

**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 FRITURA AL VACÍO  
SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE  
HOJUELAS DE CAMOTE (*Ipomoea batatas*) VARIEDAD BONDADOSA”**

**Para Optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Presentado por el bachiller:**

**JOSÉ SAMUEL QUISQUICHE TORRES**

**Asesor:**

**Ing. MSc. FANNY LUCILA RIMARACHÍN CHÁVEZ**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2024**

## CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:  
JOSÉ SAMUEL QUISQUICHE TORRES.  
DNI: 77536338  
Escuela Profesional/Unidad UNC:  
DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
2. Asesor:  
Ing. M. Sc Fanny Lucila Rimarachín Chávez  
Facultad/Unidad UNC:  
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:  
EFECTO DE LA PRESIÓN Y TEMPERATURA DE FRITURA AL VACÍO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE HOJUELAS DE CAMOTE (*Ipomoea batatas*) VARIEDAD BONDADOSA  
Fecha de evaluación: 12/08/2024
6. Software antiplagio:  TURNITIN     URKUND (OURIGINAL) (\*)
7. Porcentaje de Informe de Similitud: 25%
8. Código Documento: 3117:372693623
9. Resultado de la Evaluación de Similitud: 25%  
 APROBADO     PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 29/08/2024

Firma y/o Sello  
Emisor Constancia



Ing. M. Sc Fanny Lucila Rimarachín Chávez  
DNI: 26719942



**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**

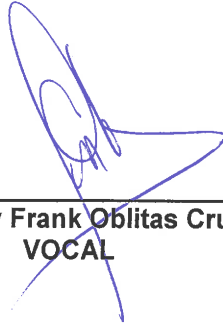
En la ciudad de Cajamarca, a los ocho días del mes de julio del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el ambiente 2H - 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 404-2023-FCA-UNC, de fecha 04 de setiembre del 2023**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la TESIS titulada: **"EFECTO DE LA PRESIÓN Y TEMPERATURA DE FRITURA AL VACÍO SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE HOJUELAS DE CAMOTE (*Ipomoea batatas*) VARIEDAD BONDADOSA"**, realizada por el Bachiller **JOSÉ SAMUEL QUISQUICHE TORRES** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.


A las doce 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, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

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

  
\_\_\_\_\_  
Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones  
PRESIDENTE

  
\_\_\_\_\_  
Dr. José Gerardo Salhuana Granados  
SECRETARIO

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Jimmy Frank Oblitas Cruz  
VOCAL

  
\_\_\_\_\_  
Ing. M. Sc. Fanny Lucila Rimarachín Chávez  
ASESORA

## **DEDICATORIA**

*La presente tesis está dedicada a Dios Jehová, por haberme apoyado y orientado durante mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos difíciles y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad, ya que gracias a él he logrado concluir mi carrera profesional.*

*A mis padres, Alejandrina y José Edilberto, por su constante apoyo, por su amor, dedicación, por ser mi fuente de inspiración, motivación y sus sacrificios para que yo pueda cumplir mis sueños, los quiero y que siempre me han enseñado excelentes valores, como el valor de la perseverancia y luchar por nuestras metas, por creer en mí incluso en los momentos más difíciles. Esta tesis es una forma de reconocer todo lo que han hecho por mí y por mi futuro.*

*A mi hermana Sintia por su apoyo incondicional e incentivo de seguir siempre adelante para lograr mis objetivos, a familiares, amigos y a todos los que contribuyeron a mi crecimiento como persona y como profesional.*

**José Samuel**

## **AGRADECIMIENTO**

*A Dios Jehová, gracias por estar presente no solo en esta etapa tan importante de mi vida, sino en todo momento ofreciéndome lo mejor y buscando lo mejor para mi persona.*

*A mis queridos docentes, gracias por impulsarme a ser cada día mejor, por sus enseñanzas, por la paciencia y por todas las lecciones transmitidas durante estos cinco años de carrera profesional; logrando en mí el objetivo más importante, como es el culminar el desarrollo de mi tesis, obteniendo mi titulación profesional.*

*A mi alma mater la Universidad Nacional de Cajamarca por haberme permitido formarme en sus aulas, compartiendo ilusiones y anhelos durante estos largos años de esfuerzo.*

*Finalmente expresar mi sincero agradecimiento a la Ing. Fanny Rimarachín e Ing. William Minchán por sus consejos, colaboración, comentarios y sugerencias durante el desarrollo del presente trabajo de investigación.*

***José Samuel***

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE GENERAL .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT .....	xiii
CAPITULO I.....	14
1. INTRODUCCIÓN .....	14
1.1. Planteamiento del problema.....	15
1.2. Formulación del problema .....	16
1.3. Justificación de la investigación.....	16
1.4. Objetivo general .....	17
1.4.1. Objetivos específicos.....	17
1.5. Hipótesis y variables de estudio .....	17
1.5.1. Hipótesis .....	17
1.5.2. Variables en estudio .....	18
CAPITULO II .....	19
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	19

2.1. Antecedentes de la investigación.....	19
2.2. Marco teórico .....	21
2.2.1. Camote.....	21
2.2.2. Aceite.....	26
2.2.3. Hojuelas .....	27
2.2.4. Pre tratamientos en el camote .....	29
2.2.5. Análisis fisicoquímicos .....	31
2.2.6. Análisis sensorial .....	35
2.3. Definición de términos .....	39
CAPITULO III.....	41
3. MARCO METODOLÓGICO .....	41
3.1. Localización de la investigación .....	41
3.2. Tipo y diseño de investigación.....	42
3.2.1. Materiales experimentales .....	42
3.2.2. Factores, variables, niveles y tratamientos de estudio.....	44
3.2.3. Diseño experimental y arreglo de los tratamientos. ....	47
3.2.4. Esquema experimental de las hojuelas de camote .....	51
3.2.5. Métodos de análisis .....	51
CAPITULO IV .....	57
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	57

4.1. Resultados de análisis fisicoquímico.....	57
4.1.1. Análisis del color.....	57
4.1.2. Análisis de la textura .....	71
4.1.3. Análisis de la humedad.....	74
4.1.4. Análisis del contenido de grasa.....	78
4.2. Resultados de análisis sensorial .....	80
4.2.1. Análisis del color.....	81
4.2.2. Análisis del olor .....	83
4.2.3. Análisis del sabor .....	87
4.2.4. Análisis de la textura .....	91
4.2.5. Análisis de la apariencia general.....	95
CAPITULO V .....	99
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	99
5.1. Conclusiones .....	99
5.2. Recomendaciones.....	100
CAPITULO VI.....	101
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
CAPITULO VII.....	111
7. ANEXOS.....	111
Anexo 1. Proceso de obtención de hojuelas fritas de camote.....	111



Anexo 2. Análisis fisicoquímico de muestras: medición de color.....	113
Anexo 3. Análisis fisicoquímico de muestras: medición de textura.....	114
Anexo 4. Análisis fisicoquímico de muestras: medición de humedad .....	114
Anexo 5. Análisis fisicoquímico de muestras: medición de contenido de grasa.....	115
Anexo 6. Ficha de evaluación sensorial: .....	117
Anexo 7. Análisis sensorial de las hojuelas de camote fritas al vacío .....	118

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Variables e indicadores en el desarrollo y optimización .....	18
<b>Tabla 2.</b> Contenido nutrimental del camote.....	22
<b>Tabla 3.</b> Propiedades fisicoquímicas del camote .....	23
<b>Tabla 4.</b> Características físicas del camote INIA 331 - Bondadosa.....	25
<b>Tabla 5.</b> Tratamientos en estudio. ....	46
<b>Tabla 6.</b> Factores, niveles y tratamientos en estudio.....	47
<b>Tabla 7.</b> Escala hedónica de 5 puntos.....	56
<b>Tabla 8.</b> Análisis de varianza ANOVA para luminosidad (L*).....	59
<b>Tabla 9.</b> Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% para luminosidad (L*).....	60
<b>Tabla 10.</b> Pruebas de HSD tukey para el factor presión de vacío, confianza de 95% para luminosidad (L*).....	60
<b>Tabla 11.</b> Análisis de varianza ANOVA para cromaticidad rojo-verde (a*) .....	63
<b>Tabla 12.</b> Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% para cromaticidad rojo-verde (a*) .....	63
<b>Tabla 13.</b> Pruebas de HSD tukey para el factor presión de vacío, confianza de 95% para cromaticidad rojo-verde (a*) .....	64
<b>Tabla 14.</b> Análisis de varianza ANOVA para cromaticidad amarillo-azul (b*).....	66
<b>Tabla 15.</b> Pruebas de HSD tukey para el factor presión de vacío, confianza de 95% para cromaticidad amarillo-azul (b*).....	67
<b>Tabla 16.</b> Análisis de varianza ANOVA para tonalidad (h*) .....	69
<b>Tabla 17.</b> Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% para	

tonalidad (h*).....	70
<b>Tabla 18.</b> Análisis de varianza ANOVA para la fuerza de ruptura.....	72
<b>Tabla 19.</b> Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% para la fuerza de ruptura .....	73
<b>Tabla 20.</b> Pruebas de HSD tukey para el factor presión de vacío, confianza de 95% para la fuerza de ruptura.....	73
<b>Tabla 21.</b> Análisis de varianza ANOVA para la humedad.....	76
<b>Tabla 22.</b> Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% para la humedad .....	76
<b>Tabla 23.</b> Pruebas de HSD tukey para el factor presión de vacío, confianza de 95% para la humedad .....	77
<b>Tabla 25.</b> Análisis de varianza ANOVA para el contenido de grasa.....	79
<b>Tabla 26.</b> Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% contenido de grasa.....	80
<b>Tabla 28.</b> Análisis de varianza ANOVA para el color.....	82
<b>Tabla 29.</b> Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% para el color.....	83
<b>Tabla 30.</b> Análisis de varianza ANOVA para el olor.....	85
<b>Tabla 31.</b> Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% para el olor .....	86
<b>Tabla 32.</b> Pruebas de HSD tukey para la interacción (temperatura de fritura * presión de vacío) confianza de 95% para el olor .....	87
<b>Tabla 33.</b> Análisis de varianza ANOVA para el sabor .....	89

<b>Tabla 34.</b> Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% para el sabor .....	89
<b>Tabla 35.</b> Pruebas de HSD tukey para la interacción (temperatura de fritura * presión de vacío) confianza de 95% para el sabor .....	90
<b>Tabla 36.</b> Análisis de varianza ANOVA para la textura .....	92
<b>Tabla 37.</b> Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% para la textura.....	93
<b>Tabla 38.</b> Pruebas de HSD tukey para el factor presión de vacío, confianza de 95% para la textura .....	93
<b>Tabla 39.</b> Pruebas de HSD tukey para la interacción (temperatura de fritura * presión de vacío) confianza de 95% para la textura .....	94
<b>Tabla 40.</b> Análisis de varianza ANOVA para la apariencia general.....	96
<b>Tabla 41.</b> Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% para la apariencia general .....	97
<b>Tabla 42.</b> Pruebas de HSD tukey para la interacción (temperatura de fritura * presión de vacío) confianza de 95% para la apariencia general.....	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Camote INIA 331 - Bondadosa .....	25
<b>Figura 2.</b> Diagrama de funcionamiento de un colorímetro triestímulo.....	33
<b>Figura 3.</b> Mapa de ubicación - Universidad Nacional de Cajamarca .....	41
<b>Figura 4.</b> Tratamientos de estudio de la hojuela de camote .....	46
<b>Figura 5.</b> Flujograma de elaboración de hojuelas de camote. ....	50
<b>Figura 6.</b> Croquis experimental de las hojuelas de camote. ....	51
<b>Figura 7.</b> Corrección del cuadrante para el cálculo del tono en el espacio de color CIELAB. ....	52
<b>Figura 8.</b> Efecto de la fritura al vacío en la luminosidad ( $L^*$ ).....	58
<b>Figura 9.</b> Efecto de la fritura al vacío en la cromaticidad rojo-verde ( $a^*$ ). ....	62
<b>Figura 10.</b> Efecto de la fritura al vacío en la cromaticidad amarillo-azul ( $b^*$ ).....	65
<b>Figura 11.</b> Efecto de la fritura al vacío en la tonalidad ( $h^*$ ). ....	68
<b>Figura 12.</b> Interpretación del sistema CIE- $L^*$ $a^*$ $b^*$ y $h^*$ en las hojuelas fritas de camote. ....	70
<b>Figura 13.</b> Efecto de la fritura al vacío en la fuerza de ruptura (N).....	71
<b>Figura 14.</b> Efecto de la fritura al vacío en el porcentaje de humedad (%) .....	75
<b>Figura 16.</b> Efecto de la fritura al vacío en el porcentaje de grasa (%) .....	78
<b>Figura 18.</b> Puntaje promedio del color de cada una de los tratamientos.....	81
<b>Figura 19.</b> Puntaje promedio del olor de cada una de los tratamientos .....	84
<b>Figura 20.</b> Puntaje promedio del sabor de cada una de los tratamientos .....	88
<b>Figura 21.</b> Puntaje promedio de la textura de cada una de los tratamientos .....	92
<b>Figura 22.</b> Puntaje promedio de la apariencia general de cada una de los tratamientos. ....	96

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el laboratorio de Tecnología de Frutas y Hortalizas de la E.A.P. de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de Cajamarca, con el objetivo de determinar el efecto de la presión y temperatura de fritura al vacío sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de hojuelas de camote (*Ipomoea batatas*) variedad Bondadosa, se procesó a temperaturas de fritura de 110°C, 120°C y 130°C y de presiones de vacío de 5kPa, 10 kPa y 15 kPa con un tiempo de 7 min, empleando un diseño factorial de 3<sup>3</sup>. Se determinó que las condiciones de temperatura de fritura y presión de vacío tiene un impacto significativo en las características fisicoquímicas y sensoriales de las hojuelas de camote variedad Bondadosa, siendo las más óptimas; la combinación óptima de estos parámetros permite un control más preciso del proceso de fritura, resultando en un producto con mejores características fisicoquímicas y sensoriales, siendo las hojuelas fritas a 130°C con 5 kPa presentaron valores de color de L\* 47.60, a\* 16.92, b\* 24.47, una fuerza de ruptura de 7.01 N, un contenido de humedad de 0.21% y un contenido de grasa de 15.40%. Para el análisis sensorial se utilizó una prueba de preferencia (escala hedónica) con 30 panelistas, Para el análisis sensorial se utilizó una prueba de preferencia (escala hedónica) con 30 panelistas, donde el mejor tratamiento fue para apariencia general fue el T4 (120°C x 5kPa).

**Palabras clave:** análisis fisicoquímico, análisis sensorial, camote, fritura al vacío, hojuelas, presión de vacío y temperatura de fritura.

## ABSTRACT

The present research work has been developed in the Fruit and Vegetable Technology Laboratory of the Academic Professional School of Industrial Engineering Program, Faculty of Agricultural Sciences, of the National University of Cajamarca. The objective was to determine the effect of vacuum frying pressure and temperature on the physicochemical and sensory characteristics of sweet potato flakes (*Ipomoea batatas*) "Bondadosa" variety, was processed at frying temperatures of 110°C, 120°C, and 130°C and vacuum pressures of 5 kPa, 10 kPa, and 15 kPa, with a frying time of 7 minutes, using a 3<sup>3</sup> factorial design. It is determined that the conditions of frying temperature and vacuum pressure have a significant impact on the physicochemical and sensory characteristics of the Bondadosa variety sweet potato flakes, being the most optimal; The optimal combination of these parameters allows a more precise control of the frying process, resulting in a product with better physicochemical and sensory characteristics, with the flakes fried at 130°C with 5 kPa presenting color values of L\* 47.60, a\* 16.92 , b\* 24.47, a breaking force of 7.01 N, a moisture content of 0.21% and a fat content of 15.40%. For the sensory analysis, a preference test (hedonic scale) was used with 30 panelists. For the sensory analysis, a preference test (hedonic scale) was used with 30 panelists, where the best treatment for general appearance was T4 (120°Cx5kPa).

**Keywords:** physicochemical analysis, sensory analysis, sweet potato, vacuum frying, flakes, vacuum pressure, and frying temperature.

## CAPITULO I

### 1. INTRODUCCIÓN

El camote ha despertado gran interés recientemente, ya que se le considera un alimento funcional por su valiosa composición nutricional y su producción económica en el país. Sus usos en la industria global están aumentando, siendo empleado como complemento o sustituto en la fabricación de diversos productos alimenticios. No obstante, su contenido nutricional puede cambiar según el método de cocción utilizado (Vidal et al., 2018). El camote de la variedad INIA 331 – Bondadosa se destaca por su excelente composición genética, presentando altas concentraciones de minerales y betacarotenos. Estos antioxidantes ayudan al cuerpo a producir vitamina A y protegen la piel, lo que lo convierte en una excelente opción nutricional. (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2021).

En los últimos años, ha aumentado el consumo de comida rápida y de productos ligeros que no requieren preparación, son fáciles de transportar o encontrar, y pueden ser consumidos en cualquier momento del día, como los snacks. Los snacks, bocadillos o pasabocas son alimentos que se compran de manera impulsiva, es decir, no es una necesidad lo que lleva al consumidor a adquirirlos, sino el impulso, el deseo o el antojo (Luna, 2016).

La fritura al vacío es una innovadora técnica que permite obtener productos con una textura crujiente, preservando los sabores y colores distintivos de la materia prima, con menos pérdida de nutrientes y menor absorción de aceite. Este proceso se realiza en un sistema cerrado donde se reduce la presión para crear un vacío, lo que disminuye los puntos de ebullición del agua y del aceite. (Diamante et al., 2015). La fritura al vacío mejora la calidad de los alimentos al emplear temperaturas más bajas y reducir la exposición del aceite al oxígeno (Torres et al., 2017). Los alimentos fritos al vacío absorben menos aceite durante la cocción, lo que da lugar a productos con



menor contenido calórico y graso. Además, la fritura a temperaturas más bajas conserva mejor los pigmentos naturales y los compuestos volátiles responsables del aroma, resultando en productos de alta calidad sensorial (Ayustaningwarno et al., 2018).

En la siguiente investigación se procesó hojuelas de camote con diferentes presiones de vacío y temperaturas de freído, evaluando las características fisicoquímicas y sensoriales de hojuelas de camote (*Ipomoea batatas*) variedad Bondadosa.

### **1.1. Planteamiento del problema**

Una alternativa para mejorar la calidad de los productos durante la fritura por inmersión es la aplicación de vacío (Diamante et al., 2015). En la fritura al vacío, los alimentos se sumergen en aceite dentro de un sistema completamente cerrado, donde la presión se reduce a niveles muy por debajo de los atmosféricos. Esto permite que la temperatura de ebullición del agua y del aceite sea menor, facilitando la eliminación rápida de la humedad de los alimentos (Dueik et al., 2014). Por lo tanto, los alimentos deshidratados mediante fritura al vacío pueden tener una textura crujiente, buen color, excelente sabor y una adecuada retención de nutrientes (Diamante et al., 2015). Es por ello, que hoy en día se busca aplicar nuevas técnicas de procesamiento con el simple fin de obtener productos de calidad, en cuanto a sus características fisicoquímicas y sensoriales.

El camote o batata es una raíz tuberculosa que ofrece una notable cantidad de energía, lo que lo convierte en un alimento nutritivo de gran valor para el organismo. Es rico en almidón, vitaminas, fibras como la celulosa y pectinas, además de minerales (Vidal et al., 2018). Hay diversas variedades comerciales y experimentales de camote que se distinguen principalmente por las tonalidades de su pulpa y cáscara (Martí y Corbino, 2016). El camote se puede disfrutar asado, al horno, hervido o frito, adaptándose su textura y sabor a una variedad de recetas (Vidal et al., 2018).

Por consiguiente, mediante el presente proyecto de investigación tuvo como finalidad obtener hojuelas de camote (*Ipomoea batatas*) variedad INIA 331 – Bondadosa, con una excelente calidad, en cuanto a sus características fisicoquímicas y sensoriales, aplicando el proceso de fritura al vacío.

## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el efecto de la presión y temperatura de fritura al vacío sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de hojuelas de camote (*Ipomoea batatas*) variedad Bondadosa?

## **1.3. Justificación de la investigación**

Este estudio de investigación se centra en las tecnologías disponibles en la industria alimentaria que permiten obtener productos de alta calidad, como la fritura al vacío. Esta técnica ha sido desarrollada para mejorar las características sensoriales y fisicoquímicas de los alimentos. Además, aprovecha recursos alimenticios como el camote variedad bondadosa, un tubérculo económico y fácilmente accesible, con el objetivo de promover su uso a nivel nacional. La producción de hojuelas de camotes fritos resultará beneficiosa, ya que estos productos no solo promueven el desarrollo y aportan energía, sino que también son ricos en nutrientes, revitalizantes, satisfacen el antojo y son prácticos de consumir.

En esta investigación se determinó el efecto de la presión y temperatura de fritura al vacío sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de hojuelas de camote (*Ipomoea batatas*) variedad Bondadosa, el cual busco incrementar el conocimiento tecnológico de esta nueva técnica.

El interés de efectuar este trabajo de investigación fue obtener hojuelas a base de camote, con buenas características fisicoquímicas y sensoriales. El camote es una raíz tuberculosa que ofrece una notable cantidad de energía debido a su alto contenido de carbohidratos. Además, es rico en fibra, vitaminas del complejo B, vitamina A, vitamina C y minerales como potasio y

magnesio, los cuales contribuyen a la prevención de enfermedades como la diabetes, el cáncer y los problemas cardíacos (Del Valle, 2017). Estudios Investigaciones han revelado que los antioxidantes presentes en el camote juegan un papel crucial en la prevención del envejecimiento y de enfermedades relacionadas con la edad (Sun et al., 2014).

En consecuencia, se consiguió obtener hojuelas de camote, con buenas características fisicoquímicas y sensoriales, utilizando la técnica de fritura al vacío, teniendo en cuenta los parámetros de temperatura y presión de vacío.

#### **1.4. Objetivo general**

Determinar el efecto de la presión y temperatura de fritura al vacío sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de hojuelas de camote (*Ipomoea batatas*) variedad Bondadosa.

##### **1.4.1. Objetivos específicos.**

- Determinar el efecto de la temperatura en fritura al vacío sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de hojuelas de camote (*Ipomoea batatas*) variedad Bondadosa.
- Determinar el efecto de la presión en fritura al vacío sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de hojuelas de camote (*Ipomoea batatas*) variedad Bondadosa.

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

##### **1.5.1. Hipótesis**

- Las características fisicoquímicas y sensoriales de las hojuelas de camote variedad bondadosa mejorarán debido al efecto de la presión y temperatura de fritura al vacío.

### 1.5.2. Variables en estudio

La tabla 1 muestra los dos tipos de variables: independientes y dependientes

**Tabla 1.** *Variables e indicadores en el desarrollo y optimización*

<b>Tipo</b>	<b>Variables</b>	<b>Indicador</b>	
<b>Independiente</b>	Presión de vacío	(kPa)	
	Temperatura de fritura	(°C)	
<b>Dependiente</b>	Análisis	Color	*L, a*, b* y h*
	fisicoquímico	Textura	(N)
		Humedad	(%)
		Contenido de grasa	(%)
	Análisis sensorial	Color, olor, sabor, textura y apariencia general	Nominal

## CAPITULO II

### 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Gómez (2014), el objetivo de este trabajo fue obtener chips de papa china aplicando la tecnología de fritura al vacío. Primero se realizó la caracterización física, luego se cortaron rodajas con un espesor de 2 mm, se sometió a un pretratamiento de escaldado por 3 min. La fritura al vacío se efectuó a intervalos de temperatura que iban de 110 a 120 °C y tiempo de 10 a 14 min con una presión de 5.23 kPa; en las rodajas fritas se determinó el contenido de humedad, grasa y textura; los resultados fueron evaluados por el método de Superficie de Respuesta para optimizar el proceso y encontrar un porcentaje óptimo de grasa en los chips de papa china, siendo el óptimo encontrado a 114.7 °C de temperatura y 14.8 min de fritura al vacío con un contenido de grasa de 10.65%. Posteriormente se realizó una prueba de aceptabilidad sensorial obteniendo como resultado que el producto es agradable para el consumidor.

Herrera (2015), aplicó la tecnología de fritura al vacío, donde los chips fueron sometidos a dos pretratamientos: inmersión en solución ácida compuesta por 1% de ácido ascórbico y 0.5% de ácido cítrico durante 10 minutos y escaldado durante 1 minuto. La fritura al vacío se efectuó a 110 y 120 °C, a 7.7 KPa de presión, durante 10, 12 y 14 minutos. Se escogió una muestra óptima por cada temperatura, obteniendo 2 muestras finales, (110°C durante 12 min: humedad 3.47%, grasa 6.39%, cenizas 1.4%, proteína 1.06%, fibra 2.94%, elementos libres de nitrógeno 86.83% y fuerza de ruptura 6.51 N y 120°C durante 12 min: humedad 3.14%, grasa 8.74%, cenizas 1.96%, proteína 1.35%, fibra 3.34%, elementos libres de nitrógeno 84.61% y fuerza de ruptura 6.14 N). Finalmente se evaluó la aceptabilidad sensorial de las dos muestras óptimas, donde las rodajas de camote de mayor aceptabilidad fueron a 110°C durante 12 minutos.

Gallón (2017), optimizó el proceso de fritura al vacío de la papa diploide, utilizando la metodología de superficie de respuesta y un diseño central compuesto en función de las variables independientes: temperatura, presión de vacío y tiempo, y las variables dependientes: aw, humedad, color zona interna y externa, textura, capacidad antioxidante (ABTS y DPPH), índice de peróxidos y contenido de grasa. Se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significancia del 5%, las condiciones óptimas de proceso: T° aceite: 136 °C, tiempo de freído: 420 s y presión de vacío: 59,4 kPa, y los valores de las variables dependientes: fuerza máxima:  $5.8 \pm 1.1$  N, distancia:  $1.4 \pm 0.3$  mm), Lin\* ( $34.0 \pm 5.2$ ), ain\*( $14.5 \pm 2.2$ ), bin\* ( $7.3 \pm 2.7$ ), Lout\* ( $34.8 \pm 6.1$ ), aout\*( $13.6 \pm 1.8$ ), bout\* ( $7.4 \pm 2.8$ ), humedad ( $3.4 \pm 0.1$  %), aw ( $0.390 \pm 0.020$ ), IP ( $4.4 \pm 0.6$  meq H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>/kg), DPPH ( $0.5 \pm 0.0$  mg trolox/g), ABTS ( $0.6 \pm 0.0$  mg trolox /g), contenido grasa ( $26.7 \pm 1.8$  %).

Trejo et al. (2019), evaluó las condiciones de proceso de fritura al vacío sobre la calidad de chips de papa (*Solanum tuberosum*) variedad Botella Roja, mediante un diseño central compuesto cara centrada ( $\alpha=1$ ), en función de las variables  $\Delta T$  (Taceite – Tebullición del agua) (40-60 °C), presión de vacío (30-70 kPa) y tiempo (3-7 min). La optimización experimental permitió fijar las variables de proceso:  $\Delta T$  (40 °C), presión (46,70 kPa) y tiempo (5,04 min), y variables dependientes: humedad ( $6,0 \pm 0,8\%$  bh), absorción de aceite ( $19,9 \pm 1,2\%$ ), actividad de agua ( $0,450 \pm 0,01$ ), índice de peróxidos ( $5,1 \pm 0,6$  meqO<sub>2</sub>/kg), actividad antioxidante (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl y 2,2-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) ( $49,4 \pm 4,1$  y  $47,8 \pm 6,5$  meq Trolox/100 g Solido Seco respectivamente), fenoles totales ( $54,7 \pm 7,9$  meq Ácido Gálico/100 g Solido Seco), color (L\*:  $66,2 \pm 1,2$ ; a\*:  $1,4 \pm 1,3$  y b\*:  $5,0 \pm 2,1$ ) y fuerza de fractura ( $5,7 \pm 0,8$  N).

Tipán (2017), estudió el efecto de la aplicación de fritura al vacío y convencional sobre las variedades de papa para fritura: Premium y Allipacha. Las condiciones para fritura convencional

fueron: 170 °C y 180 °C de temperatura a 4.25 minutos y 3.75 minutos, respectivamente; y fritura al vacío a una temperatura de 120 °C por 16 minutos, a una presión absoluta de 10.3 kPa, para ambas variedades. Los resultados se procesaron mediante un análisis de varianza y las medias fueron comparadas mediante las pruebas “t de student” y Tukey ( $\alpha=0.05$ ). Mediante el proceso de fritura al vacío se logró bastones de papa con un menor contenido de grasa; disminuyó en la variedad Premium hasta un 44.1 %, y 52 % en la variedad Allipacha. También sucedió con el contenido de azúcares reductores, el porcentaje de reducción obtenido en la variedad Premium fue de 72.3 %; y en la variedad Allipacha un 79.05 %.

Bautista y Romero (2020), desarrolló un prototipo de fritura de vacío compuesto por un recipiente de fritado, de una fuente de calentamiento a gas propano, una bomba de vacío y un sistema de condensación, para obtener papas fritas con bajo contenido de acrilamida a partir de papas de la variedad Canchan, evaluándose parámetros de: presión de vacío (5, 10 y 15 kPa) y temperatura (110, 120 y 130 °C). Se determinó que las condiciones de vacío y temperatura evitaron la formación de acrilamida. Se evaluó la eficiencia del equipo en función de unidad de masa por tiempo (g/s), notándose que frente al tratamiento testigo T0 sometido a 2.5 minutos, el prototipo lo superó ampliamente en 1 minuto de fritado para todos tratamientos sometidos a vacío de 110, 120 y 130 °C. En la evaluación sensorial el tratamiento que mayor aceptación tuvo con respecto al color, olor, sabor y textura fue el T2 de presión de vacío 10 kPa a una temperatura de 110 °C.

## **2.2. Marco teórico**

### **2.2.1. Camote**

#### **2.2.1.1. Descripción general**

El camote, conocido también como batata o papa dulce, es una planta perenne que pertenece a la familia Convolvulaceae. Sus raíces tuberosas son gruesas y alargadas, compuestas

por almidones, proteínas, carbohidratos, fibras y azúcares (Agua, 2020). El camote, también conocido como *Ipomoea batata*, es un tubérculo que tiene un ciclo vegetativo largo (perenne), crece en climas templados y se caracteriza por su sabor dulce y su agradable aroma (Saavedra, 2022).

### 2.2.1.2. Composición nutricional del camote

Se han llevado a cabo varios estudios para investigar la composición nutricional del tubérculo de camote. Este alimento es abundante en carbohidratos, proteínas, grasas, carotenoides, vitamina A, vitamina C, riboflavina, niacina, fibra y agua. (Ibrahium y Hegazy 2014). El camote es rico en vitaminas, minerales, fibra y antioxidantes. (Agua, 2020).

**Tabla 2.** *Contenido nutrimental del camote*

Contenido	Unidad/100g
Agua	64 - 74 gr
Fibra	1.2 – 3.5 gr
Lípidos	0.5 – 2.1 gr
Proteína	1.2 – 7.2 gr
Grasas	0.4 – 3 gr
Carbohidratos	20.19 – 27.3 gr
Glucosa	2.37 – 4.68
Sacarosa	56.94 – 59.97
Fructosa	1.43 – 4 mg
Almidones	11.8 gr

**Fuente:** Tomado de Vidal et al. (2018)



### 2.2.1.3. Propiedades fisicoquímicas

**Tabla 3.** *Propiedades fisicoquímicas del camote*

<b>Característica fisicoquímica</b>	<b>Valor</b>
% Humedad	58.08 ± 0.629
% Cenizas	0.79 ± 0.09
% Extracto Etéreo	0.55 ± 0.071
% Proteínas	1.33 ± 0.007
% Fibra cruda	2.34 ± 0.021
% Elementos libres de nitrógeno	91.43 ± 0.276

**Fuente:** Tomado de Herrera (2015).

### 2.2.1.4. Variedades de camote

Fonseca et al. (2002), menciona que en en Perú se encuentra la mayor diversidad de variedades de camote a nivel mundial, cultivándose desde hace más de 10 mil años, al igual que en Centroamérica, donde se presentan camotes de diversos colores como blanco, morado y anaranjado. Las principales variedades de camote liberadas por la INIA en Perú son:

#### 2.2.1.4.1. Camote Cañetano - INIA

El camote amarillo, conocido como tipo "apichu" por su dulzura, tiene piel y pulpa de color naranja claro. Sus raíces tuberosas son redondas, con un periodo vegetativo de 4 meses, y tienden a presentar grietas debido a su susceptibilidad a los nemátodos.

#### 2.2.1.4.2. Camote Imperial - INIA

Este camote tipo "kumara" es de color de piel y pulpa crema, con un contenido de materia seca del 28-30% y un contenido de almidón del 19-21%. Esta variedad está destinada a actividades de procesamiento alimentario e industrial, siendo adecuada especialmente para la producción de

almidón. Tiene un periodo vegetativo de cinco meses y muestra resistencia a los nemátodos.

#### **2.2.1.4.3. Camote INA 100 - INIA**

El camote amarillo tipo "Apichu" presenta piel y pulpa de color naranja intenso, con un periodo vegetativo corto de cuatro meses. Tiene un contenido de materia seca entre el 22% y el 24%, siendo susceptible al ataque de nematodos. Su progenitor femenino es la variedad "Jewel", que fue líder en Estados Unidos por más de 20 años, mientras que como progenitor masculino se utilizó una mezcla de polen de las principales variedades peruanas y extranjeras.

#### **2.2.1.4.4. Camote INIA 306-Huambachero**

Este camote se caracteriza por tener una piel y pulpa de color amarillo, con un periodo vegetativo de aproximadamente 4 meses. Es conocido por su alto contenido de materia seca 30 a 32% y su buena calidad para la industria de procesamiento de alimentos. Además, es resistente a nematodos, lo que lo hace adecuado para el cultivo en diversas condiciones.

#### **2.2.1.4.5. Camote INIA 320 - Amarillo benjamín**

Este genotipo se caracteriza por tener piel y pulpa de color naranja, con un alto contenido de betacaroteno, zinc y hierro. Es resistente al ataque de nemátodos, muestra una alta productividad y calidad comercial. Las raíces tuberosas de esta variedad son alargadas y ovoides, con ojos superficiales, lo que contribuye a su excelente calidad culinaria y comercial.

#### **2.2.1.4.6. Camote INIA 331 – Bondadosa**

Es una variedad específica desarrollada por el Instituto Nacional de Innovación Agraria (INIA) en Perú. Esta variedad de camote se caracteriza por sus raíces tuberosas de forma alargada y su coloración anaranjada tanto en la piel como en la pulpa. Es reconocida por su alto contenido de betacarotenos, que son antioxidantes importantes y precursores de la vitamina A en el organismo. Esta variedad ha sido seleccionada no solo por su calidad nutricional, sino también por

su resistencia a ciertas enfermedades y su adaptabilidad a diferentes condiciones de cultivo en el país. (Instituto Nacional de Innovación Agraria, 2021).

**Tabla 4.** *Características físicas del camote INIA 331 - Bondadosa*

Forma	Oblonda
Color principal de la piel	Baige claro
Color principal de la pulpa	Anaranjado
Intensidad del color principal de la pulpa	Claro
Superficie	Liza y uniforme
Profundidad de los ojos	Pocos profundos
Formación de raíces	En racimo abierto
Rendimiento en campo de agricultor	40 t/ha
Rendimiento potencial	60 t/ha

**Fuente:** Tomado del Instituto Nacional de Innovación Agraria (2021)

**Figura 1.** *Camote INIA 331 - Bondadosa*



**Fuente:** Tomado del Instituto Nacional de Innovación Agraria (2021).

### **2.2.1.5. Usos del camote en la industria alimentaria**

En los últimos años, el camote ha ganado popularidad a nivel mundial. En China, se utiliza principalmente para la producción de almidón, que constituye el 55% de su uso. En Perú, se emplea para obtener harina utilizada en la elaboración de alimentos como pan y fideos (Vidal et al., 2018). En Japón, además de producir harina, se preparan encurtidos con la raíz del camote y bebidas lácteas fermentadas. En Filipinas, se extraen antocianinas del tubérculo y se añaden a la leche fermentada con la bacteria *Lactobacillus acidophilus*, con el propósito de fortalecer el sistema inmunológico gracias a sus propiedades antioxidantes, que ayudan a prevenir la formación de radicales libres (Sheikha y Ray 2017). En Estados Unidos, se han enriquecido los zumos de grosella negra, arándano y moscatel con compuestos bioactivos provenientes de la pulpa del camote, como carotenoides, vitaminas, polifenoles y fibra (Tang et al., 2015). La adición de estos compuestos es para que se ejerza un efecto protector ante enfermedades crónicas (Padilla et al., 2008).

### **2.2.2. Aceite**

#### **2.2.2.1. Descripción general**

Son compuestos grasos que contienen una alta concentración de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados, y generalmente se encuentran en estado líquido a temperatura ambiente. Cada tipo de aceite posee propiedades químicas únicas, además de distintos perfiles de sabor y valor nutricional (Burney y Johnson 2020).

#### **2.2.2.2. Tipos de aceite en fritura**

Según Valdiviezo (2014), el proceso de fritura utiliza aceites y grasas como medio para transferir calor al alimento. Prácticamente todas las variedades de grasas y aceites pueden emplearse en la fritura, incluidos los aceites vegetales tanto hidrogenados como no hidrogenados:

#### **2.2.2.2.1. Aceite (compuesto).**

Su composición consiste en una mezcla de aceites vegetales. En Perú, el 95% del consumo de las 70 marcas de aceites comerciales corresponde a aceites de origen vegetal, como los de ajonjolí, colza, maíz, oliva, soya, semilla de uva y germen de trigo, entre otros. Entre estas marcas se encuentran 9 compuestos, como Capri, Primor, Cocinero y Friol. (Ochoa, 2021)

#### **2.2.2.2.2. Manteca de Cerdo**

La manteca de cerdo se obtiene exclusivamente del tejido adiposo que se acumula en el tórax y el abdomen del cerdo. Su composición puede variar según la especie, la alimentación y la estación del año en que se obtiene; se ha observado que los cerdos alimentados al aire libre con pastos adecuados tienen cortes más magros y una grasa de mejor calidad. No obstante, generalmente consiste en una mezcla de oleína, predominantemente, y estearina. Su principal desventaja radica en su tendencia a enranciarse cuando se expone al aire por períodos prolongados, dado que se oxida fácilmente debido a la falta de antioxidantes naturales. La grasa de cerdo se utiliza comúnmente como grasa comestible de manera similar a la mantequilla, cuyas características dependen de la parte del cerdo de donde provenga y del método de procesamiento utilizado (Valdiviezo, 2014).

#### **2.2.2.2.3. Aceite Vegetal**

Los aceites vegetales son productos naturales líquidos a temperaturas moderadas, generalmente más viscosas que el agua pero menos densas, y que no se disuelven en agua. Estos aceites se extraen de plantas (Caballero et al., 2018).

### **2.2.3. Hojuelas**

#### **2.2.3.1. Descripción general**

Las hojuelas son productos alimenticios que se elaboran mediante métodos como la fritura,

extrusión o deshidratación. Están diseñadas para ser consumidas como un placer ocasional o como complemento energético o nutritivo, pero no constituyen una comida principal del día. Una amplia gama de alimentos, como cereales, tubérculos, carne, pescado, entre otros, pueden ser procesados para convertirse en hojuelas (Narro, 2021).

#### **2.2.3.2. Tipos de hojuelas**

Las hojuelas se agrupan según las técnicas utilizadas en su producción. Por ejemplo, existen hojuelas obtenidas mediante fritura, que incluyen frutas y tubérculos. Otros tipos han pasado por procesos de extrusión y/o expansión, como las hojuelas de maíz y cebada. También están las confituras elaboradas mediante deshidratación osmótica, así como frutas deshidratadas obtenidas mediante secado, que se consumen directamente o se utilizan en la fabricación de barras energéticas con una amplia variedad de sabores y texturas (Food and Agricultural Organization, 2022).

#### **2.2.3.3. Mecanismos de deterioro de las hojuelas**

Dado que las hojuelas se destacan por tener bajo contenido de humedad, una textura crujiente y un alto contenido de aceites después de la fritura, es poco probable que sufran alteraciones debido a microorganismos. Los principales procesos de deterioro en estos productos son el enranciamiento de la grasa y la pérdida de su textura crujiente (Food and Agricultural Organization, 2022).

- **Enranciamiento de la grasa.** Todas las grasas pueden deteriorarse debido al enranciamiento hidrolítico y oxidativo, lo que resulta en la formación de sabores y olores desagradables en los alimentos. Para reducir al mínimo este problema de rancidez, es crucial proteger el producto del oxígeno, la luz y pequeñas cantidades de iones metálicos.

- **Pérdida de la textura (crocancia).** La crocancia es una cualidad distintiva de la textura de las hojuelas, y su pérdida se debe principalmente a la absorción de humedad, lo cual suele ser la razón principal por la que los consumidores rechazan este tipo de productos.

#### **2.2.3.4. Requisitos mínimos en la calidad de hojuelas**

Según Norma Técnica Peruana (2016), las hojuelas de papas fritas deberán:

- Tener un color característico de la materia prima original;
- Tener la textura crujiente;
- No presentar superficies con quemaduras;
- No ser excesivamente grasienta; y
- Estar libre de rancidez, amargura y otros olores y sabores desagradables.

#### **2.2.4. Pre tratamientos en el camote**

Según Herrera (2015), Cuando el camote se pela y se expone al aire, tiende a oscurecerse debido a un fenómeno conocido como pardeamiento enzimático, lo que requiere un pretratamiento. Para inactivar la enzima polifenoloxidasas (PFO), se prueban métodos como la inmersión en una solución ácida compuesta por 1% de ácido ascórbico y 0,5% de ácido cítrico durante 10 minutos, y el escaldado, que consiste en sumergir el camote en agua a 90°C durante 1 minuto, en una proporción de 1:5. Este escaldado ayuda a conservar el color del camote pelado sin que ocurra pardeamiento. Además, después del escaldado, se realiza un choque térmico usando agua a temperatura ambiente (19°C).

### **Fritura de alimentos**

#### **2.2.4.1. Descripción general**

La fritura es un proceso fisicoquímico en el que se expone el alimento a freír, como papas o plátanos, a altas temperaturas para modificar su superficie y hacerla impermeable, lo que ayuda

a controlar la pérdida de agua desde su interior. Esto permite preservar muchas de las cualidades naturales del alimento, mejorando típicamente su sabor, textura, apariencia y color (Avalos, 2014). El proceso de freído es una técnica culinaria que implica sumergir los alimentos en grasas o aceites calientes, con el fin de alterar sus cualidades organolépticas (Astudillo, 2018).

El resultado del fritado de las hojuelas varía según la temperatura empleada. Temperaturas elevadas aceleran el proceso de fritura pero también pueden aumentar la descomposición del aceite. Por otro lado, temperaturas más bajas producen colores más claros, incrementan la absorción de aceite y prolongan el proceso. Por tanto, encontrar una relación óptima entre tiempo y temperatura de fritura es crucial para cada producto y proceso específico. (Paucar, 2013).

#### **2.2.4.2. Fritura al vacío**

La fritura al vacío consiste en sumergir los alimentos en aceite dentro de un sistema completamente sellado, donde la presión se reduce significativamente por debajo de los niveles atmosféricos. Esto provoca que la temperatura de ebullición tanto del agua como del aceite sea más baja, facilitando la extracción más rápida de la humedad de los alimentos (Dueik et al., 2014). La fritura al vacío es una tecnología que, aunque no está ampliamente adoptada en el mercado, está ganando seguidores cada año debido a su eficacia para mejorar los atributos de calidad de los productos finales. Esto se debe a que opera a presiones subatmosféricas, lo que permite el uso de temperaturas más bajas en comparación con la fritura convencional. (Mariotti et al., 2017).

En la fritura al vacío, ocurren simultáneamente procesos de transferencia de calor a través de conducción y convección, así como transferencia de masa que resulta en la pérdida de agua y la absorción de aceite por parte del alimento (Tirado et al., 2014). La fritura al vacío mejora la calidad fisicoquímica y sensorial de los alimentos gracias a que se utilizan temperaturas más bajas y el aceite tiene una menor exposición al oxígeno (Torres et al., 2017).



### 2.2.4.3. Etapas de la fritura al vacío

La fritura al vacío, en un proceso completo y controlado, la cual se divide en 4 etapas:

- a. **Despresurización.** Durante la primera fase, las rodajas de papa se colocan en el espacio superior del recipiente y esperan a que la presión disminuya antes de comenzar la segunda fase. Este proceso de despresurización puede durar entre 90 y 100 segundos (Silva y Moreira, 2008).
- b. **Fritura.** En la segunda fase, la fritura por inmersión puede extenderse aproximadamente durante 6 minutos, dependiendo de las condiciones específicas del proceso: tipo de papa, tamaño de las rodajas y temperatura de fritura, que puede ser inferior a 140°C. Durante este paso, se produce una transferencia de calor y masa dentro del sistema, donde el calor se transfiere desde el aceite hacia la superficie del producto y luego hacia su centro, lo que provoca la evaporación del agua y una absorción mínima de aceite (Silva y Moreira, 2008).
- c. **Presurización.** En esta etapa el alimento es retirado del aceite, se rompe el vacío y el aire ingresa al sistema alcanzando la presión atmosférica aumentando la temperatura en los poros, el aceite empieza a ingresar al interior solo para equilibrar la presión en los mismos (Suntaxi, 2013).
- d. **Enfriamiento.** En esta fase, la centrifugación se utiliza para eliminar cualquier residuo de aceite que pueda estar adherido a las paredes del alimento. (Segura y Gómez, 2019).

### 2.2.5. Análisis fisicoquímicos

#### 2.2.5.1. Descripción general

Es el conjunto de métodos y técnicas que determinan la composición y las características químicas y físicas de los alimentos juega un papel crucial en el desarrollo y la comprensión del concepto de materia. La aplicación de análisis fisicoquímicos es fundamental para este propósito

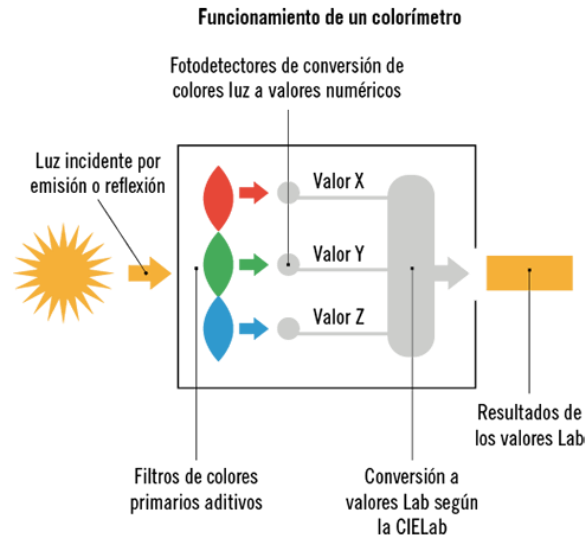
(Caballero et al., 2018). El análisis físico-químico de los alimentos es fundamental para garantizar la calidad, ya que permite determinar el valor nutricional, controlar el cumplimiento de parámetros específicos y detectar adulteraciones, irregularidades y contaminaciones tanto en alimentos frescos como en aquellos que han sido transformados (Millán y Ciro, 2012).

#### **2.2.5.2. Color**

El color es un atributo crucial que influye en la percepción de la calidad de un producto; cambios o irregularidades en su coloración pueden llevar a que los consumidores lo rechacen. Sin embargo, la percepción del color varía entre individuos, lo que introduce una considerable subjetividad. Por lo tanto, en la industria alimentaria es esencial disponer de equipos como el colorímetro, que permiten medir objetivamente este atributo (Chuchuca et al., 2012).

El colorímetro es un dispositivo utilizado para cuantificar el color de manera más precisa que el ojo humano. Sus mediciones son reproducibles y están bien correlacionadas con la percepción humana del color. Funciona midiendo la luz reflejada por el alimento a través de un fotodetector y codifica esta señal utilizando algún sistema de medición lumínica como la escala CIELAB, que es un espacio de color polar. (Ramírez, 2014). Un colorímetro incluye una fuente de luz, tres filtros (rojo, verde y azul), y un detector, lo que lo convierte en una réplica directa del mecanismo de percepción del sistema visual humano (Marqués y Begoña, 2010). El colorímetro opera al iluminar la muestra con una fuente de luz a un ángulo de  $45^\circ$ , lo que genera una reflexión difusa que pasa a través de los tres filtros X, Y, Z antes de ser medida por la fotocélula o detector. (Calvo y Durán, 1997).

**Figura 2.** Diagrama de funcionamiento de un colorímetro triestímulo.



**Fuente:** Tomado de Calvo y Durán (1997).

### 2.2.5.3. Textura

La textura se refiere a la percepción sensorial y funcional de las propiedades estructurales, mecánicas y de superficie de los alimentos, que se experimenta a través de los sentidos como la vista, la audición, el tacto y la cenestesia. (Szczesniak, 2002). El análisis de la textura de los alimentos presenta desafíos debido a la amplia variabilidad de este atributo tanto entre diferentes tipos de alimentos como a veces dentro de la misma categoría de productos. Aunque la textura es una propiedad sensorial, su medición frecuentemente involucra métodos mecánicos que aplican principios de ingeniería. Los equipos utilizados para evaluar la textura de los alimentos evalúan las propiedades mecánicas del alimento en la boca, así como otros estímulos sensoriales como auditivos y táctiles (Szczesniak 2002).

La textura es un atributo sensorial de gran importancia para la preferencia de un producto frito y constituye un parámetro crucial en su calidad final (González et al., 2015). Se considera que un producto frito de calidad tiene una capa crujiente de 1 a 2 mm de grosor, lo que indica frescura

y alta calidad, con un interior cocido, húmedo y suave. (Sanz et al., 2007). Para Bourne (2002), la relevancia de la textura en la aceptación general de los alimentos varía considerablemente, dependiendo principalmente del tipo de alimento. Esta importancia clasifica los alimentos en tres categorías principales basadas en su textura:

- a. Críticos:** La textura es el atributo de calidad predominante en estos alimentos. Ejemplos incluyen carnes, papas fritas, copos de maíz, entre otros.
- b. Importantes:** Alimentos donde la textura es importante pero no tiene un impacto significativo en la calidad general, al igual que el sabor y la apariencia. Ejemplos incluyen frutas, verduras, quesos, dulces, panes y otros productos a base de cereales.
- c. Inferiores:** La textura apenas influye en la calidad general de estos alimentos. Ejemplos incluyen la mayoría de las bebidas y las sopas enlatadas.

#### **2.2.5.4. Humedad**

Todos los alimentos, independientemente del proceso industrial al que hayan sido sometidos, contienen agua en diferentes proporciones. El contenido de agua varía generalmente entre un 60% y un 95% en los alimentos naturales. En los tejidos vegetales y animales, el agua existe principalmente en dos formas: como "agua libre" y "agua ligada". El agua libre o absorbida es la forma predominante y se libera fácilmente. El agua ligada está combinada o absorbida, presente en los alimentos como agua de cristalización en los carbohidratos, y está ligada a las proteínas y moléculas de sacáridos, así como absorbida en la superficie de las partículas coloidales (Villegas, 2014).

En un producto frito, un indicador crucial de calidad es el contenido de humedad, el cual influye en factores como la textura y el color, entre otros. Además, un bajo contenido de humedad proporciona estabilidad al inhibir o retrasar las actividades metabólicas de los microorganismos

responsables de la descomposición microbiana (Lucas et al., 2011). Hay varios métodos disponibles para medir el contenido de humedad en diversos tipos de productos, los cuales varían según la cantidad de muestra disponible, el rango de humedad a medir y la sensibilidad de la muestra al calor. Algunos de estos métodos incluyen el secado en estufa, el secado en estufa al vacío, el uso de termobalanzas, la destilación azeotrópica y el método de Karl Fischer (Villegas, 2014).

#### **2.2.5.5. Contenido de grasa mediante la extracción Soxhlet.**

Es una técnica comúnmente utilizada para separar sólidos de líquidos y determinar el contenido de grasa en muestras de diversos tipos. El contenido de grasa es un parámetro analítico importante en productos destinados tanto a la alimentación humana como animal, por lo que su medición es frecuente. El proceso implica la extracción sólido-líquido continuo utilizando un disolvente, seguido de la evaporación de este último y la pesada final del residuo. El resultado indica el contenido de sustancias extraíbles, que principalmente son grasas, aunque también pueden incluir otras sustancias como vitaminas liposolubles y pigmentos en el caso de alimentos (Valencia, 2018). El proceso implica hervir el disolvente en un matraz para extraer la materia sólida deseada, la cual está en la muestra dentro del cartucho de Soxhlet. Los vapores del disolvente suben por el extractor, se condensan en el refrigerante y caen gota a gota sobre el cartucho. La parte soluble se devuelve por gravedad al matraz (Grau, 1982).

#### **2.2.6. Análisis sensorial**

##### **2.2.6.1. Descripción general**

El análisis sensorial se define como la disciplina que estudia las percepciones obtenidas a través de los sentidos (oído, tacto, vista, olfato y gusto) para medir, analizar e interpretar características específicas de un producto. Esta disciplina interdisciplinaria involucra campos

como la sociología, tecnología de alimentos, psicología y estadística. La interpretación de estas percepciones facilita la evaluación de la aceptación potencial de un producto en el mercado, ya que la calidad sensorial es crucial en las decisiones de selección, compra y consumo, además de ser un indicador de seguridad alimentaria. (Onojakpor y Kock, 2020).

El análisis sensorial es una herramienta invaluable en la industria alimentaria, ya que proporciona datos fundamentales para el desarrollo de nuevos productos, la reformulación de productos existentes y la optimización de los procesos de fabricación (Martínez y Delgado, 2014). La elección del método de análisis sensorial a emplear está determinada por las características del producto, con el objetivo de establecer criterios objetivos para evaluar hasta 20 atributos como color, olor, sabor y palatabilidad, utilizando parámetros normalizados. Se requiere una selección cuidadosa de panelistas que sean capaces de aplicar pruebas específicas y diseños experimentales, ya que estos individuos deben ser capaces de interpretar y discriminar sensaciones de manera coherente en un contexto argumentativo (Albarracín y Sánchez, 2010).

#### **2.2.6.2. Color**

La evaluación sensorial del color es crucial porque precede a la evaluación de otros parámetros sensoriales, lo que significa que puede determinar si un alimento es aceptado o rechazado inicialmente (Mathias y Ah 2014). La evaluación organoléptica del color es crucial y es vista por los fabricantes de hojuelas fritas como un factor determinante en la evaluación final para el mercado. El color de las hojuelas fritas se forma debido a la caramelización de azúcares y a la reacción de Maillard, la cual, al involucrar aminoácidos, puede supuestamente implicar una pérdida nutricional (Pajar, 2008).

#### **2.2.6.3. Olor**

El olor de un producto se percibe cuando sus compuestos volátiles llegan a la cavidad nasal.

El término aroma se refiere al olor distintivo o característico de un producto (Hough, 2010). El olor en los productos fritos está relacionado con el índice de peróxidos, ya que la oxidación de los lípidos produce compuestos volátiles con olores desagradables. En las primeras etapas de la oxidación de las grasas, se genera una gran cantidad de peróxidos sin que haya señales sensoriales de deterioro. Estos peróxidos alcanzan su concentración máxima y luego disminuyen debido a su descomposición, lo que produce compuestos altamente volátiles característicos de la rancidez oxidativa (Pajar, 2008).

#### **2.2.6.4. Sabor**

Se define una sensación compleja que resulta de la estimulación de varios órganos sensoriales en la boca, incluyendo el gusto, el olfato y las sensaciones químicas (Hough, 2010). Esta sensación está regulada por numerosos componentes, entre los cuales el almidón y los azúcares reductores son los más influyentes en el sabor de las hojuelas (Pajar, 2008).

#### **2.2.6.5. Textura**

Es un conjunto de características de un producto que pueden estimular los receptores mecánicos y táctiles de la boca durante la degustación. Las sensaciones producidas se describen con términos generales que se perciben en la cavidad bucal tanto al masticar como al comprimir un alimento con la lengua, los dientes y el paladar. La apreciación de la textura de un alimento también se complementa con el sentido del oído (ruido). Las ondas sonoras hacen vibrar el tímpano, y esta vibración se transmite mecánicamente a través del oído interno al nervio auditivo, que lleva la sensación al cerebro (Hough, 2010).

- a. Crujencia:** Es una propiedad sensorial de los alimentos que se refiere a la sensación auditiva y táctil percibida al masticarlos. Se caracteriza por el sonido y la resistencia que un alimento presenta cuando es mordido o masticado, siendo un atributo importante

en productos como galletas, papas fritas y otros alimentos secos o fritos (Benavides, 2012).

- b. Crocancia o fracturabilidad:** es una propiedad sensorial de los alimentos que se refiere a la facilidad con la que un alimento se rompe o fractura al ser mordido o masticado. Esta característica está relacionada con la textura del alimento y se percibe tanto a través del sentido del tacto como del oído, cuando el alimento produce un sonido distintivo al romperse. Es una cualidad valorada en alimentos como galletas, papas fritas y otros productos secos o fritos, ya que contribuye a una experiencia sensorial agradable (Benavides, 2012).

#### **2.2.6.6. Pruebas orientadas al consumidor**

Las pruebas enfocadas en el consumidor permiten medir el grado de agrado de un producto y determinar su nivel de aceptación. Es un requisito que los panelistas sean consumidores habituales del producto en cuestión. Las pruebas de aceptación, también denominadas pruebas hedónicas, se enfocan en pedir al consumidor que indique su nivel de agrado por un producto utilizando una escala, por lo que también se les conoce como pruebas de nivel de agrado. Para llevar a cabo estas pruebas de aceptabilidad, se pueden emplear métodos como pruebas de ordenamiento, escalas categorizadas y pruebas de comparación (Ramírez, 2012).

##### **a. Escalas hedónicas**

Durante los últimos 60 años, las escalas hedónicas han sido la herramienta de investigación cuantitativa más comúnmente empleada para medir el gusto o agrado hacia los productos consumidos (Wichchukit y Mahony, 2015). Se distingue por tener un número variable de categorías (Clark et al., 2009). Se reconoce como una escala de categorías verbales y se clasifica como una escala ordinal (Lyon et al., 2008). No obstante, en el análisis paramétrico se asigna un



valor numérico a cada una de las categorías. (Ramírez, 2012).

Se pueden emplear diversas formas y tamaños de escalas hedónicas, siendo las más frecuentes las de nueve y siete puntos. Sin embargo, también existen escalas con 10, 15 e incluso 20 categorías (Clark et al., 2009). Es aceptable variar el número de categorías, siempre y cuando no se utilicen menos de 5 (Pilgrim y Peryam, 1996). El número de categorías en una escala está vinculado con la cantidad de estímulos que se evalúan, ya que a mayor número de estímulos, se requerirán más categorías (Lim, 2011).

- **Escala hedónica de 5 puntos o escala Likert.** Se trata de una lista ordenada de opciones que representan diferentes niveles de satisfacción, dispuestas alrededor de un punto neutral. El consumidor selecciona la respuesta que mejor refleja su opinión sobre el producto. Estas respuestas pueden ser números enteros, etiquetas verbales o figuras. Un ejemplo es la escala Likert de 5 puntos, donde se va desde "me gusta mucho" con una calificación de 1 hasta "me disgusta mucho" con una calificación de 5 (González et al., 2014).

### 2.3. Definición de términos

- **Análisis fisicoquímico.** Es el conjunto de métodos y técnicas que determinan la composición y características químicas y físicas de los alimentos como son: contenido de grasa, humedad, textura y color
- **Análisis sensorial.** Es un examen, mediante el cual se examina las características sensoriales de los alimentos como color, olor, sabor, textura y aceptabilidad global, con ayuda de los panelistas que utilizan sus sentidos.
- **Camote.** Es un tubérculo con alto valor nutricional rico en vitaminas y minerales, que se utiliza para la elaboración de hojuelas, mermeladas, dulces, harina cruda, entre otros.
- **Fritura al vacío.** Es una alternativa tecnológica, donde las hojuelas de camote se sumergen

en aceite en un sistema completamente cerrado, donde se reduce la presión, para generar un vacío, con el fin de reducir la presión del punto de ebullición del agua contenida en el alimento y consecuencia freír con aceite a menor temperatura.

- **Hojuelas.** Son alimentos elaborados por medio de fritura, que han sido elaborados para ser consumidos por placer o como complemento energético o nutritivo, la cual se utilizan para satisfacer temporalmente el hambre, como son las hojuelas de camote.
- **Presión de vacío.** Es una medida de la presión de un gas aplicada a las hojuelas de camote, en un ambiente cerrado, donde la presión es inferior a la atmosférica.
- **Temperatura de fritura.** Es aquella temperatura que se aplica a los alimentos en un espacio cerrado, siendo estas temperaturas menores a 120°C, con el fin de obtener mejores características fisicoquímicas y sensoriales.

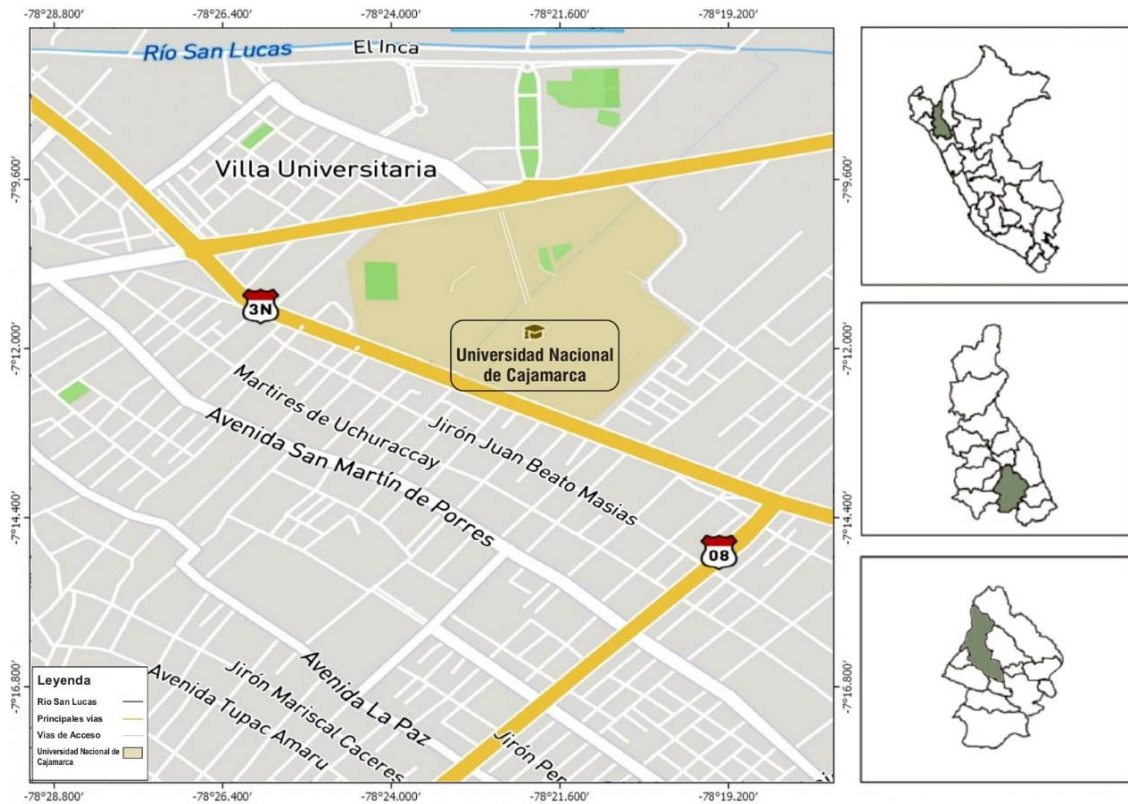
## CAPITULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Localización de la investigación

El presente trabajo experimental se efectuó en el siguiente laboratorio: laboratorio de frutas y hortalizas de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industria Alimentarias de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca que está ubicada en el departamento de Cajamarca, provincia de Cajamarca y distrito de Cajamarca, cuya universidad se encuentra a una altitud de 2750 msnm,  $78^{\circ} 29' 44''$  de longitud oeste y  $7^{\circ} 10' 01''$  latitud sur con clima templado, seco y su temperatura media anual es de  $15,6^{\circ}\text{C}$ . En la figura 3 se puede visualizar el mapa de ubicación de la Universidad Nacional de Cajamarca

**Figura 3.** Mapa de ubicación - Universidad Nacional de Cajamarca



## **3.2. Tipo y diseño de investigación**

El tipo de investigación será experimental. Para las variables del proceso de fritura al vacío se aplicará, un diseño factorial 3 x 3, completamente al azar, los factores y sus niveles.

### **3.2.1. Materiales experimentales**

#### **3.2.1.1. Materia prima:**

- Camote variedad INIA 331 - Bondadosa. Se obtuvo del caserío Casa Blanca, distrito de Aucallama, provincia de Huaral, departamento de Lima.

#### **3.2.1.2. Insumos**

- Aceite vegetal 100% de soya
- Ácido cítrico

#### **3.2.1.3. Equipo de laboratorio**

- Freidora al vacío
- Termómetro marca Ottoware
- Cronómetro marca Desego
- Balanza analítica marca AND GR-300
- Equipo soxhlet marca SOX406 Fat Analyzer
- Texturómetro marca Brookfield, modelo CT3.
- Colorímetro marca Minolta.
- Estufa marca Biobase

#### **3.2.1.4. Materiales de laboratorio**

- Bureta
- Campana desecadora de vidrio

- Probeta de 100 ml
- Vaso de precipitación 50 ml, 100 ml, 250 ml y 500 ml.
- Pipetas de 1 - 10 ml
- Papel filtro
- Pesa filtro

#### **3.2.1.5. Reactivos**

- Alcohol etílico 95 %.
- Éter de petróleo
- Hipoclorito de sodio

#### **3.2.1.6. Material de escritorio**

- Cámara fotográfica
- Computadora
- Libreta de notas
- Papel
- Plumón indeleble
- Bolígrafo
- Regla

#### **3.2.1.7. Otros**

- Mesa de acero inoxidable
- Rebanadora para hojuelas
- Cuchillos de acero inoxidable
- Coladores metálicos

- Ollas (aluminio o acero inoxidable).
- Cocina a gas y balón de gas
- Toalla de papel absorbente
- Bolsas de polietileno

### **3.2.2. Factores, variables, niveles y tratamientos de estudio**

#### **3.2.2.1. Factores en estudio**

Los factores que se estudiarán son:

- Factor A: Temperatura de fritura
- Factor B: Presión de vacío

#### **3.2.2.2. Variables de la investigación**

**Variable independiente:**

- Temperatura de fritura
- Presión de vacío

**Variable dependiente:**

**Características fisicoquímicas**

- Color
- Textura
- Humedad
- Contenido de grasa

**Evaluación sensorial**

- Color
- Olor

- Sabor
- Textura
- Apariencia general

### **3.2.2.3. Niveles**

Las temperaturas, que se utilizarán durante la fritura serán los siguientes:

$$t1= 110 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t2= 120 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$t3= 130 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Las presiones al vacío, que se utilizarán durante la fritura serán los siguientes:

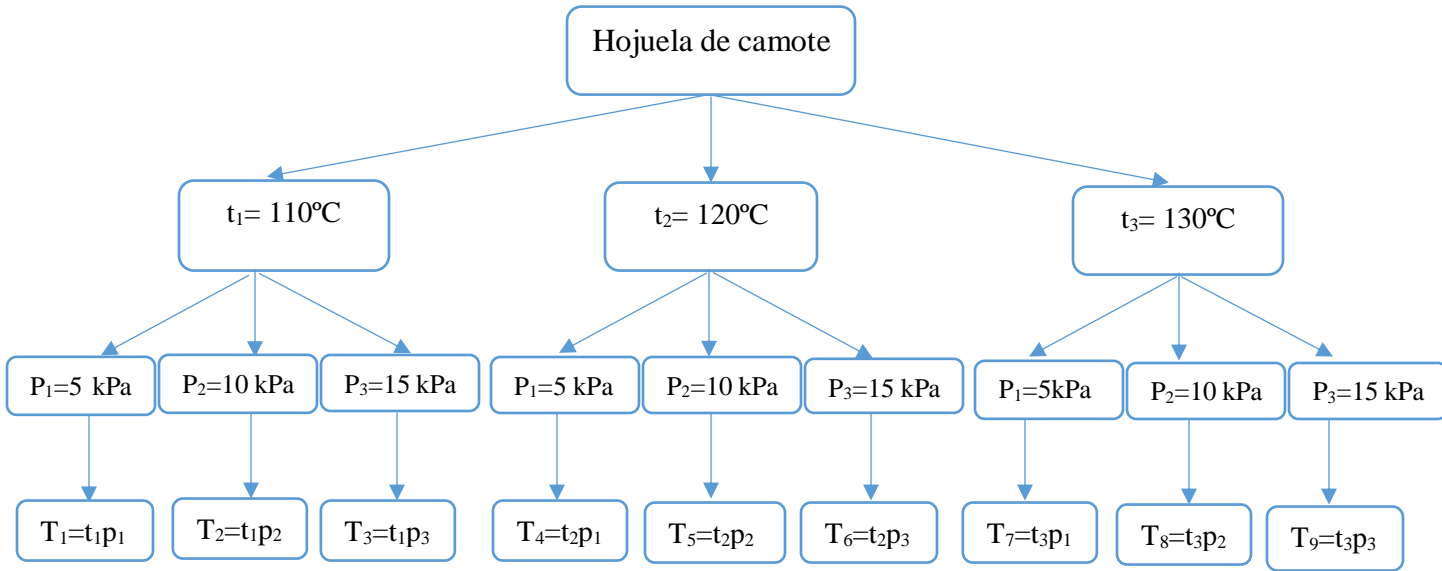
$$p1= 5 \text{ kPa}$$

$$p2= 10 \text{ kPa}$$

$$p3= 15 \text{ kPa}$$

En la figura 4 se puede observar los tratamientos de estudio de la hojuela de camote, donde nos muestra las tres temperaturas de fritura y las tres presiones de vacío empleadas, resultando de esto los 9 tratamientos.

**Figura 4.** *Tratamientos de estudio de la hojuela de camote*



**Nota:** p= presión, t= temperatura y T= tratamiento

### 3.2.2.4. Tratamientos de estudio

De la combinación de los diferentes niveles de cada factor se dieron como resultado los siguientes tratamientos presentados en la tabla 5:

**Tabla 5.** *Tratamientos en estudio.*

Tratamientos	Códigos	Descripción
T1	t1 p1	110°C de temperatura de fritura y 5 kPa de presión de vacío
T2	t1 p2	110°C de temperatura de fritura y 10 kPa de presión de vacío
T3	t1 p3	110°C de temperatura de fritura y 15 kPa de presión de vacío
T4	t2 p1	120°C de temperatura de fritura y 5 kPa de presión de vacío
T5	t2 p2	120°C de temperatura de fritura y 10 kPa de presión de vacío
T6	t2 p3	120°C de temperatura de fritura y 15 kPa de presión de vacío
T7	t3 p1	130°C de temperatura de fritura y 5 kPa de presión de vacío
T8	t3 p2	130°C de temperatura de fritura y 10 kPa de presión de vacío
T9	t3 p3	130°C de temperatura de fritura y 15 kPa de presión de vacío

**Nota:** T= tratamiento, p= presión y t= temperatura



### 3.2.3. Diseño experimental y arreglo de los tratamientos.

La investigación utiliza un diseño experimental, específicamente un diseño completamente al azar (DCA) con un arreglo factorial de 3 x 3, combinando los niveles de los factores. La tabla 6 detalla las combinaciones de los factores: el factor A representa las presiones de vacío y el factor B las temperaturas. La combinación de estos factores resultó en nueve tratamientos.

**Tabla 6.** Factores, niveles y tratamientos en estudio.

Factores	Niveles	Combinaciones	Tratamientos
A	t1	t1 más p1	T1
		t1 más p2	T2
		t1 más p3	T3
	t2	t2 más p1	T4
		t2 más p2	T5
		t2 más p3	T6
B	p1	t3 más p1	T7
	p2	t3 más p2	T8
	p3	t3 más p3	T9

**Nota:** A= temperatura de fritura, B= presión de vacío, p= presión, t= temperatura y T= tratamiento

#### 3.2.3.1. Proceso de obtención de hojuelas fritas de camote

Para la obtención de hojuelas de camote se realizará las siguientes etapas:

- a. Recepción de la materia prima.** Se recibieron los camotes y se llevó a cabo una inspección de peso para determinar el porcentaje de rendimiento (Santisteban, 2019).
- b. Selección y clasificación.** Los camotes sanos se separaron de aquellos con defectos para evitar daños en la calidad del producto final. El producto se clasificó según calibres (largo: 7-13 cm, diámetro: 5-7 cm, y peso: 300-330 g) para asegurar una

muestra experimental de alta calidad (Santisteban, 2019).

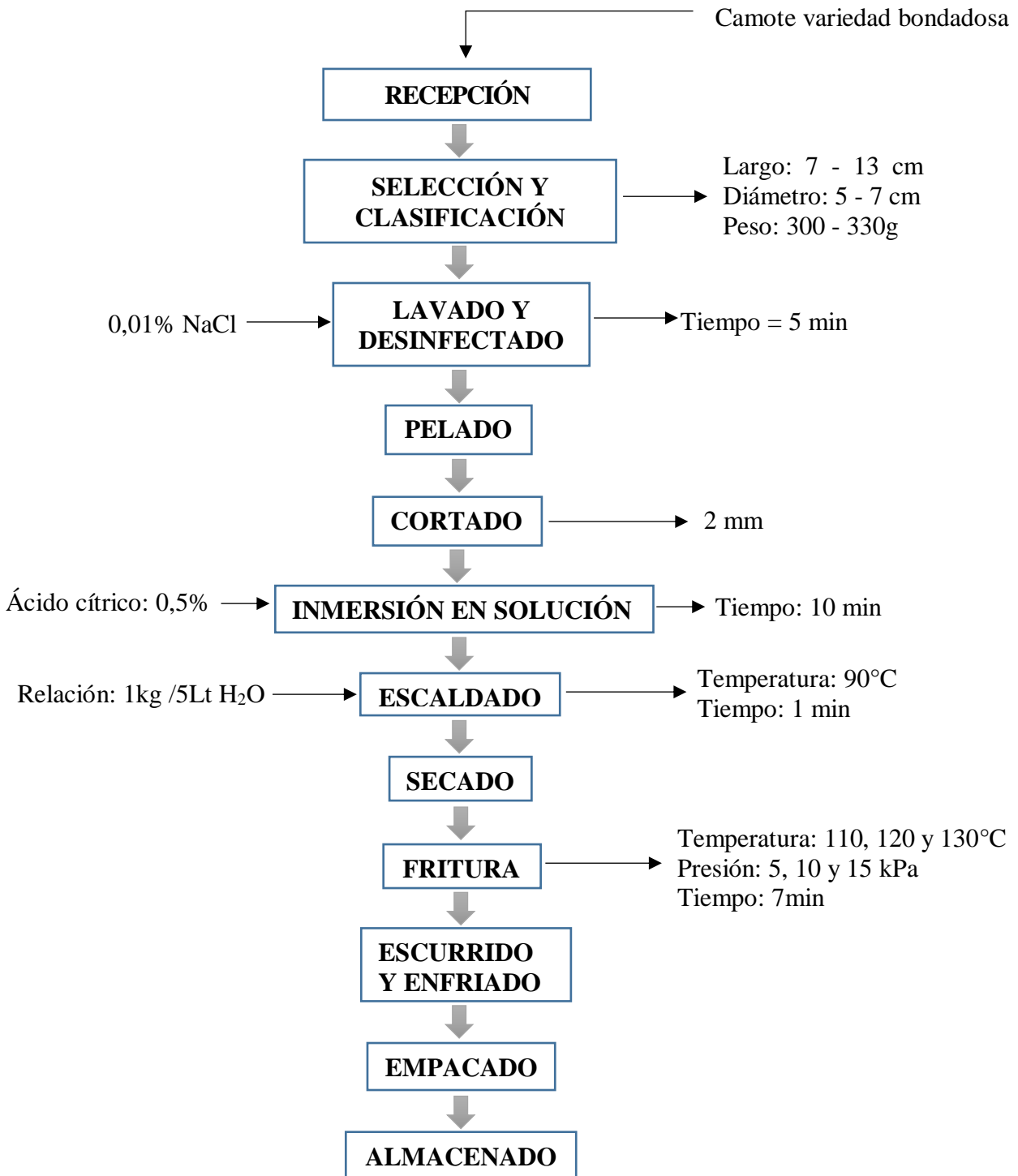
- c. Lavado y desinfectado.** Se lavó los camotes a chorro de agua y con la ayuda de una escobilla, se eliminaron todos los residuos de tierra e impurezas (Antón y Saavedra, 2017). Posteriormente, se sumergieron en una tina de agua con hipoclorito de sodio al 0,01% durante 5 minutos. Al finalizar este tiempo, se enjuagaron con abundante agua (Bautista y Romero, 2020).
- d. Pelado.** Este proceso consistió en eliminar la epidermis del tubérculo, dejándolo listo para la siguiente etapa. Se retiró toda la cáscara del camote utilizando un cuchillo de acero inoxidable y se realizó un segundo pesaje para determinar el rendimiento (Antón y Saavedra, 2017).
- e. Cortado.** Los camotes se cortaron en rodajas con una rebanadora manual ajustada a una abertura de 2 mm (Herrera, 2015).
- f. Inmersión en solución ácida.** Se sumergieron en una solución de ácido cítrico al 0,5% a temperatura ambiente durante 10 minutos, agitando ocasionalmente (Herrera, 2015).
- g. Escaldado.** Se sometieron a un escaldado en agua a 90 °C durante 1 minuto, utilizando una proporción de camote/agua de escaldado de 1/5. Después del escaldado, se aplicó un choque térmico con agua a temperatura ambiente (19°C) (Herrera, 2015).
- h. Secado:** Antes de proceder con la fritura, se eliminó la humedad de manera manual utilizando toallas de papel absorbente (Untuña, 2013).
- i. Fritura.** Luego, se llevó a cabo el proceso de fritura al vacío, donde las rodajas tanto del grupo experimental como del control se sumergieron en aceite en una

proporción de 1 parte de peso del producto por cada 3 partes de peso de aceite (Montero, 2015). Las hojuelas de camote se frieron con aceite comercial con diferentes temperaturas de 110, 120 y 130°C y presiones de 5, 10 y 15 kPa con tiempo óptimo de 7 minutos.

- j. Escurrir y enfriar.** Se retiró el exceso de aceite utilizando rejillas metálicas de canastilla dentro de la olla freidora, con el objetivo de mejorar su presentación. Las hojuelas recién fritas se enfriaron colocándolas sobre papel absorbente en una mesa de acero inoxidable completamente limpia, a temperatura ambiente, durante 15 minutos (Santisteban, 2019).
- k. Empacado.** Las hojuelas fritas se empaquetaron en bolsas de polipropileno y se sellaron herméticamente para reducir la cantidad de oxígeno dentro de ellas y evitar su deterioro (Santisteban, 2019).
- l. Almacenado.** Las hojuelas de papas fritas en su envase de polipropileno se almacenaron a temperatura ambiente (20°C) hasta el momento del análisis (Santisteban, 2019).

En la figura 5 se muestra el diagrama de flujo de la elaboración de hojuelas de camote:

**Figura 5.** *Flujograma de elaboración de hojuelas de camote.*

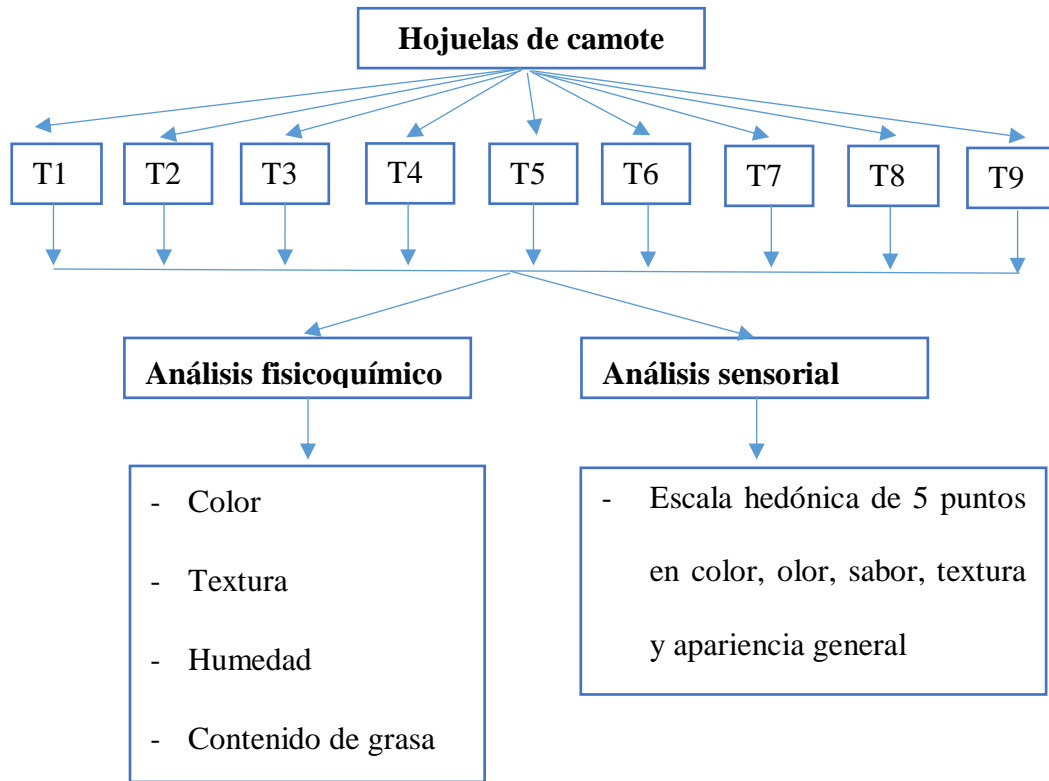


*Fuente:* Adaptado de Herrera (2015).

### 3.2.4. Esquema experimental de las hojuelas de camote

En la siguiente figura 6 nos muestra el croquis experimental de las hojuelas de camote, donde están las 9 muestras, las cuales se sometieron análisis fisicoquímico y sensorial

**Figura 6.** Croquis experimental de las hojuelas de camote.



### 3.2.5. Métodos de análisis

#### 3.2.5.1. Análisis fisicoquímico

##### a. Determinación del color.

Se utilizaron un colorímetro de marca (Minolta) para determinar los valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$ . Las mediciones de color se expresaron mediante los valores del sistema CIE- $L^* a^* b^*$ . El parámetro  $L^*$  indica la luminosidad en una escala de 0 (oscuro) a 100 (blanco puro), el parámetro  $a^*$  describe el matiz del color (+ rojo, - verde), y el parámetro  $b^*$  describe el matiz del color (+ amarillo, - azul). Estos atributos de color se pueden calcular a partir de los valores de  $L^*a^*b^*$

utilizando las siguientes ecuaciones:

$$\text{Luminosidad} = L^*$$

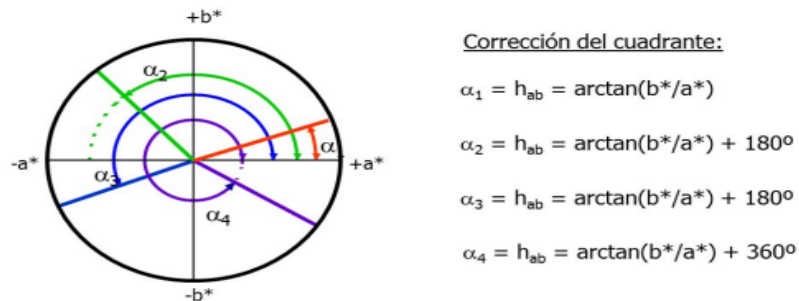
$$\text{Tonalidad} = h^* = \arctg \frac{b^*}{a^*}$$

**Donde:**

$L^*$  representa la medida de luminosidad, como se ha mencionado previamente en la introducción, donde su valor oscila entre 0 para oscuro y 100 para blanco puro. En casos donde hay fluorescencia, es posible que se encuentren valores de  $L^*$  superiores a 100, aunque esto es poco común en aplicaciones alimentarias. Cuanto más cercano sea el valor de  $L^*$  a 100, más luminoso será el producto, mientras que valores más cercanos a 0 indican un producto más oscuro.

$h^*$  es el ángulo que indica la tonalidad y representa la orientación relativa del color respecto al origen  $0^\circ$ . En el espacio de color  $ab$ , que se divide en  $360^\circ$  al igual que una circunferencia, el origen  $0^\circ$  se encuentra en la posición donde  $a^*$  es positivo y  $b^*$  es 0, correspondiente a un color estrictamente rojo. Moviéndose en sentido contrario a las agujas del reloj, un color estrictamente amarillo estaría en el ángulo  $90^\circ$ , verde en  $180^\circ$  y azul en  $270^\circ$ . Para especificar el tono utilizando la ecuación 3, es necesario ajustar el cuadrante correspondiente. La figura 7 ilustra esta corrección del cuadrante en el cálculo del tono dentro del espacio de color CIELAB.

**Figura 7.** Corrección del cuadrante para el cálculo del tono en el espacio de color CIELAB.



**Fuente:** Tomado de Oliag (2017).

### **b. Determinación de la textura.**

Para llevar a cabo este análisis, se empleó un texturómetro Brookfield Modelo CT3 disponible en la Escuela Académica Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Este dispositivo mide la fuerza necesaria para romper las hojuelas. Se utilizó el programa de análisis de datos Texture Expert junto con una sonda esférica P/2 de 2 mm de diámetro de Stable Micro System. Los parámetros de la prueba incluyeron una velocidad de prueba de 1 mm/s, una fuerza de activación de 5 g y una distancia de sonda de 3 mm. Se realizaron dos mediciones de fuerza de ruptura por cada tratamiento aplicado a cada hojuela frita (Gómez, 2013). Se evaluó el parámetro principal de textura mecánica en las hojuelas, que fue la fuerza necesaria para su ruptura. (Trejo et al., 2019).

### **c. Determinación de humedad.**

Se determinó según el método de la Norma Técnica Peruana (2018), la cual se realizó de la siguiente manera:

#### **Procedimiento:**

- En la cápsula o placa Petri previamente tarados junto con su tapa, se pesaron de 3g a 5g de la muestra preparada según el subcapítulo 6.1, con aproximación a la cuarta cifra decimal.
- Se colocaron las muestras en la estufa regulada a  $105\text{ }^{\circ}\text{C} + 2\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante 2 h.
- Antes de retirar la muestra de la estufa, se tapó la cápsula o placa petri, y se colocaron en un desecador hasta temperatura ambiente.
- Se determinó con exactitud la masa de la cápsula o placa petri conteniendo la muestra seca (m1).

**Método de cálculo y fórmula:**

$$H = \frac{(m - m1) \times 100}{m}$$

**Donde:**

**H** = Humedad en g/100g.

**m** = Masa en gramos, de la muestra original.

**m1** = Masa en gramos, de la muestra seca.

**d. Determinación de grasa.**

Se determinó según AOAC (1990), mediante método Soxhlet. Se estableció su masa, una vez libre de disolvente, por pesada (método gravimétrico).

**Procedimiento:**

- Se pesaron de 3 a 5 g de muestra seca, empaquetándolo en papel filtro y se coloca en la cámara de extracción del equipo soxhlet.
- Se pesó el balón vacío, en el cual posteriormente se depositará la grasa, anote el peso.
- Se fijó el balón a la parte inferior del Soxhlet en forma segura, con la finalidad de evitar alguna fuga.
- Se agregó éter de petróleo hasta una parte del mismo sea sifoneado hacia el balón (60ml).
- Seguidamente se conectó a la fuente de calor. Al calentarse el solvente se evapora y asciende a la parte superior del equipo, allí se condensa por refrigeración con agua y cae sobre la muestra, regresando posteriormente al balón por sifoneado, arrastrando consigo la grasa. El ciclo es cerrado, la velocidad de goteo del éter de petróleo debe ser de 45 a 60 gotas por minuto.



- El proceso duró de 2 horas, que dependió del contenido graso de la muestra y de la muestra en sí. Se retiró el balón con el aceite cuando ya no contenga éter de petróleo. Luego se evaporó el solvente permanente en el balón, con una estufa (1 h x 105 °C), y se enfrió en una campana de desecación por un espacio de 30 min.
- Su peso se cuantificó en una balanza analítica. Los diferentes pesos registrados se reemplazaron en la siguiente ecuación:

**Método de cálculo y fórmula:**

$$\% \text{ Grasa} = \frac{\text{BG} - \text{B}}{\text{W}} \times 100$$

**Donde:**

**B** = Peso del balón vacío.

**BG** = Peso del balón más la grasa.

**W** = Peso de la muestra.

**3.2.5.2. Análisis sensorial**

En la Tabla 7 se presenta una escala hedónica de 5 puntos que evalúa el grado de agrado o desagrado del producto, desde "me gusta mucho" hasta "me disgusta mucho". La evaluación se realizó a las 9:00 am con la participación de 30 panelistas no entrenados, estudiantes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, hombres y mujeres. Los panelistas utilizaron sus sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído para evaluar las características sensoriales y la apariencia general del producto, utilizando una escala hedónica de 1 a 5 puntos. A cada panelista se le proporcionaron 10 g de cada tipo de hojuela frita correctamente etiquetada, acompañada de un vaso de agua y una ficha de evaluación.

**Tabla 7.** Escala hedónica de 5 puntos.

<b>Calificación</b>	<b>Puntaje</b>
Me gusta mucho	5
Me gusta	4
No me gusta, ni me disgusta	3
Me disgusta	2
Me disgusta mucho	1

**Fuente:** Tomado de González et al. ( 2014).

**Procedimiento:**

- Cada panelista no entrenado recibió 9 muestras dispuestas en bolsas individuales de polipropileno, cada una codificada según su tratamiento correspondiente.
- Las muestras fueron dispuestas en la cabina, junto a un vaso conteniendo agua como medio de neutralización, junto con la ficha de evaluación sensorial (Anexo 6) y la escala hedónica de 5 puntos.
- Los panelistas llevaron a cabo la evaluación en cabinas individuales que fueron preparadas exclusivamente para este propósito.
- El panelista no entrenado evaluó las muestras considerando los parámetros de color, aroma, sabor, textura y apariencia general.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

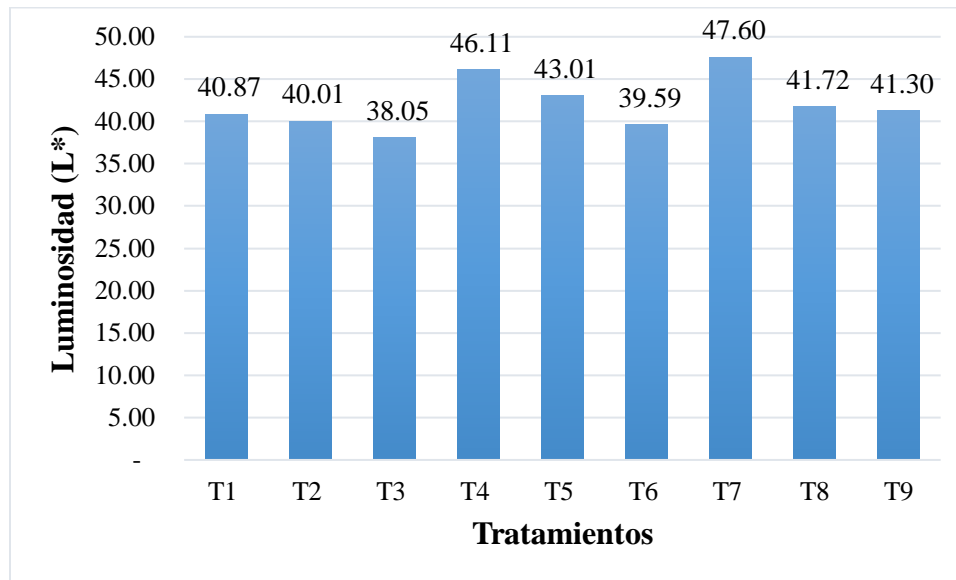
#### 4.1. Resultados de análisis fisicoquímico

##### 4.1.1. Análisis del color

##### 4.1.1.1. Análisis de la luminosidad (L\*)

Las hojuelas de camote fritas al vacío presentan valores de luminosidad (L\*) entre 38.05 y 47.60, considerados oscuros, como se muestra en la figura 8, estos valores indican baja claridad, debido a una mínima reacción de pardeamiento no enzimático, esto se debe a los azúcares reductores, aminoácidos presentes en el camote; asimismo las bajas temperaturas empleadas en la fritura al vacío, disminuyeron estas reacciones, ayudando así a conservar una mayor luminosidad en las hojuelas de camote. Crosa et al. (2014), menciona que los valores reducidos de luminosidad están relacionados principalmente con reacciones de pardeamiento no enzimático, conocido como oscurecimiento, que suelen ocurrir entre azúcares reductores y aminoácidos. Comparando estos resultados con un estudio similar, las hojuelas de camote (*Ipomoea batatas* L.) variedad toquecita fritas al vacío tienen una luminosidad similar, entre 34.73 y 46.05, Villena (2022).

**Figura 8.** Efecto de la fritura al vacío en la luminosidad ( $L^*$ ).



Según los resultados obtenidos, la figura 8 muestra los efectos del vacío en la luminosidad ( $L^*$ ) de los nueve tratamientos estudiados. Se observa una ligera diferencia entre cada tratamiento, destacando el tratamiento T7, que utilizó una temperatura alta de  $130^{\circ}\text{C}$  y una presión baja de 5kPa, mientras que el tratamiento T3, con una temperatura baja de  $110^{\circ}\text{C}$  y una presión alta de 15kPa, tuvo la menor luminosidad. Esto indica que un aumento en la temperatura y una disminución en la presión tienden a aumentar la luminosidad en las hojuelas de camote fritas; reafirmado por Alva et al., (2015) durante la evaluación del color en las hojuelas fritas de papa (*Solanum tuberosum*) de las variedades huevo de Indio, negra y única, se observó que a mayores temperaturas y tiempos, los valores de luminosidad ( $L^*$ ) tienden a ser más altos. Simbaña (2021), indica que los altos valores de luminosidad reflejan un color más claro, lo cual es beneficioso para los alimentos fritos.

#### 4.1.1.2. Análisis de varianza ANOVA para luminosidad (L\*)

Tabla 8. Análisis de varianza ANOVA para luminosidad (L\*)

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculado	p-Valor
<b>A:</b> Temperatura de fritura	22.776	1	22.776	11.49	0.0195
<b>B:</b> Presión de vacío	40.7683	1	40.7683	20.57	0.0062
<b>AB</b>	3.0276	1	3.0276	1.53	0.2714
<b>Error total</b>	9.90881	5	1.98176		
<b>Total (corr.)</b>	76.4807	8			

Los resultados de la tabla 8 de ANOVA para la variable luminosidad (L\*) de hojuelas de camote muestra una alta significación estadística para la temperatura de fritura es de 0.0195 y presión de vacío es de 0.0062, es decir, tienen un valor-P menor que 0.05, la cual indica que existe una diferencia estadística significativa, por ende, producen efectos en la luminosidad (L\*) para las hojuelas de camote, por lo cual, se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey para el factor A y B en la identificación de los tratamientos. Por otro lado, la interacción de estos factores AB tienen un valor-P de 0.2714, siendo mayor que 0.05, la cual indica que no existe una diferencia estadística significativa.

**Tabla 9.** Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% para luminosidad ( $L^*$ )

Temperatura de fritura ( $^{\circ}\text{C}$ )	N	Media	Agrupación
<b>130</b>	3	43.5400	A
<b>120</b>	3	42.9033	B
<b>110</b>	3	39.6433	B

La tabla 9 muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los niveles del factor temperatura de fritura en la luminosidad de hojuelas de camote, para determinar el mejor nivel de temperatura de vacío, se les agrupo en dos grupos A y B, donde el grupo A corresponde el tratamiento a temperatura de vacío  $130^{\circ}\text{C}$  y el grupo B está conformado por  $110$  y  $120^{\circ}\text{C}$ , esto indica que estos tratamientos no presentan diferencias significativas, mientras que el tratamiento de  $130^{\circ}\text{C}$  no comparte grupo, por tanto es estadísticamente diferente de los demás tratamientos y presenta mayor luminosidad con una media de 43.54.

**Tabla 10.** Pruebas de HSD tukey para el factor presión de vacío, confianza de 95% para luminosidad ( $L^*$ )

Presión de vacío (kPa)	N	Media	Agrupación
<b>15</b>	3	44.8600	A
<b>10</b>	3	41.5800	A B
<b>5</b>	3	39.6467	B

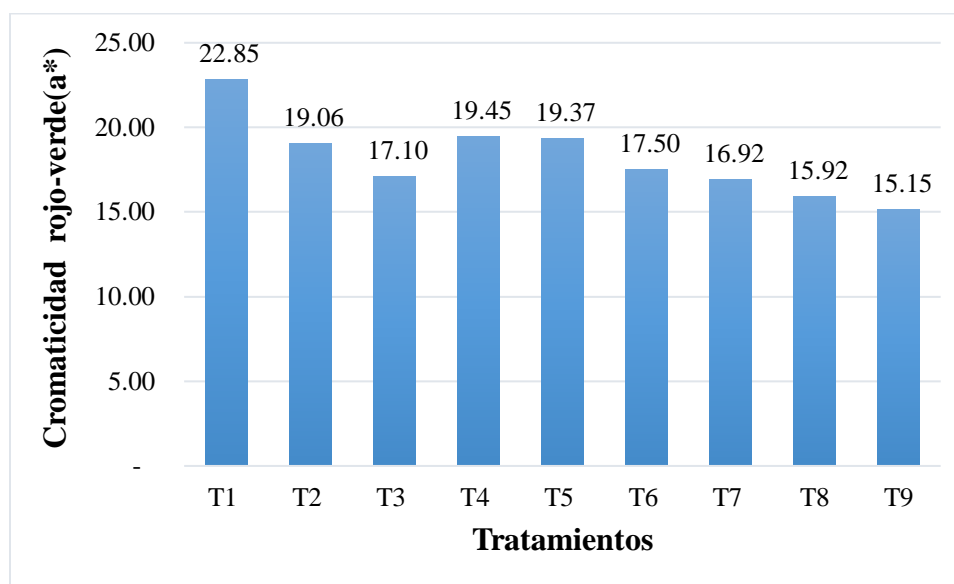
La tabla 10 muestra los resultados obtenidos con la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los niveles del factor presión de vacío en la evaluación de la luminosidad de las hojuelas de camote para determinar el mejor nivel de presión

de vacío, se le agrupo en dos grupos A y B, en donde el grupo A esta conformado por los tratamientos 5 y 10kPa y el grupo B está conformado por los tratamientos con 10 y 15kPa como se observa el tratamiento con presión de 10 kPa comparte el mismo grupo, con los tratamientos a presión de 15 y 5kPa, esto quiere decir que no existe diferencias significativas entre estos tratamientos. Los tratamientos 5 y 15kPa no comparten el mismo grupo, por tanto, presenta diferencias significativas. Siendo el tratamiento a 15kPa el que tiene mayor luminosidad con una media de 44.86 y el tratamiento con 5kPa tiene menor luminosidad con una media de 39.65.

#### **4.1.1.3. Análisis de la cromaticidad rojo-verde ( $a^*$ )**

En la figura 9 se puede visualizar las hojuelas fritas de camote variedad bondadosa valores de cromaticidad rojo-verde ( $a^*$ ) que oscilan entre 15.15 y 22.85 indicando una mejor retención de los tonos rojos naturales del camote, ya que es rica en carotenoides, la fritura al vacío ayuda a preservar estos pigmentos, resultando en una cromaticidad más intensa en el eje rojo-verde. Al comparar estos valores con el estudio de Villena (2022), se reportan valores de cromaticidad rojo-verde ( $a^*$ ) entre 6.94 y 12.23 en chips de camote (*Ipomoea batatas* L.) variedad toquecita fritos al vacío, que son inferiores a los obtenidos en las hojuelas de camote.

**Figura 9.** Efecto de la fritura al vacío en la cromaticidad rojo-verde ( $a^*$ ).



De acuerdo a los resultados obtenidos la figura 9 muestra los efectos de vacío de los nueve tratamientos de estudio en la cromaticidad rojo-verde ( $a^*$ ), se identifica una ligera diferencia en cada tratamiento, se puede apreciar que sobresale el tratamiento T1, debido a que se aplicó una temperatura baja de 110°C con una presión baja de 5kPa y la que menos sobresale lo ocupa el tratamiento el T9, debido a que se aplicó una temperatura alta de 130°C con una presión alta de 15kPa, esto quiere decir, a medida que disminuya tanto la temperatura como la presión, mayor será la cromaticidad rojo-verde ( $a^*$ ) en la hojuelas fritas de camote. Quan et al. (2016), señala que las reacciones de pardeamiento tienen un gran impacto en la cromaticidad rojo-verde ( $a^*$ ) y según Dueik (2011), afirma que la fritura al vacío previene la coloración excesiva y el oscurecimiento de los snacks, ya que las reacciones de Maillard son menores a temperaturas bajas, lo que también evita la formación de compuestos tóxicos.



#### 4.1.1.4. Análisis de varianza ANOVA para cromaticidad rojo-verde (a\*)

**Tabla 11.** Análisis de varianza ANOVA para cromaticidad rojo-verde (a\*).

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculado	p-Valor
<b>A: Temperatura de fritura</b>	20.2401	1	20.2401	25.55	0.0039
<b>B: Presión de vacío</b>	14.9468	1	14.9468	18.87	0.0074
<b>AB</b>	3.9601	1	3.9601	5.00	0.0756
<b>Error total</b>	3.96022	5	0.792043		
<b>Total (corr.)</b>	43.1072	8			

Los resultados de la tabla 11 de ANOVA para la variable cromaticidad rojo-verde (a\*) de hojuelas de camote muestra una alta significación estadística para los factores temperatura de fritura y presión de vacío es de 0.0039 y presión de vacío es de 0.0074, es decir, tienen un valor-P menor que 0.05, la cual indican que existe una diferencia estadística significativa, por ende producen efectos en la cromaticidad rojo-verde (a\*) para las hojuelas de camote; por lo cual, se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey para el factor A y B para la diferenciación de los tratamientos. Por otro lado, la interacción de estos factores AB tienen un valor-P de 0.0756, siendo mayor que 0.05, la cual indica que no existe una diferencia estadística significativa.

**Tabla 12.** Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% para cromaticidad rojo-verde (a\*).

Temperatura de fritura (°C)	N	Media	Agrupación
<b>130</b>	3	19.6700	A
<b>120</b>	3	18.7733	A B
<b>110</b>	3	15.9967	B

En la tabla 12 se muestra los resultados obtenidos con la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los niveles del factor temperatura de fritura en la evaluación de la  $a^*$ (cromaticidad rojo-verde) de las hojuelas de camote para determinar la mejor temperatura, se le agrupo en dos grupos A y B, en donde el grupo A esta conformado por los tratamiento a 110 y 120°C y el grupo B está conformado por los tratamientos con 120 y 130°C como se observa el tratamiento con temperatura de 120°C comparte el mismo grupo, con los tratamientos a temperaturas de 110 y 130°C, esto quiere decir que no existe diferencias significativas entre estos tratamientos. Los tratamientos a 110 y 130°C no comparten el mismo grupo, por tanto, presenta diferencias significativas. Siendo el tratamiento a 110°C el que tiene menor  $a^*$ (cromaticidad rojo-verde) con una media de 15.99 y el tratamiento con 130°C tiene mayor cromaticidad  $a^*$ (cromaticidad rojo-verde) con una media de 19.67.

**Tabla 13.** Pruebas de HSD tukey para el factor presión de vacío, confianza de 95% para cromaticidad rojo-verde ( $a^*$ ).

<b>Presión de vacío(kPa)</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>	
<b>15</b>	3	19.7400	A	
<b>10</b>	3	18.1167	A	B
<b>5</b>	3	16.5833	B	

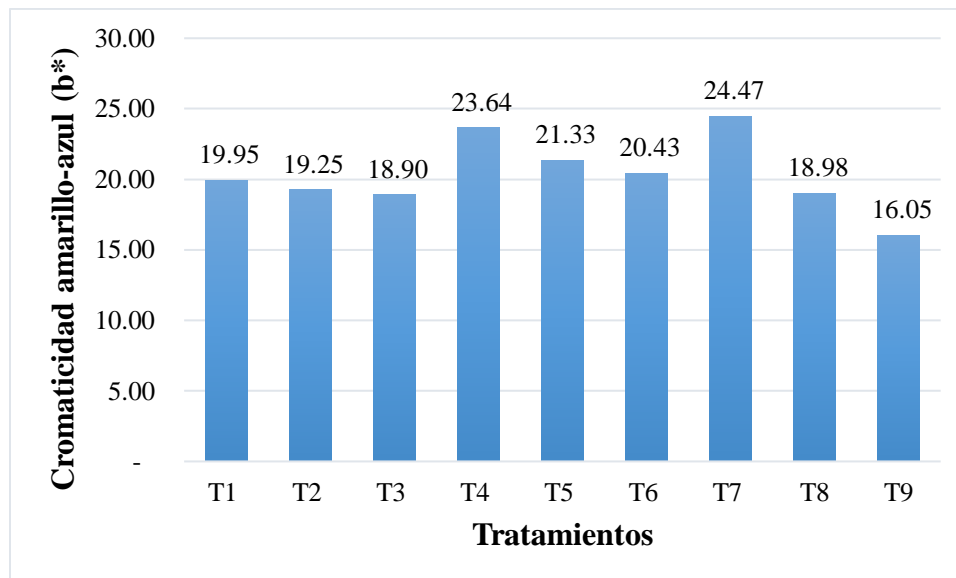
En la tabla 13 se muestra los resultados obtenidos con la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los niveles del factor presión de vacío en la evaluación de la  $a^*$ (cromaticidad rojo-verde) de las hojuelas de camote para determinar la mejor presión de vacío, se le agrupo en dos grupos A y B, en donde el grupo A esta conformado por los tratamiento a 5 y 10kPa y el grupo B está conformado por los tratamientos con 10 y 15kPa como se observa el tratamiento con presión de 10 kPa comparte el mismo grupo, con los tratamientos a

presión de 15 y 5 kPa, esto quiere decir que no existe diferencias significativas entre estos tratamientos. Los tratamientos a 5 y 15kPa no comparten el mismo grupo, por tanto, presenta diferencias significativas. Siendo el tratamiento a 5kPa el que tiene menor  $a^*$ (cromaticidad rojo-verde) con una media de 16.58 y el tratamiento con 15kPa tiene mayor  $a^*$ (cromaticidad rojo-verde) con una media de 19.74

#### 4.1.1.5. Análisis de la cromaticidad amarillo-azul ( $b^*$ )

En la figura 10 se puede visualizar los valores de  $b^*$  de las hojuelas fritas de camote varían de 16.5 y 24.47 indicando una mejor retención de los tonos amarillos naturales del camote, esto se debe a la menor degradación de los pigmentos amarillos debido a las condiciones más suaves de la fritura al vacío. Comparando con el estudio de Villena (2022), se reportan valores de cromaticidad amarillo-azul ( $b^*$ ) entre 32.82 y 44.78 en chips de camote variedad toquecita fritos al vacío, superiores a los obtenidos en las hojuelas de camote frito.

**Figura 10.** Efecto de la fritura al vacío en la cromaticidad amarillo-azul ( $b^*$ ).



De acuerdo a los resultados obtenidos, la figura 10 muestra los efectos del vacío en la cromaticidad amarillo-azul ( $b^*$ ) de los nueve tratamientos estudiados en las hojuelas fritas de

camote. Se observa una ligera diferencia entre los tratamientos, destacándose el tratamiento T7, con una temperatura alta de 130°C y una presión baja de 5kPa, mientras que el tratamiento T9, con una temperatura alta de 130°C y una presión alta de 15kPa, presenta los valores más bajos. Esto indica que, a medida que aumentan la presión de vacío y la temperatura de fritura, disminuye la cromaticidad amarillo-azul ( $b^*$ ) en las hojuelas fritas de camote; confirmado por Alva et al. (2015), la cual evaluó el color en la fritura de hojuelas de papa (*Solanum tuberosum*) de las variedades huevo de indio, negra y única encontró que a temperaturas y tiempos elevados se obtiene un menor valor de cromaticidad amarillo-azul ( $b^*$ ); asimismo Piyalungka et al. (2019), menciona que obtuvieron en en las frituras de papa (*Solanum tuberosum*) al vacío, el color amarillento disminuye al aumentar la temperatura y el tiempo de fritura.

#### 4.1.1.6. Análisis de varianza ANOVA para cromaticidad amarillo-azul ( $b^*$ )

**Tabla 14.** Análisis de varianza ANOVA para cromaticidad amarillo-azul ( $b^*$ )

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculado	p-Valor
<b>A: Temperatura de fritura</b>	0.326667	1	0.326667	0.14	0.7262
<b>B: Presión de vacío</b>	26.7971	1	26.7971	11.26	0.0202
<b>AB</b>	13.5792	1	13.5792	5.71	0.0625
<b>Error total</b>	11.8992	5	2.37985		
<b>Total (corr.)</b>	52.6022	8			

Los resultados de la tabla 14 de ANOVA para la variable cromaticidad amarillo-azul ( $b^*$ ) de hojuelas de camote muestra significación estadística para el factor presión de vacío es de 0.0202, es decir, tiene un valor-P menor que 0.05, la cual indican que existe una diferencia

estadística significativa, por ende produce efectos en la cromaticidad amarillo-azul (b\*) en las hojuelas de camote; por lo cual, se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey para el factor B para la diferenciación de los tratamientos. Por otro lado, la probabilidad para la temperatura de fritura es de 0.7262 y la interacción de estos factores AB tienen un valor-P de 0.0625, siendo mayores que 0.05, la cual indica que no existe una diferencia estadística significativa.

**Tabla 15.** *Pruebas de HSD tukey para el factor presión de vacío, confianza de 95% para cromaticidad amarillo-azul (b\*)*

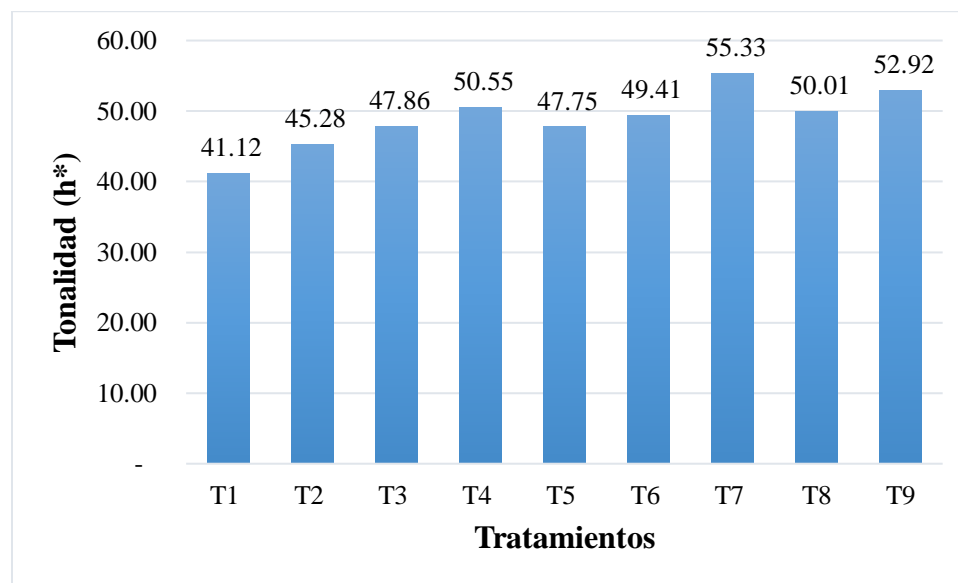
<b>Presión de vacío (kPa)</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>	
<b>5</b>	3	22.6867	A	
<b>10</b>	3	19.8533	A	B
<b>15</b>	3	18.4600	B	

En la tabla 15 se muestra los resultados obtenidos con la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los niveles del factor presión de vacío en la evaluación de b\* (cromaticidad amarillo-azul) de las hojuelas de camote para determinar la mejor presión, se le agrupo en dos grupos A y B, en donde el grupo A esta conformado por los tratamiento 5 y 10kPa y el grupo B está conformado por los tratamientos con 10 y 15kPa como se observa el tratamiento con presión de 10kPa comparte el mismo grupo, con los tratamientos a presión de 5 y 15kPa, esto quiere decir que no existe diferencias significativas entre estos tratamientos. Los tratamientos 5 y 15kPa no comparten el mismo grupo, por tanto, presenta diferencias significativas. Siendo el tratamiento a 5kPa el que tiene mayor cromaticidad amarillo-azul (b\*) con una media de 22.69 y el tratamiento con 15kPa tiene menor cromaticidad amarillo-azul (b\*) con una media de 18.46.

#### 4.1.1.7. Análisis de la tonalidad ( $h^*$ )

Los resultados obtenidos para tonalidad ( $h^*$ ) se puede observar en la figura 11, las tonalidades de las hojuelas fritas de camote fueron entre 41.12 y 55.33 las cuales presentaron una tonalidad anaranjada intenso, esto se debe a la menor degradación de los pigmentos carotenoides y a la menor incidencia de reacciones de Maillard y caramelización, que pueden alterar la tonalidad hacia tonos más oscuros y menos saturados. Comparando estos valores con otro estudio, Simbaña (2021), reporta que los snacks de maíz fritos al vacío tienen valores de tonalidad ( $h^*$ ) entre 69.59 y 82.42, superiores a los obtenidos en este estudio, lo cual se debe al tipo de alimento.

**Figura 11.** Efecto de la fritura al vacío en la tonalidad ( $h^*$ ).



De acuerdo a los resultados obtenidos la figura 11 muestra los efectos de vacío de los nueve tratamientos de estudio en la tonalidad ( $h^*$ ), se identifica una ligera diferencia en cada tratamiento, se puede apreciar que sobresale el tratamiento T7, debido a que se aplicó una temperatura alta de 130°C con una presión baja de 5kPa y la que menos sobresale lo ocupa el tratamiento el T1, debido a que se aplicó una temperatura baja de 110°C con una presión baja de 5kPa, esto quiere decir, a medida que aumente la temperatura y disminuya la presión, mayor será la tonalidad ( $h^*$ ) en la

hojuelas fritas de camote; confirmado por Alva et al. (2015), la tonalidad se vuelve más oscura con parámetros de mayor temperatura o mayor tiempo de freído.

#### 4.1.1.8. Análisis de varianza ANOVA para tonalidad (h\*)

**Tabla 16.** *Análisis de varianza ANOVA para tonalidad (h\*)*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F calculado</b>	<b>p-Valor</b>
<b>A:Temperatura de fritura</b>	96.0	1	96.0	25.09	0.0041
<b>B:Presión de vacío</b>	1.69602	1	1.69602	0.44	0.5350
<b>AB</b>	20.9306	1	20.9306	5.47	0.0665
<b>Error total</b>	19.1284	5	3.82568		
<b>Total (corr.)</b>	137.755	8			

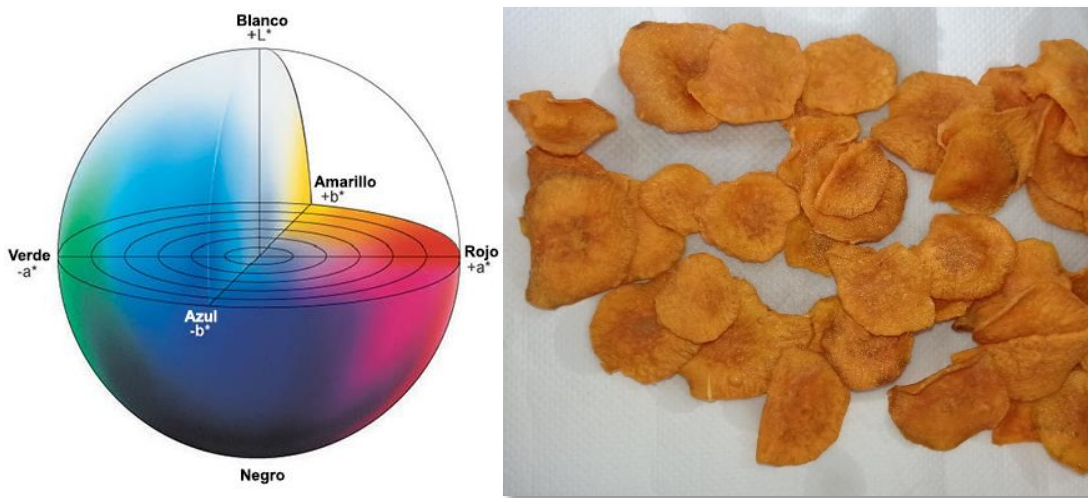
Los resultados de la tabla 16 de ANOVA para la variable tonalidad de hojuelas de camote muestra una alta significación estadística para el factor temperatura de fritura es de 0.0041, es decir, tienen un valor-P menor que 0.05, la cual indican que existe una diferencia estadística significativa, por ende, produce efectos en la tonalidad (h\*) de las hojuelas de camote; por lo cual, se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey para el factor A para la diferenciación de los tratamientos. Por otro lado, la probabilidad para la presión de vacío es de 0.5350 y la interacción de estos factores AB es de 0.0665, siendo valor-P mayores que 0.05, la cual indica que no existe una diferencia estadística significativa.

**Tabla 17.** Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% para tonalidad ( $h^*$ )

Temperatura de fritura ( $^{\circ}\text{C}$ )	N	Media	Agrupación
130	3	52.7533	A
120	3	49.2367	B
110	3	44.7533	B

La tabla 17 muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los niveles del factor temperatura de fritura en la tonalidad de hojuelas de camote, para determinar la mejor temperatura, se les agrupo en dos grupos A y B, donde el grupo A corresponde el tratamiento a temperatura de fritura de  $130^{\circ}\text{C}$  y el grupo B está conformado por 120 y  $110^{\circ}\text{C}$ , esto indica que estos tratamientos no presentan diferencias significativas, mientras que el tratamiento de  $130^{\circ}\text{C}$  no comparte grupo, por tanto es estadísticamente diferente de los demás tratamientos y presenta mayor valor de tonalidad ( $h^*$ ) con una media de 52.75.

**Figura 12.** Interpretación del sistema CIE-  $L^*$   $a^*$   $b^*$  y  $h^*$  en las hojuelas fritas de camote.



**Fuente:** Tomado de Quantotec, (2019).

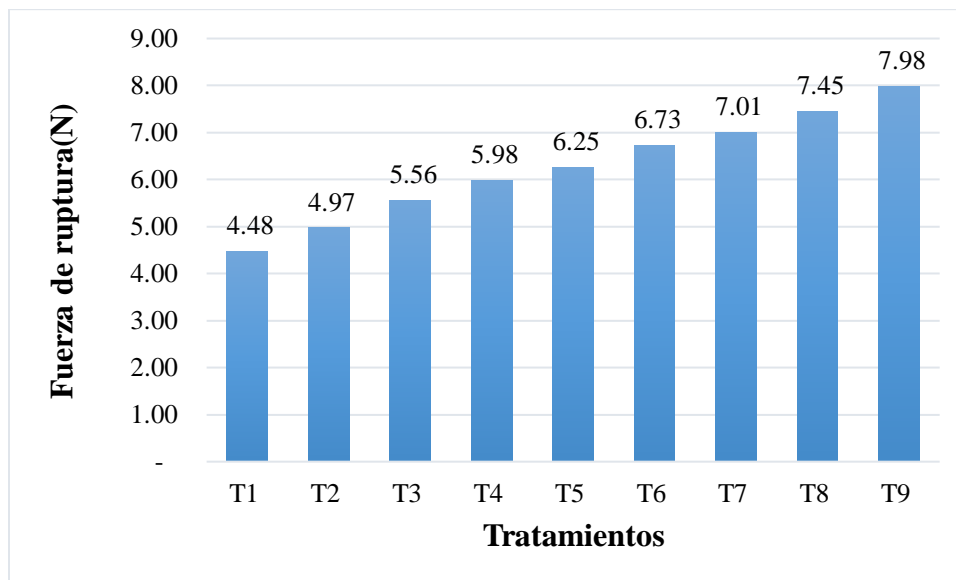


#### 4.1.2. Análisis de la textura

##### 4.1.2.1. Análisis de la fuerza de ruptura

En este caso en la figura 13 se puede visualizar hojuelas fritas de camote, con un nivel de crocancia que oscila entre 4.48 y 7.98N, expresada en fuerza de ruptura, estos datos obtenidos muestran una textura más crujiente y ligera debido a la formación de una estructura porosa durante la eliminación del agua a bajas temperaturas y presiones. Según Al-Hinai et al. (2013), el contenido de almidón puede contribuir a la dureza del producto debido a la gelatinización del almidón, lo cual ayuda en la formación de la corteza y resulta en un producto final más duro. Conforme Lucas et al. (2012) indica que en la industria de las hojuelas, los valores altos en la medida de textura son importantes, ya que esto impacta en la crocancia del producto. Los valores obtenidos son similares a los valores reportados por varios autores, entre los cuales se citan valores entre 4.98 y 7.15N en rodajas de camote aplicando fritura al vacío reportado por Herrera (2015) y valores entre 1.8 y 12.2N en snacks de papa fritas al vacío reportados por Gallón (2017).

**Figura 13.** Efecto de la fritura al vacío en la fuerza de ruptura (N)



De acuerdo a los resultados obtenidos en la figura 13 muestra los efectos de vacío de los nueve tratamientos de estudio en la fuerza de ruptura (N), se identifica una ligera diferencia en cada tratamiento, se puede apreciar que sobresale el tratamiento T9 debido a que se aplicó una temperatura alta de 130°C con una presión alta de 15 kPa y la que menos sobresale lo ocupa el tratamiento el T1, debido a que se aplicó una temperatura baja de 110°C con una presión baja de 5 kPa, esto quiere decir, a medida que aumente tanto la temperatura como la presión, mayor será la fuerza de ruptura (N) en las hojuelas fritas de camote; corroborado por Hindra et al. (2006), una mayor temperatura del aceite produce cambios más rápidos de la dureza y la formación de la corteza acelerada que se ve afectada la fuerza de ruptura; asimismo Herrera (2015), reafirma que el valor de fuerza de ruptura aumenta en las rodajas de camote, cuando mayor sea la temperatura de fritura.

#### 4.1.2.2. Análisis de varianza ANOVA para la fuerza de ruptura

**Tabla 18.** Análisis de varianza ANOVA para la fuerza de ruptura

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F calculado</b>	<b>p-Valor</b>
<b>A:Temperatura de fritura</b>	9.20082	1	9.20082	961.48	0.0000
<b>B:Presión de vacío</b>	1.30667	1	1.30667	136.55	0.0001
<b>AB</b>	0.003025	1	0.003025	0.32	0.5982
<b>Error total</b>	0.0478472	5	0.00956944		
<b>Total (corr.)</b>	10.5584	8			

Los resultados de la tabla 18 de ANOVA para la variable fuerza de ruptura de hojuelas de camote muestra una alta significación estadística para los factores temperatura de fritura y presión de vacío es de 0.0000 y presión de vacío es de 0.0001, es decir, tienen un valor-P menor que 0.05,

la cual indica que existe una diferencia estadística significativa, por ende producen efectos en la fuerza de ruptura de las hojuelas de camote; por lo cual, se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey para el factor A y B para la diferenciación de los tratamientos. Por otro lado, la probabilidad para la interacción de estos factores AB es de 0.5982, siendo valor-P mayor que 0.05, la cual indica que no existe una diferencia estadística significativa.

**Tabla 19.** Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% para la fuerza de ruptura

Temperatura de fritura (°C)	N	Media	Agrupación
130	3	7.48000	A
120	3	6.32000	B
110	3	5.00333	C

La tabla 19 muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios del factor temperatura de fritura en la fuerza de ruptura de hojuelas de camote, para determinar la mejor temperatura, se observa que los tres niveles del factor temperatura son estadísticamente diferentes, siendo el tratamiento con 130°C el que necesita mayor fuerza de ruptura con una media 7.480, mientras que en el tratamiento de 110°C es menor la fuerza de ruptura con una media de 5.003.

**Tabla 20.** Pruebas de HSD tukey para el factor presión de vacío, confianza de 95% para la fuerza de ruptura

Presión de vacío (kPa)	N	Media	Agrupación
15	3	6.75667	A
10	3	6.22333	B
5	3	5.82333	C

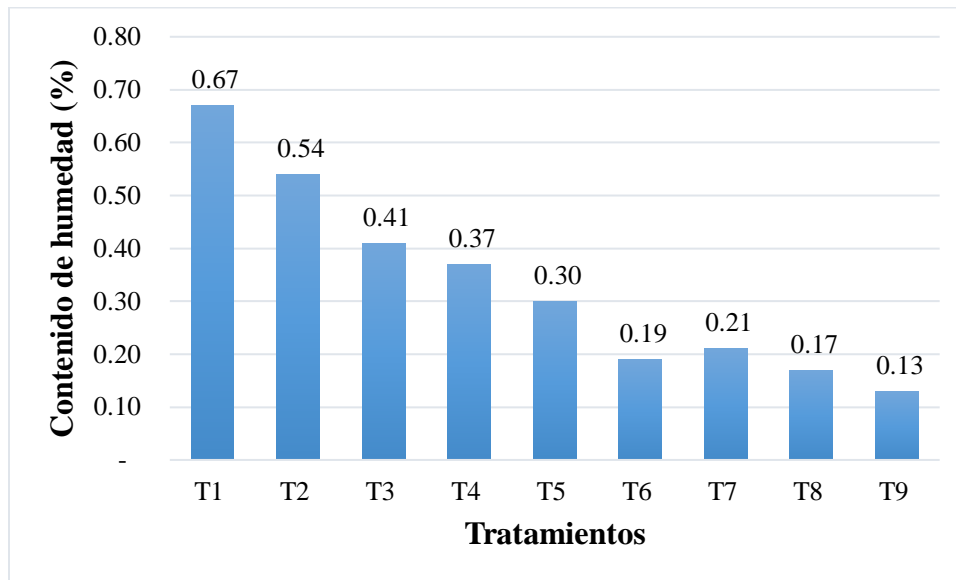
La tabla 20 muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios del factor presión de vacío en la fuerza de ruptura de hojuelas de camote para determinar la presión, se observa que los tres niveles del factor presión de vacío son estadísticamente diferentes, siendo el tratamiento con 15kPa el que necesita mayor fuerza de ruptura con una media 6.757, mientras que en el tratamiento de 5kPa es menor la fuerza de ruptura con una media de 5.823.

#### **4.1.3. Análisis de la humedad**

Según los resultados, en la figura 14 se puede visualizar la humedad de las hojuelas fritas de camote, las cuales fueron entre 0.67% de humedad máxima y de 0.13% de humedad mínima. Gómez et al. (2013), indica que el contenido final de humedad en los chips está determinado por los parámetros de temperatura del aceite, tiempo y presión de fritura; además Mariotti et al. (2017), menciona que las láminas de papa escaldadas y secadas pierden humedad durante estas operaciones, reduciendo la cantidad de agua disponible para evaporar durante la fritura. Se encontró que la tasa de pérdida de humedad aumenta con temperaturas más altas de escaldado y fritura. Por ello, todas las muestras de hojuelas de camote fueron pretratadas a 90°C durante un minuto, lo que disminuyó la humedad del producto, como se refleja en los resultados obtenidos.

Según la Norma técnica peruana (2016), la humedad máxima para bocaditos fritos es de 3%, para las hojuelas de camote se encontró por debajo del valor establecido por la NTP 209.226, es decir que la hojuela de camote cumple con los requisitos de la norma vigente en Perú. Comparando con otros estudios similares se encuentra que las muestras de hojuelas de camote están relativamente por debajo de los autores citados, como Herrera (2015), manifiestan que el porcentaje de rodajas de camote fritas al vacío están entre 2.98 y 3.54%; Caballero et al. (2018), reporta chips de mango con 1.25% y Dueik et al. (2014), reporta en rodajas de manzana 2%.

**Figura 14.** Efecto de la fritura al vacío en el porcentaje de humedad (%)



De acuerdo a los resultados obtenidos en la figura 14, la cual muestra los efectos de vacío de los nueve tratamientos de estudio en el porcentaje de humedad (%), se identifica una ligera diferencia en cada tratamiento, se puede apreciar que sobresale el tratamiento T1 debido a que se aplicó una temperatura baja de 110°C con una presión baja de 5kPa y la que menos sobresale lo ocupa el tratamiento el T9, debido a que se aplicó una temperatura alta de 130°C con una presión alta de 15kPa, esto quiere decir, a medida que aumente tanto la temperatura como la presión, menor será el porcentaje de humedad (%), en las hojuelas de camote; Untuña (2013), indica que a mayor presión de fritura, menor es la humedad del producto. Torres et al. (2017), señala que al disminuir la presión en el sistema, la temperatura de ebullición del agua en el alimento baja, permitiendo que la humedad se transforme rápidamente en vapor a temperaturas más bajas.

#### 4.1.3.1. Análisis de varianza ANOVA para la humedad

**Tabla 21.** Análisis de varianza ANOVA para la humedad

Fuente de variación	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados Medios	F calculado	p-Valor
<b>A: Temperatura de fritura</b>	0.20535	1	0.20535	106.52	0.0001
<b>B: Presión de vacío</b>	0.0450667	1	0.0450667	23.38	0.0047
<b>AB</b>	0.0081	1	0.0081	4.20	0.0957
<b>Error total</b>	0.00963889	5	0.00192778		
<b>Total (corr.)</b>	0.268156	8			

Los resultados de la tabla 21 de ANOVA para la variable humedad de hojuelas de camote muestra una alta significación estadística para los factores temperatura de fritura y presión de vacío es de 0.0001 y presión de vacío es de 0.0047, es decir, tienen un valor-P menor que 0.05, la cual indican que existe una diferencia estadística significativa, por ende, producen efectos para la humedad en las de hojuelas de camote; por lo cual se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey para el factor A y B para la para la diferenciación de los tratamientos. Por otro lado, la probabilidad para la interacción de estos factores AB es de 0.0957, siendo valor-P mayor que 0.05, la cual indica que no existe una diferencia estadística significativa.

**Tabla 22.** Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% para la humedad

Temperatura de fritura (°C)	N	Media	Agrupación
<b>110</b>	3	0.540000	A
<b>120</b>	3	0.286667	B
<b>130</b>	3	0.170000	B

La tabla 22 muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los niveles del factor temperatura de fritura en la humedad de hojuelas de camote, para determinar la mejor temperatura, se les agrupo en dos grupos A y B, donde el grupo A corresponde el tratamiento a temperatura de fritura de 110°C y el grupo B está conformado por 120 y 130°C, esto indica que estos tratamientos no presentan diferencias significativas, mientras que el tratamiento de 110°C no comparte grupo, por tanto es estadísticamente diferente de los demás tratamientos y presenta mayor humedad con una media de 0.54%.

**Tabla 23.** Pruebas de HSD tukey para el factor presión de vacío, confianza de 95% para la humedad

Presión de vacío (kPa)	N	Media	Agrupación	
5	3	0.416667	A	
10	3	0.336667	A	B
15	3	0.243333	B	

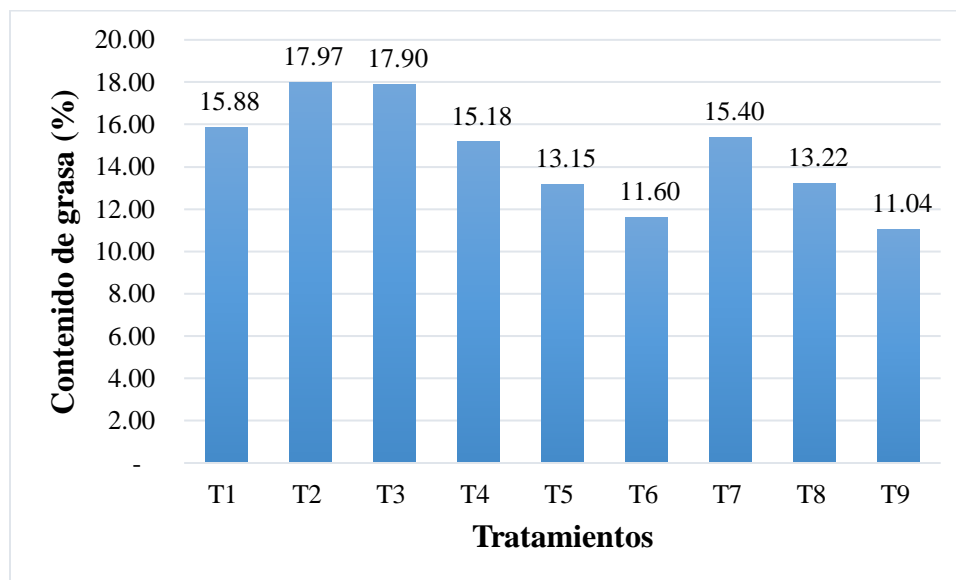
La tabla 23 muestra los resultados obtenidos con la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los niveles del factor presión de vacío en la evaluación de la humedad de las hojuelas de camote para determinar la mejor presión de vacío, se le agrupo en dos grupos A y B, en donde el grupo A esta conformado por los tratamiento 5 y 10kPa y el grupo B está conformado por los tratamientos 10 y 15kPa como se observa el tratamiento con presión de 10kPa comparte el mismo grupo, con los tratamientos a presión de 15 y 5kPa, esto quiere decir que no existe diferencias significativas entre estos tratamientos. Los tratamientos a 5 y 15kPa no comparten el mismo grupo, por tanto, presenta diferencias significativas. Siendo el tratamiento a 5kPa el que tiene mayor humedad con una media de 0.42%

y el tratamiento con 15kPa tiene menor humedad con una media de 0.24%.

#### 4.1.4. Análisis del contenido de grasa

Conforme a los resultados obtenidos de las hojuelas de camote frito, oscilan entre 11.04% y 17.97%, como se puede observar en la figura 16. Según Lucas et al. (2012), indica que el aceite absorbido por la hojuela se mantiene principalmente en la superficie, y es durante el enfriamiento cuando se absorbe más aceite, entonces en los tratamientos de fritura al vacío, al realizarse a menor temperatura y con un centrifugado de 3 minutos, se elimina el aceite superficial, evitando que penetre y se retenga en la hojuela; para este caso las hojuelas de camote frito variedad bondadosa no se aplicó la operación de centrifugado por 3 minutos, por lo que se registró una mínima cantidad de grasa adherida. Comparándolo con otro estudio realizado el investigador Herrera (2015), se obtuvo un contenido de grasa entre 6.39% y 8.74%, valores menores a los de las hojuelas de camote frito, esto se debe a la centrifugación realizada después de la fritura al vacío, lo que minimizó el aceite en la superficie y redujo la absorción de grasa en el producto final.

**Figura 15.** Efecto de la fritura al vacío en el porcentaje de grasa (%)





La figura 16 muestra los efectos del vacío en el porcentaje de grasa de los nueve tratamientos de estudio. Se observa una ligera diferencia en cada tratamiento, destacando el tratamiento T2 (110°C y 10kPa) con el mayor porcentaje de grasa y el tratamiento T9 (130°C y 15kPa) con el menor porcentaje. Esto indica que a mayor temperatura y presión, menor es el porcentaje de grasa en las hojuelas de camote; corroborado por Tipán (2017), menciona que en la aplicación de fritura al vacío y convencional en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum*) para fritura: premium y allipacha, al aumentar la temperatura de fritura, disminuye la absorción del aceite. Al igual Gómez et al. (2013), en su estudio realizado indica la utilización de fritura al vacío, reporta una mejora en las características de calidad al encontrar una disminución en la cantidad final de grasa con este tipo de proceso a diferencia de la fritura convencional o atmosférica.

#### 4.1.4.1. Análisis de varianza ANOVA para el contenido de grasa

**Tabla 24.** Análisis de varianza ANOVA para el contenido de grasa

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de Cuadrados</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Cuadrados Medios</b>	<b>F calculado</b>	<b>p-Valor</b>
<b>A: Temperatura de fritura</b>	24.3613	1	24.3613	11.98	0.0180
<b>B: Presión de vacío</b>	5.84107	1	5.84107	2.87	0.1508
<b>AB</b>	10.1761	1	10.1761	5.01	0.0755
<b>Error total</b>	10.1633	5	2.03266		
<b>Total (corr.)</b>	50.5418	8			

Los resultados de la tabla 25 de ANOVA para la variable contenido de grasas de hojuelas de camote muestra una alta significación estadística para el factor temperatura de fritura es de 0.0180, es decir, tienen un valor-P menor que 0.05, la cual indican que existe una diferencia

estadística significativa, por ende, produce efectos en el contenido de grasa de las hojuelas de camote; por lo cual, se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey para el factor A para la diferenciación de los tratamientos. Por otro lado, la probabilidad para la presión de vacío es de 0.1508 y la interacción de estos factores AB es 0.0755, siendo estos un valor-P mayor que 0.05, la cual indica que no existe una diferencia estadística significativa.

**Tabla 25.** Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% contenido de grasa

Temperatura (°C)	N	Media	Agrupación
110	3	17.2500	A
120	3	13.2933	B
130	3	13.200	B

La tabla 26 muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los niveles del factor temperatura de fritura en el contenido de grasas de hojuelas de camote, para determinar la mejor temperatura, se les agrupo en dos grupos A y B, donde el grupo A corresponde el tratamiento a temperatura de fritura de 110°C y el grupo B está conformado por 120 y 130°C, esto indica que estos tratamientos no presentan diferencias significativas, mientras que el tratamiento de 110°C no comparte grupo, por tanto es estadísticamente diferente de los demás tratamientos y presenta mayor contenido de grasas con una media de 17.25%.

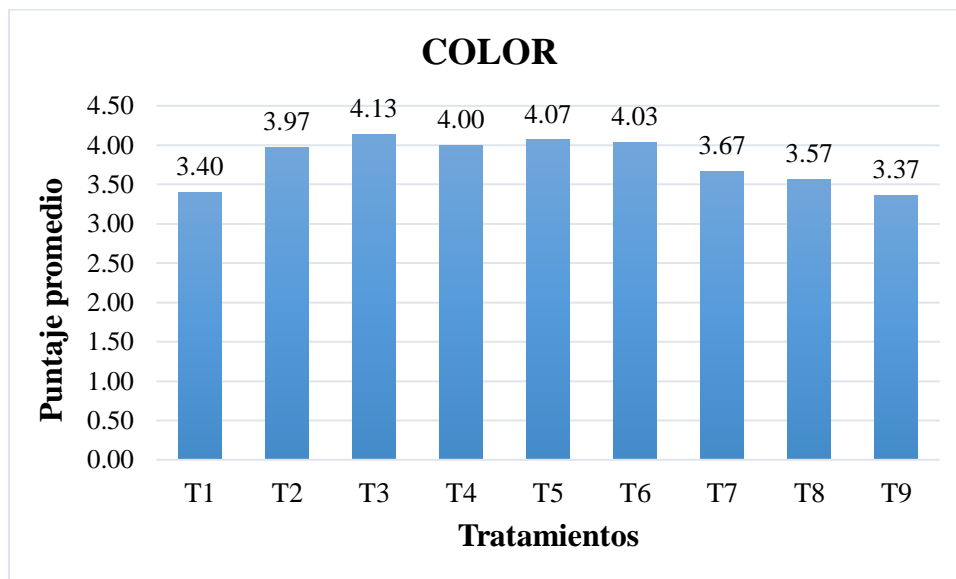
#### 4.2. Resultados de análisis sensorial

El análisis sensorial de hojuelas de camote, se evaluó mediante las características: de color, olor, sabor, textura y apariencia general, la cual se aplicó a los nueve tratamientos; utilizando la escala hedónica de 5 niveles con la intervención de 30 panelistas no entrenados.

#### 4.2.1. Análisis del color

Conforme a los resultados obtenidos en la figura 18, se muestra el puntaje promedio del color con cada una de los tratamientos, donde se identifica una ligera diferencia en cada tratamiento, la que más sobresale lo ocupa el tratamiento tres (T3) debido a que se aplicó una temperatura baja de 110°C con una presión alta de 15kPa, siendo esta muestra la más llamativa en color por la percepción de los panelistas y la que menos sobresale lo ocupa el tratamiento nueve (T9), debido a que se aplicó una temperatura alta de 130°C con una presión alta de 15kPa, presento un color anaranjado llamativo para la percepción de los panelistas. Según Conforti et al. (2013), el color dorado característico de los alimentos fritos es un atributo de calidad crucial. Los tonos de amarillo claro y colores similares a los productos frescos son, por lo general, los más apreciados por los consumidores. Además Crosa et al. (2014), señala que la fritura al vacío conserva mejor el color natural del vegetal, mejorando tanto el aspecto sensorial como el valor nutricional del chip.

**Figura 16.** Puntaje promedio del color de cada una de los tratamientos



#### 4.2.1.1. Análisis de varianza ANOVA para para el color

**Tabla 26.** *Análisis de varianza ANOVA para el color*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F calculado</b>	<b>p-Valor</b>
<b>A:Temperatura de fritura</b>	2	12.119	6.0593	8.87	0.000
<b>B:Presión de vacío</b>	2	0.674	0.3370	0.49	0.611
<b>AB</b>	4	5.726	1.4315	2.10	0.082
<b>Error total</b>	261	178.300	0.6831		
<b>Total (corr.)</b>	269	196.819			

Los resultados de la tabla 28 de ANOVA para la variable color de hojuelas de camote muestra una alta significación estadística para el factor temperatura de fritura es de 0.000, es decir, tienen un valor-P menor que 0.05, la cual indican que existe una diferencia estadística significativa, por ende, produce efectos en el color de las hojuelas de camote; por lo cual, se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey para el factor A para la diferenciación de los tratamientos. Por otro lado, la probabilidad para la presión de vacío es de 0.611 y la interacción de estos factores AB es 0.082, siendo estos un valor-P mayor que 0.05, la cual indica que no existe una diferencia estadística significativa.

**Tabla 27.** Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% para el color

Temperatura de fritura (°C)	N	Media	Agrupación
120	90	4.05556	A
110	90	3.87778	A
130	90	3.54444	B

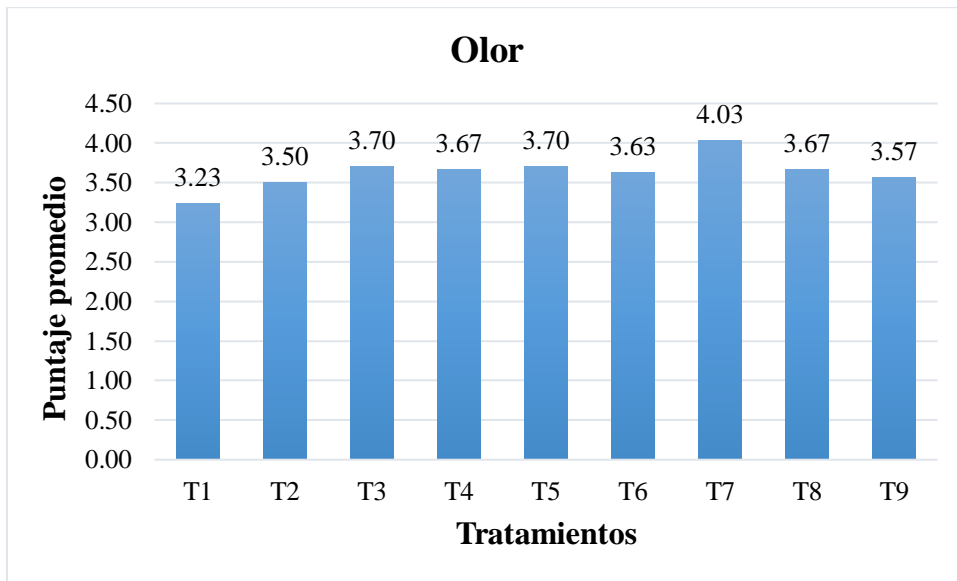
La tabla 29 muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios del factor temperatura de fritura en el color de hojuelas de camote, para determinar la mejor temperatura, se le agrupo en dos grupos A y B, en donde el grupo A esta conformado por las temperaturas 120 y 110 °C y el grupo B está conformado por la temperatura de 130°C. Como se observa las temperaturas de 120 y 110 °C comparten el mismo grupo, esto quiere decir que no existen diferencias significativas entre estos tratamientos. Siendo la temperatura 120 °C el que tiene mayor media 4.056 puntos que se ubica en la escala hedónica en el intervalo “me gusta”, mientras que el tratamiento de 130 °C es estadísticamente diferente de los otros tratamientos con una media de 3.544 puntos que equivale al intervalo “me disgusta a me gusta”.

#### 4.2.2. Análisis del olor

Conforme a los resultados obtenidos en la figura 19, se muestra el puntaje promedio del olor con cada una de los tratamientos, donde se identifica una ligera diferencia en cada tratamiento, la que más sobresale lo ocupa el tratamiento siete (T7) debido a que se aplicó una temperatura alta de 130°C con una presión baja de 5kPa, puesto que presento un olor más agradable en la percepción de los panelistas y la que menos sobresale lo ocupa la muestra el tratamiento uno (T1), debido a que se aplicó una temperatura baja de 110°C con una presión baja de 5kPa. Según Suaterna (2008),

se considera que existe una estrecha relación entre las características sensoriales de los alimentos fritos en aceites con diferentes niveles de compuestos polares. Sin embargo, no hay evidencia concluyente de que estas características sensoriales sean un indicador confiable de la calidad del aceite. Los compuestos polares se forman durante los ciclos repetidos de fritura, resultando en la producción de sustancias nocivas debido a la degradación del aceite, lo cual puede afectar el olor y sabor del producto final. En las hojuelas fritas de camote se utilizó aceite Primor, el cual fue utilizado una sola vez por cada tratamiento, y se consideraron las condiciones de fritura y almacenamiento del aceite.

**Figura 17.** *Puntaje promedio del olor de cada una de los tratamientos*



#### 4.2.2.1. Análisis de varianza ANOVA para el olor

**Tabla 28.** *Análisis de varianza ANOVA para el olor*

<b>Fuente de variación</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Cuadrados medios</b>	<b>F calculado</b>	<b>p- Valor</b>
<b>A: Temperatura de fritura</b>	2	3.519	1.75926	3.70	0.026
<b>B: Presión de vacío</b>	2	0.030	0.01481	0.03	0.969
<b>AB</b>	4	6.326	1.58148	3.33	0.011
<b>Error total</b>	261	124.067	0.47535		
<b>Total (corr.)</b>	269	133.941			

Los resultados de la tabla 30 de ANOVA para la variable olor de hojuelas de camote muestra una alta significación estadística para temperatura de fritura es de 0.026 y para la interacción de estos factores AB es 0.011, es decir, tienen un valor-P menor que 0.05, la cual indican que existe una diferencia estadística significativa, por ende, produce efectos en el olor de las hojuelas de camote; por lo cual, se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey para el factor A y para la interacción de estos factores AB con el fin de la diferenciación de los tratamientos. Por otro lado, la probabilidad para la presión de vacío es de 0.969, siendo un valor-P mayor que 0.05, la cual indica que no existe una diferencia estadística significativa.

**Tabla 29.** Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% para el olor

Temperatura de fritura (°C)	N	Media	Agrupación	
130	90	3.74444	A	
120	90	3.63333	A	B
110	90	3.46667	B	

En la tabla 31 se muestra los resultados obtenidos con la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios del factor temperatura de fritura en la evaluación del olor de las hojuelas de camote para determinar la mejor temperatura, se le agrupo en dos grupos A y B, en donde el grupo A esta conformado por las temperaturas 130 y 120°C y el grupo B está conformado por las temperaturas 120 y 110°C como se observa la temperatura 120°C comparte el mismo grupo, con las temperaturas 130 y 110°C, esto quiere decir, que no existe diferencias significativas entre estos tratamientos. Las temperaturas 130 y 110°C no comparten el mismo grupo, por tanto, presenta diferencias significativas. Siendo la temperatura 130°C el que tiene mayor puntaje 3.744 que corresponde al intervalo “ni me gusta ni me disgusta a me gusta”, mientras que la temperatura 110°C presenta menor puntaje 3.467, el cual se acerca más a “ni me gusta ni me disgusta”.



**Tabla 30.** Pruebas de HSD tukey para la interacción (temperatura de fritura \* presión de vacío) confianza de 95% para el olor

Temperatura de fritura (°C) *Presión de vacío (kPa)	N	Media	Agrupación	
<b>T7: 130 x 5</b>	30	4.03333	A	
<b>T6: 120 x 15</b>	30	3.70000	A	B
<b>T8: 130 x 10</b>	30	3.66667	A	B
<b>T3: 110 x 15</b>	30	3.63333	A	B
<b>T5: 120 x 10</b>	30	3.63333	A	B
<b>T4: 120 x 5</b>	30	3.56667	A	B
<b>T9: 130 x 15</b>	30	3.53333	A	B
<b>T2: 110 x 10</b>	30	3.50000	A	B
<b>T1: 110 x 5</b>	30	3.26667		B

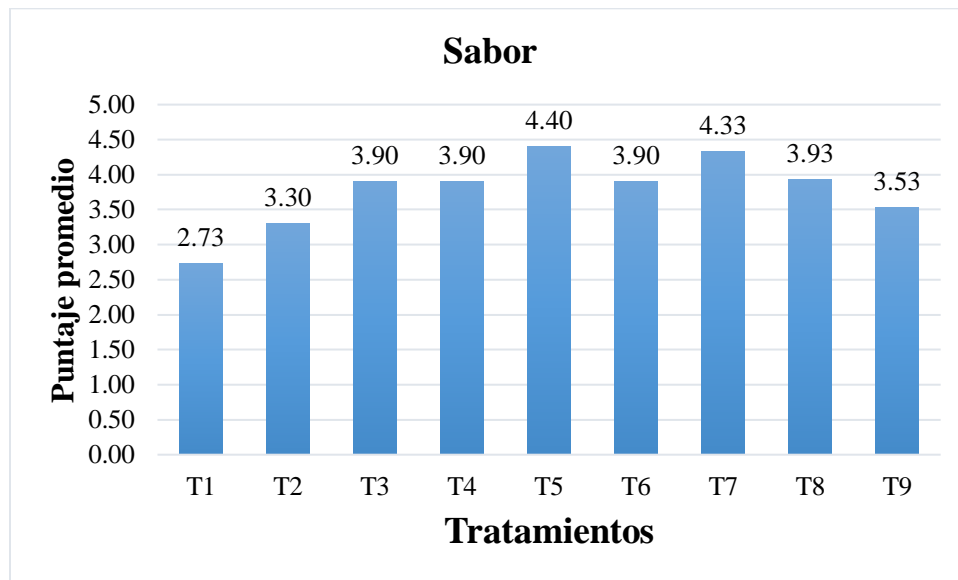
En la tabla 32 se muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de la variable olor, y determinar la mejor combinación de los niveles de los factores en estudio, muestra que el T7 es la mejor combinación para la variable olor con un puntaje de 4.033 que corresponde en la escala hedónica “me gusta”, siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos. Siendo el T1 el que menor puntaje obtuvo (3.267), entre los tratamientos (T2, T3, T4, T5, T6, T8 y T9) son estadísticamente iguales porque no presentan diferencias estadísticas ya que comparten los mismos grupos.

#### 4.2.3. Análisis del sabor

Conforme a los resultados obtenidos en la figura 20, se muestra el puntaje promedio del sabor con cada una de los tratamientos, donde se identifica una ligera diferencia en cada tratamiento, la que más sobresale lo ocupa el tratamiento cinco (T5) debido a que se aplicó una

temperatura alta de 120°C con una presión alta de 10kPa, puesto que presento un sabor más agradable en la percepción de los panelistas y la que menos sobresale lo ocupa el tratamiento uno (T1), debido a que se aplicó una temperatura baja de 110°C con una presión baja de 5kPa. Da Silva y Moreira (2008) menciona que los chips de batata y manzana se fríen utilizando el método de fritura al vacío, lo cual resulta en una menor absorción de aceite y preserva sus sabores naturales. El sabor está estrechamente relacionado con la absorción de aceite, y la aplicación de la fritura al vacío permitió obtener hojuelas fritas de camote con su característico sabor dulce, lo cual se considera un resultado positivo y beneficioso.

**Figura 18.** Puntaje promedio del sabor de cada una de los tratamientos



#### 4.2.3.1. Análisis de varianza ANOVA para el sabor

**Tabla 31.** Análisis de varianza ANOVA para el sabor

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p- Valor
<b>A:Temperatura de fritura</b>	2	33.385	16.6926	22.85	0.000
<b>B:Presión de vacío</b>	2	0.985	0.4926	0.67	0.510
<b>AB</b>	4	30.148	7.5370	10.32	0.000
<b>Error total</b>	261	190.700	0.7307		
<b>Total (corr.)</b>	269	255.219			

Los resultados de la tabla 33 de ANOVA para la variable sabor de hojuelas de camote muestra una alta significación estadística para el factor temperatura de fritura es de 0.000 y para la interacción de estos factores AB es 0.000, es decir, tienen un valor-P menor que 0.05, la cual indican que existe una diferencia estadística significativa, por ende, produce efectos en el sabor de las hojuelas de camote; por lo cual, se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey para el factor A y para la interacción de estos factores AB con el fin de la diferenciación de los tratamientos. Por otro lado, la probabilidad para la presión de vacío es de 0.510, siendo un valor-P mayor que 0.05, la cual indica que no existe una diferencia estadística significativa.

**Tabla 32.** Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% para el sabor

Temperatura de fritura (°C)	N	Media	Agrupación
<b>120</b>	90	4.11111	A
<b>130</b>	90	3.92222	A
<b>110</b>	90	3.28889	B

La tabla 34 muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios del factor temperatura de fritura en el sabor de hojuelas de camote, para determinar la mejor temperatura, se le agrupo en dos grupos A y B, en donde el grupo A esta conformado por las temperaturas 120 y 130°C y el grupo B está conformado por la temperatura 110°C. Como se observa las temperaturas de 120 y 130°C comparten el mismo grupo, esto quiere decir que no existen diferencias significativas entre estos tratamientos. Siendo la temperatura 120°C el que tiene mayores medios 4.111 puntos que se ubica en la escala hedónica en el intervalo “me gusta”, mientras que la temperatura de 110°C es estadísticamente diferente de los otros tratamientos con una media de 3.289 puntos que equivale al intervalo “ni me gusta ni me disgusta”.

**Tabla 33.** Pruebas de HSD tukey para la interacción (temperatura de fritura \* presión de vacío) confianza de 95% para el sabor

Temperatura de fritura (°C) *Presión de Vacío (kPa)	N	Media	Agrupación		
<b>T5: 120 x 10</b>	30	4.36667	A		
<b>T7: 130 x 5</b>	30	4.33333	A		
<b>T4: 120 x 5</b>	30	4.06667	A	B	
<b>T6: 120 x 15</b>	30	3.90000	A	B	C
<b>T8: 130 x 10</b>	30	3.90000	A	B	C
<b>T3: 110 x 15</b>	30	3.83333	A	B	C
<b>T9: 130 x 15</b>	30	3.53333	B		C
<b>T2: 110 x 10</b>	30	3.30000	C		D
<b>T1: 110 x 5</b>	30	2.73333	D		

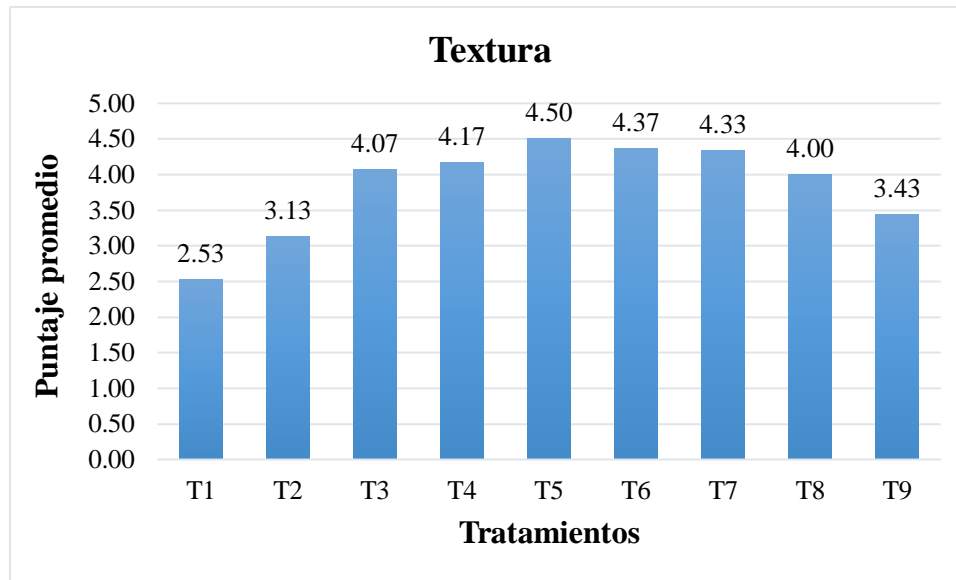
En la tabla 35 se muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de la variable sabor y determinar la mejor combinación de los niveles de los factores en estudio. Para ello se agrupo en tres grupos A, B y C, de los cuales los tratamientos (T6, T8 y T3) comparten los tres grupos, esto indica que entre estos grupos no existe diferencias significativas, por otro lado, los tratamientos (T4, T9 y T2) comparten 2 grupos diferentes, es decir, no existe diferencias entre estos grupos, también se observa que entre los grupos (T5 y T7) no existe diferencias significativas ya que comparten el mismo grupo. Siendo el T5 la mejor combinación para la variable sabor con un puntaje de 4.367 que corresponde en la escala hedónica “me gusta”, siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos. El T1 es el que menor puntaje obtuvo 2.733 para los panelistas este tratamiento les “disgusto”.

#### **4.2.4. Análisis de la textura**

En la figura 21 se presentan los puntajes promedio de textura para cada tratamiento. Se observa una leve variación entre los tratamientos, destacándose el tratamiento cinco (T5), que utilizó una temperatura alta de 120°C y una presión alta de 10kPa, y fue percibido por los panelistas como teniendo una textura más agradable. En contraste, el tratamiento uno (T1), con temperatura baja de 110°C y presión baja de 5kPa, obtuvo el menor puntaje en cuanto a textura percibida. Según Troncoso et al. (2009), señala que la calidad de la textura sensorial es crucial para la aceptación de las papas fritas y está influenciada por las condiciones de los ingredientes y del proceso de producción. Asimismo Da Silva y Moreira (2008), menciona que la fritura al vacío es un proceso en el cual el alimento se sumerge en aceite bajo condiciones de presión sub-atmosférica en un sistema cerrado. Esta presión reduce la temperatura de ebullición del agua presente en el alimento, lo que permite mantener una temperatura más baja del aceite durante la fritura sin afectar la textura característica del alimento frito de manera negativa. Además Capriles (2012), reafirma la

propiedad principal de la textura del aperitivo es la textura crujiente.

**Figura 19.** Puntaje promedio de la textura de cada una de los tratamientos



#### 4.2.4.1. Análisis de varianza ANOVA para la textura

**Tabla 34.** Análisis de varianza ANOVA para la textura

Fuente de variación	de Grados de libertad	Suma de cuadrados	de Cuadrados medios	F calculado	p- Valor
<b>A: Temperatura de fritura</b>	2	56.296	28.1481	59.49	0.000
<b>B: Presión de vacío</b>	2	3.319	1.6593	3.51	0.031
<b>AB</b>	4	47.659	11.9148	25.18	0.000
<b>Error total</b>	261	123.500	0.4732		
<b>Total (corr.)</b>	269	230.774			

Los resultados de la tabla 36 de ANOVA para la variable textura de hojuelas de camote muestra una alta significación estadística para el factor temperatura de fritura es de 0.000, la presión de vacío es de 0.031 y para la interacción de estos factores AB es 0.000, es decir, tienen

un valor-P menor que 0.05, la cual indican que existe una diferencia estadística significativa, por ende, produce efectos en la textura de las hojuelas de camote; por lo cual, se realizó la prueba de comparación múltiple de Tukey para el factor A, factor B y para la interacción de estos factores AB con la finalidad de la diferenciación de los tratamientos.

**Tabla 35.** Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% para la textura

Temperatura de fritura (°C)	N	Media	Agrupación
120	90	4.36667	A
130	90	3.92222	B
110	90	3.25556	C

La tabla 37 muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios del factor temperatura de fritura en la textura de hojuelas de camote, para determinar la mejor temperatura, se observa que la temperatura 120°C tiene mayor media 4.367 puntos que se ubica en la escala hedónica en el intervalo “me gusta”, mientras que la temperatura 110 °C es estadísticamente menor de los otras temperaturas con una media de 3.256 puntos que equivale al intervalo, “ni me gusta ni me disgusta”.

**Tabla 36.** Pruebas de HSD tukey para el factor presión de vacío, confianza de 95% para la textura

Presión de vacío (kPa)	N	Media	Agrupación
15	90	3.96667	A
10	90	3.87778	A B
5	90	3.70000	B

En la tabla 38 muestra los resultados obtenidos con la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios del factor presión de vacío en la evaluación de la textura de las hojuelas de camote para determinar el mejor nivel presión de vacío, se le agrupo en dos grupos A y B, en donde el grupo A esta conformado por las presiones 15 y 10mm Hg y el grupo B está conformado por las presiones con 10 y 5kPa como se observa el tratamiento con presión de 10kPa comparte el mismo grupo, con los tratamientos a presión de 15 y 5 kPa, esto quiere decir que no existe diferencias significativas entre estos tratamientos. Las presiones a 15 y 5 kPa no comparten el mismo grupo, por tanto, presenta diferencias significativas. Siendo la presión a 15kPa el que tiene mayor puntaje 3.967 que se acerca al “me gusta” en la escala hedónica, mientras que la presión de 5kPa presenta menor puntaje 3.700.

**Tabla 37.** Pruebas de HSD tukey para la interacción (temperatura de fritura \* presión de vacío) confianza de 95% para la textura

Temperatura de fritura (°C)	N	Media	Agrupación
<b>*Presión de Vacío (kPa)</b>			
<b>T5: 120 x 10</b>	30	4.50000	A
<b>T6: 120 x 15</b>	30	4.36667	A
<b>T7: 130 x 5</b>	30	4.33333	A
<b>T4: 120 x 5</b>	30	4.23333	A
<b>T3: 110 x 15</b>	30	4.10000	A
<b>T8: 130 x 10</b>	30	4.00000	A
<b>T9: 130 x 15</b>	30	3.43333	B
<b>T2: 110 x 10</b>	30	3.13333	B
<b>T1: 110 x 5</b>	30	2.53333	C

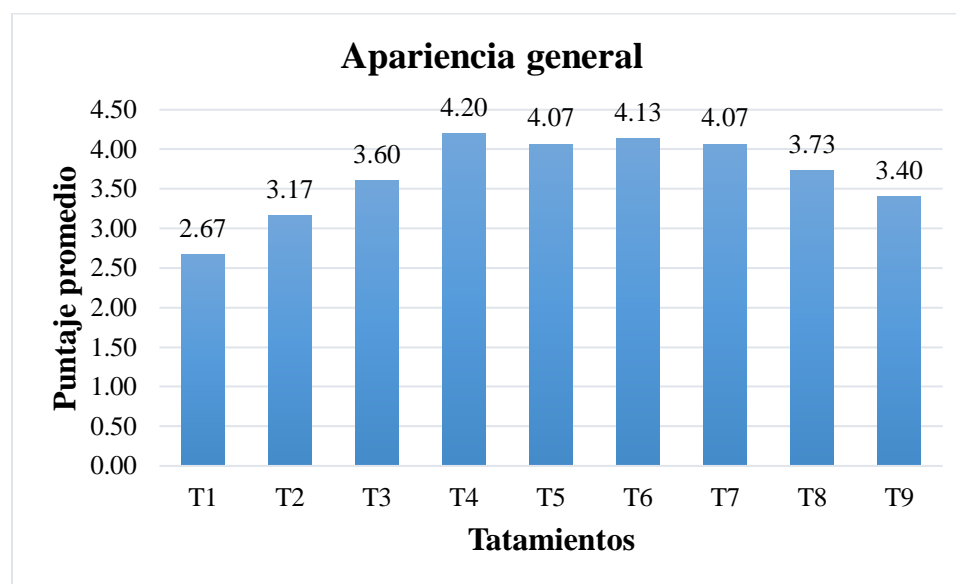


En la tabla 39 se muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de la variable textura y determinar la mejor combinación de los niveles de los factores en estudio. Para ello se agrupo en tres grupos A, B y C, el grupo a esta conformado por (T5, T6, T7, T4, T3 y T8), esto indica que entre estos tratamientos no hay diferencias significativas, pero si existe diferencias con los tratamientos de los grupos B y C. el grupo B está conformado por (T9 y T2) estos son estadísticamente iguales, y el grupo C corresponde a T1. Por tanto, la mejor combinación para la variable textura con una media superior a los demás tratamientos es T5 con un puntaje de 4.500 que corresponde al intervalo “me gusta a me gusta muchísimo”. Mientras que el T1 es el que menor puntaje obtuvo 2.533.

#### **4.2.5. Análisis de la apariencia general**

Según los resultados obtenidos en la figura 22, se muestra el puntaje promedio de la apariencia general con cada una de los tratamientos, donde se identifica una ligera diferencia en cada tratamiento, la que más sobresale lo ocupa el tratamiento cuatro (T4) debido a que se aplicó una temperatura alta de 120°C con una presión baja de 5kPa, puesto que presento una apariencia general más agradable en la percepción de los panelistas y la que menos sobresale lo ocupa el tratamiento uno (T1), debido a que se aplicó una temperatura baja de 110°C con una presión baja de 5kPa. Picallo (2008), indica que teniendo presente que la apariencia representa todos los atributos visibles de un alimento, se puede afirmar que constituye un elemento fundamental en la selección de un alimento. En las hojuelas fritas de camote se aplicó una escala hedónica de 5 puntos, con treinta jueves no entrenados y así poder obtener las mejores muestras.

**Figura 20.** Puntaje promedio de la apariencia general de cada una de los tratamientos.



#### 4.2.5.1. Análisis de varianza ANOVA para la apariencia general

**Tabla 38.** Análisis de varianza ANOVA para la apariencia general

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F calculado	p- Valor
<b>A: Temperatura de fritura</b>	2	43.496	21.7481	51.31	0.000
<b>B: Presión de vacío</b>	2	0.319	0.1593	0.38	0.687
<b>AB</b>	4	19.881	4.9704	11.73	0.000
<b>Error total</b>	261	110.633	0.4239		
<b>Total (corr.)</b>	269	174.330			

Los resultados de la tabla 40 de ANOVA para la variable apariencia general de hojuelas de camote muestra una alta significación estadística para el factor temperatura de fritura es de 0.000 y para la interacción de estos factores AB es 0.000, es decir, tienen un valor-P menor que 0.05, la cual indican que existe una diferencia estadística significativa, por ende, produce efectos en la apariencia general de las hojuelas de camote; por lo cual, se realizó la prueba de comparación

múltiple de Tukey para el factor A y para la interacción de estos factores AB con el fin de la diferenciación de los tratamientos. Por otro lado, la probabilidad para la presión de vacío es de 0.687, siendo un valor-P mayor que 0.05, la cual indica que no existe una diferencia estadística significativa

**Tabla 39.** *Pruebas de HSD tukey para el factor temperatura de fritura, confianza de 95% para la apariencia general*

<b>Temperatura de fritura (°C)</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
<b>120</b>	90	4.12222	A
<b>130</b>	90	3.72222	B
<b>110</b>	90	3.14444	C

La tabla 41 muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios del factor temperatura de fritura en la apariencia general de hojuelas de camote, para determinar la mejor temperatura, se observa que los tres niveles del factor temperatura son estadísticamente diferentes, siendo la temperatura 120°C el que tiene mayor media 4.122 puntos que se ubica en la escala hedónica en el intervalo “me gusta”, mientras que la temperatura de 110 °C es estadísticamente menor de los otras temperaturas con una media de 3.144 puntos que equivale al intervalo “ni me gusta ni me disgusta”.

**Tabla 40.** Pruebas de HSD tukey para la interacción (temperatura de fritura \* presión de vacío) confianza de 95% para la apariencia general

Temperatura de fritura (°C)	N	Media	Agrupación
<b>*Presión de Vacío (kPa)</b>			
<b>T4: 120 x 5</b>	30	4.20000	A
<b>T6: 120 x 15</b>	30	4.13333	A
<b>T7: 130 x 5</b>	30	4.06667	A B
<b>T5: 120 x 10</b>	30	4.03333	A B
<b>T8: 130 x 10</b>	30	3.70000	A B C
<b>T3: 110 x 15</b>	30	3.60000	B C D
<b>T9: 130 x 15</b>	30	3.40000	C D
<b>T2: 110 x 10</b>	30	3.16667	D E
<b>T1: 110 x 5</b>	30	2.66667	E

En la tabla 42 se muestra los resultados de la prueba de Tukey realizada con la finalidad de encontrar diferencias estadísticas entre los promedios de la variable apariencia general, y determinar la mejor combinación de los niveles de los factores en estudio. Para ello se agrupó en cinco grupos A, B, C, D y E, los tratamientos que no comparte grupo son significativamente diferente, siendo la mejor combinación para la variable apariencia general el T4 con un puntaje de 4.200 y es estadísticamente superior a los demás tratamientos se ubica en intervalo “me gusta” de la escala hedónica siendo estadísticamente superior a los demás tratamientos. El T1 es el que menor puntaje obtuvo 2.667, lo cual significa que el tratamiento con esta combinación fue la que menos agrado de manera general a los panelistas.

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- El efecto en la presión y la temperatura durante el proceso de fritura al vacío tiene un impacto significativo en las características fisicoquímicas y sensoriales de las hojuelas de camote variedad Bondadosa; combinaciones específicas de estos parámetros pueden optimizar el color, la textura, el contenido de humedad y el contenido de grasa de las hojuelas, mejorando así su calidad general y aceptabilidad sensorial.
- La temperatura de fritura al vacío afecta de manera considerable las propiedades fisicoquímicas de las hojuelas de camote. A temperaturas más altas, como 130°C, se observó una mayor L\*, mayor b\* mayor h\*, mayor fuerza de ruptura y disminución en el contenido humedad y grasa; mientras que con temperatura baja como 110°C tienden a dar mayor a\*; y en las características sensoriales de color, olor, sabor, textura y apariencia general, las temperaturas de 120°C y 130°C son los tratamientos más aceptados por los panelistas no entrenados.
- La presión de fritura al vacío también juega un papel crucial en la determinación de las características fisicoquímicas y sensoriales de las hojuelas de camote. Se encontró que una aumento en la presión como 15kPa tienden a dar menor L\*, menor a\*, menor b\*, menor h\*, mayor fuerza de ruptura, menor contenido de humedad y grasa; en cuanto a las características sensoriales de color, olor, sabor, textura y apariencia general, las presiones de 5kPa y 10kPa son los tratamientos más aceptados por los panelistas no entrenados.
- La combinación óptima de estos parámetros permite un control más preciso del proceso de fritura, resultando en un producto con mejores características fisicoquímicas y

sensoriales, siendo las hojuelas fritas a 130°C con 5kPa presentaron valores de color de L\* 47.60, a\* 16.92, b\* 24.47, una fuerza de ruptura de 7.01 N, un contenido de humedad de 0.21% y un contenido de grasa de 15.40%. Para el análisis sensorial se utilizó una prueba de preferencia (escala hedónica) con 30 panelistas, donde el mejor tratamiento fue para apariencia general fue el T4 (120°C x 5kPa).

## **5.2. Recomendaciones**

- Enfocarse en la optimización de los parámetros de fritura al vacío, como la temperatura y la presión de vacío, para mejorar podría ofrecer la mejor calidad en términos de la luminosidad, cromaticidad, textura, reducir el contenido de humedad y el contenido de grasa en las hojuelas de camote.
- Explorar el impacto de otros otros factores a utilizar, como el tipo de aceite, el grosor de las hojuelas, el tiempo de fritura y pre tratamientos, que nos permitan obtener hojuelas con mejores características fisicoquímicas y sensoriales.
- Capacitar a los panelistas que evaluarán un producto alimenticio en investigación es fundamental para asegurar la obtención de resultados confiables y precisos.
- Realizar una comparación detallada de los análisis fisicoquímicos y sensoriales de las hojuelas de camote utilizando tanto el método de fritura convencional como el de fritura al vacío.

## CAPITULO VI

### 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agua Vera, KA. (2020). *Elaboración de fideos con sustitución parcial de harina de trigo (genus triticum) por harina de camote (ipomoea batatas) y extracto de zanahoria (daucus carota)*. Universidad Agraria de Ecuador. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/Aguaverakatherineabigail.pdf>.
- Albarracín, W; Sánchez, IC. (2010). Análisis sensorial en carne. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*. <http://www.redalyc.org/pdf/2950/295023450012.pdf>.
- Alva, C; Ramírez, C; Siche, R. (2015). *Visión computacional en la evaluación del efecto de la temperatura y tiempo de fritura sobre el color de hojuelas de papa (Solanum tuberosum) nativa*. Agroindustrial Science.
- Antón Bernal, TL; Saavedra Bravo, P de J. (2017). *Influencia del escaldado en la reducción de acrilamida en camotes (ipomoea batatas) fritos, variedad amarillo*. Universidad Señor de Sipán. <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/4084>.
- AOAC. (1990). *Official methods of analysis*. <https://doi.org/10.7312/seir17116-004>.
- Astudillo Rubio, GC. (2018). *Evaluación del deterioro del aceite vegetal en la preparación de papas fritas*. Universidad del Azuay. <http://201.159.222.99/bitstream/datos/7818/1/13616.pdf>.
- Avalos Zavaleta, ET. (2014). *Influencia del secado previo y del tiempo de fritura en las características fisicoquímicas y aceptabilidad general de rebanadas de papa (Solanum tuberosum) frita variedad huevo de indio*. Universidad Privada Antenor Orrego. [file:///C:/Users/Industrial/Downloads/Supplementing\\_female\\_rats\\_with\\_DHAlysophosphatidy.pdf%0Ahttps://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/852/1/Avalos\\_Emy\\_Secado\\_Fritura\\_Fisicoquímicas.pdf](file:///C:/Users/Industrial/Downloads/Supplementing_female_rats_with_DHAlysophosphatidy.pdf%0Ahttps://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/20.500.12759/852/1/Avalos_Emy_Secado_Fritura_Fisicoquímicas.pdf).

- Ayustaningwarno, F; Dekker, M; Fogliano, V; Verkerk, R. (2018). *Effect of Vacuum Frying on Quality Attributes of Fruits*. Food Engineering Reviews. <https://doi.org/10.1007/s12393-018-9178-x>.
- Bautista Eulogio, AE; Romero Requielmo, EF. (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 Valdizan. <http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/4761>.
- Benavides Paz, YL. (2012). *Diseño y ejecución del plan de entrenamiento del panel de análisis sensorial en compañía de galletas Noel S.A.S. Corporación Universitaria Lasallista*.
- Bourne, MC. (2002). *Food Texture and Viscosity. Concept and Measurement*.
- Bravo, J; Sanjuán, N; Clemente, G; Mulet, A. (2011). *Pressure effect on deep fat frying of apple chips. Drying Technology*.
- Burney, J; Johnson, K. (2020). *Cookin with beans and peas. Department of Family and Consumer Sciences*. <https://doi.org/10.4135/9781412995962.n272>.
- Caballero Hernández, YT; Patiño Villamizar, SR; Días Camargo, A; Otálvaro Marín, HL. (2018). *Manual de análisis químico e instrumental. Técnicas de análisis fisicoquímico*. [www.unipaz.edu.com](http://www.unipaz.edu.com).
- Chuchuca Moran, GW; Dick Zambrano, AK; Peñafiel Ube, JF. (2012). *Implementación y validación de una metodología económica para la medición de color aplicada en alimentos*. Escuela Superior Politécnica Del Litoral. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/90012/D-79702.pdf>.
- Clark, S; Costello, M; Drake, M; Bodyfelt, F. (2009). *The Sensory Evaluation of Dairy Products*.
- Crosa, MJ; Elichalt, M; Skerl, V; Cadenazzi, M; Olazábal, L; Silva, R; Suburú, G; Torres, M; Vilaró,



F; Estellano, G. (2014). *Chips de papa, la fritura en vacío y beneficios para la salud*. Innotec.  
<https://doi.org/10.26461/09.09>.

Diamante, LM; Shi, S; Hellmann, A; Busch, J. (2015). *Vacuum frying foods: Products, process and optimization*. *International Food Research Journal* 22(1):15-22.

Dueik, V; Sobukola, O; Bouchon, P. (2014). *Development of low-fat gluten and starch fried matrices with high fiber content*. *LWT - Food Science and Technology*  
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.036>.

Food and Agricultural Organization (2022). *Codex Alimentarius. Código internacional recomendado de prácticas – Principios generales de higiene de los alimentos*.  
[https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXC%2B1-1969%252FCXC\\_001e.pdf](https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXC%2B1-1969%252FCXC_001e.pdf).

Gallón Bedoya, M. (2017). *Fritura al vacío de nueva variedad de papa diploide: Snack con potenciales propiedades antioxidantes*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.  
<https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/62909>

Gómez Pinedo, S. (2013). *Efecto de las condiciones de fritura a vacío en el procesado de chips de kiwi (Actidinia chinensis)*. Universidad Politécnica de Valencia.  
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/28119/EFFECTOS%20DE%20LAS%20CONDICIONES%20DE%20FRITURA%20A%20VAC%20C3%28DO%20EN%20EL%20PROCESADO%20DE%20CHIPS%20DE%20KIWI.pdf?sequence=1>

Gómez Rengifo, KA. (2014). *Obtención de chips de papa china (Colocasia esculenta) aplicando fritura al vacío*. Universidad Tecnológica Equinoccial.  
[https://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/5088/56916\\_1.pdf?sequen](https://repositorio.ute.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/5088/56916_1.pdf?sequen)

ce=1&isAllowed=y

González, A; Alvis, A; Arrázola, G. (2015). *Efecto del recubrimiento comestible en las propiedades de trozos de batata (Ipomoea Batatas Lam) fritos por inmersión*. Información Tecnológica <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000100011>.

González Regueiro, V; Rodeiro Mauriz, C; Sanmartín Fero, C; Vila Plana, S; Rodríguez Moldes Rey, C. (2014). *Introducción al análisis sensorial: Estudio hedónico del pan en el IES Mugaros*. Sociedade Galega para a promoción da Estatística e da Investigación de Operacións. <https://iestpcabana.edu.pe/wp-content/uploads/2021/11/INTRODUCCION-AL-ANALISIS-SENSORIAL.pdf>

Herrera Jácome, KV. (2015). *Elaboración de rodajas de camote (Ipomoea batatas) aplicando fritura al vacío*. Universidad Tecnológica Equinoccial. Quito, Ecuador. <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/5134>

Hough, G. (2010). *Sensory shelf life estimation of food products*. *Sensory Shelf Life Estimation of Food Products*. <https://doi.org/10.1201/9781420092943>.

Ibrahium, MI; Hegazy, AI. (2014). *Effect of Replacement of Wheat Flour with Mushroom Powder and Sweet Potato Flour on Nutritional Composition and Sensory Characteristics of Biscuits*. <https://www.researchgate.net/publication/323616757>.

Instituto Nacional de Innovación Agraria. (2021). *Variedad de Camote INIA 331- Bondadosa*. <https://hdl.handle.net/20.500.12955/1648>

Lim, J. (2011). *Hedonic scaling: A review of methods and theory*. Food Quality and Preference <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2011.05.008>.

Lucas A, JC; Quintero C, VD; Vasco Leal, JF; Cuellar Nuñez, L. (2011). *Evaluación de los parametros de calidad durante la fritura de rebanadas de papa criolla*. Universidad

Tecnológica de Pereira. <https://www.redalyc.org/pdf/849/84922622053.pdf>

Lucas, JC; Quintero, C; Vasco Leal, JF; Mosquera, JD. (2012). *Evaluación de los parámetros de calidad de chips en relación con diferentes variedades de plátano (Musa paradisiaca L.)*. Corporación Universitaria Lasallista Colombia. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69525875009.pdf>

Luna Chalan, Á del C. (2016). *Proyecto de factibilidad para la creación de una empresa productora de snack de camote (Ipomoea batatas) y su comercialización en la ciudad de Loja*. Universidad Nacional de Loja. <http://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/17025/1/TESISWILSONFERNANDO.pdf>.

Lyon, DH; Francombe, MA; Hasdel, TA; Lawson, K. (2008). *Guidelines for Sensory Analysis in Food Product development and quality control*. <https://www.redalyc.org/pdf/695/69525875009.pdf> TFG2014408.pdf%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.20.

Mariotti Celis, MS; Cortés, P; Dueik, V; Bouchon, P; Pedreschi, F. (2017). *Application of Vacuum Frying as a Furan and Acrylamide Mitigation Technology in Potato Chips*. Food and Bioprocess Technology.

Marqués Plaza, A; Begoña Hernandez, S. (2010). *Estudio de la reproducción del color en rotuladores profesionales usados en diseño gráfico*. <https://hdl.handle.net/2454/1848>

Martí, HR; Corbino, GB. (2016). *La batata: el redescubrimiento de un cultivo*. <file:///E:/Cienciahoy21121pag17-23.pdf>

Martínez Lievana, C; Delgado Vidal, FK. (2014). *Artículos y Notas Hamburguesa de Euthynnus lineatus: Correlación de los análisis químicos, instrumentales y la percepción sensorial de*

*consumidores*. <https://biblat.unam.mx/hevila/Cienciaymar/2011/no43/1.pdf>

Mathias Rettig, K; Ah Hen, K. (2014). *El color en los alimentos un criterio de calidad medible*.

*Agrosur*. <https://doi.org/10.4206/agrosur.2014.v42n2-07>

Millán Cardona, L de J; Ciro Velásquez, HJ. (2012). *Caracterización mecánica y físico-química del*

*banano tipo exportación (Cavendish Valery)*

<http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/136/1/10.%20163-192.pdf>

Montero Pérez, DF. (2015). *Estudio del efecto de recubrimientos comestibles en el contenido de*

*grasa de chips de papa china (Colocasia esculenta)*. Universidad Tecnológica Equinoccial

Narro Sáenz, KL. (2021). Determinación de la temperatura de fritura y espesor para btner hojuelas

de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza bancroft*). Universidad Nacional de Cajamarca.

<http://hdl.handle.net/20.500.14074/4507>

Norma técnica peruana. (2016). *Norma técnica peruana NTP 209.226 1984 (revisada el 2016)*

*Bocaditos. Requisitos*.

Norma Técnica Peruana. (2016). *Papa y sus derivados. Hojuelas de papa frita. Requisitos. NTP*

*011.801:2016*.

Norma Técnica Peruana. (2018). *Bizcochos, galletas y pastas o fideos. Determinación de humedad*.

*NTP 206.011:2018 Diario oficial 2da Edición*.

<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-legislativo-que-aprueba-el-codigo-de-responsabilidad-decreto-legislativo-n-1348-1471548-8/>.

Oliag Talens, P. (2017). *Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio*

*CIELAB. Tecnología de alimentos*.

[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/83392/Talens-Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB.pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/83392/Talens-Evaluación%20del%20color%20y%20tolerancia%20de%20color%20en%20alimentos%20a%20través%20del%20espacio%20CIELAB.pdf?sequence=1).

- Padilla, FC; Rincón, AM; Bou-Rached, L. (2008). *Contenido de polifenoles y actividad antioxidante de varias semillas y nueces*. Archivos Latinoamericanos de Nutricion.
- Pajar Muñoz, ML. (2008). *Elaboración de hojuelas fritas de pituca (Colocasia esculenta (L.) Schott)*. Universidad Nacional del Centro del Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/2633>.
- Paucar Villanueva, AB. (2013). *Hojuelas dulces de pota (Dioscorea alata) usando edulcorante stevia enriquecido con quinua (Chenopodium quinoa Willdenow)*. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2874>.
- Picallo, A. (2008). *Análisis sensorial de los alimentos: el imperio de los sentidos*. Encrucijadas UBA. <http://repositorioubasibbi.uba.ar>.
- Ramírez Navas, JS. (2012). *Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor*. Revista RECITEIA. <http://revistareciteia.es.tl/10203.htm>.
- Ramírez Navas, JS. (2014). *Espectrocolorimetría en caracterización de leche y quesos*. [https://www.researchgate.net/publication/257890462\\_Espectrocolorimetria\\_en\\_caracterizacion\\_de\\_leche\\_y\\_quesos](https://www.researchgate.net/publication/257890462_Espectrocolorimetria_en_caracterizacion_de_leche_y_quesos)
- Rodríguez Arzave, JA; Ruiz Loaiza, L; Santoyo Stephano, MA; Miranda Velásquez, L; Barragán Saavedra Layza, GE. (2022). *Efecto de la temperatura en el valor de monocapa de harina de camote (Ipomoea batata L.) variedad amarilla mediante la isoterma de GAB*. Universidad Nacional de Trujillo (Perú). <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/19053>
- Santisteban Crespín, MM. (2019). *Efecto del secado previo y tiempo de fritura en las características fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial de hojuelas de papa fritas (Solanum Tuberosum) variedad Yungay*. <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27098>.
- Sanz, T; Primo Martín, C; Van Vliet, T. (2007). *Characterization of crispness of French fries by fracture and acoustic measurements, effect of pre-frying and final frying times*. Food

Research International.

El Sheikha, AF; Ray, RC. (2017). *Potential impacts of bioprocessing of sweet potato: Review*.  
Critical Reviews in Food Science and Nutrition.

Da Silva, PF; Moreira, RG. (2008). *Vacuum frying of high-quality fruit and vegetable-based snacks*.  
LWT - Food Science and Technology. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.01.016>.

Simbaña Imba, KL. (2021). Evaluación de la incidencia de fritura al vacío sobre retención de extracto etéreo y textura en tres variedades mejoradas de maíz (chulpi mejorado iniap 192, chulpi ecuatoriano, chaucho mejorado iniap 122). Universidad Técnica del Norte  
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10956>

Sun, H; Mu, T; Xi, L; Zhang, M; Chen, J. (2014). *Sweet potato (Ipomoea batatas L.) leaves as nutritional and functional foods*. Food Chemistry.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.01.079>.

Suntaxi Calderón, AD. (2013). *Obtención de un Producto tipo aperitivo (snack) a partir de oca (Oxalis tuberosa) mediante la fritura al vacío*. Universidad Nacional del Altiplano

Szczesniak, AS. 2002. *Texture is a sensory property*. Food Quality and Preference.  
[https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8).

Tang, Y; Cai, W; Xu, B. (2015). *Profiles of phenolics, carotenoids and antioxidative capacities of thermal processed white, yellow, orange and purple sweet potatoes grown in Guilin, China*  
Food Science and Human Wellness. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fshw.2015.07.003>.

Tipán Rojas, DE. (2017). *Aplicación de fritura al vacío y convencional en dos variedades de papa (Solanum tuberosum) para fritura: Premium Y Allipacha*. Universidad Tecnológica Equinoccial

Tirado, DF; Acevedo, D; Puello, P. (2014). *Determinación computacional del coeficiente de*

*transferencia de calor y propiedades termofísicas de alimentos*. Información Tecnológica  
[https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642014000300008](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642014000300008)

Torres, JD; Acevedo, D; Montero, PM. (2017). *Efectos de la Fritura al Vacío en los Atributos de Calidad de Arepa con Huevo*. Información Tecnológica. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642017000100010>.

Trejo Escobar, DM; Cortés, M; Mejía España, DF. (2019). *Influencia de Proceso de Fritura al Vacío Sobre la Calidad de Chips de Papa Nativa, Variedad Botella Roja*. Información Tecnológica. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642019000500067>.

Untuña Ronquillo, PE. (2013). *Estudio del efecto de la fritura al vacío sobre los atributos de calidad de chips de papa nativa*. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/1056>

Valdiviezo Rodríguez, NY. 2014. *Análisis del tipo de aceite y tiempo de fritura en la vida útil del snack de malanga (Xanthosoma sagittifolium) procedente del Tena*. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8424/1/AL\\_534.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8424/1/AL_534.pdf).

Valencia Oseida, MZ. (2018). *Métodos de extracción de aceite esencial de semilla de morinaga (Moringa oleífera)*. Universidad Rafael Landívar <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrkd/2018/06/17/Valencia-Maylin.pdf>

Del Valle, MD. (2017). *Evaluación de fuentes de potasio sobre rendimiento de camote; jacaltenango, huehuetenango*. AITEP.

Vidal, AR; Zaucedo Zuñiga, AL; Ramos García, M de L. (2018). *Propiedades nutrimentales del camote (Ipomoea batatas L.) y sus beneficios en la salud humana*. Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha. <https://www.redalyc.org/journal/813/81357541001/81357541001.pdf>.

Villegas Herrera, WA. (2014). *Propuesta de una metodología para la determinación del porcentaje de humedad del clavo de olor (eugenia caryophyllata thunb) por medio de destilación azeotrópica, variando tamaño de partícula y disolvente en una empresa comercializadora de especias.* Universidad de San Carlos de Guatemala.  
<http://emecanica.ingenieria.usac.edu.gt/sitio/wp-content/subidas/6ARTÍCULO-III-INDESA-SIE.pdf>.

Villena Aguilar, AC. (2022). *Evaluación de dos sistemas de fritura en la obtención de Chips de Camote (Ipomoea batatas L.) Variedad Toquecita.* Universidad Central Del Ecuador.  
<https://www.dspace.uce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/73526caa-f124-4e9a-a813-a222cf1b8c0c/content>

Wichchukit, S; O'Mahony, M. (2015). *The 9-point hedonic scale and hedonic ranking in food science: Some reappraisals and alternatives.* Journal of the Science of Food and Agriculture.



## CAPITULO VII

### 7. ANEXOS

#### Anexo 1. Proceso de obtención de hojuelas fritas de camote



**Recepción del camote**



**Lavado y desinfección**



**Pelado**



**Cortado**



**Inmersión en solución ácida**



**Escaldado**



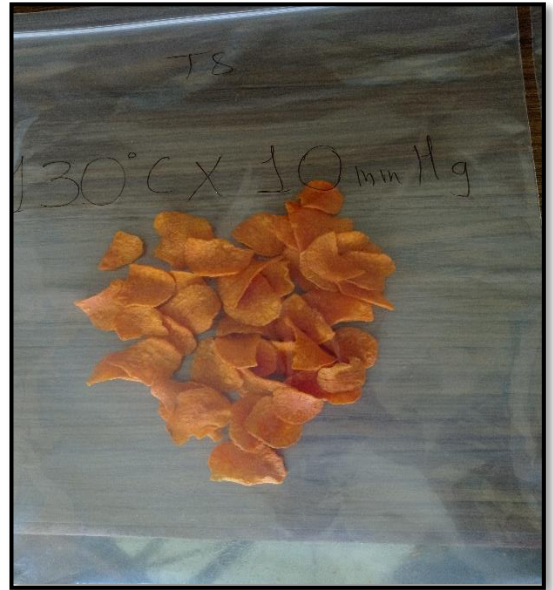
**Secado**



**Fritura al vacío**



**Ecurrir y enfriar**



**Empacado**

**Anexo 2. Análisis fisicoquímico de muestras: medición de color**



### Anexo 3. Análisis fisicoquímico de muestras: medición de textura



### Anexo 4. Análisis fisicoquímico de muestras: medición de humedad



## Anexo 5. Análisis fisicoquímico de muestras: medición de contenido de grasa





**Anexo 6. Ficha de evaluación sensorial:**

**“Efecto de la presión y temperatura de fritura al vacío sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de hojuelas de camote (*Ipomoea Batatas*) variedad Bondadosa”**

Instrucciones: Frente a usted se le presenta 9 muestras de hojuelas de camote frito. Por favor, observe y pruebe cada una de ellas. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada atributo de cada muestra, de acuerdo al puntaje/calificación, escribiendo el número correspondiente en el casillero del código de la muestra.

<i>Puntaje</i>	<i>Calificación</i>
<b>5</b>	Me gusta mucho
<b>4</b>	Me gusta
<b>3</b>	No me gusta, ni me disgusta
<b>2</b>	Me disgusta
<b>1</b>	Me disgusta mucho

<b>Atributo</b> <b>Muestras</b>	<b>Color</b>	<b>Olor</b>	<b>Sabor</b>	<b>Textura</b>	<b>Apariencia general</b>
<b>M1</b>					
<b>M2</b>					
<b>M3</b>					
<b>M4</b>					
<b>M5</b>					
<b>M6</b>					
<b>M7</b>					
<b>M8</b>					
<b>M9</b>					

## Anexo 7. Análisis sensorial de las hojuelas de camote fritas al vacío

