

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



**“EFECTO DEL pH EN EL PRETRATAMIENTO Y TEMPERATURA DE FRITURA
SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS TEXTURALES EN SNACK DE PLÁTANO
PALILLO (*Musa paradisiaca* L.)”**

T E S I S

Para Optar el Título Profesional de:
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por la Bachiller:
JULY LIZBETH DEZA BARDALES

Asesores:
Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones
Ing. Mtr. William Minchán Quispe

CAJAMARCA – PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
July Lizbeth Deza Bardales
DNI: N° 70271566
Escuela Profesional/Unidad UNC:
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
2. Asesor:
Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones
Ing. Mtr. William Minchán Quispe
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 EN EL PRETRATAMIENTO Y TEMPERATURA DE FRITURA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS TEXTURALES EN SNACK DE PLÁTANO PALILLO (*Musa paradisiaca* L.)
6. Fecha de evaluación: 04/09/2025
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (ORIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 24%
9. Código Documento: oid: 3117:491680859
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 04/09/2025

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 veintisiete días del mes de junio 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° 393-2024-FCA-UNC, de fecha 27 de agosto del 2025**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: **"EFECTO DEL pH EN EL PRE TRATAMIENTO Y TEMPERATURA DE FRITURA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS TEXTURALES EN SNACK DE PLÁTANO PALILLO (*Musa paradisiaca* L.)"**, realizada por la Bachiller JULY LIZBETH DEZA BARDALES para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

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

Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachin Chávez
PRESIDENTE

Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz
SECRETARIO

Dr. José Gerardo Salhuana Granados
VOCAL

Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones
ASESOR

Ing. Mtr. William Minchán Quispe
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi poder superior por permitirme avanzar día a día y no rendirme en el camino.

Con mucho amor para mis padres, mi hermana y sobrinas, quienes son mi mayor motivo para avanzar en mi vida tanto personal como profesional, siendo ellos mi gran impulso para concretar mis objetivos trazados y seguir siendo su orgullo en este camino llamado vida.

Para mis amigas que siempre me brindan apoyo y motivación haciendo que los días sean menos pesados y las cosas sean más sencillas y llevaderas.

July Lizbeth.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, **Rosa y Nelson**, quienes siempre se mostraron dispuestos a darme su apoyo desde el día uno que empecé este camino profesional. Gracias por siempre estar ahí con sus consejos, sus ganas de verme realizada y de darme su fuerza en todo momento.

A mi hermana, **Jenny**, que siempre fue fuente de motivación mostrándome lo orgullosa que se siente de ser mi hermana mayor.

A mi asesor **Ing. William Minchán** por ser una guía constante en este trabajo de investigación, por darme las pautas y sugerencias necesarias para concluir satisfactoriamente con este arduo trabajo de tesis.

A los ingenieros **Max Sangay** y **Fanny Rimarachín** por darme la mano en este proceso y por guiarme en algunos trámites en la universidad.

A mis maestros que durante los 5 años de carrera me inculcaron la ética profesional, me transmitieron sus conocimientos que hasta el día de hoy me sirven en mi perfil profesional.

De manera general un agradecimiento a la Universidad Nacional de Cajamarca por permitirme desarrollarme profesionalmente y culminar mi estudio de investigación.

July Lizbeth.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción del Problema	2
1.2. Formulación del problema (pregunta de investigación).....	2
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos	3
1.4.1. Objetivo General.....	3
1.4.2. Objetivos Específicos.....	3
1.5. Hipótesis	3
CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Antecedentes De La Investigación	4
2.2. Marco Teórico	10
2.2.1. Plátano (Musa paradisiaca).....	10
2.2.2. Plátano Palillo	10
2.2.3. Snack Generalidades	11
2.2.4. Procesos De Fabricación De Snacks	13
2.2.5. Aceites Utilizados En El Proceso De Snacks	14

2.2.6. pH.....	15
2.2.7. Pretratamientos En Alimentos	16
2.2.8. Uso Del Ácido Cítrico En La Industria Alimentaria	18
2.2.9. Características texturales	20
2.2.10. Evaluación de la textura en Chips	22
2.2.11. Análisis De Perfil De Textura.....	22
2.2.12. Mediciones Instrumentales De Textura.....	23
2.2.13. Influencia De La Temperatura En La Textura De Los Alimentos Procesados.....	25
2.3. Definición De Términos.....	25
CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. Ubicación	27
3.2. Tipo y diseño de investigación	28
3.3. Materiales y Equipos.....	28
3.3.1. Materiales experimentales	28
3.3.2. Equipos	28
3.3.3. Materiales de laboratorio	28
3.3.4. Material de escritorio.....	28
3.3.5. Otros	29
3.3.6. Métodos	29
3.3.7. Factores, Variables, Niveles y Tratamientos De Estudio	30
3.3.8. Proceso de obtención del Snack de Plátano Palillo.....	33
3.3.9. Esquema experimental del Snack de Plátano Palillo.....	36
3.3.10. Métodos de análisis	37

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
4.1. Análisis de Varianza para Dureza.....	38
4.2. Análisis de Varianza de Fracturabilidad	44
4.3. Análisis de Varianza de Cohesividad	47
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
5.1. Conclusiones	52
5.2. Recomendaciones	53
CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA	54
CAPITULO VII. ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Composición del plátano	11
Tabla 2 Tipos de snacks de acuerdo a su materia prima	12
Tabla 3 Aplicaciones de Acido en la Industria Alimentaria.....	19
Tabla 4 Parámetros del análisis del perfil de textura	24
Tabla 5 Tratamientos en estudio	31
Tabla 6. Factores, niveles y tratamientos en estudio.....	32
Tabla 7 Método de Prueba para el Análisis de Textura	37
Tabla 8 Análisis de Varianza Dureza (N) vs pH, Temperatura.....	38
Tabla 9 Análisis de varianza de Fracturabilidad vs. pH; Temperatura	44
Tabla 10 Análisis de Varianza para Cohesividad	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Curva Típica de TPA.....	23
Figura 2 Mapa de Ubicación	27
Figura 3 Flujograma de elaboración de Snack de Plátano	35
Figura 4 Croquis experimental del Snack de Plátano	36
Figura 5 Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de la Dureza	39
Figura 6 Gráfica de Efectos principales para dureza	41
Figura 7 Gráfica de Interacción para dureza	42
Figura 8 Diagrama de Pareto de efectos estandarizados en Fracturabilidad	45
Figura 9 Gráfica de efectos principales para fracturabilidad.....	46
Figura 10 Diagrama de Pareto de efectos Estandarizados para Cohesividad.....	48
Figura 11 Gráfica de efectos principales para cohesividad	49
Figura 12 Gráfica de interacción para cohesividad.....	50

RESUMEN

Esta investigación se desarrolló en el Laboratorio de Frutas y Hortalizas de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, ubicado en el departamento, provincia y distrito de Cajamarca. El estudio evaluó el efecto del pH en el pretratamiento y la temperatura de fritura sobre las características texturales del snack de plátano (*Musa paradisiaca* L.).

El objetivo principal fue analizar el efecto de soluciones ácidas con pH 2.0, 2.5 y 3.0 como pretratamiento, aplicadas sobre hojuelas de plátano cortadas a 2 mm de espesor, las cuales fueron sometidas a fritura tradicional a temperaturas de 160, 170 y 180 °C. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 3x3.

Los resultados indicaron que el pH tuvo un efecto significativo sobre la dureza del producto, siendo el pH 3 el que generó mayor dureza, mientras que el pH 2 produjo un snack más blando. La temperatura no tuvo un efecto significativo individualmente; sin embargo, la interacción entre pH y temperatura sí fue significativa, observándose mayor dureza en el tratamiento con pH 3 y 160 °C. En cuanto a la fracturabilidad, no se encontró significancia en ninguna de las variables. Para la cohesividad, se observó efecto significativo del pH, destacando el tratamiento con pH 2 por su mayor resistencia.

Se concluye que el pH tiene un efecto significativo sobre las características texturales del snack de plátano, mientras que la temperatura no presentó influencia considerable de forma independiente.

Palabras clave: textura, pH, temperatura, dureza, fracturabilidad, cohesividad.

ABSTRACT

This research evaluated the effect of pH in the pretreatment and frying temperature on the textural characteristics of plantain (*Musa paradisiaca* L.) snacks. The main objective was to assess the influence of acid solutions with pH values of 2.0, 2.5, and 3.0, used as a pretreatment for 2 mm thick plantain slices, which were then subjected to traditional frying at temperatures of 160, 170, and 180 °C. A completely randomized 3x3 factorial experimental design was applied.

The results showed that pH had a significant effect on hardness, with pH 3 producing the hardest texture, while pH 2 resulted in a softer snack. Temperature did not show a significant individual effect; however, the interaction between pH and temperature was significant, with the combination of pH 3 and 160 °C yielding the hardest texture. For fracturability, neither variable showed significant influence. Regarding cohesiveness, pH showed a significant effect, with pH 2 treatments exhibiting greater resistance.

It is concluded that pH significantly affects the textural characteristics of the plantain snack, whereas temperature does not have a major influence individually.

Keywords: Texture, pH, temperature, hardness, fracturability, cohesiveness.

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

Uno de los procesos más empleados en la producción de snacks es la fritura, el cual modifica la textura de los alimentos, a la vez que cambia su color, influyendo directamente en la percepción del consumidor. La popularidad de este proceso se debe a las características sensoriales que presentan los productos obtenidos. El objetivo de la fritura consiste en “sellar” los alimentos en aceite caliente, permitiendo que los sabores y la humedad queden retenidos dentro de una corteza crujiente. Así, la mayoría de las características deseables de los productos fritos proviene de la formación de una estructura compuesta por una capa externa crocante, porosa y aceitosa, y un interior húmedo y cocido (Ramirez, 2016).

Actualmente, la industria alimentaria realiza grandes esfuerzos por desarrollar snacks con mayor valor nutricional, por lo que el uso de **pretratamientos** que permitan obtener un producto de mejor calidad, tanto en el aspecto nutricional como organoléptico —especialmente en características físicas como el color y la textura— resulta de gran importancia. Esto es clave para establecer estándares consistentes en el procesamiento de este tipo de productos.

En este contexto, se consideró al plátano como materia prima de estudio, dado que es un fruto ampliamente comercializado tanto a nivel local como nacional, y es uno de los más consumidos por la población. Sin embargo, no se han desarrollado estudios que establezcan parámetros específicos para la producción de snacks de plátano, lo que limita el control del proceso y la obtención de productos con características físicas deseables para el consumidor.

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del uso de una solución ácida con pH de 2, 2.5 y 3 como pretratamiento por inmersión de rodajas de plátano, las cuales fueron sometidas a tres temperaturas de fritura (160, 170 y 180 °C) durante un tiempo constante de 5 minutos. Además, se buscó identificar de forma individual el efecto del pH y de la temperatura sobre la textura de los snacks.

1.1.Descripción del Problema

El procesamiento de snacks en la industria de alimentos ha tenido un crecimiento bastante notable en los últimos años, esto debido al valor agregado que proporcionan sus productos y a la facilidad de tener a la mano dichos productos. Un claro ejemplo de ellos son los chifles, que son un producto transformado del plátano, naturales y nutritivos de consumo masivo en todas las edades por su precio asequible para el consumidor y por tener una producción rentable y económica.

El papel que cumplen los snacks en la alimentación de las personas puede ser no muy benéfico si hablamos de un snack frito; dado que al ser sometido a elevadas temperaturas algunos componentes sensibles como las vitaminas pueden degradarse; por otro lado, al no tener un proceso controlado respecto a la absorción de aceite, las características texturales que pueda tener dicho alimento no serán las mejores perceptivamente ante el consumidor.

El consumidor a la hora de elegir un snack se basa en que este tenga un buen sabor, de buena apariencia y que proporcionen nutrientes dentro del rango saludable. Esto nos hace pensar que la industria alimentaria deberá buscar métodos que permitan obtener un producto de características texturales mucho más aceptables teniendo en cuenta parámetros como la temperatura con la que se elaboran los snacks y la influencia que puede tener el uso de pretratamientos, como la utilización de soluciones ácidas, que influyen no solo en la disminución del proceso oxidativo, sino que también se espera tengan un resultado favorable en la textura de los alimentos sometidos a dicho pretratamiento.

1.2.Formulación del problema (pregunta de investigación)

¿Cuál es el efecto del pH en el pretratamiento y temperatura de fritura sobre las características texturales en snack de plátano palillo?

1.3.Justificación

La producción de snacks de plátano frito representa uno de los principales referentes dentro de la categoría de snacks en el país. Sin embargo, no se cuenta con estudios concluyentes que establezcan un punto óptimo de procesamiento que considere el uso de pretratamientos y su interacción con la temperatura de fritura para influir favorablemente en las características texturales del producto. Esto limita la definición de parámetros técnicos confiables para la elaboración estandarizada de este alimento.

En ese contexto, la presente investigación tuvo como finalidad evaluar el efecto de un pretratamiento con soluciones de ácido cítrico —ajustadas a pH 2, 2.5 y 3— sobre rodajas de plátano, con el objetivo de determinar su influencia en la estructura externa del alimento. Se planteó que, al someter estas rodajas a altas temperaturas mediante fritura, dicho pretratamiento podría mejorar las características texturales del snack en comparación con un procesamiento convencional sin pretratamiento.

1.4.Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar el efecto del pH en el pretratamiento y temperatura de fritura sobre las características texturales en snack de plátano palillo.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Evaluar el efecto del pH en el pretratamiento sobre las características texturales en snack de plátano palillo.
- Evaluar efecto de la temperatura de fritura sobre las características texturales en snack de plátano palillo.

1.5.Hipótesis

Hipótesis Experimental (Hi):

El mejor pH como pretratamiento es de 2.5 y la temperatura de fritura óptima es mayor a 160°C para obtener características texturales favorables en el snack de plátano.

CAPITULO II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes De La Investigación

Se encontraron los siguientes antecedentes respecto a estudios de influencia de la temperatura y nivel de pH en la textura de alimentos:

Narro (2021), en su investigación titulada “*Determinación de la temperatura de fritura y espesor para obtener hojuelas de arracacha (Arracacia xanthorrhiza Bancroft)*”, evaluó el efecto de tres niveles de temperatura (140, 150 y 160 °C) y tres espesores de corte (1.5, 2 y 2.5 mm) sobre el rendimiento, absorción de aceite y aceptación sensorial de hojuelas de arracacha. El estudio fue desarrollado bajo un diseño completamente al azar con arreglo factorial (3 espesores × 3 temperaturas), empleando cuatro repeticiones por tratamiento. Los resultados mostraron que si bien no hubo una interacción significativa entre los factores evaluados en cuanto al rendimiento, sí se evidenció un efecto significativo en el consumo de aceite, especialmente en la combinación de 2 mm de espesor y 140 °C de temperatura. Además, el análisis sensorial identificó como más aceptadas las hojuelas de 1.5 mm a 150 °C y 160 °C, así como las de 2 mm a 150 °C.

Este estudio constituye un antecedente importante para el presente trabajo, ya que permite establecer referencias tanto en el manejo del espesor de las rodajas como en los rangos de temperatura de fritura aplicables a productos vegetales similares, como el plátano. Asimismo, resalta la importancia de considerar parámetros físico-sensoriales como parte de la evaluación del producto final, alineándose con el enfoque de este estudio orientado a la mejora de las características texturales del snack de plátano.

Torres et al., (2018) desarrollaron un estudio orientado a optimizar el proceso de fritura de arepas con huevo, evaluando la relación entre temperatura y tiempo sobre diversos atributos de calidad. Para ello, emplearon formulaciones en forma de placas circulares elaboradas con masa de maíz y huevo, las cuales fueron sometidas a fritura en aceite de palma. Utilizando un diseño central compuesto rotatable, observaron que el contenido de humedad de las muestras disminuyó con el aumento de los factores de temperatura y tiempo. Además, se evidenció que las arepas fritas a temperaturas más altas

y tiempos más cortos absorbieron menos grasa. Por otro lado, se reportó una disminución en la luminosidad con el incremento de temperatura, mientras que la dureza y la variación del color aumentaron a mayor tiempo de fritura. La combinación óptima se alcanzó a 180.8 °C durante 364.8 segundos, logrando una deseabilidad global de 0.84 y un producto con menor contenido graso.

Este antecedente resulta relevante para la presente investigación, ya que proporciona evidencia sobre cómo la temperatura y el tiempo de fritura influyen en propiedades físicas clave del producto, tales como textura, color y absorción de grasa. Estos hallazgos respaldan la importancia de controlar dichos parámetros en el procesamiento de snacks de plátano, contribuyendo a establecer condiciones de fritura que favorezcan características texturales más aceptables y saludables.

Campos et al., (2021) evaluaron el efecto de la temperatura (160–180 °C) y el tiempo de fritura (30–90 segundos) en la elaboración de chips de oca (*Oxalis tuberosa*), empleando un diseño factorial 3^k. Las variables dependientes analizadas fueron la textura y la luminosidad del producto final. Además, se determinaron parámetros fisicoquímicos como contenido de humedad (79.14 ± 1.21 %), proteínas (1.04 ± 0.95 %), extracto etéreo (0.89 ± 0.15 %), cenizas (1.01 ± 0.08 %) y pH (4.52 ± 0.21). Los mejores resultados se obtuvieron con una temperatura de fritura de 172 °C durante 45 segundos, logrando una textura de 2.605 mJ y una luminosidad de 77.381. Los autores concluyeron que las características físicas del producto están directamente influenciadas por las condiciones térmicas del proceso.

Este estudio aporta información clave para el presente trabajo, ya que demuestra cómo la temperatura y el tiempo de fritura afectan significativamente la textura y el color de productos vegetales similares al plátano. Sus hallazgos permiten establecer parámetros de referencia para el procesamiento de snacks de plátano, facilitando la comparación de niveles de dureza obtenidos según el pretratamiento ácido aplicado, y contribuyendo así a optimizar la calidad final del producto.

Marín (2019), determinó el efecto de la temperatura en el sonido y textura instrumental y sensorial en galletas elaboradas con harina integral las cuales fueron

laminas en dimensiones de 5.5 mm de largo, 5.5. de ancho y 3mm de altura. Se utilizó 3 temperaturas de cocción de 160 °C, 180°C y 200°C respectivamente, para lo que se empleó una muestra de 260 galletas. El método utilizado fue el diseño unifactorial con prueba de Tukey en intervalo de confianza de 95% mantenido la correlación entre la textura y el sonido instrumental y sensorial. Como resultado se obtuvo que la temperatura ejerció un efecto significativo en el sonido y textura instrumental y sensorial. La muestra que con mejor aceptación fueron las que se hornearon a una temperatura de 180°C con una textura de 80% de resultado aceptable y un 66.7% de atribución a crujiencia. Esta investigación nos da una idea de cómo realizar el estudio de crujiencia, se tomará en cuenta los parámetros establecidos y se buscará la mejor manera de adaptar el tratamiento del snack de plátano para obtener un buen resultado en cuanto a crujiencia.

Guzmán (2020), estudió el efecto de la temperatura en la percepción del sonido y la textura, tanto instrumental como sensorial, en galletas elaboradas con harina integral. Las muestras fueron preparadas en forma de láminas de 5.5 mm de largo y ancho, y 3 mm de alto, y se sometieron a tres niveles de cocción: 160 °C, 180 °C y 200 °C, evaluando un total de 260 unidades. El diseño experimental fue unifactorial, y los resultados se analizaron mediante una prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95 %. Se encontró que la temperatura tuvo un efecto significativo sobre las variables evaluadas, destacando que las galletas horneadas a 180 °C mostraron la mejor aceptación sensorial, con un 80 % de aprobación en textura y un 66.7 % de atribución a la característica de crujiencia.

Este estudio proporciona una base metodológica útil para abordar el análisis de la crujiencia en productos alimentarios, y será tomado como referencia en la presente investigación para evaluar la textura del snack de plátano. En particular, sus aportes permitirán considerar parámetros comparables y orientar el tratamiento térmico más adecuado para alcanzar una textura crocante y aceptable para el consumidor.

Chica (2022), evaluó el efecto de diferentes concentraciones de ácidos cítrico y ascórbico sobre la actividad antioxidante del plátano (*Musa paradisiaca*) destinado a la elaboración de snacks tipo chifles. Se estudiaron tres niveles de cada ácido (0.25 %, 0.50 % y 0.75 %), aplicando un diseño completamente al azar con arreglo factorial 3². Se

analizaron nueve tratamientos con dos réplicas cada uno, utilizando 1 kg de plátano verde variedad barraganete como unidad experimental. Las variables evaluadas incluyeron pardeamiento enzimático, pH, grados Brix, acidez, y recuento microbiológico de mohos y levaduras.

Los resultados mostraron que el uso combinado de ácidos cítrico y ascórbico tuvo un efecto positivo en la inhibición del pardeamiento enzimático, atribuible a la acción de la enzima polifenoloxidasas. El tratamiento T8 presentó la mayor luminosidad ($L^* = 65.30$) y desplazamiento cromático hacia zonas de menor oxidación ($a^* = 24.47$; $b^* = 12.24$). Asimismo, el tratamiento T5 logró un mayor efecto en la inhibición del pardeamiento, registrando un pH de 6 y una acidez de 0.2300 %. En cuanto a la calidad microbiológica, los tratamientos T1 y T2 presentaron recuentos bajos de mohos y levaduras ($<2 \times 10^2$ UFC), evidenciando condiciones higiénicas aceptables.

Este antecedente contribuye de manera directa al presente estudio, ya que confirma la efectividad del ácido cítrico como inhibidor del pardeamiento enzimático y como agente modulador de la acidez en productos de plátano. Esta evidencia justifica la elección de distintos niveles de pH como pretratamiento en el procesamiento de snacks, lo cual podría impactar favorablemente en la textura final del producto frito, aspecto central de esta investigación.

Torres et al., (2015) realizaron una revisión técnica sobre el análisis del perfil de textura (APT), destacando su importancia como parámetro decisivo en la evaluación de productos alimenticios, ya que influye directamente en la aceptación o rechazo por parte del consumidor. El APT es considerado un procedimiento instrumental eficaz, que simula la masticación mediante ciclos de compresión controlados, permitiendo medir variables como dureza, cohesividad, elasticidad, gomosidad y masticabilidad. Estos atributos se vinculan con factores físicos del producto, tales como su composición interna y la tasa de deformación aplicada durante el ensayo.

El estudio subraya la relevancia del APT en la industria alimentaria, especialmente en productos como quesos, frutas y carnes, donde la textura se reconoce como un indicador fundamental de calidad. El artículo ofrece un marco conceptual amplio

que respalda el uso de mediciones objetivas para evaluar características físicas de los alimentos.

Este antecedente aporta valor informativo a la presente investigación, ya que proporciona los fundamentos teóricos necesarios para interpretar los resultados obtenidos mediante pruebas instrumentales en snacks de plátano. Particularmente, servirá como referencia para la medición de atributos texturales como dureza, crujencia, adhesividad y resistencia a la ruptura, que constituyen el eje de análisis en el estudio.

Muñoz Villa et al., (2014), realizaron una revisión sobre las propiedades, métodos de producción y aplicaciones del ácido cítrico, destacándolo como uno de los aditivos más versátiles y ampliamente utilizados en la industria alimentaria. Su obtención a escala industrial se realiza principalmente mediante procesos de fermentación con el hongo *Aspergillus niger*, debido a su alta eficiencia y rentabilidad. Gracias a su sabor agradable, baja toxicidad y propiedades fisicoquímicas favorables, el ácido cítrico se emplea comúnmente como conservante, antioxidante, acidulante y agente saborizante, tanto en alimentos como en productos farmacéuticos.

El estudio también resalta la amplitud de aplicaciones del ácido cítrico en la vida cotidiana y su relevancia tecnológica en la formulación de alimentos procesados. Estas propiedades lo convierten en una herramienta funcional dentro del diseño de productos alimentarios que requieren regulación de pH, inhibición de enzimas oxidativas o mejora de atributos sensoriales.

Este antecedente respalda el uso del ácido cítrico en el presente estudio, proporcionando una base científica sólida sobre su comportamiento como pretratamiento en alimentos vegetales. Su inclusión en el procesamiento del snack de plátano permite evaluar su efecto no solo desde un punto de vista textural, sino también como modulador de calidad físico-química del producto final.

Rubiano et al., (2017), evaluó el efecto del pretratamiento de ácido ascórbico y cítrico, en rodajas de manzana Granny Smith contra el pardeamiento en el secado por aire forzado, mediante la medida del color. Los rangos de temperatura de secado fueron de 50 a 70°C y el espesor de 2 a 6 mm. El pretratamiento consistió en la inmersión de rodajas en

una mezcla de agua destilada-ácido ascórbico y agua destilada-ácido cítrico en concentración del 5%. Las pruebas realizadas permitieron observar una mejor apariencia del color, disminuyendo el pardeamiento durante el proceso de secado. El color presentó una relación en su apariencia con el espesor de la lámina. Este artículo nos ayudará a comparar la formulación de las soluciones de ácido cítrico con el efecto que tienen en el producto respecto al color y textura de los snacks de plátano. Por otro lado, el espesor que utilizan en las rodajas de manzana también nos sirve de guía para la realización del rodajado de los snacks.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. Plátano (*Musa paradisiaca*)

El plátano y el banano son frutos originarios del Sureste Asiático y son fuentes de alimentos para habitantes de las zonas tropicales húmedas, se considera que ocupan el cuarto lugar como cultivos de importancia agronómica a nivel mundial. Nutricionalmente, son una fuente importante de macro elementos como el potasio y contienen ingredientes saludables como almidón resistente, fibra dietética, almidón de digestión rápida y lenta (Rivera-Quixchan et al., 2018).

Según Colmenares, Marín, & Martínez, (2018) citado por (Chica, 2022), el plátano es considerado como un fruto exótico-étnico en mercados internacionales. Sirve de acompañamiento en las comidas principales, y se lo utiliza en la preparación de chifles que es un snack muy apetecido en el país. A diferencia de otros alimentos ricos en almidones como la batata o la papa, el plátano verde contiene almidones retrógrados que actúan como fuente de fibras asimilables al organismo, con un bajo contenido de azúcar, sin grasas ni proteínas.

2.2.2. Plátano Palillo

Esta es una versión ampliada del plátano de seda tipo Cavendish, ostentando medidas de entre 20 y 25 centímetros. Su cáscara se presenta en tonalidades de amarillo, salpicada con distintivas manchas negras, y al abrirse, revela una pulpa ligeramente rosa. Este fruto es cultivado en las densas selvas de Perú, ubicadas a la vera de ríos, empleando métodos de cultivo orgánicos y naturales.

Se puede consumir fresco, pero su sabor se aprecia especialmente en jugos, chifles o snacks. Este plátano ocupa un lugar fundamental en la elaboración del popular plato "arroz a la cubana", además de ser un componente destacado en diversas frituras, ofreciendo una complementación perfecta en platos salados. Ver tabla 1.

Tabla 1 Composición del plátano

Componentes	Porcentaje (%)
Agua	57,0
Proteína	1,0
Grasa	0,2
Carbohidratos	38,6
Fibra	2,6
Cenizas	0,9

Fuente: Centro Nacional de Alimentación y Nutrición Instituto Nacional de Salud

2.2.3. Snack Generalidades

Según Miller et al., (2013) snack es un término que se utiliza para identificar a ciertos alimentos que suelen ser ligeros y generalmente son consumidos fuera de horas habituales, y que además se clasifican según el tipo de alimento que incluya; como, por ejemplo, snacks salados, snacks dulces e incluso bebidas.

Los snacks pueden tener varias finalidades: cubrir una necesidad alimentaria en una comida principal, satisfacer un capricho, tener carácter social o simplemente, saciar una necesidad alimentaria entre horas. Dependiendo de sus ingredientes y forma de preparación, los snacks podrían catalogarse como saludables y nutricionalmente equilibrados, y su impacto en la dieta dependerá de factores como: frecuencia de consumo, elección, combinación y la complementación con otros alimentos a lo largo del día, con esto se puede sobrepasar los límites y generar un exceso, además de aportar una cantidad baja de nutrientes y por lo tanto su consumo será poco (Miller et al., 2013).

Los snacks que proveen un contenido nutricional adecuado son una excelente opción para auxiliar a personas que pretenden cuidar su salud, evitar exceso en el contenido de grasas y ganancia de nutrientes valiosos para el organismo además de traer consigo otros beneficios como el control de la ansiedad (Cruz Leiva et al., 2016).

En la **tabla 2** se hace una clasificación del snack en función del tipo de materia prima que se utiliza para su elaboración.

Tabla 2 Tipos de snacks de acuerdo a su materia prima

TIPO	DESCRIPCIÓN
Salados	Se incluye sal (sales) para conferir el sabor y otras características sensoriales. Ejemplo: pretzels, las tortillas chips, etc.
Dulces	Se añade o se utiliza azúcar, generalmente sacarosa, como ingrediente principal. Los productos de confitería pertenecen a esta clasificación.
Nutritivos	Aportan un valor nutricional al consumidor. Ejemplos de este tipo de snacks son el yogurt, la fruta deshidratada, las semillas, etc.
Naturales	No son tratados con agentes o sustancias ajenas al snack, no han sufrido transformaciones químicas. Principalmente son usados como materia prima.
Combinados	Poseen características de los diferentes tipos de snacks en proporciones que les den una aceptación óptima por el consumidor y que puedan aportar beneficios a la salud.

Fuente: Cruz Leiva et al., (2016)

2.2.3.1. Snack frito:

Según Martínez (2020), la fritura es un proceso culinario que consiste en introducir un alimento en un baño de aceite o grasa caliente a temperaturas elevadas. Los alimentos procesados por esta tecnología resultan de gran importancia en investigaciones dado que al someter a cocción en aceite a elevadas temperaturas hace que los alimentos sean sabrosos y apetecibles, empero, consumir fritura de manera frecuente no solo aumentará la ingesta calórica, sino que también elevará los niveles de colesterol malo en el organismo de quién lo consume. Sin embargo, aquí el tema a debatir es cuántos de estos alimentos contribuyen a una vida más sedentaria y cómo se podría cambiar este alimento por uno más saludable el cual mejore el hábito alimenticio (Martínez, 2020).

2.2.4. Procesos De Fabricación De Snacks

Existen diferentes métodos utilizados para la elaboración de snacks, entre los más comunes podemos mencionar el proceso de fritura, nixtamalización, insuflado, extrusión y deshidratado.

2.2.4.1. La Fritura

La fritura es una de las técnicas más antiguas y utilizadas en el procesamiento de alimentos. En la actualidad, los alimentos fritos gozan de una popularidad cada vez mayor en el mundo y son aceptados por personas de todas las edades (Rodriguez et al., 2013).

Según Bouchon & Pyle, (2005) las temperaturas de fritura están en el rango de 120 °C a 200 °C, pero las temperaturas más comunes se encuentran en el rango de 170 °C a 190 °C. La relación tiempo-temperatura son parámetros de gran relevancia cuando se pretende hacer un análisis de cualquier proceso de fritura y a la vez se busca determinar la calidad del producto final (Gökmen & Şenyuva, 2007).

Las altas temperaturas utilizadas en el proceso de fritura provocan cambios microestructurales en los productos fritos puesto que el agua contenida en el alimento sufre un proceso de deshidratación ya que pierde agua mediante evaporación (Dueik & Bouchon, 2011). Por otra parte, procesos como la gelatinización del almidón y la desnaturalización de las proteínas se hacen presentes tras someter un alimento a las altas temperaturas de fritura en donde además, se pierden nutrientes como la tiamina, riboflavina, vitaminas puesto que son componentes sensibles a temperaturas elevadas. El alimento formará una costra en sus estructuras y el adquirirá un color dorado, desarrollándose sabores y aromas dando como resultado una textura crujiente y

características sensoriales típico de un alimento frito. De estos cambios organolépticos provocan gran aceptación a nivel mundial a su vez que son rápidos de preparar (Fellows, 2009).

Durante la fritura, la absorción de aceite se puede ver afectada por varios factores, siendo uno de ellos el tipo y calidad del aceite utilizado, así como también la temperatura y tiempo de fritura, la aplicación de pretratamientos, las características del alimento y su composición. Al respecto se ha demostrado que la mayor parte de aceite se localiza en la región superficial del producto frito.; además algunos estudios refieren que la mayor parte de aceite absorbido se da durante el periodo de enfriamiento posterior al proceso de fritura (Ramirez, 2016).

Según Bouchon & Pyle (2005) Durante el proceso de fritura el escape de vapor de agua genera una barrera que previene la migración de aceite al interior de la estructura porosa y como consecuencia la absorción de aceite durante la inmersión podría ser limitada, en donde la mayor absorción de aceite es un fenómeno de tensión superficial como resultado de la competencia entre el flujo y succión al interior de la corteza porosa luego de haberse removido el producto del aceite y cuando este empieza a enfriarse.

2.2.5. Aceites Utilizados En El Proceso De Snacks

Según Viera (2019), el aceite que se utiliza en el proceso de fritura resulta determinante en la calidad y rendimiento. Es por este motivo que es preferible la utilización de aceites que han sido hidrogenados ligeramente, ya que al usar este tipo de aceites como el de algodón, este transfiere un sabor característico original y que a su vez genera mayor rendimiento. Uno de los mejores aceites es el de oliva puesto que alcanza la temperatura de ebullición por encima de 200 °C.

Rubinson & Rubinson (2001), nos indican los siguientes criterios que se deben tener en cuenta al momento de escoger un aceite para el procesamiento de snacks:

- No debe contribuir con sabores extraños en el alimento
- Debe proporcionar una larga vida de fritura, que haga económica la operación.
- Tener resistencia a humear en exceso durante uso continuado, a la rancidez y a la formación de polímeros que ensucien el equipo.

- Proporcionar a los productos una superficie café dorada exenta de grasa libre y de excelente textura.

2.2.5.1. Función del Aceite en la Fritura

La función del aceite en la fritura es doble, por un lado, actúa como medio trasmisor del calor: proporciona la energía en forma de calor dentro del alimento y evapora parte del agua de éste, favoreciendo de ese modo una deshidratación o secado del alimento. La tasa de absorción de calor es función de los surfactantes presentes en el aceite (jabones, polímeros, etc.), y pueden causar un contacto excesivo entre el aceite y el alimento, formando un producto que puede estar cocido inapropiadamente, de color oscuro y excesivamente aceitoso. Por otro lado, el aceite llega a ser un ingrediente del producto frito al ser absorbido por el mismo alimento. Esta última función tiene especial interés ya que la estabilidad del aceite y su grado de alteración influirán directamente en la duración del producto frito (Viera, 2005)

Los snacks que se producen a escala industrial tales como las hojuelas (chips) de papas, camote o plátanos (chifles), generalmente se fríen en aceites parcialmente hidrogenados para obtener estabilidad del producto frito (Viera, 2005).

2.2.6. pH

Según Vázquez & Rojas,(2016) el pH es una escala que se utiliza para especificar la acidez o alcalinidad de una solución acuosa y numéricamente viene a ser el logaritmo negativo en base de la actividad de ion Hidrógeno

Las soluciones con un pH menor a 7 son ácidas, por el contrario, las soluciones con un pH mayor a 7 son alcalinas o básicas. El agua pura tiene un pH de 7, lo que se refiere a que es neutral, es decir, ni numácida ni alcalina¹. Contrariamente a la creencia popular, el valor del pH puede ser menor que 0 o mayor que 14 para los ácidos y las bases muy fuertes. Sin embargo, estos extremos son difíciles de medir con precisión (Vázquez & Rojas, 2016).

2.2.7. Pretratamientos En Alimentos

Según (Peñalver, 2017) se hace uso de pre-tratamientos con el fin de mejorar la calidad de los alimentos y ralentizar procesos indeseables como la degradación de compuestos permitiéndonos obtener un producto con características buenas en cuanto a calidad y organolépticamente aceptable; a su vez que se busca maximizar la retención del aroma, el sabor, estabilizar el color y detener el pardeamiento enzimático. Por otra parte, se espera minimizar los cambios de textura, obteniendo de este modo un producto cuyas características nutricionales y sensoriales se mantendrán similares a la del producto fresco.

Los pretratamientos son métodos de tipo físico o químico que se emplean antes de procesar los alimentos para conservar sus características organolépticas y mejorar el resultado final del producto. Entre los más usados se pueden citar el escaldado, la congelación, la deshidratación, la concentración y la pasteurización (Casp & Abril, 2014).

Algunos pre-tratamientos han demostrado disminuir la absorción de aceite y mejorar la textura del alimento frito, entre los que se destacan, el escaldado o blanqueo, la congelación y la inmersión en soluciones azucaradas, y el secado previo, tratamientos que pueden ser aplicados independientemente o combinados entre sí (Pedreschi & Moyano, 2005).

2.2.7.1. Escaldado

El escaldado es un tratamiento térmico que se aplica generalmente a frutas, hortalizas y tubérculos con la finalidad de preparar la materia prima para una etapa posterior y disminuir la carga enzimática con la consecuencia posible de cambios no deseables en las características sensoriales del producto final como su color, sabor y apariencia o textura general; la peroxidasa, catalasa y lipooxigenasa son las enzimas características de las degradaciones, las 2 primeras presentan una alta resistencia al

pretratamiento de escaldado, es por esto que su capacidad de inactivación de la acrilamida es un indicador de su eficiencia como pretratamiento. El tratamiento de escaldado se propone eliminar por temperatura gran parte de estas enzimas que se encuentran en la superficie externa o en otros casos en la parte interna del alimento; además, adicionalmente este pretratamiento logra remover el aire contenido entre los tejidos, el mismo que causa las reacciones de oxidación durante el almacenamiento del producto. (Antón Bernal & Saavedra Bravo, 2017).

Según Gimferrer, (2012), citado por Antón Bernal & Saavedra Bravo, (2017) El escaldado se aplica en 3 fases: la 1ra fase es la de calentamiento del producto a una temperatura que oscila de 70 °C a 100 °C. A esta etapa le sigue otra, que consiste en mantener el alimento durante un periodo de tiempo, que varía de 30 segundos a dos o tres minutos, a la temperatura elegida como deseable. La 3ra fase es realizar un enfriamiento rápido del alimento calentado. De lo contrario, se contribuye a la proliferación de microorganismos termófilos, resistentes a la temperatura.

2.2.7.2. Inmersión En Soluciones Ácidas

Los ácidos orgánicos reducen el pH y modifican la actividad enzimática, actuando como agentes quelantes de ciertos iones metálicos, como el hierro y el cobre, que generan reacciones de oscurecimiento. El ácido cítrico se utiliza en niveles de hasta el 0.5%, sin afectar el sabor. El ácido ascórbico y el eritrobato de sodio actúan como antioxidantes, utilizándose a niveles de hasta 0.1%. Estas soluciones se pueden aplicar durante el procesamiento, por inmersión en caso de que el producto genere deterioro en algunas de sus etapas, por ejemplo, después del pelado o cortado, o como solución de glaseado antes de la congelación (Barreiro & Sandoval, 2001).

Según Namiki et al. (1988) y Mlotkiewicz (1998), junto a la temperatura, el tiempo de reacción, el contenido de agua y las concentraciones y tipos de reactantes presentes, el pH es determinante en el porcentaje y grado de formación de los productos de la reacción de la reacción de Maillard.

Antón Bernal & Saavedra Bravo, (2017) en referencia al efecto de la concentración de las soluciones de ácido cítrico, demostró que se detectaba un leve gusto amargo y una textura más dura en el ensayo en que se someten las patatas a inmersión en solución al 2% de ácido cítrico. Los autores establecieron que una concentración de 1% de ácido cítrico era el límite máximo para ser aplicado como pretratamiento.

El ácido cítrico adicionado al sistema de fritura de patatas críps, tiene como efecto la disminución de la formación de dos grupos de compuestos característicos de la reacción de Maillard como son los aldehídos provenientes de la reacción de degradación de Strecker, metilpropanal y 2 y 3-metilbutanal, y las alquilpirazinas, 2-etil-3,5-dimetilpirazina, 2-etil-3,6-dimetilpirazina y 2,3-dietil-5-metilpirazina, lo cual afecta el desarrollo de aromas y sabores (Wagner y Grosch, 1998).

2.2.8. Uso Del Ácido Cítrico En La Industria Alimentaria

El uso de compuestos acidulantes en la conservación y mejora de propiedades organolépticas en alimentos es extenso, en particular, los ácidos que contienen uno o más carboxilos son aditivos alimentarios importantes. Estos ácidos orgánicos, son intermediarios o productos terminales de ciclos metabólicos básicos por lo cual ocurren en una gran variedad de organismos vivientes. Tales compuestos incluyen los ácidos cítrico, málico, láctico, acético, tartático, fumárico y glucónico. (Muñoz Villa et al., 2014).

El ácido cítrico se utiliza principalmente en la industria alimentaria debido a su agradable sabor ácido y su alta solubilidad en agua.

La Tabla 3 presenta las principales aplicaciones del ácido cítrico.

Tabla 3 Aplicaciones de Acido en la Industria Alimentaria

INDUSTRIA	APLICACIONES
Bebidas	Proporciona acidez y complementa los sabores de las frutas y bayas. Aumenta la eficacia de los conservantes antimicrobianos. Se utiliza en el ajuste del pH para proporcionar acidez uniforme
Jaleas, mermeladas y conservas	Proporciona acidez. Ajuste del pH
Dulces	Proporciona acidez. Minimiza la inversión de la sacarosa. Produce un color oscuro en caramelos duros. Actúa como acidulante
Fruta Congelada	Disminuye el pH para inactivar las enzimas oxidativas. Protege el ácido ascórbico por inactivación de trazas de metales
Productos Lácteos	Como emulsionante en helados y quesos procesados, agente acidificante en muchos productos de queso y como antioxidante
Grasas y Aceites	Sinergista de otros antioxidantes, como secuestrador

Fuente: (Muñoz Villa et al., 2014)

2.2.8.1. Funcionalidad De Los Ácidos En Los Alimentos

La incorporación de ácidos en alimentos cumple diversas funciones dependiendo de la aplicación particular. Tales aplicaciones se inscriben en la explotación de una o varias de las siguientes propiedades de los ácidos orgánicos, o sus sales como menciona (Muñoz Villa et al., 2014):

- Poder acidulante
- Capacidad amortiguadora o reguladora del pH
- Agente quelante de iones metálicos
- Emulsificante
- Efectos organolépticos.

El principal uso es la acidificación y control del pH en el producto final. Un pH

bajo, retarda el crecimiento de microorganismos indeseables (principalmente bacterias) y aumenta la efectividad de conservadores como benzoatos y sorbatos. Asimismo, reduce la necesidad de tratamientos térmicos drásticos durante la esterilización de frutas y verduras enlatadas, o promueve la inactivación de enzimas indeseables como polifenoloxidasas (Muñoz Villa et al., 2014).

Los ácidos tienen propiedades quelantes de iones metálicos. Estos iones son catalizadores de reacciones indeseables en alimentos como decoloración, rancidez, pérdida de nutrientes, etc. Consecuentemente los ácidos orgánicos mejoran la protección producida por antioxidantes comunes como BHT (Butil hidroxitolueno), ascorbato, etc. Por ejemplo, mezclas de ácido cítrico con antioxidantes son agregadas comercialmente a aceites, salchichas y carnes secas para prevenir rancidez. La selección de un ácido en una aplicación particular depende en gran medida de su solubilidad en agua. El ácido cítrico es, por excelencia, el de mayor uso en alimentos (Muñoz Villa et al., 2014).

2.2.9. Características texturales

Según (Peñalver, 2017), la textura de los alimentos es principalmente una experiencia humana que surge a partir de la interacción con el alimento y su estructura y con el comportamiento cuando es transformado ya sea cocido o manipulado en su estado natural. La percepción de la textura que captamos dependerá del criterio de cada persona quién juzgará la calidad del alimento de modo que lo considere aceptable o lo rechace.

2.2.9.1. Dureza

Se refiere a la cantidad de fuerza requerida para alterar la forma de un alimento o para introducir un objeto en el alimento. Es la fuerza necesaria para alcanzar una deformación específica. (Talens-Oliag, 2017)

La dureza representa el aspecto mecánico más crítico en cuanto a la textura de los alimentos. En productos cárnicos, frutas y productos lácteos como el queso, la dureza, junto con el sabor y la apariencia, son características fundamentales que influyen en la decisión

del consumidor al elegir, por ejemplo, un trozo de carne de una especie animal específica, y luego compararla con otros productos de forma sensorial. En el caso de las frutas, la dureza desempeña un papel importante en la determinación de su grado de madurez. En términos generales, los demás parámetros de textura suelen reflejar el comportamiento reológico predominante en el alimento (Torres et al., 2018).

Para la interpretación de la dureza se debe entender que esta se describe como la fuerza máxima en un tiempo determinado, durante el primer ciclo de compresión a la que es sometida un alimento. Se evalúa la dureza con la que un alimento se quiebra o cruje y está por lo general, directamente relacionada con la crujencia y el contenido de humedad de los productos; al aumentar el contenido de humedad, el producto se vuelve más firme, esto hace que la penetración de la aguja en el analizador de textura resulte más difícil, indicándose por un aumento en el pico de fuerza y, en consecuencia, un aumento en la dureza (Perdomo & Ordoñez, 2013).

De manera tecnológica se pudo observar en el snack sometido a pretratamiento con ácido cítrico se veía influenciado en la dureza del alimento, dado que, a un pH más bajo, de 2, el snack presentó una disminución en la dureza, es decir, que a menor pH el alimento se vuelve más blando al someter a fritura; mientras que conforme se va aumentando el nivel de pH entre 2.5 y 3 el alimento muestra mayor firmeza. Según Marleny Cá, (2007) la influencia que muestra el ácido cítrico al momento de someter un alimento a este tratamiento o que este contenga un pH bajo, influye en la estructura del almidón, que es el carbohidrato principal del snack de plátano, por lo que al ser sometido en una solución con diferentes dosis de ácido cítrico las moléculas de almidón cambian su tamaño, principalmente la amilosa y la amilopectina, que son las estructuras en las que se puede evidenciar cambio cuando estas son sometidas a cambios ya sea por aumento en la absorción de agua, de temperaturas y morfología respecto al corte que se hace en el alimento al momento de ser procesado. **Basilio (2015)** en la Predicción De La Vida Útil De Chifles De Plátanos (*Musa paradisiaca*) Mediante Modelos Matemáticos” manifiesta que varios cambios en la textura se produjeron cuando la humedad era eliminada de los chips de plátano. Al principio, la fuerza de compresión aumenta linealmente a medida que aumenta la compresión hasta la primera fractura. La presencia de células de aire en la

estructura de chips disminuyó la fuerza después de cada fractura, sin embargo, la fuerza de compresión continuó aumentando a medida que los chips se comprimieron en la siguiente fractura, que terminó en una caída en la fuerza, este patrón se llama una fuerza-deformación irregular. La fuerza de rotura o dureza es un indicador de la crocantez, un valor de dureza inferior corresponde a una crocantez superior. En conclusión, la frescura de los productos secos es controlada por la composición y estructura del producto. Las condiciones del proceso afectan el contenido de humedad final que rige la crocantez del producto

2.2.10. Evaluación de la textura en Chips

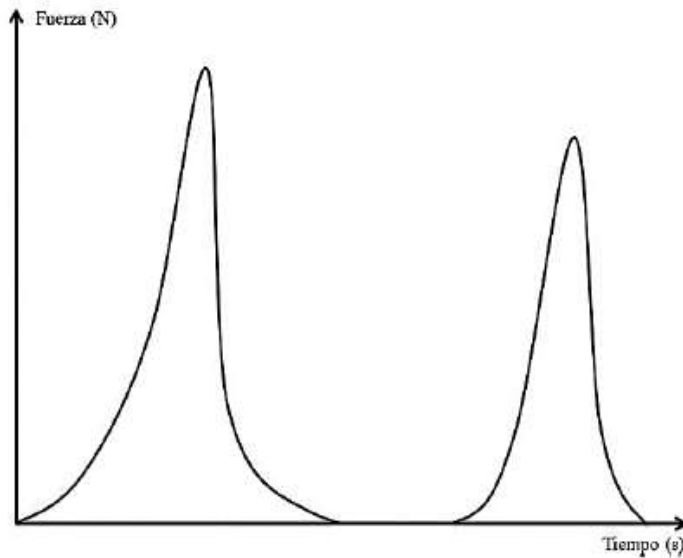
Como método de deshidratación, la fritura modifica las características de textura de los productos al someterse los almidones de las materias primas a temperaturas de retrogradación. El punto de quiebre (fuerza de dureza) de los productos se usa para medir la crujencia de un producto frito.(Lucas, 2011).

En la industria de los chips las medidas de textura deben tener valores altos ya que esto repercute en la crocancia, con lo cual no sería de buena aceptación sensorial por parte del consumidor. (Lucas, 2011)

2.2.11. Análisis De Perfil De Textura

Según Torres et al., (2015), el análisis de textura comprende las curvas que supervisan y registran los eventos característicos espaciales o temporales de muestras durante las mediciones de textura de alimentos, en donde el TPA configura un 'puente' de medida objetiva a la sensación subjetiva y hace que las características de textura de alimentos sean más predecibles, de modo tal que la obtención de estas curvas nos hará una simulación del esfuerzo de la mandíbula al morder, dando a conocer el comportamiento del alimento con respecto a la fuerza aplicada.

Figura 1 Curva Típica de TPA



Fuente: Torres et al.,(2015)

Respecto a los productos alimenticios al comprimir el producto, al menos unas dos veces, y cuantificar los parámetros mecánicos de las curvas de fuerza- deformación, se analizarán particularidades que están relacionadas con la mecánica y la reología, en donde tratará finalmente un grupo de propiedades físicas del alimento, tal como: dureza, cohesión, viscosidad, elasticidad, adhesión; por otra parte se debe tener en cuenta las sensaciones de desmigajo, crujencia, dureza, blandura, etc. (Torres et al., 2015).

2.2.12. Mediciones Instrumentales De Textura

La medida instrumental de la textura es una alternativa a la evaluación sensorial la cual busca la obtención de resultados precisos pero que mantengan correlación con las evaluaciones sensoriales de modo que se pueda validar la técnica instrumental utilizada; dado que esta característica sensorial depende el gusto del consumidor, es indispensable conocer a través de mediciones hechas por los equipos y pruebas, la textura de manera cuantitativa (Torres et al., 2015).

Existen dos métodos de análisis de perfil de textura, el método destructivo como la prueba de flexión de tres puntos, prueba de curva de solo borde dentado, pruebas de punción, penetración y el “método diente; que tienen como finalidad simular el proceso de simulación (Torres et al., 2015).

Según Torres et al., (2015) uno de los equipos más usados para determinar los parámetros requeridos de textura viene a ser el Texturómetro, el cual simula la mordedura de un alimento, proporcionando opciones de celdas para la realización de ensayos de distinta índole, tanto en tensión como compresión, contando con un software para cálculos de los parámetros de perfil de textura, fatiga cíclica, relajación de esfuerzos y otras propiedades mecánicas; por otra parte los resultados pueden ser impresos de forma rápida y se puede hacer una comparación de los datos de las pruebas con análisis previos mediante la transferencia a computadora a través de programas Lotus o Excel.

En la tabla 4 se muestran los parámetros obtenidos de un análisis de perfil de textura.

Tabla 4 Parámetros del análisis del perfil de textura

PARÁMETRO	DEFINICIÓN	DETERMINACIÓN	UNIDADES
Fracturabilidad	Fuerza necesaria para fracturar la muestra	Fuerza en la primera ruptura significativa de la muestra	Newton (N)
Dureza	Fuerza necesaria para lograr una deformación determinada.	Máxima fuerza durante el primer ciclo de compresión	Newton (N)
Adhesividad	Trabajo necesario para vencer la fuerza de atracción entre la muestra y una superficie	Área negativa después del primer ciclo de compresión. Representa el trabajo necesario para separar la superficie del equipo y la muestra.	Joule (J)
Cohesividad	“Fuerza” de los enlaces internos que mantiene la estructura de una muestra. Representa la resistencia de un material a una segunda deformación con relación a como este se comportó en un primer ciclo de deformación. Mide el trabajo realizado en la segunda compresión dividido entre el trabajo durante la primera compresión.	Relación entre el área positiva del segundo ciclo de compresión (A2) y el área positiva del primer ciclo (A1). Excluyendo la porción de áreas durante la descompresión de la muestra.	Relación A2/A1

Elasticidad	Capacidad que tiene una muestra deformada para recuperar su forma o longitud inicial después de que la fuerza ha impactado en ella.	El cociente L_2/L_1	Adimensiona l. Una longitud dividida por la otra longitud.
Gomosidad	Fuerza necesaria para desintegrar una muestra de alimento semisólido a un estado tal que facilite su ingesta.	Producto de la dureza y la Cohesividad	Newton (N)
Masticabilidad	Fuerza necesaria para masticar un alimento solido hasta un estado tal que permita su ingesta	Producto de la dureza, Cohesividad y elasticidad	Newton (N)

Fuente: (Torres et al., 2015)

2.2.13. Influencia De La Temperatura En La Textura De Los Alimentos Procesados

Vitrac et al, (2002) citado por (Toro et al., 2019), indica que la temperatura, no afecta la dureza y adhesividad, elasticidad, gomosis y masticabilidad, debido a que éste factor se relaciona directamente con el tiempo de freído y juntos controlan las transformaciones y las características del producto final.

Toro et al., (2019) en el análisis de la influencia de la temperatura y el tiempo en la textura de carne de cuy obtuvo que la temperatura tiene un efecto significativo sobre la dureza la elasticidad, cohesividad y dureza; en combinación con el tiempo el efecto se verá reflejado en la cohesividad.

2.3. Definición De Términos

Ácido Cítrico: El ácido cítrico (ácido 2-hidroxil 1,2,3-propantricarboxílico) es un ácido natural, que también puede ser sintetizado en laboratorio, de amplio uso en el campo de alimentos.

Cohesividad: Se refiere al grado en que un alimento mantiene su integridad interna al ser masticado o comprimido. En otras palabras, mide cuán bien las partículas del alimento se mantienen unidas entre sí después de aplicar una fuerza.

Dureza: Se refiere a la fuerza necesaria para deformar o romper un alimento al masticarlo. Es una de las características sensoriales más importantes que percibimos al morder o presionar un alimento.

Fracturabilidad: Es la facilidad con la que un alimento se rompe o quiebra cuando se aplica una fuerza.

pH: Factor determinante en el proceso de snack de plátano palillo. Dicho factor se determinará a partir de la preparación de 3 muestras de ácido cítrico de 2, 2.5 y 3 como valor numérico. Su importancia radica en la influencia en la absorción de aceite al momento de someter las rodajas de plátano al proceso de fritura, y por ende en la textura final del snack.

Snack de plátano: Producto obtenido a través del procesamiento de plátano palillo, pelado y cortado en rodajas de 2 mm de espesor, sometido a procesamiento de fritura por inmersión, con un pretratamiento en 3 soluciones de ácido cítrico y sometido a temperaturas de 170, 180, 190.

Temperatura: Nivel térmico al que se somete los alimentos que pasan por un proceso de cocción. Los rangos utilizados para una fritura convencional serán de 170, 180 y 190 °C.

Textura: Característica física del snack de plátano que dependerá estrictamente de la temperatura a la que será sometido dicho alimento y del pretratamiento con ácido cítrico con el que será tratadas las hojuelas de plátano.

CAPITULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

El presente trabajo experimental se efectuó en el Laboratorio de Frutas y Hortalizas de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca que está ubicada en el departamento de Cajamarca, provincia de Cajamarca y distrito de Cajamarca, cuya universidad se encuentra a una altitud de 2750 msnm, 78° 29' 44" de longitud oeste y 7° 10' 01" latitud sur con clima templado, seco y su temperatura media anual es de 15,6 °C.

Figura 2 Mapa de Ubicación



Fuente: Google Maps

3.2. Tipo y diseño de investigación

Se hizo una investigación del tipo experimental de las variables del proceso en donde se aplicó un diseño factorial 3x3 completamente al azar para sus factores y niveles.

3.3. Materiales y Equipos

3.3.1. Materiales experimentales

3.3.1.1. Materia prima:

- **Plátano**, variedad Palillo. originario del distrito de la Coipa, provincia de Jaén,

3.3.1.2. Insumos

- Aceite vegetal Marca Cheff
- Ácido cítrico: FARMABET, en empaques de 1kg.

3.3.2. Equipos

3.3.2.1. Equipo de laboratorio

- Freidora
- Termómetro
- Cronómetro
- Balanza analítica. Marca Precisa, modelo LX 220 SCS
- Texturometro. Marca Brookfield, modelo CT3 Con los accesorios para medir dureza, crujencia, resistencia a la ruptura y adherencia.

3.3.3. Materiales de laboratorio

- Probeta de 100 ml
- Vaso de precipitación 50 ml, 100 ml, 250 ml y 500 ml.

3.3.4. Material de escritorio

- Cámara fotográfica
- Computadora
- Libreta de notas

- Papel
- Plumón indeleble
- Bolígrafo

3.3.5. Otros

- Mesa de acero inoxidable
- Cuchillos de acero inoxidable
- Coladores metálicos
- Ollas (aluminio o acero inoxidable).
- Cocina a gas y balón de gas

3.3.6. Métodos

- **Determinación de pH:** Se realizaron tres disoluciones ácidas con ácido cítrico a diferentes concentraciones a una escala de medición de pH 2, 2.5 y 3.

Para alcanzar niveles específicos de pH en soluciones acuosas utilizando ácido cítrico, es necesario ajustar la concentración del soluto en función del nivel de acidez deseado. En aplicaciones alimentarias, como el pretratamiento de rodajas de plátano antes de la fritura, se han empleado soluciones con pH 2.0, 2.5 y 3.0, logradas mediante la disolución de ácido cítrico anhidro en agua destilada. Por ejemplo, concentraciones de aproximadamente 70 g/L, 15 g/L y 3 g/L permiten alcanzar estos valores de pH, respectivamente (Rungsinee, 2011).

Estas soluciones actúan sobre la microestructura del alimento, alterando la integridad de la pared celular y la funcionalidad del almidón, lo que puede mejorar propiedades como la textura y la crocancia del producto final. La preparación requiere el uso de un pH-metro calibrado para asegurar la precisión del ajuste, ya que pequeñas variaciones en concentración pueden alterar significativamente el pH en soluciones ácidas débiles como las del ácido cítrico (Fennema et al., 2008).

El uso de ácido cítrico como agente acidulante es común en la industria alimentaria no solo por su capacidad para ajustar el pH, sino también por su efecto inhibidor sobre la actividad enzimática y microbiana. Es fundamental utilizar agua destilada para evitar interferencias en el equilibrio ácido-base, y emplear técnicas de agitación homogénea para garantizar la disolución completa del ácido (Belitz, Grosch & Schieberle, 2009).

- **Determinación de textura:** Los snacks obtenidos se someterán a la medición de la textura utilizando un texturómetro de marca Brookfield donde se determinarán dureza, crujencia, resistencia a la ruptura y adherencia.

3.3.7. Factores, Variables, Niveles y Tratamientos De Estudio

3.3.7.1. Factores en estudio

Los factores que se estudiaron son:

- **Factor A:** pH en pretratamiento
- **Factor B:** Temperatura de fritura

3.3.7.2. Variables de la investigación

A. Variable independiente:

- pH
- Temperatura de fritura

B. Variable dependiente: Características texturales

- Dureza
- Fracturabilidad
- Cohesividad

3.3.7.3. Niveles

Las temperaturas que se utilizaron durante la fritura fueron las siguientes

- **T1**= 160 °C
- **T2**= 170 °C
- **T3**= 180°C

El indicador de pH de las soluciones para pretratamiento, que se utilizaron durante la fritura fueron los siguientes:

- **pH1**= 2
- **pH2**= 2.5
- **pH3**= 3

3.3.7.4. Tratamientos de estudio

De la combinación de los diferentes niveles de cada factor se dieron como resultado los siguientes tratamientos:

Tabla 5 Tratamientos en estudio

Tratamientos	Códigos	Descripción
T1	pH1	2 pH y 170°C de temperatura
T2	pH2	2.5 pH y 170°C de temperatura
T3	pH3	3pH y 170°C de temperatura
T4	pH4	2 pH y 180°C de temperatura
T5	pH5	2.5 pH y 180°C de temperatura
T6	pH6	3 pH y 180°C de temperatura
T7	pH7	2 pH y 190°C de temperatura
T8	pH8	2.5 pH y 190°C de temperatura
T9	pH9	3 pH y 190°C de temperatura

Fuente: Elaboración propia.

3.3.7.5. Diseño experimental y arreglo de los tratamientos.

El diseño que se usó en la investigación es experimental, y se aplicó el diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial de 3 x 2 (combinación de los niveles de los factores).

En la Tabla 5, se detalla las combinaciones de los factores A formado por el pH de las soluciones de ácido cítrico y B formado por las temperaturas, producto de la combinación se obtuvo nueve tratamientos.

Tabla 6. Factores, niveles y tratamientos en estudio.

Factores	Niveles	Combinaciones	Tratamientos
A	p1	p1 más a1	T1
		p1 más a2	T2
		p1 más a3	T3
	p2	p2 más a1	T4
		p2 más a2	T5
		p2 más a3	T6
B	a1	p3 más b1	T7
	a2	p3 más b2	T8
	a3	p3 más b3	T9

Fuente: Elaboración propia

3.3.8. Proceso de obtención del Snack de Plátano Palillo

Para la obtención del snack de plátano se realizaron las siguientes etapas tomando como referencia a (Cazar, 2015):

- a. **Recepción de la materia prima:** Se tomaron la materia prima está constituida por plátano Pallilo, en estado de madurez fisiológica.
- b. **Selección y Clasificación:** La selección consiste en eliminar del lote todos los plátanos que estén golpeados, picados o que presenten signos de deterioro.
La clasificación se debe hacer teniendo en cuenta el diámetro del plátano, se recomienda diámetros promedio de 3 a 5 cm, y que cumplan con el estado de madurez fisiológica.
- c. **Lavado.** Se procedió con el lavado manual a chorro para retirar posibles impurezas de los plátanos.
- d. **Escaldado:** En una olla se calienta agua hasta llegar a los 85 °C. Se toma el plátano a muestrear y se deja 2 minutos dentro.
- e. **Enfriado:** Una vez sometido el plátano a escaldado se procede a enjuagar a chorro en agua fría para que este enfrié y no se contamine (Efecto de shock térmico)
- f. **Pelado.** Se realiza en forma manual, con la ayuda de cuchillos de acero inoxidable. Primero se cortarán las puntas y se hará un corte longitudinal en la cáscara del plátano, cuidando de no cortar la pulpa, de modo que el retiro de la cáscara sea más rápido y fácil.
- g. **Rodajado o Rebanado:** El plátano es rodajado en una cortadora en donde se reguló el grosor del cortado de las hojuelas a 2mm. Por la naturaleza del plátano, el mucílago hace que cuando se mojan las rodajas se peguen unas a otras, Por lo que posterior a esto es necesaria sumergir directo a la freidora, o como en este caso de estudio sumergir en una sustancia ácida para pretratamiento.

h. Pretratamiento: Inmersión en solución de ácido cítrico. Se prepararon 3 soluciones de ácido cítrico de pH de 2, 2.5 y 3.

- Para pH 2: 70 gr de ácido cítrico en 1000 kg de agua
- Para pH 2.5: 15gr de ácido cítrico en 1000 kg de agua
- Para pH 3: 3gr de ácido cítrico en 1000 kg de agua

Se procede a sumergir las rodajas de plátano en las soluciones de acuerdo a la cantidad de tratamientos, a temperatura ambiente por el lapso de 30 minutos, agitando ocasionalmente las hojuelas para evitar que se peguen.

i. Secado de rodajas de plátano: Se utilizó papel toalla absorbente para quitar el exceso de agua de las hojuelas antes de proceder con la fritura.

j. Fritura. Se realizó en una freidora industrial, que consta de un termostato para el control de temperatura. Se sumergieron las hojuelas de plátano en un control de tiempo de 5 min a temperatura de 160° C para un primer lote, 170 °C para un segundo y 180°C para un tercer lote. Se utilizaron 2.5 litros de aceite de modo tal que las hojuelas queden completamente abiertas y el rendimiento de la freidora sea el correcto.

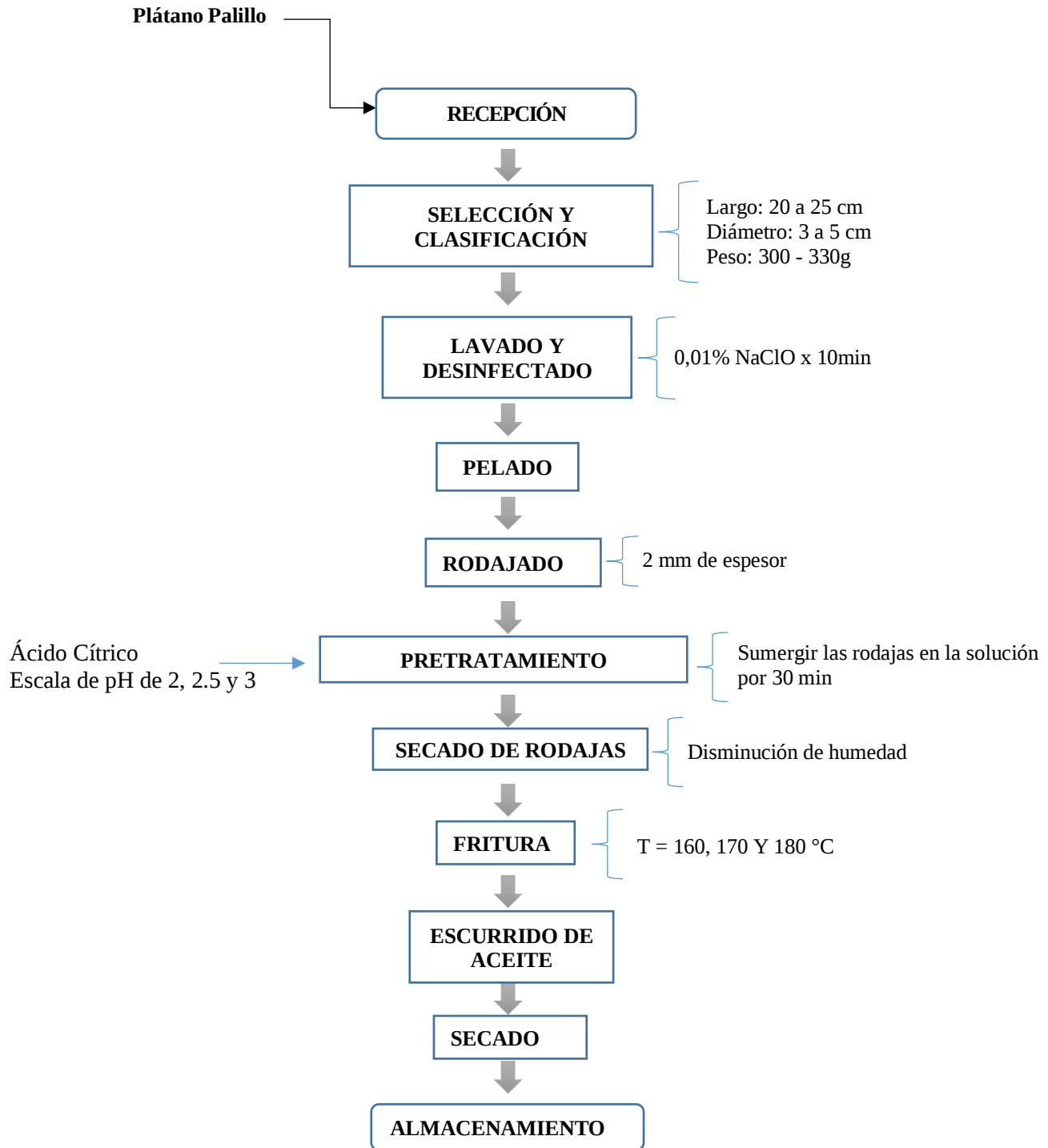
k. Escurredo de aceite: El aceite se retirará mediante las rejillas de una canastillas, en un Bolw. Esto se realizará con el único fin de retirar el excesivo aceite y poder mejorar su presentación.

l. Enfriado Las hojuelas son dispuestas sobre papel absorbente de grasa en una fuente de acero inoxidable, separando cada muestra según los tratamientos realizados.

m. Almacenado. Los productos fueron dispuestos en bolsas ziploc y se almacenarán en un ambiente limpio y seco, que tenga buena ventilación para posteriormente someter las hojuelas a análisis de textura.

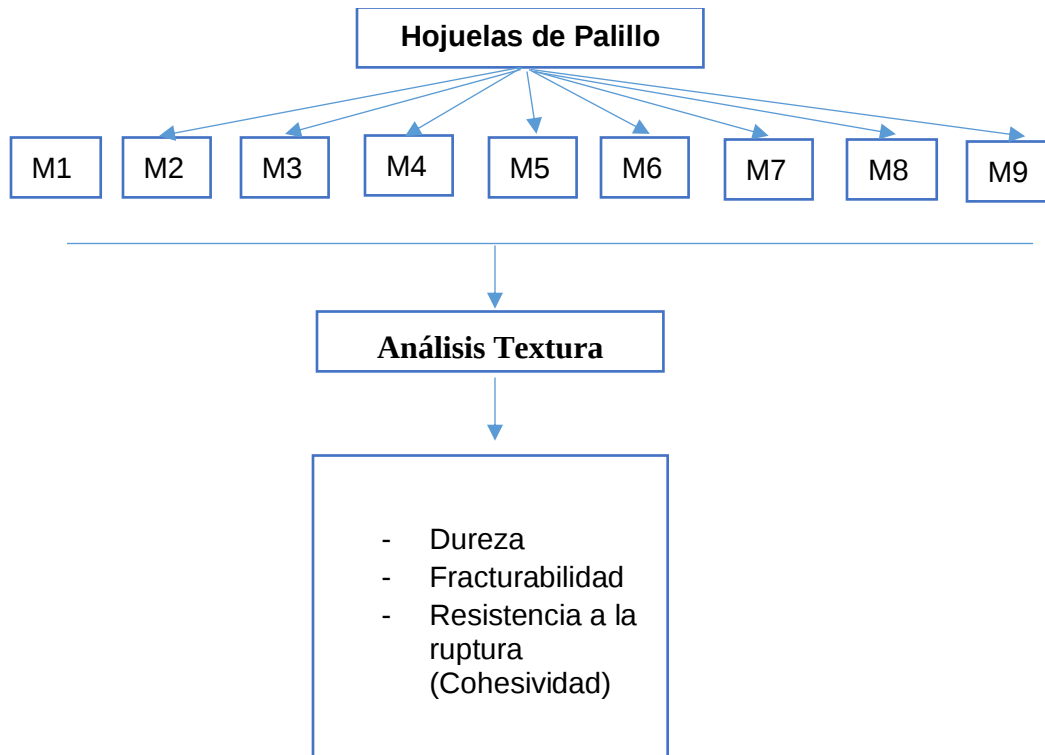
3.3.8.1. Flujograma del Proceso

Figura 3 Flujograma de elaboración de Snack de Plátano



3.3.9. Esquema experimental del Snack de Plátano Palillo

Figura 4 Croquis experimental del Snack de Plátano



3.3.10. Métodos de análisis

3.3.10.1. Determinación de la textura.

Los parámetros de análisis del perfil de textura instrumental que se obtienen son: dureza, fracturabilidad, elasticidad, cohesividad, adhesividad, gomosidad y masticabilidad. Se hace utilizando un texturómetro que ofrece opciones de elementos para tensión, compresión y tiene software para calcular parámetros de perfil de textura y otras propiedades mecánicas. Los resultados son rápidos y los datos se pueden comparar con resultados previos del análisis y transferirlos para análisis en computadora o programas Lotus o Excel, la penetración en el alimento es con profundidad que cause aplastamiento irreversible; por lo general se mide la “fuerza máxima de penetración” como medida de la firmeza o consistencia del producto, según Castro (2007).

Para el análisis de perfil de textura del snack de plátano palillo se empleó el texturómetro CT3 Texture Analyzer empleando el software TexturePro CT. Se utilizó la celda de carga de 25 kg con la sonda TA10 y el elemento TA-RT-KIT la velocidad de tes 0.50 mm/s, 2 ciclos y la compresión de 1.0 mm. Los parámetros obtenidos son dureza, fracturabilidad y cohesividad.

Tabla 7 Método de Prueba para el Análisis de Textura

<u>Descripción de Muestra</u>	<u>Dimensiones</u>
Nombre Producto: Snack Plátano Palillo (SPP)	Forma: Cilindro
Nombre del Lote:C12160	Longitud: 0 mm
Ejemplo: 1	Anchura: 0 mm
	Altura: 0 mm
Método test:	Tiempo de recuperación: 0 s
Tipo de test: APT	Mismo Activador: Exacto
Objetivo: 1mm	Velocidad de Pretest: 0.50 mm/s
Espera T: 0 s	Frecuencia de Muestreo: 20 points/sec.
Carga activación: 0.07 N	Sonda: TA10
Vel. Test: 0.50 mm/s	Elemento: TA-RT-KIT
Velocidad Vuelta: 0.5 mm/s	Celda Carga: 2500
Contador ciclos: 2.0	0 g

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presenta y discuten los resultados de la investigación, a través de los datos recolectados en los diferentes ensayos que se realizaron con el propósito de cumplir con los objetivos propuestos.

4.1. Análisis de Varianza para Dureza

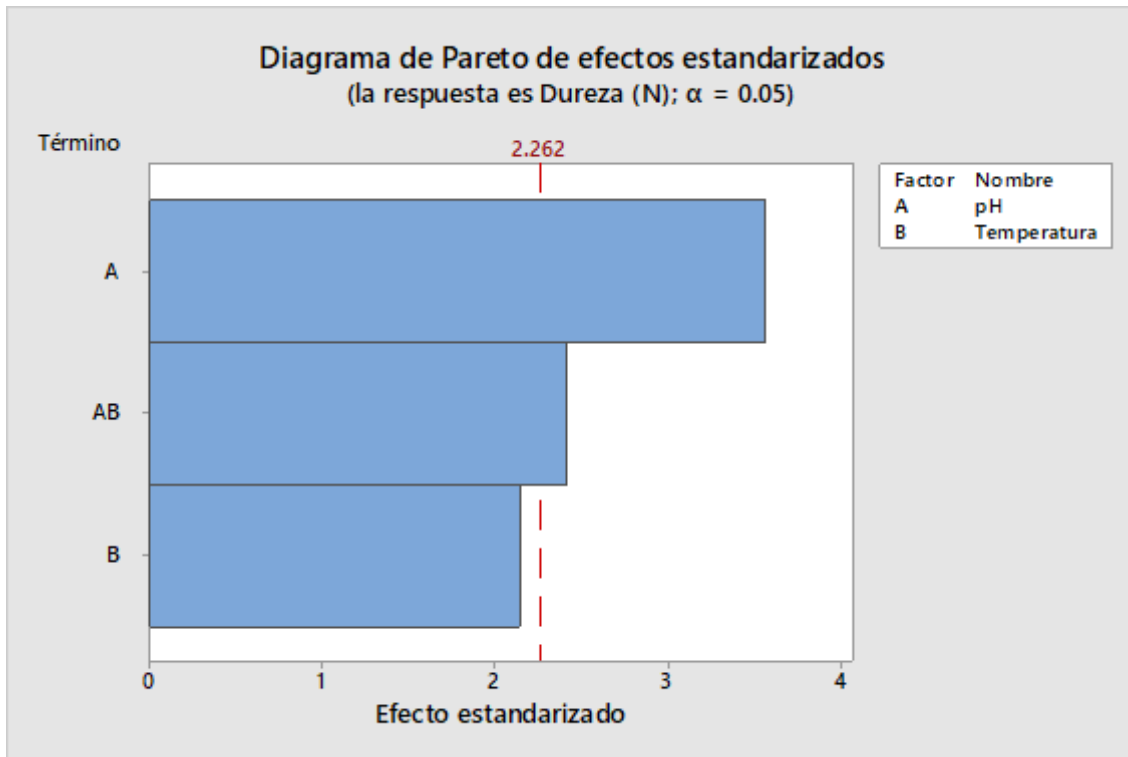
Los resultados de la tabla 7 ANOVA para la variable Dureza de snack de plátano, muestra una alta significación para el factor pH puesto que $p < 0.05$ indicando que el nivel de pH tiene efecto en la dureza del snack, esto indica que existe diferencias significativas entre los tratamientos; mientras que el factor de temperatura no produce efectos significativos sobre la dureza de las muestras puesto que $p > 0.05$, indicando igualdad estadística para todos los tratamientos. De la misma manera la interacción de los factores (pH*Temperatura) influye en la dureza del snack ya que el valor de $p < 0.05$, lo cual indica que estos factores producen efectos al actuar conjuntamente y se afirma que están correlacionados o asociados entre sí.

Tabla 8 Análisis de Varianza Dureza (N) pH y Temperatura

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
pH	2	2985	1492.7	9.48	0.006
Temperatura	2	1226	613.2	3.89	0.061
pH*Temperatura	4	2515	628.7	3.99	0.039
Error	9	1418	157.5		
Total	17	8144			

Fuente: Elaboración propia

Figura 5 Diagrama de Pareto de Efectos Estandarizados de la Dureza



Fuente: Elaboración propia

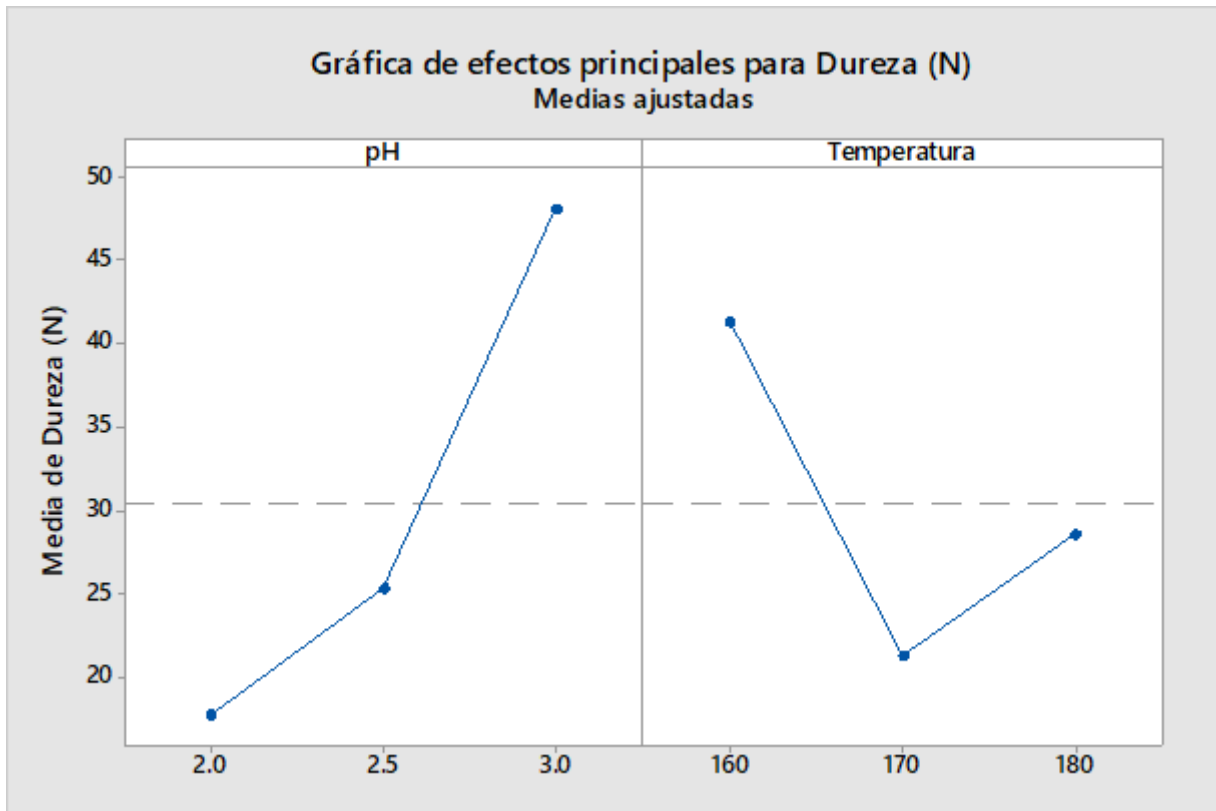
La Figura 5. representa los efectos de cada factor estandarizados a un nivel de 0.05. Se observa que efectos del pH (A) y los efectos de la interacción pH por temperatura (AB) sobrepasan la línea roja (valor crítico), esto indica que el factor pH y la interacción pH por temperatura son estadísticamente significativos. Lo que señala que los factores ejercen influencia en la dureza de los snacks de plátano, pero se puede apreciar que el factor pH ejerce un efecto mucho más significativo (fue el factor más importante) que el efecto de la interacción de pH y temperatura, es decir que a mayor pH va a ver una mayor dureza en las muestras de snack de plátano.

Según Hernández, citado por (Torres et al., 2015) La medida de la dureza puede ser afectada por muchos factores tales como la temperatura, humedad, tamaño, forma del alimento, etc., cuando se realiza la medición. En general los parámetros de textura pueden ser afectados positiva o negativamente por los factores intrínsecos y extrínsecos de cada alimento, razón por la cual en este modelo de estudio la dureza se ve afectado de manera preponderante por el pH.

Chica, (2022) en su estudio de evaluación de la influencia de ácido cítrico en la actividad enzimática de procesamiento de chifles demuestra que la dosis de ácido cítrico si causa diferencia significativa del pH entre los tratamientos que utiliza, de modo tal que las muestras en estudio al ser sometidas en un pretratamiento de una solución ácida cambiará en su estructura ya que al ser sometido al procesamiento de fritura el comportamiento de los componentes del alimento cambiarán, razón por la cual al someter a diferentes niveles de pH este se mostrará más firme, en el caso de que se utilice un pH de 3, o más blando para el caso del pH de 2.

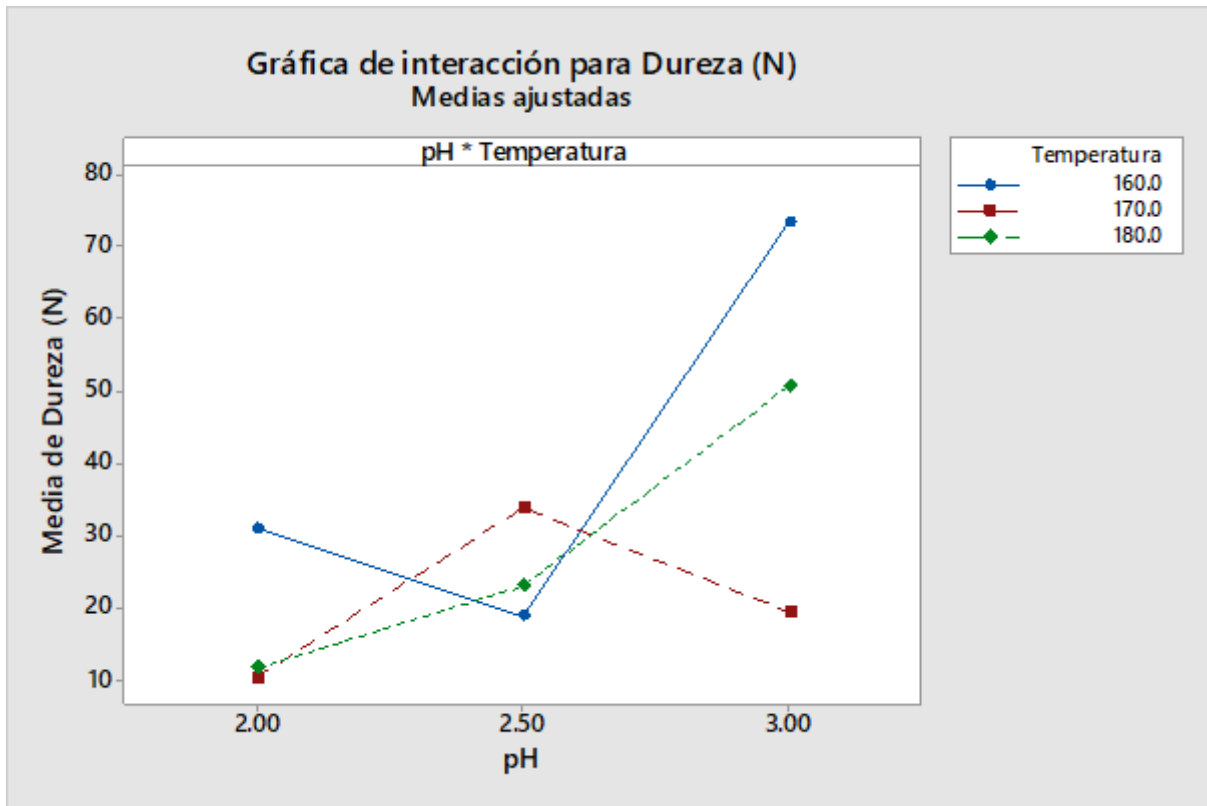
Según (García & Lilian, 2022) la disminución del nivel de pH en los alimentos ricos en carbohidratos está relacionado con la degradación de almidón, esto quiere decir que al someter el snack a un pH mucho más bajo la degradación de almidón en las hojuelas del plátano va a ser mucho mayor que la de una muestra sin pretratamiento; de modo tal que dependiendo la demanda que se tenga acerca de la textura del snack será motivo de aplicar el nivel de pH, esto se deberá hacer en función al gusto de un panel especializado en análisis sensorial con el fin de determinar una muestra ideal tomando en cuenta los resultados de este estudio.

Figura 6 Gráfica de Efectos principales para dureza



Nota. La gráfica muestra los efectos principales de los factores en estudio (pH y temperatura) de manera independiente, donde se observa que el nivel más alto (3) de pH produce mayor dureza en las muestras, es decir tiene una relación directa ya que la dureza asciende a medida que aumenta el pH en el intervalo de 2 a 3, registrando un mayor aumento entre 2.5 y 3 ya que se observa mayor pendiente, mientras que la temperatura tiene promedios de dureza distintas, siendo la temperatura de 170 °C la que produce menor dureza en las muestras y la temperatura de 160°C produce el mayor promedio de dureza en los snacks.

Figura 7 Gráfica de Interacción para dureza



Nota: La grafica de interacción de los factores muestra que cuando la temperatura es 160 °C con pH 3 es el tratamiento que mayor dureza le confiere a las muestras, cuando la temperatura es 170 con pH 2.5 se produce mayor dureza en las muestras y cuando la temperatura es 180 °C con pH 3 se obtiene mayor dureza, entre las 3 interacciones se observa valores de dureza distintos, el efecto del pH no es el mismo en todas las temperaturas porque hay un efecto inverso cuando la temperatura es 160 °C con el pH más alto es con el que se obtiene mayor dureza por tanto existe interacción entre los factores.

Basilio, (2015) en evaluación de la textura de los chips de plátano, manifiesta que la dureza de los chips es un indicador de crocantez del alimento por lo que un valor de dureza inferior o bajo en un chip nos dará una crocantez superior, es decir que son inversamente proporcionales. En comparación con nuestro estudio utilizando un pH de 3 a temperatura de 160°C el snack tendrá mayor dureza por lo que la crocantez será menor, por el contrario, si se utiliza un pH de 2 a una temperatura de 170°C la dureza del alimento será menor, indicando que el alimento en este punto será más crocante.

El nivel de pH en el pretratamiento de snacks como los chips de plátano influye considerablemente en su textura final, particularmente en su crocancia. A niveles bajos de pH, las pectinas y celulosas presentes en las paredes celulares tienden a conservar su estructura y flexibilidad, lo que reduce la fragilidad del producto. Sin embargo, a pH más altos, estas estructuras se debilitan o desnaturalizan con mayor facilidad, favoreciendo una textura seca y quebradiza tras la fritura (Brookfield Engineering, 2024).

Asimismo, el pH influye en la gelatinización del almidón: a pH elevados se promueve una mayor ruptura de las estructuras internas, lo que facilita la pérdida de agua durante la fritura y genera un producto más seco y crocante. Esto se ve reforzado por la menor capacidad del tejido vegetal para retener humedad en condiciones alcalinas, lo cual favorece una mayor porosidad. Finalmente, el aumento del pH también disminuye la intensidad de las reacciones de oscurecimiento no enzimático como la de Maillard, lo que evita el reblandecimiento superficial y contribuye a conservar una textura más firme y crujiente (Brookfield Engineering, 2024).

4.2. Análisis de Varianza de Fracturabilidad

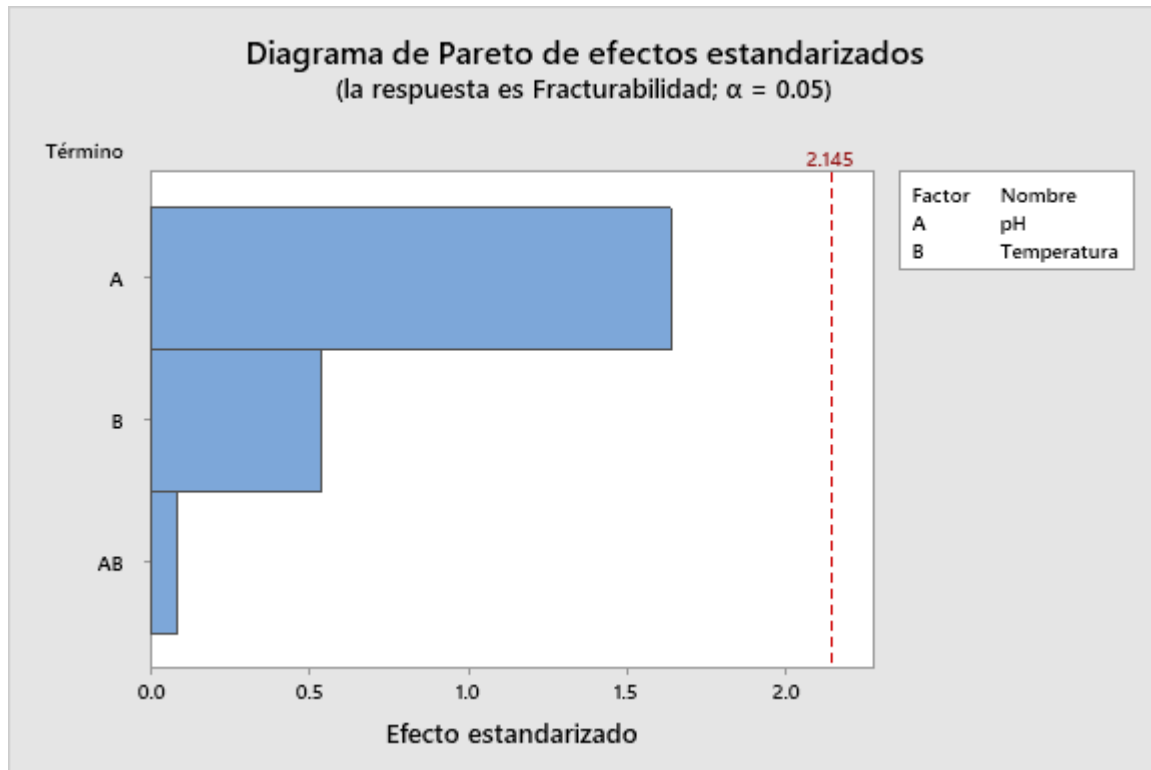
La fracturabilidad es el pico inicial de fuerza durante la primera compresión. Se refiere a la dureza con la cual el alimento se desmorona, cruje o revienta. Se expresa en unidades de fuerza, generalmente Newton. (González et al., 2015).

Los resultados de la tabla ANOVA para la variable Fracturabilidad muestra que ninguno de los factores producen efectos significativos, puesto que $p > 0.05$, lo cual indica que estos factores no influyen en la fracturabilidad de las muestras, es decir son iguales estadísticamente, así mismo la interacción de estos factores (pH * Temperatura) no influyen ya que el valor de $p > 0.05$ es decir no producen efectos al actuar conjuntamente y se afirma que las variables no están asociadas o correlacionadas.

Tabla 9 Análisis de varianza de Fracturabilidad vs. pH; Temperatura

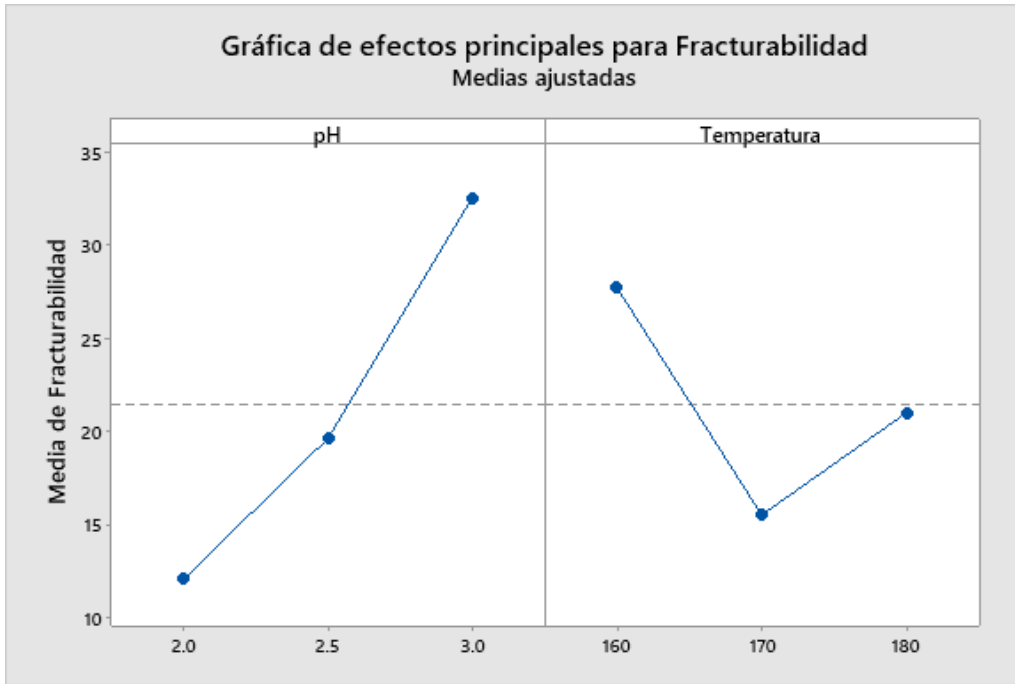
		SC	MC	Valor	Valor
Fuente	GL	Ajust.	Ajust.	F	p
pH	2	1288.4	644.2	1.20	0.346
Temperatura	2	449.1	224.6	0.42	0.671
pH*Temperatura	4	1382.7	345.7	0.64	0.646
Error	9	4851.3	539.0		
Total	17	7971.5			

Figura 8 Diagrama de Pareto de efectos estandarizados en Fracturabilidad



La figura 8 representa los efectos de cada factor estandarizados a un nivel de 0.05. Se observa que no hay efectos significativos por parte de los factores ya que ninguno logra cruzar el valor crítico que se observa en la línea de color rojo, pero se puede apreciar que el factor pH es el que está más cerca de la línea por lo que se podría decir que es un factor con mayor relevancia en el proceso de obtención del snack de plátano. De manera similar González et al., (2015) encontró que la temperatura y pretratamiento que aplicó en el proceso de fritura de patatas no afectaba la fuerza de compresión y otras características texturales del alimento debido a que éste factor se relaciona directamente con el tiempo de freído y juntos controlan las transformaciones y las características del producto final.

Figura 9 Gráfica de efectos principales para fracturabilidad



Nota. La gráfica muestra los efectos principales de los factores en estudio (pH y temperatura) de manera independiente, donde se observa que el nivel mas alto (3) de pH produce mayor dureza en las muestras, es decir tiene una relación directa ya que la dureza asciende a medida que aumenta el pH en el intervalo de 2 a 3, registrando un mayor aumento entre 2.5 y 3 ya que se observa mayor pendiente, mientras que la temperatura tiene promedios de dureza distintas, siendo la temperatura de 170 °C la que produce menor dureza en las muestras y la temperatura de 160°C produce el mayor promedio de dureza en los snacks.

En resumen, a pesar de que el pH puede modificar ciertas características fisicoquímicas de un alimento, no siempre influye de forma significativa en la fracturabilidad de los snacks de plátano. Esta propiedad está más relacionada con factores como la estructura interna generada durante la fritura, el contenido final de humedad y el grado de gelatinización del almidón. Cuando se aplican pretratamientos en rangos de pH estrechos, como con soluciones de ácido cítrico, es posible que no se produzcan cambios sustanciales en la microestructura que modifiquen la rigidez o facilidad de fractura del producto. Además, la temperatura y el tiempo de fritura tienden a ser factores más determinantes en la generación de textura crujiente que el pH por sí solo (Brookfield Engineering, 2024).

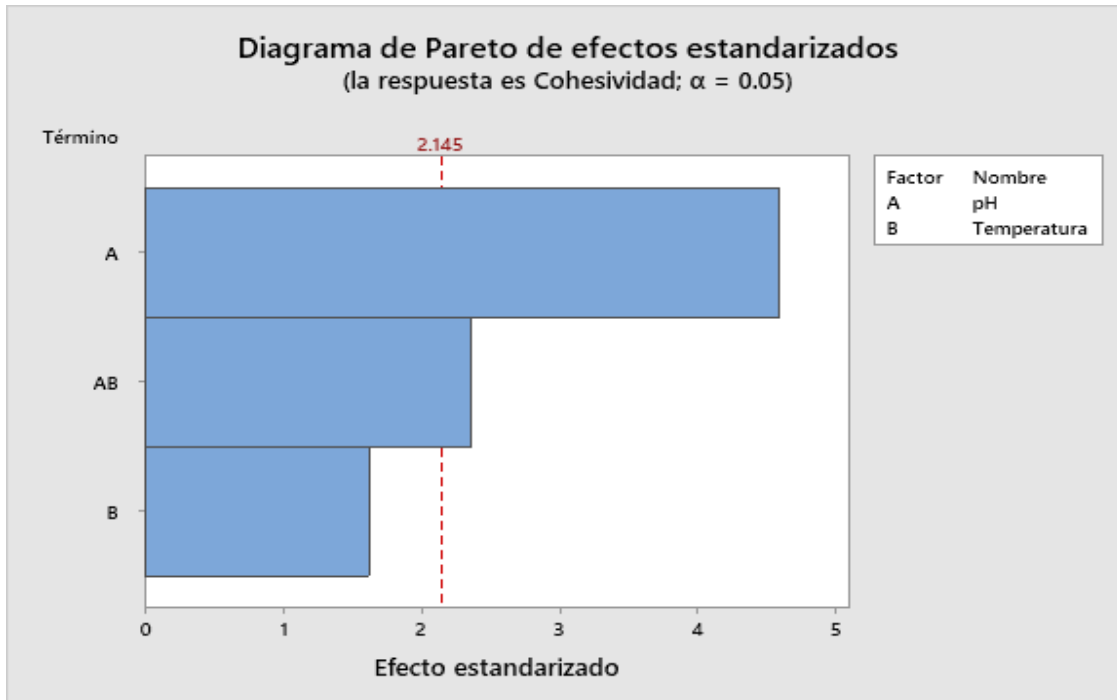
4.3. Análisis de Varianza de Cohesividad

Los resultados de la tabla ANOVA para la variable Cohesividad de snack de plátano, muestra una alta significación para el factor pH puesto que $p < 0.05$ indicando que el nivel de pH tiene efecto en la cohesividad del snack, esto indica que existe diferencias significativas entre los tratamientos; mientras que el factor de temperatura no produce efectos significativos sobre la cohesividad de las muestras puesto que $p > 0.05$, indicando igualdad estadística para todos los tratamientos. Por otra parte la interacción de los factores (pH*Temperatura) no influyen en la cohesividad del alimento ya que el valor de $p > 0.05$, lo cual indica que estos factores no tendrán mayor efecto al actuar conjuntamente por lo que se afirma que no están correlacionados entre sí.

Tabla 10 Análisis de Varianza para Cohesividad

Fuente	GL	SC	MC	Valor	Valor
		Ajust.	Ajust.	F	p
pH	2	0.43282	0.21641	11.19	0.004
Temperatura	2	0.05716	0.02858	1.48	0.279
pH*Temperatura	4	0.22517	0.05629	2.91	0.084
Error	9	0.17411	0.01935		
Total	17	0.88926			

Figura 10 Diagrama de Pareto de efectos Estandarizados para Cohesividad



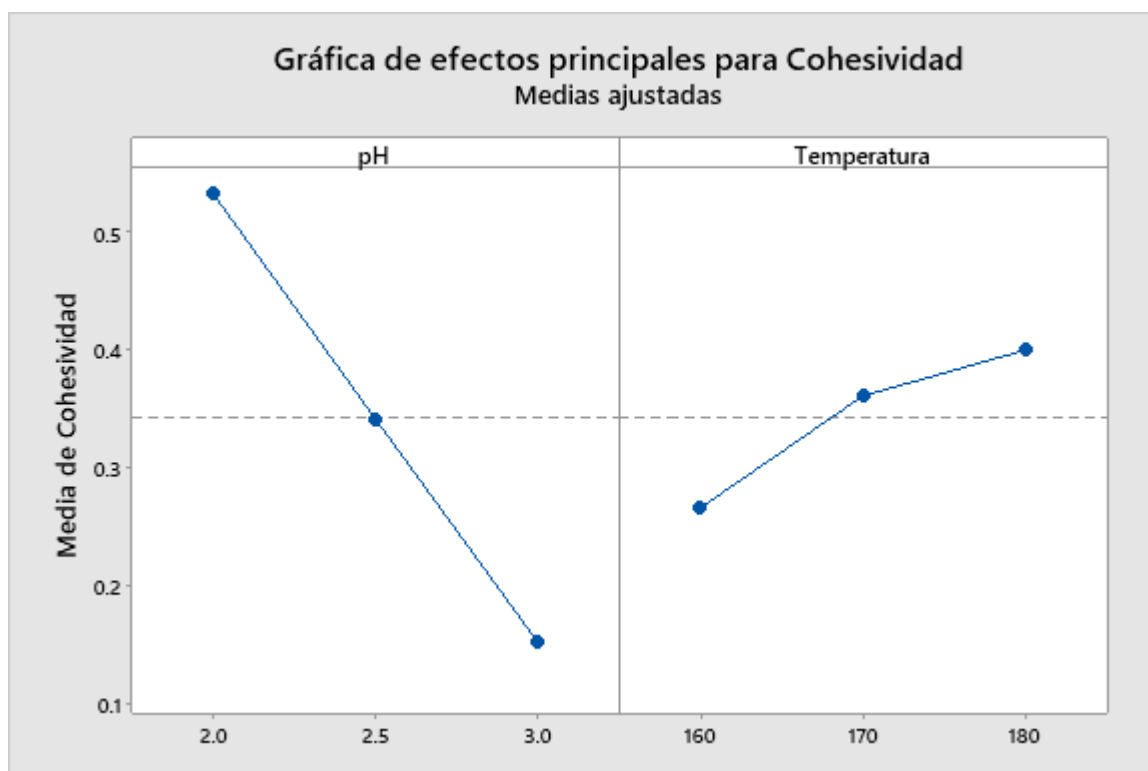
La Figura 10 representa los efectos de cada factor estandarizados a un nivel de 0.05. Se observa que efectos del pH (A) y los efectos de la interacción pH por temperatura (AB) sobrepasan la línea roja (valor crítico), esto indica que el factor pH y la interacción pH por temperatura son estadísticamente significativos. Lo que señala que los factores ejercen influencia en la cohesividad de los snacks de plátano, pero se puede apreciar que el factor pH ejerce un efecto mucho más significativo (fue el factor más importante) que el efecto de la interacción de pH y temperatura, es decir que a mayor pH va a ver un cambio en la cohesividad del alimento.

En los valores de cohesividad se puede observar que al igual que en la dureza, el factor Temperatura no muestra efectos significativos mientras que el pH mantiene su efecto en la estructura del snack.

Según (González et al., 2015) La cohesividad indica la tendencia a estar más unido el producto y su menor tendencia a desintegrarse debido a una acción mecánica por lo que tomando en cuenta la influencia del pH en esta característica, el snack será más compacto a si se le somete a un pretratamiento en solución de pH de 2 en combinación con una temperatura

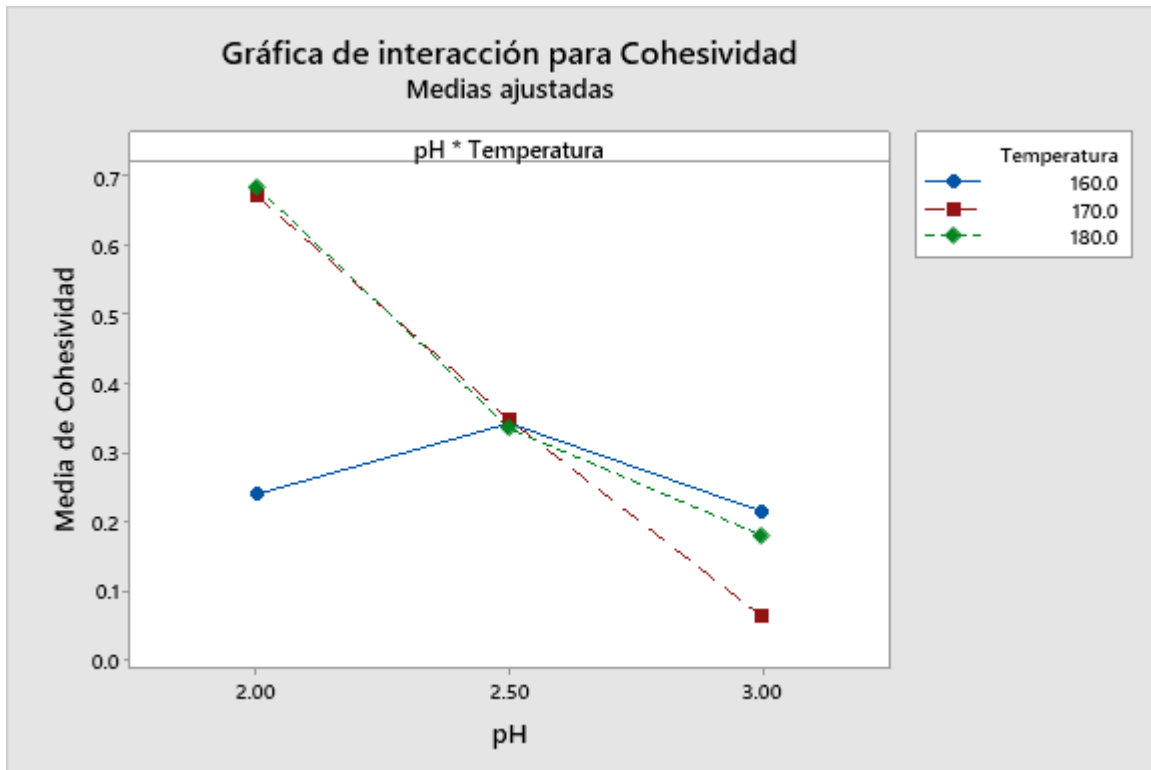
de 170 °C. En comparación al estudio de González et al., (2015) encuentra que las muestras que somete a pretratamiento en conjunto con la aplicación de una temperatura de 190 y 170°C tienen una mayor cohesividad. Taiwo y Baik, (2007) citado por (González et al., 2015) indican que la aplicación de pretratamientos como escaldo e inmersión en recubrimientos o soluciones ácidas fortalece la estructura del producto y dan una mejor cohesividad a las muestras.

Figura 11 Gráfica de efectos principales para cohesividad



Nota. La gráfica muestra los efectos principales de los factores en estudio (pH y temperatura) de manera independiente, donde se observa que el nivel más alto (2) de pH produce mayor cohesividad en las muestras, es decir tiene una relación inversa ya que la cohesividad asciende a medida que el pH disminuye en el intervalo de de 3 a 2, registrando un mayor aumento entre 2 y 2.5 ya que se observa mayor pendiente, mientras que la temperatura tiene promedios de cohesividad distintas, siendo la temperatura de 160 °C la que produce menor cohesividad en las muestras y la temperatura de 180°C produce el mayor promedio de cohesividad en los snacks.

Figura 12 Gráfica de interacción para cohesividad



Nota: La grafica de interacción de los factores muestra que a temperaturas de 170 y 180 °C en combinación con un pH 2 son estadísticamente iguales. A una temperatura de 160°C a pH 2 habrá diferencia estadística entre los tratamientos.

Finalmente se determinó que el pH desempeña un papel crucial en la cohesividad de los snacks de plátano, ya que afecta la integridad estructural de los componentes celulares durante el procesamiento térmico. A pH más bajo, las pectinas y otras fibras estructurales tienden a mantenerse más estables, formando una matriz interna más densa y continua. Esto se traduce en una mayor cohesión del producto durante y después de la fritura. Además, el pH modula la gelatinización del almidón; en condiciones ácidas, esta transformación es más controlada, contribuyendo a una textura más uniforme y cohesiva. Estos efectos combinados reducen la porosidad y aumentan la resistencia estructural del snack, mejorando su cohesividad (Brookfield Engineering, 2024).

Estudios adicionales han demostrado que el pH influye en las propiedades fisicoquímicas de los productos de plátano. Por ejemplo, Mohd Dom et al. (2019) observaron que el tratamiento térmico puede causar la desnaturalización de proteínas, afectando la aglomeración y las propiedades de cohesividad del producto. Asimismo, Das et al. (2021) destacaron que la cohesividad es una de las propiedades clave evaluadas en el análisis de textura de chips de plátano, y que factores como el contenido de humedad y el tratamiento térmico influyen significativamente en esta propiedad.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se determinó que el pH en distintos niveles de dosis de ácido cítrico muestra un alto nivel de significancia ($p < 0.05$) en las características texturales del snack de plátano indicando que el someter las hojuelas a un pretratamiento con ácido cítrico influirá en las características físicas del producto final; mientras que la temperatura no tuvo efecto significativo ($p > 0.05$) en las características texturales del snack de plátano palillo.

Se determinó que en las variables respuesta estudiadas, el pH en interacción con algunos niveles de temperatura muestra resultados favorables para la Dureza, en donde el mejor tratamiento fue el de pH 3 en combinación con una temperatura de 160 °C; puesto que presentó una media estadística alta. Para la Cohesividad el efecto de pH es inverso al que se tiene en la dureza, la cohesividad será más alta en el tratamiento con pH 2 a una temperatura de 180°C. En cuanto a la fracturabilidad (N) no hay mayor significancia ($p > 0.05$) en los tratamientos estudiados por lo que el pH y la temperatura no influyen estadísticamente en dicha característica.

5.2. Recomendaciones

Analizar sensorialmente las muestras para determinar la aceptabilidad del snack de modo tal que se obtenga un resultado más claro respecto a qué tratamiento es el mejor en cuanto a los resultados obtenidos en las características texturales.

Establecer distintos niveles de tiempo de fritura del snack para validar que la temperatura no tiene influencia en las características físicas de producto final, a su vez que se determina una temperatura óptima de proceso de fritura en snacks sometido a pretratamiento con ácido cítrico

CAPITULO VI. BIBLIOGRAFÍA

- Antón Bernal, T. L., & Saavedra Bravo, P. de J. (2017). Influencia del escaldado en la reducción de acrilamida en camotes (ipomoea batatas) fritos, variedad amarillo. In *Repositorio Institucional - USS*. Universidad Señor de Sipán.
- Barreiro, J., & Sandoval, A. (2001). Operaciones de conservación de alimentos por bajas temperaturas. In *Books Abroad* (Vol. 50, Issue 3).
- 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>
- Belitz, H. D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). *Food chemistry* (4th ed.). Springer.
- Bouchon, P., & Pyle, D. L. (2005). Modelling oil absorption during post-frying cooling I: Model development. *Food and Bioproducts Processing*, 83(4 C). <https://doi.org/10.1205/fbp.05115>
- Brookfield Engineering. (2024). *Banana chips texture analysis*. AMETEK Brookfield. https://www.brookfieldengineering.com/-/media/ametebrookfield/application-notes-2024/texture/texture_application_note_ctx_banana_chips.pdf
- Campos, J., Vigo, A., & Florencio, E. (2021). Efecto de la temperatura y tiempo de fritura en la textura y color de un chip de oca (*Oxalis tuberosa*). *Ciencia, Tecnología e Innovación*, 8(1), 55–71. <https://doi.org/10.26495/icti.v8i1.1541>
- Casp, A., & Abril, J. (2014). Procesos de conservación de alimentos. In *RED tercer milenio* (Vol. 1).
- Cazar, E. (2015). *Optimización del proceso de elaboración de snacks de piña (Ananas comosus) mediante la combinación de diferentes condiciones de pretratamiento y fritura al vacío*. 1–199.
- Chica, A. (2022). *Evaluación De Diferentes Dosis De Ácido Cítrico Y Ascórbico En La Actividad Antioxidante Del Plátano (Musa Paradisiaca) Para La Producción De Snacks (Chifles)*. Escuela Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
- Cruz Leiva, M. F., García Bolaños, C. M., & García Rivera, R. A. (2016). *Desarrollo y formulación de un snack nutritivo libre de gluten*. 1–200.

- Das, L., et al. (2021). Effect of storage period on the proximate analysis and sensory evaluation of banana chips. *International Journal of Chemical Studies*, 9(1), 339–343.
<https://www.chemijournal.com/archives/2021/vol9issue1/PartF/S-9-1-44-241.pdf>
- Dueik, V., & Bouchon, P. (2011). Development of healthy low-fat snacks: Understanding the mechanisms of quality changes during atmospheric and vacuum frying. In *Food Reviews International* (Vol. 27, Issue 4). <https://doi.org/10.1080/87559129.2011.563638>
- Fellows, P. J. (2009). Food processing technology: Principles and practice: Third edition. In *Food Processing Technology: Principles and Practice: Third Edition*.
<https://doi.org/10.1533/9781845696344>
- Fennema, O. R., Damodaran, S., Parkin, K. L. (2008). *Fennema's food chemistry* (4th ed.). CRC Press.
- García, P., & Lilian, E. (2022). *Cambios fisicoquímicos y sensoriales durante el almacenamiento de plátano inguri (Musa paradisiaca L.) en rodajas impregnadas con soluciones antioxidantes empacadas al vacío*.
- Gökmen, V., & Şenyuva, H. Z. (2007). Acrylamide formation is prevented by divalent cations during the Maillard reaction. *Food Chemistry*, 103(1).
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.08.011>
- 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>
- Guzmán, A. (2020). Algoritmo optimizador para la minimización de acrilamida en función a factores intervinientes en el proceso productivo de hojuelas de papa. In *Efecto De La Implementación De La Gestión De Logística Inversa En Los Resultados Económicos Y Medioambientales De La Empresa Industrial Reyemsa Periodo 2017*.
<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/10883%0Ahttp://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4057%0Ahttp://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/8014%0Ahttp://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6899>
- Lucas, J. C. (2011). Evaluación De Los Parametros De Calidad Durante La Fritura De Rebanadas De Papa Criolla. *Scientia Et Technica*, XVI(48), 299–304.
<https://www.redalyc.org/pdf/849/84922622053.pdf>

- Marín, K. (2019). Efecto De La Temperatura En El Sonido Y La Textura Instrumental Y Sensorial En Galletas Elaboradas Con Harina Integral. *Universidad Nacional de Cajamarca*, 310. <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1009>
- Marleny Cá. (2007). *Cracterización de almidón en papas nativas del grupo Solanum phureja*.
- Martínez, S. (2020). *Estudio de factibilidad de la comercialización de un snack saludable de fruta deshidratada*. 114.
- Mohd Dom, N. S., et al. (2019). Physicochemical properties of banana peel powder in functional food applications. *MyFoodResearch*, 6(1), 30–37.
https://www.myfoodresearch.com/uploads/8/4/8/5/84855864/_30__fr-cafei-037_mohd_dom.pdf
- 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.
- Muñoz Villa, A., Sáenz Galindo, A., López López, L., Cantú Sifuentes, L., & Barajas Bermúdez, L. (2014). Ácido Cítrico: Compuesto Interesante. *Revista Científica de La Universidad Autónoma de Coahuila*, 6(12), 18–23.
- Narro, K. L. (2021). *Determinación de la temperatura de fritura y espesor para btner hojuelas de arracacha (Arracacia xanthorrhiza bancroft)*. 45. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/4507>
- Pastor, A. (2020). *Encuesta de consumo de snacks: especial mención a los snacks cárnicos*. 2–20.
- Peñalver, N. F. (2017). *Efectos de diferentes pretratamientos sobre la cinética de secado y la calidad de setas deshidratadas*. 1–486.
- Perdomo, A., & Ordoñez, L. (2013). Evaluación De Los Parámetros De Textura En Un Snack a Partir De Una Mezcla De Cereales Desarrollado En La Empresa Segalco S.a.S. In *Journal of Chemical Information and Modeling* (Vol. 53, Issue 9).
- Ramirez, M. (2016). Formulación y Elaboración de un Snack Frito con Incorporación de un Ingrediente Funcional. In *Universidad de Chile*.
- Rivera-Quixchan, J. M., González-Cortés, N., García-Zarracino, R., & Jiménez-Vera, R. (2018). Componentes prebióticos del plátano: fibra dietética y almidón resistente. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 1–11. www.reibci.org
- Rodriguez, G., Zuluaga, L., Puerta, F., & Ruiz, V. (2013). Evaluación De Parámetros

- Fisicoquímicos En El Proceso De Fritura De Banano Osmodeshidratado. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(1), 123–129.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612013000100015&lang=pt%5Cnhttp://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n1/v11n1a15.pdf
- Rodriguez, Y. (2014). *Análisis del Tipo de aceite y Tiempo de fritura en la Vida Útil del Snack de Malanga (Xanthosoma sagittifolium) procedente del Tena*.
- Rubiano, E., & Sanchez, C. (2017). Efecto de dos pretratamientos para evitar el pardeamiento de secado convectivo de manzana. *All Content Following This Page Was Uploaded, April*, 1–4. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n1supl.58051>
- Rungsinee, S. (2011). *Influence of drying and frying conditions on quality of banana chips*. [Tesis de maestría, Asian Institute of Technology].
- Talens-Oliag, P. (2017). Caracterización de las propiedades mecánicas de alimentos mediante análisis de perfil de textura. *Universitat Politècnica de València*, 1–6.
<https://riunet.upv.es/handle/10251/83513>
- Toro, G., Vizcarra, T., & Ramos, D. (2019). Influencia del Tiempo y Temperatura de fritura en la Textura y Perfil Lipídico en Carne de Cuy (Cavia porcellus) Frita. *Ciencia & Desarrollo*, 20, 22–26. <https://doi.org/10.33326/26176033.2015.20.507>
- 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
- Torres, J., Luis, G., Acevedo, D., Montero, P., & Catellanos, F. (2018). *Optimización del proceso de fritura por inmersión de la arepa con huevo utilizando metodología de superficie de respuesta*. 45(1), 50–59.
- Variables Tecnológicas Para El Pretratamiento Y El Secado En La Obtención De Snacks A Base De Hortalizas*. (2018).
- Vázquez, E., & Rojas, T. (2016). *pH: Teoría y 232 problemas* (Primera Ed).
- Viera, P. (2005). Estabilidad del Aceite de Fritura de Chifles. In *Universidad de Piura* (Vol. 1, Issue 121).

CAPITULO VII. ANEXOS

OPERALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICIÓN		DIMENSIÓN	INDICADOR
	CONCEPTUAL	OPERACIONAL	(formula)	
Indendiente				
pH	El pH es una escala numérica utilizada para especificar la acidez o alcalinidad de una solución acuosa. Es el logaritmo negativo en base 10 de la actividad del ion Hidrógeno.	Utilizaremos 3 soluciones con diferente concentración de ácido cítrico como pretratamiento de las hojuelas de plátano.	Escala de pH : 2, 2.5 y 3	pH
Temperatura	El concepto de temperatura se deriva de la idea de medir el grado de caliente o frío relativo y de la observación de que las variaciones de calor sobre un cuerpo producen una variación de su temperatura, mientras no se produzca la fusión o ebullición.	Se someterán snacks de plátano palillo al proceso de fritura en donde se establecerán diferentes temperaturas de tratamiento.	Temperatura del proceso: 160,170 y 180°C	°C
Dependiente				Newton
Textura	La textura es la cualidad visual y táctil de las superficies de todo. diferentes materiales y puede ser lisa, rugosa, áspera, suave, etc. transmiten distintas sensaciones al tacto y a la vista.	El nivel de espesor de la rebanada y el tiempo de fritura influye en la textura del snack, para su medición utilizaremos un texturómetro QTS-Brookfield en donde determinaremos: Dureza, Crujencia; Resistencia a la ruptura; Adherencia. Se ,	Dureza $F = m \cdot a$ fuerza igual a masa por aceleración	
			Fracturabilidad Fuerza en la primera ruptura significativa de la muestra	Newton
			Resistencia a la ruptura $R_m = F_m / S_o$ Resistencia a la tracción igual a fuerza máxima de tracción sobre área de sección de la probeta	

RESULTADOS POR CORRIDA:

- Primera corrida:

CORRIDA	MUESTRA	Ph	Temperatura	Dureza (N)	Fracturabilidad	Cohesividad
C1	M1	2	160	46.01	46.01	0.36
C1	M1	2	170	5.2	5.2	1.11
C1	M1	2	180	2.82	0.92	0.95
C1	M1	2.5	160	6.04	2.82	0.85
C1	M1	2.5	170	26.52	16.24	0.34
C1	M1	2.5	180	9.94	8.79	0.31
C1	M1	3	160	17.9	3.84	-0.01
C1	M1	3	170	9.04	6.45	-0.19
C1	M1	3	180	33.79	25.28	0.13
C1	M2	2	160	19.38	0.83	0.34
C1	M2	2	170	15.95	7.73	0.64
C1	M2	2	180	13.36	13.36	0.33
C1	M2	2.5	160	5.08	5.08	0.12
C1	M2	2.5	170	54.88	54.88	0.31
C1	M2	2.5	180	32.13	6.1	0.46
C1	M2	3	160	89.4	9.91	0.28
C1	M2	3	170	29.6	9.08	0.222
C1	M2	3	180	52.29	13.67	0.23

- Segunda corrida:

CORRIDA	MUESTRA	Ph	Temperatura	Dureza (N)	Fracturabilidad	Cohesividad
C2	M1	2	160	13.98	13.98	-0.02
C2	M1	2	170	10.18	9.31	0.53
C2	M1	2	180	10.1	10.1	0.87
C2	M1	2.5	160	60.78	60.78	0.36
C2	M1	2.5	170	23.91	10.06	0.31
C2	M1	2.5	180	17.85	17.85	0.39
C2	M1	3	160	165.85	165.85	0.3
C2	M1	3	170	20.87	10.85	0.15
C2	M1	3	180	29.5	29.5	0.11
C2	M2	2	160	44.99	7.9	0.28
C2	M2	2	170	10.36	9.82	0.41
C2	M2	2	180	20.24	19.91	0.59
C2	M2	2.5	160	60.78	60.78	0.36
C2	M2	2.5	170	23.91	10.06	0.31
C2	M2	2.5	180	17.85	17.85	0.39
C2	M2	3	160	21.67	12.06	0.29
C2	M2	3	170	18.44	16.42	0.07
C2	M2	3	180	88.02	88.02	0.25

- Tercera corrida:

CORRIDA	MUESTRA	Ph	Temperatura	Dureza (N)	Fracturabilidad	Cohesividad
C3	M1	2	160	29.26	29.26	0.42
C3	M1	2	170	36.64	36.64	0.37
C3	M1	2	180	82.96	82.96	0.61
C3	M1	2.5	160	20.06	16.57	0.26
C3	M1	2.5	170	170.75	170.75	0.42
C3	M1	2.5	180	18.53	18.53	0.24
C3	M1	3	160	39.64	2.37	0.08
C3	M1	3	170	17.16	13.47	0.2
C3	M1	3	180	30.15	18.67	0.13
C3	M2	2	160	9.91	9.91	0.13
C3	M2	2	170	211.49	211.49	0.36
C3	M2	2	180	34.93	34.93	0.45
C3	M2	2.5	160	23.26	11.12	1.08
C3	M2	2.5	170	200.57	200.57	0.35
C3	M2	2.5	180	40.17	40.17	0.45
C3	M2	3	160	46.58	9.18	0.28
C3	M2	3	170	21.28	9.85	0.39
C3	M2	3	180	238.44	238.44	0.23

Proceso de Obtención de snack de Plátano Palillo:

1. Selección de plátano



2. Pesado



3. Lavado:



4. Escaldado



5. Enfriado



6. Pelado



7. Rodajado



8. Inmersión en solución ácida



9. Secado



10. Fritura



11. Ecurrido de Aceite



12. Snack de Plátano

