

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS



**“EFECTOS DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE CÚRCUMA  
(*Curcuma longa* L.) Y TIEMPO EN EL PRETRATAMIENTO CON ULTRA  
SONIDO, EN LAS CARACTERISTICAS TEXTURALES DE SNACK DE  
PLÁTANO PALILLO (*Musa paradisiaca* L.)”**

## TESIS

Para optar el título profesional de:

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Presentado por la Bachiller:

**JUDITH AYDE MOSQUERA VARGAS**

Asesor:

**Mg. MAX EDWIN SANGAY TERRONES**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2024**



## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador: JUDITH AYDE MOSQUERA VARGAS  
DNI: 71820128  
Escuela Profesional/Unidad UNC: INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
2. Asesor: Mg. MAX EDWIN SANGAY TERRONES  
Facultad/Unidad UNC: 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: "EFECTOS DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE CÚRCUMA (*Curcuma longa* L.) Y TIEMPO EN EL PRETRATAMIENTO CON ULTRA SONIDO, EN LAS CARACTERÍSTICAS TEXTURALES DE SNACK DE PLÁTANO PALILLO (*Musa paradisiaca* L.)".
6. Fecha de evaluación: 20/11/2024
7. Software antiplagio:  TURNITIN     URKUND (OURIGINAL) (\*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 22%
9. Código Documento:
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADOS

Fecha Emisión: 25/11/2024

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 ..... Mg. 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 trece días del mes de noviembre 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° 287-2024-FCA-UNC, de fecha 17 de julio del 2024, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: "EFECTOS DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE CÚRCUMA (*Curcuma longa* L.) Y TIEMPO EN EL PRETRATAMIENTO CON ULTRA SONIDO, EN LAS CARACTERÍSTICAS TEXTURALES DE SNACK DE PLÁTANO PALILLO (*Musa paradisiaca* L.)", realizada por la Bachiller JUDITH AYDE MOSQUERA VARGAS para optar el Título Profesional de INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS.

A las once horas y treinta 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 diecisiete (17); 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 doce horas y veinte minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachín Chávez  
PRESIDENTE

Dr. Rodolfo Raúl Orejuela Chirinos  
SECRETARIO

Dr. José Gerardo Salhuana Granados  
VOCAL

Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

Quiero dedicar esta tesis con todo mi corazón al principal cimiento para la construcción de mi vida profesional mi **madre** ya que sin ella no lo habría logrado, sentó en mi la base de responsabilidad y deseos de superación, en ella tengo el espejo en el cual quiero reflejar pues sus virtudes infinitas y su gran corazón me lleva a admirarla cada día más.

También la dedico a mi hijo quien es mi mayor motivación para nunca rendirme en los estudios y poder llegar hacer un ejemplo para él.

## **AGRADECIMIENTO**

**DIOS**, tu amor y tu bondad no tiene fin, me permites sonreír ante todos mis logros que son resultado de tu gran amor y cuando caigo tú me levantas, me haces aprender de mis errores para mejorar día tras día, me has dado la capacidad y fuerzas para terminar este proyecto ya que sin ti mi **DIOS** nada es posible.

Agradezco a mi madre **Sofía Vargas** y mis hermanos por el apoyo incondicional, animándome, colaborando en todo momento de mi vida, gracias mami.

A mi esposo y a toda mi familia por su apoyo, por su paciencia, por su generosidad y por el aliento que me brindan cuando ven que ya no puedo más.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE GENERAL .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1 Descripción del problema .....	2
1.2 Formulación del problema (pregunta de investigación) .....	2
1.3 Justificación .....	2
1.4 Objetivos.....	3
1.4.1 Objetivo General.....	3
1.4.2 Objetivos Específicos .....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA .....	4
2.1 Antecedentes. ....	4
2.2 MARCO TEÓRICO. ....	7
1. SNACK .....	7
1.1. Clasificación de snack .....	7
1.2. Características físicas de un snack.....	8
1.3. Proceso de snack de plátano.....	9
2. PLÁTANO.....	10
2.1. Composición nutricional del plátano.....	10
2.2. Tipos de plátanos para fritura .....	11
3. CÚRCUMA .....	11
3.1. Ubicación Taxonómica .....	12
3.3. Deshidratado de cúrcuma.....	13
3.4. Productos derivados de la cúrcuma .....	14
3.5. Proceso de obtención de cúrcuma en polvo .....	14
4. ULTRASONIDO .....	15
5. FRITURA.....	17
6. TEXTURA.....	18
2.3 Definición de Términos.....	20
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	21
3.1 Ubicación (mapa) .....	21
3.2.1 Materiales.....	21
3.2.2 Métodos .....	22
3.2 Metodología.....	22
3.3.1 Variables .....	33

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	36
V. CONCLUSIONES .....	43
VI. RECOMENDACIONES.....	44
BIBLIOGRAFÍA .....	45
ANEXOS.....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Las características de un snack según la norma técnica peruana NTP 209.226 debe contener: .....	8
<b>Tabla 2.</b> Composición nutricional de plátano por cada 100g .....	10
<b>Tabla 3.</b> Aporte nutricional de la cúrcuma en polvo .....	13
<b>Tabla 4.</b> Composición de ácidos grasos de diferentes tipos de aceites (Galán, 2018). .....	18
<b>Tabla 5.</b> Matriz de tratamientos y combinación de niveles .....	35
<b>Tabla 6.</b> Análisis de varianza de la dureza en relación a diferencia concentración y tiempo .....	38
<b>Tabla 7.</b> Análisis de varianza de la fracturabilidad en relación a diferentes concentraciones y tiempos. ....	40
<b>Tabla 8.</b> Análisis de varianza de la cohesividad en relación a diferentes concentraciones y tiempos. ....	42

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Snacks de plátano palillo .....	10
<b>Figura 2.</b> Aspectos de la cúrcuma (curcuma longa L) .....	12
<b>Figura 3 :</b> Analisis de perfil de textura .....	19
<b>Figura 4:</b> Ubicación geográfica de la E.A.P. de Ing. en Industrias Alimentarias de la UNC. ....	21
<b>Figura 5.</b> Diagrama de flujo para obtención del polvo de cúrcuma .....	23
<b>Figura 6.</b> Materia prima cúrcuma .....	24
<b>Figura 7.</b> Lavado y desinfectado.....	24
<b>Figura 8.</b> Pelado.....	25
<b>Figura 9.</b> Rebanado .....	25
<b>Figura 10.</b> Deshidratado .....	26
<b>Figura 11.</b> Molienda.....	26
<b>Figura 12.</b> Tamizado .....	27
<b>Figura 13.</b> Almacenamiento .....	27
<b>Figura 14.</b> Diagrama de flujo para elaboración de snack de platano con curcuma y pretratamiento con ultrasonido .....	28
<b>Figura 15.</b> Recepción (platano palillo).....	29
<b>Figura 16.</b> Lavado y desinfección.....	29
<b>Figura 17.</b> Escaldado.....	30
<b>Figura 18.</b> Pelado.....	30
<b>Figura 19.</b> Rebanado .....	31
<b>Figura 20.</b> Inmersión de cúrcuma y pretratamiento con ultrasonido .....	31
<b>Figura 21.</b> Fritura.....	32
<b>Figura 22.</b> Escurrido .....	32
<b>Figura 23.</b> Envasado .....	32
<b>Figura 24.</b> Evaluación textural.....	33
<b>Figura 25.</b> Diagrama de diseño experimental. ....	34
<b>Figura 26:</b> Dureza en función del tiempo y concentración de cúrcuma.....	38
<b>Figura 27.</b> Fracturabilidad en función del tiempo de ultrasonido y concentración de cúrcuma .	40
<b>Figura 28.</b> Cohesividad en función del tiempo de ultrasonido y la concentración de cúrcuma..	42

## RESUMEN

La investigación se realizó en el laboratorio (2H- 209) de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentos, de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, este estudio tiene como objetivo general. Determinar el efecto de diferentes concentraciones de cúrcuma y tiempo en el pretratamiento por ultrasonido en las características texturales como dureza, fracturabilidad y cohesividad del snack de plátano palillo. Metodología: El diseño estadístico empleado fue el (DCA) factorial con tres réplicas, se analizaron dos variables independientes clave: la concentración de cúrcuma (0.2%, 0.4% y 0.6%) y la duración del pretratamiento con ultrasonido (2, 4 y 6 minutos) a una temperatura 45°C con una frecuencia de 40 KHz, por lo que las rodajas de plátano palillo verde sometidas en la solución y pre tratadas se realizó una fritura convencional a una temperatura de  $160 \pm 5$  °C durante 3 minutos. Para luego analizar sus características texturales como dureza, fracturabilidad y cohesividad en un Texturometro, que son las variables de respuesta. Posteriormente dicho análisis se realizó mediante análisis multifactorial (ANOVA). Los resultados obtenidos de dureza en función de la concentración en el pretratamiento por ultrasonido si causan efecto significativo con 0,013 valor p de cúrcuma a una concentración de 2% y 0,004 valor p de ultrasonido a un tiempo de 6 minutos, el mismo efecto causó en la variable fracturabilidad. Según los resultados obtenidos para cohesividad nos dice que no causa efecto significativo en el snack por lo que se obtuvo un p-valor 0,337. En conclusión, los factores causan efecto significativo independientemente en las variables estudiadas.

**Palabras claves:** textura, cúrcuma, ultrasonido, dureza, fracturabilidad, cohesividad.

## ABSTRACT

The research was carried out in the laboratory (2H- 209) of the Academic Professional School of Engineering in Food Industries, Faculty of Agricultural Sciences of the National University of Cajamarca, this study has as general objective. To determine the effect of different concentrations of turmeric and time in the ultrasound pretreatment on the textural characteristics such as hardness, fracturability and cohesiveness of plantain stick snack. Methodology: The statistical design used was factorial (DCA) with three replicates, two key independent variables were analyzed: the concentration of turmeric (0.2%, 0.4% and 0.6%) and the duration of ultrasound pretreatment (2, 4 and 6 minutes) at a temperature of 45°C with a frequency of 40 KHz, so that the slices of green banana sticks subjected in the solution and pretreated were conventionally fried at a temperature of  $160 \pm 5$  °C for 3 minutes. Then their textural characteristics such as hardness, fracturability and cohesiveness were analyzed in a Texturometer, which are the response variables. Subsequently, this analysis was carried out by means of multifactorial analysis (ANOVA). The results obtained for hardness as a function of the concentration in the ultrasound pretreatment do cause a significant effect with 0.013 p value of turmeric at a concentration of 2% and 0.004 p value of ultrasound at a time of 6 minutes, the same effect caused in the variable fractureability. According to the results obtained for cohesiveness, it tells us that it does not cause a significant effect on the snack, so a p-value of 0.337 was obtained. In conclusion, the factors cause a significant effect independently on the variables studied.

**Keywords:** texture, curcuma, ultrasound, hardness, fracturability, cohesiveness.

## I. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de investigación se basará en determinar los efectos de las concentraciones de cúrcuma y el tiempo de pretratamiento por ultrasonido en las características texturales como dureza, fracturabilidad y cohesividad de snack de plátano palillo (*Musa paradisiaca* L), el cual lo desarrollaremos en la Universidad Nacional de Cajamarca.

Los snacks son productos procesados de diferentes maneras, a partir de cereales y otras materias primas, siendo los procesos más utilizados las frituras. Los snacks pueden ser productos salados o dulces la cual pueden ser procesados por fritura o por extrusión la cual son sometido a acciones de leudantes o biológicos la cual tienen forma de presentación en su mayoría son envasados (Villafuerte et al., 2015).

“Los chifles son snacks, provenientes del plátano verde, llevados a fritura en aceite vegetal, que anteriormente han pasado por un proceso de selección hasta transformarlos en rodajas o chips, con características crocantes, salados y/o maduros siendo muy tradicionales en Perú” (Arellano, 2018)

En esta investigación a los plátanos agregaremos cúrcuma (*Curcuma longa* L), y expondremos a un pre tratamiento con ultrasonido con el objetivo general determinar el efecto de diferentes concentraciones de cúrcuma y tiempo en el pretratamiento por ultra sonido en las características texturales como dureza, fracturabilidad y cohesividad de snack de plátano palillo (*Musa paradisiaca* L). Los objetivos específicos determinar efecto de diferentes concentraciones de cúrcuma en el pretratamiento por ultrasonido en las características texturales como dureza, fracturabilidad y cohesividad de snack de plátano palillo y determinar efecto del tiempo en el pretratamiento por ultrasonido en las características texturales como dureza, fracturabilidad y cohesividad de snack de plátano palillo (*Musa paradisiaca* L). Utilizando la metodología empleada para este experimento es experimental, hipotético deductivo; por las variables es cuantitativo, los cuales se expresan en un diseño estadístico completamente al azar (DCA) con tres repeticiones y una estructura factorial.

## **1.1 Descripción del problema**

La textura es un atributo de calidad utilizado en la industria de los alimentos, tanto en frescos como procesados, para evaluar la aceptabilidad y la calidad; entre las características principales encontramos la dureza, fracturabilidad, crujencia, adherencia, fracturabilidad entre otros. Los factores constituyentes de la textura pueden ser evaluados por análisis descriptivos sensoriales o instrumentales.

Esta investigación es importante ya que el plátano es uno de los productos más consumidos en nuestra región de Cajamarca ya se maduró o verde por ello realizamos la investigación realizando un snack de plátano palillo (*Musa paradisiaca* L) agregándole diferentes concentraciones de cúrcuma y también realizándole un pretratamiento por ultrasonido a diferentes tiempos para poder determinar el efecto de diferentes concentraciones de cúrcuma y tiempo en el pretratamiento por ultra sonido en las características texturales como dureza, fracturabilidad y cohesividad del snack de plátano palillo.

## **1.2 Formulación del problema (pregunta de investigación)**

¿Cuál es efecto de diferentes concentraciones de cúrcuma y tiempo en el pretratamiento por ultra sonido en las características texturales como dureza, fracturabilidad y cohesividad de snack de plátano palillo?

## **1.3 Justificación**

Esta investigación en esta investigación se determinó la concentración de cúrcuma y el tiempo adecuado expuesto aun pretratamiento por ultrasonido para obtener un snack de plátanos palillos (*Musa paradisiaca* L) con las características texturales como dureza, fracturabilidad y la cohesividad adecuadas. En la industria alimentaria hay un cremento de realización de snack con un valor agregado, ya que utilizaremos cúrcuma (*Curcuma longa* L.), una planta con propiedades antioxidantes debido a los compuestos que poseen, también previniéndonos de enfermedades degenerativas que son provocadas por los radicales libres y produciendo beneficios en la salud humana.

## **1.4 Objetivos**

### **1.4.1 Objetivo General**

Determinar el efecto de diferentes concentraciones de cúrcuma y tiempo en el pretratamiento por ultrasonido en las características texturales como dureza, fracturabilidad y cohesividad del snack de plátano palillo.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Determinar efecto de diferentes concentraciones de cúrcuma en el pretratamiento por ultrasonido en las características texturales como dureza, fracturabilidad y cohesividad de snack de plátano palillo.
- Determinar efecto del tiempo en el pretratamiento por ultrasonido en las características texturales como dureza, fracturabilidad y cohesividad de snack de plátano palillo.

## **1.5 Hipótesis**

El pretratamiento con una concentración menor a 04 % y un tiempo mayor a 4 minutos de ultrasonido si dan mejores características texturales como dureza, fracturabilidad y cohesividad en el snack de plátano palillo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Antecedentes.

Mora (2020), elaboración de chifles de plátano verde (*Musa paradisiaca* L) enriquecidos con polvo de cúrcuma (*Curcuma longa* L) como ingrediente antioxidante, esta tesis esta echa con el objetivo de elaborar chifles de plátano verde (*Musa paradisiaca* L), enriquecidos con polvo de cúrcuma (*Curcuma longa* L) como ingrediente antioxidante para el beneficio de la salud, la metodología que se utilizo es teniendo en cuenta las variables independientes como porcentaje del polvo de cúrcuma, porcentaje de agua y la variable dependiente capacidad antioxidante de los tres tratamientos de los chifles de plátano verde con polvo de cúrcuma y las características físico-químicas y organolépticas: textura, color, olor y sabor del producto terminado de mayor capacidad antioxidante.

Campo et al (2018), determino que el incremento del uso del ultrasonido en el procesamiento de alimentos es debido a las ventajas con respecto al proceso convencional como el tiempo y la temperatura, aumenta la transferencia de masa y energía, eliminación de microorganismos y enzimas sin destruir los nutrientes de los alimentos. Al exponer las muestras del plátano palillo aun pretratamiento por ultrasonido no cambiara su el valor nutritivo del producto.

Delgado (2012), el ultrasonido maneja ondas con frecuencia entre 16KHz y 20MHz, las cuales al ser aplicadas pueden llegar hasta 5MHz en gases o hasta 500MHz en líquidos y sólidos. Ultrasonido y cocción: se ha comprobado que la aplicación de ultrasonido en el proceso de cocción genera una mayor retención de la humedad de los productos tratados, así como una mayor eficiencia energética, lo que optimiza los tratamientos convencionales solo con temperatura. Para aplicar el ultrasonido y todos sus beneficios, es de gran importancia saber las intensidades, el tiempo y el equipo que se debe utilizar para cada tipo de alimento. Frutas: Frecuencia: 20KHz, - Amplitud: 24.4 y 61.0µm, - Tiempo: 2 a 10 minutos. Equipo: Túnel de ultrasonido.

Caballero et al (2022), existen dos formas de aplicación del ultrasonido en la industria alimentaria, ya sea usando un instrumento como un sonotrodo o mediante el baño de agua ultrasónico, la energía acústica producida por los transductores

puede ser directamente aplicada a los productos que se someten a tratamiento, mientras que, en el baño de agua ultrasónico, las ondas ultrasónicas de alta frecuencia se generan en el fondo del recipiente de procesamiento en el que se sumerge el alimento a ser tratado. Para esta investigación utilizaremos el instrumento de baño de agua ultrasónico la cual se sumergirá el alimento para realizar el pretratamiento.

De la Rosa et al (2021), la reacción se desarrolló usando ultrasonido de sonda directa como medio de agitación. El equipo completo de agitación estaba conformado por un procesador de ultrasonido QSONICA Q500, con una potencia nominal de salida de 500W y frecuencia de 20 kHz, provisto de un generador, convertidor, cable convertidor y la sonda (13 mm de diámetro). Se usó un diseño central compuesto con 4 factores y 3 bloques para evaluar la incidencia de los parámetros, en el rendimiento de la transesterificación. Para saber qué tipo de equipo utilizaremos para realizar el pretratamiento con ultrasonido.

Torres et al (2015), la textura es una de las propiedades muy importantes de medición ya que de ello depende la aceptabilidad del consumidor, en donde la dureza es uno de los parámetros más para obtener un alimento tierno y suave. Gracias a equipos como el Texturometro que puede establecer de manera cuantitativa.

(Macías et al., 2023) en su investigación “evaluación de los métodos de extracción de curcumina de la cúrcuma (*Curcuma longa*)”, la metodología que se utilizara es revisar distintas revistas y trabajos de investigación para describir las características e implicaciones de los distintos procesos de extracción de curcumina, para comprenderlos de forma más completa y lograr establecer comparaciones para lo cual utiliza información comparativa.

Correa (2015) nos dice que el “análisis del perfil de textura en frutas, productos cárnicos y quesos”, en este artículo se medirá principales características texturales de los distintos alimentos sólidos y semisólidos con un procedimiento instrumental que simula la masticación de la mandíbula ayuda a medir y a cuantificar parámetros

tales como: dureza, gomosidad, masticabilidad, elasticidad, cohesividad entre otros. Esta información nos ayudara a tener en cuenta cuales son los diferentes factores que influye para determinar la textura de un alimento.

Cabrera (2012) en su artículo la “Aplicación de ultrasonidos de potencia en el pretratamiento y la deshidratación de hortalizas y frutas” citado por Jambrak y col (2007) nos dice que trataron en agua a temperatura ambiente champiñones, coles de bruselas y colibror, con sonda (3 y 10 min , 20 kHz, potencia US: 39 – 43 W/cm<sup>2</sup>) y baño de ultrasonido (3 Y 10 min, 40 kHz, potencia US: 0,5 W/ cm<sup>2</sup>). Se obtuvo como resultado que la muestra tratada por ultrasonido tubo mayor aceptación ya que redujo el tiempo posterior de secado y mejoro las propiedades de deshidratación de las muestras. Esta investigación nos ayudara para tener en cuenta el tiempo que podremos someter las muestras de plátano a un pretratamiento por ultrasonido.

## **2.2 MARCO TEÓRICO.**

### **1. SNACK**

El snack es conocido como chifle y es considerado como comidas rápidas, pero también depende los ingredientes y forma de preparación, lo cual podría considerarse como saludable y nutricionalmente equilibra. (Inga, 2011). La parte importante de un snack de aportar fibra y almidón o fructosa, que brinde energía, dejando de lado los azúcares y las grasa. Con el fin de controlar la sensación de hambre del consumidor.(Arias et al., 2013). Los chifles son rebanadas de plátano verde, tipo hojuelas freídos en aceite.

Según Del Rosario (2018), Citado por (Mora, 2020) nos dice que los snacks de plátano es también conocido como chifle la cual pasan por un proceso de selección hasta transformarlos en rodajas o chips, y llevados a una fritura con aceite vegetal obteniendo como producto final un snack con características crocantes y salados, agregándole sal, colorantes, saborizantes y teniendo diferentes formas de presentación.

Los snacks pueden ser productos salados o dulces la cual pueden ser procesados por fritura o por extrusión la cual son sometido a acciones de leudantes o biológicos la cual tienen forma de presentación en su mayoría son envasados, (Villafuerte et al., 2015).

Por otro lado Garza (2009) citado por Chacón-Orduz et al., (2017) nos dice que un snack saludable es un alimento que se puede consumir en cualquier momento ya que es práctico de consumir por lo que no se considera “comida chátara” algunos han determinado dañinos para la salud a lo largo del tiempo para el consumidor, los snack saludables son alimentos libres de grasas, sin gluten, sin ingredientes artificiales e inclusive sin alergénicos.

#### **1.1. Clasificación de snack**

Según la norma técnica peruana NTP 209.226 nos dice que los snacks se clasifican en:

##### **A. Por su sabor se clasifican en:**

- a. Salados: son snack que se le agregan un sazón como la sal, lo podemos encontrar como fritos o extruidos que son expuestos a la acción de leudantes químicos o bioquímicos, la cual lo encontramos en diversas presentaciones.

- b. Dulces: son ala cual se le agrega edulcorantes lo podemos encontrar como fritos o extruidos que son expuestos a la acción de leudantes químicos o bioquímicos, la cual lo encontramos en diversas presentaciones.
- c. Sabores especiales: son snack con una mezcla de sabores la cual se pueden encontrar como fritos y extruidos.

**B. Por el proceso de elaboración**

- a. Fritos: son aquellos que se pasa por un proceso de fritura ya sea sometidos directamente al aceite o fritos al vacío, agregándole posteriormente saborizantes, colorantes u otros.
- b. Extruidos: son una mezcla de diferentes materias primas previamente tratados la cual son sometidas a un proceso de extracción.

**1.2. Características físicas de un snack**

Es una porción pequeña de alimento que se consume como entre comidas Principales con la finalidad de brindar energía, un snack saludable debe ser bojo en sal, que aporte carbohidratos, que sea rico en fibra, que sea fresco, que contenga grasas saludables y bajo en azúcar.

**Tabla 1.** Las características de un snack según la norma técnica peruana NTP 209.226 debe contener:

Características	Fritos	Extruidos
Humedad máxima	3%	6%
Cenizas torales, máximo	4%	4%
Índice de peróxido, máximo	5meq/kg	5meq/kg
Índice de acides, expresión en ácido oleico máximo	0.30%	0.30%

### 1.3. Proceso de snack de plátano

Según (Arellano, 2018) el proceso de elaboración de snack de plátano consta de los siguientes pasos de proceso:

- **Recepción de la materia prima:** es el primer paso la cual se tendrá en cuenta el grado de madurez visualmente.
- **Selección:** para la selección de la materia prima teniendo en cuenta el estado de madurez del plátano ya que si los plátanos estuviesen muy maduros tendría un cambio de color en el producto final.
- **Escaldado y pelado:** el producto seleccionado es sometido a un escaldado de agua hirviendo por un tiempo de 3 a 5min con una temperatura de 150°C, para luego ser pelados con un cuchillo de acero inoxidable.
- **Rebanado:** se corta haciendo rebanadas transversales con un espesor de 1 a 1.5 mm para ello se utiliza una cortadora manual que corte en láminas.
- **Cocción o fritura:** las rebanadas de plátanos se someten a la operación de fritura con un aceite vegetal a una temperatura de 105°C, por un tiempo de 3 a 5 minutos aproximadamente, controlando continuamente la temperatura y el tiempo de fritura ya que de esto depende evitar la reacción de Maillard.
- **Ecurrido y enfriado:** para este proceso se realiza utilizando un papel absorbente por un tiempo de 1 a 2 horas, con el objetivo de eliminar el exceso de aceite.
- **Envasado:** en este proceso se adiciona la sal al 1.5%, se Esto tiene por objeto mejorar el sabor del producto, se mezclan para homogenizar y así se logre una buena distribución de las partículas de sal en todas las hojuelas.
- **Pesado:** se realiza en bolsas dependiendo de la cantidad establecida en la etiqueta.
- **Sellado y empacado:** las bolsas se sellan herméticamente tarando de eliminar mayor posible el oxígeno (aire) dentro de la bolsa.
- **Almacenamiento:** Finalmente son almacenadas en cajas de cartón para evitar la luz solar, quedando así listas para ser distribuidas.

**Figura 1.** Snacks de plátano palillo



## 2. PLÁTANO

El plátano (*Musa acuminata*) pertenece al género *musa* y son cultivados en climas tropicales, son caracterizadas por ser plantas grandes la cual tienen bases foliares y forman pseudotallos, las hojas son muy grandes con un nervio central muy desarrollado y los demás son hojas peñadas. Los nombres científicos más conocidos son *Musa sapientis* que son los bananos y *Musa paradisiaca* los plátanos, los bananos son los que se consumen maduros y los plátanos son los que se consumen cocinados, asados y fritos (Gomes, 2012).

El plátano tiene una forma cilíndrica con tres ángulos pronunciados la cual se puede contener vitaminas como A, B1, B2 y C, y también proporciones de minerales como potasio, sodio, calcio y manganeso. (Vallejo, 2012).

“El plátano aporta principalmente hidratos de carbono complejos y almidones, pero a diferencia de otros alimentos ricos en almidones como la patata, la mayoría de los almidones del plátano verde son retrógrados, es decir que actúan como fibra, porque no son asimilables para el organismo” (Arellano, 2018)

### 2.1. Composición nutricional del plátano

En la siguiente tabla nos muestra las propiedades nutricionales de plátano

**Tabla 2.** Composición nutricional de plátano por cada 100g

Componentes	Unidades	Valor
Energía	Kcal	122
Agua	%	65,6
Carbohidratos	%	32,3
Proteínas	%	1
Fibra	%	0,5
Grasa	%	0,3
Ceniza	%	0,8
B-caroteno (vitamina A)	Ppm	1,7

Esta tabla de composición nutricional según Paz y Pesantez, 2013 Citado por (Mora, 2020).

---

## 2.2. Tipos de plátanos para fritura

- a. **Plátano macho:** es un plátano (*Musa balbisiana*) que pertenece a la familia de los plátanos, pero a diferencia del plátano tradicional, se trata de forma similar a la patata en la cocina. Son más duros y poseen más almidón. Generalmente, son también más grandes que el plátano tradicional. Las mejores formas de preparación de estos plátanos son fritos, asados y al horno. (Guerrero, 2014).

Los plátanos son ricos en azúcares (levulosa, glucosa y sacarosa) por su naturaleza la cual contiene un alto valor nutricional también contiene vitamina A, B1, B2 y vitamina C, minerales como calcio, fósforo, hierro, potasio, magnesio y zinc. Esta fruta es una de las más concentradas en principios energéticos por lo que nutre, alcaliniza y desintoxica al organismo dejando residuos alcalinos en el cuerpo, es rico en lípidos volátiles por lo que producen una aceleración antiséptica en el conducto intestinal (Juárez et al., 2008).

- b. **Plátano palillo:** su nombre científico (*Musa paradisiaca* L), Presenta una planta robusta, tronco grueso de color verde, pero de menor estatura que el de Seda. Fruto grande, transversalmente redondo, cáscara amarilla cuando madura. (Guerrero, 2014)

## 3. CÚRCUMA

La cúrcuma llamada científicamente (*curcuma longa* L) es una planta herbácea perenne, la cual es originaria del sur de Asia y algunas partes de África, esta planta es usada en diferentes sectores tales como medicina, cosméticos, gastronomía y en la industria alimentaria, sus compuestos fotoquímicos son los responsables del color amarillo característico de la cúrcuma. La cúrcuma contiene curcuminoides (3%-5%), sustancias colorantes amarillas, como curcumina (0,3%-5%), monodesmetoxicurcumina (0,8%) y dimetoxicurcumina (0,5%), que son químicamente diferulometanos. La cúrcuma contiene diferentes macronutrientes tales como energía, proteínas, lípidos, carbohidratos y azúcares totales, (Zelada, 2021)

Según (Ibrahim et al., 2021), la cúrcuma es comercialmente disponible como rizomas enteros también lo podemos encontrar en seco y curado mediante cocción en agua, secado a la sombra y pulido también lo podemos encontrar como cúrcuma en polvo, extractos y oleorresinas, pero la forma más común consumida como

cúrcuma en polvo.

Los tres componentes curcuminoides de la cúrcuma influyen mucho, la curcumina (diferuloilmetano; es el responsable de dar el color amarillo vibrante de la cúrcuma y es el principal componente, la dimetoxicurcumina y bisdemetoxicurcumina, esto lo podemos encontrar en aceites volátiles (tumerona, atlantona y zingiberona), azúcares, proteínas y resinas.(Ochoa et al., 2013).

**Figura 2.** Aspectos de la cúrcuma (*Curcuma longa* L.)



### 3.1. Ubicación Taxonómica

Nombre científico: *Curcuma longa* L.

Sinónimos: yuquilla (amarilla), turmérico, jengibrillo, Azafrán cimarrón

Clase: Liliopsida

Subclase: Zingiberidae

Orden: Zingiberales

Familia botánica: Zingiberaceae.

Género: Cúrcuma

Origen: Asia Tropical

Nota: ubicación taxonómica según Almeida (2015);

### 3.2. Aporte nutricional

**Tabla 3.** Aporte nutricional de la cúrcuma en polvo

Compuesto	Valor por 100 g	Compuesto	Valor por 100 g
Agua	12,8 g	Riboflavina (vitamina B2)	0,15 mg
Energía	312 Kcal	Niacina (vitamina B3)	1,35 mg
Energía	1300 KJ	Ácido pantoténico (vitamina B5)	0,542 mg
Proteína	9,68 g	Piridoxina (vitamina B6)	0,107 mg
Lípidos (grasa total)	3,25 g	Folato total (vitamina B9)	20 µg
Ceniza	7,08 g	Alfa-tocoferol (vitamina E)	4,43 mg
Carbohidratos	67,1 g	Tocoferol, beta	0,01 mg
Fibra dietética total	22,7 g	Tocoferol, gamma	0,72 mg
Azúcares totales	3,21 g	Tocotrienol, alfa	0,12 mg
Sacarosa	2,38 g	Tocotrienol, gamma	0,05 mg
Glucosa (dextrosa)	0,38 g	Filoquinona (vitamina K)	13,4 µg
Fructosa	0,45 g	Ácidos grasos saturados totales	1,84 g
Calcio (Ca)	168 mg	Ácidos grasos monoinsaturados totales	0,449 g
Hierro (Fe)	55 mg	Ácidos grasos poliinsaturados totales	0,756 g
Magnesio (Mg)	208 mg	Ácidos grasos trans totales	0,056 g
Fósforo (P)	299 mg	Ácidos grasos trans-monoenoico totales	0,056 g
Potasio (K)	2080 mg	Colina total	49,2 mg
Sodio (Na)	27 mg	Cisteína	0,15 g
Zinc (Zn)	4,5 mg	Lisina	0,38 g
Cobre (Cu)	1,3 mg	Metionina	0,14 g
Manganeso (Mn)	19,8 mg	Fenilalanina	0,53 g
Selenio (Se)	6,2 µg	Tirosina	0,32 g
Ácido ascórbico (vitamina C)	0,7 mg	Valina	0,66 g
Tiamina (vitamina B1)	0,058 mg	Arginina	0,54 g
Betaína	9,7 mg	Histidina	0,15 g
Triptófano	0,17 g	Alanina	0,33 g
Treonina	0,33 g	Ácido aspártico	1,86 g
Isoleucina	0,47 g	Ácido glutámico	1,14 g
Luecina	0,81 g	Glicina	0,47 g
Lisina	0,38 g	Prolina	0,48 g
Metionina	0,14 g	Serina	0,28 g

Esta tabla de aporte nutricional según (Alvarez et al., 2023)

### 3.3. Deshidratado de cúrcuma

La deshidratación es un método más importante de conservación de alimentos, con este método se obtienen productos con menor peso y densidad teniendo como resultado reducción de costo de almacenamiento y distribución, además disminuyendo la actividad de agua del alimento y aumentado el tiempo de vida útil del producto (Zelada 2021).

Es un método mediante el cual se elimina o reduce los niveles de humedad paulatinamente del alimento, existe diferentes técnicas de deshidratado que van reduciendo el agua hasta obtener una masa seca. Según Quintero (2018) nos dice que la deshidratación es una eliminación de niveles de humedad de cuerpo para ello se utiliza diferentes procesos para ir eliminando paulatinamente la humedad del

alimento y obtener una masa seca del elemento. Resaltando que es una forma natural de conservación del alimento sin adicionar ninguna sustancia sintética la cual se considera que es un producto orgánico. Análogicamente, no solo se debe controlar el volumen del agua sino también la temperatura y el tiempo de deshidratado ya que de eso depende las características organolépticas y nutricionales del producto final.

**Horno:** es una cabina cerrada y el calor generado por dos ventiladores de flujo de aire caliente circula transversalmente por las mallas, pase por el producto y sea evacuado hacia el exterior gracias a un extractor de aire. La circulación del aire hace que el producto del intercambio de vapor sea mayor y el secado sea más rápido (Vega et al., 2018)

### 3.4.Productos derivados de la cúrcuma

La cúrcuma es utilizada en la industria de alimentos principalmente como colorante, antioxidante e ingrediente funcional, los colorantes son utilizados como en galletas, gelatinas, en salsas, etc. (Zelada, 2021), de la cúrcuma se puede extraer:

- Aceite
- Cúrcuma en polvo
- Extractos
- Liofilizado

### 3.5. Proceso de obtención de cúrcuma en polvo

Este proceso se realiza siguiendo los siguientes pasos según (Mora, 2020):

- **Recepción de materia prima:** este proceso se desarrolla teniendo en cuenta las características físicas como: rizomas frescos, sanos, color naranja intenso, textura firme, olor astringente y aromático.
- **Limpieza:** se realiza un lavado por inmersión de agua con hipoclorito de sodio al 5%, con el fin de eliminar las materias extrañas y la tierra de la cúrcuma.
- **Selección:** este proceso se desarrolla teniendo en cuenta el color y la textura.
- **Clasificación:** este proceso se tiene en cuenta las características de calidad como el tamaño, color, textura adecuadas para el producto final.
- **Pelado:** para este proceso se pela la cúrcuma utilizando un cuchillo de acero inoxidable.

- **Troceado:** se realiza cortando la cúrcuma en rodajas finas de 0.5mm espesor, teniendo en cuenta que debe ser homogéneas para obtener un secado adecuado.
- **Secado:** para este proceso se realizará en un deshidratador de bandejas en una cabina cerrada, a una temperatura de 45°C durante 48horas para eliminar.
- **Molienda:** para este proceso se utiliza un molino de rodillo con el fin de triturar la cúrcuma ya deshidratada y volviéndola en polvo obteniendo unas partículas de 50micras.
- **Tamizado:** para este proceso se utiliza un tamizador de mallas de 150micras de acero inoxidable para ello se realizará por 3 veces el tamizado.
- **Envasado:** en este proceso de utilizar una bolsa con cierre hermético para proteger el producto de la luz y humedad conservando sus nutrientes y evitando el crecimiento de microorganismos.
- **Almacenado:** el producto se almacenará en un lugar seco, con buena ventilación y a temperatura ambiente.

#### 4. ULTRASONIDO

(Ruiz et al., 2022) indica que el ultrasonido es considerado con alto potencial tanto como en el procesamiento y conservación de alimentos, este instrumento es capaz de mantener y preservar las características organolépticas del alimento y mantener las condiciones nutricionales con los requisitos que demanda la sociedad. Además, (Ozuna & Martinez, 2012) menciona que, es un método capaz de reducir el tiempo de proceso y mejorara los atributos de calidad del alimento, también es considerado una tecnología limpia y de gran potencial para los procesos como secado, envasado, extracción, etc. Las aplicaciones de las ondas ultrasónicas se dividen por lo general en dos grupos: baja y elevada intensidad. Las aplicaciones de baja intensidad son aquellas cuyo objetivo es obtener información acerca del medio de propagación sin producir ninguna modificación en su estado. Por el contrario, las aplicaciones de elevada intensidad son aquellas en la que la energía ultrasónica se utiliza para producir cambios permanentes en el medio tratado.

##### **Efectos del ultrasonido en los alimentos**

El efecto conservador del ultrasonido está asociado a los fenómenos complejos de cavitación gaseosa, que explican la generación y evolución de microburbujas en

un medio líquido. La cavitación se produce en aquellas regiones de un líquido que se encuentran sometidas a presiones de alta amplitud que alternan rápidamente. Durante la mitad negativa del ciclo de presión, el líquido se encuentra sometido a un esfuerzo tensional y durante la mitad positiva del ciclo experimenta una compresión. El resultado es la formación ininterrumpida de microburbujas cuyo tamaño aumenta miles de veces en la alternancia de los ciclos de presión. Las microburbujas que alcanzan un tamaño crítico explotan o colapsan violentamente para volver al tamaño original ya que la implosión supone la liberación de toda la energía acumulada, ocasionando incrementos de temperatura instantáneos y focales, que se disipan sin que supongan una elevación sustancial de la temperatura del líquido tratado. Sin embargo, la energía liberada, así como el choque mecánico asociadas al fenómeno de implosión, afectan la estructura de las células situadas en el microentorno por lo que se considera que, dependiendo de la frecuencia empleada y la longitud de las ondas de sonido, se pueden generar diferentes cambios físicos, químicos y bioquímicos que pueden emplearse en un sinnúmero de aplicaciones en los diferentes campos industriales (Herrero & Romero, 2016)

### **Aplicaciones del ultrasonido**

- Ultrasonido para mejorar la viscosidad y textura
- Inactivación microbiana y de enzimas
- Ultrasonido en el proceso de secado
- Filtración asistida por ultrasonido
- Ultrasonido como método antiespumante
- Despolimerización por ultrasonido
- Conservación
- Freír

### **Equipos ultrasonidos de baja y alta potencia**

La baja potencia del ultrasonido es usada para monitorear propiedades y composición fisicoquímicas de los alimentos a través de la cavitación esta técnica es utilizada durante el proceso de almacenamiento, la cual es crucial para controlar las propiedades y calidad de los alimentos. El uso de Ultrasonido de Baja o Alta densidad genera diferentes condiciones en el alimento, por ello dependiendo de los requerimientos debe ser el tratamiento utilizado. Los de baja potencia son técnicas no destructivas, ayudan a conocer las propiedades fisicoquímicas de los

alimentos como textura, Composición, el estado físico también no modifica las propiedades físicas del alimento. Los ultrasonidos de altas potencias son técnicas destructivas, ayudan a conocer la velocidad de emulsiones y modifica las propiedades de los alimentos (Ruiz et al., 2022).

## **5. FRITURA**

La fritura es una de las técnicas más rápidas la cual influye en el sabor y en la textura del producto y es fundamental para la industria alimentaria. El aceite cumple una función muy importante ya que actúa como medio transportador de calor (Paola & Guerrero, 2005).

(Korrep, 2008) “Se entiende por fritura al proceso culinario que consiste en introducir un alimento en un baño de aceite o grasa caliente a temperaturas elevadas (150-200° C), donde el aceite actúa de transmisor del calor produciendo un calentamiento rápido y uniforme del producto”.

(Avalos, 2014) nos dice que la “fritura es un proceso físico-químico en el cual el producto a freír (papas, plátanos, etc.) se somete a una temperatura alta con el propósito de modificar la superficie del producto, impermeabilizándolo de alguna manera, para controlar la pérdida de agua desde su interior. De esta forma, es posible conservar muchas de las características propias del alimento. Mejorando en la mayoría de los casos, su sabor, firmeza, aspecto y color”.

### **5.1. Tipos de fritura**

El tipo de puede clasificarse dependiendo de varios criterios como:

#### **a. Superficial**

Este proceso se realiza en un recipiente plano con bajo un nivel de aceite quedando fuera una parte del alimento la cual la parte sumergida del alimento se fríe y la parte externa se cose con el vapor interno generado al calentarse (Universidad pública en Buenos Aires, 2008).

#### **b. Profunda**

Es un proceso muy importante de la cocción, ya que es práctico y rápido, en las sociedades industrializadas es un parámetro fundamental la rapidez. La fritura profunda es un alimento apetecible por su textura y su sabor (Paola & Guerrero, 2005).

En este proceso se realiza sumergiendo totalmente el alimento, con niveles altos de aceite la cual conseguimos un alimento frito uniformemente este proceso se realiza en frituras industriales, la cual controlan el proceso y la calidad del proceso. También existen frituras continuas y discontinuas, la fritura continua se trata de la producción altamente automatizada, para ello la materia prima es incorporada continuamente para mantener constante la producción del producto. En la discontinua este proceso se realiza en una sartén o en freidora (Universidad pública en Buenos Aires, 2008).

## 5.2. Aceite

El aceite actúa como un medio de transmisor de calor en la fritura, las altas temperaturas como 175°C y 185°C ayudan que se formen una capa en la superficie del producto para evitar que se desprenda el vapor rápidamente, la cual facilita que el alimento tenga una cocción interior, esto también provoca que la superficie sufra un tostado, pardeamiento o caramelización enzimática (Paola & Guerrero, 2005).

Existen gran variedad de aceites para freír alimentos como de oliva, palma, soya, canola, maíz y girasol, la cual cada aceite presenta diferente composición ácido graso (Galán, 2018):

**Tabla 4.** Composición de ácidos grasos de diferentes tipos de aceites (Galán, 2018).

tipo de aceite	Ácidos (g/100g aceite)			
	Saturados	Monoinsaturados	poliinsaturados	Trans
Palma	49.300	37.000	9.300	SRD
Soya	15.650	22.783	57.740	0.533
Canola	7.365	63.276	28.142	0.395
girasol	9.009	57.334	28.962	0.219
Oliva	13.808	72.962	10.523	SRD
Maíz	12.95	27.576	54.677	0.286

## 6. TEXTURA

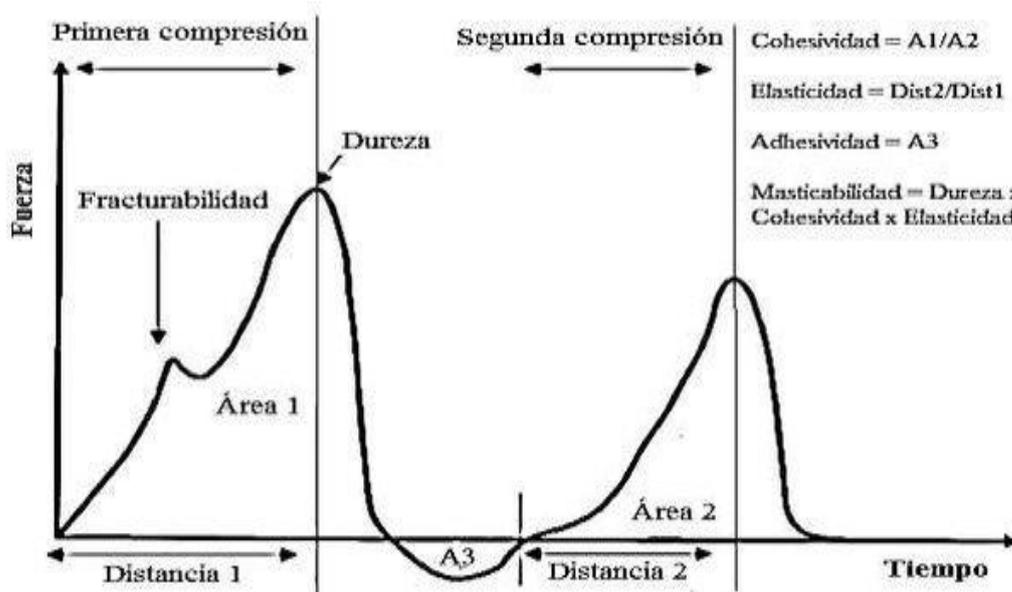
Conjunto de propiedades físicas que dependen de las estructuras macro y microscópicas del alimento, es la manifestación sensorial y funcional de las propiedades estructurales, mecánicas y superficiales de los alimentos, determinadas a través de los sentidos, con propiedades mecánicas están relacionadas con la reacción de producto a una fuerza. Donde la textura juega un papel importante en la valoración del alimento y a menudo se utiliza para juzgar la calidad y la aceptación del alimento (Muñoz, 2014).

Las propiedades texturales de los alimentos son aquellas que están relacionadas con el flujo, deformación y desintegración del producto y las cuales pueden ser evaluadas mediante un Análisis de Perfil de Textura (TPA), cuya prueba consiste en una prueba de doble compresión donde se someten muestras del alimento a una compresión de 80 a 90 % con respecto a la altura inicial. Los principales parámetros texturales obtenidos con el análisis de perfil de textura son: fractura, dureza, cohesión, adhesividad, gomosidad y masticación, resortabilidad.

**Dureza:** es la máxima fuerza registrada en cualquier momento durante el primer ciclo de compresión. 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 (Torres, 2015).

**Fracturabilidad:** es la primera caída significativa de la curva durante el primer ciclo de compresión, producto de un alto grado de dureza y bajo grado de cohesividad, Se refiere a la dureza con la cual el alimento se desmorona, cruje o revienta y se expresa en unidades de fuerza, Newton. (Szczesniak 2002)

**Cohesividad:** coeficiente entre el área positiva bajo la curva de fuerza de la segunda compresión (Área2) y el área bajo la curva de la primera compresión (Área 1). La cual indica la tendencia a estar más unido el producto y su menor tendencia a desintegrarse debido a la acción mecánica (Bourne, 2002)



**Figura 3 :** Analisis de perfil de textura según, (Igor & Velasco, 2010).

### 2.3 Definición de Términos

- **Cohesividad:** representa la fuerza con la que están unidas las partículas del snack, límite hasta el cual se puede deformar antes de romperse la muestra, relación  $A_2/A_1$  (relación entre el área del segundo ciclo  $A_2$  y el área positiva del primer ciclo  $A_1$ ).
- **Concentración:** cantidad de cúrcuma utilizada para agregarle a las láminas de plátano.
- **Dureza:** es la fuerza requerida para comprimir el snack de plátano palillo, medido en newton (N).
- **Fracturabilidad:** es la dureza con la cual el snack de plátano se desmorona, cruje o revienta medido en newton (N).
- **Snack:** es una hojuela “chip” elaborado de plátano palillo que son rebanados y fritos en aceite.
- **Textura:** es una característica física del snack que depende de la estructura de la hojuela de plátano con cúrcuma expuesta aun pretratamiento con ultrasonido.
- **Tiempo:** colocar los plátanos con cúrcuma a un pretratamiento con ultrasonido con 3 tiempos establecidos.
- **Ultrasonido:** someter el snack a ondas sonoras a una frecuencia de 40kHz por tres tiempos.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación (mapa)

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 escuela profesional de ingeniería en industrias alimentarias, especialmente en el laboratorio de análisis de alimentos.



**Figura 4:** Ubicación geográfica de la E.A.P. de Ing. en Industrias Alimentarias de la UNC (Elaboración Propia).

#### 3.2.1 Materiales

##### a) Materia prima

- **Cúrcuma en polvo:** se obtuvo de las raíces de la cúrcuma provenientes de Áncash, los mismos que serían adquiridos en el mercado central de Cajamarca.
- **Plátano palillo:** los frutos obtuvieron de la provincia de Jaén de la asociación de productores Divino Niño. Con el respectivo grado de madurez fisiológica.

##### b) Materiales y equipos de laboratorio

- Cuchillo
- Olla
- Cortador para hojuelas

- Freidora
- Escurridor
- Balanza analítica
- Balanza
- Vasos de precipitado
- Ultrasonido
- Bolsas herméticas de polipropileno

### 3.2.2 Métodos

- **Medición textural:** se realizó con un equipo que un Texturometro de brookfield Engineering Labs. Inc. con los accesorios para medir dureza, fracturabilidad, cohesividad.

### 3.2 Metodología

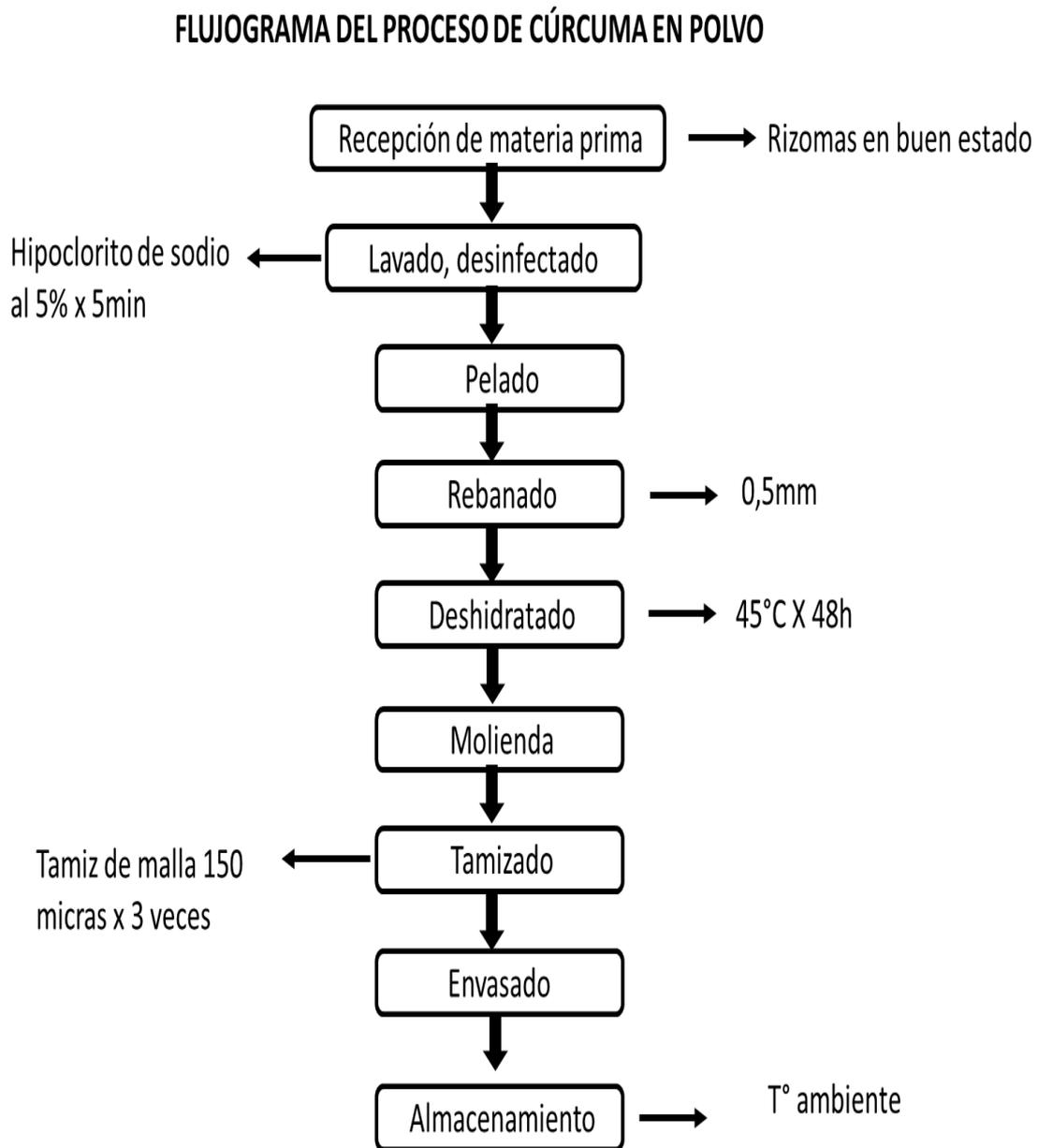
El presente trabajo se desarrolló en el laboratorio de la escuela profesional de industrias alimentarias (2H- 106) de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca.

## OBTENCION DE LA CÚRCUMA EN POLVO

Para la obtención de la cúrcuma se utilizó los rizomas de la cúrcuma (azafrán) mediante los pasos descritos a continuación:

### Flujo para la obtención de cúrcuma en polvo

**Figura 5.** Diagrama de flujo para obtención del polvo de cúrcuma (López, 2017)



## Descripción del proceso de obtención de cúrcuma en polvo

**1. Materia prima:** El rizoma fresco de la cúrcuma se recolectó del mercado central de la ciudad de Cajamarca la cual fue traída de la ciudad de Chiclayo.

**Figura 6.** Materia prima cúrcuma



**2. Lavado y desinfectado:** Se realizó el lavado en una bandeja de acero inoxidable con agua e hipoclorito de sodio al 5% por litro por 10 min, moviendo constantemente para eliminar la tierra y materias extrañas de los rizomas Arrigo.

**Figura 7.** Lavado y desinfectado



- 3. Pelado:** Se realizó con un cuchillo para quitarle la cascara la a cúrcuma con la finalidad de obtener producto final con el color característico del polvo de cúrcuma amarillo intenso.

**Figura 8.** Pelado



- 4. Rebanado:** Se rebano los rizomas en láminas de 0,5 mm utilizando un rallador para un apropiado secado (Calvo, 2017).

**Figura 9.** Rebanado



5. **Deshidratado:** se colocó las láminas de cúrcuma en bandejas de acero inoxidable y fue llevado a la estufa a una temperatura 45 °C durante de 48 horas para eliminar humedad (Mora, 2020).

**Figura 10.** Deshidratado



6. **Molienda:** Se realizó en una licuadora hasta conseguir que la cúrcuma previamente deshidrata se transforme en polvo con el objetivo de una disminución en el tamaño de las partículas de 50 micras (Quispe, 2017).

**Figura 11.** Molienda



7. **Tamizado:** Se realizó en un tamizador de 150micras de acero inoxidable para ello se realizará por 3 veces el tamizado (Mora, 2020)

**Figura 12.** Tamizado



8. **Envasado y Almacenamiento:** Se envaso en tapers con tapa rosca y almacenado en un lugar fresco a temperatura ambiente.

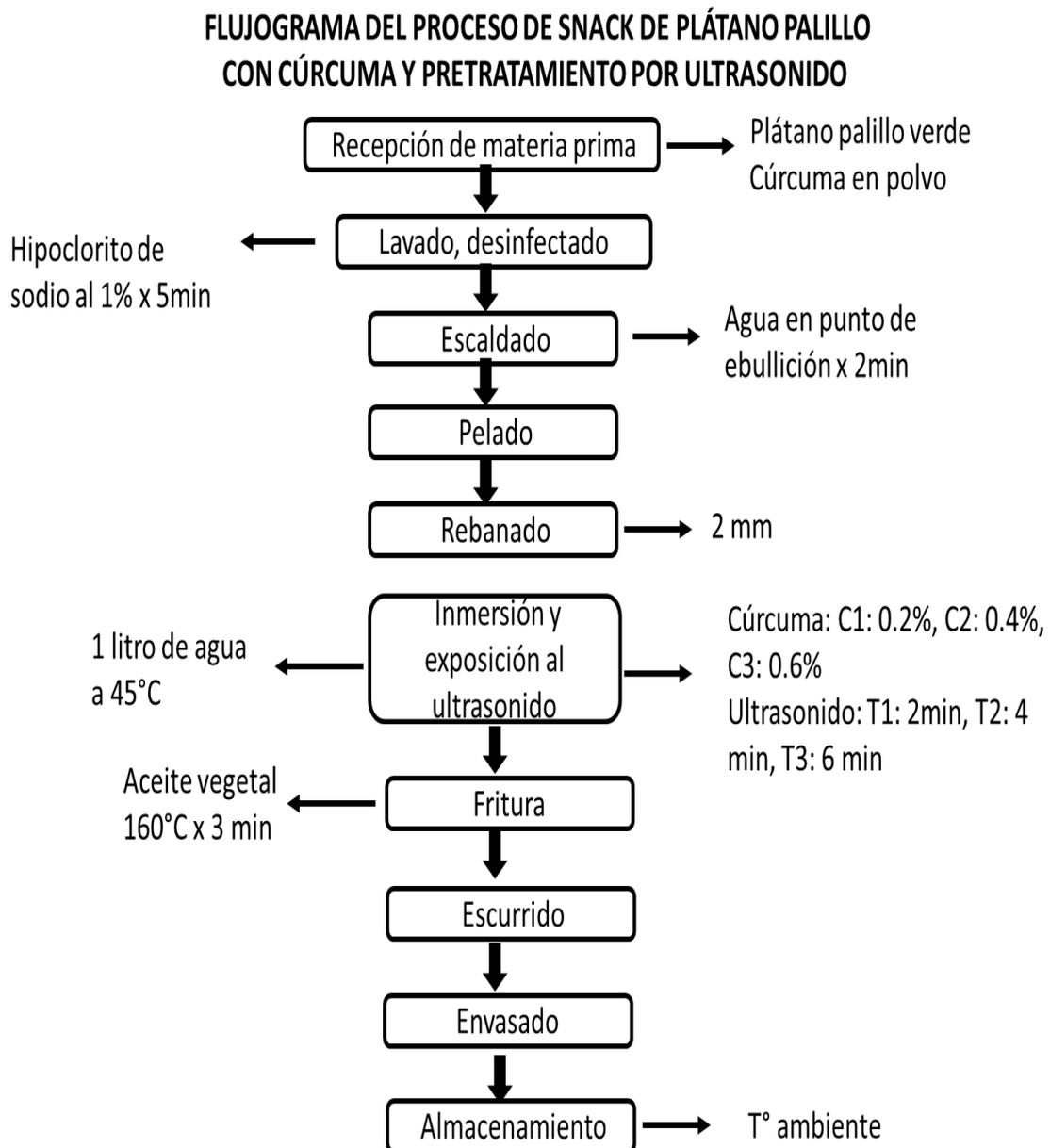
**Figura 13.** Almacenamiento



## Elaboración de snack de plátano palillo con cúrcuma y pretratamiento con ultrasonido

diagrama de flujo de elaboración de snack de plátano palillo con impregnación de cúrcuma y pretratamiento con ultrasonido

**Figura 14.** Diagrama de flujo para elaboración de snack de plátano con cúrcuma y pretratamiento con ultrasonido (Mora, 2020)



Para la elaboración del snack de plátano palillo con impregnación de cúrcuma se realizó los siguientes pasos:

1. **Recepción de la materia prima:** El plátano palillo se obtuvo de la Provincia de Jaén de la Región de Cajamarca.

**Figura 15. Recepción (plátano palillo)**



2. **Lavado y desinfectado:** Se realizó en un tazón de acero inoxidable con agua e hipoclorito de sodio al 0,01 % (Robles, 2007)

**Figura 16. Lavado y desinfección**



- 3. Escaldado:** Se realizó en una olla en agua hirviendo por un tiempo de 2 minutos con la finalidad de disminuir el látex y la adherencia de la cascara (Vilca, 2016).

**Figura 17.** Escaldado



- 4. Pelado:** se pela el plátano con un cuchillo ya que la eliminación de la cáscara constituye uno de los procesos más importantes dentro del procesamiento de plátanos verdes, debido a la adherencia de ésta a la pulpa y a la presencia del látex en la cáscara (Robles, 2007)

**Figura 18.** Pelado



5. **Rebanado:** se realizó con un cortador de 1,5 a 0,2 mm de espesor, se emplearon cortes en forma de rodajas finas obteniendo cortes uniformes (Pizco, 2015).

**Figura 19.** Rebanado



6. **Inmersión de cúrcuma y pretratamiento con ultrasonido:** en esta etapa se sumergió 100g de plátano en rodajas en una solución de cúrcuma en polvo en 1 litro de agua a diferentes concentraciones de (0,2; 0,4 y 0,6 % de cúrcuma) ((Mora, 2020), en un baño ultrasónico fijado a una frecuencia ultrasónica 40KHz, durante tres tiempos diferentes (2, 4 y 6 minutos) a 45 °C de temperatura (Vasquez & Ita, 2014).

**Figura 20.** Inmersión de cúrcuma y pretratamiento con ultrasonido



7. **Fritura:** se realizó en una freidora convencional con aceite vegetal en ebullición a una temperatura constante de 160°C, por 3 minutos (Sañudo et al., 2003).

Según Viera (2005) Las hojuelas se sumergen en el aceite a una temperatura de 175-180 °C. Es necesario mover las hojuelas constantemente para evitar que se adhieran unas con otras, teniendo

cuidado que no se rompan. Cuando las hojuelas están en su punto de cocción (aproximadamente 3,5 minutos), se retiran del aceite en coladeras.

**Figura 21.** Fritura



8. **Escurreido:** se realizó un colado de acero inoxidable y luego colocado en papel absorbente tratando de que se absorba el aceite restante de las muestras (Arellano, 2018).

**Figura 22.** Escurreido



9. **Envasado:** se colocó en bolsas herméticas de polipropileno para evitar que el aire ingrese al producto final y provoque algún tipo contaminación (Arellano, 2018).

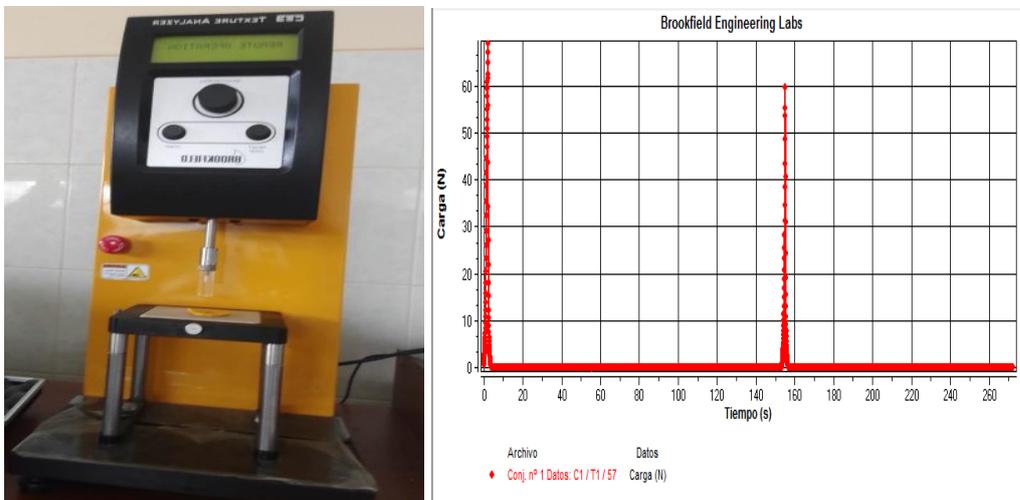
**Figura 23.** Envasado



10. **Evaluación textural:** Para evaluar la textura, cada muestra de snack se colocó 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/s y 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 de platano.

**Figura 24.** Evaluación textural



### 3.3.1 Variables

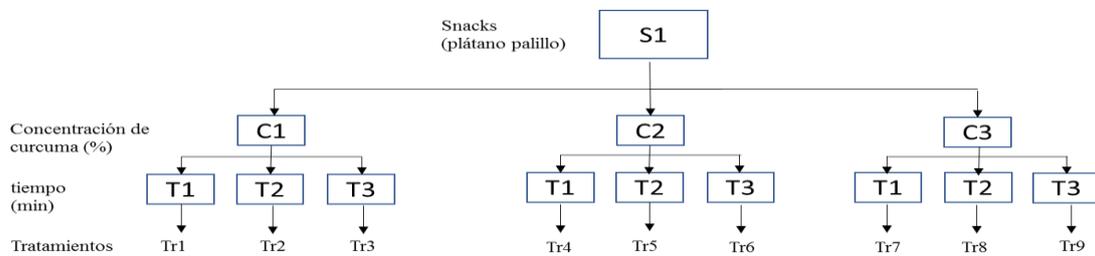
- Independientes
  - ✓ Concentraciones de cúrcuma: 0.2%, 0.4%, 0.6%
  - ✓ Tiempo de exposición al ultrasonido: 2, 4, 6 min
- Dependientes
  - ✓ Textura: Dureza, fracturabilidad, cohesividad.

### 3.2.1 Diseño experimental, arreglos de los tratamientos

La metodología empleada para este experimento es experimental, hipotético deductivo; por las variables es cuantitativo, los cuales se expresan en un diseño estadístico completamente al azar (DCA) con tres repeticiones y una estructura factorial de 3A x 3 B (3<sup>2</sup>). El primer factor (A) concentración (C1 = 0.2%, C2=0.4%, C3 0.6%, el factor (B) corresponde al tiempo en minutos (M1= 2min, M2= 4min, M3=6min), con 9 tratamientos, donde las variables propuestas es medición textural midiendo dureza, fracturabilidad y cohesividad.

Donde:

**Figura 25.** Diagrama de diseño experimental.



Donde:

S1= snack de plátano palillo  
 C1= concentración de curcuma a 0.2%  
 C2= concentración de curcuma a 0.4%  
 C3= concentración de curcuma a 0.6%  
 T1= tiempo de pretratamiento por ultrasonido de 2 minutos  
 T2= tiempo de pretratamiento por ultrasonido de 4 min  
 T3= tiempo de pretratamiento por ultrasonido de 6min

Se tomaron dichos tratamientos para determinar las características texturales:

Tr1= tratamiento 1  
 Tr2= tratamiento 2  
 Tr3= tratamiento 3  
 Tr4= tratamiento 4  
 Tr5= tratamiento 5  
 Tr6= tratamiento 6  
 Tr7= tratamiento 7  
 Tr8= tratamiento 8  
 Tr9= tratamiento 9

### 3.3.4 Modelo estadístico

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk};$$

$i = 1, \dots, a = 3; j = 1, \dots, b = 3; k = 1, \dots, n_{ij}$  con  $n_{ij} \geq 0$  el número de repeticiones.

Dónde;

$\mu$  = efecto verdadero medio

$\alpha_i$  = efecto verdadero del  $i$ -ésimo nivel del factor A (concentración)

$\beta_j$  = efecto verdadero del  $j$ -ésimo nivel del factor B (minutos)

$(\alpha\beta)_{ij}$  = efecto verdadero de la interacción del  $i$ -ésimo nivel del factor A con el  $j$ -ésimo nivel del factor B.

$\epsilon_{ijk}$  = efecto verdadero de la  $k$ -ésima unidad experimental sujeta a la  $ij$ -ésima combinación de tratamientos.

Se supone que  $\mu$  es constante y  $\varepsilon_{ijk} \sim \text{DNI}(0, \sigma^2)$

➤ **Combinación de tratamientos.**

La combinación de niveles y la matriz de tratamientos a realizar en la investigación se detallan en la tabla

**Tabla 5.** Matriz de tratamientos y combinación de niveles

Tratamiento	combinación de niveles		Repetición		
			n1	n2	n3
Tr1	t1	T1	-	-	-
Tr2	t2	T2	-	-	-
Tr3	t3	T3	-	-	-
Tr4	t1	T1	-	-	-
Tr5	t2	T2	-	-	-
Tr6	t3	T3	-	-	-
Tr7	t1	T1	-	-	-
Tr8	t2	T2	-	-	-
Tr9	t3	T3	-	-	-

## **IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos a través de tablas y gráficas, la interpretación de los mismos, los resultados son reportados en base a los objetivos planteados, comparados con los antecedentes y marco teórico reportado, de la siguiente manera:

### **4.1. Efecto de diferentes concentraciones de cúrcuma y tiempo en el pretratamiento por ultrasonido en las características texturales como dureza, fracturabilidad y cohesividad de snack de plátano palillo.**

Las características texturales que se adecuan a la evaluación de un snack es la dureza, fracturabilidad y cohesividad, en tal sentido los resultados que expondremos lo haremos en ese orden:

#### **4.1.1. Efecto de concentración y tiempo en la dureza**

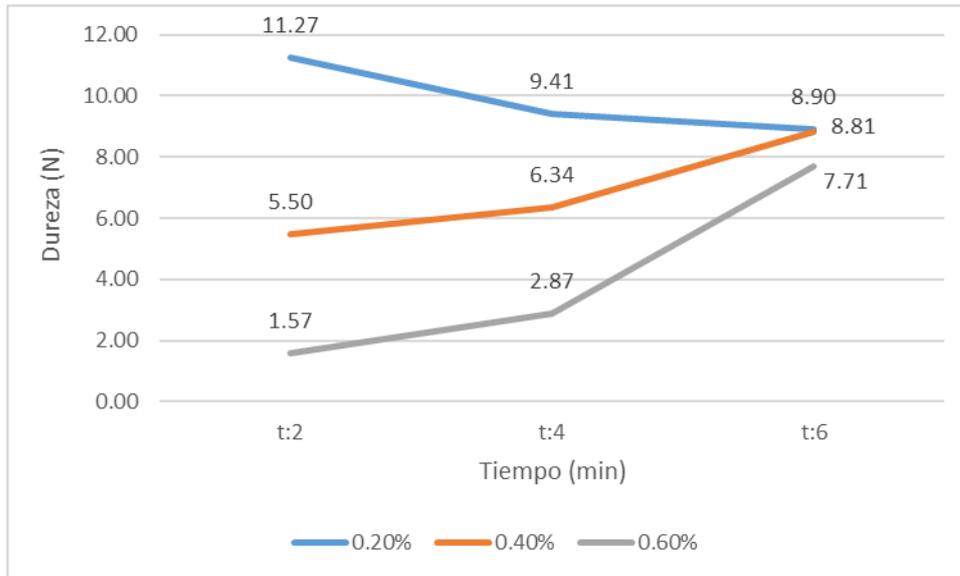
La dureza es la fuerza necesaria para obtener una deformación determinada, la dureza es el atributo de textura mecánico más importante en los alimentos; junto con el sabor y la apariencia, constituyen las características en las que el consumidor basa su decisión al ingerir, (Torres, 2015).

En la siguiente Figura 26. se muestra los resultados de dureza, para la concentración de 0.2% de cúrcuma donde se puede observar que tiene una mayor dureza y a una mayor concentración de cúrcuma la dureza disminuye por efecto del ultrasonido, Según Zhang et al (2021) el ultrasonido es un tratamiento no térmico y que los procesos de pretratamiento a la fritura tiene un potencial para reducir la absorción de aceite, damos cuenta de esto a pesar de no ser el tema de esta investigación. El ultrasonido tiene efecto en la propiedades del almidón, el estado del agua y en las características de los poros de las rodajas de papa; sin embargo al agregar diversas concentraciones de cúrcuma en el pretratamiento pude dar lugar a que los poros se obstruyan y con ellos la dureza disminuya, esto se puede verificar en la gráfica donde la concentración de 0.6% de cúrcuma y un pretratamiento de 2 minutos, la dureza tendió a disminuir por lo que con una concentración de 0.2% y 2 minutos de pretratamiento la dureza es 11.2 y 0.6% de cúrcuma y pretratamiento de 2 minutos se obtuvo 1.57 N de dureza; esto se debe a que los poros que contienen el agua y que por consecuencia del pretratamiento con ultrasonido tienden a liberarse, estos son cubiertos por la cúrcuma, haciendo que la dureza sea menor y con un pretratamiento de 6 minutos la dureza aumente (Heriberto, 2022),

Según Kita et al, (2020) nos dice que la dureza aumenta por la cantidad de fibra que está contenida en el plátano ya que tiene un alto contenido en fibra, por otro lado la fritura convencional aplicada en este trabajo de investigación también es un factor que influye en la dureza del snack de plátano ya que al aplicar el ultrasonido en diferentes tiempos (2, 4, 6 min) la dureza varia porque según Gamboa (2016), el efecto del ultrasonido actúa como un fenómeno conocido como efecto esponja la cual ocasionaría un incremento en la difusión interna del agua por efecto mecánico, a través de canales microscópicos producidos por las ondas, la cual el aceite a elevada temperatura ayuda que el agua se evapore rápidamente del plátano ocasionando que la dureza sea mayor ya que el producto frito se convierte en vapor, creando una gradiente de presión positiva, esto determina que el vapor escape por las grietas y abra los capilares (canales en la estructura y en las membranas celulares), generando que durante esta fase exista un menor ingreso de aceite según Montes (2016), estos estudios explica por qué el pretratamiento por ultrasonido ayuda que la dureza del snack sea mayor al exponerlo al mayor tiempo de pretratamiento de 6 minutos, este resultado también se debería a la frecuencia de ultrasonido utilizada de 40 kHz, por lo que al utilizar el ultrasonido como pretratamiento acelera la perdida de agua y reduciendo el tiempo de secado posterior según (Fernandes & Rodrigues, 2007),

También nos muestra que cuanto la concentración de 0.2% de cúrcuma observamos que hay mayor dureza, por el hecho que la exposición al pretratamiento es menor, lo que indica que hay menor incidencia en las estructuras celulares en lo que respecta a cubrir los poros del plátano según Mora, (2020). Por otro lado, en cuanto al tratamiento con 0.4% de cúrcuma con un tiempo 2 minutos obtenemos una dureza de 5,5N la cual conforme va aumentando el tiempo de pretratamiento la dureza aumenta a 8,8N y En lo que respecta al tratamiento de 0.6%, nos indica el mismo efecto debido a que una mayor concentración y mayor tiempo de ultrasonido hace que los poros del plátano se abran y por tanto tenga influencia en la dureza, este hecho se ve corroborado con Heriberto (2022).

**Figura 26:** Dureza en función del tiempo y concentración de cúrcuma



En cuanto al análisis estadístico de las varianzas utilizando la evaluación de las medias se terminó los siguiente como se observa en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Análisis de varianza de la dureza en relación a diferencia concentración y tiempo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
A: Concentración de cúrcuma	2	74.47	37.233	5.63	0.013
B: tiempo	2	98.35	49.175	7.44	0.004
A*B	4	58.49	14.621	2.21	0.109
Error	18	119.03	6.613		
Total	26	350.34			

En la tabla 6. nos muestra los resultados de la tabla de ANOVA, comparación de medias en el análisis de varianza se observa una alta significancia para ambos factores A y B (concentración de cúrcuma y tiempo de ultrasonido), con un resultado de 0,013 y 0,004 la cual los tratamientos tienen un valor de  $p < 0.05$  esto nos indica que estos factores producen significancia en la dureza del snack de plátano y existe diferencia significativa entre tratamientos, así mismo la interacción de los factores A\* B (concentración de cúrcuma por tiempo de ultrasonido) no influye en la dureza del snack de plátano ya que

el valor  $p$  es 0,109 la cual  $p > 0.05$  es decir que no produce efecto al actuar conjuntamente y se afirma que las variables no están asociadas o correlacionadas.

Según Mora, (2020) nos dice que por el hecho que la exposición al pretratamiento es menor lo que indica que hay menor incidencia en las estructuras celulares en lo que respecta a cubrir los poros del plátano

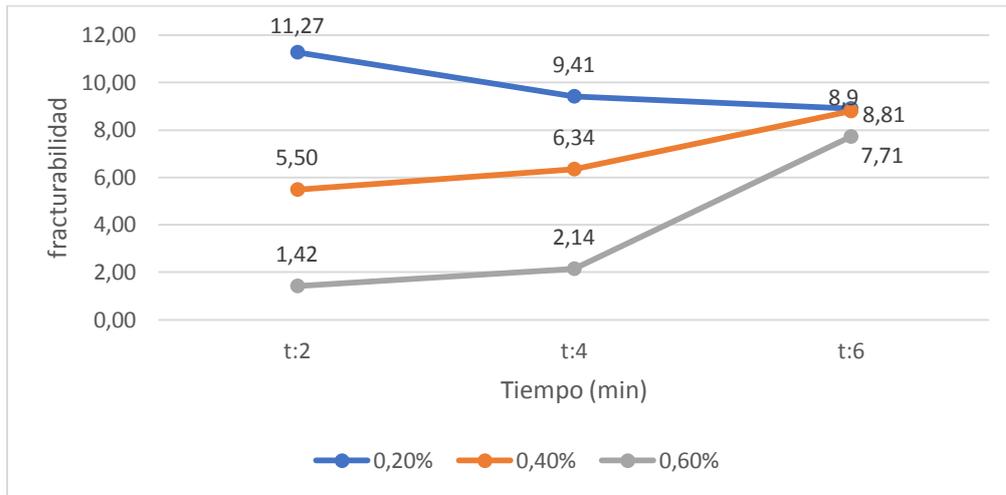
Con mayor tiempo de pretratamiento por ultrasonido las moléculas de agua del plátano son removidas por el efecto de las ondas del ultrasonido y el aceite penetra en el snack y con ello conseguiremos que la dureza sea mayor porque los poros de la superficie del alimento están siendo ocupados por el vapor de agua generando que durante esta fase exista un menor ingreso de aceite según Montes, (2016) por lo que las muestras fueron fritas a una temperatura de 165°C por 3 minutos.

#### **4.1.2. Efecto del concentración y tiempo en la fracturabilidad**

La fracturabilidad es la primera caída significativa 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, cruje o revienta.

La figura 27. se muestra los resultados de fracturabilidad, la cual podemos observar que para la concentración de cúrcuma de 0.2% y un tiempo de 2 minutos de pretratamiento por ultrasonido la fracturabilidad es mayor y a una concentración de 0.2% y un tiempo de 6 minutos de ultrasonido la fracturabilidad disminuye. Este efecto se podría deber a que los poros del plátano no son obstruidos con la cúrcuma ya que la concentración es la más baja y el aceite ingresa rápidamente hasta el interior del snack. También podemos observar que cuando el tiempo de pretratamiento por ultrasonido es de 2 minutos y concentración de 0.4% de cúrcuma la fractura del snack es menor y cuando el tiempo de ultrasonido de 6 minutos y la concentración es de 0.6% de cúrcuma la fracturabilidad es mayor, Según Basilio, (2015), nos dice que la fractura del snack de plátano disminuye según la actividad del agua, esto nos indica que al mayor tiempo de ultrasonido los poros del plátano, el agua que se encuentra en el interior del plátano se libera rápidamente y por ende la fracturabilidad sea mayor y al agregar 0.6% de cúrcuma y un tiempo de pretratamiento 2 minutos disminuye ya que obstruye los poros y no permite que el agua sea liberada por la fritura. Según Chemat et al., 2017; García, (2007) en su estudio nos dice que el ultrasonido favorece la liberación de moléculas de agua de la fase líquida que se encuentran fuertemente retenidas en la matriz sólida fragmentando e interrumpiendo la superficie de la matriz.

**Figura 27.** Fracturabilidad en función del tiempo de ultrasonido y concentración de cúrcuma



En cuanto al análisis estadístico utilizando la evaluación de las medias se terminó lo siguiente como se observa en la Tabla 7.

**Tabla 7.** Análisis de varianza de la fracturabilidad en relación a diferentes concentraciones y tiempos.

	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
<b>A: Concentración de cúrcuma</b>	2	77.80	38.900	5.37	0.015
<b>B: Tiempo ultrasonido</b>	2	115.02	57.508	7.94	0.003
<b>A*B</b>	4	53.72	13.430	1.85	0.162
<b>Error</b>	18	130.34	7.241		
<b>Total</b>	26	376.88			

En la tabla 7. se muestra los resultados de la tabla de ANOVA, comparación de medias en el análisis de varianza se observa una alta significancia para ambos factores A y B (concentración de cúrcuma y tiempo de ultrasonido), con un resultado de 0,015 y 0,003 la cual nos indica que los tratamientos tienen un valor de  $p < 0.05$  esto nos indica que estos factores producen diferencia significativa en la fracturabilidad del snack de plátano y existe diferencia significativa entre tratamientos, así mismo la interacción de los factores A\* B (concentración de cúrcuma por tiempo de ultrasonido) no influye en la fracturabilidad del snack de plátano ya que el valor p es 0,162 la cual  $p > 0.05$  es decir que no produce efecto al actuar conjuntamente y se afirma que las variables no están asociadas o correlacionadas.

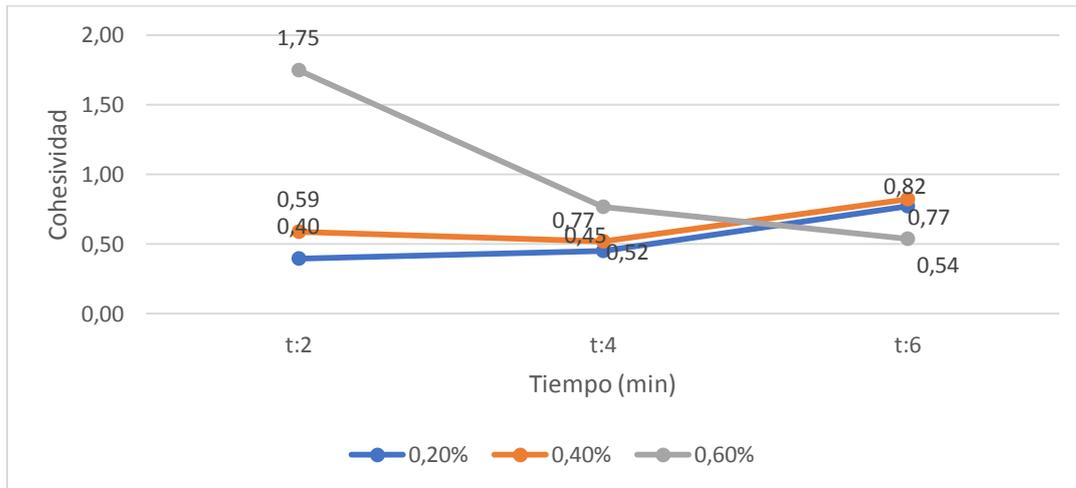
El pretratamiento por ultrasonido, este método ayuda a la absorción de aceite ya que fue sometido a una fritura convencional por lo que la fracturabilidad es mayor cuando el tiempo de ultrasonido es mayor, según Oladejo et al., (2017) investiga la posibilidad de pretratamientos de batata asistidos por ultrasonido para reducir el contenido de humedad y la absorción de aceite durante la fritura y sus efectos sobre la tasa de transferencia de masa la cual se demostró que el pretratamiento con ultrasonido es un buen pretratamiento que se puede utilizar para obtener un bajo contenido de humedad y absorción de aceite durante la fritura de batatas. Si bien es cierto no es mi tema de investigación la absorción, pero es un factor muy importante que ayuda a la mejora de la textura del snack por lo tanto a la fracturabilidad.

#### **4.1.3. Efecto del concentración y tiempo en 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).

En la figura 28. Podemos observar que a una concentración de cúrcuma de 0.6% y un tiempo de pretratamiento de ultrasonido de 2 minutos se obtiene mayor cohesividad de 1,75 y a un tiempo de 6 minutos la cohesividad disminuye. Estos resultados son corroborados con Taiwo & Baik (2007) que en su investigación realiza una fritura a diferentes temperaturas siendo las muestras fritas a 150 °C las que presentaron la menor cohesividad. Los tratamientos como el escaldado y el recubrimiento fortalecen la estructura del producto mediante el ligado del agua y dan cohesividad a las muestras. Estos resultados contrastan con el comportamiento reportado por Kassama y Ngadi (2005) ya que se espera que a altas temperaturas aumente la porosidad del producto y disminuya la cohesividad; sin embargo, estos resultados se pueden justificar debido a que cuando las muestras tienen mayor contenido de agua, en este caso las fritas a 150 °C, se presenta mayor degradación hidrotérmica de la pectina de los tejidos en las paredes celulares produciendo una disminución en la estructura del parénquima de la batata. Con estas investigaciones podemos decir que en nuestra investigación realizada con pretratamiento con ultrasonido nos da una cohesividad muy baja ya que el ultrasonido y la concentración de cúrcuma son factores que ayudan al snack de plátano no tengan una ruptura y sea menor la cohesividad.

**Figura 28.** Cohesividad en función del tiempo de ultrasonido y la concentración de cúrcuma



**Tabla 8.** Análisis de varianza de la cohesividad en relación a diferentes concentraciones y tiempos.

	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
<b>A: Concentración de cúrcuma</b>	2	64.24	32.12	1.33	0.290
<b>B: Tiempo de ultrasonido</b>	2	33.32	16.66	0.69	0.515
<b>A*B</b>	4	117.86	29.47	1.22	0.337
<b>Error</b>	18	435.15	24.17		
<b>Total</b>	26	650.57			

En la tabla 8. Podemos observar los resultados de la tabla ANOVA para la variable cohesividad realizando una comparación de medias en el análisis de varianza la cual se observa que no muestra una intención para ambos factores A y B (concentración de cúrcuma y tiempo de ultrasonido), con un resultado de 0,290 y 0,515 la cual nos indica que el valor de  $p > 0.05$  por lo que nos indica que no produce efecto significativo en la cohesividad del snack de plátano, así mismo la interacción de los factores A\* B (concentración de cúrcuma por tiempo de ultrasonido) la cual no influye en cohesividad del snack de plátano por lo que nos muestra que el valor de  $p > 0.05$  con un valor de 0.337, por lo tanto, se afirma que los factores no están asociados o correlacionados, es decir no son dependientes el uno del otro por ser mayor que P.

## V. CONCLUSIONES

- ✓ La concentración de cúrcuma en el pretratamiento con ultrasonido tiene un efecto significativo en la dureza con un p-valor de  $0,013 < 0,05$  y en fracturabilidad con un de p-valor de  $0,015 < 0,05$ , a una concentración de 0,2% de cúrcuma para ambas variables, por lo contrario, para la variable cohesividad no se obtuvo un efecto significativo para este factor por lo que se obtuvo un de p-valor de  $0,290 > 0,05$ .
  
- ✓ En el tiempo de pretratamiento con ultrasonido tiene un efecto significativo en la dureza con un p-valor de  $0,004 < 0,05$  y en fracturabilidad con un de p-valor de  $0,003 < 0,05$ , a un tiempo de pretratamiento de 6 minutos de ultrasonido para ambas variables, por lo contrario, para la variable cohesividad no se obtuvo un efecto significativo para este factor por lo que se obtuvo un de p-valor de  $0,515 > 0,05$ .
  
- ✓ No se obtuvo un efecto significativo entre variables (concentración de curuma y pretratamiento con ultrasonido), por lo que las variables actuaron independientemente por lo que la textura no se vio muy afectada las variables de dureza, fracturabilidad y cohesividad.

## VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar pruebas con un ultrasonido con diferentes potencias ya que el que se utilizó en esta investigación es un ultrasonido de 40KHz de potencia constante para todos los tratamientos realizados.
  
- ✓ Se sugiere hacer nuevas formulaciones aumentando la concentración de curuma y aumentando el tiempo de pretratamiento con ultrasonido para determinar si la textura tiene mejores resultados para dureza, fracturabilidad y cohesividad del snack.
  
- ✓ Al momento de hacer la inmersión de cúrcuma y el pretratamiento con ultrasonido a las hojuelas del snack hacerlo por separado y disminuyendo la cantidad de agua para las concentraciones, ya que en esta investigación se realizó en el ultrasonido, para obtener una mayor impregnación.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, Q. R. M., Rios, G. B. E., & Sepulveda, S. M. C. (2023). Un acercamiento a las propiedades funcionales de *Cúrcuma longa* en alimentación saludable. 1.
- Arellano, D. H. D. R. (2018). Universidad nacional de piura.
- Arias, L. C., Chuiza, V. A., & Gaibor, G. (2013). Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa dedicada a la producción e industrialización de snacks, a base de miel como derivado de caña de azúcar, ubicado en el cantón San Miguel, y su comercialización en la Provincia de Bolívar. In Tesis.  
<http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>
- Avalos, Z. E. T. (2014). La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado. Universidad Privada Antenor Orrego.  
[file:///C:/Users/Industrial/Downloads/Supplementing\\_female\\_rats\\_with\\_DHA-lysophosphatidy.pdf%0Ahttps://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/852/1/Avalos\\_emily\\_secado\\_fritura\\_fisicoquímicas.pdf](file:///C:/Users/Industrial/Downloads/Supplementing_female_rats_with_DHA-lysophosphatidy.pdf%0Ahttps://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/852/1/Avalos_emily_secado_fritura_fisicoquímicas.pdf)
- Basilio, J. (2015). Predicción de la vida útil de chifles de plátanos (*Musa paradisiaca*) mediante modelos matemáticos. Tesis de Posgrado. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú, 112.  
<http://190.119.243.88/bitstream/handle/UNALM/1863/J11.B3-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Caballero, F. E., Terrés, E., Hernández, H. H. M., & García, M. E. (2022). Revisión sobre las tecnologías emergentes no térmicas para el procesamiento de alimentos. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 25.  
<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.459>
- Cabrera, N. (2012). ultrasonidos en la deshidratación (1).pdf.
- Campo, Y. Gélvez, V. & Ayala, A. (2018). Ultra sonido en el procesamiento. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 16(1).
- Chacón-Orduz, G., Muñoz-Rincón, A., & Quiñónez-Mosquera, G. A. (2017). Descripción del mercado de los snacks saludables en Villavicencio, Meta. *Libre Empresa*, 14(2), 33–45. <https://doi.org/10.18041/libemp.2017v14n2.28202>
- Chemat, F., Rombaut, N., Meullemiestre, A., Turk, M., Perino, S., & Abert-vian, M. (2017). Review of Green Food Processing techniques . Preservation , transformation , and extraction. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 41(November 2016), 357–377.

<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.04.016>

- Delgado, J. O. (2012). Aplicación del Ultrasonido en la Industria de los Alimentos. *Publicaciones e Investigación*, 6, 141. <https://doi.org/10.22490/25394088.1098>
- Fallas, J. (2012). Analisis de varianza. Comparando tres o más medias.
- Fernandes, F.A.N., Rodrigues, S., Law, C.L., & Mujumdar, A.S. (2011). Drying of exotic tropical fruits: a comprehensive review. *Food Biopr Technoln*, 4(2), 163-185. <http://dx.doi.org/10.1007/s11947-010-0323-7>
- Galán, G. G. (2018). Determinación del perfil lipídico de chips, bastones y patacones fritos de plátano verde mediante el empleo de cromatografía de gases y espectrofotometría infrarrojo FTIR. Facultad de Ciencia y Tecnología.
- Gamboa, S. J. (2016). Aplicación de tecnologías emergentes al procesamiento de frutas con elevada calidad nutricional . Una revisión Application of emerging technologies to fruits processing with high nutritional quality . – A review. 57–75.
- García, J. (2007). Contribución Al Estudio De La Aplicación De Ultrasonidos De Potencia En El Secado Convectivo De Alimentos.
- Gomes, lucila del rosario najera 2012. (2012). Estudio del efecto de un recubrimiento con carboximetilcelulosa (CMC) en el contenido de aceite absorbido en rodajas de platano verde dominico (musa paradisiacasp) durante el proceso de fritura. Universidad Tecnológica Equinoccial.
- González, A., Alvis, A., & Arrázola, G. (2015). Efecto del recubrimiento comestible en las propiedades de trozos de batata (*Ipomoea Batatas Lam*) fritos por inmersión. Parte 1: Textura. *Informacion Tecnologica*, 26(1), 95–102. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000100011>
- Guerrero, D. M. (2014). "Detección de los flavonoides de la cáscara de plátano (*musa cavendishii*) y su aplicación en un derivado lácteo". 20–30. <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/957/168.pdf?sequence=20-30>. h
- Heriberto, B. Z. R. J. y T. M. A. (2022). Efectos de la imprecnacion de curcuma (cúrcuma longa)y jengibre (*zingiber officinale*) sobre el color de un snackde platano verde (*musa paradisiaca*)".
- Herrero, A., & Romero, de A. M. (2016). Innovaciones en el proceso de alimentos. *Nature*, 50, 71–74. <https://revistas.unav.edu/index.php/revista-de-medicina/article/view/7633/6687>

- Hleap, J.I. y Velasco, V. A. (2010). Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Revista Biotecnología en el sector Agropecuario*. vol.8, no.2, p. 46-56.
- Ibrahim, J., Rohani, A. S., & Sumantri, I. B. (2021). Immunomodulatory Effects and Mechanisms of Curcuma Species and Their Bioactive Compounds: A Review. *Frontiers in Pharmacology*, 12(April), 1–26.  
<https://doi.org/10.3389/fphar.2021.643119>
- Igor, J. H., & Velasco, V. A. (2010). Analisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja. 7(6 2).
- Inga, J. (2011). Determinación de Macronutrientes de los Snacks más consumidos por adolescentes escolarizados de la Ciudad de Cuenca. Universidad De Cuenca Facultad De Ciencias Químicas Escuela De Bioquímica Y Farmacia, 34.  
<file:///C:/Users/CTRIST~1/AppData/Local/Temp/TECN07.pdf>
- Juares, L. J. F. Palma, L. D. J. & Lopez, L. R. (2008). Estudio para determinar zonas de alta potencialidad del cultivo del plátano macho.
- Kassama, L. y M. Ngadi. (2005). Pore development and moisture transfer in chicken meat during deep-fat frying. *Drying Technology* 23: 907-923.
- Kita, A., Nowak, J., & Michalska, C. A. (2020). The effect of the addition of fruit powders on the quality of snacks with Jerusalem artichoke during storage. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(16). <https://doi.org/10.3390/app10165603>
- Macías, G. E. García, M. J. Cisneros, Pérez I. & García, Muentes S. (2023). De la cúrcuma ( *curcuma longa* ) evaluation of curcumin extraction methods from turmeric ( *curcuma longa* ) En la industria química se llevan a cabo procesos de extracción que tienen como finalidad separar un compuesto activo de una materia específica en fu. 6(12).
- Mendoza, M. D. De la Rosa, J. M. & Fontalvo, G. M. (2021). Tecnura Biodiesel Production From Almond Oil Extracted From the Corozo *Bactris Guineensis* Assisted by Direct Probe Ultrasound. 51–75.
- Montes, N. (2016). Absorción de aceite en alimentos fritos Oil absorption in fried foods. 43(1), 87–91.
- Mora, J. (2020). Elaboración de chifles de plátano verde (*musa paradisiaca*) enriquecidos con polvo de cúrcuma (*curcuma longa*) como ingrediente antioxidante. Universidad Agraria Del Ecuador, 118.

- NTP. (2008). Ministerio de Comercio Externo y Turismo. Chifles comestibles de plantas , preparados o conservados.
- Núñez, C. C. A. (2019). Análisis de varianza no paramétrica: un punto de vista a favor para utilizarla. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 4(3), 69–79. <https://doi.org/10.30973/aap/4.3/1>
- Ochoa, R. E., Ornelas, P. J. D. J., Ruiz, C. S., Ibarra, J. V., Pérez, M. J. D., Guevara, A. J. C., & Aguilar, C. N. (2013). Tecnologías de deshidratación para la preservacion de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *BIOtecnia*, 15(2), 39. <https://doi.org/10.18633/bt.v15i2.148>
- Oladejo, A. O. et al.(2017). Effects of ultrasound pretreatments on the kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of sweet potato (*Ipomea batatas*), *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 43 (2017) 7–17
- Ozuna, R., & Martinez, O. (2012). ultrasonidos y sus aplicaciones es el procesamiento de alimentos. *Rev. Iber. Tecnología Postcosecha*, 13(2). <https://doi.org/ISSN:1665-0504>
- Paola, J. & Guerrero, V. (2005). “Estabilidad del aceite de fritura de chifles”. Universidad de Piura Facultad de Ingeniería.tesis
- Pizco, G. (2015). Producción y comercialización de derivados de plátano a través de chifles salados y dulces en la parroquia bellavista cantón Santa Rosa provincia de El ORO”. (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica De Machala. Machala Ecuador. Obtenido de: <file:///C:/Users/usuario/Documents/chifles.pdf>
- Quintero, Juliana Ocampo. (2018). Tecnificación del secado de cúrcuma permitiendo un proceso continuo de producción elaborado por pequeños productores orgánicos de Santa Rosa Juliana Ocampo Quintero Noviembre 2018 Asesor : Juan Fernando López Universidad Católica de Pereira Risaralda Tall.
- Robles, D. Karina. (2007). Harina y productos de platano. 9281.
- Ruiz, C. N., Ortiz, R. L., & Arcilia, L. C. C. (2022). Ultrasonido Aplicado al Procesamiento de Alimentos, Una Opción Sustentable y Eficaz. *Handbook Tecnologías Emergentes Aplicadas En Alimentos*, 45–52. <https://doi.org/10.35429/h.2022.1.45.52>
- Sañudo, Monsón, Panea, Pardos, & Olleta. (2003). Estudio textural de la carne de vacuno. I. Análisis instrumental. *Información Técnico-Económica Agraria*, 24.
- Taiwo, K. A., & Baik, O. D. (2007). Effects of pre-treatments on the shrinkage and textural properties of fried sweet potatoes. *LWT*, 40(4).

- <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.03.005>
- Torres, G. J. D. (2015). Análisis del Perfil de Textura en Frutas, Productos Cárnicos y Quesos. *March*.
- Torres, J., González, K., & Acevedo, D. (2015). Análisis del Perfil de Textura en Frutas, Productos Cárnicos y Quesos. *ReCiTeIA*, 14(2), 63–75.  
[https://www.researchgate.net/publication/283352303\\_Analisis\\_del\\_Perfil\\_de\\_Textura\\_en\\_Frutas\\_Productos\\_Carnicos\\_y\\_Quesos](https://www.researchgate.net/publication/283352303_Analisis_del_Perfil_de_Textura_en_Frutas_Productos_Carnicos_y_Quesos)
- Universidad pública en Buenos Aires, A. (2008). 282.
- Vallejo, C. J. P. (2012). “Diseño de una planta procesadora de plátano. Facultad de ingeniería y ciencias agropecuarias
- Vasquez, O. A. D., & Ita, S. R. M. I. (2014). “Optimización del proceso de hidratación asistido con ultrasonido en papa (*Solanum Tuberosum*)”. Universidad Nacional del Santa. Chimbote-Perú. 6, 105.  
[http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2690/42788.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://www.uv.mx/personal/yvelasco/files/2012/08/Implicaciones\\_educativas\\_de\\_la\\_teor%C3%ADa\\_sociocultural\\_de\\_Vigotsky.pdf](http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/2690/42788.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://www.uv.mx/personal/yvelasco/files/2012/08/Implicaciones_educativas_de_la_teor%C3%ADa_sociocultural_de_Vigotsky.pdf)
- Vega, T., Coronel, D., Timaná, C., Temoche, R., & Vargas, K. (2018). Diseño del proceso de producción de snacks naturales con diferentes sabores para el banano orgánico deshidratado en la empresa agroindustrial Santa Isabel E.I.R.L. 1–169.
- Villafuerte, U., Obispo, E. O., Maza, S. T., & Macavilca, E. A. (2015). Elaboración De Snack De Fritura De Papas. *Ciencia e Investigación*, 18(2), 73–77.
- Zelada. (2021). Cúrcuma (*Cúrcuma longa*): una revisión bibliográfica del procesamiento, propiedades funcionales y capacidad antimicrobiana. 1–121.  
<https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/181556>
- Zhang, J., Yu, P., Fan, L., & Sun, Y. (2021). Effects of ultrasound treatment on the starch properties and oil absorption of potato chips. *Ultrasonics Sonochemistry*, 70(August 2020), 105347. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105347>

## ANEXOS

### ANEXO 1. PROCESO DE OBTENCION DE PLVO DE CÚRCUMA



**MATERIA PRIMA**



**LAVADO**



**PELADO**



**REBADO**



**DESHIDRATADO**



**MOLIENDA**



**TAMIZADO**

## ANEXO 2. PROCESO DE ELABORACION DE SNACKS DE PLÁTANO CON CÚRCUMA



PLÁTANO PALILLO



ESCANDADO



PELADO



REBANADO



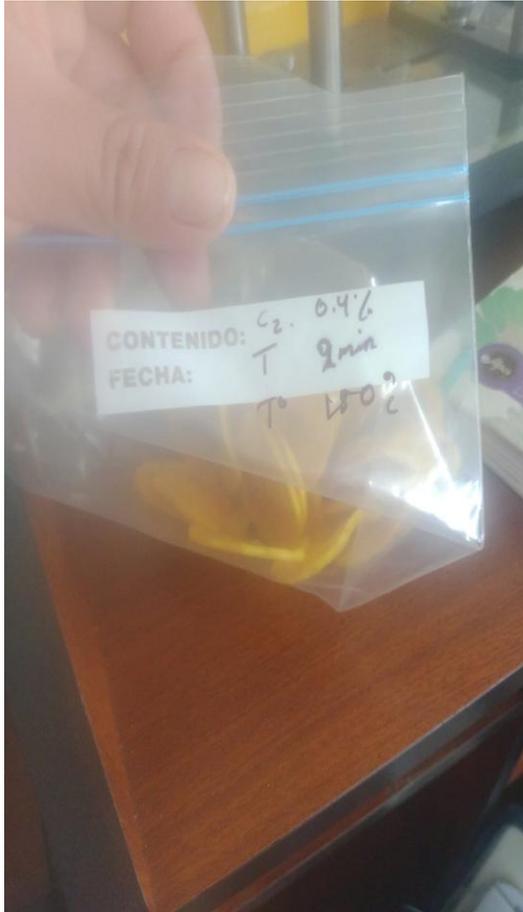
ULTRAZONIDO CON CÚRCUMA



ESCURRIDO



FRITURA

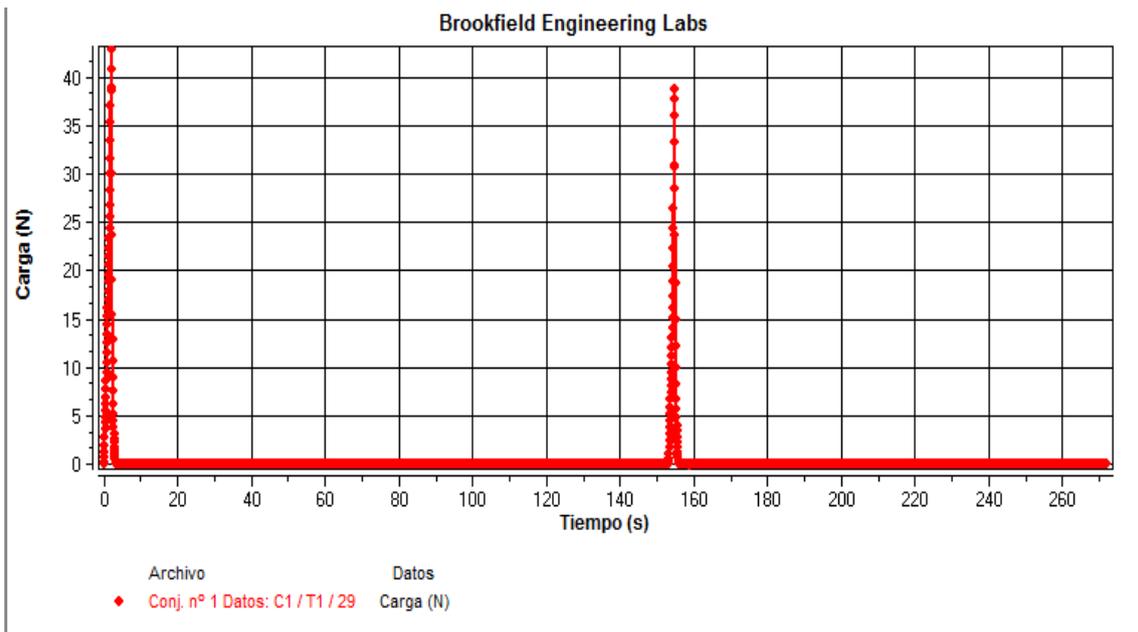


ESCURRIDO



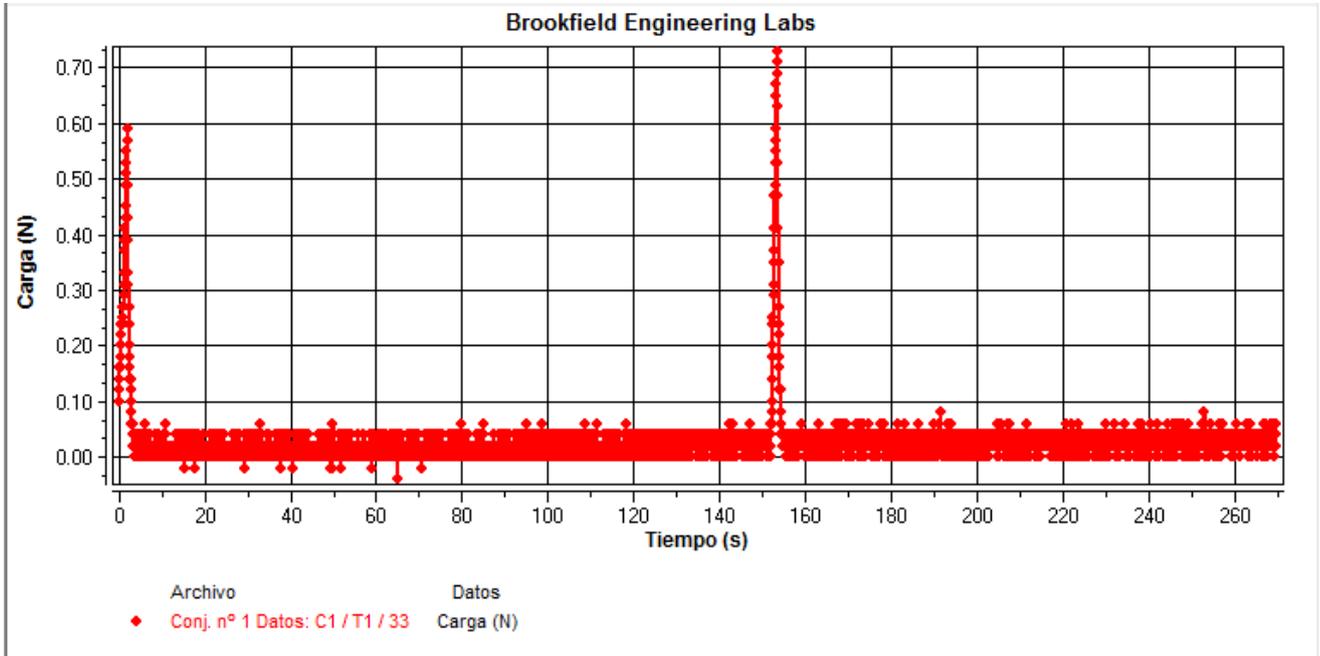
ALMACENADO

TEXTUROMETRO



### ANEXO 3. FOTOGRAFIAS TEXTUROMERTOS BROOKFIELD

Textura de snack de plátano palillo con concentracion de curcuma 0.2% y con un pretratamiento con ultra sonido de 4 minutos.



TexturePro CT V1.6 Build		<b>INFORME</b>		Brookfield Engineering Labs. Inc.	
<u>Descripción Muestra</u>					
Nombre Producto:	C1	Note:			
Nombre de lote:	T1				
Ejemplo:	33				
Dimensiones:					
Forma:	Bloque				
Longitud:	0 mm				
Anchura:	0 mm				
Altura:	0 mm				
<u>Método Test</u>					
Fecha:	12/01/2024	Hora:	11:35:31 p.m.		
Tipo de Test:	APT	Tpo. Recuperación:	0 s		
Objetivo:	1.0 mm	Mismo activador:	Exacto		
Esperar t.:	0 s	Velocidad Pretest:	1.7 mm/s		
Carga Activación:	0.07 N	Fr. Muestreo:	20 points/sec		
Vel. Test:	0.50 mm/s	Sonda:	TA10		
Velocidad Vuelta:	0.5 mm/s	Elemento:	TA-RT-KIT		
Contador ciclos:	2.0	Celda Carga:	25000g		

Fuente: Texturometro brookfeld