



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR**

**TESIS**

**DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE CHIPS DE YUCA  
(*Manihot esculenta*) CRUDA Y COCIDA EN POLVO:  
OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE MOLDEADO  
Y FRITURA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR**

**Autor**

Bach. Palacios Monja, Jacinto Alexander  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5183-3473>

**Asesor**

Dr. Rodríguez Lafitte Ernesto Dante  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2834-5097>

**Línea de Investigación**

**Tecnología e investigación en el desarrollo de la construcción y la  
industria en un contexto de sostenibilidad**

**Sublínea de Investigación**

**Gestión y sostenibilidad en las dinámicas empresariales de indus-  
trias y organizaciones  
Pimentel – Perú**

**2025**

**DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE CHIPS DE YUCA (*Manihot esculenta*)  
CRUDA Y COCIDA EN POLVO: OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE MOLDEADO Y  
FRITURA**

**Aprobación del jurado**

---

**Mg. SIMPALO LOPEZ WALTER BERNARDO**

**Presidente del Jurado de Tesis**

---

**Mg. MERA VÁSQUEZ TATIANA LIZETH**

**Secretario del Jurado de Tesis**

---

**Dr. RODRIGUEZ LAFITTE ERNESTO DANTE**

**Vocal del Jurado de Tesis**



## DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD

Quien suscribe la DECLARACIÓN JURADA, soy egresado (s) del Programa de Estudios de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior de la Universidad Señor de Sipán S.A.C, declaro bajo juramento que soy autor del trabajo titulado:

### **DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE CHIPS DE YUCA (*Manihot esculenta*) CRUDA Y COCIDA EN POLVO: OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS DE MOL- DEADO Y FRITURA**

El texto de mi trabajo de investigación responde y respeta lo indicado en el Código de Ética del Comité Institucional de Ética en Investigación de la Universidad Señor de Sipán, conforme a los principios y lineamientos detallados en dicho documento, en relación con las citas y referencias bibliográficas, respetando el derecho de propiedad intelectual, por lo cual informo que la investigación cumple con ser inédito, original y autentico.

En virtud de lo antes mencionado, firman:

Palacios Monja, Jacinto Alexander	DNI: 73328712	
-----------------------------------	---------------	--

Pimentel, 6 de diciembre del 2024.

## 9% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

### Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 8 palabras)

### Fuentes principales

- 8%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

## **Dedicatoria**

Dedico este trabajo, a mi padre y madre por su apoyo incondicional durante mis estudios universitarios. A mis hermanas, las amo infinitamente, por su apoyo y por siempre estar a mi lado y sé que juntos lograremos nuestras metas.

***Palacios Monja, Jacinto Alexander***

## **Agradecimientos**

A mi asesor por su enseñanza, orientación, aliento y amistad, con información incansable, ya que su experiencia y dedicación fueron de fundamental importancia para realizar el proyecto.

Agradezco a mis compañeros de la universidad, que comparten conocimientos y amistades. Les ofrezco mi gratitud, este trabajo también es el resultado de nuestro intercambio de experiencias.

A todos mis amigos que estuvieron presentes en mi vida, yo animándome y ayudándome en este paso. A mis profesores que gracias a sus conocimientos compartidos permitieron culminar esta etapa tan maravillosa y así poder empezar con nuevos retos, gracias totales por estar y formar parte de este proyecto de mi vida.

INDICE	
Dedicatoria.....	5
Agradecimientos .....	5
Resumen .....	10
Abstract.....	11
I. INTRODUCCIÓN .....	12
1.1. Contexto y Problema.....	12
1.2. Formulación de problema.....	13
1.3. Hipótesis .....	13
1.4. Objetivos .....	14
1.4.1. Objetivo general .....	14
1.4.2. Objetivos específicos.....	14
1.5. Trabajos previos.....	14
1.6. Teorías relacionadas al tema .....	18
II. MATERIALES Y MÉTODOS .....	22
2.1. Tipo y Diseño de investigación.....	22
2.2. Variables y operacionalización .....	22
2.2.1. Variable independiente .....	22
2.2.2. Variable dependiente.....	23
2.2.3. Operacionalización de variables .....	24
2.3. Población de estudio, muestra, y criterios de selección .....	25
2.3.1. Población.....	25
2.3.2. Muestra .....	25
2.3.3. Criterios de inclusión .....	25
2.3.4. Criterios de exclusión .....	25
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	25
2.4.1. Color Instrumental .....	25
2.4.2. Determinación de humedad: .....	26
2.4.3. Medición de textura .....	26
2.4.4. Determinación de Grasa.....	27
2.5. Procedimiento de análisis de datos .....	31
2.5.1. Diseño Experimental .....	31
2.6. Criterios éticos .....	33
III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
3.1. Resultados .....	34

3.2. Discusión.....	53
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	55
ANEXOS.....	61

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA I. COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA YUCA FRESCA .....	20
TABLA II. NIVELES DE VARIABLES INDEPENDIENTES .....	24
TABLA III. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES .....	26
TABLA IV. NIVELES DE LAS VARIABLES DEPENDIENTES SEGÚN DISEÑO EXPERIMENTAL .....	34
TABLA V. MATRIZ EXPERIMENTAL CODIFICADA SEGÚN DISEÑO COMPUESTO CENTRAL ROTABLE .....	35
TABLA VI. RESPUESTAS DE LOS EXPERIMENTOS .....	35
TABLA VII. MATRIZ DE EXPERIMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	36
TABLA VIII. COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA Y PROXIMAL DE LA YUCA .....	37
TABLA IX. PARÁMETROS DE COLOR (L, A, Y B) DE YUCA CRUDA Y COCIDA .....	38
TABLA X. RESULTADOS OBTENIDOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS .....	39
TABLA XI. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL CHIP DE YUCA .....	40
TABLA XII. RESULTADOS OBTENIDOS DEL CONTENIDO DE ACEITE PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS .....	42
TABLA XIII. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE CONTENIDO DE ACEITE DEL CHIP DE YUCA .....	43
TABLA XIV. RESULTADOS OBTENIDOS DE TEXTURA PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.....	46
TABLA XV. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE TEXTURA DEL CHIP DE YUCA .....	47
TABLA XVI. RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PARÁMETRO DE COLOR LUMINOSIDAD PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS .....	50
TABLA XVII. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE EN EL PARÁMETRO DE COLOR LUMINOSIDAD DEL CHIP DE YUCA .....	51
TABLA XVIII. CRITERIOS DE OPTIMIZACIÓN MÚLTIPLE RESPUESTA SEGÚN METODOLOGÍA DE FUNCIÓN DESEADA .....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1 : Procedimiento para la obtencion de harina de yuca cruda. ....	28
Fig. 2 : Procedimiento para la obtencion de harina de yuca cruda. ....	29
Fig. 3: Procedimiento para elaboracion de chip de yuca. ....	30
Fig. 4: Gráfico de superficie de respuesta y contorno para la variable dependiente contenido de humedad del chip de Yuca.....	38
Fig. 5: Gráfico de superficie de respuesta y contorno para la variable dependiente contenido de aceite del chip de Yuca.....	42
Fig. 6: Gráfico de superficie de respuesta y contorno para la variable dependiente textura del chip de Yuca.....	46
Fig. 7: Gráfico de superficie de respuesta y contorno para la variable dependiente parametro de color luminosidad del chip de Yuca.....	50

## Resumen

La yuca tiene gran importancia como fuente de carbohidratos y son altamente perecederos, pues después de tres días de la cosecha se inicia el proceso de deterioro fisiológico. La presente investigación tuvo como objetivo el desarrollo de un nuevo producto moldeado en forma de chips y frito, elaborado a partir de yuca cruda y cocida en polvo. A partir de una planificación experimental factorial completa 23 con 6 puntos axiales y 3 repeticiones del punto central, totalizando 17 ensayos (T1 a T17) con las variables independientes: cantidad yuca cruda en polvo, yuca cocida en polvo y tiempo de fritura. Las variables dependientes fueron: absorción de aceite, humedad, textura y color. La yuca presenta la siguiente composición fisicoquímica humedad de  $62.54 \pm 0.68$ , Ceniza de  $0.86 \pm 0.01$ , Proteínas de  $0.87 \pm 0.13$  y Grasa  $0.58 \pm 0.14$ . El proceso de cocción afecta en el color de la yuca, hace disminuir la luminosidad indicando el pardeamiento de la misma. Las proporciones de harina de yuca cruda y cocida afectan en el contenido de humedad y aceite del chip de yuca, al igual que el tiempo de fritura. El tiempo de fritura a  $160^{\circ}\text{C}$  afecta a la textura del chip de oca, dándole mayor dureza. La cantidad de harina de yuca cruda y tiempo de fritura afectan a la luminosidad del chip de yuca. La cantidad de harina yuca cocida 86.5 gramos, harina de yuca cruda de 20 gramos y tiempo de fritura a  $160^{\circ}\text{C}$  de 46 segundos permite obtener un chip de yuca con características muy similares a un producto comercial a base papa.

**Palabras clave:** Yuca, cocción, Harina, Chip, fritura.

## Abstract

Cassava is of great importance as a source of carbohydrates and is highly perishable, because after three days of harvest the process of physiological deterioration begins. The objective of this research was the development of a new molded product in the form of chips and fried, made from raw cassava and cooked in powder. From a complete factorial experimental planning 23 with 6 axial points and 3 repetitions of the central point, totaling 17 trials (T1 to T17) with the independent variables: quantity of raw cassava powder, cassava cooked in powder and frying time. The dependent variables were: oil absorption, humidity, texture and color. Cassava presents the following physicochemical moisture content of  $62.54 \pm 0.68$ , Ash of  $0.86 \pm 0.01$ , Proteins of  $0.87 \pm 0.13$  and Fat  $0.58 \pm 0.14$ . The cooking process affects the color of the cassava, decreases the luminosity indicating the browning of the same. The proportions of raw and cooked cassava flour affect the moisture and oil content of the cassava chip, as well as the frying time. Frying time at  $160^\circ\text{C}$  affects the texture of the goose chip, giving it greater hardness. The amount of raw cassava flour and frying time affect the luminosity of the cassava chip. The amount of cassava flour cooked 86.5 grams, raw cassava flour of 20 grams and frying time at  $160^\circ\text{C}$  of 46 seconds allows to obtain a cassava chip with characteristics very similar to a commercial potato-based product.

**Keywords:** Cassava, cooking, Flour, Chip, frying.

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Contexto y Problema

El crecimiento en la demanda de alimentos saludables y convenientes ha impulsado la innovación en el desarrollo de snacks que combinen nutrición, sabor y practicidad. En este contexto, la yuca (*Manihot esculenta*), un cultivo de alta disponibilidad en el Perú, se presenta como una alternativa viable para la elaboración de productos innovadores debido a su alto contenido de carbohidratos, versatilidad gastronómica y adaptabilidad a condiciones climáticas adversas [1]. La producción nacional de yuca, concentrada en regiones como Loreto, Ucayali y Lambayeque, ha mostrado un crecimiento sostenido, alcanzando 61.3 mil toneladas en 2023 según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego. Sin embargo, su alta perecibilidad representa un desafío para su comercialización y procesamiento.

El Perú cuenta con condiciones únicas para diversificar el uso de la yuca, especialmente en la región Lambayeque, donde la disponibilidad del cultivo permite su transformación en productos de mayor valor agregado, como chips fritos saludables. La fritura por inmersión, método tradicionalmente utilizado en la elaboración de snacks, genera cambios en la textura, color y sabor que mejoran las propiedades sensoriales del producto final [2]. Sin embargo, también plantea retos relacionados con la absorción de aceite y la degradación de sus propiedades nutricionales [3].

En un escenario global donde el consumo de snacks saludables crece a un ritmo del 6% anual [4], esta investigación también se alinea con las tendencias de mercado, ofreciendo una alternativa competitiva y sostenible. Por tanto, la investigación representa un aporte significativo al sector agroindustrial, promoviendo la innovación y el aprovechamiento integral de la yuca como materia prima. Este enfoque no solo busca mejorar las propiedades sensoriales y nutricionales del producto, sino también contribuir al desarrollo de una cadena de valor sostenible para la yuca en el Perú, promoviendo su industrialización y el acceso a mercados nacionales e internacionales.

La creciente demanda por alimentos saludables, sostenibles y de alta calidad ha impulsado la necesidad de desarrollar productos innovadores que satisfagan las expectativas del mercado actual. En este contexto, la presente investigación se centra en la elaboración de chips a base de yuca (*Manihot esculenta*), utilizando una mezcla de harinas cruda y cocida, lo que constituye un enfoque innovador en la industria de snacks. Este método no solo mejora las propiedades sensoriales del producto, como textura y crocancia, sino que también optimiza

su valor nutricional al reducir el contenido de grasa mediante el control de las condiciones de fritura.

La yuca es un cultivo clave para el Perú debido a su alta adaptabilidad a diferentes climas y su relevancia como fuente de ingresos para pequeños agricultores. Sin embargo, su comercialización se ve limitada por su alta perecibilidad. Este estudio ofrece una solución sostenible al agregar valor a la yuca mediante su transformación en un producto de alto impacto comercial. Además, la combinación de harinas cruda y cocida representa una innovación que aprovecha las propiedades fisicoquímicas de la yuca para obtener un producto competitivo y diferenciado.

Desde una perspectiva económica, la producción de snacks saludables como los chips de yuca tiene el potencial de dinamizar la industria agroalimentaria local, fomentando la generación de empleo y promoviendo el desarrollo sostenible. A nivel global, el mercado de snacks saludables está creciendo rápidamente, con un incremento anual estimado del 6% [4]. Este proyecto se alinea con estas tendencias, ofreciendo una alternativa atractiva para consumidores que buscan opciones más saludables y sostenibles.

## **1.2. Formulación de problema**

¿Cuál es la proporción óptima de harina de yuca cruda y cocida en polvo, junto con el tiempo de fritura, que permite obtener chips de yuca con alta aceptabilidad sensorial y mejores propiedades fisicoquímicas, respondiendo a las demandas del mercado de snacks saludables?

## **1.3. Hipótesis**

La formulación que combina harina de yuca cocida (86.5 g), harina de yuca cruda (20 g) y un tiempo de fritura de 46 segundos a 160°C optimiza las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de los chips de yuca, obteniendo un producto con características similares a los snacks comerciales y aceptado por el mercado.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Desarrollar un chip de yuca a partir de harinas cruda y cocida, evaluando su calidad sensorial y fisicoquímica bajo diferentes condiciones de formulación y procesamiento.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar fisicoquímicamente la yuca cruda y cocida en polvo utilizada en la formulación de los chips.
- Determinar las proporciones óptimas de harina de yuca cruda y cocida en polvo que maximicen la calidad sensorial de los chips.
- Evaluar el efecto del tiempo de fritura en las propiedades fisicoquímicas del producto, como absorción de aceite, textura, humedad y color.

## **1.5. Trabajos previos**

Yadav et al.[5] llevaron a cabo un estudio para analizar los cambios fisicoquímicos que ocurren en los aceites vegetales comestibles durante el proceso de fritura profunda. Este trabajo tuvo como objetivo comprender los mecanismos de degradación de los aceites, como la oxidación, la hidrólisis y la formación de grasas trans, y proponer métodos para evaluar su calidad. Asimismo, abordaron cómo las condiciones de fritura, como la temperatura y el tiempo, impactan el valor nutricional y la estabilidad de los aceites. Entre los métodos de evaluación destacados, incluyeron la medición de ácidos grasos libres, valores de peróxido, compuestos polares y estabilidad oxidativa. Estos parámetros permitieron evaluar los efectos adversos de la fritura, como la formación de compuestos tóxicos, la pérdida de antioxidantes y los cambios en la composición de los ácidos grasos. Los resultados del estudio mostraron que el proceso de fritura a altas temperaturas alteraba significativamente las propiedades de los aceites. Se identificó la generación de compuestos nocivos y la reducción de componentes esenciales como los antioxidantes, lo que disminuía la estabilidad del aceite en usos repetidos. Además, se observó un incremento en la formación de grasas trans, que representaban un riesgo para la salud de los consumidores. Los autores concluyeron que la elección de aceites vegetales con alta estabilidad térmica es crucial para minimizar los efectos negativos asociados a la fritura.

Omotosho et al. [6] investigaron los efectos de la fritura profunda en las propiedades nutricionales de *Colocasia esculenta* (cocoyam) utilizando tres tipos de aceites (canola, soya y vegetal), comparándolos con un control deshidratado al horno. Usaron HPLC para analizar vitaminas, encontrando que la muestra deshidratada conservó el mayor contenido de vitamina A (0.275 mg/g), mientras que esta vitamina se redujo drásticamente en los tubérculos fritos y se perdió completamente con los aceites de soya y vegetal. Además, las vitaminas D, E y K se perdieron por completo durante la fritura con aceite de canola. En el análisis mineral, el cocoyam deshidratado mostró niveles altos de sodio, potasio y calcio, mientras que en las muestras fritas hubo una disminución general de minerales como sodio, magnesio e hierro. También observaron que el cocoyam deshidratado tenía mayor contenido de proteína (26.64%) y carbohidratos (44.91%), pero menor cantidad de lípidos en comparación con las muestras fritas. La fritura con aceite vegetal produjo los niveles más bajos de proteína (22.41%) y carbohidratos (16.8%), pero los más altos de lípidos (23.03%) y humedad (27%). El estudio concluyó que la deshidratación al horno retiene más nutrientes en comparación con la fritura profunda, y que cada tipo de aceite presenta desventajas específicas en términos de conservación de nutrientes.

Osorio y Rivera [7], en su investigación "Propuesta metodológica para la evaluación de las características fisicoquímicas de dos variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz)" realizada en Colombia, utilizaron como materia prima para la preparación de hojuelas fritas, estudiaron las características fisicoquímicas que presentaron dos variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), y su influencia en las hojuelas fritas (chips de yuca), y con base en los resultados, determinar cuál de las dos variedades era la mejor opción para su procesamiento, en una empresa procesadora de alimentos. Las variedades de yuca analizadas fueron: Chiroso (MCol 2066) e ICA (HMC1), cada una, en tres edades de período vegetativo (10, 11 y 12) meses, las cuales se cultivaron y cosecharon en el eje cafetero. Con base en los resultados obtenidos se determinó que la variedad ICA en el período vegetativo de 10 meses era la mejor opción como materia prima con un valor de dureza en el producto terminado de 14 Kg.s (el menor valor entre las dos variedades en los tres períodos vegetativos), siendo este el parámetro de calidad de mayor relevancia ya que no se desean productos con alta dureza; seguido de un valor alto de luminosidad, bajo contenido de grasa y un valor bajo en matiz.

Euan-Pech et al. [8] investigaron el desarrollo de chips horneados saludables utilizando mezclas de harina de yuca y maíz. El estudio buscó alternativas a los snacks fritos convencionales, conocidos por su alto contenido de grasas y bajo valor nutricional, los cuales están asociados con enfermedades crónicas. La investigación evaluó cómo diferentes niveles de

sustitución de harina de yuca por harina de maíz (0%, 20% y 40%) impactaban en la calidad nutricional y sensorial de los snacks. El análisis incluyó variables como composición química (humedad, cenizas, grasa, proteína y fibra), contenido de niacina, densidad calórica, fuerza de fractura y evaluación sensorial. Los resultados mostraron que la incorporación de harina de maíz aumentó el contenido de proteína (~8.3%) y niacina (~0.8 mg/100 g). Además, el proceso de horneado permitió obtener un menor contenido de grasa, reduciendo la densidad calórica a ~380 kcal/100 g en comparación con productos fritos. La crocancia de los snacks (3.7 kgf) también mejoró con niveles más altos de sustitución, y la formulación con un 40% de harina de maíz obtuvo la mejor aceptación sensorial. El estudio concluyó que las mezclas de harina de yuca y maíz representan una alternativa viable e innovadora para producir snacks saludables, con propiedades nutricionales mejoradas y buena aceptación sensorial.

Okon et al.[9] investigaron el impacto de las variables de procesamiento en los atributos de calidad del Akara iwe, un snack instantáneo frito a base de yuca, utilizando un diseño de superficie de respuesta Box-Behnken. El estudio evaluó cómo el nivel de rehidratación de los gránulos (35-45%), la temperatura de fritura (155-175 °C) y el tiempo de fritura (7-13 minutos) influían en la humedad, contenido de aceite, textura y color del producto final. También realizaron una evaluación sensorial para comparar muestras optimizadas con el Akara iwe elaborado a partir de puré de yuca cruda. Los resultados mostraron que las variables de proceso, especialmente la temperatura y el tiempo de fritura, afectaron significativamente ( $p < 0.05$ ) parámetros clave como la cohesión, elasticidad y cambios de color del snack. La optimización indicó que un nivel de rehidratación del 38%, una temperatura de fritura de 169 °C y un tiempo de 9 minutos eran ideales para maximizar la calidad del producto, obteniendo un índice de deseabilidad del 71%. El Akara iwe optimizado retuvo menos aceite que las muestras de referencia, con una textura más dura (789.23 N) y mayor masticabilidad (382.2 N), características que fueron preferidas por los panelistas en términos de color, aroma y menor sensación de aceite. El estudio concluyó que la optimización de las variables de proceso mejora significativamente las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de los snacks fritos a base de yuca, destacando la importancia de controlar parámetros clave en el desarrollo de productos de alta calidad.

Abiola et al. [10] estudiaron las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de snacks de maní frito recubiertos con una mezcla de harina de trigo (80%) y harina de yuca (20%). El estudio evaluó la composición proximal (humedad, grasa cruda, proteína cruda, fibra cruda, cenizas y carbohidratos), los índices de rancidez (valor de peróxido, ácidos grasos libres y valor de yodo), las propiedades físicas, el color, la textura y la aceptabilidad sensorial del producto final. El proceso incluyó la fritura de los snacks a temperaturas de 150–180 °C por tiempos

de 154.6–240 segundos. Los resultados mostraron diferencias significativas en las propiedades químicas, con contenidos de humedad entre 2.6%-4.9%, grasa cruda entre 27.1%-34.7%, y proteína cruda entre 21.0%-26.3%. Además, los valores de rancidez indicaron estabilidad razonable, con valores de peróxido entre 1.2-2.0 mEq/kg. Las propiedades físicas como el color y la textura también variaron según la temperatura y el tiempo de fritura, observándose una reducción en la calidad visual y sensorial con temperaturas y tiempos más altos. Los análisis sensoriales demostraron que la incorporación del 20% de harina de yuca en la formulación no afectó significativamente la aceptabilidad general del producto. Los snacks recubiertos conservaron buena textura, crocancia y sabor, lo que valida el uso de harina compuesta de trigo y yuca como una alternativa viable en el desarrollo de snacks fritos.

Omidiran et al. [11] evaluaron las propiedades de calidad de snacks elaborados con almidones de yuca provenientes de tres variedades (TMS-30572, TMS-950289 y TME-419) mezclados con aislado de proteína de soya (SPI). Las formulaciones utilizaron proporciones de almidón de yuca a SPI de 85:15 y 95:5, siendo laminadas, cortadas y fritas en aceite de palma oleína a temperaturas de 170°C y 180°C durante tiempos de 5 y 15 minutos. El diseño experimental factorial 2<sup>3</sup> permitió analizar los efectos de las condiciones de fritura en la textura, color y propiedades químicas de los snacks. Los resultados mostraron efectos significativos ( $p < 0.05$ ) en la expansión, el color y la apariencia de los snacks según las variables de proceso. La optimización indicó que los niveles ideales de SPI, temperatura y tiempo de fritura variaron según la variedad de yuca: 15% SPI a 170°C por 2 minutos para TMS-950289, 15% SPI a 180°C por 4 minutos para TME-419, y 15% SPI a 170°C por 4 minutos para TMS-30572. Estos parámetros optimizados lograron snacks con mejores características de textura, color y calidad sensorial. El estudio concluyó que las mezclas de almidón de yuca y SPI representan una alternativa viable para desarrollar snacks fritos con atributos de calidad mejorados, resaltando la importancia de la selección de materia prima y condiciones de procesamiento.

Khairunnisa et al. [12] investigaron los atributos físicos de los chips de yuca (keripek tette), una variedad tradicional de Indonesia, bajo diferentes condiciones de fritura. Este estudio se centró en evaluar factores como contenido de humedad, expansión de grosor, porosidad y color, utilizando un diseño experimental que varió la temperatura de fritura (150, 160 y 170 °C) y el tiempo de fritura (40, 50 y 60 segundos). Los resultados mostraron que el contenido de humedad disminuía con el aumento de la temperatura y el tiempo de fritura, mientras que la expansión de grosor aumentaba con la temperatura, pero disminuía con tiempos de fritura prolongados. La porosidad incrementó de manera lineal tanto con la temperatura como con

el tiempo. Además, se observó un cambio de color significativo: los chips pasaron de un tono amarillento antes de la fritura a un tono ligeramente marrón después del proceso. El estudio concluyó que los atributos físicos clave, como la crocancia, pueden ser evaluados de manera cuantitativa mediante la optimización de las condiciones de fritura. Esto es particularmente relevante para garantizar la calidad de productos tradicionales como el keripek tette.

## 1.6. Teorías relacionadas al tema

### 1.6.1. Yuca

Originaria de América del Sur, la yuca es una fuente principal de energía para aproximadamente 500 millones de personas, especialmente en países en desarrollo donde su cultivo se realiza en pequeñas parcelas con un nivel tecnológico limitado. Este cultivo se produce en más de 80 países, destacándose Brasil como uno de los mayores productores a nivel mundial [13].

Gracias a su fácil adaptabilidad, la yuca, también conocida como mandioca, se cultiva en diversas regiones. Es una planta arbustiva con múltiples ramas que desarrolla entre 6 y 8 raíces. La composición de estas raíces varía según la especie, conteniendo aproximadamente un 70% de agua y un 30% de almidón. En la tabla 1 se detalla su composición nutricional en estado fresco [14].

TABLA I  
COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DE LA YUCA FRESCA

Componente	Composición
Calorías por 100g	127
Proteínas	0.8-1.0 %
Grasa	0.2-0.5 %
Carbohidratos	32 %
Ceniza	0.3-0.5 %
Humedad	65 %
Fibra	0.8 %

Fuente: Castro-Moreira et al. [14]

La yuca (*Manihot esculenta*) es una de las principales fuentes de carbohidratos para consumidores en países tropicales, especialmente en América Latina. Es una planta con alto

contenido de almidón, el cual constituye alrededor del 30% de las raíces frescas, mientras que el 70% restante corresponde a agua. Este almidón, también conocido como fécula, es el principal producto derivado de la yuca y tiene múltiples aplicaciones industriales y alimenticias debido a sus propiedades funcionales y tecnológicas [15].

El procesamiento de la yuca debe realizarse poco después de la cosecha para evitar el deterioro enzimático que puede afectar la calidad del almidón. Durante procesos térmicos y mecánicos, el almidón de yuca presenta características deseables como alta capacidad de gelificación, buena solubilidad en agua y formación de películas, lo que lo convierte en un ingrediente clave para el desarrollo de productos alimenticios [16].

Sin embargo, la yuca es susceptible a dos tipos de deterioro: fisiológico y microbiológico. El deterioro fisiológico se manifiesta dentro de las primeras 24-48 horas posteriores a la cosecha, presentando un color azul negro debido a la acumulación y polimerización de compuestos fenólicos. El deterioro microbiológico, que ocurre entre los días cinco y siete, implica pudrición húmeda y fermentación causada por microorganismos patógenos, especialmente en condiciones de alta humedad y temperatura [17].

En el Perú, la producción de yuca ha mostrado un crecimiento constante en los últimos años, alcanzando cifras de 60.4 mil toneladas en 2020. Este cultivo, además de ser una fuente energética importante, ofrece aplicaciones en cuatro mercados principales: consumo humano (raíces frescas y procesadas), industria alimenticia, alimentación animal e industria no alimenticia [14].

El almidón de yuca es un polvo fino, blanco e inodoro que se extrae de raíces lavadas, peladas, trituradas y procesadas cuidadosamente. Su calidad depende del color y la ausencia de deterioro en las raíces utilizadas, siendo más apreciado el almidón claro. Estas características lo hacen idóneo para aplicaciones alimentarias e industriales que requieren alta calidad funcional y tecnológica [18].

### **1.6.2. Tecnología de fritura.**

La fritura es una operación de preparación rápida que confiere a los alimentos características únicas como aroma, sabor y textura. Es un medio eficiente para la preparación de diversos productos, proporcionando propiedades sensoriales deseables como olor, color y textura crujiente. Sin embargo, la calidad del aceite utilizado y las condiciones del

proceso juegan un papel clave en el resultado final, ya que un manejo inadecuado puede generar características indeseables debido a la degradación del aceite [2]. El proceso de fritura implica interacciones complejas entre el agua del alimento, el oxígeno en contacto con el aceite y la temperatura del proceso. Estas interacciones provocan cambios hidrolíticos, oxidativos y térmicos que afectan tanto al aceite como al alimento [19].

Existen diversas tecnologías de fritura que afectan de manera diferente las propiedades del producto final, tales como textura, contenido de aceite y color:

**Fritura convencional por inmersión:** Consiste en sumergir el alimento en un baño de aceite caliente, donde el calor se transfiere por convección en el aceite y por conducción dentro del alimento. Es el método más utilizado en la industria alimentaria para la preparación de chips, pastas fritas y otros productos. Este proceso permite alcanzar la crocancia característica al reducir la humedad del alimento de un 80% a un 1-2%, mientras que la absorción de lípidos puede variar entre el 30% y el 40% [11]. Sin embargo, tiene el inconveniente de un alto contenido de aceite en el producto final.

**Fritura al vacío:** Se realiza en condiciones de presión reducida, permitiendo que el agua del alimento se evapore a temperaturas más bajas. Este método reduce la degradación del aceite y disminuye la formación de compuestos tóxicos, como grasas trans, además de conservar mejor el color natural del producto. Es ideal para obtener alimentos con menor contenido de aceite y preservar compuestos sensibles al calor, como vitaminas y antioxidantes [19].

**Fritura por aire caliente:** Utiliza aire caliente en lugar de aceite para cocinar los alimentos. Este método minimiza significativamente el contenido de aceite en el producto final, aunque puede afectar la textura crujiente característica de los alimentos fritos. Es una opción más saludable que responde a las demandas actuales de los consumidores [20].

El proceso de fritura afecta directamente las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del producto. Durante la fritura, el aceite se introduce en los espacios que deja la

evaporación del agua, actuando tanto como medio de transferencia de calor como ingrediente del alimento [21]. Esto influye en:

**Textura:** La transferencia de masa y calor durante la fritura contribuye a la formación de una superficie crujiente en el producto. Métodos como la fritura al vacío pueden lograr texturas similares a la fritura convencional, pero con menor contenido de aceite [22].

**Contenido de aceite:** La absorción de aceite es un factor crítico en la fritura convencional. Métodos alternativos, como la fritura al vacío o por aire caliente, reducen significativamente esta absorción, produciendo alimentos más saludables [23].

**Color:** La reacción de Maillard y la caramelización durante la fritura son responsables del color dorado y atractivo del producto frito. Sin embargo, temperaturas altas o tiempos prolongados pueden oscurecer el alimento o generar compuestos indeseables [24].

El aceite o grasa utilizado en el proceso de fritura también influye en la calidad del producto final. Las características deseables de un medio de fritura incluyen un bajo índice de oxidación, alta estabilidad térmica y baja formación de espuma [25]. Los aceites más utilizados son los de soja, girasol, palma y algodón, siendo el aceite de palma uno de los más indicados debido a su alta proporción de ácidos grasos saturados, lo que lo hace menos susceptible a la oxidación [21].

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Tipo y Diseño de investigación

Se aplicó una investigación explicativa y aplicada, ya que el estudio busca el porqué de los hechos, estableciendo relaciones de causa- efecto entre las variables dependientes e independientes, se investigó las características sensoriales y fisicoquímicas de un chip de yuca con respecto a la formulación de harina de yuca cruda y harina de yuca cocida, y tiempo de fritura por lo que será aplicada. Según el manejo de variables es experimental, las variables dependientes e independientes son cuantificables. Según su contexto será de laboratorio, las experiencias se desarrollaron a nivel de laboratorio, aplicando condiciones específicas para el desarrollo de la investigación manejándose variables independientes de manera rigurosas para obtener respuestas aceptables de las variables dependientes.

### 2.2. Variables y operacionalización

#### 2.2.1. Variable independiente

Se formularon mezclas a base de harina de yuca cocida y harina de yuca cruda, además se evaluó el tiempo de fritura a 160°C. Las variables independientes fueron:

TABLA II  
NIVELES DE VARIABLES INDEPENDIENTES

Variable Independiente	Niveles		
	-1	0	+1
Cantidad de harina de yuca cruda (g)	6	15	24
Cantidad de harina yuca cocida (g)	88	100	112
Tiempo de fritura a 160°C (s)	54	90	126

### 2.2.2. Variable dependiente

Identificación de la variable dependiente fue gestión de riesgos, cuyas dimensiones fueron:

**Humedad:** Por secado en estufa hasta peso constante.

**Absorción de aceite:** Extracción por soxhlet

**Color instrumental:** Luminosidad (L), Cromacidad (a, b)

**Textura:** Energia (mj)

### 2.2.3. Operacionalización de variables

TABLA III  
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable Independiente	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos de Recolección de datos
Formulación de a base de harina de yuca cruda y cocida	Cantidad de harina de yuca cruda (g)	6 – 24	Gravimetria
	Cantidad de harina yuca cocida (g)	88 - 112	Gravimetria
Tiempo de fritura	Tiempo en se-	54 - 126	Medición de tiempo. Cronometro
Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos de Recolección de datos
Calidad de productos	Humedad	% Contenido de agua	Secado en estufa hasta peso constante.
	Contenido de aceite	Porcentaje de aceite	Extracción por soxhlet
	Color instrumental	Luminosidad (L), Cromaticidad (a, b)	Colorimetría
	Textura Instrumental	Energia (mJ)	Textuometro

FUENTE: Elaboración propia

## **2.3. Población de estudio, muestra, y criterios de selección**

### **2.3.1. Población**

La yuca para emplear en la presente investigación fue de procedencia del valle de Chongoyape – Lambayeque.

### **2.3.2. Muestra**

Se trabajará una muestra de 10 kilos de yuca, de las cuales se procederá a obtener harina de yuca, tanto cocida como cruda.

### **2.3.3. Criterios de inclusión**

- Yuca fresca con raíces intactas y sin signos visibles de deterioro fisiológico o microbiológico.
- Procedencia exclusiva del valle de Chongoyape, asegurando homogeneidad en el origen.
- Variedades de yuca con alto contenido de almidón para garantizar la viabilidad del procesamiento.

### **2.3.4. Criterios de exclusión**

- Yuca con raíces dañadas físicamente o con presencia de pudrición húmeda.
- Muestras que hayan sido almacenadas por más de 48 horas después de la cosecha.
- Yuca de procedencia distinta al valle de Chongoyape o con tratamientos previos que afecten sus propiedades naturales.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1. Color Instrumental**

Para medir el color, se calibra el equipo utilizando una cerámica blanca suministrada con el dispositivo. Los valores de luminosidad y cromaticidad se expresan como L, a\*, y b\*. Se realiza el siguiente procedimiento:

- Colocar la punta del dispositivo sobre la superficie de la muestra para registrar las lecturas.
- Realizar tres lecturas por muestra.
- Limpiar el objetivo del colorímetro después de cada lectura.
- Registrar los valores de los parámetros L, a\*, y b\* obtenidos.

#### 2.4.2. Determinación de humedad:

La humedad se determina siguiendo el método descrito en la NTP 206.011:1981, realizando los siguientes pasos:

- Secar placas Petri en una estufa a 105 °C durante 30 minutos.
- Dejar enfriar las placas en una campana desecadora y pesar.
- Colocar 3 gramos de muestra en las placas Petri y secar en la estufa a 105 °C durante 3 horas hasta alcanzar peso constante.
- El peso constante se confirma pesando la muestra cada 2 horas, luego cada 30 minutos y finalmente cada 15 minutos.
- Calcular el porcentaje de humedad con la fórmula:

$$\%H = \frac{W_{placa\ con\ muestra\ seca} - W_{placa}}{W_{muestra}} \times 100$$

#### 2.4.3. Medición de textura

El análisis de textura se realiza utilizando el Texturómetro Texture Analyzer CT3 4500, siguiendo estos pasos:

- Colocar la muestra en el equipo.
- Seleccionar la probeta adecuada según las características de la muestra.
- Medir las dimensiones de la muestra e ingresarlas en el programa del equipo.
- Configurar los parámetros deseados para el análisis.
- Ejecutar el análisis y registrar los resultados y gráficos generados.

#### 2.4.4. Determinación de Grasa

La determinación de grasa se lleva a cabo utilizando el método AOAC 963.15.2005 mediante el sistema Soxhlet. El procedimiento incluye:

- Secar la muestra en estufa para reducir su contenido de agua.
- Pesar 3 gramos de muestra seca y colocarlos en un papel filtro (capuchón).
- Añadir 150 ml de solvente (hexano o éter de petróleo) en el sistema Soxhlet.
- Ensamblar el sistema (balón, extractor y refrigerante) y circular agua a través del refrigerante.
- Iniciar el proceso de extracción calentando el sistema hasta que se realicen entre 6 y 7 recirculaciones del solvente, o hasta que este sea transparente.
- Secar el balón en estufa a 100 °C durante 10 minutos, enfriar en campana desecadora y pesar.
- Calcular el porcentaje de grasa con la fórmula:

$$\%Grasa = \frac{W_{vaso+grasa} - W_{vaso\ vacio}}{W_{muestra}} \times 100$$

#### 2.4.5. Instrumentos para recolección de datos

Los siguientes equipos se emplearon en el desarrollo de esta investigación:

- Colorímetro portátil (Modelo: CR-400, Marca: Konica Minolta)
- Estufa de laboratorio (Modelo: Binder FD115)
- Balanza analítica (Modelo: Sartorius Entris 2202-1S)
- Texturómetro (Modelo: Texture Analyzer CT3 4500, Marca: Brookfield)
- Sistema Soxhlet para extracción de grasa (Marca: Velp Scientifica)
- Desecadora de vidrio con gel de sílice
- Freidora Digital con control de temperatura. Marca Oster.}

#### 2.4.6. Procedimiento Experimental

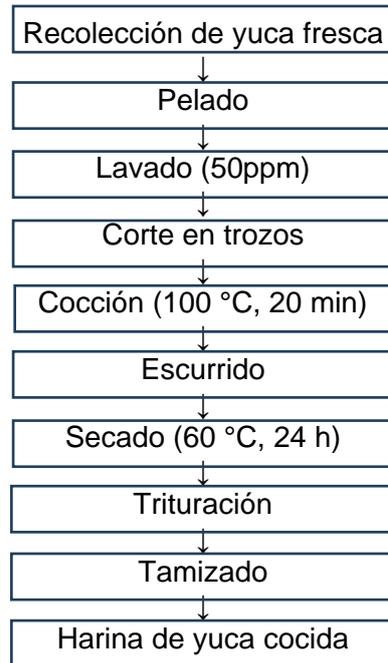
**Obtención de harina de yuca cruda:** La yuca fresca recolectada fue pelada manualmente para retirar la cáscara, lavada con agua potable para eliminar impurezas y cortada en trozos pequeños. Estos trozos fueron triturados en un molino hasta obtener una masa uniforme, que posteriormente se secó en una estufa a 60 °C durante 24 horas. Una vez seca, la masa se trituró nuevamente y se tamizó para obtener la harina cruda.



**Fig. 1** : Procedimiento para la obtención de harina de yuca cruda.

**Obtención de harina de yuca cocida:** Los trozos de yuca fueron sometidos a cocción en agua hirviendo (100 °C) durante 20 minutos, buscando garantizar la gelatinización del

almidón. Después de la cocción, se escurrieron y se sometieron al mismo proceso de secado, trituración y tamizado descrito para la harina cruda.



**Fig. 2** : Procedimiento para la obtención de harina de yuca cocida.

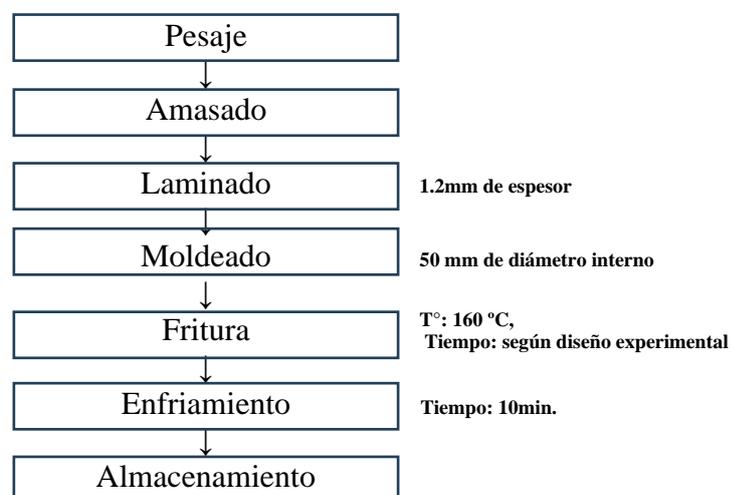
**Condiciones de procesamiento** Las temperaturas y tiempos empleados en el secado y cocción se seleccionaron con base en estudios previos que demuestran su efectividad para preservar las propiedades fisicoquímicas del almidón de yuca y facilitar su manejo en procesos posteriores. La temperatura de secado de 60 °C evita la degradación térmica del almidón, mientras que la cocción a 100 °C asegura la completa gelatinización, mejorando la funcionalidad de la harina cocida.

**Procedimiento de elaboración de chip de yuca:** Las etapas de preparación de los chips de yuca se realizó de acuerdo con la descripción de los siguientes pasos:

- **Pesaje:** Para la etapa de pesado se utilizó una balanza precisión con capacidad de 3 ± 0,01kg. Se pesaran las diferentes formulaciones según diseño experimental.
- **Amasado:** Los ingredientes en polvo y la grasa se agregó juntos y se someterá al amasamiento, adicionándose agua de a poco hasta la obtención de una masa con textura adecuada para el laminado y corte.
- **Laminado:** La masa se pasó por una laminadora para obtener una película de masa uniforme y resistente de aproximadamente 1.2mm de espesor.
- **Moldeado:** La película de masa se cortó manualmente con el molde plástico circular

de 50 mm de diámetro interno, para obtener un formato circular, formando los chips. Estos chips crudos se mantuvieron cubierto con película de plástico hasta el momento de la fritura para no se resecan.

- Fritura: Los chips se sometieron a fritura por inmersión en aceite de soja. A una temperatura de 160 °C, por el tiempo según el diseño experimental. Se utilizó una freidora eléctrica con control de temperatura. El aceite de soja fue seleccionado para la fritura debido a su alta estabilidad térmica y su punto de humo adecuado para el proceso a 160°C, lo que evitó la generación de compuestos indeseables. Su composición de ácidos grasos equilibrada favoreció la estabilidad oxidativa y mantuvo las características sensoriales del producto. Además, su disponibilidad, bajo costo y sabor neutro lo convirtieron en una opción viable, permitiendo destacar las propiedades naturales de los chips de yuca. Finalmente, el aceite de soja facilitó la formación de una textura crujiente, esencial en productos tipo snack, garantizando así la calidad del proceso y del producto final.
- Enfriamiento: Los chips se colocaron durante 10 minutos en la cesta de fritura para que se elimine el exceso de aceite y para que alcance la temperatura ambiente.
- Almacenamiento: Los chips se almacenaron en bolsas de polipropileno de alta densidad selladas. Los chips se almacenaron a temperatura ambiente hasta los análisis fisicoquímicos.



**Fig. 3** : Procedimiento para elaboración de chip de yuca.

## 2.5. Procedimiento de análisis de datos

### 2.5.1. Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado en este estudio fue un diseño factorial, que permite evaluar de manera eficiente los efectos principales e interacciones entre las tres variables seleccionadas: proporción de harina de yuca cruda y cocida, temperatura de fritura y tiempo de fritura. Este enfoque es ideal para estudios donde se busca optimizar procesos al considerar múltiples factores simultáneamente, maximizando la información obtenida con un número limitado de experimentos. El diseño factorial se seleccionó debido a sus ventajas para analizar interacciones entre variables, especialmente en procesos complejos como la fritura, donde las condiciones de tiempo, temperatura y formulación pueden influir significativamente en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del producto final. Este diseño permite identificar tanto los efectos individuales de cada factor como las posibles interacciones entre ellos, proporcionando una visión integral del sistema estudiado. Los niveles de las variables fueron seleccionados con base en estudios previos y pruebas preliminares, asegurando su relevancia para la optimización del proceso:

Se aplicó un diseño Compuesto central Rotable, el cual está formado por un diseño factorial  $2^k$ , puntos centrales y puntos axiales ( $-\alpha$  y  $+\alpha$ ). La matriz de experimento se realizó con el software Statgraphics centurión XVI, teniendo como niveles de las variables las que se detallan en la tabla IV.

TABLA IV:

NIVELES DE LAS VARIABLES DEPENDIENTES SEGÚN DISEÑO EXPERIMENTAL.

Variable Independiente	Niveles				
	$-\alpha$	<b>-1</b>	<b>0</b>	<b>+1</b>	$+\alpha$
Cantidad de harina de yuca cruda (g)	0	6	15	24	30
Cantidad de harina yuca cocida (g)	80	88	100	112	120
Tiempo de fritura a 160°C (s)	30	54	90	126	150

La matriz experimental se detalla en la tabla 04, en donde esta las variables codificada según diseño nivel inferior (-), nivel superior (+), Puntos axiales ( $-\alpha$  y  $+\alpha$ ) y puntos centrales (0), y decodificada (valores reales)

TABLA V  
MATRIZ EXPERIMENTAL CODIFICADA SEGÚN DISEÑO COMPUESTO CENTRAL  
ROTABLE.

<b>Variables codificadas</b>		
Cantidad de harina de yuca cruda (g)	Cantidad de harina yuca cocida (g)	Tiempo de fritura a 160°C (s)
-1	-1	-1
1	-1	-1
-1	1	-1
1	1	-1
-1	-1	1
1	-1	1
-1	1	1
1	1	1
- $\alpha$	0	0
. $+\alpha$	0	0
0	- $\alpha$	0
0	. $+\alpha$	0
0	0	- $\alpha$
0	0	. $+\alpha$
0	0	0
0	0	0
0	0	0

Las respuestas de los experimentos son las variables dependientes ya establecidas en la operacionalización de variables, con sus respectivas unidades de medida, como se muestra en la Tabla VI.

TABLA III  
RESPUESTAS DE LOS EXPERIMENTOS

<b>Respuesta</b>	<b>Nombre</b>	<b>Unidades</b>
Y1	Humedad	% Contenido de agua
Y2	Contenido de aceite	Porcentaje de aceite
Y3	Textura Instrumental	mJ
Y4	Luminosidad (L)	
Y5	Cromacidad a	
Y6	Cromacidad b	

Fuente: Elaboración propia.

TABLA IV  
MATRIZ DE EXPERIMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN

<b>Variables decodificadas</b>		
Cantidad de harina de yuca cruda (g)	Cantidad de harina yuca cocida (g)	Tiempo de fritura a 160°C (s)
6	88	54
24	88	54
6	112	54
24	112	54
6	88	126
24	88	126
6	112	126
24	112	126
0	100	90
30	100	90
15	80	90
15	120	90
15	100	30
15	100	150
15	100	90
15	100	90
15	100	90

Fuente: Elaboración propia

## 2.6. Criterios éticos

La investigación fue desarrollada bajo estrictos principios éticos, garantizando la transparencia, responsabilidad y cumplimiento de normas en cada una de sus etapas. En primer lugar, se hizo un uso responsable de los recursos, seleccionando y procesando las materias primas de manera eficiente, minimizando el desperdicio y promoviendo la sostenibilidad. Además, todas las actividades relacionadas con la manipulación de alimentos se realizaron cumpliendo con las normativas nacionales de seguridad alimentaria, asegurando la inocuidad de los productos generados. Asimismo, se respetaron los derechos de propiedad intelectual, citando correctamente las fuentes bibliográficas utilizadas y reconociendo los aportes de investigaciones previas. Finalmente, se garantizó la seguridad de los integrantes del equipo de investigación mediante la implementación de protocolos adecuados para el manejo de equipos y sustancias químicas, cumpliendo con los estándares establecidos para condiciones laborales seguras.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados

##### 3.1.1. Composición fisicoquímica de la Yuca

Los resultados de la composición fisicoquímica y proximal de la yuca (Tabla VIII) muestran que este tubérculo presenta un contenido de humedad elevado ( $62.54 \pm 0.68\%$ ), característico de su naturaleza fresca. Este alto porcentaje de agua lo convierte en un producto perecible, ya que facilita el deterioro microbiológico y fisiológico en ausencia de medidas adecuadas de conservación. Por otro lado, el contenido de cenizas es bajo ( $0.86 \pm 0.01\%$ ), lo que indica una concentración limitada de minerales, aspecto relevante para evaluar su aporte nutricional en aplicaciones alimenticias. El contenido proteico ( $0.87 \pm 0.13\%$ ) es igualmente reducido, reafirmando que la yuca es más una fuente de energía que de nutrientes esenciales, lo cual sugiere la necesidad de complementarla con ingredientes ricos en proteínas al formular productos alimenticios. Asimismo, su bajo contenido de grasa ( $0.58 \pm 0.14\%$ ) la convierte en una opción favorable para el desarrollo de alimentos bajos en lípidos o snacks saludables. En cuanto a su perfil fisicoquímico, la yuca presenta un pH cercano a la neutralidad ( $6.62 \pm 0.16\%$ ), lo que contribuye a su estabilidad inicial y facilita su uso en diferentes formulaciones alimenticias sin alterar significativamente las propiedades organolépticas. La acidez baja ( $0.47 \pm 0.08\%$ ) refuerza esta estabilidad, haciéndola adecuada para procesos de transformación. Además, la concentración de azúcares reductores ( $0.39 \pm 0.13\%$ ) es moderada, lo que disminuye el riesgo de caramelización excesiva durante la fritura, asegurando un mejor control de las características sensoriales del producto final.

TABLA V  
COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA Y PROXIMAL DE LA YUCA

Composición	(%)
Humedad	$62.54 \pm 0.68$
Ceniza	$0.86 \pm 0.01$
Proteínas	$0.87 \pm 0.13$
Grasa	$0.58 \pm 0.14$
pH	$6.62 \pm 0.16$
Acidez	$0.47 \pm 0.08$
Azúcares Reductores	$0.39 \pm 0.13$

En cuanto a los parámetros de color (Tabla IX), se observaron diferencias notables entre la yuca cruda y cocida. La yuca cruda mostró una mayor luminosidad ( $L=85.77 \pm 0.35$ ) en comparación con la cocida ( $L=81.47 \pm 0.16$ ), indicando que la cocción reduce ligeramente el

brillo debido a la gelatinización del almidón y a los cambios estructurales que afectan la capacidad de reflejar la luz. En el componente *a*, la yuca cruda presentó un valor negativo ( $-0.71 \pm 0.05$ ), indicando tonos verdosos, mientras que la cocida mostró un valor positivo ( $0.21 \pm 0.02$ ), evidenciando un cambio hacia tonos rojizos asociado a reacciones químicas como la oxidación de compuestos fenólicos. En el parámetro *b*, que representa la cromaticidad amarilla, la yuca cocida presentó un valor significativamente mayor ( $15.93 \pm 1.32$ ) que la cruda ( $6.89 \pm 0.10$ ), indicando un aumento en los tonos amarillos atribuible a la concentración de pigmentos naturales y a las transformaciones químicas durante el calentamiento.

TABLA VI  
PARÁMETROS DE COLOR (L, A, Y B) DE YUCA CRUDA Y COCIDA

Muestra	L*	a*	b*
Cruda	$85,77 \pm 0,35$	$- 0,71 \pm 0,05$	$6,89 \pm 0,10$
Cocida	$81,47 \pm 0,16$	$0,21 \pm 0,02$	$15,93 \pm 1,32$

### 3.1.2. Efecto de la formulación y tiempo de fritura en la contenido de humedad del chip de yuca

Los resultados del contenido de humedad (Tabla X) de los chips de yuca muestran que esta variable depende significativamente de las proporciones de harina de yuca cruda y cocida, así como del tiempo de fritura. Tiempos de fritura más largos (126 segundos) redujeron de manera notable el contenido de humedad, con valores que oscilaron entre 1.43% y 3.44%, debido a una mayor evaporación del agua durante el proceso. Por el contrario, tiempos más cortos (54 segundos) resultaron en un contenido de humedad más alto, alcanzando hasta 15.1% en muestras con mayor proporción de harina cocida, lo que podría atribuirse a la capacidad del almidón cocido para retener agua. En general, la harina de yuca cocida incrementó el contenido de humedad en comparación con la harina cruda, mientras que el equilibrio entre las proporciones de ambas harinas y tiempos intermedios (90 segundos) mostró niveles de humedad moderados. Estos resultados subrayan la necesidad de ajustar las variables del proceso para obtener chips con las características de humedad deseadas.

TABLA X  
RESULTADOS OBTENIDOS DEL CONTENIDO DE HUMEDAD PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

<b>Variables decodificadas</b>				
Cantidad de harina de yuca cruda gramos	Cantidad de harina yuca cocida gramos	Tiempo de fritura a 160°C segundos	Contenido de Humedad	
			%	
6	88	54	7.54	
24	88	54	5.9	
6	112	54	7.86	
24	112	54	15.1	
6	88	126	1.43	
24	88	126	1.94	
6	112	126	2.2	
24	112	126	3.44	
0	100	90	0.92	
30	100	90	6.17	
15	80	90	5.32	
15	120	90	9.04	
15	100	30	11.06	
15	100	150	2.88	
15	100	90	2.35	
15	100	90	1.9	
15	100	90	2.98	

Fuente : Elaboracion propia

En la tabla 11, se reporta el análisis de varianza (ANOVA) indica que las tres variables principales —cantidad de harina de yuca cruda, cantidad de harina cocida y tiempo de fritura— tienen un efecto significativo en el contenido de humedad de los chips, con valores-P menores a 0.05. El tiempo de fritura fue la variable más influyente (valor-P = 0.0001), demostrando que tiempos más largos favorecen una mayor deshidratación. La cantidad de harina de yuca cocida también impactó significativamente (valor-P = 0.0120), aumentando el contenido de humedad debido a la capacidad de retención de agua del almidón gelatinizado. Asimismo, se observaron interacciones significativas entre las proporciones de harina cocida y el tiempo de fritura (valor-P = 0.0100), reflejando que el almidón cocido puede afectar el grado de deshidratación en función del tiempo de exposición al calor. Con un R-cuadrada de 0.9399, el modelo estadístico explica el 93.99% de la variabilidad, demostrando la robustez del análisis y la relevancia de las variables estudiadas para optimizar las condiciones de procesamiento.

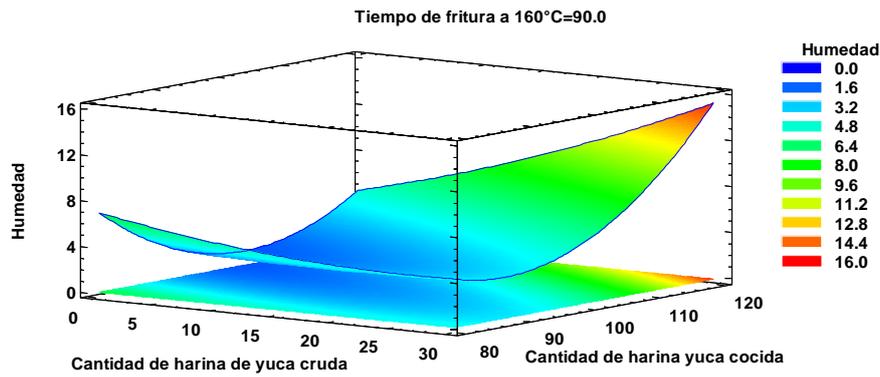
TABLA VIII  
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE CONTENIDO DE HUMEDAD DEL

## CHIP DE YUCA

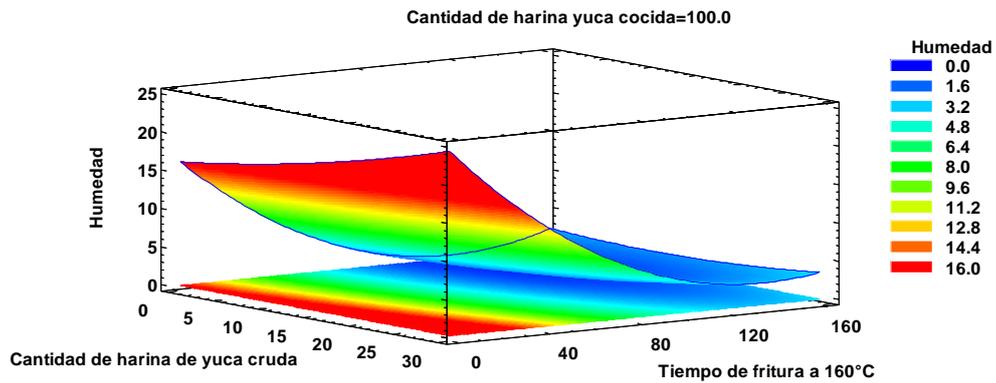
<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadros</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Cantidad de harina de yuca cruda	19.122	1	19.122	9.07	0.0196*
B:Cantidad de harina yuca cocida	23.8751	1	23.8751	11.32	0.0120*
C:Tiempo de fritura a 160°C	123.823	1	123.823	58.70	0.0001*
AA	1.0231	1	1.0231	0.49	0.5086
AB	11.544	1	11.544	5.47	0.0519
AC	1.85281	1	1.85281	0.88	0.3799
BB	28.5705	1	28.5705	13.54	0.0079*
BC	6.57031	1	6.57031	3.11	0.1209
CC	25.7867	1	25.7867	12.22	0.0100*
Error total	14.7658	7	2.1094		
Total (corr.)	245.663	16			
R-cuadrada	0.9399				
Error absoluto medio	0.782908				

Fuente: Statgraphics centurion 19

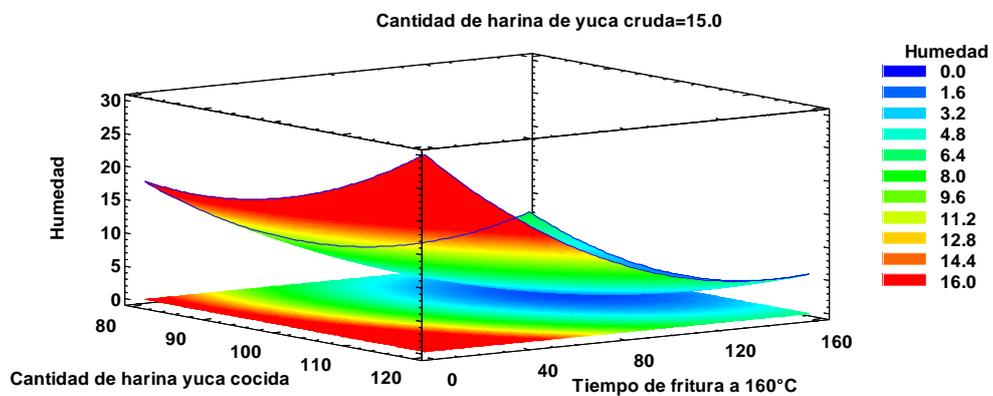
La figura 4 muestra el efecto de la cantidad de harina de yuca cruda, la cantidad de harina de yuca cocida y el tiempo de fritura a 160°C en el contenido de humedad de los chips de yuca. En el primer gráfico **(a)**, donde el tiempo de fritura es constante (90 segundos), se observa que el contenido de humedad aumenta significativamente con mayores cantidades de harina de yuca cocida, alcanzando valores superiores a 14%. En contraste, la harina de yuca cruda contribuye a una mayor deshidratación, evidenciada por menores niveles de humedad. Esto sugiere que la harina cocida retiene más agua debido a la gelatinización del almidón. En el segundo gráfico **(b)**, con una cantidad fija de harina cocida (100 g), el tiempo de fritura tiene un efecto clave: a medida que aumenta (hacia 160 segundos), el contenido de humedad disminuye considerablemente. Además, la harina cruda favorece una mayor pérdida de agua, especialmente con tiempos prolongados, mientras que tiempos cortos mantienen niveles de humedad más altos. En el tercer gráfico **(c)**, con una cantidad fija de harina cruda (15 g), se confirma que tiempos de fritura más largos reducen la humedad del producto. No obstante, cuando la cantidad de harina cocida es alta (cerca de 120 g), el contenido de humedad se mantiene elevado incluso con tiempos intermedios, lo que resalta nuevamente la influencia de la harina cocida en la retención de agua.



**a. Efecto de la cantidad de harina de yuca cruda y cocida en el contenido de humedad del chip de Yuca**



**b. Efecto de la cantidad de harina de yuca cruda y tiempo de fritura a 160°C en contenido de humedad del chip de Yuca**



**c. Efecto de la cantidad de harina de yuca cocida y tiempo de fritura a 160°C en contenido de humedad del chip de Yuca**

**Fig. 4 :** Gráfico de superficie de respuesta y contorno para la variable dependiente contenido de humedad del chip de Yuca.

### 3.1.3. Efecto de la formulación y tiempo de fritura en el contenido de aceite del chip de yuca

La tabla XII, muestra los valores del contenido de aceite en los chips de yuca bajo diferentes combinaciones de proporciones de harina de yuca cruda, harina de yuca cocida y tiempos de fritura a 160°C. Los resultados evidencian que el tiempo de fritura es el factor que más incrementa la absorción de aceite. A los 126 segundos, se registraron los valores más altos de contenido de aceite, alcanzando hasta 50.15% cuando la cantidad de harina cruda fue mínima (6 g) y la harina cocida fue de 88 g. En contraste, tiempos más cortos como 54 segundos mostraron valores inferiores, especialmente en muestras con mayor cantidad de harina cocida (32.84%). La harina de yuca cocida parece actuar como un factor que reduce la absorción de aceite, ya que a mayores cantidades (112 g), los valores de aceite disminuyeron en comparación con formulaciones con harina cruda predominante. Por otro lado, combinaciones intermedias, como tiempos de 90 segundos y cantidades balanceadas de harinas, mostraron variabilidad en los valores de absorción (entre 36.53% y 48.17%).

TABLA IX  
RESULTADOS OBTENIDOS DEL CONTENIDO DE ACEITE PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

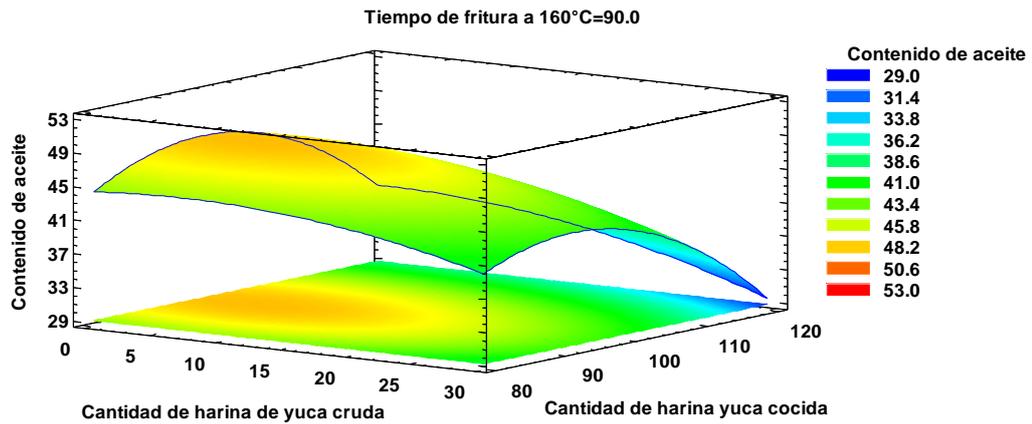
Variables decodificadas				
Cantidad de harina de yuca cruda gramos	Cantidad de harina yuca cocida gramos	Tiempo de fritura a 160°C segundos	Contenido de aceite	
			%	
6	88	54	42.53	
24	88	54	40.44	
6	112	54	39.64	
24	112	54	32.84	
6	88	126	50.15	
24	88	126	46.15	
6	112	126	43.85	
24	112	126	41.91	
0	100	90	48.17	
30	100	90	41.24	
15	80	90	43.63	
15	120	90	36.53	
15	100	30	40.63	
15	100	150	44.93	
15	100	90	46.84	
15	100	90	47.89	
15	100	90	45.65	

El análisis de varianza (Tabla XIII) confirma que las tres variables principales (cantidad de harina de yuca cruda, cantidad de harina cocida y tiempo de fritura) tienen un efecto significativo en el contenido de aceite, con valores-P menores a 0.05. El tiempo de fritura (valor-P = 0.0016) y la cantidad de harina cocida (valor-P = 0.0018) son los factores que más influyen en la absorción de aceite, lo que coincide con los resultados de la tabla anterior. Además, la cantidad de harina cruda también mostró un efecto significativo (valor-P = 0.0057), indicando que su presencia favorece una mayor absorción de aceite en comparación con la harina cocida. En cuanto a las interacciones, solo la variable BB (cantidad de harina cocida al cuadrado) resultó significativa (valor-P = 0.0032), lo que sugiere que la absorción de aceite disminuye con mayores niveles de harina cocida, confirmando su efecto inhibitorio. Por el contrario, las demás interacciones no fueron significativas, lo que indica que los efectos individuales de las variables principales son más determinantes. El modelo presenta un R-cuadrada de 0.9249, lo que significa que el 92.49% de la variabilidad en el contenido de aceite puede ser explicada por las variables analizadas, mostrando un ajuste adecuado del modelo estadístico.

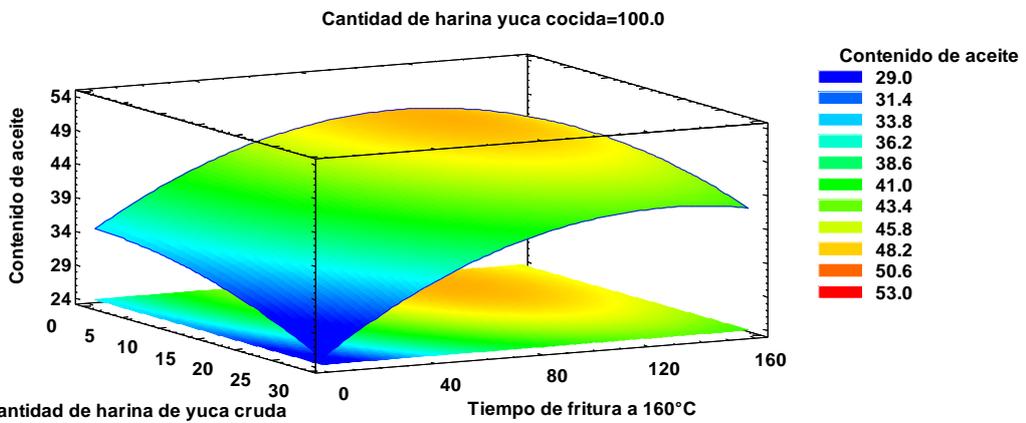
TABLA X  
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE CONTENIDO DE ACEITE DEL  
CHIP DE YUCA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Cantidad de harina de yuca cruda	51.3372	1	51.3372	15.37	0.0057*
B:Cantidad de harina yuca cocida	79.672	1	79.672	23.86	0.0018*
C:Tiempo de fritura a 160°C	83.6067	1	83.6067	25.03	0.0016*
AA	6.34453	1	6.34453	1.9	0.2105
AB	0.877812	1	0.877812	0.26	0.6239
AC	1.08781	1	1.08781	0.33	0.586
BB	64.5253	1	64.5253	19.32	0.0032*
BC	0.0003125	1	0.0003125	0	0.9926
CC	22.9242	1	22.9242	6.86	0.0344*
Error total	23.3776	7	3.33965		
Total (corr.)		1			
	311.112	6			
R-cuadrada	0.9249				
Error absoluto medio	0.782908				

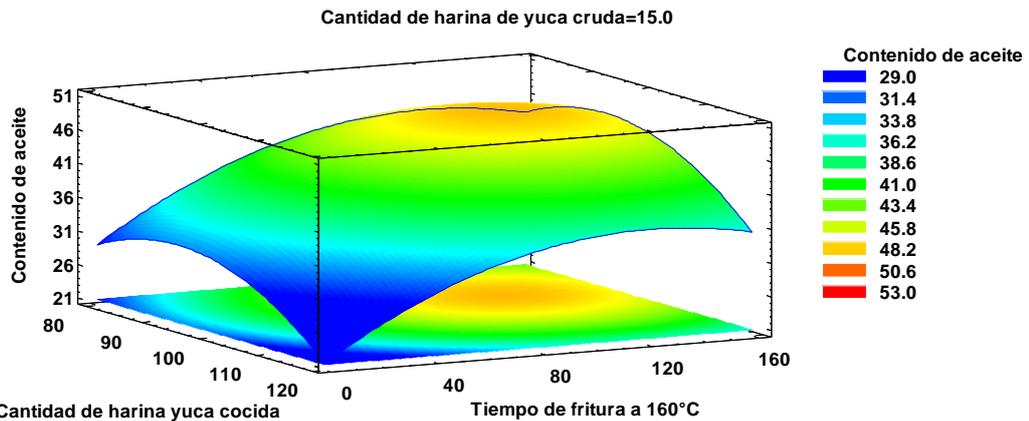
La Figura 5 presenta el efecto de las variables cantidad de harina de yuca cruda, cantidad de harina de yuca cocida y tiempo de fritura a 160°C en el contenido de aceite de los chips de yuca, mostrando tres gráficos de superficie de respuesta. En el gráfico a se observa que el contenido de aceite disminuye con un mayor uso de harina de yuca cocida y menor cantidad de harina cruda. Los valores más bajos de aceite (29-36%) se registraron cuando predominaba la harina cocida, lo cual puede deberse a la gelatinización del almidón durante la cocción, lo que reduce la absorción de aceite. Por el contrario, cuando la cantidad de harina cruda aumenta y la de cocida disminuye, el contenido de aceite se eleva, alcanzando valores máximos cercanos al 53%. Esto indica que la harina cruda tiene una mayor porosidad, facilitando la penetración de aceite durante la fritura. En el gráfico b el contenido de aceite aumenta con tiempos de fritura más prolongados, especialmente cuando la cantidad de harina de yuca cruda es alta. En tiempos cortos (cerca de 0-40 segundos), los valores de aceite son menores, oscilando entre 29% y 36%. Sin embargo, al aumentar el tiempo de fritura (hasta 160 segundos), los valores de aceite se incrementan de forma considerable, especialmente en presencia de harina cruda, alcanzando hasta 53%. Esto refleja que tiempos más largos favorecen la absorción de aceite debido a la mayor deshidratación del producto, lo que genera más espacios para la penetración del aceite. En el gráfico c, se confirma que el aumento de tiempo de fritura incrementa el contenido de aceite, aunque este efecto es menos pronunciado cuando se utiliza mayor cantidad de harina de yuca cocida. Los valores más bajos (29-38%) se registraron con niveles altos de harina cocida y tiempos de fritura cortos (0-60 segundos), mientras que los valores más altos (45-51%) se presentaron con tiempos prolongados (cerca de 160 segundos) y niveles bajos de harina cocida. Esto sugiere que la harina cocida, debido a su menor porosidad y su capacidad de gelatinización, limita la absorción de aceite incluso en tiempos prolongados.



**a. Efecto de la cantidad de harina de yuca cruda y cocida en el contenido de aceite del chip de Yuca**



**b. Efecto de la cantidad de harina de yuca cruda y tiempo de fritura a 160°C en contenido de aceite del chip de Yuca**



**c. Efecto de la cantidad de harina de yuca cocida y tiempo de fritura a 160°C en contenido de aceite del chip de Yuca**

**Fig. 5** : Gráfico de superficie de respuesta y contorno para la variable dependiente contenido de aceite del chip de Yuca.

### 3.1.4. Efecto de la formulación y tiempo de fritura en la textura del chip de yuca

La tabla XIV, muestra los resultados obtenidos para la textura de los chips de yuca bajo diferentes combinaciones de cantidades de harina de yuca cruda, harina de yuca cocida y tiempos de fritura a 160°C. Se observa que la textura (expresada en mJ) varía considerablemente según las condiciones experimentales. En general, tiempos de fritura más largos (126 segundos) producen valores de textura más altos, como se evidencia en combinaciones donde la textura alcanza hasta 728.51 mJ con 24 g de harina cruda y 112 g de harina cocida. En contraste, tiempos más cortos (54 segundos) resultaron en valores significativamente más bajos, especialmente cuando predominó la harina cocida, obteniéndose valores mínimos como 86.08 mJ. Esto sugiere que la mayor cantidad de harina cocida reduce la dureza del producto, posiblemente debido a la gelatinización del almidón que afecta su estructura. Por otro lado, tiempos intermedios de fritura (90 segundos) con cantidades balanceadas de harinas cruda y cocida generaron texturas moderadas, con valores que oscilan entre 371.84 mJy 670.52 mJ. Estos resultados demuestran que tanto el tiempo de fritura como la proporción de harinas tienen un impacto directo en la firmeza y crocancia de los chips.

TABLA XI  
RESULTADOS OBTENIDOS DE TEXTURA PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

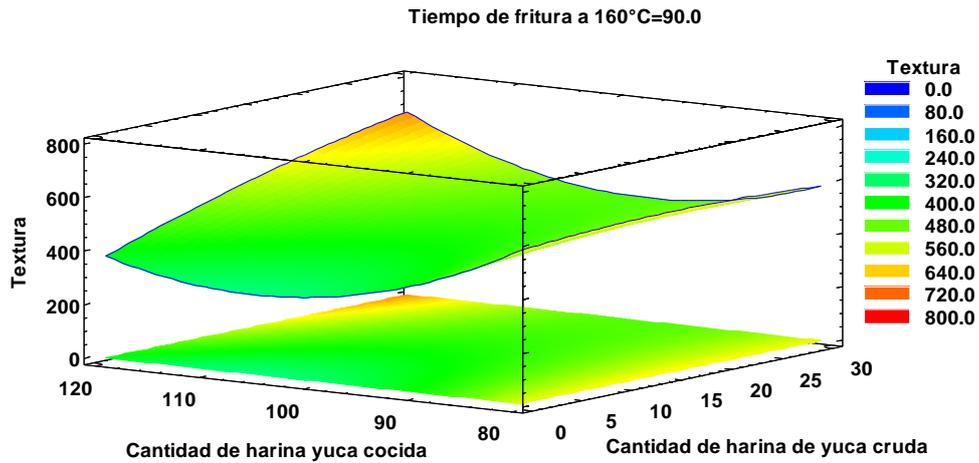
Cantidad de harina de yuca cruda gramos	Variables decodificadas		Tiempo de fritura a 160°C segundos	Textura mJ
	Cantidad de harina de yuca cruda gramos	Cantidad de harina de yuca cocida gramos		
6		88	54	435.06
24		88	54	384.4
6		112	54	125.93
24		112	54	86.08
6		88	126	333.23
24		88	126	456.81
6		112	126	400.99
24		112	126	728.51
0		100	90	371.84
30		100	90	533.26
15		80	90	612.92
15		120	90	670.52
15		100	30	118.87
15		100	150	547.6
15		100	90	422.16
15		100	90	397.15
15		100	90	394.29

En la tabla XV, presenta el análisis de varianza (ANOVA) revela que el tiempo de fritura (C) es el factor más significativo en la textura de los chips de yuca, con un valor-P de 0.0017, confirmando que tiempos de fritura más largos incrementan la dureza del producto debido a una mayor deshidratación y formación de estructuras más rígidas. La interacción entre el tiempo de fritura y la cantidad de harina cocida (BC) también resultó significativa (valor-P = 0.0069), lo que sugiere que el efecto del tiempo de fritura depende de las proporciones de harina utilizada, especialmente cuando predomina la harina cocida. Aunque los efectos individuales de la cantidad de harina cruda (A) y harina cocida (B) no fueron significativos, sí mostraron tendencias hacia influir en la textura, especialmente en las interacciones cuadráticas como BB y AC (valor-P cercanos a 0.06-0.07), indicando posibles efectos no lineales. El valor de R-cuadrada (0.8954) indica que el 89.54% de la variabilidad en los resultados de textura puede explicarse por el modelo, lo que confirma su adecuación para describir las relaciones entre las variables.

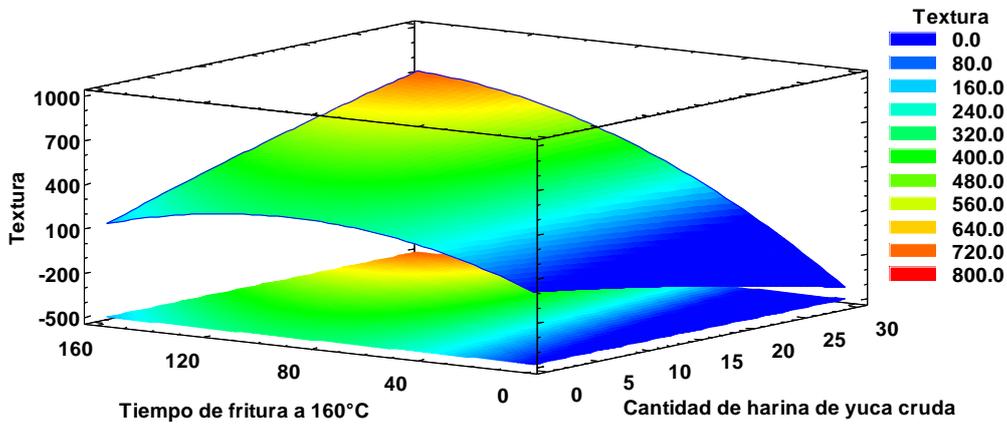
TABLA XII  
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE TEXTURA DEL CHIP DE YUCA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadros</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Cantidad de harina de yuca cruda	29244.5	1	29244.5	3.72	0.0952
B:Cantidad de harina yuca cocida	2182.17	1	2182.17	0.28	0.6148
C:Tiempo de fritura a 160°C	189685	1	189685	24.1	0.0017*
AA	861.834	1	861.834	0.11	0.7504
AB	5764.7	1	5764.7	0.73	0.4204
AC	36667.7	1	36667.7	4.66	0.0678
BB	38483.3	1	38483.3	4.89	0.0627
BC	112080	1	112080	14.24	0.0069*
CC	28299.3	1	28299.3	3.6	0.0997
Error total	55087.5	7	7869.64		
Total (corr.)	526320	1			
		6			
R-cuadrada	0.8954				
Error absoluto medio	46.76				

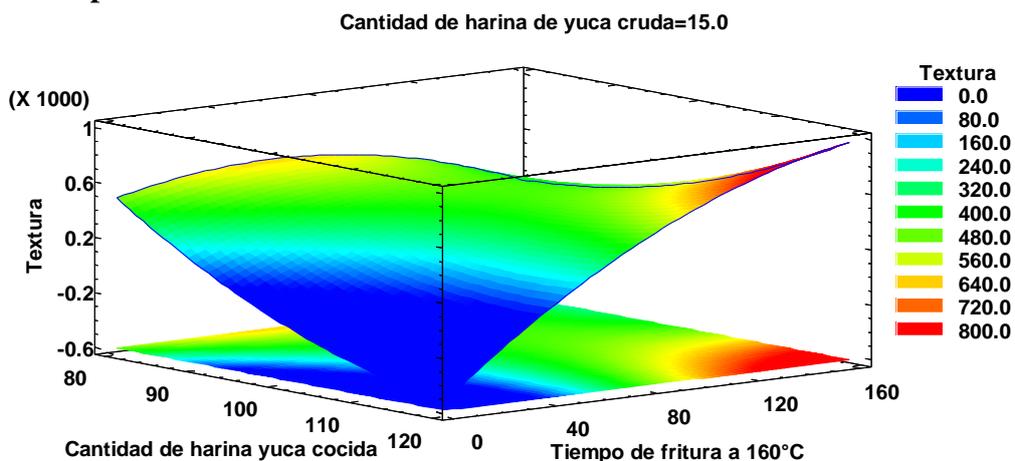
La Figura 6 presenta los efectos de las variables cantidad de harina de yuca cruda, cantidad de harina de yuca cocida y tiempo de fritura a 160°C sobre la textura de los chips de yuca, a través de gráficos de superficie de respuesta. En el gráfico a se observa que la textura varía significativamente con la combinación de harinas cruda y cocida. A medida que aumenta la cantidad de harina de yuca cocida, la textura disminuye considerablemente, evidenciando valores más bajos (cerca de 0-160 mJ, tonos verdes y azules). En contraste, mayores cantidades de harina cruda incrementan la textura, alcanzando valores de hasta 800 mJ (zonas en rojo y naranja). Esto sugiere que la harina de yuca cruda aporta mayor firmeza al producto, posiblemente debido a su menor nivel de gelatinización, lo que contribuye a una estructura más rígida en los chips. En el gráfico b revela que la textura se incrementa con tiempos de fritura más prolongados y con mayores cantidades de harina cruda. A tiempos cortos (cerca de 40 segundos), los valores de textura son bajos (en tonos azules y verdes), mientras que tiempos más largos (120-160 segundos) generan un aumento significativo, alcanzando valores de hasta 1000 mJ (zonas rojas y naranjas). Esto refleja que el tiempo de fritura favorece la deshidratación y la formación de una estructura más firme, especialmente cuando la harina cruda predomina, debido a su mayor resistencia al proceso térmico. En el gráfico c se observa que el aumento en la cantidad de harina cocida disminuye la textura de los chips, especialmente en tiempos cortos de fritura. Los valores más bajos de textura (zonas azules) aparecen con niveles altos de harina cocida y tiempos reducidos. Sin embargo, al incrementar el tiempo de fritura, la textura tiende a estabilizarse o incrementarse ligeramente, aunque sin alcanzar los niveles observados con la harina cruda. Esto indica que la harina cocida, al gelatinizarse, genera productos con menor firmeza inicial y requiere tiempos más prolongados para desarrollar una textura más consistente.



**a. Efecto de la cantidad de harina de yuca cruda y cocida en la textura del chip de Yuca**  
 Cantidad de harina yuca cocida=100.0



**b. Efecto de la cantidad de harina de yuca cruda y tiempo de fritura a 160°C en la textura del chip de Yuca**



**c. Efecto de la cantidad de harina de yuca cocida y tiempo de fritura a 160°C en la textura del chip de Yuca**

**Fig. 6** : Gráfico de superficie de respuesta y contorno para la variable dependiente textura del chip de Yuca.

### 3.1.5. Efecto de la formulación y tiempo de fritura en el parámetro de color luminosidad del chip de yuca

La tabla XVI presenta los valores de luminosidad (L) en los chips de yuca bajo diferentes tratamientos con variaciones en la cantidad de harina de yuca cruda, harina de yuca cocida y el tiempo de fritura a 160°C. Se observa que los valores de luminosidad oscilan entre 45.42 y 63.51, siendo influenciados principalmente por el tiempo de fritura y la combinación de harinas. A tiempos de fritura más largos (150 segundos), los valores de luminosidad tienden a ser más altos, como se evidencia en el valor máximo (63.51) registrado con 15 g de harina cruda y 100 g de harina cocida. Por el contrario, tiempos más cortos y mayores cantidades de harina cruda resultaron en valores de luminosidad más bajos (alrededor de 45.42 a 46.36). Esto sugiere que tiempos prolongados permiten una mayor evaporación de humedad, lo que favorece el desarrollo de una superficie más clara en el producto. Además, la harina cocida contribuye a valores de luminosidad moderadamente más altos debido a las propiedades del almidón gelatinizado, que refleja mejor la luz.

TABLA XIII  
RESULTADOS OBTENIDOS EN EL PARÁMETRO DE COLOR LUMINOSIDAD  
PARA LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS

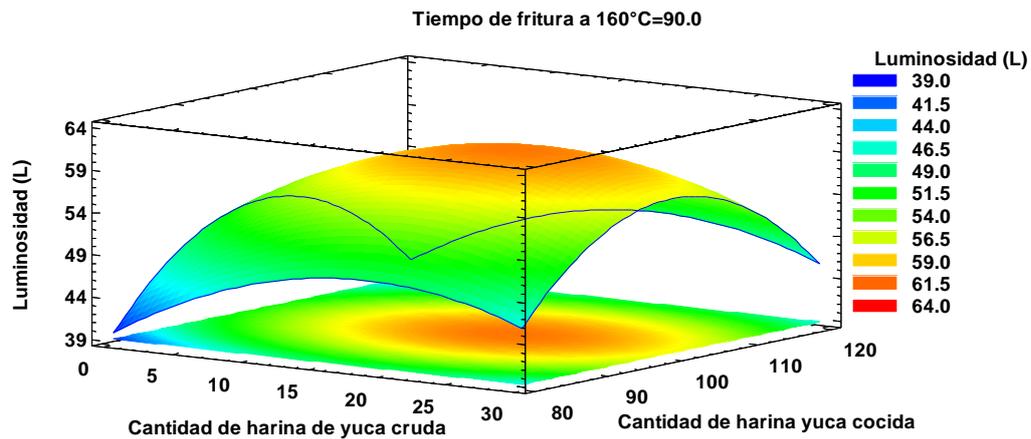
Variables decodificadas			
Cantidad de harina de yuca cruda gramos	Cantidad de harina yuca cocida gramos	Tiempo de fritura a 160°C segundos	Luminosidad (L)
6	88	54	45.42
24	88	54	53.2
6	112	54	45.6
24	112	54	49.22
6	88	126	53.22
24	88	126	54.48
6	112	126	51.38
24	112	126	56.04
0	100	90	53.25
30	100	90	56.04
15	80	90	47.24
15	120	90	51.51
15	100	30	46.36
15	100	150	57.16
15	100	90	63.51
15	100	90	59.89
15	100	90	58.66

En la tabla XVII se presenta el análisis de varianza (ANOVA) muestra que el tiempo de fritura (C) es el factor más significativo en la luminosidad de los chips de yuca, con un valor-P de 0.0023, indicando que tiempos más prolongados resultan en un incremento notable de la claridad del producto. La cantidad de harina de yuca cruda (A) también tuvo un efecto significativo (valor-P = 0.0359), aunque menor que el tiempo de fritura. Este efecto sugiere que la harina cruda tiende a generar productos más oscuros debido a una menor capacidad de gelatinización del almidón. Por otro lado, las interacciones cuadráticas AA y BB también resultaron significativas, con valores-P de 0.0148 y 0.0006, respectivamente, lo que indica que las proporciones de harina cruda y cocida tienen efectos no lineales sobre la luminosidad. La interacción CC (valor-P = 0.0023) refuerza que tiempos de fritura más prolongados tienen una influencia clara en el aumento de luminosidad. En contraste, las demás interacciones, como AB y BC, no mostraron efectos significativos, lo que sugiere que el tiempo de fritura actúa de forma más independiente en comparación con las otras variables. El valor de R-cuadrada (0.9149) demuestra que el modelo explica el 91.49% de la variabilidad en la luminosidad, mostrando un ajuste adecuado y robusto.

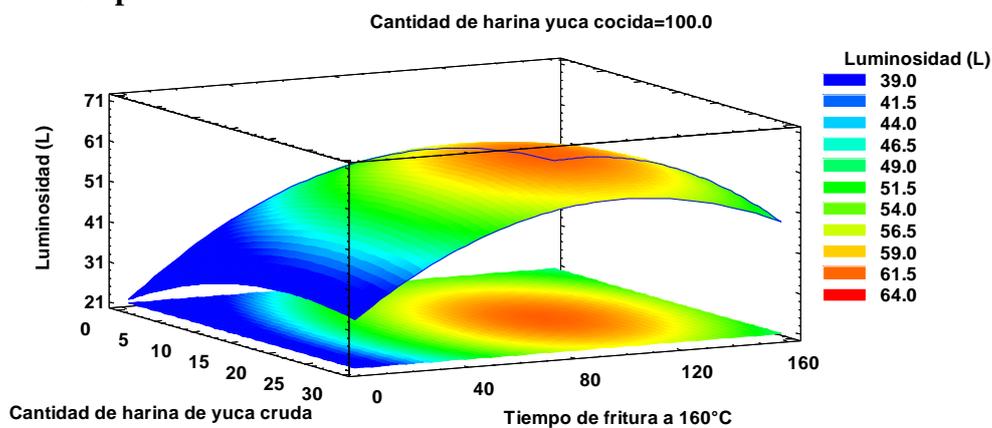
TABLA XIV  
ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE EN EL PARÁMETRO DE COLOR LUMINOSIDAD DEL CHIP DE YUCA

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A:Cantidad de harina de yuca cruda	35.6076	1	35.6076	6.71	0.0359*
B:Cantidad de harina yuca cocida	0.680263	1	0.680263	0.13	0.7308
C:Tiempo de fritura a 160°C	116.313	1	116.313	21.93	0.0023*
AA	54.783	1	54.783	10.33	0.0148*
AB	0.0722	1	0.0722	0.01	0.9104
AC	3.7538	1	3.7538	0.71	0.428
BB	187.264	1	187.264	35.3	0.0006*
BC	1.5488	1	1.5488	0.29	0.6057
CC	116.185	1	116.185	21.9	0.0023*
Error total	37.1309	7	5.30441		
Total (corr.)		1			
	436.632	6			
R-cuadrada	0.9149				
Error absoluto medio	1.22				

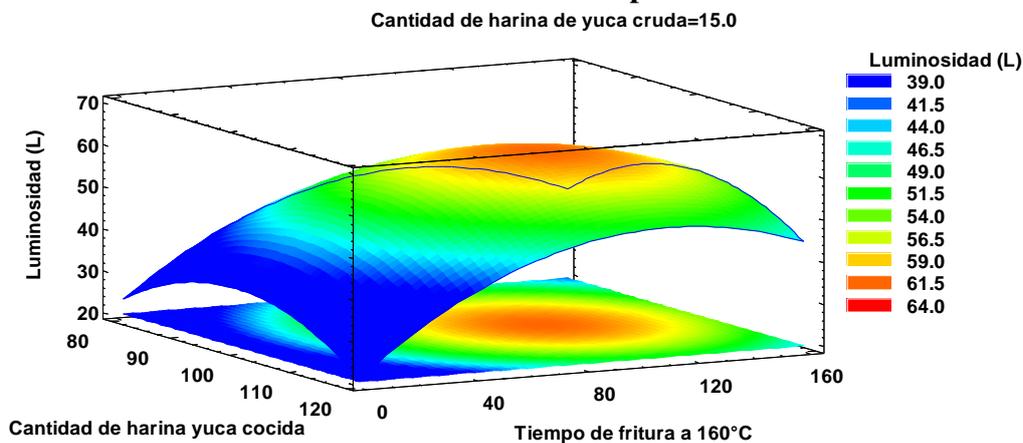
La Figura 7 presenta el efecto de las variables cantidad de harina de yuca cruda, cantidad de harina de yuca cocida y tiempo de fritura a 160°C sobre el parámetro de color luminosidad (L) de los chips de yuca. A continuación, se detalla la interpretación de cada gráfico. En el gráfico a se observa que la luminosidad (L) aumenta con mayores cantidades de harina de yuca cocida, alcanzando valores máximos de hasta 64 (zonas amarillas y naranjas). En contraste, la luminosidad disminuye cuando predominan mayores cantidades de harina de yuca cruda, mostrando valores más bajos cercanos a 39-44 (zonas azules). Este comportamiento se debe a que la harina cocida favorece una superficie más clara por la gelatinización del almidón, que refleja mejor la luz. Por otro lado, la harina cruda contribuye a una mayor opacidad y oscurecimiento del producto, probablemente por reacciones menos controladas durante la fritura. En el gráfico b, el tiempo de fritura tiene un efecto directo sobre la luminosidad. A tiempos cortos de fritura (cerca de 40 segundos), se registran valores más bajos de luminosidad (alrededor de 39-44, zonas azules). Sin embargo, a medida que aumenta el tiempo de fritura (hasta 160 segundos), la luminosidad incrementa considerablemente, alcanzando valores superiores a 64 en presencia de mayores cantidades de harina de yuca cruda. Este aumento se debe a la evaporación de humedad y al desarrollo de una superficie más dorada y uniforme. No obstante, cuando la cantidad de harina cruda es mínima, los valores de luminosidad permanecen moderados, lo que refleja una menor variabilidad. En el gráfico c, muestra que la luminosidad incrementa con mayores cantidades de harina cocida y tiempos prolongados de fritura. Los valores más bajos de luminosidad (alrededor de 39-44, zonas azules) se registran con niveles bajos de harina cocida y tiempos cortos. En cambio, con niveles altos de harina cocida y tiempos cercanos a 160 segundos, la luminosidad alcanza valores máximos de hasta 64 (zonas amarillas y rojas). Esto confirma que la harina cocida favorece la obtención de un producto más claro, especialmente cuando el tiempo de fritura permite una deshidratación uniforme de la superficie.



**a. Efecto de la cantidad de harina de yuca cruda y cocida en el parámetro de color luminosidad del chip de Yuca**



**b. Efecto de la cantidad de harina de yuca cruda y tiempo de fritura a 160°C en parámetro de color luminosidad del chip de Yuca**



**c. Efecto de la cantidad de harina de yuca cocida y tiempo de fritura a 160°C en parámetro de color luminosidad del chip de Yuca**

**Fig. 7** : Gráfico de superficie de respuesta y contorno para la variable dependiente parametro de color luminosidad del chip de Yuca.

### 3.1.6. Determinación de las variables independientes óptimas del chip de yuca

La metodología de función deseada, aplicada mediante el software Statgraphics Centurión XVI, permitió realizar una optimización múltiple de las respuestas para determinar las condiciones ideales de las variables independientes que garantizan un producto con propiedades óptimas. Los criterios de optimización se establecieron tomando como referencia chips comerciales de papa y plátano presentes en el mercado. Las respuestas a optimizar incluyeron humedad, contenido de aceite y textura, variables clave para asegurar la calidad y aceptación del producto final.

En la tabla XVIII se presenta los valores objetivo definidos fueron: 8.0% de humedad, 40.0% de contenido de aceite y 407.295 mJ de textura, dentro de los rangos observados experimentalmente. Estos parámetros equilibran la deshidratación del producto, el nivel de absorción de aceite y la firmeza adecuada que proporciona una textura crujiente y aceptable al consumidor. Se asignaron pesos de prioridad más altos a la humedad y al contenido de aceite debido a su influencia directa en la calidad sensorial y nutricional del producto final.

TABLA XV  
CRITERIOS DE OPTIMIZACIÓN MÚLTIPLE RESPUESTA SEGÚN METODOLOGÍA DE  
FUNCIÓN DESEADA

<i>Respuesta</i>	<i>Mínimo Observado</i>	<i>Máximo Observado</i>	<i>Meta</i>	<i>Pesos Primero</i>	<i>Pesos Segundo</i>	<i>Impacto</i>
Humedad	0.92	15.1	8.0	1.0	1.0	3.0
Contenido de aceite	32.84	50.15	40.0	1.0	1.0	3.0
Textura	86.08	728.51	407.295	1.0	1.0	2.0

En la tabla 18 se muestra el resultado óptimo que cumple los criterios de optimización, como se puede observar con una Cantidad de harina de yuca cruda de 20gramos, Cantidad de harina yuca cocida 86.5 gramos y tiempo de fritura a 160°C de 46 segundos permite obtener un chip de yuca con 8% de humedad, 40% de aceite y 407.295mJ de textura.

La optimización de las condiciones del proceso permitió identificar los valores óptimos de las variables independientes (factores de procesamiento) para obtener un chip de yuca con las mejores características fisicoquímicas y texturales. Los rangos establecidos para las variables incluyeron:

- Cantidad de harina de yuca cruda: de 0 a 30 gramos

- Cantidad de harina de yuca cocida: de 80 a 120 gramos
- Tiempo de fritura a 160°C: de 29 a 151 segundos
- Como resultado del análisis, las condiciones óptimas obtenidas fueron:
- Cantidad de harina de yuca cruda: 19.78 gramos
- Cantidad de harina de yuca cocida: 86.54 gramos
- Tiempo de fritura a 160°C: 45.7 segundos

Bajo estas condiciones, las variables dependientes (respuestas) lograron los valores deseados:

- Humedad: 8.0%, lo que asegura una deshidratación adecuada del producto, proporcionando una textura seca y crujiente.
- Contenido de aceite: 40.0%, un nivel controlado que equilibra la absorción de grasa sin exceder valores que afecten la calidad nutricional del producto.
- Textura: 407.295 mJ, una firmeza ideal que garantiza una textura crujiente y una buena resistencia al momento de la mordida, característica clave en productos tipo snack.

TABLA XIX

RESULTADOS ÓPTIMOS DE LAS VARIABLES DEPENDIENTES E INDEPENDIENTES.

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>
Cantidad de harina de yuca cruda	0.0	30.0	19.7833
Cantidad de harina yuca cocida	80.0	120.0	86.5434
Tiempo de fritura a 160°C	29.0	151.0	45.7083
<b>Respuesta</b>	<b>Óptimo</b>		
Humedad	8.0		
Contenido de aceite	40.0		
Textura	407.295		

### 3.2. Discusión

Los cambios de color observados durante el procesamiento de la mandioca cruda y cocida en polvo, mostrados en la Tabla IX, indican un aumento significativo en los parámetros de color del sistema CIELAB. El incremento del valor  $b^*$  en 237.76% refleja un color amarillo más intenso, lo cual puede atribuirse a la reacción de Maillard, que ocurre entre azúcares reductores, péptidos y aminoácidos durante el proceso de cocción y secado [8], [12], [18]. Esta reacción, que es típica en productos sometidos a altas temperaturas, explica también el incremento del 2.8% en el valor  $a^*$  (color rojo) y la disminución del 5.21% en  $L^*$  (luminosidad), lo que evidencia un oscurecimiento del producto.

Estos resultados coinciden parcialmente con los obtenidos por Euan-Pech et al. [8] en chips de ñame, donde se reportó una disminución de la luminosidad ( $L$ ) y un aumento de los valores  $a^*$  (rojo) y  $b^*$  (amarillo) a medida que se incrementaron la temperatura y el tiempo de fritura. Esto sugiere que, en nuestro estudio, la mayor cantidad de harina cocida favoreció una superficie más dorada debido a la gelatinización del almidón, mientras que la harina cruda, con mayor contenido de materia seca inicial, contribuyó a un color más opaco y menos uniforme.

Durante la fritura, el producto experimenta deshidratación rápida a temperaturas superiores a 100°C, lo cual provoca la formación de poros y caminos capilares en la estructura del alimento. Estos poros facilitan la absorción de lípidos mientras que el vapor de agua, al quedar parcialmente retenido, deforma las células y contribuye a la expansión del producto Yang, et al [19]. En este sentido, la mayor cantidad de humedad observada en los chips elaborados con harina de yuca cruda podría explicarse porque parte del agua agregada a la masa participó en la gelatinización del almidón y quedó atrapada durante el proceso de fritura, como lo indica la relación entre la cantidad de humedad y el incremento en la retención de agua en los gránulos.

Se encontró que los chips elaborados con una mayor proporción de harina de yuca cocida presentaron menores niveles de absorción de aceite. Este resultado coincide con lo reportado por Khairunnisa et al. [12], quienes indicaron que la gelatinización del almidón durante la cocción reduce la porosidad del alimento, limitando así la penetración del aceite. En contraste, los chips elaborados con harina cruda, al tener

mayor capacidad de retención de agua en sus gránulos de almidón, favorecieron una absorción de aceite más elevada.

Asimismo, la absorción de aceite está influenciada por la sustitución parcial del agua evaporada por lípidos durante la fritura, donde la formación de burbujas también promueve una mayor absorción de grasa Nayak et al. [21]. Esta relación se confirma en los resultados del presente estudio, donde se observó una correlación lineal positiva entre el porcentaje de humedad y el contenido de lípidos en los chips de yuca.

Estudios previos, como el de Yadav et al.[5], mostraron que el tipo de aceite y el tiempo de fritura influyen significativamente en la absorción de aceite y la pérdida de humedad en productos tipo chips. En su investigación, el aceite de soja presentó menor absorción de lípidos en comparación con el aceite de girasol y maíz, lo cual coincide con la observación en el presente estudio sobre la influencia del tiempo de fritura en la absorción de aceite.

Además, los hallazgos concuerdan con los resultados de Omidiran et al. [11], quienes determinaron que el espesor de las rebanadas es un factor clave en la absorción de grasa. En este estudio, la cantidad de harina de yuca cocida mostró un efecto inverso en la absorción de lípidos, posiblemente debido a que la gelatinización reduce la porosidad del alimento, limitando el ingreso de aceite durante la fritura.

En las Figuras 5, se confirma que tanto el tiempo de fritura como las cantidades de harina de yuca cruda y cocida impactan la absorción de aceite. A medida que se incrementa el tiempo de fritura, la absorción de lípidos aumenta debido a la mayor deshidratación y formación de espacios capilares en la estructura del producto. Por otro lado, una mayor cantidad de harina cocida resultó en una menor absorción de aceite, probablemente por la compactación estructural generada por la gelatinización del almidón, lo cual restringe el ingreso de aceite [22].

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

- Los resultados de la investigación demostraron que el uso de harina de yuca cocida en la formulación de chips reduce significativamente la absorción de aceite en comparación con la harina de yuca cruda. Este efecto se atribuye a la gelatinización del almidón durante la cocción, lo que disminuye la porosidad y limita la penetración de lípidos durante la fritura.
- Los chips elaborados con harina de yuca cruda mostraron mayor absorción de aceite, debido a la capacidad de retención de agua en los gránulos de almidón y a la formación de estructuras más porosas durante el proceso de fritura. Estos resultados subrayan la importancia de balancear las proporciones de harinas cruda y cocida para optimizar la calidad del producto final.
- El tiempo de fritura tuvo un efecto directo sobre la textura y el color de los chips de yuca. Tiempos más prolongados generaron productos con mayor firmeza y dorado superficial, aunque a costa de un incremento en la absorción de aceite. Esto resalta la necesidad de controlar este parámetro para obtener productos con características sensoriales y nutricionales óptimas.
- La combinación de 20 g de harina cruda, 86.5 g de harina cocida y un tiempo de fritura de 46 segundos a 160°C permitió obtener un producto con 8% de humedad, 40% de contenido de aceite y una textura óptima. Estas condiciones representan una formulación equilibrada que ofrece un producto crujiente, estable y con menor contenido graso.

## 4.2. Recomendaciones

- Se recomienda explorar tecnologías alternativas de fritura, como la **fritura al vacío** o el uso de **freidoras de aire caliente**, para reducir aún más la absorción de aceite y mejorar el valor nutricional de los chips de yuca. Estas técnicas también podrían minimizar el impacto de la oxidación de lípidos y conservar mejor las propiedades sensoriales del producto.
- Realizar evaluaciones de **vida útil** de los chips de yuca bajo diferentes condiciones de almacenamiento, considerando factores como la humedad, la oxidación de los lípidos y los cambios en la textura. Esto permitirá establecer recomendaciones específicas de empaque y conservación, asegurando la calidad del producto durante su comercialización.
- Se sugiere llevar a cabo **pruebas de mercado** para evaluar la aceptación del producto por parte de los consumidores, considerando diferentes perfiles sensoriales, como textura, color y nivel de grasa. Esto ayudará a adaptar el producto a las preferencias de los consumidores y a posicionarlo de manera competitiva en el mercado.
- Es importante realizar un análisis económico que contemple los costos de producción, considerando materias primas, equipos y tecnologías recomendadas. Asimismo, evaluar la **escalabilidad del proceso** para su implementación en una planta industrial y su viabilidad en mercados locales e internacionales.
- Realizar un estudio microbiológico del producto.

## REFERENCIAS

- [1] Y. Meza et A. Julca Otiniano, « Sustentabilidad de los sistemas de cultivo con yuca (*Manihot esculenta* Crantz) en la subcuenca de Santa Teresa, Cusco », *Ecología Aplicada*, vol. 14, no 1, p. 55-63, 2015.
- [2] T. V Gadiraju, Y. Patel, J. M. Gaziano, et L. Djoussé, « Fried food consumption and cardiovascular health: A review of current evidence », *Nutrients*, vol. 7, no 10, p. 8424-8430, 2015, doi: 10.3390/nu7105404.
- [3] O. Gaytancioğlu, F. Yılmaz, et Ü. Geçgel, « The Effect of Fatty Acids Profile in Potato and Corn Chips on Consumer Preferences », *Foods*, vol. 13, no 20, 2024, doi: 10.3390/foods13203292.
- [4] M. Arora *et al.*, « Snacks and snacking: Impact on health of the consumers and opportunities for its improvement », *Curr Nutr Food Sci*, vol. 16, no 7, p. 1028-1043, 2020, doi: 10.2174/1573401316666200130110357.
- [5] D. K. Yadav, P. Kadam, D. D. Wadikar, V. Kannan, et A. D. Semwal, « Changes in the Quality Attributes of Edible Vegetable Oils During Deep Frying Concerning Defence Ration », *Def Life Sci J*, vol. 8, no 4, p. 378-389, 2023, doi: 10.14429/dlsj.8.18854.
- [6] O. E. Omotosho, O. C. Laditan, O. E. Adedipe, et J. A. O. Olugbuyiro, « Effect of deep-fat frying on the vitamins, proximate and mineral contents of colocasia esculenta using various oils », *Pakistan Journal of Biological Sciences*, vol. 18, no 6, p. 295-299, 2015, doi: 10.3923/pjbs.2015.295.299.
- [7] N. P. D. Osorio et M. A. R. Rivera, « Propuesta metodológica para la evaluación de las características fisicoquímicas de dos variedades de yuca (*Manihot esculenta* Crantz), utilizadas como materia prima para la preparación de hojuelas fritas. », *Scientia et Technica*, vol. 18, no 3, p. 553-560, 2013.

- [8] E. Euan-Pech, L. Chel-Guerrero, W. Rodríguez-Canto, S. Gallegos-Tintoré, et D. Betancur-Ancona, « Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and maize (*Zea mays* L.) flour mixtures for the development of healthy snacks », *Int J Gastron Food Sci*, vol. 37, p. 100985, 2024, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2024.100985>.
- [9] U. B. Okon, O. P. Sobukola, A. A. Adebowale, H. A. Bakare, A. T. Omidiran, et F. A. Akinlade, « Effect of process variables on some quality attributes of instant 'Akara iwe'-a cassava based fried snack from grits », *Applied Food Research*, vol. 2, no 1, p. 100115, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100115>.
- [10] O. T. Abiola, M. A. Idowu, T. A. Shittu, O. O. Onabanjo, et E. K. Oke, « Physicochemical and sensory characteristics of fried peanut cracker coated with wheat–cassava composite flour », *Nutr Food Sci*, vol. 53, no 1, p. 148-161, janv. 2023, doi: 10.1108/NFS-01-2022-0014.
- [11] A. T. Omidiran *et al.*, « Quality attributes of formulated snacks from blends of cassava starch and soy protein isolate deep fried in palmolein oil », *Legume Science*, vol. 2, no 4, p. e61, déc. 2020, doi: <https://doi.org/10.1002/leg3.61>.
- [12] N. Khairunnisa, R. A. Firmansyah, et K. Hidayat, « Characterization of physical attributes of cassava chips in different frying conditions », *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, vol. 1338, no 1, p. 12031, 2024, doi: 10.1088/1755-1315/1338/1/012031.
- [13] S. Otun *et al.*, « The future of cassava in the era of biotechnology in Southern Africa », *Crit Rev Biotechnol*, vol. 43, no 4, p. 594-612, 2023, doi: 10.1080/07388551.2022.2048791.
- [14] Y. Castro-Moreira, F. Cristellot-Pinto, N. Murgueitio-Adum, Y. Gómez-Salcedo, et E. Rosero-Delgado, « Efecto del procesamiento tradicional de la yuca (*Manihot esculenta*) y derivados sobre el contenido de glucósidos cianogénicos », *Revista Científica INGENIAR: Ingeniería, Tecnología e Investigación*. ISSN: 2737-6249., vol. 4, no 8 SE-, p. 157-170, juill. 2021, [En ligne]. Disponible sur: <https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/49>

- [15] J. L. Del Rosario-Arellano *et al.*, « Cassava: Its cultivation, diversity, nutritional profile, toxicity, and uses in food », in *The Cassava Crop: Cultivation, Potential Uses, and Food Security*, Facultad de Ciencias Biológicas y Agropecuarias, Universidad Veracruzana, Región Orizaba-Córdoba, Peñuela Amatlán SN, Centro, Amatlán de los Reyes, Veracruz, Ver, Mexico: Nova Science Publishers, Inc., 2024, p. 21-58. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85199821802&partnerID=40&md5=c99ac0eea8cd6e75c141c3ea1182b94f>
- [16] E. C. A. Neves, D. A. Neves, K. B. de Sousa Lobato, G. C. do Nascimento, et M. T. P. S. Clerici, « Technological aspects of processing of cassava derivatives », in *Handbook on Cassava: Production, Potential Uses and Recent Advances*, Food Engineering Faculty, Institute of Technology, Federal University of Pará (UFPA), Belém, Brazil: Nova Science Publishers, Inc., 2017, p. 105-128. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85029928274&partnerID=40&md5=47a8cbbb1ccac08f631a80f6e5c0b8a2>
- [17] A. Parmar, A. Fikre, B. Sturm, et O. Hensel, « Post-harvest management and associated food losses and by-products of cassava in southern Ethiopia », *Food Secur*, vol. 10, no 2, p. 419-435, 2018, doi: 10.1007/s12571-018-0774-7.
- [18] E. U. Mbah, « Cassava production and its economic potentials in sub-Saharan Africa: A review », in *Handbook on Cassava: Production, Potential Uses and Recent Advances*, Department of Agronomy, Michael Okpara University of Agriculture, Umudike, Abia State, Nigeria: Nova Science Publishers, Inc., 2017, p. 29-40. [En ligne]. Disponible sur: <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85029919120&partnerID=40&md5=8dc77e2df219884dca00e5afb0c5b84d>
- [19] J.-H. Yang, H.-Y. Park, Y.-S. Kim, I.-W. Choi, S.-S. Kim, et H.-D. Choi, « Quality characteristics of vacuum-fried snacks prepared from various sweet potato cultivars », *Food Sci Biotechnol*, vol. 21, no 2, p. 525-530, 2012, doi: 10.1007/s10068-012-0067-4.

- [20] S. O. Serna-Saldivar, « Industrial Frying and Seasoning Operations », in *Snack Foods: Processing, Innovation, and Nutritional Aspects*, School of Engineering and Sciences, Mexico: CRC Press, 2022, p. 63-81. doi: 10.1201/9781003129066-3.
- [21] P. K. Nayak, U. Dash, K. Rayaguru, et K. R. Krishnan, « Physio-Chemical Changes During Repeated Frying of Cooked Oil: A Review », *J Food Biochem*, vol. 40, no 3, p. 371-390, 2016, doi: 10.1111/jfbc.12215.
- [22] A. Al Faruq, M. H. A. Khatun, S. M. R. Azam, M. S. H. Sarker, M. S. Mahomud, et X. Jin, « Recent advances in frying processes for plant-based foods », *Food Chemistry Advances*, vol. 1, 2022, doi: 10.1016/j.focha.2022.100086.
- [23] P. Bouchon, « Chapter 5 Understanding Oil Absorption During Deep-Fat Frying », *Adv Food Nutr Res*, vol. 57, p. 209-234, 2009, doi: 10.1016/S1043-4526(09)57005-2.
- [24] X.-G. Wang, H. Zhang, et G.-C. Wu, « The Current Progress in Research on the Quality and New Risk Factors of Fried Foods », *Science and Technology of Cereals, Oils and Foods*, vol. 30, no 1, p. 1-9, 2022, doi: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2022.01.001.
- [25] A. Carballo-Casla *et al.*, « Consumption of food fried in olive oil and unhealthy aging in a Mediterranean country », *Clinical Nutrition*, vol. 40, no 1, p. 277-285, 2021, doi: 10.1016/j.clnu.2020.05.018.

## ANEXOS

### Anexo 1.

#### PROCESO DE ELABORACIÓN DE CHIPS



Materia Prima yuca



Secado de la yuca



Obtención de la harina de yuca



Elaboración de las masas de yuca



Laminado



Fritura



chips de yuca