del plátano en hojuelas de 2mm de grosor.



7) La imagen g y h son del tratamiento de ultra sonido. La imagen i es de la preparación de los depósitos donde se realizará el pretratamiento con ácido cítrico. La imagen j es del pesado de las hojuelas de plátano que se necesitará 100 g por tratamiento. La imagen k y l es la inmersión de las hojuelas en el nivel de pH por una hora.





- 8) **Secado.** Imagen del secado de las hojuelas de plátano para eliminar el exceso de agua.



- 9) **Fritura.** La imagen n es de la colocación de hojuelas a fritura convencional a una temperatura de 150 °C por 3 min



**10) Escurrir y enfriar. Imagen ñ es de la colocación de hojuelas fritas en papel absorbente para eliminar el exceso de aceite.**



**11) Empacado. La imagen o es del empacado de las hojuelas y rulado según sus tratamientos dados.**



**Anexo 2. Análisis de textura en texturómetro.**

**Las imágenes son de la medición de textura de las hojuelas de plátano en el texturómetro.**

