

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



T E S I S

**“Efecto de la presión y temperatura de vacío sobre las características texturales en
snack de plátano palillo (*Musa paradisiaca* L.)”**

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por la Bachiller:

JEMIMA GADILUZ DÍAZ LLANOS

Asesores:

Ing. Mtr. MAX EDWIN SANGAY TERRONES

Ing. Mtr. WILLIAM MINCHAN QUISPE


CAJAMARCA – PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Jemima Gadiluz Díaz Llanos
DNI: N° 72961523
Escuela Profesional/Unidad UNC:
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 DE LA PRESIÓN Y TEMPERATURA DE VACÍO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS TEXTURALES EN SNACK DE PLÁTANO PALILLO (*Musa paradisiaca* L.)
6. Fecha de evaluación: 23/03/2026
7. Software antiplagio: TURNITIN URKUND (ORIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 21 %
9. Código Documento: oid:::3117:570291607
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 24/03/2026

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>
 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 veintiséis 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° 286-2024-FCA-UNC, de fecha 17 de julio del 2024**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: **“EFECTO DE LA PRESIÓN Y TEMPERATURA DE VACÍO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS TEXTURALES EN SNACK DE PLÁTANO PALILLO (*Musa paradisiaca* L.)”**, realizada por la Bachiller **JEMIMA GADILUZ DÍAZ LLANOS** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las nueve 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 dieciséis (16); por tanto, la Bachiller queda expedita para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

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

Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz
PRESIDENTE

Dr. José Gerardo Salhuana Granados
SECRETARIO

Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rymarachín Chávez
VOCAL

Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones
ASESOR

Ing. Mtr. William Minchán Quispe
ASESOR

DEDICATORIA

A mis padres, quienes me han brindado su amor incondicional, apoyo y aliento a lo largo de este viaje académico.

A mi familia y amigos, por su comprensión y motivación constante. A mis profesores y mentores, por su guía y enseñanzas.

A todos aquellos que han sido parte de mi camino hacia este logro, les dedico este trabajo con profundo agradecimiento y cariño.

Jemima Gadiluz Díaz Llanos

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser la guía constante que ha iluminado mi camino, permitiéndome perseguir uno de mis mayores anhelos.

Expreso mi gratitud hacia los profesores de la Carrera Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, quienes generosamente compartieron su sabiduría durante mi formación académica.

Quiero reconocer el invaluable acompañamiento de mis asesores de tesis, los Ingenieros William Minchán Quispe y Max Edwin Sangay Terrones, cuya experiencia y profesionalismo fueron fundamentales para alcanzar este significativo logro.

A mis padres, Roger Díaz y Francisca Llanos, les agradezco profundamente por su amor, dedicación y sacrificio a lo largo de todos estos años. Gracias a su inquebrantable apoyo, he llegado hasta aquí y me he convertido en quien soy hoy.

Mis hermanas, Sara Ruth y Damaris Araceli, merecen mi reconocimiento por sus consejos y por su apoyo.

A mi esposo, Daniel, le agradezco su constante respaldo y su amor incondicional en cada momento, así como su grata compañía.

Jemima Gadiluz Díaz Llanos

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	vi
LISTA DE TABLAS	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Justificación	2
1.4. Objetivos	3
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
1.5. Hipótesis	3
CAPITULO II	4
REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Antecedente.....	4
2.2. Bases teóricas.....	9
2.2.1. <i>Snacks</i>	9
2.2.2. <i>Tipos de snacks</i>	10
2.2.3. <i>Características de snack</i>	10
2.2.4. <i>Parámetros de procesamiento</i>	11
2.2.5. <i>Presión al vacío</i>	12
2.2.6. <i>Características texturales del snack</i>	12
2.2.7. <i>Tipos de plátanos para freír</i>	15
2.2.8. <i>Fritura al vacío</i>	16
2.2.9. <i>Temperatura</i>	17
2.3. Definición de términos.....	18

CAPITULO III.....	19
MATERIALES Y MÉTODOS	19
3.1. Ubicación	19
3.2. Materiales.....	20
3.2.1. <i>Materia Prima</i>	20
3.2.2. <i>Equipos e Instrumentos</i>	20
3.2.3. <i>Material de gabinete</i>	20
3.3. Metodología	21
3.3.1. <i>Variables</i>	21
3.3.2. <i>Diseño experimental, arreglos de los tratamientos</i>	22
3.3.4. <i>Evaluaciones</i>	29
CAPITULO IV.....	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1. Análisis para la Dureza (N).....	30
4.2. Análisis para la Fracturabilidad (N).....	36
4.3. Análisis para la cohesividad.....	43
CAPITULO V.....	49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
5.1. Conclusiones	49
5.2. Recomendaciones	49
BIBLIOGRAFÍA	50
ANEXOS	59

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Factores de Variación utilizados en la investigación.....	22
Tabla 2 Factores y niveles para el diseño experimental.....	22
Tabla 3 Descripción de los tratamientos.....	23
Tabla 4 Análisis de varianza para la Dureza del snack de plátano palillo (<i>Musa paradisiaca</i> L.) frito al vacío.....	31
Tabla 5 Prueba de Tukey para la Dureza del snack de plátano palillo (<i>Musa paradisiaca</i> L.) frito al vacío.....	32
Tabla 6 Análisis de varianza para la Fracturabilidad del snack de plátano palillo (<i>Musa paradisiaca</i> L.) frito al vacío.....	37
Tabla 7 Prueba de Tukey para la Fracturabilidad del snack de plátano palillo (<i>Musa paradisiaca</i> L.) frito al vacío.....	38
Tabla 8 Análisis de varianza para la cohesividad del snack de plátano palillo (<i>Musa paradisiaca</i> L.) frito al vacío.....	44
Tabla 9 Prueba de Tukey para la cohesividad del snack de plátano palillo (<i>Musa paradisiaca</i> L.) frito al vacío.....	45

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación de la investigación.....	19
Figura 2 Diagrama de flujo de procedimiento de la investigación.	24
Figura 3 Efecto de la interacción entre la presión de vacío (inHg) y la temperatura de fritura (°C) en la Dureza del snack de plátano palillo (<i>Musa paradisiaca</i> L.) frito al vacío.	34
Figura 4 Efecto de la interacción entre la presión de vacío (inHg) y la temperatura de fritura (°C) en la Fracturabilidad del snack de plátano palillo (<i>Musa paradisiaca</i> L.) frito al vacío.	40
Figura 5 Efecto de la interacción entre la presión de vacío (inHg) y la temperatura de fritura (°C) en la cohesividad del snack de plátano palillo (<i>Musa paradisiaca</i> L.) frito al vacío.....	46
Figura 6 Recepción del plátano palillo.	59
Figura 7 Selección del plátano.....	59
Figura 8 Lavado y desinfectado del plátano.	60
Figura 9 Escaldado del plátano.	60
Figura 10 Pelado del plátano.	61
Figura 11 Rodajeado del plátano.	61
Figura 12 Pesado de las rodajas de plátano para cada réplica.	62
Figura 13 Acondicionamiento de las rodajas de plátano en la freidora.....	62
Figura 14 Programación del tiempo y regulado de la presión de fritura.	63
Figura 15 Enfriado de las rodajas de snacks.....	63
Figura 16 Envasado de las rodajas de plátano en las bolsas de polietileno.....	64
Figura 17 Análisis de las muestras de snack en el texturómetro.	64

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló en el laboratorio de la Escuela Profesional Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, con el objetivo de determinar el efecto de la presión y temperatura de vacío sobre las características texturales en snack de plátano palillo. El estudio empleó un diseño experimental completamente al azar con un arreglo factorial de 3x3, con nueve tratamientos, variando la presión de vacío (5, 10 y 15 inHg) y la temperatura (110°C, 120°C y 130°C); se evaluaron las variables de dureza, fracturabilidad y cohesividad de los snacks de plátano 24 horas después de realizado la fritura, realizando el análisis de tres rodajas por tratamiento con una frecuencia de tres minutos entre cada una. Los resultados mostraron que la dureza y fracturabilidad de los snacks aumentan con la temperatura, pero disminuyen con la presión de vacío. El tratamiento 1, con 5 inHg de presión y 110°C de temperatura (A1B1), presentó la menor dureza (4.80 N) y fracturabilidad, además de una alta cohesión. Concluyendo que la presión y temperatura de fritura a vacío mejora la textura de los snacks de plátano, favoreciendo a la industria alimentaria para la producción de productos más crujientes y atractivos.

Palabras clave: Temperatura, presión, fritura a vacío, textura, snack, plátano.

ABSTRACT

This study was conducted in the laboratory of the School of Food Industries at the National University of Cajamarca with the aim of determining the effect of vacuum pressure and temperature on the textural characteristics of plantain sticks. The study employed a completely randomized experimental design with a 3x3 factorial arrangement, comprising nine treatments, varying vacuum pressure (5, 10, and 15 inHg) and temperature (110°C, 120°C, and 130°C); The variables of hardness, brittleness, and cohesiveness of the plantain snacks were evaluated 24 hours after frying, with three slices analyzed per treatment at three-minute intervals. The results showed that the hardness and brittleness of the snacks increased with temperature but decreased with vacuum pressure. Treatment 1, with a pressure of 5 inHg and a temperature of 110°C (A1B1), exhibited the lowest hardness (4.80 N) and brittleness, as well as high cohesiveness. It was concluded that vacuum frying pressure and temperature improve the texture of plantain snacks, benefiting the food industry in the production of crispier and more appealing products.

Key words: Temperature, pressure, vacuum frying, texture, snack, banana.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del problema

La industria de alimentos procesados busca mejorar continuamente sus operaciones con el propósito de obtener productos con propiedades físicas consistentes y de calidad controlada. En el caso de los snacks fritos, la textura constituye un atributo determinante, debido a que está directamente asociada a parámetros como la dureza, la fracturabilidad y la cohesividad, los cuales dependen de la estructura interna desarrollada durante el proceso de fritura.

La fritura al vacío se presenta como una alternativa tecnológica al freído convencional, ya que se realiza a presiones inferiores a la atmosférica, lo que permite modificar los mecanismos de transferencia de calor y masa y, en consecuencia, influir en la conformación estructural del producto. Sin embargo, las propiedades texturales obtenidas están estrechamente condicionadas por las variables operativas del proceso, particularmente la presión de vacío y la temperatura de fritura.

A pesar del uso creciente de la fritura al vacío en la elaboración de snacks a base de frutas, existe información limitada sobre el efecto de la presión y la temperatura del proceso en las características texturales del snack de plátano palillo (*Musa paradisiaca* L.). Esta ausencia de información dificulta la definición de condiciones de fritura que permitan controlar adecuadamente las características texturales del producto final. En este contexto, resulta necesario evaluar de manera sistemática la influencia de estas variables de proceso, a fin de generar información técnica que contribuya a la optimización de la fritura al vacío y al desarrollo de snacks con características texturales consistentes y aceptables.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el efecto de la presión y temperatura de vacío sobre las características texturales en snack de plátano palillo?

1.3. Justificación

La industria alimentaria experimenta un continuo avance tecnológico orientado a optimizar los procesos de transformación y mejorar las propiedades físicas y sensoriales de los alimentos; en este marco, los snacks de plátano representan un producto ampliamente consumido en diversos países tropicales, lo que hace necesario analizar los factores de proceso que determinan su calidad final. Entre ellos, la temperatura y la presión en la fritura al vacío son variables clave, ya que influyen directamente en la formación de la estructura del producto y en el desarrollo de sus propiedades texturales.

La fritura al vacío es un método de procesamiento que se lleva a cabo a presiones inferiores a la atmosférica, lo que permite realizar la fritura a temperaturas más bajas que en los métodos convencionales; estas condiciones facilitan la evaporación del agua presente en el alimento y promueven la formación de una estructura porosa, lo cual incide directamente en propiedades texturales del producto final, como la dureza, la fracturabilidad y la cohesividad; además, esta tecnología ofrece ventajas adicionales, entre ellas la disminución en la formación de acrilamida, un compuesto potencialmente perjudicial que suele generarse durante la fritura a altas temperaturas en alimentos con alto contenido de almidón (Pedreschi et al., 2020; Rodríguez, 2023).

En este contexto, analizar la influencia de la presión y la temperatura en la fritura al vacío sobre las propiedades texturales de los snacks de plátano variedad palillo resulta fundamental para optimizar las condiciones de procesamiento y obtener productos con una textura adecuada y mayor aceptación por parte de los consumidores; los resultados aportan

información útil para mejorar los procesos productivos en la industria de snacks y sirven como referencia para futuros estudios relacionados con la aplicación de la fritura al vacío en productos derivados del plátano.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la presión y temperatura de vacío sobre las características texturales en snack de plátano palillo.

1.4.2. Objetivos específicos

Determinar el efecto de la presión de vacío sobre las características texturales en snack de plátano palillo.

Determinar el efecto de la temperatura sobre las características texturales en snack de plátano palillo.

1.5. Hipótesis

H1: Las presiones de vacío mayores a 10 inHg y temperaturas mayores a 120°C influyen en las características texturales del snack de plátano palillo de manera favorable para la elaboración del snack.

H0: Las presiones de vacío mayores a 10 inHg y temperaturas mayores a 120°C no influyen en las características texturales del snack de plátano palillo de manera favorable para la elaboración del snack.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedente

Bautita & Romero (2020) en su investigación “*Desarrollo de un prototipo de freidora a vacío y su influencia en el contenido de acrilamida en papas (*Solanum tuberosum*) fritas*”, la investigación se enfocó en la creación de un modelo de fritura al vacío, la investigación incluyó la evaluación de diferentes niveles de presión de vacío (5, 10 y 15 kPa) y temperaturas (110, 120 y 130 °C), utilizando un diseño factorial 3². Además, se compararon los resultados con un tratamiento de control a 125 °C en condiciones normales. Los resultados demostraron que las condiciones de vacío y temperatura aplicadas evitaron la formación de acrilamida en todos los tratamientos, a excepción del tratamiento de control, que presentó un contenido de acrilamida de $5560,86 \pm 1435,23$ ng/g. La medición del contenido de acrilamida se realizó mediante cromatografía líquida de alta eficiencia. Se observó que el prototipo superó ampliamente al tratamiento de control (T0), ya que logró resultados similares en solo 1 minuto de fritura en comparación con los 2.5 minutos del tratamiento de control, independientemente de la temperatura de vacío (110, 120 y 130 °C). En cuanto a la evaluación sensorial, se asume que el tratamiento T2, con una presión de vacío de 10 kPa y una temperatura de 110 °C, fue el más aceptado en términos de color, olor, sabor y textura por parte de los evaluadores.

Vásquez & Aurora (2021) en su investigación “*Efecto de la temperatura y tiempo de fritura en la textura y color de un chip de oca (*Oxalis Tuberosa*)*”, el objetivo de este estudio fue producir chips de oca, considerando la temperatura (160-180°C) y el tiempo (30-90 segundos) de fritura como variables. Se aplicó un diseño experimental factorial 3k, con tres niveles para cada factor, y se evaluaron las propiedades de textura y luminosidad de los chips

de oca. Los valores óptimos obtenidos mediante la metodología de función deseada para la producción de chips de oca fueron una temperatura de fritura de 172°C y un tiempo de 45 segundos, lo que resultó en chips con una textura de 2.305 mJ y una luminosidad de 77.3815. Los chips de oca (*Oxalis Tuberosa*) finales presentaron las siguientes características fisicoquímicas: contenido de humedad del $6.90 \pm 0.37\%$, proteínas del $5.37 \pm 0.26\%$, extracto etéreo del $1.73 \pm 0.05\%$, cenizas del $3.75 \pm 0.09\%$, textura de $2.31 \pm 0,01$ mJ y luminosidad de $77,13 \pm 0,32$.

Trejo et al. (2019) en su investigación "*Influencia de Proceso de Fritura al Vacío Sobre la Calidad de Chips de Papa Nativa, Variedad Botella Roja*"; el objetivo de la investigación consistió en evaluar el impacto de las condiciones de fritura al vacío propósito en la calidad de los chips de papa. Se empleó un diseño central compuesto con una cara centrada ($\alpha=1$), considerando las variables ΔT (diferencia de temperatura entre el aceite y la temperatura de ebullición del agua) en un rango de 40-60°C, la presión de vacío entre 30-70 kPa y el tiempo entre 3-7 minutos. Mediante el proceso de optimización experimental, se configuraron las condiciones de proceso ideales, que fueron: ΔT de 40°C, presión de 46.70 kPa y un tiempo de 5.04 minutos. Los resultados indicaron que la fritura al vacío es un proceso que contribuye a mejorar la calidad fisicoquímica de los chips de papa de la variedad Botella Roja.

Acosta et al. (2020) en su investigación "*Efecto de la fritura por inmersión al vacío en rodajas de mango "Tommy Atkins" deshidratadas osmóticamente*", el propósito del estudio fue analizar las condiciones de operación para producir rodajas de mango deshidratadas mediante un proceso de ósmosis en una solución compuesta por sacarosa (28.9%), cloruro de sodio (3.2%) y ácido cítrico (0.3%), seguido de una fritura por inmersión al vacío. Esto se llevó a cabo mediante un análisis de superficie de respuesta utilizando un Diseño Central Compuesto Rotable (DCCR). El sistema estadístico determinó que las condiciones óptimas eran una temperatura de fritura de 42.4°C, una presión del sistema de 10 kPa y un tiempo de inmersión

de 473.5 segundos. Estas condiciones permitieron minimizar los cambios en el color, el contenido de humedad y la cantidad de grasa en el producto. Además, la evaluación sensorial de los productos obtenidos con estas condiciones óptimas indicó que tenían una textura crujiente y sabores agradables al paladar de los consumidores.

Martinez et al. (2022) en su trabajo de investigación “*Fritura por inmersión al vacío de rodajas de plátano verde con recubrimientos comestibles*”; el objetivo de esta investigación fue evaluar la fritura por inmersión al vacío de rodajas de plátano verde, recubiertas con goma guar, en varias condiciones de proceso. Se utilizó un enfoque de diseño experimental mediante un análisis de superficie de respuesta. Se consideraron factores como la presión (30-62 kPa), el tiempo (180-360 segundos) y la temperatura (43-73 °C). Se determinaron que las condiciones óptimas para minimizar el contenido de aceite fueron una presión de 73 kPa, un tiempo de 341 segundos y una temperatura de 43°C. En términos de la evaluación sensorial del snack recubierto, se logró un nivel de aceptabilidad del 55% para el producto obtenido según el análisis estadístico.

Herrera (2018) en su investigación “*Relación entre las características fisicoquímicas del banano de tres cultivares en dos estados de madurez con los parámetros físico- químicos de los chips de banano obtenidos mediante el proceso de fritura al vacío*”, el propósito de este estudio fue identificar las características de la materia prima que influyen positivamente en el rendimiento de la operación de fritura. Se concluyó que el cultivo de Pisang Mas es el más adecuado para mejorar los rendimientos en la operación de fritura al vacío debido a sus propiedades particulares en comparación con los cultivos de Cavendish y Gros Michel. Pisang Mas mostró un menor contenido de humedad (67.2-69.0 g/100g), un mayor contenido de almidón (23.2-23.7 g/100g), una mayor cantidad de sacarosa (11.8-13.7 g/100g), una menor cantidad de fructuosa (11.2-13.7 g/100g) y una mayor firmeza en la pulpa (3.4-4.2 N). Luego de someter los chips de los tres cultivos de banano a fritura al vacío, se realizó un cabo análisis

para evaluar sus propiedades. Se realizó análisis de composición, se midió la textura y se evaluó el rendimiento del proceso de fritura al vacío para los diferentes cultivos. Se encontró que el grado de madurez de los plátanos no tenía un impacto significativo en ninguno de los cultivos. Los rendimientos de la operación de fritura se determinaron como sigue: Pisang Mas (23,2-31,1%), Cavendish (4,3-16,4%), Gros Michel (7,8-17,1%). Además, se observó que el contenido de grasa en los chips varió entre 12.3-29.0 g/100g en base seca y la textura se encontró en el rango de 5.3-10.7 N, lo que sugiere que estos productos tienen potencial para ser comercializados. Se concluyó que el cultivo de Pisang Mas es el más adecuado para la fritura al vacío debido a sus altos niveles de almidón, sacarosa, rendimiento en la fritura, firmeza, sólidos solubles y dureza en comparación con los otros cultivos.

Chavez et al. (2017) en su investigación “*Efecto de las variables de proceso en la obtención de plátano verde frito en condiciones de vacío*” el propósito de este estudio fue optimizar el proceso de fritura por inmersión utilizado en la producción de rodajas de plátano verde y establecer una relación entre la calidad del producto en términos de textura, para llevar a cabo este proceso, se utilizaron plátanos verdes de la variedad Dominico Hartón como materia prima, y se empleó una mezcla de aceites vegetales refinados, como el aceite de soja y la oleína de palma, junto con un antioxidante llamado TBHQ. El proceso de fritura se evaluó en términos de diferentes rangos de presión, diferencia de temperatura (ΔT) y tiempo, seleccionando valores máximos y mínimos para estas variables (10-79 kPa), (13-113°C) y (57- 663 segundos), respectivamente. Para analizar las características del producto final, como el contenido de humedad, contenido de grasa y la textura (dureza), se utilizaron métodos oficiales establecidos por la AOAC, así como protocolos específicos para evaluar la textura. En lo que respecta a la textura (dureza), los tratamientos 7 y 11 resultaron ser los más aceptados desde un punto de vista sensorial. El contenido de humedad no mostró una dependencia significativa de la variable presión en el proceso, siendo la fuerza impulsora y el tiempo los factores que más

influyeron en este parámetro. Basándonos en la evaluación sensorial, se cuenta que el valor deseable para el contenido de humedad era del 0,25%, mientras que el contenido de grasa debía estar en el rango de 31 a 36%, y la textura (dureza) en el intervalo de 6,4. un 9,2 N.

Wichaphon et al. (2023) en su investigación “*Efecto de las condiciones de fritura sobre las propiedades de las brácteas de plátano fritas al vacío*” El propósito de este estudio fue explorar las características de las brácteas de plátano fresco y evaluar cómo las condiciones de fritura en una freidora al vacío afectan sus propiedades. Después de analizar su composición proximal, las brácteas de plátano se sometieron a fritura al vacío a 86,65 kPa, con temperaturas de 100, 110 y 120 °C y tiempos de 10, 15 y 20 minutos. La dureza se evaluó como la fuerza máxima (en Newtons) ejercida al comprimir el objetivo utilizando la sonda HDP/BS a una distancia de 5,5 cm de la muestra, con una velocidad de 100 mm/min. Cuando se incrementa la temperatura de 100 a 120 °C durante 10 minutos de fritura, se obtiene una reducción significativa en la dureza ($p < 0,05$). Durante el proceso de fritura, la mayor parte del contenido de agua en las brácteas de plátano se evaporó, lo que provocó cambios en su textura. En este estudio, la dureza se cuantificó como la fuerza máxima de compresión (en Newtons) aplicada al objetivo de deformación. Una menor dureza resultaría en una textura más crujiente de las brácteas.

Ayustaningwarno et al. (2020) en su investigación “*La calidad nutricional y fisicoquímica de los chips de mango fritos al vacío se ve afectada por la etapa de maduración, la temperatura de fritura y el tiempo*” Con el fin de producir snacks de frutas más saludables, se exploró el uso de la fritura al vacío como una alternativa prometedora en comparación con la fritura tradicional al aire, con el propósito de reducir el contenido de aceite sin comprometer la calidad nutricional. En este estudio, se investigó el impacto de la etapa de maduración de las frutas, la temperatura de fritura y el tiempo de exposición en la calidad de los mangos fritos al vacío. Los chips de mango verde fritos durante 15 minutos a 90°C exhibieron un valor de

dureza de $3,9 \pm 0,6$ N. Este valor correspondía a la fase inicial y aumentaba a medida que se prolongaba el tiempo de fritura. En contraste, los chips de mango verde fritos a 120°C durante 15 minutos presentaron un valor de dureza de $10,6 \pm 0,9$ N, y este valor se encontró al final de la fase lenta de endurecimiento. En resumen, considerando todos los parámetros de calidad, se encontró que la fritura al vacío de mangos verdes en condiciones óptimas, es decir, a 100°C durante 20 minutos, basándonos en los resultados obtenidos, se procedió a freír rodajas de mango de 4 mm de grosor bajo una presión de 10 kPa, utilizando diversas combinaciones de tiempos y temperaturas, cabe destacar que esta presión de trabajo permite que el agua hierva a una temperatura de $44,3^{\circ}\text{C}$.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Snacks

Los snacks como definición no determinan si son alimentos saludables o no. El consumidor elige el tipo de alimento que desea ingerir al momento, mientras cumpla con las características principales de un snack (Rojas & Morales, 2021). Los snacks, también llamados chips u hojuelas fritas, son un alimento elaborado por medio de fritura, extrusión y/o deshidratación cuyo fin es ser consumidos por placer o como complemento energético o nutritivo para satisfacer temporalmente el hambre ya que no constituyen por sí mismos ninguna de las principales comidas del día (Calderón, 2019). Se define al snack como aquella comida envasada de pequeña porción, con alto contenido de carbohidratos, y es ingerida entre comidas principales como merienda (Castillo, 2021).

2.2.2. Tipos de snacks

Ruiz (2021), menciona que los snacks en el Perú, se dividen los snacks en 3 grupos, los cuales son dulces, salados y saludables. El grupo de snacks dulces incluye caramelos, piruletas, gomitas, chocolates, galletas con o sin relleno. Esta categoría incluye productos con alto contenido de azúcar y grasas saturadas. Entre otras cosas, podemos añadir al grupo de snacks salados patatas fritas, Doritos, Cheetos, galletas, etc. Esta clase se caracteriza por una gran cantidad de sal, aromas y colorantes. Además, el grupo de snacks saludables tiene varios subgrupos, pero a efectos de esta explicación se dividen en dos, a saber, dulces y salados. Esta categoría se caracteriza por el uso de frutas o verduras como ingrediente en la preparación de alimentos y podemos encontrar barras de maní, tiras de quinua fritas, hojuelas de garbanzo, entre otros. Cabe destacar que las marcas que elaboran este tipo de snacks innovan constantemente e intentan utilizar ingredientes naturales y de la mayor calidad posible, combinando frutas o verduras para conseguir nuevos sabores.

2.2.3. Características de snack

La base del snack son los copos de pop de los Andes: quinua, cañihua y kiwicha, que contienen importantes cantidades de magnesio, calcio, hierro, zinc y fósforo. Frutos secos: Las nueces pecanas y las almendras ayudan a reducir el colesterol, reducen el riesgo de diabetes y cálculos, y aportan fibra, proteínas y vitaminas B y E. Semillas: lino y chía; Contienen omega 3, fibra, reducen los triglicéridos, favorecen la regeneración de tejidos, facilitan la digestión, aumentan la concentración, la energía y mejoran la función articular. Frutos secos: plátano y piña; Tienen un mayor contenido en fibras, vitaminas y minerales. El plátano es fuente de potasio, vitaminas A, C y B6, ácido fólico y potasio. La piña es estupenda para tratar la anemia, favorece la absorción de hierro, ayuda a expulsar líquidos y favorece la digestión. (Altamirano et al., 2017)

2.2.4. Parámetros de procesamiento

Según Herrera (2015) el producto obtenido bajo el proceso de fritura al vacío a temperaturas de 110°C y 120°C durante 10, 12 y 14 minutos a 7.7 kPa cumple con lo dispuesto en la Norma Técnica ecuatoriana. Según Bautita & Romero (2020) Se evaluaron los parámetros de presión de vacío (5, 10, 15 kPa) y temperatura (110, 120, 130 °C) para obtener papas fritas bajas en acrilamida a partir de papas variedad Canchan.

Según Martínez et al. (2022) El objetivo del trabajo fue evaluar la fritura al vacío de rodajas de plátano verde (con 0Brix de 4.9 ± 0.7) recubiertas con goma guar (1.4% p/v) en diferentes condiciones del proceso, según análisis de superficie de respuesta utilizando mezcla de espín. diseño central como metodología, tomando en cuenta presión (30-62) kPa, tiempo (180-360) s y temperatura (43-73) °C. El nivel óptimo alcanzado para minimizar el contenido de aceite fue: presión 73 kPa, tiempo 341 segundos y fuerza motriz 43°C.

Según Vásquez & Aurora (2021) los valores óptimos de las variables aplicando el método de la función de deseabilidad fueron una temperatura de 172°C y un tiempo de fritura de 45 segundos, con una respuesta textural óptima de 2.305 mJ y un brillo de 77.3815.

Según Villamizar et al. (2012) En este estudio se evaluó el desempeño de parámetros de calidad de snacks fritos elaborados a base de mango (*Manguifera indica L.*) mediante vacío sobre pastas elaboradas a partir de este fruto. El proceso de fritura se realizó aplicando diferentes presiones de vacío (0,4, 0,5, 0,6 bar), temperaturas (100, 110 y 120 °C) y tiempos (30, 45, 60, 75 y 90 segundos). Los resultados demostraron que el vacío mejoró las características de calidad del producto debido a que el contenido de grasa y humedad fue muy bajo, la actividad del agua fue menor, la textura estuvo acorde a los requerimientos del mercado.

Según Gómez (2013) el de este estudio consistió en analizar cómo se comportan los chips de kiwi durante la fritura en condiciones atmosféricas y al vacío, con el fin de determinar

cómo estos procedimientos afectan las características mecánicas, y la absorción de aceite. Se llevaron a cabo frituras al vacío a temperaturas de 120, 130 y 140 °C, y se compararon con las frituras realizadas a temperatura ambiente (165 °C). Se evaluarán aspectos como el color, la textura, la pérdida de peso, la humedad y el contenido de grasa en las muestras. La fritura al vacío de chips de kiwi, previamente sometida a deshidratación osmótica, demuestra ser una alternativa eficaz a la fritura a temperatura ambiente, ya que mejoró el color de las muestras, redujo su contenido de humedad y mantuvo su característico crujiente.

2.2.5. *Presión al vacío*

Magnitud física que expresa la fuerza ejercida por un cuerpo sobre la unidad de superficie y cuya unidad en el sistema internacional es el pascal (Real Academia Española, 2023). La fuerza ejercida por la capa densa de la atmósfera sobre la superficie terrestre se conoce como "presión atmosférica". La presión que incide directamente sobre la superficie de un objeto o recipiente se denomina "presión absoluta". La presión de vacío corresponde a la disparidad entre la presión absoluta y la presión atmosférica (Conocimient, 2019).

2.2.6. *Características texturales del snack*

a. Textura

Este conjunto de características engloba las cualidades mecánicas, geométricas y superficiales de un producto que son percibidas por los receptores táctiles, mecano-receptores y, en ocasiones, los visuales y auditivos. Estos atributos son esenciales para cualquier producto, ya que influyen en su procesamiento, manipulación, durabilidad y, por último, en su aceptación por parte de los consumidores. Evaluar la textura de un producto no es un concepto nuevo; siempre ha habido un interés en comprenderla y, por fin, ha sido analizada a través de pruebas

sensoriales basadas en la percepción humana. Sin embargo, esta evaluación es totalmente subjetiva, por lo que es apropiado llevar a cabo análisis instrumentales que puedan estar relacionados con estas mediciones sensoriales (Talens, 2017)

b. Dureza

Se define como la cantidad de fuerza necesaria para modificar la forma de un alimento o para permitir la penetración de un objeto en él; es decir, corresponde a la fuerza requerida para alcanzar una determinada deformación (Talens, 2017)

La dureza constituye uno de los atributos mecánicos más relevantes en la textura de los alimentos; debido a que esta propiedad, junto con el sabor y la apariencia, influye de manera significativa en la elección del consumidor (Torres et al., 2015). Su determinación se realiza mediante el análisis de perfil de textura (TPA) con el uso de un texturómetro, el cual registra la fuerza requerida para comprimir el producto (Medina, 2024).

c. Fracturabilidad

La fracturabilidad se refiere a la facilidad con la que un alimento se rompe al aplicarse una fuerza externa. En el caso de los snacks fritos, este parámetro se asocia con la crocancia del producto, ya que una estructura más deshidratada y porosa tiende a fracturarse con mayor facilidad (Medina, 2024).

d. Crujencia

Un sonido distintivo, enérgico, nítido y agudo que se genera al dar el primer bocado al alimento con los dientes incisivos y los labios en posición abierta. (Rebolledo Fernández, 2014)

Una cualidad sensorial esencial en la evaluación de alimentos, en la que el consumidor fundamenta su apreciación, es la textura crujiente o crocante. La textura crujiente es una

característica notable en la mayoría de los productos alimenticios, tanto frescos como secos. También se considera sinónimo de frescura y se relaciona con la respuesta simultánea a estímulos mecánicos y acústicos (Mostacilla & Ordóñez, 2013).

e. Cohesividad

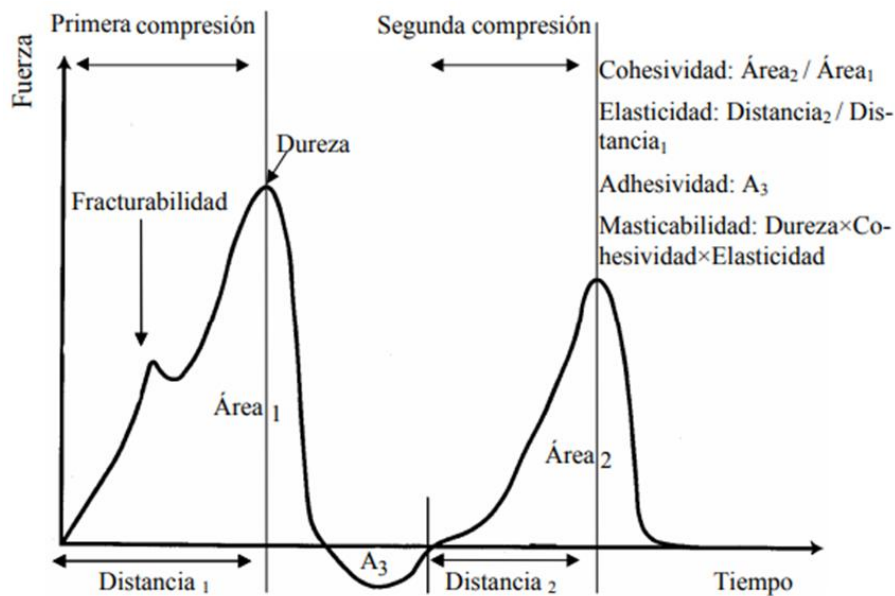
Szczesniak (2002) define la cohesividad como la capacidad de un material para experimentar cambios en su forma antes de fracturarse. De manera complementaria, Bourne (2002) señala que este parámetro se relaciona con la resistencia del alimento a una segunda deformación en comparación con su respuesta inicial; en este sentido, la cohesividad representa el grado en que un producto puede soportar una segunda compresión respecto a la primera, lo que permite evaluar la integridad de su estructura interna; en el análisis instrumental del perfil de textura (TPA), este parámetro se determina mediante la relación entre el área bajo la curva de la segunda compresión y el área correspondiente a la primera compresión ($\text{Área 2} / \text{Área 1}$).

f. Análisis de perfil de textura (TPA)

El Análisis de Perfil de Textura (TPA) fue desarrollado en la década de 1960 por la empresa General Foods con el propósito de establecer una relación entre la evaluación sensorial y las mediciones instrumentales de la textura en los alimentos; este método consiste en someter la muestra a dos ciclos consecutivos de compresión y descompresión, con el fin de simular el proceso de masticación; a partir de la curva generada durante el ensayo, es posible determinar diversos parámetros que describen las propiedades texturales del producto (Szczesniak, 1963).

Figura 1

Análisis del Perfil de Textura.



Nota. En la imagen se presenta el perfil de análisis de textura (Bourne, 1978).

2.2.7. Tipos de plátanos para freír

a. Plátano bellaco

En la selva peruana, es característico que un racimo esté compuesto por unos 30 frutos, los cuales tienen una longitud que varía entre 25 y 40 cm, con un peso aproximado de 345 gramos por fruto. El periodo de crecimiento de esta fruta abarca entre 10 y 12 meses. Esta fruta es conocida como "hartón" o "cuerno" y se cultiva tanto en la selva como en la costa norte. Presenta un tallo de 3 metros de altura con tonalidades verdes y destellos rosados, y un diámetro de 24 cm. Las flores masculinas de esta planta son de color amarillo. Cuando el racimo alcanza su madurez, consta de 33 dedos que tienen una longitud de aproximadamente 30 a 40 cm, y su peso promedio es de 650 gramos (Flores, 2011)

b. Plátano palillo

Esta variedad de plátano es una versión ampliada del plátano de tipo Cavendish, con dimensiones que oscilan entre los 20 y 25 centímetros de largo. Su piel muestra tonos amarillos con distintivas manchas negras, y al ser pelado, revela una pulpa ligeramente rosada. Este fruto se cultiva en las densas selvas de Perú, que bordean los ríos, utilizando prácticas de cultivo orgánicos y naturales. También es conocido como "Guayabo, alcanza una altura de 5 metros con una base de 28 centímetros de diámetro. Sus flores masculinas son de tono amarillo cremoso, y cuando está maduro, tiene alrededor de 120 dedos en promedio, con un peso medio de 270 gramos por pieza (Flores, 2011)

2.2.8. Fritura al vacío

Este proceso se lleva a cabo a presiones inferiores a la atmosférica, específicamente por debajo de 6.65 kPa o 50 torr. Las freidoras operan a temperaturas por debajo de los 100 °C, y, a pesar de esto, logran producir alimentos crujientes con un bajo contenido de aceite. Además, se conserva el color, el sabor y el aroma de los productos, se reduce la formación de acrilamida y la falta de presencia de aire evita reacciones de oxidación, manteniendo la calidad del aceite. Es importante destacar que este tipo de fritura no es común en entornos domésticos y está comenzando a ser aplicado en ciertas industrias (Muñoz, 2015)

Aguilera et al. (2019) menciona que se lleva a cabo a temperaturas relativamente más bajas (por ejemplo, 130°C), por lo que la textura, el color, el sabor y el valor nutricional se conservan mejor y de forma natural. Este proceso evita o reduce la formación de sustancias nocivas en el freído tradicional, como la acrilamida y el exceso de aceite saturado, por lo tanto, satisface las demandas de la salud pública moderna.

2.2.9. Temperatura

La temperatura está relacionada con la energía interna de las moléculas de una sustancia. Aunque esta afirmación es correcta, desde la perspectiva de la Termodinámica clásica y los fenómenos a gran escala, esta descripción no resulta especialmente útil. De ser así, podríamos explicar cualquier propiedad basándonos en la existencia y ubicación de los átomos en una sustancia (Leal, 2020).

Desde una perspectiva teórica, la temperatura de fritura induce una serie de cambios fisicoquímicos en el alimento que repercuten directamente en sus propiedades texturales. Durante este proceso se produce una rápida evaporación del agua presente en el tejido vegetal, lo que disminuye el contenido de humedad del producto. Al mismo tiempo, el almidón del plátano se gelatiniza por efecto del calor y la liberación de vapor favorece la formación de una estructura porosa en la matriz del alimento. Estos cambios contribuyen al desarrollo de una textura más crujiente y firme, lo que suele reflejarse en un aumento de la dureza del snack (García, 20254).

En la fritura al vacío, la disminución de la presión reduce el punto de ebullición del agua presente en el alimento, permitiendo que esta se evapore a temperaturas inferiores a las utilizadas en la fritura convencional. Esta condición facilita la deshidratación del producto durante el proceso. Como resultado, se desarrolla una estructura interna más porosa, lo que repercute en la textura final del snack y en parámetros como la dureza, la fracturabilidad y la cohesividad. Por ello, la presión aplicada durante la fritura al vacío constituye un factor determinante en las propiedades texturales del producto obtenido.

2.3. Definición de términos

Cohesividad

Es la capacidad de un material para mantenerse unido o pegarse entre sí, en lugar de desmoronarse o desintegrarse.

Dureza

Es qué tan resistente es un objeto cuando lo presionas o intentas romperlo con los dientes.

Fracturabilidad

Se refiere a la facilidad con la que un objeto se rompe o se parte cuando se aplica presión sobre él.

Presión al vacío

Es cuando se reduce la cantidad de aire dentro de un espacio, creando una presión más baja que la atmosférica normal. Se expresa en unidades negativas de presión.

Snack

Son pequeñas porciones de alimentos listas para consumir entre comidas principales, pueden ser dulces o saladas, y suelen venir en envases individuales.

Temperatura

Es una manera de expresar qué tan caliente o frío está algo. Si algo está caliente, tiene una temperatura alta; si está frío, tiene una temperatura baja. Se suele medir con un termómetro y en los equipos con un termostato.

Textura

Son las sensaciones que sientes al tocar o masticar un alimento, como suavidad, rugosidad o firmeza.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

Las pruebas experimentales y los análisis se realizaron en las instalaciones de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias (Edificio 2H), en los Laboratorios de Tecnología Cárnica (2H-107) y el Laboratorio de Ingeniería de Alimentos (2H-301) respectivamente, ubicados en la Universidad Nacional de Cajamarca cito en la Av. Atahualpa 1050 Carretera Baños del Inca.

Figura 2

Mapa de ubicación de la investigación.



3.2. Materiales

3.2.1. *Materia Prima*

Plátano (*Musa paradisiaca* L.): Variedad PALILLO

Aceite vegetal

3.2.2. *Equipos e Instrumentos*

Balanza digital

Freidora de alimentos

Texture Analyzer CT3 marca BROOKFIELD® (accesorio de penetración cilíndrico de 12,7 mm de diámetro (TA10)).

Ollas

Recipientes

Cuchillo de acero inoxidable

Tabla de picar

Cortadora de mandolina

Jarras graduadas (1 L)

3.2.3. *Material de gabinete*

Papel toalla

Mandil

Gorro quirúrgico

Mascarilla quirúrgica

Libreta de apuntes

Lapiceros y/o lápices

Computadora

Cámara

Papel Bond

3.3. Metodología

Se implementó un diseño experimental completamente aleatorizado con estructura factorial 3x3 y 3 repeticiones, estudiando dos factores simultáneamente para evaluar posibles efectos entre ellos y sus tratamientos (Almeida, 2021). Se empleó Análisis de Varianza (ANOVA) para examinar cambios en la variable de respuesta (variable continua aleatoria) bajo condiciones definidas por factores discretos (variables de clasificación) (Dagnino, 2014). Para los factores estadísticamente significativos, se realizaron comparaciones múltiples entre niveles mediante la prueba de Tukey al 5% (Vargas et al., 2019). La investigación se enfocó en dos variables clave: Presión de vacío y Temperatura de fritura.

3.3.1. Variables

Las variables de investigación son atributos o propiedades (cuantitativas o cualitativas) que se estudian en un fenómeno u objeto específico; su característica principal es que pueden cambiar o variar según las diferentes unidades observadas (Carballo y Guelmes, 2016).

a. Variables Independientes

Presión de vacío

Temperatura de fritura

b. Variables Dependientes

Características texturales: dureza, fracturabilidad y cohesividad.

3.3.2. *Diseño experimental, arreglos de los tratamientos*

Esta investigación utilizó una metodología experimental, manipulando variables específicas (Presión de vacío y Temperatura de fritura) para observar su influencia en otras (Características texturales). Se aplicó el método hipotético-deductivo, formulando una hipótesis basada en datos disponibles y llegando a conclusiones mediante experimentación (Díaz et al., 2011). El estudio evaluó variables cuantitativas mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres repeticiones, estructurado como factorial con 3 factores y 3 niveles por factor. El factor A fue Presión de vacío (5 inHg, 10 inHg y 15 inHg), mientras que el factor B correspondió a la Temperatura de fritura (110°C, 120°C y 130°C), conformando 9 tratamientos en total. Las variables respuesta fueron las características texturales: Dureza, Fracturabilidad y Cohesividad.

Tabla 1

Factores de Variación utilizados en la investigación.

Fator A = Presión de vacío	Factor B = Temperatura de fritura
A1 = 5 inHg	B1 = 110°C
A2 = 10 inHg	B2 = 120°C
A3 = 15 inHg	B3 = 130°C

Tabla 2

Factores y niveles para el diseño experimental.

Factores/Niveles	B1	B2	B3
A1	A1 B1	A1 B2	A1 B3
A2	A2 B1	A2 B2	A2 B3
A3	A3 B1	A3 B2	A3 B3

La tabla 3 a continuación muestra las combinaciones experimentales que conforman 9 tratamientos por cada réplica. El diseño experimental contempla la ejecución de 3 réplicas, resultando en un total de 27 ensayos experimentales.

Tabla 3

Descripción de los tratamientos.

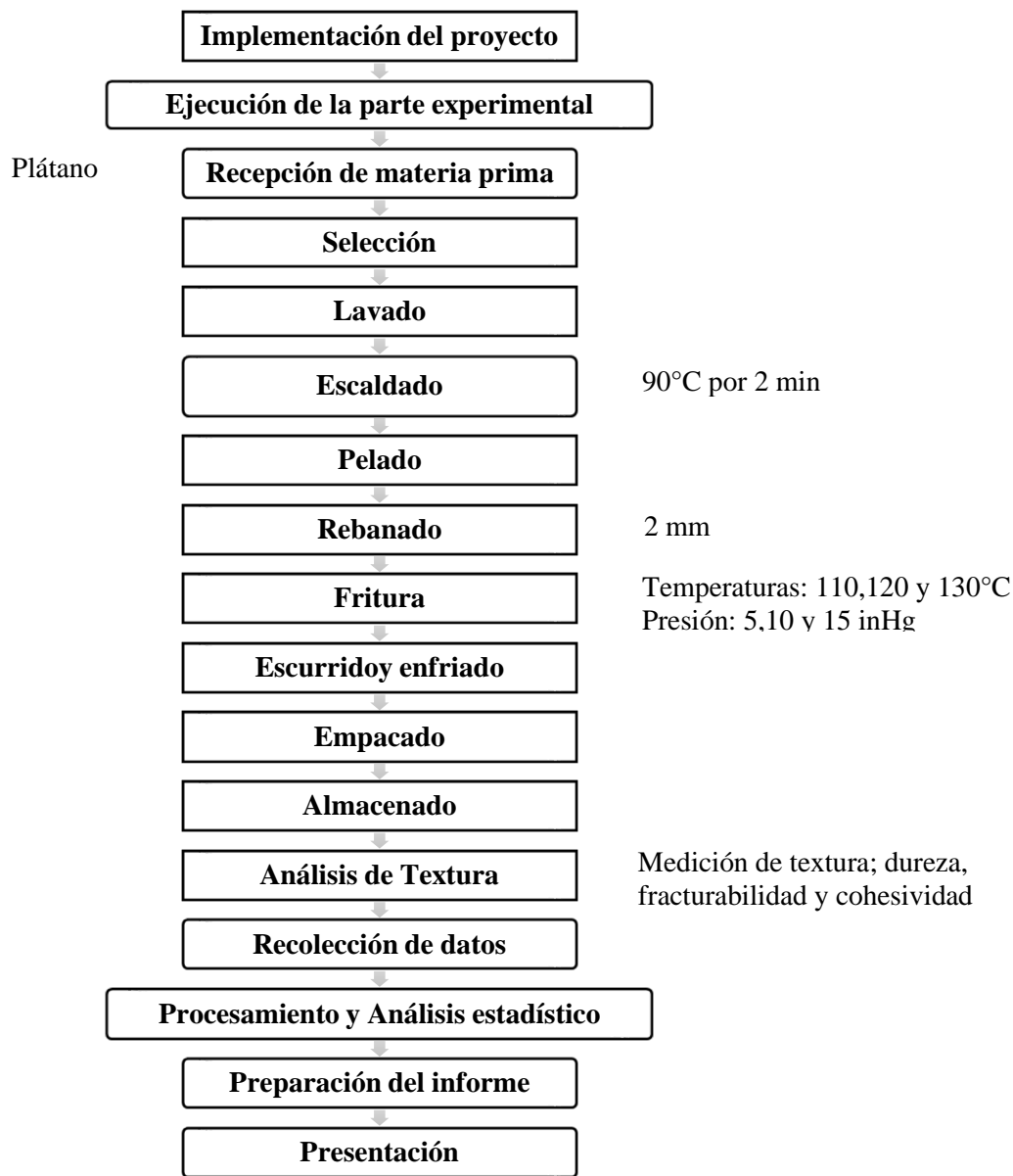
Tratamientos	Códigos	Descripción
Tr1	A1 B1	5 inHg y 110°C
Tr2	A1 B2	5 inHg y 120°C
Tr3	A1 B3	5 inHg y 130°C
Tr4	A2 B1	10 inHg y 110°C
Tr5	A2 B2	10 inHg y 120°C
Tr6	A2 B3	10 inHg y 130°C
Tr7	A3 B1	15 inHg y 110°C
Tr8	A3 B2	15 inHg y 120°C
Tr9	A3 B3	15 inHg y 130°C

3.3.3. Procedimientos

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

Figura 3

Diagrama de flujo de procedimiento de la investigación.



a. Descripción del procedimiento

Se llevaron a cabo las pruebas, siguiendo una metodología adaptada de Pérez (2015).

Recepción de Materia prima

Se utilizaron 5 kilogramos de frutos de plátano (*Musa paradisiaca* L.), variedad Palillo, en estado de madurez fisiológica (color verde), obtenidos de la Cooperativa Agraria Divino Niño Jesús, ubicada en la provincia de Jaén, región Cajamarca. Los frutos presentaban una longitud promedio de 22 cm, un diámetro de 3 a 5 cm y un peso promedio de 230 g (Ver Anexos, Figura 6).

Selección y Clasificación

La selección implica la exclusión de los plátanos dañados, magullados o que mostraran signos de deterioro en el lote; la clasificación se llevó a cabo considerando el diámetro de los plátanos, recomendando un rango promedio de 3 a 5 cm, así como su estado de madurez (Ver Anexos, Figura 7).

Lavado – Desinfectado

Con el propósito de reducir la carga microbiana y eliminar impurezas como tierra, paja o polvo adherido a la superficie de la materia prima, se utilizó una solución de hipoclorito de sodio al 0,05%. Según las recomendaciones de higiene y desinfección en productos hortofrutícolas, esta concentración equivale a 50 ppm de cloro, lo que permite una desinfección adecuada sin afectar las características del producto (FAO, 2021). Para su preparación, se diluyó 1 ml de hipoclorito de sodio en 1 litro de agua, asegurando un tratamiento eficiente y seguro para el consumo (FAO, 2021) (Ver Anexos, Figura 8).

Escaldado

La materia prima se sometió a un escaldado a 90 °C durante 2 minutos con el objetivo de inactivar las enzimas responsables del pardeamiento enzimático y facilitar el desprendimiento de la cáscara de la pulpa. Este tratamiento térmico es eficaz para desactivar la polifenoloxidasas, enzima que cataliza la oxidación de compuestos fenólicos, generando el oscurecimiento en frutas y hortalizas (Burga, 2021). Además, el escaldado a temperaturas entre 70 °C y 100 °C no solo reduce la actividad enzimática, sino que también mejora la textura y el color del producto final (Tito, y Turpo, 2022) (Ver Anexos, Figura 9).

Pelado

La separación de la cáscara del plátano se realizó manualmente utilizando cuchillos de acero inoxidable para evitar la contaminación y la oxidación del fruto; el procedimiento comenzó con el corte de las puntas del plátano, seguido de uno o dos cortes longitudinales a lo largo del fruto, asegurando no dañar la pulpa; finalmente, la cáscara fue retirada manualmente; este método es recomendado para preservar la integridad del plátano y minimizar las pérdidas durante el proceso de pelado (Triveño y Guzmán, 2023) (Ver Anexos, Figura 10).

Rodajeado o rebanado

Los plátanos se cortaron en rodajas utilizando una cortadora de mandolina, ajustando las cuchillas para obtener un grosor uniforme de 2 mm; este espesor es ideal para preparar chips de plátano crujientes, ya que permite una fritura rápida y uniforme (Directo al Paladar, s.f.) (Ver Anexos, Figura 11).

Fritado

El proceso de fritura se llevó a cabo en una freidora de alimentos adaptada a partir de una autoclave, equipada con una resistencia en la base, un termostato para el control automático de la temperatura, un vacuómetro para regular la presión del sistema, un condensador de vapores compuesto por un serpentín conectado a un sifón de cobre y una bomba para generar el vacío; las condiciones de temperatura y presión se mantuvieron según los tratamientos previamente detallados; en cada réplica, se utilizaron 100 g de materia prima; se empleó aceite 100% vegetal de soja de la marca "NorCheff", adquirido en una tienda mayorista en la ciudad de Cajamarca; las rodajas de plátano se frieron durante 10 minutos para obtener una textura crujiente. La fritura al vacío permite reducir la temperatura de ebullición del agua en los alimentos, lo que minimiza la degradación del aceite y preserva mejor las características sensoriales del producto (Yepez, 2024). El aceite de soja es comúnmente utilizado en frituras debido a su disponibilidad y costo; Sin embargo, su alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados puede hacerlo menos estable a altas temperaturas en comparación con otros aceites (Duque, 2024) (Ver Anexos, Figura 12, 13 y 14).

Enfriado

Después de la fritura, las rodajas de plátano se colocan sobre papel absorbente para eliminar el exceso de aceite y permitir su enfriamiento. Este método es eficaz para reducir la cantidad de grasa superficial en los alimentos fritos, mejorando su textura y haciendo más saludables (La Vanguardia, 2023). Es importante realizar este proceso de manera rápida para evitar que las rodajas pierdan su característica crujiente (Coosur, 2019) (Ver Anexos, Figura 15).

Envasado y Sellado

Las rodajas de plátano, una vez enfriadas, se empaquetaron en bolsas de polietileno de alta densidad (HDPE) previamente codificadas según el tipo de tratamiento aplicado y se sellaron herméticamente. El uso de bolsas de HDPE es común en el envasado de chips de plátano debido a su capacidad para preservar la frescura y textura crujiente del producto, protegiéndolo de la humedad y contaminantes externos, además, este tipo de empaque contribuye a prolongar la vida útil del producto al minimizar la exposición al aire y la luz, factores que pueden acelerar la rancidez y deterioro de los alimentos fritos (Basilio, 2015) (Ver Anexos, Figura 16).

Almacenamiento

Los snacks de plátano se almacenaron en un ambiente limpio, seco y bien ventilado, manteniendo una temperatura controlada entre 20 y 25 °C y una humedad relativa del 50 al 60%; estas condiciones son recomendadas para preservar la textura crujiente y prevenir el deterioro del producto; además, es fundamental evitar la exposición directa a la luz solar (Romero et al., 2024).

3.3.4. Evaluaciones

La evaluación instrumental de la textura de los snacks de plátano se llevó a cabo con el Texturómetro BROOKFIELD y se obtuvieron los parámetros de textura (Dureza, Fracturabilidad y Cohesividad) mediante el software TEXTURE PRO-VERSIÓN 2.

La muestra se colocó en la plataforma de prueba del analizador de textura, distribuida uniformemente sobre el área de contacto. El modo de evaluación se configuró en el software del medidor de textura para un TPA, ajustando la velocidad de compresión a 1.70 mm/s y la profundidad máxima de la prueba a 1mm, esto de acuerdo con las características específicas del snack y los objetivos del análisis.

El medidor de textura aplicó presión al snack y se registró la fuerza aplicada en relación con la distancia recorrida. Posteriormente el software generó una curva de textura que mostró cómo variaba la fuerza a medida que el snack se comprimía. Los parámetros comunes analizados incluyeron dureza, fracturabilidad y cohesividad. Estos datos posteriormente se procesaron en el programa Minitab 21 a fin de realizar el análisis estadístico, posteriormente las diferencias significativas que se encontraron se evaluaron mediante análisis de varianza seguido de la prueba de comparaciones múltiples de Tukey con un nivel de confianza del 95% (Ver Anexos, Figura 17).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis para la Dureza (N)

La tabla 8 presentada, muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) realizado para la dureza del snack de plátano palillo frito al vacío. Los resultados demuestran que el efecto principal de la presión de vacío no es estadísticamente significativo (p -valor = 0.8749), lo que indica que las variaciones en la presión aplicada durante la fritura no generan cambios significativos en la dureza del snack. Esto demuestra que, en las condiciones evaluadas, la presión de vacío no tiene un impacto directo sobre la resistencia mecánica del producto.

Por otro lado, el efecto principal de la temperatura de fritura es significativo (p -valor = 0.0008), lo que evidencia que las diferencias en la temperatura aplicada modifican significativamente la dureza del snack. Esto confirma que la temperatura de fritura influye en la firmeza del producto final, afectando su estructura y resistencia a la compresión.

La interacción entre la presión de vacío y la temperatura de fritura es estadísticamente significativa (p -valor = 0.0005), lo que demuestra que el efecto de la temperatura sobre la dureza varía en función de la presión aplicada. Esto indica que la combinación de ambos factores es determinante para la textura del snack, indicando optimizar los niveles de presión y temperatura para lograr las propiedades mecánicas deseadas en el producto final.

El coeficiente de variación (CV) es de 10.84 %, el cual indica una variabilidad moderada en los resultados de dureza en las diferentes muestras de snack analizadas dentro de cada tratamiento. Además, indica que el diseño empleado en el experimento presentó un buen control sobre la variabilidad de la dureza.

Tabla 4

Análisis de varianza para la Dureza del snack de plátano palillo (Musa paradisiaca L.) frito al vacío.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Presión de vacío (P)	2.044	2	1.022	0.1346	0.8749
Temperatura (T)	163.693	2	81.8465	10.7807	0.0008
P*T	258.2566	4	64.5642	8.5043	0.0005
Error	136.6554	18	7.5920		
Total	560.649	26			

CV = 10.84 %

La tabla 5, muestra los resultados de la prueba de Tukey para la dureza del snack de plátano palillo muestran que el tratamiento con 5 inHg de presión de vacío a 110 °C presentó el menor valor de dureza (18.2833 N), ubicándose en el grupo A. Este resultado indica que esta combinación de presión y temperatura favorece una textura más blanda y menos resistente a la deformación. De manera similar, el tratamiento con 15 inHg a 110 °C (20.4700 N) se encuentra en el grupo AB, sin diferencias significativas con el tratamiento anterior, pero sí con aquellos que presentan una dureza mayor.

A medida que la presión de vacío y la temperatura de fritura aumentan, la dureza del snack también incrementa progresivamente. Los tratamientos con 10 inHg a 120 °C (22.1600 N) y 15 inHg a 130 °C (26.0533 N) reflejan un aumento moderado en la dureza, ubicándose en los grupos ABC y ABCD, respectivamente. De manera similar, los tratamientos con 5 inHg a 130 °C (26.5400 N), 10 inHg a 110 °C (27.1167 N) y 10 inHg a 130 °C (28.1233 N) presentan valores intermedios de dureza, clasificándose dentro del subconjunto BCD.

El tratamiento con 15 inHg a 120 °C registra una dureza de 29.4767 N y se sitúa en el grupo CD, mientras que el mayor valor de dureza se observa en el tratamiento con 5 inHg a 120 °C (30.6133 N), ubicándose en el grupo D. Esto indica que esta combinación genera un

snack con mayor resistencia a la deformación, lo que podría influir en la percepción sensorial del producto.

Los resultados evidencian que las combinaciones con bajas presiones de vacío (5 inHg) y temperaturas bajas (110 °C) favorecen la obtención de un producto más blando, mientras que el incremento progresivo de la presión y la temperatura contribuye al aumento de la dureza. La mayor dureza se observa en la combinación de 5 inHg y 120 °C, lo que indica una textura más compacta y resistente a la compresión, característica que podría ser determinante en la aceptación del producto por parte del consumidor.

Tabla 5

Prueba de Tukey para la Dureza del snack de plátano palillo (Musa paradisiaca L.) frito al vacío.

Presión de vacío (inHg)	Temperatura (°C)	Dureza (N)	Desviación estándar	Agrupación
5	110	18.2833	2.14	A
15	110	20.4700	1.80	AB
10	120	22.1600	1.90	ABC
15	130	26.0533	2.06	ABCD
5	130	26.5400	1.53	BCD
10	110	27.1167	2.66	BCD
10	130	28.1233	2.38	BCD
15	120	29.4767	5.83	CD
5	120	30.6133	1.88	D

La Figura 3, muestra la variación de la dureza del snack de plátano palillo en función de la presión de vacío y la temperatura de fritura. En la presión de vacío de 5 inHg, la dureza aumenta con el incremento de la temperatura hasta los 120°C, pasando de 18.28 N a 30.61 N. Sin embargo, a 130°C, la dureza disminuye a 26.54 N. Este comportamiento indica que una temperatura intermedia favorece una mayor compactación y firmeza del snack, mientras que

temperaturas más bajas generan una textura más blanda y temperaturas más altas reducen la dureza.

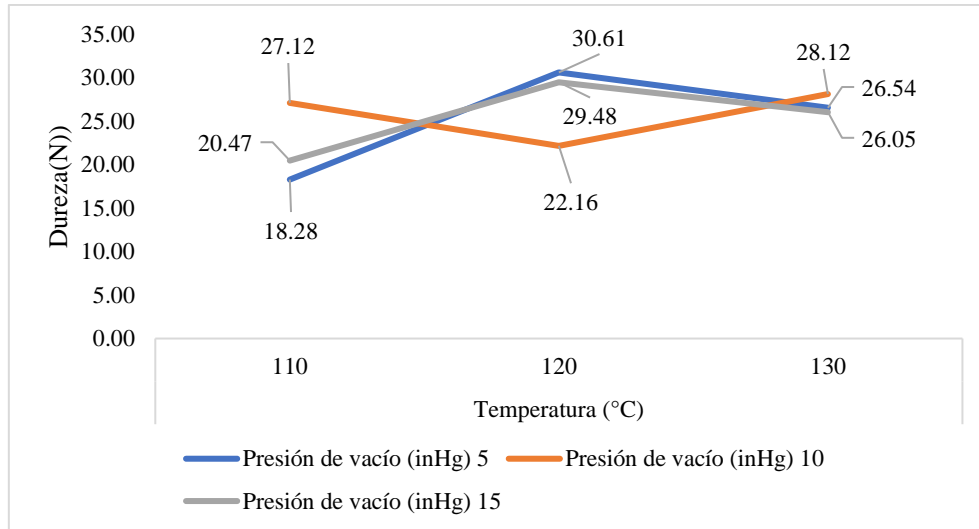
En la presión de vacío de 10 inHg, la dureza presenta un comportamiento más variable. A 110°C, se obtiene un valor de 27.12 N, el cual disminuye a 22.16 N a 120°C y luego se incrementa a 28.12 N a 130°C. Este comportamiento refleja que, en condiciones de presión intermedia, la dureza del snack no sigue una tendencia lineal con la temperatura, lo que indica que la combinación de estos factores influye en la estructura del producto.

En la presión de vacío de 15 inHg, la dureza sigue un patrón similar al observado en la presión más baja (5 inHg). A 110°C, se registra un valor de 20.47 N, el cual aumenta a 29.48 N a 120°C y disminuye nuevamente a 26.05 N a 130°C. Este comportamiento confirma que la temperatura de fritura intermedia (120°C) favorece una mayor dureza en el snack, mientras que temperaturas más altas o bajas generan una textura menos firme.

La interacción entre la presión de vacío y la temperatura de fritura influye en la dureza del snack de manera diferenciada. En presiones bajas (5 inHg) y altas (15 inHg), la dureza alcanza su máximo a 120°C, mientras que en presiones intermedias (10 inHg) presenta variaciones, disminuyendo a 120°C y aumentando nuevamente a 130°C. Estos resultados establecen que la combinación de presión de vacío y temperatura de fritura modifica la firmeza del snack, lo que permite ajustar el proceso para obtener una textura más adecuada según los requerimientos de calidad y las preferencias del consumidor.

Figura 4

Efecto de la interacción entre la presión de vacío (inHg) y la temperatura de fritura (°C) en la Dureza del snack de plátano palillo (*Musa paradisiaca* L.) frito al vacío.



Los resultados obtenidos están alineados con la literatura previa, resaltando la importancia de optimizar la temperatura y la presión de vacío en la fritura de frutas y vegetales. La comparación con estudios anteriores refuerza la validez de la presente investigación y enfatiza que la dureza del producto no solo depende de las condiciones del proceso, sino también de las características iniciales de la materia prima, como su composición química y grado de madurez del plátano palillo.

En el presente estudio, se encontró que la dureza del snack de plátano palillo, con valores entre 4,80 y 44,95 N, mostró una interacción significativa entre la presión de vacío y la temperatura de fritura ($p < 0.05$). Se observará que la dureza aumenta con la temperatura hasta un máximo de 120 °C, disminuyendo posteriormente a 130 °C. Este comportamiento ha sido reportado en otros estudios sobre fritura al vacío, donde el endurecimiento inicial se debe a la pérdida progresiva de humedad, seguido de una disminución de la dureza por el | (Zhang et al., 2023).

El efecto de la temperatura y la presión de vacío en la dureza del snack de plátano palillo es fundamental en la transferencia de calor y masa, así como en las propiedades estructurales y composicionales del producto. Las temperaturas intermedias (120 °C) favorecieron un snack más compacto y firme, mientras que las temperaturas menores resultaron en una textura más blanda. Estudios previos han indicado que la textura de los productos fritos puede optimizarse controlando el equilibrio entre la pérdida de agua y la formación de la fase crujiente (Singh et al., 2022).

En concordancia con estos resultados, Wichaphon et al. (2023) observaron una reducción en la dureza del plátano frito al vacío al aumentar la temperatura de 100 a 120 °C durante 10 minutos. Un incremento en la temperatura acelera la deshidratación del snack, formando una estructura más rígida; sin embargo, las temperaturas muy elevadas pueden degradar los componentes estructurales y ablandar el producto. Este fenómeno resalta la importancia de controlar cuidadosamente la temperatura de fritura para mantener la calidad deseada.

Asimismo, los hallazgos coinciden con los de Ayustaningwarno et al. (2020), quienes observaron un aumento en la dureza de los chips de mango fritos al vacío al aumentar la temperatura. La interacción entre temperatura y presión de vacío en la dureza del snack se explica por su efecto combinado en la transferencia de calor y masa. A temperaturas más altas, una baja presión de vacío permite una deshidratación suave y uniforme, evitando un endurecimiento excesivo; por otro lado, a presiones más altas se requieren temperaturas menores para prevenir un secado excesivo y mantener una textura adecuada.

Por otro lado, Trejo et al. (2019) encontraron diferencias en el impacto de la presión de vacío sobre la dureza de chips de papa. En su estudio, una reducción de la presión de vacío redujo el punto de ebullición del agua, permitiendo una deshidratación más suave. Una presión de vacío adecuada evita la formación de una corteza dura en la superficie del snack, conservando un interior húmedo y tierno.

Finalmente, estudios previos como los de Acosta et al. (2020) y Martínez et al. (2022) en frituras al vacío de mango y plátano verde, respectivamente, han demostrado que la interacción entre temperatura y presión de vacío afecta la cinética de evaporación del agua, la gelatinización del almidón, la desnaturalización de proteínas y la degradación de componentes, influyendo en la textura final del producto.

4.2. Análisis para la Fracturabilidad (N)

La tabla 6 presentada, muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) realizado para la fracturabilidad del snack de plátano palillo, cuyos resultados muestran que el efecto principal de la presión de vacío no es significativo (p -valor = 0.2864), lo que indica que las variaciones en la presión aplicada durante la fritura no generan diferencias significativas en la fracturabilidad del snack. Por otro lado, el efecto principal de la temperatura de fritura es significativo (p -valor = 0.0001), lo que evidencia que las diferencias en la temperatura aplicada modifican sustancialmente la fracturabilidad del snack. Este resultado confirma que el nivel de temperatura utilizado en la fritura influye directamente en la textura del producto.

La interacción entre la presión de vacío y la temperatura de fritura es estadísticamente significativa, dado que el valor de significación (p -valor = 0.0001) es menor al 0.05, lo que demuestra que el efecto de la temperatura sobre la fracturabilidad varía en función de la presión aplicada. Esto indica que la combinación de ambos factores es determinante e influye en la textura del snack.

El coeficiente de variación (CV) es de 10.95 %, el cual indica una variabilidad moderada en los resultados de fracturabilidad en las diferentes muestras de snack analizadas dentro de cada tratamiento. Además, indica que el diseño empleado en el experimento presentó un buen control sobre la variabilidad de la fracturabilidad.

Tabla 6

Análisis de varianza para la Fracturabilidad del snack de plátano palillo (Musa paradisiaca L.) frito al vacío.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Presión de vacío (P)	17.9736	2	8.9868	1.3415	0.2864
Temperatura (T)	358.7775	2	179.3887	26.7779	<0.0001
P*T	328.3082	4	82.077	12.2519	0.0001
Error	120.5844	18	6.6991		
Total	825.6437	26			

CV = 10.95 %

La tabla 7, presenta los resultados de la prueba de Tukey para la fracturabilidad del snack de plátano palillo muestran que los valores más bajos de resistencia a la fractura se obtienen en los tratamientos con 5 inHg a 110 °C (16.4700 N) y 15 inHg a 130 °C (18.3233 N), ambos ubicados en el grupo A. Esto indica que estas condiciones favorecen un producto más frágil y menos resistente a la fractura.

A medida que la presión de vacío y la temperatura de fritura aumentan, la fracturabilidad del snack también incrementa progresivamente. Los tratamientos con 5 inHg a 130 °C (20.3167 N) y 15 inHg a 110 °C (20.5500 N) se encuentran en el grupo AB, lo que implica que mantienen una textura menos resistente, aunque con diferencias significativas respecto a los tratamientos con menor fracturabilidad.

Los valores intermedios de fracturabilidad corresponden a los tratamientos con 10 inHg a 130 °C (23.2567 N) y 10 inHg a 120 °C (23.6267 N), ubicándose en el grupo ABC. Por otro lado, el tratamiento con 10 inHg a 110 °C (27.4633 N) muestra un aumento considerable en la resistencia a la fractura, clasificándose en el grupo BCD.

El mayor valor de fracturabilidad se registra en el tratamiento con 5 inHg a 120 °C (32.2800 N), ubicándose en el grupo D. Este resultado indica que esta combinación de presión y temperatura genera un snack con mayor resistencia antes de fracturarse.

En general, los resultados muestran que menores presiones de vacío (5 inHg y 15 inHg) combinadas con temperaturas bajas (110 °C y 130 °C) favorecen una menor fracturabilidad, mientras que presiones intermedias (10 inHg) y temperaturas moderadas (120 °C) aumentan la resistencia del producto a la fractura. La mayor fracturabilidad se observa en la combinación de 5 inHg y 120 °C, lo que sugiere un producto más compacto y resistente.

Tabla 7

Prueba de Tukey para la Fracturabilidad del snack de plátano palillo (Musa paradisiaca L.) frito al vacío.

Presión de vacío (inHg)	Temperatura (°C)	Fracturabilidad (N)	Desviación estándar	Agrupación
5	110	16.4700	2.460	A
15	130	18.3233	2.363	A
5	130	20.3167	2.045	AB
15	110	20.5500	1.545	AB
10	130	23.2567	2.942	ABC
10	120	23.6267	4.269	ABC
10	110	27.4633	2.413	BCD
15	120	30.3733	1.778	CD
5	120	32.2800	2.495	D

La Figura 4, muestra los resultados de la fracturabilidad del snack de plátano palillo en función de la presión de vacío y la temperatura de fritura. En la presión de vacío de 5 inHg, la fracturabilidad aumenta significativamente al elevar la temperatura de fritura de 110°C a 120°C, pasando de 16.47 N a 32.28 N. Sin embargo, a 130°C, la fracturabilidad disminuye a 20.32 N. Este comportamiento indica que una temperatura intermedia (120°C) favorece una mayor resistencia del snack a la fractura, mientras que temperaturas más bajas o altas reducen esta propiedad.

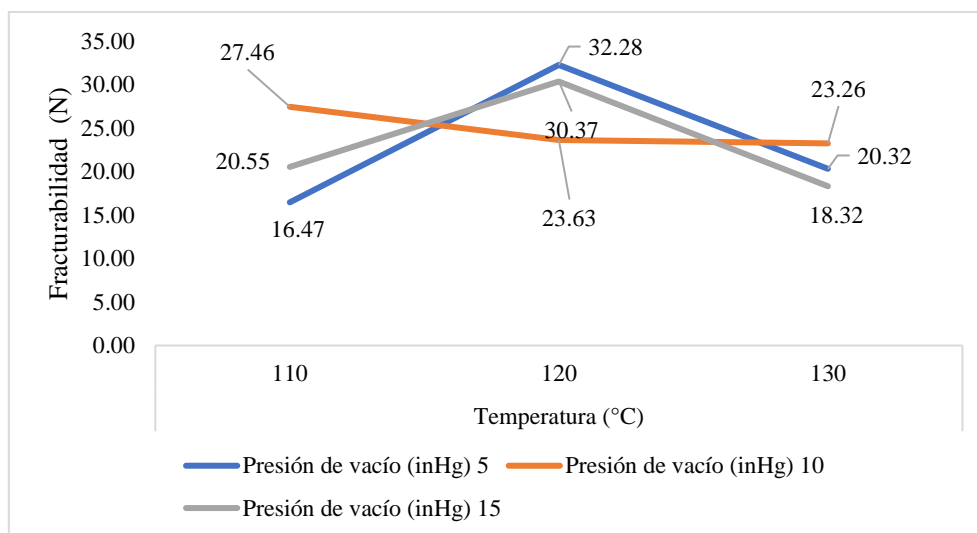
En la presión de vacío de 10 inHg, la fracturabilidad presenta un comportamiento más estable. A 110°C, se registra un valor de 27.46 N, disminuyendo ligeramente a 23.63 N a 120°C y manteniéndose en 23.26 N a 130°C. Este comportamiento indica que, en condiciones de presión intermedia, la fracturabilidad del snack se mantiene relativamente constante con el incremento de la temperatura.

En la presión de vacío de 15 inHg, la fracturabilidad también experimenta variaciones con la temperatura. A 110°C, el valor es de 20.55 N, aumentando significativamente a 30.37 N a 120°C, pero disminuyendo nuevamente a 18.32 N a 130°C. Este comportamiento es similar al observado en la presión más baja (5 inHg), donde la temperatura intermedia favorece una mayor resistencia a la fractura, pero temperaturas más altas reducen esta propiedad.

La interacción entre la presión de vacío y la temperatura de fritura afecta de manera diferenciada la fracturabilidad del snack. En presiones bajas (5 inHg) y altas (15 inHg), la fracturabilidad alcanza su máximo a 120°C, mientras que en presiones intermedias (10 inHg) se mantiene relativamente estable. Estos resultados establecen que la combinación de presión de vacío y temperatura de fritura influyen modificando la resistencia del snack a la fractura, lo que permite ajustar el proceso para obtener una textura más adecuada según los requerimientos de calidad y las preferencias del consumidor.

Figura 5

Efecto de la interacción entre la presión de vacío (inHg) y la temperatura de fritura (°C) en la Fracturabilidad del snack de plátano palillo (Musa paradisiaca L.) frito al vacío.



La estabilidad es un parámetro clave en la textura del snack de plátano palillo fractura, ya que representa su dureza inicial y crocancia, características directamente relacionadas con la aceptabilidad sensorial. Su optimización, junto con otros atributos texturales, es fundamental para obtener un producto de calidad. Este parámetro está influenciado tanto por las condiciones del proceso como por las propiedades iniciales de la materia prima, incluyendo su composición química, grado de madurez y estructura celular.

Los resultados obtenidos en este estudio revelaron valores de fracturabilidad entre 4.80 y 44.95 N, alineándose con rangos de dureza reportados en investigaciones previas. La fracturabilidad está estrechamente vinculada con la dureza y cohesividad del producto; una mayor dureza combinada con una baja cohesividad resulta en un incremento de la fracturabilidad del snack.

El análisis estadístico indicó que la presión de vacío no tuvo un efecto significativo sobre la fracturabilidad ($p = 0.2864$), mientras que la temperatura de fritura sí presentó un impacto relevante ($p < 0.05$). Esto concuerda con estudios previos que señalan que la fracturabilidad de los alimentos fritos depende en gran medida de la temperatura de procesamiento, debido a su influencia en la deshidratación y la formación de una estructura más rígida (Moreira et al., 2020).

Alineados con estos hallazgos, Wichaphon et al. (2023) y Ayustaningwarno et al. (2020) reportaron que el aumento de la temperatura de fritura al vacío incrementa la dureza y fracturabilidad del producto. Este efecto se debe a una mayor evaporación del agua, lo que promueve la formación de una estructura más rígida. Sin embargo, temperaturas excesivamente altas pueden degradar la estructura celular, disminuyendo la fracturabilidad.

Los valores más bajos de fracturabilidad se registraron en combinaciones de baja temperatura (110 °C) y baja presión (5 inHg), lo que sugiere una menor rigidez estructural del snack. En contraste, las temperaturas intermedias (120 °C) incrementaron la fracturabilidad, mientras que a 130 °C esta disminuyó nuevamente, posiblemente debido a la degradación de la estructura celular a temperaturas elevadas, reduciendo la resistencia mecánica del producto (Fizman & Salvador, 2021).

Desde una perspectiva científica, la interacción entre temperatura y presión de vacío afecta la transferencia de calor y masa, impactando directamente en la evaporación del agua, la gelatinización del almidón y la desnaturalización de proteínas. Esto influye en la textura final del snack, determinando su dureza, cohesividad y fracturabilidad. Finalmente, aunque los resultados concuerdan con la literatura previa sobre la textura de productos fritos al vacío, los valores específicos de fracturabilidad pueden variar en función de la materia prima utilizada. Factores como la composición química, el grado de madurez y las propiedades estructurales iniciales del plátano palillo juegan un papel clave en la textura del producto final.

Durante la fritura, el snack de plátano se somete a procesos simultáneos de transferencia de calor y masa que provocan la evaporación del agua presente en el tejido vegetal y favorecen la formación de una estructura porosa; a medida que se incrementa la temperatura del aceite, la pérdida de humedad se intensifica y el almidón del plátano se gelatiniza, lo que contribuye al desarrollo de una matriz más firme y crujiente; estas transformaciones estructurales repercuten directamente en las propiedades texturales del producto, particularmente en la dureza y la fracturabilidad, ya que un mayor nivel de deshidratación origina una estructura más frágil y propensa a fracturarse cuando se aplica fuerza (Rodríguez, 2023).

En la fritura al vacío, la reducción de la presión disminuye el punto de ebullición del agua, lo que permite que su evaporación se produzca a temperaturas inferiores a las empleadas en la fritura convencional; esta condición favorece la formación de una estructura porosa en el snack y, en consecuencia, modifica sus propiedades texturales; además la presión y las condiciones de fritura influyen de manera significativa en parámetros como la dureza, la fracturabilidad y la cohesividad, los cuales se evalúan mediante el análisis de perfil de textura utilizando texturómetros (García, 2024).

En el análisis de textura, la fracturabilidad generalmente es igual o menor que la dureza, ya que indica el punto en el que el alimento se rompe al aplicar fuerza; sin embargo, puede ser mayor cuando el producto presenta una estructura muy porosa y frágil, lo que provoca una fractura temprana durante la compresión, fenómeno observado en algunos snacks de plátano debido a cambios en las condiciones de procesamiento (Medina, 2024).

4.3. Análisis para la cohesividad

La Tabla 8, muestra los resultados del análisis de varianza (ANOVA) realizado para la cohesividad del snack de plátano palillo frito al vacío, considerando la presión de vacío y la temperatura de fritura. El efecto principal de la presión de vacío es estadísticamente significativo, dado que el valor de significación (p-valor = 0.0001) es menor al 0.05, lo que indica que las diferencias en la presión aplicada durante la fritura modifican de manera significativa la cohesividad del snack. Esto demuestra que la presión influye directamente en la estructura interna del producto, afectando su resistencia a la deformación y su capacidad de mantener su forma tras ser comprimido. De manera similar, el efecto principal de la temperatura de fritura también es significativo dado que el valor de significación (p-valor = 0.0021) es menor al 0.05, lo que evidencia que las diferencias en la temperatura aplicada generan cambios en la cohesividad del snack. Esto confirma que el calentamiento durante la fritura afecta la textura del producto.

La interacción entre la presión de vacío y la temperatura de fritura es estadísticamente significativa (p-valor = 0.0001), lo que demuestra que el efecto de la presión sobre la cohesividad varía en función de la temperatura utilizada. Este resultado indica que la cohesividad del producto final no depende únicamente de cada factor por separado, sino de la combinación específica de ambos factores.

El coeficiente de variación (CV) es de 6.78 %, el cual indica una variabilidad moderada en los resultados de cohesividad en las diferentes muestras de snack analizadas dentro de cada tratamiento. Además, indica que el diseño empleado en el experimento presentó un buen control sobre la variabilidad de la cohesividad.

Tabla 8

Análisis de varianza para la cohesividad del snack de plátano palillo (Musa paradisiaca L.) frito al vacío.

Fuentes de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F Calculado	p-valor
Presión de vacío (P)	0.2108	2	0.1054	40.7053	<0.0001
Temperatura (T)	0.046	2	0.023	8.8813	0.0021
P*T	0.2113	4	0.0528	20.4092	<0.0001
Error	0.0466	18	0.003		
Total	0.5147	26			

CV = 6.78 %

La tabla 9, muestra los resultados de la prueba de Tukey evidencian que los valores más altos de cohesividad en el snack de plátano palillo se registran en los tratamientos con 5 inHg de presión de vacío combinados con temperaturas de 110 °C y 120 °C, alcanzando valores de 0.8967 y 0.8800, respectivamente. Estos tratamientos se agrupan en la categoría estadística A, junto con el tratamiento de 10 inHg a 110 °C (0.8633), lo que indica que estas combinaciones favorecen una mayor cohesión en la estructura del producto.

A medida que la presión de vacío aumenta y la temperatura de fritura varía, la cohesividad disminuye progresivamente. El tratamiento con 5 inHg y 130 °C (0.8467) aún se mantiene en el grupo AB, sin diferencias significativas con los mejores tratamientos, pero diferenciándose de aquellos con menor cohesividad. De manera similar, el tratamiento con 15 inHg y 120 °C (0.8000) se sitúa en el grupo ABC, mostrando una tendencia a la reducción de la cohesividad.

Los valores más bajos de cohesividad se observan en los tratamientos con 15 inHg a 130 °C y 10 inHg a 120 °C, con valores de 0.5667 y 0.5267, respectivamente, ubicándose en el grupo D. Estos resultados confirman que las condiciones óptimas para preservar la cohesión del producto se alcanzan con bajas presiones de vacío (5 inHg) combinadas con temperaturas

de fritura moderadas (110-120 °C), mientras que el incremento de la presión y el aumento de la temperatura aceleran la reducción de la cohesividad en la textura del snack.

Tabla 9

Prueba de Tukey para la cohesividad del snack de plátano palillo (Musa paradisiaca L.) frito al vacío.

Presión de vacío (inHg)	Temperatura (°C)	Cohesividad	Desviación estándar	Agrupación
5	110	0.8967	0.012	A
5	120	0.8800	0.020	A
10	110	0.8633	0.051	A
5	130	0.8467	0.058	AB
15	120	0.8000	0.040	ABC
10	130	0.7133	0.031	BC
15	110	0.6600	0.072	CD
15	130	0.5667	0.081	D
10	120	0.5267	0.050	D

La Figura 5, muestra la variación de la cohesividad del snack de plátano palillo en función de la presión de vacío y la temperatura de fritura. En la presión de vacío de 5 inHg, la cohesividad disminuye levemente a medida que la temperatura de fritura se incrementa. A 110°C, se obtiene el mayor valor (0.90), el cual se reduce a 0.88 a 120°C y a 0.85 a 130°C. Este comportamiento indica que temperaturas más altas tienden a afectar la integridad de la estructura interna del snack, reduciendo su capacidad de mantener su cohesión.

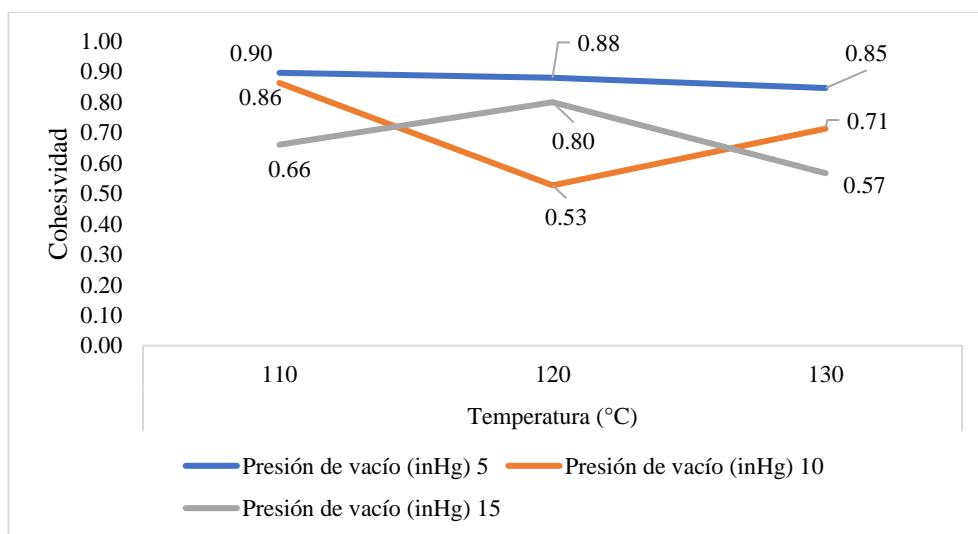
En la presión de vacío de 10 inHg, la cohesividad presenta una variación más marcada en función de la temperatura. A 110°C, se registra un valor de 0.86, pero a 120°C la cohesividad disminuye abruptamente a 0.53, posteriormente, a 130°C la cohesividad aumenta nuevamente hasta 0.71. Este comportamiento indica que, en condiciones de presión intermedia, la cohesividad es más susceptible a los cambios de temperatura.

En la presión de vacío de 15 inHg, la cohesividad sigue una tendencia fluctuante. A 110°C, se obtiene un valor de 0.66, el cual aumenta a 0.80 a 120°C y luego disminuye a 0.57 a 130°C. Este comportamiento indica que, a presiones más altas, la temperatura de fritura juega un papel determinante en la estabilidad estructural del snack, favoreciendo inicialmente una mayor cohesión a 120°C, pero reduciendo esta propiedad a temperaturas más elevadas.

La interacción entre la presión de vacío y la temperatura de fritura influye de manera diferenciada en la cohesividad del snack. Mientras que en presiones bajas (5 inHg) la cohesividad disminuye de forma progresiva con el aumento de la temperatura, en presiones intermedias (10 inHg) se observa una reducción abrupta seguida de una recuperación parcial. En el caso de la mayor presión (15 inHg), la cohesividad alcanza su máximo a 120°C, pero luego disminuye nuevamente a 130°C. Estos resultados establecen que la combinación de presión de vacío y temperatura de fritura modifica la estructura del snack, permitiendo ajustar el proceso para optimizar su textura y adaptarla a los requerimientos de calidad.

Figura 6

Efecto de la interacción entre la presión de vacío (inHg) y la temperatura de fritura (°C) en la cohesividad del snack de plátano palillo (Musa paradisiaca L.) frito al vacío.



La cohesividad es un atributo clave en la textura de los productos fritos, ya que define la capacidad de un material para deformarse antes de romperse. Los valores encontrados en el snack de plátano palillo (0.007 - 0.897) se alinean con los rangos típicos reportados en la literatura, donde los valores cercanos a 1 indican una alta cohesividad. Este parámetro está influenciado por la estructura y composición del producto, así como por los procesos involucrados en la fritura al vacío.

El control de la temperatura y la presión de vacío es fundamental para optimizar la cohesividad del snack. Temperaturas elevadas provocan una rápida deshidratación, reduciendo la cohesividad debido a la degradación de almidón y proteínas, lo que afecta la unión entre los componentes estructurales del producto. Por otro lado, una presión de vacío adecuada permite una deshidratación uniforme, evitando una corteza excesivamente dura y favoreciendo una mejor cohesividad del snack.

Estos efectos han sido reportados en estudios previos sobre productos fritos al vacío. Ayustaningwarno et al. (2020) observaron resultados similares en chips de mango, destacando que la reducción de la presión de vacío disminuye el punto de ebullición del agua, facilitando su evaporación. De manera similar, investigaciones en plátano verde y mango sugieren que la interacción entre temperatura y presión afecta la transferencia de calor y masa, impactando la cohesividad final del producto.

Los hallazgos del presente estudio coinciden con estas observaciones. Se encontró que temperaturas moderadas (110-120 °C) y bajas presiones de vacío (5 inHg) favorecen una mayor cohesividad, probablemente debido a la menor degradación de la estructura celular (Pedreschi et al., 2021). En contraste, el aumento progresivo de la presión y la temperatura reducen la cohesividad, atribuyéndose a una mayor pérdida de humedad y al colapso de la estructura del tejido vegetal por la rápida evaporación del agua (Aguilera, 2019).

El análisis estadístico confirmó que tanto la presión de vacío como la temperatura de fritura afectan significativamente la cohesividad del snack de plátano palillo ($p < 0.05$), y que su interacción también es significativa. Esto concuerda con estudios previos que indican que la cohesividad de productos fritos depende del contenido de humedad y la estructura de la matriz del alimento (Gupta et al., 2022).

Finalmente, para lograr un snack con características texturales óptimas, es esencial considerar la cohesividad en conjunto con otros atributos como la dureza y la fracturabilidad. La manipulación precisa de los parámetros de proceso, así como la comprensión de las características de la materia prima, son claves para obtener un producto con la textura deseada.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

La presión de vacío afectó significativamente la cohesividad del snack, siendo mayor a 5 inHg y temperaturas de 110-120 °C (valores entre 0.8967 y 0.8800), y menor a 15 inHg a 130 °C (0.5667) y a 10 inHg a 120 °C (0.5267); esto se debe a que, a medida que la presión de vacío aumenta, la cohesividad disminuye. Sin embargo, la presión de vacío no tuvo un impacto significativo en la fracturabilidad ($p = 0.2864$) ni en la dureza ($p = 0.8749$).

La temperatura de fritura influyó en la cohesividad, fracturabilidad y dureza del snack; temperaturas moderadas (110-120 °C) y 5 inHg mejoraron la cohesión (0.8967-0.8800), aumentaron la fracturabilidad (32.2800 N) y la dureza (30.6133 N), mientras que temperaturas extremas redujeron la firmeza del producto.

5.2. Recomendaciones

Evaluar un rango más amplio de presiones de vacío y temperaturas de fritura en futuras investigaciones, con el fin de determinar condiciones óptimas de procesamiento que permitan mejorar las propiedades texturales del snack de plátano palillo, especialmente en términos de dureza, fracturabilidad y cohesividad.

Analizar la influencia del tiempo de fritura al vacío como una variable adicional del proceso, debido a que este factor puede afectar la pérdida de humedad, la formación de estructura porosa y, en consecuencia, las características texturales del producto final.

Ejecutar estudios de caracterización estructural y microestructural del snack, mediante técnicas como análisis de humedad o microscopía, con la finalidad de comprender mejor los cambios en la matriz del plátano durante la fritura al vacío y su relación con las propiedades texturales obtenidas.

BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M., Salazar, C., Andres, & Castellano, F. J. (2020). Efecto de la fritura por inmersión al vacío en rodajas de mango “Tommy Atkins” deshidratadas osmóticamente. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 18(1), 14–24. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612020000100014&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Aguilera, S. P., Belteton, D. G., Monrroy, M. E., Muñoz, J. F., Solares, A. P., Gómez, Y., & Sosa, M. E. (2019). Nuevas tecnologías de freído para reducir el contenido de grasa en alimentos fritos. *Jóvenes en la Ciencia*, 10, 1–11. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3334/2835>
- Aguilera, J. M. (2019). *Edible structures: The basic science of what we eat*. CRC Press. <https://www.routledge.com/Edible-Structures-The-Basic-Science-of-What-We-Eat/Aguilera/p/book/9781138199101>
- Almeida, J. (2021). *Diseño experimental: Un enfoque en las ciencias agrarias*. Edición No. 1. ©EditorialSello Editorial UNAD. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/notas/article/view/3517/4431>
- Altamirano, S. H., Menéndez, R. A., Montero, S. G., Paucar, R. E., & Vidal, C. I. (2017). *Snack nutritivo NACK NUTRITIVO – VIDALI*. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/d3104dbe-28e2-48e6-be10-037dd49039db/content>

- Ayustaningwarno, F., Van, E., Vitorino, J., Dekker, M., Fogliano, V., & Verkerk, R. (2020). Nutritional and Physicochemical Quality of Vacuum-Fried Mango Chips Is Affected by Ripening Stage, Frying Temperature, and Time. *Frontiers in Nutrition*, 7(July), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00095>
- Basilio, J. E. (2015). *Predicción de la vida útil de chifles de plátanos (Musa paradisiaca) mediante modelos matemáticos*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <http://45.231.83.156/handle/20.500.12996/1863>
- Bautita, A., & Romero, E. (2020). *Desarrollo de un prototipo de freidora a vacío y su influencia en el contenido de acrilamida en papas (Solanum tuberosum) fritas*. Universidad Nacional Hermilio Valdizán, 1–138. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/4761>
- Bourne, M. C. (2002). Texture, Viscosity, and Food. *Food Texture and Viscosity*, 1–32. <https://doi.org/10.1016/B978-012119062-0/50001-2>
- Burga, K. M. (2021). *Estudio comparativo de dos métodos de inactivación de polifenol oxidasa en rodajas de yacón (Smallanthus Sonchifolius)*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <https://repositorio.unach.edu.pe/items/12f15962-1299-4606-8223-ddcfac52d7c9>
- Calderón, T. B. (2019). *Estudio del efecto de la deshidratación osmótica sobre la absorción de grasa en hojueas fritas de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza Bancroft)*. 106. <https://core.ac.uk/download/200323065.pdf>
- Carballo, M., & Guelmes, E. L. (2016). Algunas consideraciones sobre las variables en las investigaciones educativas. *Revista Universidad y Sociedad*, 8 (1), 140-150. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2218-36202016000100021&lng=es&tlng=en

- Castillo, C. P. (2021). La preferencia de los atributos de un Snack en The preference of the attributes of a snack in La Paz Bolivia. *SciELO*, 24(4), 73–94. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1994-37332021000100004&lng=es&nrm=iso&tlng=
- Chavez, A. M., Castellanos, F. J., & Martinez, L. J. (2017). Efecto de las variables de proceso en la obtención de plátano verde frito en condiciones de vacío. *Vitae*, 24(1), 38–46. <https://doi.org/10.17533/udea.vitae.v24n1a05>
- Conocimient Noticias. (2019). *Definición De Presión De Vacío*. 23–25. <https://www.kisho-nano-coating.com/news/definition-of-vacuum-pressure-28321296.html>
- Coosur. (2019). *¿Cómo quitar el exceso de aceite cuando cocinamos alimentos fritos?*. <https://www.coosur.com/noticias/como-quitar-el-exceso-de-aceite-cuando-cocinamos-alimentos-fritos>
- Dagnino, J. (2014). Bioestadística y Epidemiología: Análisis de Varianza. *Rev Chil Anest*; 43: 306-310. <https://revistachilenadeanestesia.cl/PII/revchilanestv43n04.07.pdf>
- Deza, J. (2025). *Efecto del pH en el pretratamiento y temperatura de fritura sobre las características texturales en snack de plátano palillo (Musa paradisiaca L.)*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/8722/TEIS%20JULY%20LIZBETH%20DEZA%20BARDALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Díaz, J., Gallego, B. R., & Calles, A. (2011). Reglas e implementación del método deductivo-hipotético en el diagnóstico. *Revista Cubana de Medicina General Integral*, 27 (3), 378-387. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-21252011000300008&lng=es&tlng=en

- Directo al Paladar. (s.f.). *Chips de plátano macho: receta latinoamericana para un aperitivo súper fácil*. <https://www.directoalpaladar.com/recetas-de-aperitivos/chips-platano-macho-chifles-receta-latinoamericana-para-aperitivo-super-facil>
- Duque, C. (2024). *Efecto del alfa tocoferol sobre la estabilidad oxidativa de una mezcla de aceite de palma y de girasol utilizada en una matriz de galletas*. [Trabajo de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/87103>
- Fiszman, S., & Salvador, A. (2021). Texture and crispiness of fried foods. *Food Research International*, 144, 110320. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110320>
- Flores, I. (2011). *Selección de clones y cultivadores de plátano y banano (Musa sp.) resistentes a plagas de importancia en condiciones de satipo*. Universidad Nacional Del Centro Del Centro De Posgrado, 10–11. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5992>
- García, C. (2024). *Efecto del NaCl en el pretratamiento de snacks de plátano palillo sometidos a fritura al vacío*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/6963/TESIS%20C%3%20%89SAR%20ROGELIO%20GARC%c3%8da%20CASTREJ%c3%93N.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gómez, S. (2013). *Fritura a Vacío En El Procesado De Chips De Kiwi*. 1–20.
- Gupta, C., Kaur, P., & Sharma, A. (2022). Effect of frying conditions on texture and structure of fried snacks. *Journal of Food Engineering*, 319, 110993. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2022.110993>
- Herrera, A. V. U. (2018). *Relación entre las características físico- químicas del banano de tres cultivares en dos estados de madurez con los parámetros físico-químicos de los chips de banano obtenidos mediante el proceso de fritura al vacío*. 96.

- Herrera, K. V. (2015). *Elaboración de rodajas de camote (Ipomoea batatas) aplicando fritura al vacío*. 60.
- La Vanguardia. (2023). *¿Cómo quitar el exceso de aceite de tus alimentos fritos y comidas?*.
<https://www.lavanguardia.com/magazine/casa/20231119/9380897/como-quitar-exceso-aceite-tus-alimentos-fritos-comidas-pv1v.html>
- Leal, R. (2020). Boletín de la coordinación de física y química. *Naturalis*, 35(35), 1–6.
http://www.dcb.unam.mx/Publicaciones/Naturalis/bfyq_35.pdf
- Martínez, D. F., Acosta, M., Álvarez, C. I., & Castellanos, F. J. (2022). Fritura por inmersión al vacío de rodajas de plátano verde con recubrimientos comestibles. *Ingeniería Y Competitividad*, 25(1), 14. <https://doi.org/10.25100/iyc.v25i1.11970>
- Medina, R. (2024). *Efecto de diferentes concentraciones de cúrcuma y tiempo en el pretratamiento por ultrasonido en las características texturales de snack de plátano palillo fritos al vacío*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Cajamarca.
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/8067/TESIS%20RUBI%20YANE%20MEDINA%20ORTIZ.pdf?sequence=7&isAllowed=y>
- Moreira, R. G., Castell-Perez, M. E., & Barrufet, M. A. (2020). Deep fat frying: Fundamentals and applications. *Springer*. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-45247-5>
- Mostacilla, S. A., & Ordóñez, A. 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. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699.
- Muñoz, B. (2015). *Mitigación de la formación de acrilamida en hojuelas de papas mediante el uso de fritura al vacío*. 55.

- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2021). *Manual de buenas prácticas de higiene y desinfección en frutas y hortalizas frescas*.
<https://www.fao.org/home/search/en/?q=Manual+de+buenas+pr%C3%A1cticas+de+higiene+y+desinfecci%C3%B3n+en+frutas+y+hortalizas+frescas>
- Pedreschi, F., Moyano, P., & Kaack, K. (2021). The impact of vacuum frying on the quality attributes of potato chips. *Food Chemistry*, 356, 129685.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.129685>
- Pedreschi, F., Mariotti, S., & Granby, K. (2020). Update on acrylamide in food: Sources, mechanisms of formation, and mitigation strategies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 19(5), 3174-3196. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12617>
- Pedro, F., Mariotti, S., Granby, K., & Risum, J. (2020). Acrylamide reduction in fried potato products through processing strategies. *Food Engineering Reviews*.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772753X25002187>
- Pérez, A. (2015). *Elaboración De Chips De Papa, Camote, Platano, Yuca, Arracacha Y Mani Confitado*. 0–28.
- Rebolledo, N. J. (2014). Evaluación sensorial de la textura y aceptabilidad de durazno “Elegant lady” y “Andesdu-1”. *Implementation Science*, 39(1), 1–15.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biochi.2015.03.025>
<http://dx.doi.org/10.1038/nature10402>
<http://dx.doi.org/10.1038/nature21059>
<http://journal.stainkudus.ac.id/index.php/equilibrium/article/view/1268/1127>
<http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro2577>
<http://>
- Rodríguez, E. T. (2023). *Impacto de la fritura al vacío sobre las características fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales de chips de banano* [Tesis de Grado, Universidad de Costa Rica]. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/items/0e7648d7-2d55-4b3e-a85d-136e57f48fc8>

- Rojas, M., & Morales, D. (2021). Capacidad saciante y tamaño de porción para comida y snack en universitarios mexicanos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 70(3), 178–185. <https://doi.org/10.37527/2020.70.3.003>
- Romero, R. A., Enríquez, E. R., Trávez, A. M., & Cevallos, E. R. (2024). Estandarización y proceso de producción de snacks tipo chips (papas y chifles) en la asociación de no videntes y baja visión de Cotopaxi (ANOVIC). *RECIMUNDO*, 8 (Especial), 126–140. [https://doi.org/10.26820/recimundo/8.\(especial\).octubre.2024.126-140](https://doi.org/10.26820/recimundo/8.(especial).octubre.2024.126-140)
- Ruiz, S. G. (2021). *Análisis estratégico sobre el sector de snacks dulces y salados en Perú*. 94. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/21714/GOODMAN_GALLO_RUIZ_STEFANY_ANALISIS ESTRATEGICO SOBRE.pdf
- Singh, J., Bawa, A. S., & Sidhu, J. S. (2022). Role of moisture and oil uptake in fried food texture. *LWT - Food Science and Technology*, 152, 112360. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112360>
- Szczesniak, A. S. (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, 13(4), 215–225. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8)
- Talens, 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>
- 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

- Trejo, D. M., Cortés, M., & Mejía, D. F. (2019). Influencia de Proceso de Fritura al Vacío Sobre la Calidad de Chips de Papa Nativa, Variedad Botella Roja. *Información tecnológica*, 30(5), 67–80. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000500067>
- Triveño, R. J. y Guzmán, S. R. (2023). *Capacidad antioxidante y compuestos fenólicos totales de la harina de plátano Clon hartón común en estado inmaduro*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Amazónica de Madre De Dios]. <https://repositorio.unamad.edu.pe/handle/20.500.14070/1123>
- Ttito, H. y Turpo, R. D. (2022). *Evaluación de la cinética de inactivación térmica de peroxidasa (POD) en el confitado de mashua (Tropaeolum tuberosum) Variedad (Kello añu)*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/6915>
- Vargas, A., Valerio, E., Salazar, J., García, S. (2019). Una nueva propuesta para el aprendizaje. *SERENGUETI, Revista de Estadística. Volumen 1. Número 2*. <https://serengueti.fce.ucr.ac.cr/media/attachments/2021/12/15/revista-serengueti---vol.1---no.2---dic.-2019.pdf#page=38>
- Vásquez, J., & Aurora, E. (2021). Efecto de la temperatura y tiempo de fritura en la textura y color de un chip de oca (Oxalis Tuberosa). *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 8(1), 55–71. <https://doi.org/10.26495/icti.v8i1.1541>
- Vega, A., Di Scala, K., Rodríguez, K., Lemus, R., Miranda, M., López, J., & Perez, M. (2012). Effect of air-drying temperature on physico-chemical properties, antioxidant capacity, colour and total phenolic content of red pepper (Capsicum annum, L. var. Hungarian). *Food Chemistry*, 117(4), 647-653. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.04.052>

- Villamizar, R. H., Quiceno, M. C., & Giraldo, G. A. (2012). Efecto del proceso de fritura al vacío sobre la calidad de un pasaboca de mango (*Manguifera indica* L.). *Acta Agronómica*, *61*(1), 40–51.
http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/32458/4036
- 2
- Wichaphon, J., Judphol, J., Tochampa, W., & Singanusong, R. (2023). Effect of frying conditions on properties of vacuum fried banana bracts. *Lwt*, *184*(January).
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115022>
- Yepez, L. F. (2024). *Efecto de la fritura en la vida útil de un snack enriquecido con harina de alverja (Pisum sativum)*. [Trabajo de Grado, Universidad Agraria del Ecuador].
<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/YEPEZ%20CHANCAY%20LUIS%20FERNANDO%20.pdf>
- Zhang, Y., Li, J., & Wang, X. (2023). Influence of frying parameters on the mechanical properties of snack foods. *Journal of Food Science*, *88*(3), 1021-1033.
<https://doi.org/10.1111/1750-3841.16401>

ANEXOS

Figura 7

Recepción del plátano palillo.



Nota: La figura muestra la recepción de la materia prima proveniente de la provincia de Jaén.

Figura 8

Selección del plátano.



Nota: La figura muestra la selección de la materia prima comparando sus características superficiales.

Figura 9

Lavado y desinfectado del plátano.



Nota: La figura muestra el proceso de lavado y desinfección para eliminar impurezas y microorganismos.

Figura 10

Escaldado del plátano.



Nota. La figura muestra el sumergimiento de los plátanos en agua caliente.

Figura 11

Pelado del plátano.



Nota: La figura evidencia el proceso del retirado de la cascara de plátano.

Figura 12

Rodajeado del plátano.



Nota: La figura muestra el procedimiento del rebanado del plátano.

Figura 13

Pesado de las rodajas de plátano para cada réplica.



Nota: La figura muestra el pesado de 100g de rodajas por cada réplica.

Figura 14

Acondicionamiento de las rodajas de plátano en la freidora.



Nota: La Figura muestra el inicio del proceso de freído a vacío de las rodajas de plátano.

Figura 15

Programación del tiempo y regulado de la presión de fritura.



Nota: La figura muestra la programación y la regulación de las variables de estudio en la freidora, de acuerdo con los tratamientos planteados.

Figura 16

Enfriado de las rodajas de snacks.



Nota: La figura muestra el proceso de enfriamiento del plátano frito en papel absorbente.

Figura 17

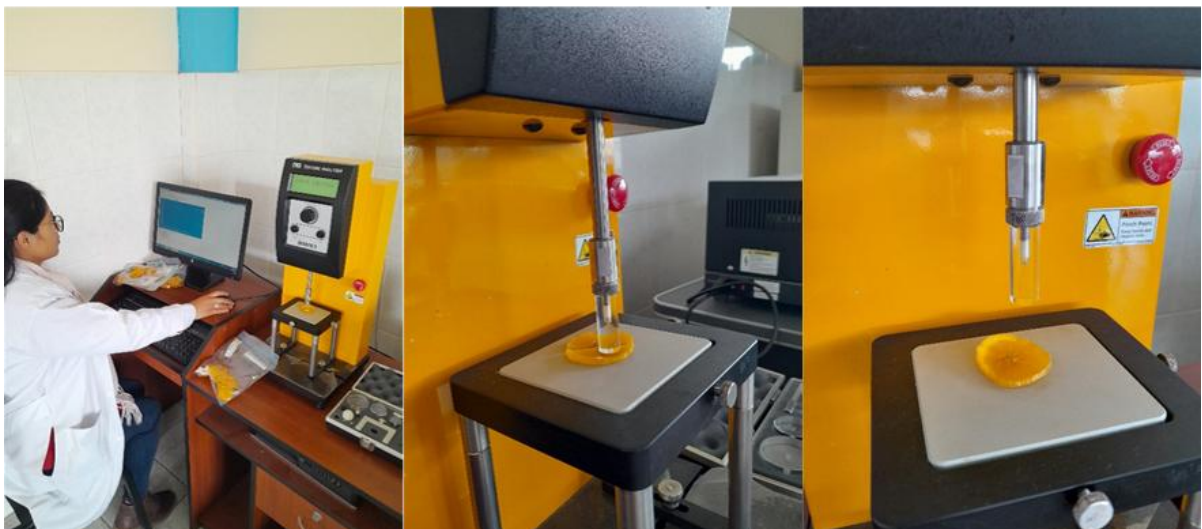
Envasado de las rodajas de plátano en las bolsas de polietileno.



Nota: La figura muestra el proceso envasado del plátano frito en bolsas herméticas de polietileno.

Figura 18

Análisis de las muestras de snack en el texturómetro.



Nota: La figura muestra el proceso de análisis de las características texturales de dureza, fracturabilidad y cohesividad.