

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA

(Creada por Ley Nro. 29531)



FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial

**TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

Efecto del tiempo y temperatura de fritura en los parámetros de color, contenido de humedad, contenido de aceite y aceptabilidad sensorial de hojuelas de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*)

PRESENTADO POR:

Bach. Erika Milagros, Llatas Cabrera

ASESOR:

Ph.D. Frank Fluker, Velásquez Barreto

CHOTA – CAJAMARCA

2026

Una firma manuscrita en tinta azul, que parece ser la del asesor, Frank Fluker Velásquez Barreto. La firma es fluida y se extiende sobre una línea horizontal que sirve como base para el texto que sigue.

Asesor: Ph. D. Frank Fluker Velásquez Barreto



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
ASESOR DE INFORME DE TESIS

**Constancia de Originalidad y Uso de
Inteligencia Artificial**

CO-001-2026-FFVB-EPIA-FCA

El que suscribe, Asesor del Informe de Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Autónoma de Chota, hace constar que el Informe Final de Tesis Titulado “**Efecto del tiempo y temperatura de fritura en los parámetros de color, contenido de humedad, contenido de aceite y aceptabilidad sensorial de hojuelas de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*)**” perteneciente a la tesista Erika Milagros, Llatas Cabrera; presenta un **GRADO DE SIMILITUD de 19 % y USO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL DE 0 %**, en base al análisis realizado por el Software Antiplago Turnitin (21/01/2026) y este corresponde a una similitud menor al 20 %, por lo que se considera producción intelectual propia (Art. 27e del Reglamento de Grados y Títulos 2025 aprobado mediante RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N° 770-2025-UNACH).

La presente se emite al interesado para los trámites que estime conveniente.

Chota, 21 de enero de 2026.


Ph. D. Frank Fluker Velásquez Barreto
Asesor de Informe de Tesis
Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial
Facultad de Ciencias Agrarias

Milagros Llatas

TESIS MILAGROS 2026 ACTUALIZADO

 Tesis Milagros Llatas

 Tesis Milagros

 Universidad Nacional Autonoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3461751734

Fecha de entrega

21 ene 2026, 3:27 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

21 ene 2026, 9:13 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS_MILAGROS_LLATAS_ULTIMA_2026.pdf

Tamaño del archivo

1.8 MB

79 páginas

19.289 palabras

103.873 caracteres




19% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía

Fuentes principales

- 18%  Fuentes de Internet
- 8%  Publicaciones
- 6%  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.

Fuentes principales

- 18% Fuentes de Internet
- 8% Publicaciones
- 6% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

| | | | |
|----|-------------------------|------------------------------|-----|
| 1 | Internet | repositorio.unach.edu.pe | 2% |
| 2 | Internet | 1library.co | 1% |
| 3 | Internet | dspace.unitru.edu.pe | 1% |
| 4 | Internet | www.researchgate.net | 1% |
| 5 | Internet | hdl.handle.net | 1% |
| 6 | Internet | repositorio.unc.edu.pe | <1% |
| 7 | Internet | repositorio.ute.edu.ec | <1% |
| 8 | Internet | repositorio.unamad.edu.pe | <1% |
| 9 | Internet | repositorio.lamolina.edu.pe | <1% |
| 10 | Internet | es.scribd.com | <1% |
| 11 | Trabajos del estudiante | Escuela Politecnica Nacional | <1% |

| | | | |
|----|-------------------------|---|-----|
| 12 | Internet | repositorio.upao.edu.pe | <1% |
| 13 | Publicación | Apaza Calcina, Jose David. "Caracterización agronómica de variedades de quinua ... | <1% |
| 14 | Internet | www.repositorio.unach.edu.pe | <1% |
| 15 | Internet | revistas.uss.edu.pe | <1% |
| 16 | Internet | saber.ucv.ve | <1% |
| 17 | Publicación | Cabreirinha, André Filipe Guinapo. "Análise da Influência dos Parâmetros de Pres... | <1% |
| 18 | Internet | repositorio.uroosevelt.edu.pe | <1% |
| 19 | Internet | www.scribd.com | <1% |
| 20 | Trabajos del estudiante | Universidad Cesar Vallejo | <1% |
| 21 | Internet | repositorio.unajma.edu.pe | <1% |
| 22 | Internet | JUAN EDUARDO BRAVO VASQUEZ. "Contribución al estudio de la fritura al vacío: d... | <1% |
| 23 | Internet | repositorio.uta.edu.ec | <1% |
| 24 | Internet | repositorio.upec.edu.ec | <1% |
| 25 | Trabajos del estudiante | uncedu | <1% |

| | | | |
|----|-------------------------|---|-----|
| 26 | Internet | kerwa.ucr.ac.cr | <1% |
| 27 | Internet | docplayer.es | <1% |
| 28 | Internet | repositorio.espam.edu.ec | <1% |
| 29 | Internet | repositorio.utn.edu.ec | <1% |
| 30 | Internet | ri.uaemex.mx | <1% |
| 31 | Trabajos del estudiante | Universidad Nacional Autonoma de Chota | <1% |
| 32 | Internet | prezi.com | <1% |
| 33 | Internet | repositorio.usm.cl | <1% |
| 34 | Internet | María Desamparados Andrés Bello. "Aplicación de nuevas tecnologías para el dis... | <1% |
| 35 | Publicación | O.P. Arteaga. "Estimating Soc in Lead-Acid Batteries Using Neural Networks in a ... | <1% |
| 36 | Internet | repositorio.uns.edu.pe | <1% |
| 37 | Trabajos del estudiante | Universidad San Francisco de Quito | <1% |
| 38 | Internet | repo.sibdi.ucr.ac.cr:8080 | <1% |
| 39 | Internet | repositorio.unj.edu.pe | <1% |

| | | | |
|----|-------------------------|--|-----|
| 40 | Internet | ria.utn.edu.ar | <1% |
| 41 | Internet | repositorio.uandina.edu.pe | <1% |
| 42 | Internet | repositorio.upt.edu.pe | <1% |
| 43 | Internet | www.dspace.uce.edu.ec:8080 | <1% |
| 44 | Internet | repositorio.unaj.edu.pe | <1% |
| 45 | Trabajos del estudiante | Universidad de Caldas | <1% |
| 46 | Internet | vdocumento.com | <1% |
| 47 | Trabajos del estudiante | Universidad Nacional del Centro del Peru | <1% |
| 48 | Trabajos del estudiante | Universidad Técnica De Cotopaxi | <1% |
| 49 | Internet | bdigital.unal.edu.co | <1% |
| 50 | Internet | dspace-uh-tmp.igniteonline.la | <1% |
| 51 | Internet | repository.cesa.edu.co | <1% |
| 52 | Internet | teses.usp.br | <1% |
| 53 | Trabajos del estudiante | Universidad Internacional Isabel I de Castilla | <1% |

| | | | |
|----|-------------------------|--|-----|
| 54 | Trabajos del estudiante | Universidad Nacional de Cajamarca | <1% |
| 55 | Internet | dspace.unl.edu.ec | <1% |
| 56 | Internet | idoc.pub | <1% |
| 57 | Internet | repositorio.unasam.edu.pe | <1% |
| 58 | Publicación | Ton Duc Thang University | <1% |
| 59 | Internet | cdn.www.gob.pe | <1% |
| 60 | Internet | repositorio.iniap.gob.ec | <1% |
| 61 | Internet | repositorio.uct.edu.pe | <1% |
| 62 | Internet | repository.unad.edu.co | <1% |
| 63 | Internet | www.interciencia.net | <1% |
| 64 | Internet | www.slideshare.net | <1% |
| 65 | Publicación | Flores Ponce, Grover Linder. "Influencia de la materia orgánica y la granulométrí... | <1% |
| 66 | Internet | dspace.unach.edu.ec | <1% |
| 67 | Internet | repositorio.undac.edu.pe | <1% |

| | | | |
|----|-------------|---|-----|
| 68 | Internet | web.ins.gob.pe | <1% |
| 69 | Internet | www.scielo.org.co | <1% |
| 70 | Internet | axioma.pucesi.edu.ec | <1% |
| 71 | Internet | ciencia.lasalle.edu.co | <1% |
| 72 | Internet | patents.google.com | <1% |
| 73 | Internet | repositorio.unfv.edu.pe | <1% |
| 74 | Internet | repositorio.unica.edu.pe | <1% |
| 75 | Internet | theses.hal.science | <1% |
| 76 | Internet | www.dspace.uce.edu.ec | <1% |
| 77 | Internet | www.mdpi.com | <1% |
| 78 | Internet | www.preinvestigo.biblioteca.uvigo.es | <1% |
| 79 | Internet | zagan.unizar.es | <1% |
| 80 | Publicación | "Relación entre la formación inicial, las creencias y las prácticas de instrucción m... | <1% |
| 81 | Publicación | Sanchez, Juan Miguel Ugarte. "Balance Vida-Trabajo y Felicidad En Trabajadores D... | <1% |

| | | | |
|----|-------------------------|--|-----|
| 82 | Trabajos del estudiante | Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion | <1% |
| 83 | Internet | alicia.concytec.gob.pe | <1% |
| 84 | Internet | cienciasagrarias.bogota.unal.edu.co | <1% |
| 85 | Internet | dspace.stir.ac.uk | <1% |
| 86 | Internet | dspace.uazuay.edu.ec | <1% |
| 87 | Internet | editorial.corpoica.org.co | <1% |
| 88 | Internet | erp.untumbes.edu.pe | <1% |
| 89 | Internet | repositorio.uncp.edu.pe | <1% |
| 90 | Internet | repositorio.upch.edu.pe | <1% |
| 91 | Internet | web.www3.unicordoba.edu.co | <1% |
| 92 | Internet | www.coursehero.com | <1% |
| 93 | Internet | www.severin.de | <1% |
| 94 | Internet | www.tdx.cat | <1% |
| 95 | Internet | dokumen.pub | <1% |

96

Publicación

Alam Zeb. "Food Frying", Wiley, 2019


<1%

Milagros Llatas

TESIS MILAGROS 2026 ACTUALIZADO

 Tesis Milagros Llatas

 Tesis Milagros

 Universidad Nacional Autonoma de Chota

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::1:3461751734

Fecha de entrega

21 ene 2026, 3:27 a.m. GMT-5

Fecha de descarga

21 ene 2026, 9:14 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

TESIS_MILAGROS_LLATAS_ULTIMA_2026.pdf

Tamaño del archivo

1.8 MB

79 páginas

19.289 palabras

103.873 caracteres

0 % detectado como IA

El porcentaje indica la cantidad de texto calificado en la entrega que probablemente se generó usando IA.

Precaución: Se necesita revisión.

Es esencial comprender los límites de la detección de IA antes de tomar decisiones acerca del trabajo del estudiante. Te alentamos a obtener más información acerca de las funciones de detección de IA de Turnitin antes de usar la herramienta.

Aviso legal

Nuestra evaluación de escritura con IA está diseñada para ayudar a los académicos a identificar texto que podrían haberse preparado mediante una herramienta de IA generativa. Es posible que nuestra evaluación de escritura con IA no siempre sea precisa (existe la posibilidad de que identifique erróneamente redacciones probablemente generadas por humanos como generadas por IA, y redacciones probablemente generadas por IA como generadas por humanos), por lo que no debe usarse como único fundamento para aplicar sanciones a un estudiante. Para determinar si es un caso de deshonestidad académica, se necesita de un escrutinio mayor y el juicio humano, junto con la aplicación de las políticas académicas específicas de la organización.

Preguntas frecuentes

¿Cómo debería interpretar los falsos positivos y el porcentaje de escritura con IA de Turnitin?

El porcentaje que se muestra en el reporte de escritura con IA es la cantidad del texto calificado en la entrega que el modelo de detección de escritura con IA de Turnitin determina se generó probablemente con IA desde un modelo de lenguaje de gran tamaño.

Los falsos positivos (que marcan incorrectamente alertas de texto escrito por humanos como generado con IA) son una posibilidad en los modelos de IA.

Los puntajes de detección de IA inferiores al 20 %, que no aparecen en reportes nuevos, tienen una mayor probabilidad de ser falsos positivos. Para reducir la probabilidad de malinterpretación, no se atribuye ningún puntaje o resaltado y se indican con un asterisco en el reporte (*%).

El porcentaje de escritura con IA no debe ser el único fundamento para determinar si ha ocurrido una mala conducta. El revisor/instructor debería usar el porcentaje como un medio para iniciar una conversación formativa con sus estudiantes o usarlo para examinar el ejercicio entregado según las políticas de la escuela.

¿Qué significa 'texto calificado'?

Nuestro modelo sólo procesa texto calificado en la forma de escritura de formato largo. La escritura de formato largo se refiere a los enunciados individuales en párrafos que constituyen una parte más grande del trabajo escrito, como un ensayo, una disertación, un artículo, etc. El texto calificado que se ha determinado que se generó probablemente con IA se resaltará en color cian en la entrega.

El texto no calificado, como viñetas, bibliografías comentadas, etc., no se procesará y puede crear disparidad entre los puntos destacados de la entrega y el porcentaje mostrado.





ACTA DE SUSTENTACIÓN DE INFORME FINAL DE TESIS

REG. N° 001-2026-FCA

El jurado evaluador designado con RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN DE FACULTAD N.° 337-2025-FCA/UNACH:

| Nombres y apellidos | Cargo |
|---------------------------------------|------------|
| Dr. Augusto Antonio Mechato Anastasio | Presidente |
| Mg. Pedro Wilfredo Gamboa Alarcón | Secretario |
| M Sc. Rubén Iván Marchena Chanduvi | Vocal |

De la tesis titulada:

" Efecto del tiempo y temperatura de fritura en los parámetros de color, contenido de humedad, contenido de aceite y aceptabilidad sensorial de hojuelas de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*)"

Que ha sustentado el(los) Bachiller (es):

| Nombres y apellidos | DNI |
|--------------------------------|----------|
| Erika Milagros, Llatas Cabrera | 74637546 |

Para obtener el título profesional de:

Ingeniero Agroindustrial

Acuerdan por:

Unanimidad Mayoría

Aprobar Desaprobar

Otorgando la calificación de:

| | |
|--|-----------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 13 | Aprobado |
| <input type="checkbox"/> | Excelente |
| <input type="checkbox"/> | Bueno |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Regular |

Desaprobado

Colpa Huacaris, 07 de enero del 2026

 Dr. Augusto Antonio Mechato Anastasio
 Presidente

 M Sc. Rubén Iván Marchena Chanduvi
 Vocal

 Mg. Pedro Wilfredo Gamboa Alarcón
 Secretario

 Ph.D. Frank Fluker, Velásquez Barreto
 Asesor

DEDICATORIA

La presente investigación culminada va dedicada como primordial motor a mi Dios, por ser mi acompañante, guía y proveerme las fuerzas para con rendirme en los momentos complicados, así también a mis abuelitos Adriano Cabrera y Claudina Barboza por su apoyo incondicional en todo momento, a mi mamá Olga Cabrera y hermanita Luciana Cricel por su amor infinito y ser mi pilar y fortaleza a lo largo de mi carrera universitaria. A mis docentes que han permitido que llegue este momento gracias a su sabiduría y conocimiento compartido.

AGRADECIMIENTOS

Manifiesto mis sinceros agradecimientos a la Universidad Nacional Autónoma de Chota, por la enseñanza que se ha logrado obtener para poder lograr la culminación de este trabajo de tesis, a mi asesor el Ph.D. Frank Fluker Velásquez Barreto por ser mi mentor y guía su apoyo con llevó al éxito de este trabajo.

Así también extendo mi agradecimiento a mis familiares y amigos.

Índice de contenidos

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN | 11 |
| 1.1 Planteamiento del problema | 11 |
| 1.2 Formulación del problema | 12 |
| 1.3 Justificación | 12 |
| 1.4 Objetivos | 14 |
| 1.4.1 Objetivo general | 14 |
| 1.4.2 Objetivos específicos | 14 |
| CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO | 15 |
| 2.1 Antecedentes | 15 |
| 2.2 Bases teórico – científicas | 18 |
| 2.2.1 Origen y distribución de la arracacha | 18 |
| 2.2.2 Clasificación botánica | 18 |
| 2.2.3 Variedades de arracacha | 19 |
| 2.2.4 Principales usos y características importantes de la arracacha | 20 |
| 2.2.5 Composición nutricional y química de la arracacha | 20 |
| 2.2.6 El proceso de fritura | 22 |
| 2.2.7 Influencia de la Transferencia de calor y también de materia en el proceso de fritura | 22 |
| 2.2.8 Reacción de Maillard | 24 |
| 2.2.9 Variables que afectan las características del producto al freir | 25 |
| 2.2.10 Calidad y composición del aceite | 26 |
| 2.2.11 Cambios y reacciones del aceite durante la fritura | 27 |
| 2.2.12 Parámetros de color | 28 |
| 2.2.13 Alteraciones en los productos fritos | 28 |
| 2.2.14 Calidad de los alimentos procesados por frituras | 31 |
| 2.3 Marco conceptual | 33 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 2.3.1 | Color..... | 33 |
| 2.3.2 | Contenido de humedad..... | 33 |
| 2.3.3 | Materia seca..... | 33 |
| 2.3.4 | Azúcares reductores..... | 33 |
| 2.3.5 | Contenido de aceite | 34 |
| 2.3.6 | Aceptabilidad sensorial | 34 |
| 2.4 | Hipótesis..... | 34 |
| 2.5 | Operacionalización de variables..... | 35 |
| CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO | | 36 |
| 3.1 | Tipo y nivel de investigación | 36 |
| 3.2 | Diseño de investigación..... | 36 |
| 3.3 | Métodos de investigación..... | 38 |
| 3.3.1 | Proceso de elaboración de hojuelas de arracacha..... | 38 |
| 3.3.2 | Determinación de los parámetros de color | 40 |
| 3.3.3 | Determinación del porcentaje de humedad..... | 41 |
| 3.3.4 | Determinación del contenido de aceite..... | 41 |
| 3.3.5 | Aceptabilidad sensorial de las hojuelas..... | 42 |
| 3.4 | Población, muestra y muestreo | 43 |
| 3.4.1 | Población..... | 43 |
| 3.4.2 | Muestra | 43 |
| 3.4.3 | Muestreo | 43 |
| 3.5 | Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 43 |
| 3.5.1 | Técnicas de recolección de datos | 43 |
| 3.5.2 | Instrumentos de recolección de datos | 44 |
| 3.6 | Técnicas de procesamiento y análisis de datos | 44 |
| 3.7 | Aspectos éticos..... | 44 |
| CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | | 45 |

| | | |
|---|--|----|
| 4.1 | Efecto del tiempo y temperatura de fritura en los parámetros de color de hojuelas de arracacha..... | 45 |
| 4.1.1 | Análisis de varianza de la variable L* de color de hojuelas fritas de arracacha | 46 |
| 4.1.2 | Análisis de varianza de la variable a* de color de hojuelas fritas de arracacha | 48 |
| 4.1.3 | Análisis de varianza de la variable b* de color de hojuelas fritas de arracacha | 50 |
| 4.2 | Efecto del tiempo y temperatura de fritura en el contenido de humedad de las hojuelas de arracacha | 51 |
| 4.2.1 | Análisis de varianza realizado al porcentaje de humedad de hojuelas fritas de Arracacia xanthorrhiza Bancroft..... | 52 |
| 4.3 | Efecto del tiempo y temperatura de fritura y el contenido de aceite de las hojuelas de arracacha..... | 53 |
| 4.3.1 | Análisis de varianza de contenido de aceite de hojuelas fritas de Arracacia xanthorrhiza Bancroft..... | 54 |
| 4.4 | Influencia del tiempo y temperatura de fritura en la aceptabilidad sensorial de hojuelas de arracacha | 55 |
| 4.4.1 | Análisis de variancia de aceptabilidad general de hojuelas fritas de Arracacia xanthorrhiza Bancroft..... | 56 |
| 4.5 | Descripción de resultados..... | 56 |
| 4.6 | Contrastación de hipótesis | 58 |
| 4.6.1 | Color (l,a,b*)..... | 58 |
| 4.6.2 | Humedad..... | 58 |
| 4.6.3 | Contenido de aceite | 58 |
| 4.6.4 | Aceptabilidad general..... | 58 |
| 4.7 | Discusión de resultados..... | 59 |
| CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | | 61 |
| 5.1 | Conclusiones | 61 |

| | | |
|--------------------------------------|-----------------------|-----------|
| 5.2 | Recomendaciones | 62 |
| CAPÍTULO 6. REFERENCIAS | | 63 |
| CAPÍTULO 7. ANEXOS | | 74 |

Índice de tablas

| | | |
|-----------------|--|----|
| Tabla 1 | Clasificación botánica de la arracacha | 19 |
| Tabla 2 | Composición proximal de las raíces de arracacha (% p/p en base seca; promedio \pm desviaciones estándar) | 21 |
| Tabla 3 | Composición mineral de las raíces de arracacha (promedio \pm desviación estándar).21 | |
| Tabla 4 | Operacionalización de variables | 35 |
| Tabla 5 | Especificación de variables y niveles para el análisis de FCCD | 36 |
| Tabla 6 | Variables independientes y la variable de respuesta y la relación entre sus niveles..37 | |
| Tabla 7 | Escala de evaluación para determinar el grado de aceptabilidad de las hojuelas de arracacha | 42 |
| Tabla 8 | Técnicas de recolección de datos | 43 |
| Tabla 9 | Análisis de varianza y coeficiente de regresión para el parámetro de color L* en función del tiempo y temperatura de fritura | 46 |
| Tabla 10 | Análisis tanto de varianza como el coeficiente de regresión para el parámetro de color a* en función del tiempo y temperatura de fritura | 49 |
| Tabla 11 | Análisis de varianza y coeficiente de regresión para el parámetro de color b* en función del tiempo y temperatura de fritura | 51 |
| Tabla 12 | Análisis de varianza y coeficiente de regresión para la humedad en función del tiempo y temperatura de fritura..... | 52 |
| Tabla 13 | Análisis de varianza y coeficiente de regresión para el aceite en función del tiempo y temperatura de fritura..... | 54 |

| | |
|---|----|
| Tabla 14 Análisis de varianza y coeficiente de regresión para la variable aceptabilidad en función del tiempo y temperatura de fritura | 56 |
| Tabla 15 Resultados de promedios \pm desviación estándar de color, porcentaje de humedad, porcentaje de aceite y aceptabilidad de hojuelas de Arracacha fritas | 57 |

Índice de figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1 Variedades de arracacha más conocidas | 19 |
| Figura 2 Diagrama de flujo para el proceso de elaboración de hojuelas de arracacha | 38 |
| Figura 3 Gráfica de superficie respuesta para la variable de luminosidad L* | 45 |
| Figura 4 Hojuelas de arracacha fritas a diferentes tiempos y temperaturas..... | 47 |
| Figura 5 Gráfica de superficie respuesta para la variable de tono rojizo a* | 48 |
| Figura 6 Gráfica de superficie respuesta para la variable de tono rojizo b*..... | 50 |
| Figura 7 Análisis de superficie respuesta para la variable humedad (%)..... | 52 |
| Figura 8 Análisis de superficie respuesta para la variable contenido de aceite (%)..... | 54 |
| Figura 9 Análisis de superficie respuesta para la variable de aceptabilidad general..... | 55 |

RESUMEN

En la presente investigación realizada se evaluó el efecto del tiempo y temperaturas de fritura en los parámetros de color, contenido de humedad, contenido de aceite y aceptabilidad sensorial de hojuelas de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza Bancroft*). Se utilizó arracachas de la zona del Centro Poblado de Cuyumalca acondicionadas para trabajar con hojuelas con grosor de 1,5 mm, las cuales fueron sometidas a proceso de fritura a temperaturas de 140, 150 y 160 °C en tiempos de 3, 5 y 7 minutos. Se realizaron los análisis de color (L^* , a^* y b^*); análisis de porcentaje de humedad, contenido de aceite y aceptabilidad sensorial. Los resultados encontrados mostraron efecto significativo ($p < 0,05$) en base a los análisis estadísticos de varianza y análisis de regresión, en la coloración se maximizan parámetros de iluminación y se minimizaron parámetros de oscurecimiento cuando el producto se somete a temperaturas de 150 °C y 5 minutos de fritura; en el caso del aceite y humedad se determinó que a mayores tiempos de fritura las hojuelas tienen a perder más agua y a ganar aceite, indicando valores 53% y 25,97% respectivamente, con respecto a la aceptabilidad general resultó más aceptable aquellas sometidas a temperatura de 140 °C por 5 minutos, así mismo a temperaturas de 150 °C y tiempos de 5 minutos se obtiene mejores valores de aceptabilidad superiores a 7. Se concluye que los diferentes tiempos y temperaturas de fritura afectan significativamente a las propiedades de aceptabilidad de las hojuelas de arracacha.

Palabras clave. Hojuelas de arracacha, arracacha frita, aceites, humedad, aceptabilidad, reacción de Maillard.

ABSTRACT

This research evaluated the effect of frying time and temperature on the color, moisture content, oil content, and sensory acceptability of arracacha flakes (*Arracacia xanthorrhiza Bancroft*). Arracacha from the Cuyumalca settlement area was prepared for flaking with a thickness of 1.5 mm. The flakes were fried at temperatures of 140, 150, and 160 °C for 3, 5, and 7 minutes. Color analysis (L*, a*, and b*), moisture content analysis, oil content analysis, and sensory acceptability analysis were performed. The results showed a significant effect ($p < 0.05$) based on statistical analyses of variance and regression analysis. Color development was maximized with increased light intensity and minimized with a frying time of 150 °C for 5 minutes. In the case of oil and moisture, it was determined that with longer frying times, the flakes tend to lose more water and gain more oil, indicating values of 53% and 25.97%, respectively. Regarding overall acceptability, those subjected to a temperature of 140 °C for 5 minutes were the most acceptable. Similarly, at temperatures of 150 °C and 5 minutes, better acceptability values above 7 were obtained. It is concluded that different frying times and temperatures significantly affect the acceptability properties of arracacha flakes.

Keywords: Arracacha flakes, fried arracacha, oils, moisture, acceptability, Maillard reaction.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La arracacha o zanahoria peruana (*Arracacia xanthorrhiza Bancroft*) es una raíz tuberosa muy común en varios países entre ellos Perú, Ecuador y Venezuela, cultivado a altitudes que van desde los 1500 a 3200 m.s.n.m. (metros sobre el nivel del mar) (Leidi et al., 2018); es uno de los cultivos más resistente a sequías, bajas temperaturas y suelos de alta salinidad (Jacobsen et al., 2003), conocido por su gran potencial de nutrientes como calcio, fósforo, hierro (139 ppm), vitamina A y niacina, así como alta digestibilidad de los almidones ($94 \pm 1,4\%$) (Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias [INIAP], 2004); encontramos del 19 a 36% de materia seca; esta raíz es un alimento blando y crecidamente asimilable, por lo que se recomienda utilizarlo para niños, ancianos incluso personas convalecientes (Contreras-Santos et al., 2022).

A nivel internacional, la arracacha se presenta como un cultivo interesante no solo por su adaptabilidad a condiciones adversas, sino por su perfil nutricional. Sin embargo, a pesar de su potencial, la falta de productos industrializados a base de arracacha limita su consumo global y su valor en el mercado (Gutiérrez, 2011). En un contexto donde la biodiversidad y la seguridad alimentaria son temas prioritarios, el desarrollo de productos derivados de cultivos menos convencionales como la arracacha puede contribuir a diversificar la oferta alimentaria (Fantinel et al., 2022).

En la industria, las frituras cobran relevancia debido a que sus productos presentan mayor aceptabilidad en el mercado (Gutiérrez, 2011). Este método de cocción abarca procesos de incremento de temperatura y de tiempos cortos dando lugar a productos con texturas y apariencias únicas (Li et al., 2019), ya sea tradicional o industrial, lo que permite una transferencia de masa y calor generando pérdida de agua en el alimento como consecuencia contribuye en ampliar la vida útil de los alimentos y/o productos (Tirado et al., 2015). Los

estudios que abarquen parámetros tanto de fritura como de su atribución en los atributos de los subproductos nacidos de arracacha son pocos, lo que significa un incentivo para la industria alimentaria, ya que esta busca constantemente alternativas no solo saludables sino también sostenibles. Esta investigación provoca un avance importante en la cadena de valor local y regional, promoviendo el tema económico y agrícola relacionado al sector en cuestión.

La operación de fritura que reciben las hojuelas específicamente de las arracachas no está desarrollada, en la literatura encontramos estudios generalizados de tubérculos fritos, ante ello buscar parámetros de temperatura que generen un efecto positivo en la aceptabilidad final por parte del consumidor es importante, evaluando detalles como la coloración la cual es el principal atributo evaluado por los consumidores. Así como evaluar los tiempos los cuales son de importancia para evaluar color, humedad y aceite en las hojuelas de arracacha.

Ante ello, el propósito de esta importante investigación se basa en evaluar los efectos que tienen las condiciones de fritura (tiempo y temperatura) de hojuelas de arracacha en los parámetros de color, contenido de humedad, contenido de aceite y aceptabilidad.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es el efecto del tiempo y temperatura de fritura en los parámetros de color, contenido de humedad, contenido de aceite y aceptabilidad sensorial de hojuelas de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza Bancroft*)?

1.3 Justificación

Con un enfoque social que se genera al realizar investigación sobre el efecto del tiempo y la temperatura de fritura en las hojuelas de arracacha representa un enorme impacto, al promover la introducción de un cultivo tradicional en la alimentación diaria en las comunidades. La arracacha es rica en nutrientes y cuenta con potencial culinario, promoviendo la diversidad alimentaria y a la seguridad nutricional. Este estudio generaría que un producto

atractivo como la arracacha entre a un mercado en expansión, promueva el interés y su valoración de la arracacha, que ha sido subestimada en diversas regiones.

Asimismo, con un enfoque económico, el desarrollo de un producto basado en hojuelas de arracacha contribuye a la disponibilidad de oportunidades nuevas de negocio y empleo en zonas rurales. La búsqueda de establecer una valorización sostenible que favorezca tanto a los que producen arracacha en el área local como a los procesadores y distribuidores, sería consecuencia de esta investigación. Al mejorar los parámetros de fritura, se pretende evaluar el ahorro en gastos, permitiendo a emprendedores y nuevos negocios obtener beneficios económicos más sostenibles y estables. La generación de trabajo y la generación de empresas en pequeña y grande, en torno al cultivo y procesamiento de arracacha fortalecerían la economía local.

Con un enfoque tecnológico, la investigación actual se alinea con la inscripción de modernas tecnologías en el sector agroindustrial. Los parámetros de temperatura y de tiempos de fritura generan la adquisición de nuevos equipos sofisticados para el mejorar procesos de fritura, el estudio facilita la adopción de insumos adecuados, lo que proporciona un producto final de mejor calidad, y también promueve la eficiencia en el proceso de producción.

Asimismo, con un enfoque metodológico, en esta investigación se aplican metodologías replicables en otras investigaciones, lo cual es una investigación base para otras teniendo en cuenta parámetros de temperaturas y tiempos de fritura, así como las metodologías de análisis estandarizadas como la evaluación de color, humedad y aceite.

Con un enfoque ambiental, la preocupación creciente en la producción alimentaria es la sostenibilidad medioambiental. Esta investigación no solo busca optimizar la calidad de las hojuelas de arracacha, sino también disminuir el impacto ambiental que genera su producción y procesamiento. Al evaluar estos parámetros claros para la fritura, se esperaría minimizar los residuos alimentarios y el uso de recursos como el aceite, promoviendo responsabilidad

ecológica. Generando un procesamiento más eficiente y sostenible alentará a los productores a adoptar técnicas que respeten el medio ambiente, contribuyendo así a la conservación de los recursos originarios y a la protección del entorno.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del tiempo y temperatura de fritura en los parámetros de color, contenido de humedad, contenido de aceite y aceptabilidad sensorial de hojuelas de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft).

1.4.2 Objetivos específicos

- Investigar el efecto del tiempo y temperatura de fritura en los parámetros de color de hojuelas de arracacha (*Arracacha xanthorrhiza* Bancroft).
- Evaluar el efecto del tiempo y temperatura de fritura en el contenido de humedad de las hojuelas de arracacha (*Arracacha xanthorrhiza* Bancroft).
- Evaluar el efecto del tiempo y temperatura de fritura y el contenido de aceite de las hojuelas de arracacha (*Arracacha xanthorrhiza* Bancroft).
- Examinar la influencia del tiempo y temperatura de fritura en la aceptabilidad sensorial de hojuelas de arracacha (*Arracacha xanthorrhiza* Bancroft).

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

En los estudios que ejecutó Bermúdez et al. (2016) en la evaluaron la disminución de humedad y determinación de absorción de aceite en el proceso de frituras de tajadas de plátano (*Musa paradisiaca L.*), cuyo objetivo fue evaluar la difusión en láminas en forma tajadas en fruta de plátano en estado maduro en la etapa de fritura sumergido en aceite, la variedad de plátano usado fue Hartón el cual presentó índice de madurez de $18,9 \pm 0,008$ el se le cortaron en rodajas de 4 mm de espesor. El proceso de fritura se llevó a cabo en aceite de palma a diferentes temperaturas de 160, 170 y 180 °C usando tiempos que van desde los 15 hasta los 105 segundos. Los resultados mostraron que se presenta una elevada evaporación de agua a 180 °C, desde 0,7 kg de agua/kg muestra hasta 0,35 kg de agua/kg muestra, que a 160 y 170 °C. En sus resultados muestran que se genera un aumento a una temperatura de 160 °C/60 segundos cerca de de 13,4% de extracto etéreo de la absorción de aceite. A razón de que se incrementa la temperatura y la absorción de aceite disminuye, también aumenta el coeficiente de difusión.

Montes et al. (2016) en su investigación en la que analizaron la penetración del aceite en las frituras de alimentos, se plantearon como objetivos establecer y evaluar el porcentaje y el contenido de aceite absorbido en los alimentos durante acción de fritura, en la que los porcentajes de absorción varían a partir de un 6% en los análisis de frutos secos y también tostados, hasta un 40% en los análisis de las papas fritas “chips”. Como conclusión se tiene que la temperatura, los tratamientos de cocina de pre y postfritura, el tiempo, los agentes humectantes y la composición de los alimentos; permiten ser importantes causas en las cuales participan en la absorción del aceite durante la acción de freído. Asimismo, en el enfriamiento se genera un alza en la absorción de grasa, a razón de que los alimentos en esta parte donde se genera una condensación de agua, los poros tienden a quedar abiertos conllevando a que ingrese

el aceite, también los tratamientos llevados a cabo antes y después del proceso de fritura, provocan disminuir en la concentración de aceite; uno de los ejemplos más relevantes es que si utilizamos harina de arroz en lugar de la harina de trigo y por consiguiente el secado utilizando aire caliente, disminuye el % de absorción.

Wang et al. (2025) realizaron análisis absorción de aceite y calidad de las papas fritas aplicando tratamientos térmicos de procesado y post-fritura, para ello evaluaron efectos del método de aislamiento previo y posterior a la fritura mediante aire caliente y microondas sobre la absorción de aceite, la textura y las peculiaridades microestructurales de las papas fritas, en sus resultados destacaron que tanto el procesado como calentamiento posterior de la fritura reducen significativamente la absorción de aceite, permitiendo reducir la concentración de aceite de 239,7 y 245,9 g/kg. La microscopía electrónica de barrido indicó que el pre-secado preserva la integridad celular, reduciendo los poros dilatados y limitando la penetración de aceite. De manera diferente se registró el calentamiento posterior, con respecto a los valores de color indican una mejora a las papas fritas tras el pre-secado y el calentamiento posterior. Se concluyó que pre-secado por microondas genera reducción de aceite mientras que el tratamiento por aire y aire caliente posteriores, contribuye a mejorar propiedades de textura y color.

Liyanage et al. (2021), estudiaron efectos en las condiciones de fritura y los tratamientos aditivos sobre los azúcares reductores, los niveles de asparagina y la transformación de acrilamida en las papas fritas, para ello se evaluaron tres variedades de papas fritas, a tiempos de 3,5 y 7 min; y temperaturas de 160, 170, 180 y 190 °C. se encontró que la acrilamida aumentaba a medida que se acrecentaba las temperaturas y tiempos de fritura; las condiciones óptimas de formación de acrilamida fueron de 190 °C durante de 7 min. por el encontraron la disminución de acrilamidas se realiza a temperaturas de 160 °C a los mismos tiempos. Ante ello incorporar el escaldado en agua destilada condujo a mayores disminuciones

en relación a la formación de acrilamida. Los autores concluyen que estos datos proporcionan las bases para nuevas estrategias de procesamiento para la disminución de acrilamida en tubérculos.

Salhuana et al. (2022) analizaron la variación del color que pasaron por proceso de fritura de 4 variedades de papa (Huaralina, Huayro, Peruanita y Limeñita) de la provincia de Julcán. El objetivo principal fue entender el pardeamiento utilizando técnicas de visión computacional para optimizar la operación de fritura y potenciar la calidad de los productos finales. El experimento comenzó con la selección cuidadosa de las papas, seguido de un lavado y pelado manual. Las papas fueron cortadas en piezas uniformes y sumergidas en una solución de ácido cítrico para inactivar la enzima polifenol oxidasa y prevenir el pardeamiento prematuro. Luego, se secaron a 60 °C durante 100 minutos antes de freirlas a 190 °C en 2700 mL de aceite vegetal por 150 segundos. Se utilizó un sistema de captura de imágenes para monitorear el cambio de color cada 5 segundos durante la fritura, registrando datos a través de los parámetros L*, a* y b*, que miden luminosidad y cromaticidad. Los resultados presentaron significancia en el pardeamiento, evidenciado por el incremento en los valores de a* y b*. El estudio concluye que la cinética de pardeamiento, analizada con imágenes RGB, puede ayudar a determinar el tiempo óptimo de fritura, lo que no solo reduciría costos operativos, sino que también mejoraría la calidad sensorial del producto. Este enfoque se presenta como una herramienta innovadora para el correspondiente control del proceso en la industria alimentaria, promoviendo la sostenibilidad y eficiencia.

Vásquez & Aurora (2021) determinaron el resultado que tiene el tiempo y la temperatura de fritura sobre el color y la textura en chips de oca (*Oxalis Tuberosa*), se utilizó oca blanca cuyo origen es de la ciudad de Cajamarca, se cortó en rodajas de 2,0 a 3,0 mm de espesor y la fritura se desarrolló en una freidora con control de temperatura a 160 y 180 °C, en intervalos de tiempo de 30 a 90 segundos, se empleó aceite comercial de soya; para determinar

el color se evaluó los parámetros L^* , a^* y b^* , la humedad se realizó mediante el método de la NTP 206.011:1981. Se observó que el porcentaje de humedad fue de $79,14 \pm 1,21$, la luminosidad tuvo el valor promedio de 77,3815 y la textura fue 2,305 mL. En conclusión, la humedad del chip baja al subir la temperatura y la dureza registrada de los chips de oca aumentaron, esto conforme se aumentaba la temperatura y los tiempos de fritura, y la variable de luminosa tiende a incrementar en la medida que se acerca a los niveles céntricos estudiadas, y posterior a ello, presentar una disminución resultando que prolongados tiempos y temperaturas conlleva a oscurecer los chips.

2.2 Bases teórico – científicas

2.2.1 Origen y distribución de la arracacha

La arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft) es una umbelífera domesticada en sudamérica y su distribución abarca en gran medida a ese continente. Existen numerosas umbelíferas domesticadas de Eurasia, muchas de las cuales constituyen raíces digeribles u otros órganos de almacenamiento subterráneo, como la chirivía, el perejil, la zanahoria y el nabo; con su estrecho rango ecológico y requisitos de días cortos para la formación de tubérculos, la arracacha se desenvuelve en un ambiente extendido de ambientes mesotérmicos y tropicales de tierras altas, así como a regímenes de fotoperíodo, aunque su plasticidad ambiental no es comparable a la de la achira (*Canna edulis*). (Hermann, 1997).

Una ventaja que presenta la arracacha para su reproducción es que se puede propagar de partes aéreas de la planta es decir que el total de producción de raíces se pueden comercializar y no demandaría de una preocupación la reserva de las mismas para seguir con el sembrío, esto desde un punto económico (Hermann, 1997).

2.2.2 Clasificación botánica

Según Amaya y Julca (2006) en la Tabla 1 se muestra la clasificación vegetal de la arracacha.

Tabla 1
Clasificación botánica de la arracacha

| Ítem | Descripción |
|-------------------------|---|
| Orden | Umbellales (Ariales) |
| Familia | Umbelliferae (Apiaceae) |
| Género | Arracacia |
| Especie | <i>Arracacia xanthorrhiza</i> |
| Variedad | Sata |
| Descripción morfológica | Planta herbácea de porte bajo que produce raíces tuberosas. |

Nota. Datos tomados de Amaya y Julca (2006).

2.2.3 Variedades de arracacha

Según Rivera et al. (2015) las distintas variedades de arracacha se distinguen por la tonalidad de sus hojas y tallos, pero una de las clasificaciones más consideradas es por el color tanto externo como interno de sus raíces y se muestran en la Figura 1; de esta manera podemos identificarlas de la siguiente manera.

Figura 1

Variedades de arracacha más conocidas



Nota. Se presenta las variedades de la arracacha; A (blanca: sus raíces son blancas y genera follaje verde.); B (amarilla: Esta presenta raíces amarillas con un sabor agradable y el follaje es verde); C (morada: presenta follaje de color carmín y sus raíces son amarillas). Tomado de Rivera et al. (2015).

Entre las tres variedades la que presenta mejores condiciones de aceptabilidad y de mayor consumo es la variedad amarilla por su sabor y presentaciones la más preferida por la población, la variedad amarilla presenta diferentes denominaciones pero que también puede ser diferenciada por las características de sus tallos presentando una coloración verdosa (Muñoz et al., 2015).

2.2.4 Principales usos y características importantes de la arracacha

Según Rojas y Barreto (2016) mencionan que a menudo la arracacha se vende fresca para ser utilizada en distintas recetas caseras como sopas, purés, pasteles y postres. Sin embargo, en los países como Colombia y Brasil se han creado diferentes productos a partir de ella, arracacha frita, como la harina, arracacha cocida, sopas instantáneas y alimentos para niños, además, se elaboran materiales biodegradables a partir del almidón de arracacha. En Perú, se elabora un postre local llamado "rallado de arracacha" acompañado de miel de caña. Estas transformaciones del producto buscan resolver ciertas limitaciones actuales, como la estacionalidad y el riesgo de pérdida, además de aportar valor agregado. Asimismo, Contreras-Santos et al. (2022) mencionan que la arracacha hace parte de la cultura de la cocina y, a nivel económico, en los pueblos andinos de países como Colombia, Perú, Bolivia y Ecuador, su importancia radica en su aplicación en la dieta y es muy importante en la nutrición campesina. Vilela et al. (2015) mencionan que la arracacha es un alimento muy calórico, ya que presenta alta concentración en hidratos de carbono, pero con cantidades considerables de vitaminas y minerales, de esta manera, es un alimento que se incluye en la dieta de menores de edad, personas mayores y convalecientes, demostrando su alto consumo.

2.2.5 Composición nutricional y química de la arracacha

En las siguientes tablas 2 y 3 se presentan algunos datos obtenidos en cuanto a los valores proximales y minerales; en las cuales se puede observar que un grupo destacado lo constituyen carbohidratos totales, los cuales incluyen en su mayoría azúcares de importancia y

la cantidad y calidad del almidón que el organismo emplea en funciones de un modo completo, así como proteínas, fósforo, calcio, entre otros.

Tabla 2

Composición proximal de las raíces de arracacha (% p/p en base seca; promedio \pm desviaciones estándar)

| Muestras | Proteínas (%) | Cenizas (%) | Contenido de almidón (%) | Contenido de fósforo(mg/kg) |
|-------------------|----------------------|--------------------|---------------------------------|------------------------------------|
| Morada | 2,97 \pm 0,03 | 2,72 \pm 0,06 | 64,4 \pm 0,2 | 1174,62 \pm 0,04 |
| Amarilla A | 3,02 \pm 0,02 | 2,67 \pm 0,03 | 54,7 \pm 0,0 | 1312,74 \pm 0,00 |
| Amarilla B | 3,37 \pm 0,10 | 3,31 \pm 0,11 | 62,4 \pm 0,1 | 1230,41 \pm 0,02 |

Nota. Datos tomados de Contreras-Santos et al. (2022).

Tabla 3

Contenido de minerales de las raíces de arracacha (promedio \pm desviación estándar)

| Muestras / Minerales | Morada | Amarilla A | Amarilla B |
|-----------------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Mg (g/kg) | 0,29 \pm 0,01 | 0,32 \pm 0,02 | 0,16 \pm 0,02 |
| P (g/kg) | 1,17 \pm 0,04 | 1,31 \pm 0,00 | 1,23 \pm 0,02 |
| S (g/kg) | 0,30 \pm 0,01 | 0,46 \pm 0,00 | 0,44 \pm 0,02 |
| K (g/kg) | 6,88 \pm 0,06 | 6,98 \pm 0,28 | 8,79 \pm 0,22 |
| Ca (g/kg) | 1,09 \pm 0,02 | 0,97 \pm 0,03 | 1,00 \pm 0,05 |
| Mn (mg/kg) | 9,81 \pm 0,42 | 8,65 \pm 0,90 | 10,96 \pm 1,42 |
| Fe (mg/kg) | 20,51 \pm 0,35 | 21,98 \pm 2,77 | 27,66 \pm 1,61 |
| Cu (mg/kg) | 2,88 \pm 0,01 | 1,77 \pm 0,19 | 1,48 \pm 0,07 |
| Zn (mg/kg) | 3,05 \pm 0,08 | 1,55 \pm 0,24 | 2,07 \pm 0,19 |

Nota. Datos tomados de Contreras-Santos et al. (2022).

Entre otras propiedades la arracacha presenta un contenido de humedad de 81,19% esto basado en muestra en base seca, así mismo presenta muy buena concentración de fibra en un

5,43% presentando además un aporte calórico de 389,0 Kcal/100g, en definitiva, la arracacha es un producto muy beneficioso para el consumo humano INIAP (2004).

2.2.6 *El proceso de fritura*

Freír es un método importante el cual está enmarcado en el procesamiento de alimentos más antiguos; su importancia está relacionada con la facilidad y rapidez que genera en la elaboración de los alimentos y condiciones sensoriales, como el sabor y aromas únicos (Marchesino et al., 2020). En el mundo, la fritura el cual está aplicado a la cocción que tiene mejor aceptabilidad, esto influye en el incremento en la concurrencia que se presenta en el mercado por los productos fritos y pre-fritos. Al ser probados la tolerancia, la cual no genera únicamente efectos en el sabor y la textura, también influye la velocidad de su elaboración; estas características resultan importantes en la cocina (Montes et al., 2016). Freír es un proceso térmico eficiente porque es el resultado de una temperatura alta y una rápida transferencia de calor (Oke et al., 2018)

El aceite en el que se sumergen los alimentos actúa como un compuesto transmisor de calor; el proceso tiene una acción conservante causada por la pérdida interna de los microorganismos por el aumento de temperatura, enzimas y reducción del contenido de agua en la zona externa del alimento (Ismail & Hainida, 2004).

Para Montenegro-Bonilla et al. (2023) los cambios fisicoquímicos en los alimentos y el aceite se ve influenciado por las características del alimento, el tipo de aceite, la correlación superficie/volumen del aceite, la tasa de incorporación de aire al aceite, la temperatura, el proceso de calentamiento, la duración de la inmersión y el tipo de material del recipiente para freír.

2.2.7 *Influencia de la Transferencia de calor y también de materia en el proceso de fritura*

El proceso de freír es aquel proceso que conlleva a que los alimentos se sumerjan en el aceite a temperatura alta con un contacto entre el aceite, el aire y los alimentos a temperaturas

altas de 120 °C a 200 °C, siendo las temperaturas más comunes de fritura entre 160 °C y 180 °C (Choe & Min, 2007; Gertz, 2014; Montes et al., 2016).

A medida que aumenta la disconformidad de incremento temperatura entre el medio de calentamiento y los alimentos, la transmisión de calor dentro del proceso de cocción es mucho más rápida. Simultáneamente con la transferencia de calor, la masa se transfiere del alimento al medio para freír y viceversa (Gertz, 2014).

Los mecanismos de transferencia de masa y de calor intervienen en durante la fritura de alimentos. Cuando se baña en el aceite caliente los alimentos, se inicia la transferencia de calor el cual se realiza tanto por el mecanismo de conducción y convección. La primera realizada bajo condiciones no estacionarias y esta tiene lugar en la parte interna del alimento (Kassama & Ngadi, 2016). El calor se transfiere por convección desde el aceite a la superficie del producto y por conducción al centro del producto. El agua dentro del producto se calienta hasta el punto de ebullición, lo que genera un aumento de presión. Como consecuencia, el agua superficial del producto sale y posteriormente desde el interior del alimento migra desde la posición central radialmente hacia las paredes (Vitrac et al., 2002). Este transporte de agua se encarga de enfriar la región externa del producto después del 1er período de fritura, asegurando que el alimento no se queme ni se queme. La humedad en la parte interna del alimento a freír se calienta hasta hervir, lo que induce a que el almidón se gelatinice y la consecuente desnaturalización de las proteínas (Gertz, 2014).

Generalmente los alimentos contienen poros llenos de agua y aire; inmediatamente después de la inmersión en el aceite caliente, los restos de agua libre en la superficie se evaporan muy rápidamente provocando un violento burbujeo y secado de la superficie; cuando la vaporización del agua es más rápida que la capacidad del aceite circundante para eliminar el vapor por convección, las proporciones de transferencia de calor del aceite a la superficie del alimento es cero debido a la resistencia al calor del vapor que se evapora de la superficie.

La introducción de los productos a freír en el aceite caliente y la repentina evaporación de la humedad de los alimentos provocan un violento burbujeo, el burbujeo aumenta la superficie de contacto entre el aire y el aceite; por tanto, la tasa de transferencia de calor entre el aceite y el aire aumenta, acelerando la degradación oxidativa del aceite (Costa et al., 1999). En conclusión, durante el proceso de fritura, la transmisión de componentes que se da está comprometiendo, principalmente, la tendencia de agua en estado de vapor, que se da del alimento al aceite, y por el movimiento del aceite que se transfiere al alimento. Este mecanismo de transferencia de materia se genera por la transferencia de calor en el sentido del aceite al alimento.

2.2.8 *Reacción de Maillard*

La reacción de Maillard es considerada como la reacción de pardeamiento no enzimático la cual está implicada en la polimerización de compuestos fenólicos, ya que se genera por el polifenol oxidasa la cual reacciona oxidándose en presencia de oxígeno y genera esa coloración de pigmentación marrón oscuro (Hosry et al., 2025). Entre otros estudios la reacción de Maillard abarca reacciones entre aminoácidos, proteínas y azúcares reductores también generan como productos aromas y sabores propios, esto genera un efecto en la aceptación del producto final (Lund & Ray, 2017).

Por una parte, los componentes beneficiosos que se forman son importantes, pero es importante considerar aquellas no benéficas que se forman las cuales pueden resultar dañinas al consumidor, dicho esto podemos presentar a las melanoidinas que son beneficiosas, pero todo lo contrario con las acrilamidas formadas la cual está relacionada con el cáncer, ante ello se menciona que la reacción de Maillard está asociada al proceso de envejecimiento en humanos (Jaisson et al., 2017).

2.2.9 Variables que afectan las características del producto al freír

Las variables que se presentan a continuación determinan que las características del producto frito generan a que presente resultados no similares. Algo no menos importante es el medio en que ocurre la operación de fritura.

Temperatura del aceite: la temperatura no presenta ningún efecto significativo a temperaturas que oscilan entre 150 °C y 180 °C. sin embargo cuando la temperatura sea mayor, la cantidad de será mínima la absorción de aceite en la parte externa, a diferencia, si existe absorción de aceite elevado puede ser generado por las bajas temperaturas (Acevedo et al., 2018). Un gran número de los alimentos se fríen adecuadamente en un intervalo de temperatura de 163-191 °C, no obstante, las temperaturas cercanas a 204 °C conllevan a producen cambios de coloración en la parte externa del producto antes de que la parte interna del alimento este completamente cocido y como consecuencia el deterior del aceite utilizado. En la actualidad se utilizan las freidoras con tecnología de recuperación rápida, por lo tanto, es poco necesario superar los 177 °C (Vitrac et al., 2002).

Tiempo de fritura: Uno de los factores principales es el tiempo el cual se relaciona con el incremento de aceite absorbido. Un hallazgo importante es la correlación entre el tiempo y la temperatura la operación de fritura, esto genera lo siguiente cuando se aumenta conlleva a producir un mayor cambio de composición del aceite y del alimento. Además, prolongados tiempos calentando el aceite genera una disminución en su estabilidad generando también compuestos tóxicos (Tirado & Correa, 2016).

Características del alimento: Ciertas características como: su estructura superficial, el contenido de humedad, los lípidos que contiene, la misma morfología del producto, la interrelación superficie/peso y así también la porosidad, afectan significativamente a las operaciones de disminución de agua y absorción de aceite (Dobarganes et al., 2000). Sumado a lo anterior, la rugosidad superficial del interviene en el incremento de la concentración de

aceite final. Un ligero incremento de la parte externa de contacto entre el aceite y el alimento, generará una mayor penetración de esta en la absorción durante la acción de fritura (Saguy & Dana, 2003).

Humedad del producto a freír: El porcentaje de humedad del producto, sumado a ello que durante la fritura el aceite tiene una indicación de degradación, generando cambios considerables en su composición o generando una combinación de compuestos polares como por ejemplo diglicéridos, monoglicéridos, ácidos grasos libres y glicerol. Los antes mencionados son compuestos de degradación y a la vez actúan como agentes de humectación que presentan una labor importante conseguir la disminución de la tensión superficial que se genera entre aceite y agua, provocando un incremento de la absorción del aceite en el alimento. En definitiva, si se genera incremento de agua libre conlleva a que se provoque un incremento en la viscosidad, así mismo, la tensión interfacial que se provoca entre el alimento y el aceite se reduce, proporcionando por consiguiente su absorción (*Brannan et al., 2014*).

2.2.10 Calidad y composición del aceite

Uno de los ejes importantes a involucrar es la calidad del aceite ya que este genera formación de compuestos considerados de degradación. El ácido oleico elevado en los aceites presenta mayor estabilidad a nivel químico y no resulta alterado al ser sometido a altas temperaturas, existen aceites que contiene este compuesto entre estos encontramos el aceite de oliva y los aceites como el cártamo y el girasol los cuales son genéticamente modificados (Valenzuela et al., 2003 y Tirado & Correa, 2016).

La importancia del y determinante el aceite que se utiliza en la fritura, considerando dos puntos de vista primero la calidad degustativa y la calidad nutricional y segundo desde un punto de vista entre costo y rendimiento. Estas condiciones se encuentran relacionadas principalmente la constitución de los ácidos grasos de los aceites utilizados. Preferentemente el mejor aceite para fritura es aquel que presenta consistencia líquida a temperatura ambiente,

así mismo que no genere sabores y olores desagradables del producto que se fríe, presentar no los efectos perjudiciales desde un enfoque nutricional atribuidos a los ácidos grasos saturados e hidrogenados, desde un enfoque nutricional. Una de los principales requerimientos para que el aceite sea adecuado para las frituras es el incremento de híbridos de girasol que presenten elevada concentración en ácidos grasos monoinsaturados (ácido oleico) (Valenzuela et al., 2003).

2.2.11 Cambios y reacciones del aceite durante la fritura

Los parámetros de temperatura y el tiempo de fritura, el aceite para freír, los antioxidantes y el tipo de máquina de freír afectan la hidrólisis, oxidación y polimerización del aceite durante la fritura. A continuación, veremos algunas reacciones químicas del aceite para freír y el potenciar la estabilidad de oxidación y la calidad del sabor del aceite para freír durante la fritura.

Hidrólisis del aceite: Un gran contacto entre el aceite y también la fase denominada acuosa, de los alimentos, aumenta la hidrólisis del aceite; la sustitución del aceite para freír por aceite nuevo ralentiza la hidrólisis del aceite; mientras que productos alcalinos como el hidróxido de sodio que se utilizan para la limpieza de las freidoras aumenta la hidrólisis del aceite, la duración del tiempo de fritura no influye en la hidrólisis del aceite (Naz et al., 2005)

Oxidación del aceite: Uno de los procesos más importantes del deterioro en la constitución del aceite es la oxidación de los lípidos, está vinculado con la larga vida de los alimentos fritos, ya que genera compuestos muy volátiles y no volátiles (Marchesino et al., 2020). Algo muy importante también es que la concentración de productos de oxidación lipídica citotóxicos y genotóxicos son generados al momento de someter a los aceites a a elevadas temperaturas y tiempos largos (Grootveld et al., 2020).

Polimerización del aceite: En particular son moléculas peso molecular elevado que genera aumento en la viscosidad y la formación de espuma (Marchesino et al., 2020)

Cambio de color: generalmente se refiere a residuos que provienen de los alimentos, generando distintas variedades de reacciones químicas, o también por la oxidación de aceites con la consecuente producción de compuestos no volátiles (Habibi-Nodeh et al., 2019).

2.2.12 Parámetros de color

La percepción humana que se da por la luz reflejada por un objeto es definida como color. Es un fenómeno provocado el momento en que el cerebro procesa la luz observada en el objeto a través de los ojos, así mismo influyen efectos o variables conocidos como el objeto, el observador, el iluminante, la geometría óptica, el área, el fondo, la superficie, el brillo y la temperatura (Delmoro et al., 2010). El color es importante y uno de los atributos que se considera como primordial a elegir un producto como primer lugar. Ante ello, se le relaciona con un factor importante que es la calidad e idoneidad de forma ágil, así como exacta y también imparcial (Mathias-Rettig & Ah-Hen, 2014). Los sistemas visuales son importantes para analizar el color, se llevan a cabo ciertas búsquedas de similitudes con bases en bajos colores iluminación controlada o con colores estándar, siempre y cuando se realice una adecuada verificación y el adecuada especialización de analistas; se puede utilizar instrumentos de medición como el colorímetro, el espectrofotómetro, el espectrocolorímetro y la visión computarizada (Pathare et al., 2013); esto es importante porque de manera computarizada gracias a la tecnología se podría obtener datos más confiables (Mery & Pedreschi, 2005).

2.2.13 Alteraciones en los productos fritos

Las grasas como los aceites desempeñan funciones importantes funcionales y sensoriales en los productos finales; son responsables de transportar, realzar y generar emanación de ciertos sabores, así como de interactuar con otros compuestos para desarrollar la textura y las características de sensación en boca de los alimentos fritos. Al freír alimentos, la grasa de fritura caliente que ha penetrado en ellos sustituye parte del agua que contiene, haciendo que los alimentos sean considerablemente más apetecibles (Garmakhany et al., 2008).

Esta grasa absorbida ejerce un efecto ablandador en la corteza, así como un efecto humectante en los alimentos, y por lo tanto contribuye a la fama de los alimentos fritos, es decir, su sabor, textura crujiente y agradable al comer. Los productos que pasan por un proceso de fritura y sometidos estos a tiempos óptimos tienen un color dorado marrón, están bien cocidos y crujientes y tienen una absorción óptima de aceite. En lo contrario, aquellos productos con menores tiempos y temperaturas presentan coloraciones blanquecinas con tendencia a colores oscuros en los bordes y tienen almidón no gelatinizado o que no se a cocido en el centro (Choe & Min, 2007). Sin embargo, pueden tener otras modificaciones que se detallan a continuación.

Aspectos nutricionales de los alimentos fritos: En la operación de fritura de un alimento. Cuando la grasa penetra en el alimento, puede modificar selectivamente la composición del alimento. Los cambios que se producen dependen de numerosos factores, como la constitución de la grasa de fritura y del alimento, la textura, tamaño y morfología del alimento, y los parámetros de fritura como temperatura, duración, etc. Todos estos factores influyen en los cambios que ocurren en el valor nutritivo, y especialmente de vitaminas (Fillion & Henry, 1998).

Cambios en la fracción lipídica de los alimentos: Algunos lípidos presentes en los alimentos fritos se oxidan y pueden acelerarse con el incremento de la temperatura y la cantidad de oxígeno (Mellema, 2003). El aumento del aporte energético es uno de los principales problemas encaminados al consumo de alimentos fritos; el contenido de grasa de los alimentos aumenta debido a la absorción y retención de aceite, lo que implica un aumento en el aporte energético en promedio en un 42% en papas fritas y un 53 % en hamburguesas (Ziaifar et al., 2008).

Cambios en el contenido de proteínas: El tratamiento térmico puede reducir la cantidad de proteínas y destruir algunos aminoácidos, cambiando la calidad de la composición

proteica de los alimentos (Fillion & Henry, 1998). La operación de fritura redujo la concentración de aminoácidos, observándose el valor más bajo en muestras fritas en aceite de palma, asimismo la fritura reduce la lisina disponible en los filetes de pescado en aproximadamente un 17% y en un 25% cuando el aceite de pescado se utiliza para freír continuamente durante 48 h como resultado de las interacciones entre el grupo amino de la lisina y los compuestos carbonílicos. También la lisina es el primer aminoácido implicado en la reacción de Maillard, por lo que se afirma que se pierde durante el proceso de fritura (Oluwaniyi et al., 2010).

Cambio en el contenido de minerales: Sus cambios son casi insignificantes durante la fritura, ya que sólo son solubles en mínimos contenidos en el aceite para freír y la mayoría de los componentes minerales no son volátiles; los minerales se conservan relativamente al freír, especialmente a altas temperaturas (165-185 °C) y en tiempos de cocción cortos (Oke et al., 2018)

Cambio en el contenido de vitaminas: Varias vitaminas son propensas a las temperaturas más elevadas y a la oxidación, pero las temperaturas altas sólo se alcanzan en las capas superficiales de los alimentos fritos, donde su pérdida es ciertamente muy alta. Las pérdidas totales dependen principalmente de la temperatura interna, que suele variar entre 70 y 90 °C. En este rango, la acumulación de vitaminas depende mucho más de la temperatura dentro del producto que del aceite listo para freír (Oke et al., 2018). Así mismo, la vitamina C suele ser la más termosensible, y entre las vitaminas del grupo B, la tiamina, la riboflavina, el niacina y la B6 son las más frecuentemente comprometidas por el proceso de fritura (Bordin et al., 2013 y Jiménez-Monreal et al., 2009).

2.2.13.1 Presencia de algunas modificaciones de los azúcares. Una de las principales reacciones que se lleva a cabo en los azúcares es la de Maillard (pardeamiento no enzimático), esta interacción química se lleva a cabo debido a la interacción de los grupos amino libre de aminoácidos, péptidos o proteínas y los grupos carbonilo de los azúcares u otros aldehídos o cetonas (Oluwaniyi et al., 2010).

2.2.14 La calidad de los alimentos en los procesados por frituras

Durante el procedimiento de fritura de un alimento, el calor va del aceite caliente a las superficies externas e internas del alimento, por su lado el contenido de agua se transfiere desde la parte interna del alimento hasta la parte externa; producto de ello se generan temperaturas elevadas y condiciones con humedad baja, es así que se logran características deseables para el consumidor en cuanto a textura, color y sabor (Yıldız et al., 2007). Algo que se genera como efectos deseables producto de la combinación de factores como la pérdida de humedad, se absorbe aceite, las mismas proteínas se desnaturalizan, formación de capa dura, entre otros cambios (Alvis et al., 2009).

Un aspecto importante es la calidad del aceite usado ya que este influye en la calidad del alimento, así también la composición del alimento determina de manera perjudicial en el deterioro en la calidad del aceite, se debe principalmente al transporte de componentes del alimento al aceite, y generar ciertas permutaciones que generan una disminución en la calidad o el objetivo del aceite durante la fritura (Dobarganes et al., 2000). Por lo tanto, la calidad de los productos que pasaron por un proceso de fritura se valora partiendo de parámetros organolépticos como:

a) Color: Uno de los colores característico es el color dorado y uno de sus atributos más importantes dentro de la aceptación del consumidor de un producto frito y es fundamental en la incorporación del mismo cuando es sometido a aceptabilidad general. Uno de las reacciones antes mencionadas debido a la reacción entre compuestos azucarados es la

generación de pardeamiento no enzimático de muchos vegetales el cual se dá en los procesos de fritura, a esto se le conoce como reacción de Maillard. Es por ello que las situaciones de proceso, especialmente tiempo, temperatura y tipo de aceite generan cambios, ante ello aspectos importantes son las peculiaridades propias del producto, las cuales vienen a ser el tamaño, la variedad o los aspectos como el acaparamiento previo las cuales tiene una influencia directa.

b) Textura y microestructura: El proceso de fritura genera cambios que se afectan propiedades importante como la textura (interviniendo en lo crujientes y más aceptables por el sonido al ser masticados), así también a la apariencia externa (presentando colores dorados uniformes y brillantes), generando un alce en sabores y aromas (ya que se generan compuestos nuevos al término de someter el alimento a elevadas temperaturas), varía la concentración de grasa en el alimento final (ya que se genera que los productos pierdan humedad y ganen grasa).

La textura presente al término de la operación de fritura es producto de las permutaciones generadas en la química de los alimentos, particularmente, las proteínas y los carbohidratos presentan modificaciones por el calor transferido al alimento y por la consiguiente disminución del porcentaje de agua. Esto genera la formación de una capa, también llamada costra, que suministra propiedad característica de ser crujiente al alimento (Pedreschi y Moyano, 2005). Adicional a la formación de la costra o corteza, el alimento presenta algunas modificaciones mecánicas, estas son las siguientes: contracción, expansión, desarrollo de porosidad, ruptura de la matriz sólida, etc. Por lo general si el alimento contiene una buena concentración de almidón la costra presenta poros más pequeños que en aquellos alimentos que no contiene almidón, y ésta, por presentar poros más grandes, genera menor no incidencia a la impregnación de gases, y humedad (Vitrac et al., 2002).

2.3 Marco conceptual

2.3.1 *Color.*

El parámetro de color se considera como la evaluación de la persona que observa de la luz que es irradiada por un objeto. Este fenómeno es generado al momento en que el cerebro interpreta la información de la luz asimilada a través de los ojos, y está influenciado por factores como el objeto, el brillo, el observador, el iluminante, la geometría óptica, el área, el fondo, la superficie y la temperatura (Delmoro et al., 2010).

2.3.2 *Contenido de humedad*

El término humedad está relacionado al contenido de agua en un alimento, la cual se encuentra ligada a la materia que ha pasado por un proceso de secado de dos maneras: una es superficial y la otra es intrínseca. Ambas forman la total humedad que se evalúa comúnmente por el % de pérdidas del peso al incrementar la temperatura que rodea a la muestra incluso calentar en estufa a 105 °C durante un lapso de 2 a 8 horas, según la biomasa que se analice (Rueda et al., 2016).

2.3.3 *Materia seca*

La materia seca está referida a la parte del alimento que sobra después de remover el agua y es importante para expresar los resultados nutricionales de forma uniforme (Rodríguez et al., 2013).

2.3.4 *Azúcares reductores*

Se le denomina azúcares reductores aquellos que contiene en su configuración molecular grupo carbonilo (grupo funcional) intacto y por medio de eso genera interacción como reductores con otras moléculas. Estos azúcares generan un cambio en las proteínas al momento de generarse la reacción de glucosilación no enzimática la cual se le conoce como reacción de Maillard o glicación. Este tipo de comportamiento se genera en dos etapas importantes las cuales dependen mucho de los tiempos de reacción si los tiempos son cortos

existe la posibilidad de ser reversibles, pero si se prolonga ese tiempo la reacción es irreversible (Pavi et al., 2002).

2.3.5 *Contenido de aceite*

Temperaturas elevadas aplicadas en el momento de fritura de los alimentos generan evaporación del agua, esta eliminación de agua se traslada al aceite. En su lugar el aceite empieza a cubrir esos espacios en donde al agua ya salió, lo cual es el 40% de la concentración total del producto listo para el consumo, manejando así la totalidad de las propiedades organolépticas, particularmente aroma, sabor y color (Mellema, 2003).

2.3.6 *Aceptabilidad sensorial*

Aceptabilidad sensorial llamamos a la interacción que existe entre el alimento y el catador (analista) como evaluador en un determinado espacio y momento. En un primer momento, aquellas características propias del alimento como son: composición química y nutritiva, estructura y propiedades físicas; y por otro, las de cada degustador que presentan las siguientes: genéticas, etarias, estado fisiológico y psicológico; así mismo influyen el contexto en que se desarrolla como: hábitos del hogar y geográficos, religión, educación, actualidad, costo o beneficio de uso; estos aspectos están involucradas en aptitud y actitud en el momento de evaluar un producto (Costell, 2001).

2.4 Hipótesis

Hipótesis Principal (H): Se propone que, al aumentar la temperatura de fritura y reducir el tiempo de fritura, el parámetro de color de las hojuelas se incrementa, mientras que en parámetros como contenido de humedad y el contenido de aceite disminuyen, lo que resulta en una mayor aceptabilidad sensorial del producto.

Hipótesis Nula (H₀): No existe una relación significativa entre la temperatura y el tiempo de fritura con respecto al parámetro de color de las hojuelas y los parámetros de

contenido de humedad y contenido de aceite; es decir, las variaciones en estos factores no afectan la aceptabilidad sensorial del producto.

Hipótesis Alternativa (H1): Existe una relación significativa entre el aumento de la temperatura y la reducción del tiempo de fritura con el incremento del parámetro de color y la disminución de los parámetros de contenido de humedad y contenido de aceite, lo que mejora la aceptabilidad sensorial de las hojuelas.

2.5 Operacionalización de variables

A continuación, en la Tabla 4 se expresan las variables con las que se trabajaron:

Tabla 4

Operacionalización de variables

| Variables | Dimensiones | Índices | Instrumental |
|------------------|----------------------------------|---|---|
| Independiente | Tiempo de fritura | - 3, 5 y 7 minutos | Cronómetro |
| | Temperatura de fritura | - 140, 150 y 160 °C | Termómetro |
| Dependiente | Color de hojuelas | - Parámetro de color L*, a* b*. | Colorímetro |
| | Contenido de humedad en hojuelas | - Determinación de materia seca | Estufa |
| | Contenido de aceite en hojuelas | - Absorción de aceite | Extractor de grasa y aceite |
| | - Aceptabilidad de hojuelas | - Calificación por panelistas (Prueba hedónica de 9 puntos) | Boleta para prueba hedónica de 9 puntos |

CAPÍTULO 3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo y nivel de investigación

La investigación es de tipo aplicada, porque se utilizaron técnicas, procedimientos y operaciones para obtener los efectos. En tanto, el nivel de investigación es descriptivo comparativo, porque describe el fenómeno, la situación y el contexto, y las variables no son manipuladas de manera intencional (Hernández et al., 2014).

3.2 Diseño de investigación

Para el presente trabajo se utilizó el Diseño FCCD (Diseño Compuesto Central Centrado en las caras) es un diseño de superficie de respuesta para de esta manera observar el efecto del tiempo y temperatura de fritura en los parámetros de color, contenido de humedad, contenido de aceite y aceptabilidad de hojuelas de arracacha. El FCCD es un diseño factorial $2k$ y k es igual a 2, es decir, 2 factores, conllevando a tener 2 puntos centrales y $2k$ puntos axiales que conforman cuatro puntos.

La distribución de los niveles se muestra en la Tabla 5, asimismo las temperaturas de entrada y tiempo de fritura se presentan teniendo como base a Tonon *et al.* (2010). Para ello, se obtuvieron posibles combinaciones para los factores, puntos centrales y puntos axiales y se trabajó con 13 ensayos que están mostrados en la Tabla 6.

Tabla 5

Especificación de variables y niveles para el análisis de FCCD

| FACTORES | NIVELES | | |
|--|---------|-----|-----|
| | -1 | 0 | 1 |
| X ₁ - Tiempo de fritura (min) | 3,0 | 5,0 | 7,0 |
| X ₂ - Temperatura de fritura (°C) | 140 | 150 | 160 |

Tabla 6

Variables independientes y la variable de respuesta y la relación entre sus niveles

| Corrida | Tratamientos codificados | | | | Variables dependientes | | | |
|---------|--------------------------|---------|---------|-----|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Minutos (X1) | °C (X2) | Minutos | °C | color | % humedad | % aceite | Aceptabilidad |
| 1 | -1 | -1 | 3 | 140 | O ₁ | P ₁ | Q ₁ | R ₁ |
| 2 | 1 | -1 | 7 | 140 | O ₂ | P ₂ | Q ₂ | R ₂ |
| 3 | -1 | 1 | 3 | 160 | O ₃ | P ₃ | Q ₃ | R ₃ |
| 4 | 1 | 1 | 7 | 160 | O ₄ | P ₄ | Q ₄ | R ₄ |
| 5 | -1 | 0 | 3 | 150 | O ₅ | P ₅ | Q ₅ | R ₅ |
| 6 | 1 | 0 | 7 | 150 | O ₆ | P ₆ | Q ₆ | R ₆ |
| 7 | 0 | -1 | 5 | 140 | O ₇ | P ₇ | Q ₇ | R ₇ |
| 8 | 0 | 1 | 5 | 160 | O ₈ | P ₈ | Q ₈ | R ₈ |
| 9 | 0 | 0 | 5 | 150 | O ₉ | P ₉ | Q ₉ | R ₉ |
| 10 | 0 | 0 | 5 | 150 | O ₁₀ | P ₁₀ | Q ₁₀ | R ₁₀ |
| 11 | 0 | 0 | 5 | 150 | O ₁₁ | P ₁₁ | Q ₁₁ | R ₁₁ |
| 12 | 0 | 0 | 5 | 150 | O ₁₂ | P ₁₂ | Q ₁₂ | R ₁₂ |
| 13 | 0 | 0 | 5 | 150 | O ₁₃ | P ₁₃ | Q ₁₃ | R ₁₃ |

Nota. Las letras O, P, Q, y R son los parámetros de color, contenido de humedad, contenido de aceite y aceptabilidad. Para ello se utilizó el Diseño Compuesto Central centrado en las caras un DCC-CCF con dos factores los cuales son X1 (tiempos de fritura) y X2 (temperaturas de fritura) en la que se realizaron 4 corridas factorial, cuatro axiales y cinco réplicas (Montgomery, 2011).

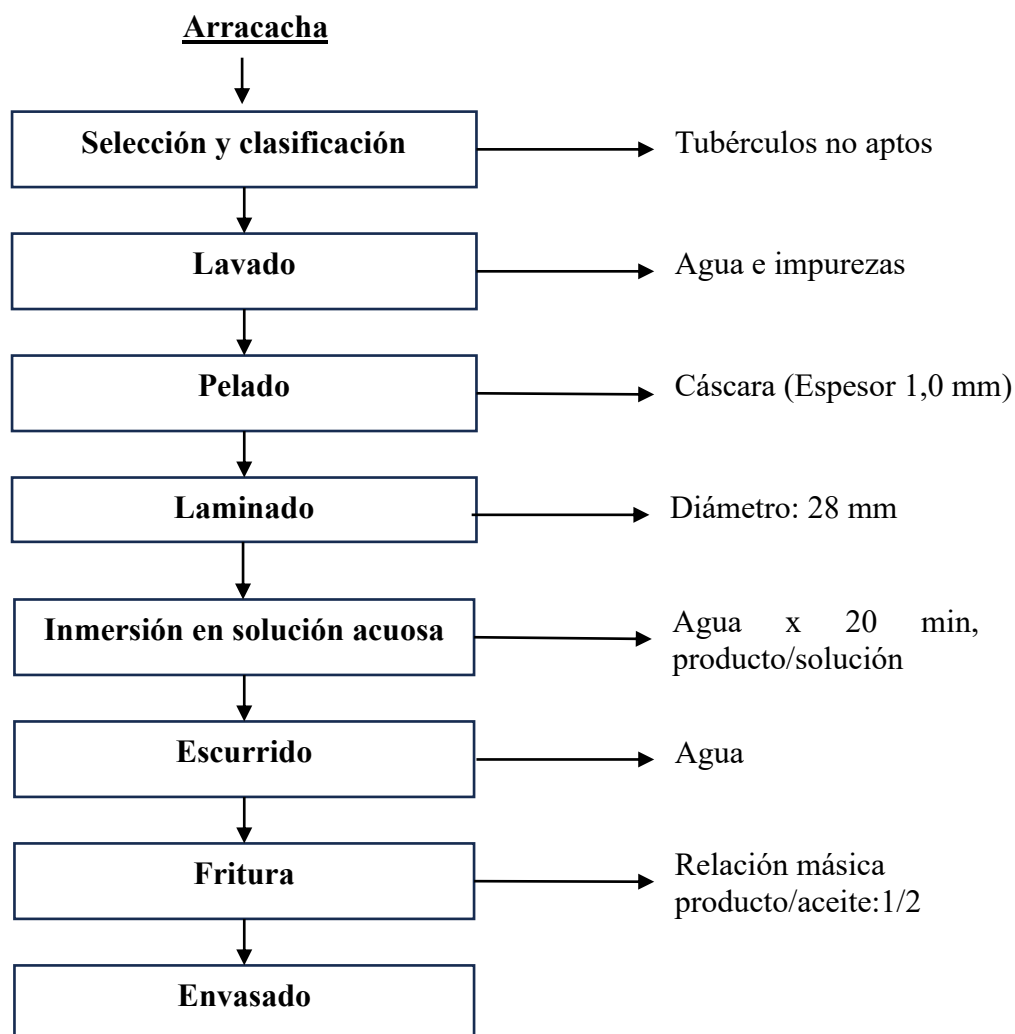
3.3 Métodos de investigación

3.3.1 Proceso de elaboración de hojuelas de arracacha

La producción de las hojuelas de arracacha se realizó según la metodología mencionada por García-Torres et al. (2022) con algunas modificaciones de acuerdo al proceso donde se utilizó el siguiente diagrama de flujo:

Figura 2

Diagrama de flujo para el proceso de elaboración de hojuelas de arracacha



Nota. La figura muestra cada operación unitaria y los parámetros aplicados durante el proceso de elaboración de hojuelas de arracacha.

3.3.1.1 Selección / Clasificación: Esta operación se aplicó con el objetivo de desechar aquellos tubérculos que presentan algunos daños físicos o microbiológicos que generan alteraciones a la calidad del producto terminado, seguidamente se clasificaron según su tamaño y longitud para que toda la materia presente uniformidad.

3.3.1.2 Lavado: Se empleó agua potable y un raspado en forma manual, para eliminar las impurezas presentes en la parte externa del tubérculo y disminuir la carga microbiana presentes en estos.

3.3.1.3 Pelado: Se utilizó un pelador manual que permitió eliminar la cáscara que no son recomendables en la producción final, además facilitó la siguiente operación.

3.3.1.4 Laminado: Se llevó a cabo con un cortador electrónico, que permite obtener hojuelas con un grosor homogéneo de 1,5 mm y diámetro de 28 mm; seguidamente, se seleccionaron las rodajas con condición de ser uniformes. Las medidas se verificaron con el uso de un vernier.

3.3.1.5 Inmersión de hojuelas en solución acuosa: Las hojuelas de arracacha variedad amarilla se bañaron en agua a un pH de 4,5 (con ácido cítrico) para evitar posible pardeamiento durante un tiempo de 10 minutos al ambiente. La relación de masa que se consiguió entre producto/solución fue de 1/4.

3.3.1.6 Escurrido: Seguidamente las rodajas fueron oreadas en un filtrante y se orearon por uno y otro lado con la ayuda de papel absorbente para eliminar el agua en exceso de las hojuelas.

3.3.1.7 Fritura: El proceso de fritura se realizó con la ayuda de una freidora, manteniendo la relación másica producto/aceite 1:20 según Castillo et al. (2011). El aceite de soya se compró en el mercado central de Chota el cual se cambió por cada tratamiento con el objetivo de homogenizar las condiciones para cada uno de los tratamientos. Se procedió a calentar el aceite hasta la temperatura requerida para los ensayos experimentales. Alcanzada la temperatura respectiva, se colocaron las hojuelas de arracacha de la variedad amarilla en la propia canastilla de acero inoxidable, en la cual se distribuyeron de manera uniforme para mantener la homogeneidad. La fritura se prolongó de acuerdo a los tiempos fijados para cada ensayo experimental. Las temperaturas fueron medidas con termómetro de (escala de 0 - 400 °C) y el tiempo con cronómetro digital. Finalmente, las hojuelas fueron retiradas del envase de aceite y luego oreadas empleando la canastilla de acero inoxidable propia del equipo de fritura. El aceite sobrante de las superficies de las hojuelas se eliminó con la ayuda de papel absorbente.

3.3.1.8 Envasado de hojuelas de arracacha: Las hojuelas fueron envasadas en bolsas de polipropileno de alta densidad para luego ser selladas y codificadas según el tratamiento aplicado, y fueron almacenadas a temperatura ambiente utilizando PET/aluminio/cartón hasta la determinación de los análisis fisicoquímicos y la evaluación sensorial.

3.3.2 Determinación de los parámetros de color

El análisis de color se realizó según lo estipulado por Soares et al. (2023) se utilizó un colorímetro (Konica Minolta Co., modelo CR-400, Osaka, Japón) para determinar los parámetros de color de muestras. El color se expresó mediante el espacio CIE L* a* b* para el observador estándar de 10° y el iluminante estándar D 65. Los valores L*, que determinan qué tan oscuro o claro es el color, variarán de cero (negro) a 100 (blanco), a* (verde a rojo) y b* (amarillo a azul).

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2} \quad (1)$$

$$h(^{\circ}) = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right), \text{ cuando } a^* > 0 \quad (2)$$

$$h(^{\circ}) = 180 + \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right), \text{ cuando } a^* < 0 \quad (3)$$

$$\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2} \quad (4)$$

3.3.3 *Determinación del porcentaje de humedad*

Se tomó la inventiva explicada por Thiex (2009) donde se tomó un peso de diez g de muestra y se adicionó en una placa petri ya pesada, posteriormente se colocaron en una estufa y se secaron a 100 °C por 4 horas. Después, se pesaron las muestras secas y se evaluó el contenido de humedad mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ MS} = \frac{P_2 - P_1}{M} \times 100 \quad (5)$$

Dónde:

% MS: Representa al porcentaje de materia seca

M: Es el peso de muestra (g)

P₂: Peso de placa más el peso de la muestra seca (g)

P₁: Solo es peso de placa (g)

3.3.4 *Determinación del contenido de aceite*

Se determinó el contenido de aceite en hojuelas de arracacha según el procedimiento de Sanchez et al. (2005) donde se utilizó la metodología Soxhlet con éter de petróleo. La muestra fue introducida en el extractor Soxhlet y la extracción de la grasa con éter de petróleo, se llevó cabo en un tiempo de 4 horas aproximadamente. Seguidamente las muestras pasaron a estufa a 105 °C se eliminaron las trazas de disolvente a un tiempo de 30 minutos; con la cantidad de aceite recuperado, se estableció la cantidad de aceite de las muestras. Para ello se realizó con diferencia de pesos en base a la muestra inicial y final.

$$\% \text{ Aceite} = \frac{P_2 - P_1}{P_2 - M} \times 100 \quad (6)$$

Dónde:

% Aceite: Es el porcentaje de aceite

M: Peso de muestra que contiene grasa(g)

P₂: Peso de muestra seca (g)

P₁: Peso solo de placa (g)

3.3.5 *Aceptabilidad sensorial de las hojuelas*

Se evaluó la aceptabilidad general, según Navas et al. (2015) la aceptabilidad se determinó mediante pruebas orientadas al consumidor, con 100 degustadores no entrenados (panelistas), a quienes se les proporcionó hojuelas de arracacha fritas de la variedad amarilla. Se registraron el tiempo y temperatura de fritura, luego fueron ubicadas en bandejas para su posterior degustación. Por último, se llenaron las fichas de evaluación. La escala de evaluación del nivel de aceptabilidad presenta 5 categorías con su respectiva equivalencia en puntajes numéricos según la Tabla 7.

Tabla 7

Escala de evaluación para determinar el grado de aceptabilidad de las hojuelas de arracacha

| CATEGORÍA | CALIFICACIÓN |
|----------------------------|--------------|
| Me disgusta extremadamente | 1 |
| Me disgusta mucho | 2 |
| Me disgusta moderadamente | 3 |
| Me disgusta levemente | 4 |
| No me gusta ni me disgusta | 5 |
| Me gusta levemente | 6 |
| Me gusta moderadamente | 7 |
| Me gusta mucho | 8 |
| Me gusta extremadamente | 9 |

Nota. Adaptado de Navas et al. (2015)

Las pruebas se realizaron entre las 9:00 am y 11:00 am y entre las 3:00 pm y 5:00 pm, para generar interferencia en las apreciaciones de los atributos sensoriales por parte de los jueces. La evaluación sensorial se efectuó en un lugar fresco, con buena iluminación, sin

distracciones, que pudieran alterar su percepción, luego de las evaluaciones realizadas se ofreció agua para disminuir los residuos del tratamiento anterior y/o neutralizar el sabor.

3.4 Población, muestra y muestreo

3.4.1 Población

La población se conformó por tubérculos de arracacha de la variedad amarilla, procedentes del Centro Poblado de Cuyumalca, del distrito y provincia de Chota de la región Cajamarca.

3.4.2 Muestra

Tubérculos de arracacha de la variedad amarilla recién cosechados, de tamaño y características organolépticas uniformes y sin daños físicos, los tubérculos fueron seleccionados hasta obtener 150 kg y luego clasificados al azar hasta obtener 10 kg para cada uno de los tratamientos.

3.4.3 Muestreo

Se trabajó con un muestreo no probabilístico de selección al azar.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1 Técnicas de recolección de datos

Para la recolección de datos de la presente investigación, se utilizaron diferentes casos como se detallan en la Tabla 8.

Tabla 8

Técnicas de recolección de datos

| Técnicas | Recolección de datos |
|------------------------|--|
| Tiempo de fritura | Determinación de los parámetros de color |
| Temperatura de fritura | Determinación del contenido de humedad |
| | Determinación del contenido de aceite |
| | Evaluación de aceptabilidad sensorial |

3.5.2 Instrumentos de recolección de datos

Los diferentes materiales que se utilizaron para la presente investigación que ayudaron a la recepción de datos se mencionan a continuación:

- Referencias bibliográficas de artículos científicos.
- Cuaderno de campo
- Laptop.
- Lapiceros.
- Fichas de evaluación.
- Cortadora de tubérculos.
- Freidora de papas.
- Equipos Soxhlet.
- Estufa.
- Balanza analítica.

3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se utilizó hojas de cálculo del software Microsoft Excel y el software estadístico SPSS versión 25 para el manejo de la información, la exposición de resultados se desarrolló mediante tablas obtenidas del Excel y SPSS, para el análisis se utilizó gráficas representados mediante porcentajes y mediante comparaciones con otras investigaciones. Se ejecutó un análisis de varianza y desviación estándar con un valor de significancia (valor $p < 0,05$), se efectuó una prueba de comparación de medias múltiple de Tukey (95% de confianza) esto determinó los efectos de los factores sobre las variables respuesta.

3.7 Aspectos éticos

Se respetaron todas las directrices y normas del código de ética vistos en la Universidad Nacional Autónoma de Chota.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

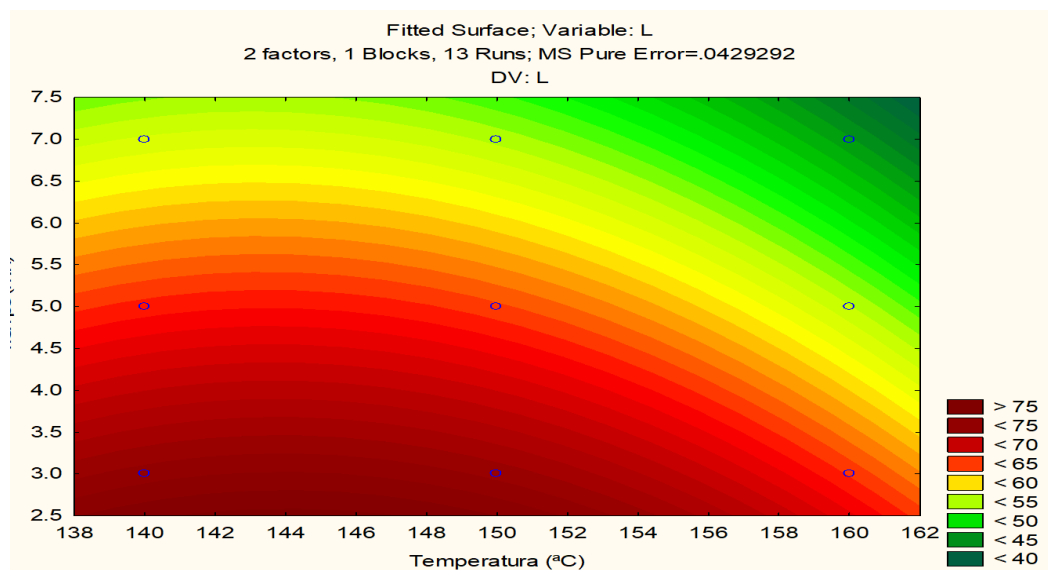
4.1 Efecto del tiempo y temperatura de fritura en los parámetros de color de hojuelas de arracacha.

Se realizó análisis en el color que presentaron las hojuelas de *Arracacia xanthorrhiza Bancroft* a diferentes temperaturas y tiempos en donde se consideró el espacio CIE L*a*b para determinar características propias de colores como oscuro o luminosidad (L*), verde o rojo (a*) y amarillo o azul (b), cada uno de ellos analizados individualmente.

En la figura 3, en el caso de la luminosidad (L*), se observa el análisis de superficie respuesta que, a menor temperatura y tiempo de fritura, los valores de L son más altos es decir > 75 indicando que las hojuelas son más claras, en la disposición que se incrementa la temperatura y el tiempo de fritura se obtienen valores inferiores < 40 indicando que las hojuelas se vuelven más oscuras. Así también se observa una representación más clara a una temperatura de 140-150 °C esta aplicada a tiempos de 3-5 minutos, permitiendo tener hojuelas de arracacha más claras.

Figura 3

*Gráfica de superficie respuesta para la variable de luminosidad L**



4.1.1 Análisis de varianza de la variable L^* de color de hojuelas fritas de arracacha

En la tabla 9, para el análisis de luminosidad u oscurecimiento L^* , con un R ajustado (0,9321), observamos que la temperatura y el tiempo de fritura tiene un efecto significativo en la luminosidad de las hojuelas de Arracacha, presentados con un análisis lineal y cuadrático ($p < 0,05$); se encontró que la temperatura en un efecto lineal presenta alta significancia ($p = 0,0000$) y un efecto cuadrático de la misma manera ($p = 0,0000$) mostrando más oscurecimientos según se presenta en la Figura 4, el tiempo se observa que presenta, en un efecto lineal, una alta significancia ($p = 0,0000$) y un efecto cuadrático no significativo ($p = 0,5211$) mostrando que el tiempo tiene un efecto lineal y constante para el análisis de luminosidad. La interacción tanto del tiempo como la temperatura fue significativa ($p = 0,0299$). La luminosidad disminuye durante el proceso de fritura presentando un valor de regresión negativo (-0,017). Esto se observa en la figura 4 el grado de coloración.

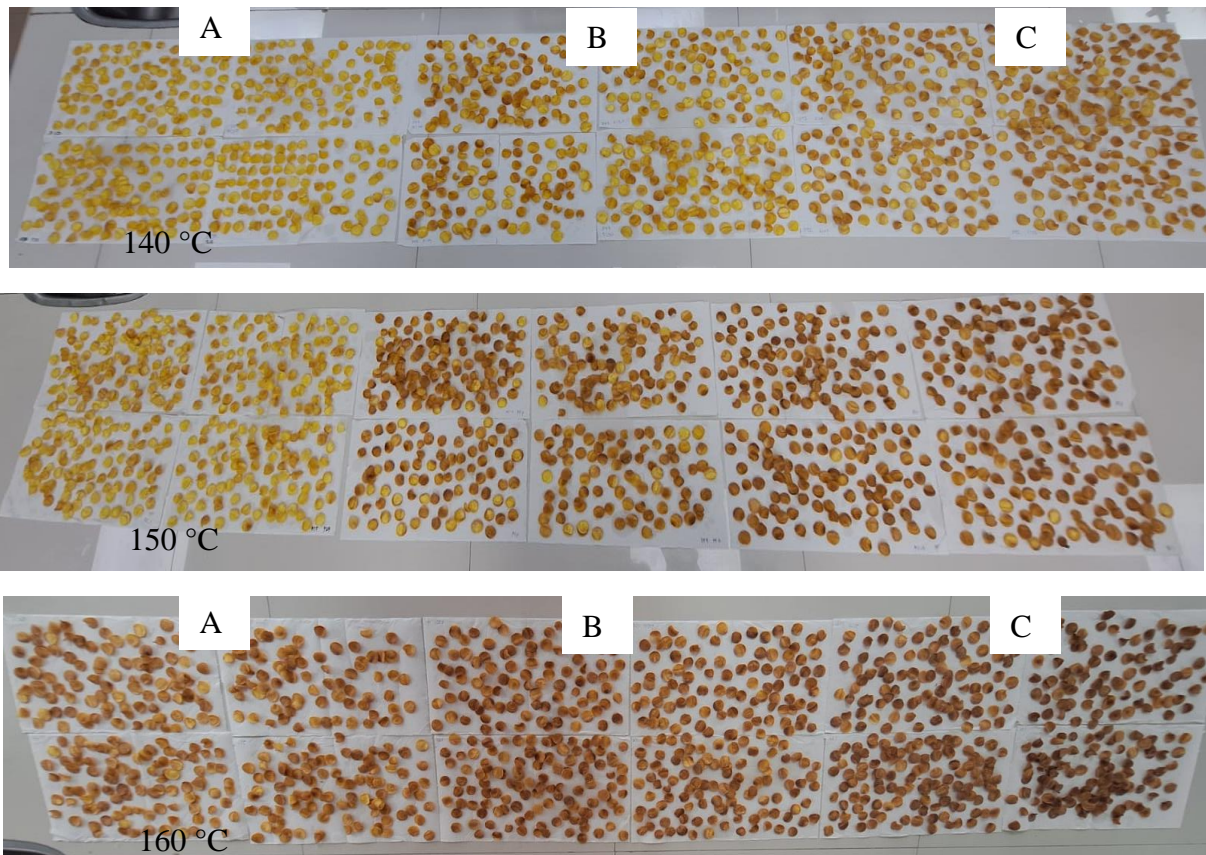
Tabla 9

Análisis de varianza y coeficiente de regresión para el parámetro de color L^ en función del tiempo y temperatura de fritura*

| Factor | Modelo | SS | F | p | Coefficiente de regresión |
|--------------------------------------|---------------|-----------|----------|----------|----------------------------------|
| Rqr = 0,96038; RAdj = 0,93208 | | | | | |
| Temperatura | Lineal | 159,754 | 3721,33 | 0,0000 | 11,512 |
| | Cuadrático | 43,770 | 1019,58 | 0,0000 | -0,040 |
| Tiempo | Lineal | 540,361 | 12587,26 | 0,0000 | -1,964 |
| | Cuadrático | 0,021 | 0,490 | 0,5211 | -0,022 |
| Temperatura y tiempo | Lineal | 0,467 | 10,880 | 0,0299 | -0,017 |

Figura 4

Hojuelas de arracacha fritas a diferentes tiempos y temperaturas

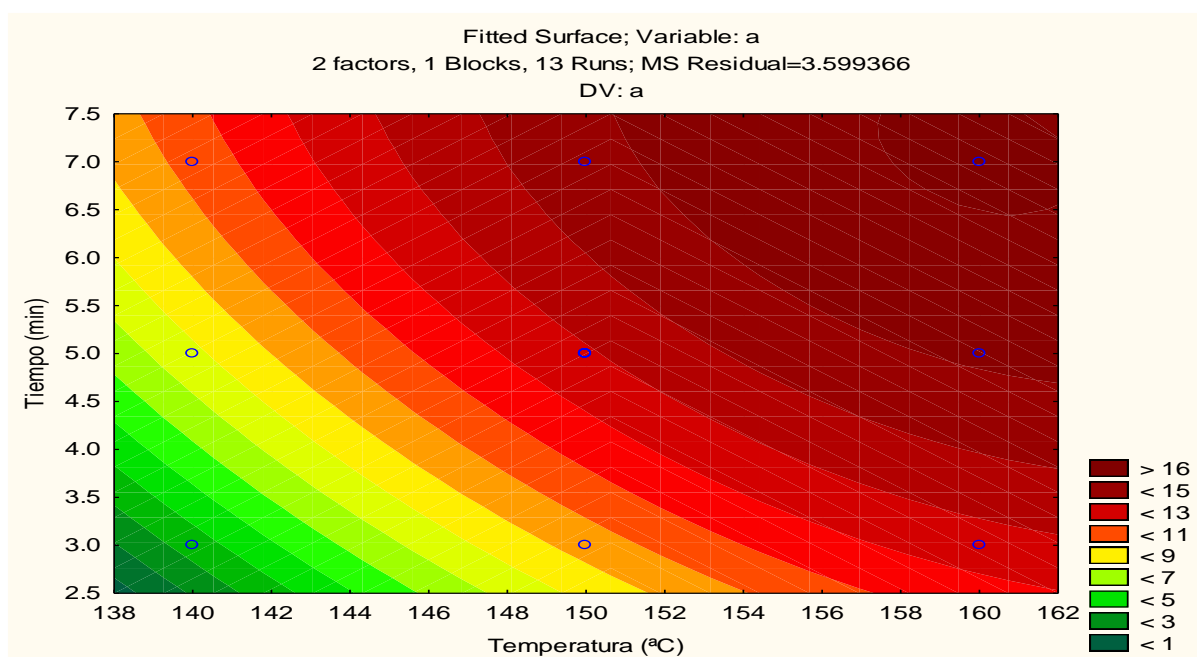


Nota. Se muestra las hojuelas de *Arracacia* fritas con diferentes temperaturas y tiempos (A: 3 minutos, B: 5 minutos y C 7 minutos).

En la Figura 5 se observa los análisis de superficie respuesta para el factor a^* el cual indica la intensidad rojiza en la muestra, a menos temperaturas y tiempos de fritura se observa que las hojuelas de Arracacha presentan coloraciones amarillas ya que presentan valores bajos de a^* (<5) estas encontradas a temperaturas de $140\text{ }^{\circ}\text{C}$, las cuales se encuentra también a tiempos mínimos de fritura por debajo de 3-4 minutos. Así mismo al incrementar las temperaturas de fritura y los tiempos, observamos que tiene valores altos por encima de >16 indicando coloraciones más rojizas y oscuras esto a $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ y tiempos superiores a 5 minutos.

Figura 5

*Gráfica de superficie respuesta para la variable de tono rojizo a^**



4.1.2 Análisis de varianza de la variable a^* de color de hojuelas fritas de arracacha

En la tabla 10, para el análisis de a^* , con un R ajustado (0,73) observamos que la temperatura y el tiempo de fritura tiene un efecto significativo ($p<0,05$) en un efecto lineal en la presencia de coloración rojiza de las hojuelas de *Arracacia*; se encontró que la temperatura en un efecto lineal presenta alta significancia ($p=0,0000$) y un efecto cuadrático significativo ($p=0,0001$), indicando picos no curvilíneos propios del proceso de fritura, el tiempo se observa

que presenta significancia en el efecto lineal ($p=0,0000$) y como cuadrático presenta significancia ($p=0,0008$), mostrando que el tiempo y temperatura tiene un efecto lineal ($p=0,0004$) pero con valor de regresión negativo ($-0,042$) para la temperatura indicando que a mayor temperatura tiende a verde.

Tabla 10

Análisis tanto de varianza como el coeficiente de regresión para el parámetro de color a^ en función del tiempo y temperatura de fritura*

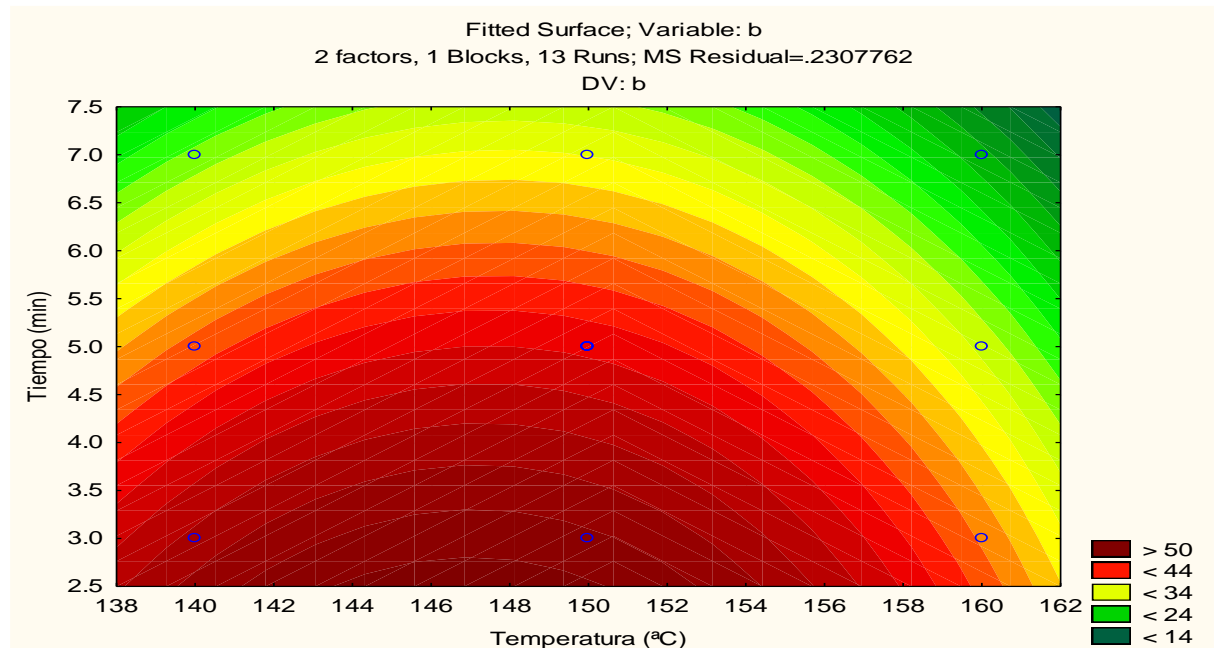
| Factor | Modelo | SS | F | p | Coefficiente de regresión |
|---------------------------------------|------------|--------|----------|--------|---------------------------|
| R-sqr = 0,84518; RAdj = 0,7346 | | | | | |
| Temperatura | Lineal | 81,869 | 3320,692 | 0,0000 | 4,832 |
| | Cuadrático | 5,545 | 224,921 | 0,0001 | -0,014 |
| Tiempo | Lineal | 41,064 | 1665,610 | 0,0000 | 9,763 |
| | Cuadrático | 1,981 | 80,360 | 0,0008 | -0,212 |
| Temperatura y tiempo | Lineal | 2,856 | 115,847 | 0,0004 | -0,042 |

En la Figura 6 se presenta la gráfica de superficie respuesta para la variable b^* todos los valores son positivos, indicando que las hojuelas de arracacha presentaron tonalidades amarillentas lo cual es normal en frituras, se observa que a menores temperaturas y tiempos de frituras ($140\text{ }^{\circ}\text{C}$ y 3 minutos) se mantiene la tonalidad amarillente propia de la arracacha (>50), en la razón en que se aumenta la temperatura y tiempos de fritura se observa un descenso (<24)

indicando pérdida de tono amarillento valores a partir de los 150 °C y 5 minutos de fritura relacionado al oscurecimiento progresivo de la muestra.

Figura 6

*Gráfica de superficie respuesta para la variable de tono rojizo b^**



4.1.3 Análisis de varianza de la variable b^* de color de hojuelas fritas de arracacha

En la tabla 11, para el análisis de b^* , con un R ajustado (0,99) observamos que la temperatura así como el tiempo de fritura tiene un efecto significativo ($p < 0,05$) en un efecto lineal y cuadrático, en la presencia de coloración amarilla de las hojuelas de *Arracacia*; se encontró que la temperatura en un efecto lineal presenta alta significancia ($p = 0,0000$) y un efecto cuadrático significativo ($p = 0,0000$), indicando picos curvilíneos propios del proceso de fritura pasando a una tonalidad azul, el tiempo se observa que presenta significancia en el efecto lineal ($p = 0,0000$) y como cuadrático presenta significancia ($p = 0,0033$), mostrando que el tiempo y temperatura tiene un efecto lineal hasta cierto punto pero con valor de regresión negativo (-0,04). En su interacción tanto del tiempo como la temperatura fue significativa ($p = 0,0180$).

Tabla 11

Análisis de varianza y coeficiente de regresión para el parámetro de color b en función del tiempo y temperatura de fritura*

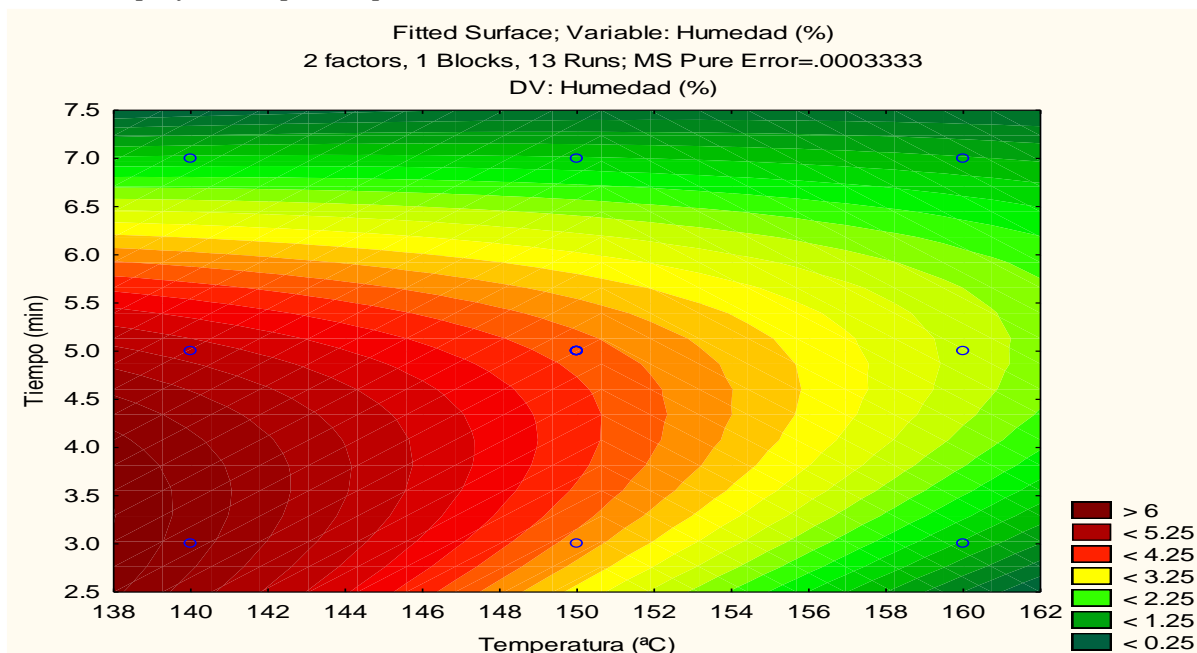
| Factor | Modelo | SS | F | p | Coefficiente de regresión |
|--------------------------------------|---------------|-----------|----------|----------|----------------------------------|
| R-sqr = 0,99851; RAdj=0,99744 | | | | | |
| Temperatura | Lineal | 133,702 | 579,357 | 0,0000 | 27,22 |
| | Cuadrático | 238,414 | 1033,096 | 0,0000 | -0,09 |
| Tiempo | Lineal | 631,332 | 2735,690 | 0,0000 | -7,51 |
| | Cuadrático | 4,403 | 19,080 | 0,0033 | -0,32 |
| Temperatura y tiempo | Lineal | 2,181 | 9,449 | 0,0180 | -0,04 |

4.2 Efecto del tiempo y temperatura de fritura en el contenido de humedad de las hojuelas de arracacha

En la Figura 7 de análisis respuesta para la humedad, se observa valores máximos (> 6) indicando productos con más alto porcentaje de humedad, el cual está relacionado a temperaturas de 140 °C y tiempos de fritura entre 3 y 5 minutos; por otro lado se observa valores menores ($< 3,25$) que indican bajos porcentajes de humedad el cual está relacionado a temperaturas superior a 150 °C y tiempos prolongados de temperatura a partir 5-7 minutos de fritura, indicando que en el incremento de la temperatura y tiempos de fritura observamos que las hojuelas de arracacha tienen a perder más humedad.

Figura 7

Análisis de superficie respuesta para la variable humedad (%)



4.2.1 Análisis de varianza realizado al porcentaje de humedad de hojuelas fritas de Arracacia xanthorrhiza Bancroft

En la tabla 12, los resultados de análisis ANOVA mostrados indican que tanto en tiempo como en temperatura existe significancia ($p < 0,05$) sobre la humedad, asimismo los factores conllevan a la pérdida de humedad mostrando un coeficiente de regresión negativo en temperatura (-0,036) y tiempo (-4,533). En su interacción temperatura y tiempo tienen efecto significativo ($p = 0,0000$) indicando que tanto el tiempo como la temperatura tienen interacción directa con el porcentaje de humedad de las hojuelas de *Arracacia*.

Tabla 12

Análisis de varianza y coeficiente de regresión para la humedad en función del tiempo y temperatura de fritura

| Factor | Modelo | SS | F | p | Coefficiente de regresión |
|---------------------------------------|--------|----|---|---|---------------------------|
| R-sqr = 0,9049; RAdj = 0,83697 | | | | | |

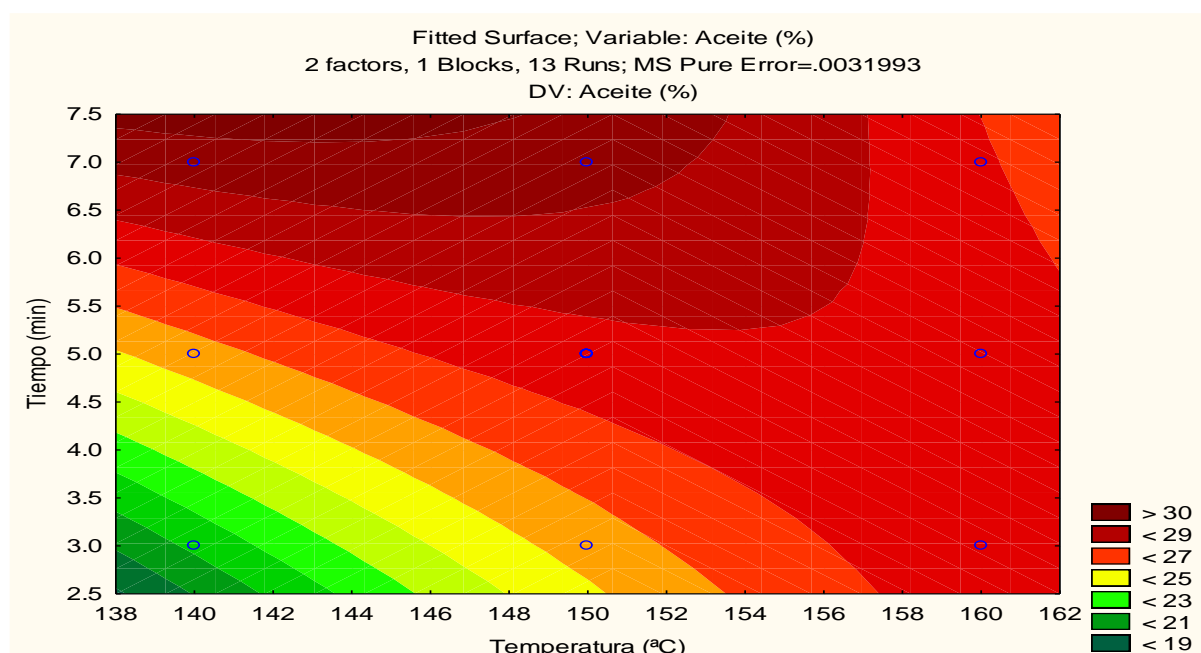
| | | | | | |
|----------------------|------------|-------|----------|--------|--------|
| Temperatura | Lineal | 7,399 | 22203,29 | 0,0000 | -0,036 |
| | Cuadrático | 0,031 | 92,46 | 0,0006 | -0,001 |
| Tiempo | Lineal | 6,652 | 19960,66 | 0,0000 | -4,533 |
| | Cuadrático | 4,653 | 13960,70 | 0,0000 | -0,324 |
| Temperatura y tiempo | Lineal | 3,379 | 11219,24 | 0,0000 | 0,048 |

4.3 Efecto del tiempo y temperatura de fritura y el contenido de aceite de las hojuelas de arracacha.

En la Figura 8 se presenta la gráfica de superficie respuesta para la variable porcentaje de aceite, observamos valores inferiores (< 21) que indican menores contenido de aceite esto se relaciona a temperaturas de $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ y tiempos cortos de fritura conllevando a un porcentaje de aceite absorbido en la hojuela de arracacha, por lo contrario a valores altos (< 29) los cuales indican mayor impregnación de aceite en la hojuela de arracacha durante la operación de fritura, observamos que se incrementa las temperaturas durante el proceso de fritura $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ y también tiempos prolongados de fritura como son 5-7 minutos, esto genera mayor concentración de aceite absorbido en el producto terminado.

Figura 8

Análisis de superficie respuesta para la variable contenido de aceite (%)



4.3.1 *Análisis de varianza de contenido de aceite de hojuelas fritas de Arracacia xanthorrhiza Bancroft*

En la tabla 13, los análisis ANOVA, en donde se evidencia que existe tanto efectos cuadráticos como lineales con significancia ($p < 0,05$), indicando que a mayor tiempo y temperatura ($p = 0,0000$) de fritura el remanente de aceite en la muestra aumenta, al interactuar resultan significativos ($p = 0,0000$) en donde la temperatura de fritura presenta efecto sobre la humedad en base al tiempo con un coeficiente de regresión (+17,837).

Tabla 13

Análisis de varianza y coeficiente de regresión para el aceite en función del tiempo y temperatura de fritura

| Factor | Modelo | SS | F | p | Coefficiente de regresión |
|--|--------|-------|----------|--------|---------------------------|
| R-sqr = 0,50929; RAdj = 0,15878 | | | | | |
| Temperatura | Lineal | 6,023 | 1882,577 | 0,0000 | 3,803 |

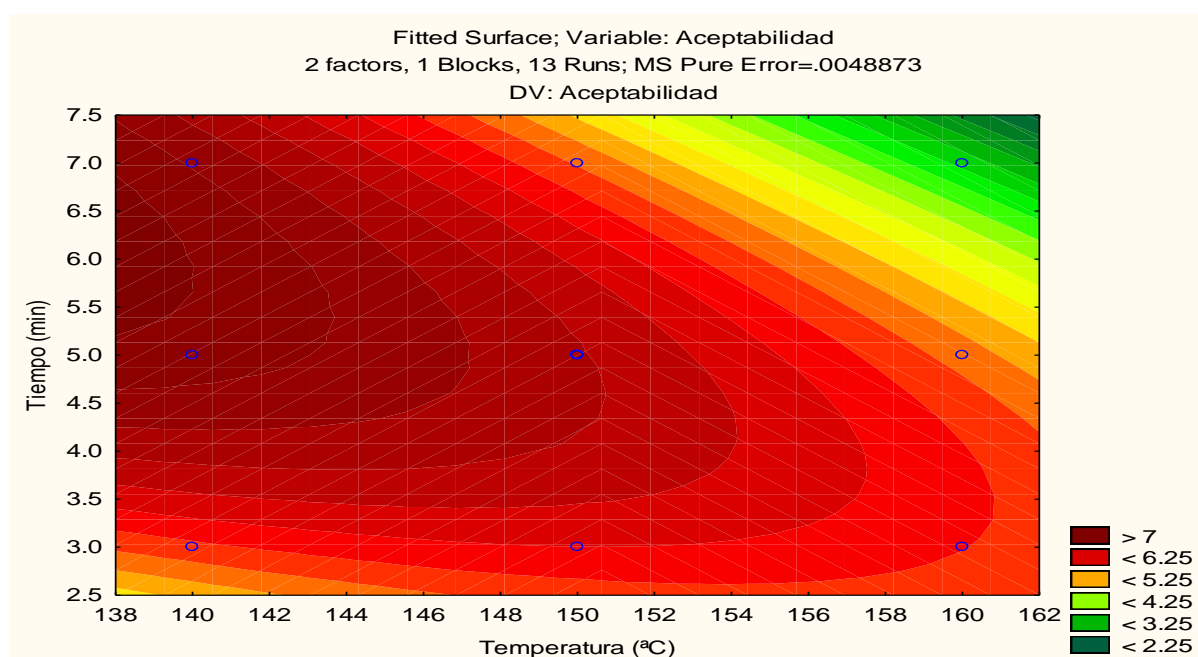
| | | | | | |
|----------------------|------------|--------|----------|--------|--------|
| | Cuadrático | 3,063 | 957,412 | 0,0000 | -0,011 |
| Tiempo | Lineal | 23,305 | 7284,398 | 0,0000 | 17,837 |
| | Cuadrático | 0,130 | 40,574 | 0,0031 | -0,054 |
| Temperatura y tiempo | Lineal | 18,916 | 5912,549 | 0,0000 | -0,109 |

4.4 Influencia del tiempo y temperatura de fritura en la aceptabilidad sensorial de hojuelas de arracacha

En la Figura 9 se observa la gráfica de superficie respuesta para la variable de aceptabilidad general de las hojuelas fritas de arracacha, en donde observamos valores >7 que indican una mayor aceptabilidad en este caso se analiza que a temperaturas de $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ y tiempos extendidos de fritura de 5 minutos se observa mayor aceptabilidad por el contrario a temperaturas de $140\text{ }^{\circ}\text{C}$ y tiempos de fritura se presenta menores aceptabilidad ($<5,25$) de igual manera a temperaturas de $160\text{ }^{\circ}\text{C}$ y tiempos de fritura de 7 minutos se observa menos aceptabilidad ($<3,25$) indicando que a mayores temperaturas y tiempos de fritura genera una baja en la aceptabilidad general de las hojuelas de arracacha.

Figura 9

Análisis de superficie respuesta para la variable de aceptabilidad general



4.4.1 *Análisis de variancia de aceptabilidad general de hojuelas fritas de Arracacia xanthorrhiza Bancroft*

En la tabla 14, el análisis de aceptabilidad general mediante la prueba hedónica aplicada a 100 panelistas obtuvo los siguientes resultados, en los análisis ANOVA, se evidencia que así como la temperatura y el tiempo de fritura influyen significativamente la aceptabilidad de las muestras ($p < 0,05$) indicando que a determinados tiempos y temperaturas conllevan a una prueba de mejor aceptabilidad, según pruebas de regresión en un primer momento al aumentar la temperatura tiene a tener una mejora en la aceptabilidad (+0,9703) pero presenta con un efecto cuadrático ($p = 0,0028$) un descenso de la misma, así también para el factor tiempo, está muy relacionado con las características propias de las muestras que a mayores tiempos empiezan a quemarse según la Figura 4.

Tabla 14

Análisis de varianza y coeficiente de regresión para la variable aceptabilidad en función del tiempo y temperatura de fritura

| Factor | Modelo | SS | F | p | Coefficiente de regresión |
|--|---------------|-----------|----------|----------|----------------------------------|
| R-sqr = 0,86083; RAdj = 0,76142 | | | | | |
| Temperatura | Lineal | 4,538 | 928,446 | 0,0000 | 0,9703 |
| | Cuadrático | 0,211 | 43,272 | 0,0028 | -0,003 |
| Tiempo | Lineal | 0,408 | 83,454 | 0,0007 | 8,674 |
| | Cuadrático | 1,752 | 358,533 | 0,0000 | -0,199 |
| Temperatura y tiempo | Lineal | 3,300 | 675,396 | 0,0000 | -0,045 |

4.5 Descripción de resultados

En la tabla 15, en este capítulo se presentan los resultados recolectados de los diferentes análisis realizados a las hojuelas de arracacha, en base a los objetivos propuestos.

Tabla 15

Resultados de promedios \pm desviación estándar de color, porcentaje de humedad, porcentaje de aceite y aceptabilidad de hojuelas de Arracacha fritas

| N | t(minutos) | T(°C) | L* | a* | b* | % Humedad | % Aceite | Aceptabilidad |
|----|------------|-------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| 1 | 3 | 140 | 75,01 \pm 0,92 | 4,29 \pm 0,36 | 50,19 \pm 0,34 | 5,77 \pm 0,41 | 22,77 \pm 1,11 | 5,95 \pm 0,54 |
| 2 | 3 | 160 | 62,54 \pm 0,37 | 14,64 \pm 1,36 | 39,82 \pm 5,26 | 2,16 \pm 0,04 | 30,68 \pm 0,19 | 6,09 \pm 0,60 |
| 3 | 7 | 140 | 58,11 \pm 2,35 | 8,67 \pm 2,64 | 28,58 \pm 2,66 | 1,29 \pm 0,09 | 27,82 \pm 0,16 | 6,5 \pm 0,70 |
| 4 | 7 | 160 | 44,27 \pm 0,90 | 15,64 \pm 0,28 | 21,16 \pm 0,75 | 1,54 \pm 0,07 | 27,03 \pm 0,14 | 3,01 \pm 0,54 |
| 5 | 3 | 150 | 75,47 \pm 2,15 | 6,48 \pm 0,37 | 54,71 \pm 4,75 | 2,78 \pm 0,25 | 20,77 \pm 0,95 | 5,4 \pm 0,69 |
| 6 | 7 | 150 | 53,71 \pm 0,40 | 16,8 \pm 0,02 | 33,44 \pm 1,18 | 1,56 \pm 0,06 | 31,18 \pm 2,39 | 6,36 \pm 0,93 |
| 7 | 5 | 140 | 63,02 \pm 1,24 | 8,65 \pm 0,03 | 41,31 \pm 0,90 | 5,01 \pm 0,39 | 25,7 \pm 0,44 | 7,33 \pm 0,85 |
| 8 | 5 | 160 | 58,37 \pm 1,38 | 13,5 \pm 2,29 | 30,78 \pm 8,29 | 1,71 \pm 0,11 | 24,59 \pm 0,86 | 5,47 \pm 0,76 |
| 9 | 5 | 150 | 64,09 \pm 0,59 | 13,03 \pm 0,44 | 45,48 \pm 0,67 | 4,05 \pm 0,05 | 28,2 \pm 0,16 | 6,5 \pm 0,73 |
| 10 | 5 | 150 | 64,26 \pm 0,71 | 12,79 \pm 0,59 | 45,18 \pm 0,59 | 4,05 \pm 0,07 | 28,24 \pm 0,20 | 6,39 \pm 0,49 |
| 11 | 5 | 150 | 63,75 \pm 0,01 | 13,22 \pm 0,34 | 45,84 \pm 0,34 | 4,08 \pm 0,03 | 28,11 \pm 0,01 | 6,57 \pm 0,78 |
| 12 | 5 | 150 | 64,26 \pm 0,72 | 13,09 \pm 0,93 | 45,42 \pm 0,93 | 4,03 \pm 0,04 | 28,25 \pm 0,19 | 6,45 \pm 0,17 |
| 13 | 5 | 150 | 64,09 \pm 0,29 | 13,03 \pm 0,33 | 45,48 \pm 0,33 | 4,05 \pm 0,03 | 28,2 \pm 0,08 | 6,47 \pm 0,30 |

Nota. Tabla de promedios \pm desviación estándar, donde t (tiempos) y T (temperaturas).

En la Tabla 15 se muestran los valores promedios \pm la desviación estándar de los diferentes tratamientos realizados; para el análisis de color, se observa valor máximo en L* de 75,47 \pm 2,15 (150 °C y 3 minutos) y un mínimo de 44,27 \pm 0,90 (160 °C y 7 minutos); en la variable a* un máximo de 16,8 \pm 0,02 (150 °C durante 7 minutos) y un mínimo de 4,29 \pm 0,36 (140 °C a 3 minutos); y en la variable b* un máximo de 54,71 \pm 4,75 (150 °C durante 3 minutos) y un mínimo de 21,16 \pm 0,75 (160 °C durante 7 minutos). Los valores máximos se dieron a una temperatura de 150 °C.

Así mismo, en su relación con la humedad se observa que el valor máximo es de 5,77 \pm 0,41 (140 °C a 3 minutos) y el valor mínimo es de 1,29 \pm 0,09 (140 °C a 7 minutos); con respecto al porcentaje de aceite se registró un valor máximo de 31,18 \pm 2,39 (150 °C durante 7 minutos) y un valor mínimo de 20,77 \pm 0,95 (a 150 °C durante 3 minutos) y para la variable de aceptabilidad general 7,33 \pm 0,85 (a 140 °C durante 5 minutos) y un valor mínimo de 3,01 \pm 0,54 (160 °C durante 7 minutos).

4.6 Contrastación de hipótesis

La Contrastación de las hipótesis se detalla a continuación por cada variable dependientes que se ha evaluado en este estudio como la coloración, humedad, contenido de aceite y aceptabilidad general, cada una de ellas contrastada mediante el análisis de varianza ANOVA tenido a la temperatura y tiempo de fritura como factores.

4.6.1 Color (L, a, b^*)

- La temperatura y el tiempo de fritura afectan significativamente el color de las hojuelas de arracacha fritas.

4.6.2 Humedad

- La temperatura y el tiempo de fritura tienen un efecto significativo en la humedad de las hojuelas de arracacha.

4.6.3 Contenido de aceite

- La temperatura y tiempo de fritura presentan un efecto significativo en el contenido de aceite de las hojuelas de arracacha.

4.6.4 Aceptabilidad general

- La temperatura y tiempo de fritura ejercen un efecto significativo en la aceptabilidad general de las hojuelas de arracacha fritas.

Luego de llevados a cabo los análisis y obtenidos los resultados, podemos no rechazar la hipótesis planteada, al incrementar la temperatura y los tiempos de fritura, el parámetro de color de las hojuelas se incrementa, mientras que parámetros como el contenido de humedad y contenido de aceite disminuyen, lo que resulta en una mayor aceptabilidad sensorial del producto.

4.7 Discusión de resultados

4.7.1 Efecto del tiempo y temperatura de fritura en los parámetros de color de hojuelas de arracacha

Según los resultados mostrados con respecto a la coloración que presentan las hojuelas de arracacha, se observa que la luminosidad (L^*) tiende a disminuir a mayores tiempos y temperaturas de fritura conllevando a oscurecimientos producto de la reacción de Maillard, esto se relaciona en estudios de Oyedeji et al. (2016) en las que producto de prolongados tiempos de fritura los productos como yuca y papas presentaron menos luminosidad, así también con los análisis de rojez (a^*) presentan un aumento con respecto al tiempo y temperatura de fritura ($p < 0,05$) el cual se relaciona con investigaciones ejecutados por Manjunatha et al. (2014) encontrando que en tiras de Gethi la tonalidad rojiza aumenta en relación lineal con el incremento de la temperatura y tiempo de fritura, en relación a la coloración amarilla (b^*) se encontró que tienen un efecto lineal con respecto a la temperatura y tiempo de fritura en relación estudios realizados en papa (Y. Li et al., 2022).

El proceso de fritura con valores moderados tanto de tiempo como de temperatura genera colores llamativos, ya que a temperaturas altas y tiempos prolongados genera oscurecimientos y pérdida de brillo de las hojuelas de arracacha, así como las reacciones de Maillard que se generan durante este proceso generando las coloraciones más oscuras a mayores tiempos de fritura como lo menciona Hosry et al. (2025), así como la generación de aromas y sabores.

4.7.2 Efecto del tiempo y temperatura de fritura en el contenido de humedad de las hojuelas de arracacha

Seijas-Chacón & Pabon-Mora (2017) encontraron que durante el proceso de fritura de arracacha en forma de bastones obtuvo una pérdida de humedad del 16%, conllevando a la pérdida de agua del producto, en relación a nuestro estudio que se encontró que a mayores

tiempos de fritura conlleva a disminución de humedad altas (140 °C a 7 minutos). En la operación de fritura se evalúa que el agua de las hojuelas presenta evaporación acelerada en los primeros minutos y luego se modera, esto muestra significancia con un efecto cuadrático ($p < 0,05$), en su relación a las investigaciones realizadas en camotes fritos (Ahromrit & Nema, 2010). Así mismo esto se relaciona con el color ya que menores contenidos de humedad final conllevan a presentar mayor oscurecimiento así registraron también Ruiz-Barboza et al. (2025) en oca amarilla con 0,83% de humedad final.

4.7.3 Efecto del tiempo y temperatura de fritura y el contenido de aceite de las hojuelas de arracacha.

Durante los procesos de fritura se observa que presenta un comportamiento de absorción luego una estabilización mostrando un efecto cuadrático ($p < 0,05$) indicando una estabilización, estudios indican que durante el proceso de reposo es en donde los poros del producto frito se dilatan conllevando a una mayor absorción de aceite, esto demuestra Aguilera & Hernandez (2000) en donde el 70% y el 80% de la absorción total del aceite se da al final de la fritura, así mismo a mayores tiempos de fritura el aceite penetrante conlleva a incrementar dentro del producto frito en relación a investigaciones ejecutadas por Liu et al. (2021) en el que registraron aumentos en el % de absorción de aceite a mayores tiempos de fritura. Otros estudios que realizaron un pretratamiento a hojuelas evidenciaron que se el aceite absorbido depende mucho del tiempo y de la temperatura de fritura a la que es sometida la muestra y que un pretratamiento generaría menos absorción de aceite (Wang et al., 2025).

Así mismo la relación agua y aceite es primordial ya que a mayor pérdida de agua más facilidad de penetración de aceite a las hojuelas de arracacha por lo tanto mayor porcentaje de aceite final indicando porcentajes de hasta 31% en aceite, esto se corrobora en estudios realizados por Huang & Fu (2014) en los que trabajaron temperaturas desde 160 °C a 220 °C

indicando que a mayor concentración de agua de un producto mayor pérdida del mismo en el proceso de fritura conllevando a mayor absorción de aceite en su estructura.

4.7.4 Influencia del tiempo y temperatura de fritura en la aceptabilidad sensorial de hojuelas de arracacha

En los resultados mostrados de aceptabilidad general se estableció que la muestra frita a 140 °C por 5 minutos fue la más aceptable, según Rabanal Del Aguila (2018) encontró que los parámetros más aceptables fueron a 6 minutos con temperaturas óptimas de 90 y de 185 °C, esto indica que a menores tiempos y temperaturas de frituras se presenta productos más aceptables; Narro Sáenz (2021) determinó que a temperaturas de fritura de 150 °C se obtiene mejores respuestas de aceptabilidad, las cuales fueron evaluadas con diferentes espesores destacando 1,5 mm de espesor las cual fue el mismo espesor con la que se trabajó en esta investigación.

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Se logró evidenciar mediante los análisis estadísticos que el tiempo y temperatura de fritura presenta efectos tanto lineales y cuadráticos y que su relación presenta efecto significativo ($p < 0,05$), así con respecto a la coloración con forme se aumenta el tiempo y temperatura de fritura se presentan hojuelas menos iluminadas, más rojizos y oscuras.
- Con respecto a la humedad a elevados tiempos y temperaturas de fritura, el contenido de humedad disminuye ($1,29 \pm 0,09\%$) a 140 °C y 7 minutos. Esto se ve en el análisis estadístico con efecto lineal significativo ($p < 0,05$) tanto en tiempo como en temperatura.
- Así mismo, con respecto al contenido aceite el cual aumento con el tiempo con efecto lineal significativo ($p < 0,05$). Presentando mejores valores a temperatura de 150 °C y 5

minutos de fritura, indicando valores de aceite de 25,97%, el cual es un valor promedio en el que las hojuelas no presentan ni mucha aceitosidad ni poca.

- Con respecto a la aceptabilidad de las hojuelas de arracacha fritas la muestra con mayor aceptabilidad fue 140 °C por 5 minutos. Minimizando los valores de oscurecimiento y enrojecimiento de las hojuelas fritas, así como la humedad y la concentración de aceite, manteniendo un valor de aceptabilidad general de 5,17 en una escala hedónica de 1 a 9.

5.2 Recomendaciones

- Lo que recomienda para la realización de investigaciones futuras evaluar el tratamiento de temperatura, controlar el calor para evitar oscurecimiento en las hojuelas de arracacha, para mantener un mejor manejo controlado de la temperatura.
- Ampliar la investigación para evaluar la composición química que contiene la arracacha ya que su estructura y sus componentes pueden interferir en el proceso de fritura esto podría conllevar a un análisis más profundo del proceso de oscurecimiento.
- Se recomienda evaluar el proceso de fritura con diferentes fuentes de aceite, bajo las mismas condiciones para realizar algunas comparativas y ver su interacción.
- Así también se recomienda evaluar un proceso pre-fritura como secado o escaldado que permitan la menor absorción de aceite en las hojuelas de arracacha.

CAPÍTULO 6. REFERENCIAS

- Acevedo, D., Montero, P., Beltrán, L., Gallo, L., & Rodríguez, J. (2018). Efecto de la fritura al vacío sobre la absorción de aceite en empanadas de maíz (*Zea Mays*). *@limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 15(1), 42.
<https://doi.org/10.24054/16927125.v1.n1.2017.2961>
- Aguilera, J., & Hernandez, H. (2000). *Oil absorption during frying of frozen parfried potatoes* [Pontificia Universidad Católica de Chile].
https://repositorio.uc.cl/dspace/items/2a33f1ac-c835-4504-ac8a-33d28841c5f4?utm_source=chatgpt.com
- Ahromrit, A., & Nema, P. K. (2010). Heat and mass transfer in deep-frying of pumpkin, sweet potato and taro. *Journal of Food Science and Technology*, 47(6), 632–637.
<https://doi.org/10.1007/s13197-010-0100-7>
- Alvis, A., Cortés, L. E., & Páez, M. (2009). Transferencia de Calor y Materia durante la Fritura de Trozos de Ñame (*Dioscorea alata*). *Información Tecnológica*, 20(1).
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642009000100012>
- Amaya, J., & Julca, J. (2006). “Arracacha” (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). In *Biodiversidad y Conservación de los Recursos Fitogenéticos Andinos. Gerencia Regional de Recursos Naturales y Conservación del Medio Ambiente*.
- Bermúdez, A. A., Romero Barragan, P., & Arrazola Paternina, G. (2016). Pérdida de humedad y absorción de aceite durante fritura de tajadas de plátano (*Musa paradisiaca* L.). *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 119.
[https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)119-124](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)119-124)
- Bordin, K., Kunitake, M., Aracava, K., & Trindade, C. (2013). Changes in food caused by deep fat frying - A review. *Archivos Latinoamericanos de Nutricion*, 63(1), 5–13.

- Brannan, R., Mah, E., Schott, M., Yuan, S., Casher, K., Myers, A., & Herrick, C. (2014). Influence of ingredients that reduce oil absorption during immersion frying of battered and breaded foods. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *116*(3), 240–254. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ejlt.201200308>
- Castillo, K., Pérez, I., & Díaz, A. (2011). Efecto de la variedad de plátano en el proceso de fritura. *Ingeniería de Recursos Naturales y Del Ambiente*, *1*(10). <https://www.redalyc.org/pdf/2311/231122666004.pdf>
- Choe, E., & Min, D. (2007a). Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of Food Science*, *72*(5), R77-86. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00352.x>
- Choe, E., & Min, D. B. (2007b). Chemistry of Deep-Fat Frying Oils. *Journal of Food Science*, *72*(5). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00352.x>
- Contreras-Santos, J., Villamil-Carvajal, J., Garnica-Montaña, J., & Atencio-Solano, L. (2022). Evaluación de los componentes químicos del suelo en el sistema productivo de arracacha en Cajamarca, Colombia. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *13*(7), 1171–1182. <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i7.3072>
- Costa, R., Oliveira, F., Delaney, O., & Gekas, V. (1999). Analysis of the heat transfer coefficient during potato frying. *Journal of Food Engineering*, *39*(3), 293–299. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(98\)00169-1](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(98)00169-1)
- Costell, E. (2001). La aceptabilidad de los alimentos: Nutrición y placer. *Arbor*, *168*(661), 65–85. <https://doi.org/10.3989/arbor.2001.i661.823>
- Delmoro, J., Muñoz, D., Nadal, V., Clementz, A., & Pranzetti, V. (2010). El color en los alimentos: Determinación de color en mieles. *Invenio*, *13*(25), 145–152.
- Dobarganes, C., Márquez-Ruiz, G., & Velasco, J. (2000). Interactions between fat and food during deep-frying. *European Journal of Lipid Science and Technology*, *102*(8–9), 521–

528. [https://doi.org/https://doi.org/10.1002/1438-9312\(200009\)102:8/9<521::AID-EJLT521>3.0.CO;2-A](https://doi.org/https://doi.org/10.1002/1438-9312(200009)102:8/9<521::AID-EJLT521>3.0.CO;2-A)
- Fantinel, R., Ceretta, C., Cecchin, J., & Armanin, G. (2022). El uso de plantas alimentarias no convencionales (PANC) en la gastronomía brasileña. *Agroalimentaria*, 28(54), 123–137. <https://doi.org/10.53766/Agroalim/2022.28.54.08>
- Fillion, L., & Henry, C. (1998). Nutrient losses and gains during frying: a review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 49(2), 157–168. <https://doi.org/10.3109/09637489809089395>
- García-Torres, S. M., Chire-Fajardo, G. C., Repo-Carrasco, R., & Ureña-Peralta, M. O. (2022). Efecto de la fritura sobre los componentes bioactivos de la papa nativa (*Solanum tuberosum* sp.) Puka Ambrosio. *Revista Chilena de Nutrición*, 49(1), 7–16. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182022000100007>
- Garmakhany, A., Mirzaei, H., Nejad, M., & Maghsoudlou, Y. (2008). Study of oil uptake and some quality attributes of potato chips affected by hydrocolloids. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110, 1045–1049. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200700255>
- Gertz, C. (2014a). Fundamentals of the frying process*. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(6), 669–674. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400015>
- Gertz, C. (2014b). Fundamentals of the frying process. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 116(6), 669–674. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400015>
- Grootveld, M., Percival, B., Leenders, J., & Wilson, P. (2020). Potential Adverse Public Health Effects Afforded by the Ingestion of Dietary Lipid Oxidation Product Toxins: Significance of Fried Food Sources. In *Nutrients* (Vol. 12, Issue 4). <https://doi.org/10.3390/nu12040974>
- Gutiérrez, Á. (2011). Nueva aparcería en la producción de arracacha (*arracacia xanthorrhiza*) en Cajamarca (Colombia). *Cuadernos de Desarrollo Rural*, 8(67).

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-14502011000200009&nrm=iso

- Habibi-Nodeh, F., Farhoosh, R., & Sharif, A. (2019). Frying stability time of olive oils estimated from the oxidative stability index. *Journal of Food Measurement and Characterization*, *13*(3), 1831–1838. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00101-y>
- Hermann, M. (1997). Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft). *International Potato Center*.
http://webdelprofesor.ula.ve/forestal/rjaimez/org/APIO/Hermann_Arracacha_revision.pdf
- Hosry, L., Elias, V., Chamoun, V., Halawi, M., Cayot, P., Nehme, A., & Bou-Maroun, E. (2025). Maillard Reaction: Mechanism, Influencing Parameters, Advantages, Disadvantages, and Food Industrial Applications: A Review. *Foods*, *14*(11), 1881. <https://doi.org/10.3390/foods14111881>
- Huang, P., & Fu, Y. (2014). Relationship Between Oil Uptake and Water Content During Deep-Fat Frying of Potato Particulates Under Isothermal Temperature. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *91*(7), 1179–1187. <https://doi.org/10.1007/s11746-014-2472-8>
- Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias [INIAP]. (2004). *Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas para la conservación y uso sostenible en el Ecuador*. <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3264/1/iniapscCD55p91.pdf>
- Ismail, A., & Hainida, E. (2004). Effects of cooking practices (boiling and frying) on the protein and amino acids contents of four selected fishes. *Nutrition & Food Science*, *34*(2), 54–59. <https://doi.org/10.1108/00346650410529005>
- Jacobsen, S., Mujica, A., & Ortiz, R. (2003). La importancia de los cultivos andinos. *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, *13*(36), 14–24.

- Jaisson, S., Desmons, A., Gorisse, L., & Gillery, P. (2017). Vieillesse moléculaire des protéines. *Médecine/Sciences*, 33(2), 176–182. <https://doi.org/10.1051/medsci/20173302013>
- Jiménez-Monreal, A., García-Diz, L., Martínez-Tomé, M., Mariscal, M., & Murcia, M. (2009). Influence of cooking methods on antioxidant activity of vegetables. *Journal of Food Science*, 74(3), H97–H103. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2009.01091.x>
- Kassama, L., & Ngadi, M. (2016). Relationship between Oil Uptake and Moisture Loss during Deep Fat Frying of Deboned Chicken Breast Meat. *Advances in Chemical Engineering and Science*, 06(04), 324–334. <https://doi.org/10.4236/aces.2016.64033>
- Leidi, E. O., Altamirano, A., Mercado, G., Rodriguez, J., Ramos, A., Alandia, G., Sørensen, M., & Jacobsen, S.-E. (2018). Andean roots and tubers crops as sources of functional foods. *Journal of Functional Foods*, 51, 86–93. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2018.10.007>
- Li, X., Wu, G., Yang, F., Meng, L., Huang, J., Zhang, H., Jin, Q., & Wang, X. (2019). Influence of fried food and oil type on the distribution of polar compounds in discarded oil during restaurant deep frying. *Food Chemistry*, 272, 12–17. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.023>
- Li, Y., Guo, Q., Wang, K., Nverjiang, M., Wu, K., Wang, X., & Xia, X. (2022). Monitoring the Changes in Heat Transfer and Water Evaporation of French Fries during Frying to Analyze Its Oil Uptake and Quality. *Foods*, 11(21), 3473. <https://doi.org/10.3390/foods11213473>
- Liu, Y., Tian, J., Zhang, T., & Fan, L. (2021). Effects of frying temperature and pore profile on the oil absorption behavior of fried potato chips. *Food Chemistry*, 345, 128832. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128832>
- Liyanage, D., Yevtushenko, D., Korschuh, M., Bizimungu, B., & Lu, Z.-X. (2021). Processing strategies to decrease acrylamide formation, reducing sugars and free asparagine content

- in potato chips from three commercial cultivars. *Food Control*, *119*, 107452.
<https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107452>
- Lund, M., & Ray, C. (2017). Control of Maillard Reactions in Foods: Strategies and Chemical Mechanisms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *65*(23), 4537–4552.
<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00882>
- Manjunatha, S. S., Ravi, N., Negi, P. S., Raju, P. S., & Bawa, A. S. (2014). Kinetics of moisture loss and oil uptake during deep fat frying of Gethi (*Dioscorea kamoensis* Kunth) strips. *Journal of Food Science and Technology*, *51*(11), 3061–3071.
<https://doi.org/10.1007/s13197-012-0841-6>
- Marchesino, M., López, P., Guerberoff, G., & Olmedi, R. (2020). Los procesos de fritura y su relación con los valores nutricionales y la inocuidad: Una visión integral desde la Seguridad Alimentaria. *Nexo Agropecuario*, *8*(1), 43–51.
- Mathias-Rettig, K., & Ah-Hen, K. (2014). El color en los alimentos un criterio de calidad medible. *Agro Sur*, *42*(2), 57–66. <https://doi.org/DOI:10.4206/agrosur.2014.v42n2-07>
- Mellema, M. (2003). Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fried foods. *Trends in Food Science & Technology*, *14*, 364–373. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(03\)00050-5](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(03)00050-5)
- Mery, D., & Pedreschi, F. (2005). Segmentation of colour food images using a robust algorithm. *Journal of Food Engineering*, *66*(3), 353–360.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.04.001>
- Montenegro-Bonilla, D. M., Flores-Flores, N. L., Rodriguez-Lira, B. M., Arriaga-Montiel, N. I., Yáñez-Chávez, D. I., & Ramírez-Moreno, E. (2023). Análisis de los aceites vegetales y su estabilidad en la fritura. *Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de La Salud Universidad Autónoma Del Estado de Hidalgo*, *11*(22), 58–66.
<https://doi.org/10.29057/icsa.v11i22.10217>

- Montes, N., Millar, I., Provoste, R., Martínez, N., Fernández, D., Morales, G., & Valenzuela, R. (2016). Absorción de aceite en alimentos fritos. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(1), 87–91. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000100013>
- Montes, N., Millar, I., Provoste, R., Martínez, N., Fernández, D., Morales, G., & Valenzuela, R. (2016). Absorción de aceite en alimentos fritos. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(1), 87–91. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182016000100013>
- Muñoz, A. L., Alvarado G., A., & Almanza M., P. J. (2015). Caracterización preliminar del cultivo de arracacha *Arracacia xanthorrhiza* Bancroft en el departamento de Boyacá. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 32(1), 3–11. <https://doi.org/10.22267/rcia.153201.20>
- Narro Sáenz, L. (2021). *Determinación de la temperatura de fritura y espesor para obtener hojuelas de arracacha (Arracacia xanthorrhiza bancroft)* [Tesis , Universidad Nacional de Cajamarca]. <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4507/TESIS%20KAREN%20LEYDIDIANA%20NARRO%20S%20C3%81ENZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Navas, P., Ledezma, J., & Martínez, S. (2015). Características sensoriales de papas tipo bastón fritas en aceite condimentados. *Saber*, 27(2). <https://www.redalyc.org/pdf/4277/427742245010.pdf>
- Naz, S., Siddiqi, R., Sheikh, H., & Sayeed, S. (2005). Deterioration of olive, corn and soybean oils due to air, light, heat and deep-frying. *Food Research International*, 38, 127–134. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2004.08.002>
- Oke, E., Idowu, M., Sobukola, O., Adeyeye, S., & Akinsola, A. (2018). Frying of Food: A Critical Review. *Journal of Culinary Science and Technology*, 16(2), 107–127. <https://doi.org/10.1080/15428052.2017.1333936>

- Oke, E. K., Idowu, M. A., Sobukola, O. P., Adeyeye, S. A. O., & Akinsola, A. O. (2018). Frying of Food: A Critical Review. *Journal of Culinary Science & Technology*, 16(2), 107–127. <https://doi.org/10.1080/15428052.2017.1333936>
- Oluwaniyi, O., Dosumu, O., & Awolola, G. (2010). Effect of local processing methods (boiling, frying and roasting) on the amino acid composition of four marine fishes commonly consumed in Nigeria. *Food Chemistry*, 123(4), 1000–1006. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.051>
- Oyedeji, A. B., Sobukola, O. P., Henshaw, F. O., Adegunwa, M. O., Sanni, L. O., & Tomlins, K. I. (2016). Kinetics of mass transfer during deep fat frying of yellow fleshed cassava root slices. *Heat and Mass Transfer*, 52(5), 1061–1070. <https://doi.org/10.1007/s00231-015-1625-0>
- Pathare, P., Opara, U., & Al-Said, F. (2013). Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food and Bioprocess Technology*, 6(1), 36–60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>
- Pavi, H., Moreno, M., & Acosta, H. (2002). Potenciometría de azúcares reductores y un método para determinar los índices de solubilidad y de absorción de agua en almidones agrios. *Ciencia y Tecnología*, 4(1), 19–25.
- Rabanal Del Aguila, M. (2018). Efecto del tiempo en cocción y en fritura en las características fisicoquímicas y aceptabilidad de la Arracacia xanthorrhiza “arracacha”, de la variedad amarilla [Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas]. In *h*. <https://hdl.handle.net/20.500.14077/1389>
- Rivera, J., Granica, J., Rubio, S., Lozano, M., Rosero, J., Trujillo, Lady, & Herrera, Y. (2015). *Recomendaciones tecnológicas para la producción de semilla de calidad de arracacha (Arracacia xanthorrhiza Bancroft): manejo fitosanitario de la semilla vegetativa de arracacha*.

https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/1955/Ver_Documento_1955.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Rodríguez, G., Zuluaga, C., Puerta, L., & Ruiz, L. (2013). Evaluación de parámetros fisicoquímicos en el proceso de fritura de banano osmodeshidratado. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(1 SE-Artículos originales), 123–129.
- Rojas, D. L., & Barreto, P. C. (2016). Diagnóstico de competitividad del sector productor de arracacha. Caso municipio de Boyacá (Colombia) 2014. *Apuntes Del Cenes*, 35(62), 245–278. <https://doi.org/10.19053/22565779.5229>
- Rueda, G., Gutierrez, C., Mistretta, G., Peralta, F., Golato, M., Ruiz, M., & Paz, D. (2016). Determinación del contenido de humedad del bagazo de caña de azúcar por medio de microondas. *Revista Industrial y Agrícola de Tucumán*, 93(2), 7–12.
- Ruiz-Barboza, Y., Gavidia-Pérez, Y. M., & Velásquez-Barreto, F. F. (2025). Efecto del tiempo y temperatura de fritura en la humedad final y parámetros de color de hojuelas de oca (*Oxalis tuberosa*). *Revista de Investigación Agropecuaria Science and Biotechnology*, 5(2), 28–39. <https://doi.org/10.25127/riagrop.20252.1058>
- Saguy, I., & Dana, D. (2003). Integrated approach to deep fat frying: Engineering, nutrition, health and consumer aspects. *Journal of Food Engineering*, 56(2–3), 143–152. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00243-1](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00243-1)
- Salhuana, J., Siche, R., Abanto, L., & Vásquez, V. (2022). Determination of the color change in frying of four varieties of potato (*Solanum tuberosum*) using computer vision. *Manglar*, 19(1), 45–52. <https://doi.org/10.17268/manglar.2022.006>
- Sanchez, G., Martos, R., & Ballesteros, E. (2005). Estudio comparativo de distintas técnicas analíticas (espectroscopía de NIR y RMN y extracción mediante Soxhlet) para la determinación del contenido graso y de humedad en aceitunas y orujo de Jaén. *Grasas y*

Aceites, 56(3).

<https://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/111/111>

Seijas-Chacón, H., & Pabon-Mora, C. (2017). Coeficiente de difusión y pérdida de humedad durante el proceso de prefritura de la arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*). *LIMENTECH*, 15(1). <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/alimen/article/view/2171/7823>

Soares, K., Gomes, J. L., Junqueira, J. R. de J., Nunes, E. E., Silveira, P. G., & Santos, J. H. (2023). Peruvian carrot chips obtained by microwave and microwave-vacuum drying. *LWT*, 187, 115346. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.115346>

Thiex, N. (2009). Evaluation of Analytical Methods for the Determination of Moisture, Crude Protein, Crude Fat, and Crude Fiber in Distillers Dried Grains with Solubles. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 92(1), 61–73. <https://doi.org/10.1093/jaoac/92.1.61>

Tirado, D., & Correa, D. (2016). Freído por inmersión de los alimentos. *ResearchGate*, 12(1), 70–82.

Tirado, D., Acevedo, D., & Montero, P. (2015). Transferencia de Calor y Materia durante el Proceso de Freído de Alimentos: Tilapia (*Oreochromis niloticus*) y Fruta de Pan (*Artocarpus communis*). *Información Tecnológica*, 26(1), 85–94. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000100010>

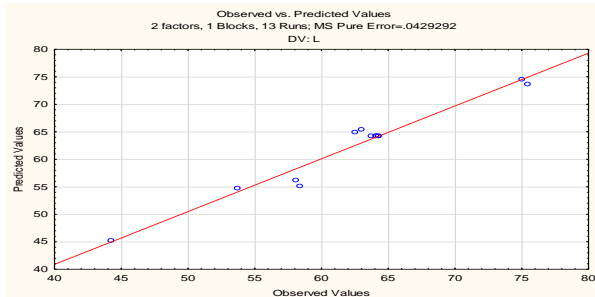
Valenzuela, A., Sanhueza, J., Nieto, S., Petersen, G., & Tavella, M. (2003). Estudio Comparativo en Fritura de la Estabilidad de Diferentes Aceites Vegetales. *Researchgate*, 53(4), 1–10.

Vásquez, J., & Aurora, E. (2021). Efecto de la temperatura y tiempo de fritura en la textura y color de un chip de Oca (*Oxalis Tuberosa*). *INGENIERÍA: Ciencia, Tecnología e Innovación*, 8(1). <https://doi.org/10.26495/icti.v8i1.1541>

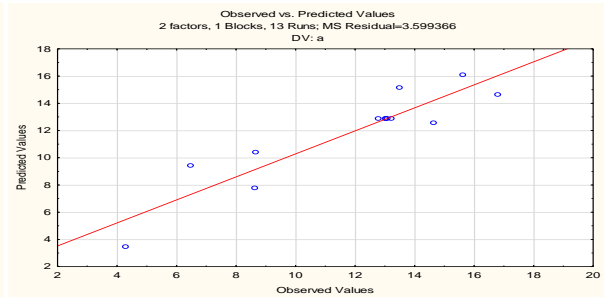
- Vilela, H. C., Goulart, P. de F. P., Souza, K. R. D. de, Boas, A. C. V., Roda, J. S., & Oliveira, R. M. E. de. (2015). Antioxidant enzyme activity and fresh-cut arracacha quality. *Ciência e Agrotecnologia*, 39(3), 276–282. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542015000300009>
- Vitrac, O., Dufour, D., Trystram, G., & Raoult-Wack, A. (2002). Characterization of heat and mass transfer during deep-fat frying and its effect on cassava chip quality. *Journal of Food Engineering*, 53(2), 161–176. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(01\)00153-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(01)00153-4)
- Wang, N., Lu, Q., Han, Y., Liu, Y., & Zhang, S. (2025). Improvement of oil absorption and quality of potato chips based on pre-drying and post-frying heating treatments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 105(15), 8752–8762. <https://doi.org/10.1002/jsfa.70120>
- Yıldız, A., Koray, P., & Erdoğan, F. (2007). Determination of heat and mass transfer parameters during frying of potato slices. *Journal of Food Engineering*, 79(1), 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.01.021>
- Ziaifar, A. M., Achir, N., Courtois, F., Trezzani, I., & Trystram, G. (2008). Review of mechanisms, conditions, and factors involved in the oil uptake phenomenon during the deep-fat frying process. *International Journal of Food Science & Technology*, 43(8), 1410–1423. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01664.x>

CAPÍTULO 7. ANEXOS

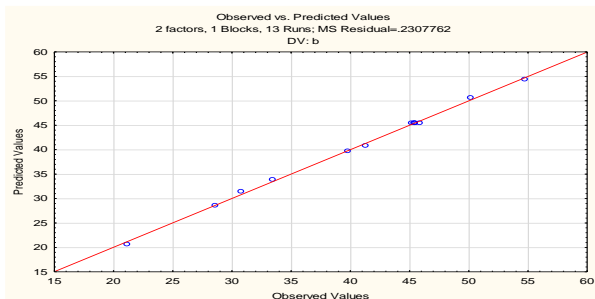
Anexo 1. Análisis de regresión para las variables de color, humedad, porcentaje de aceite y aceptabilidad.



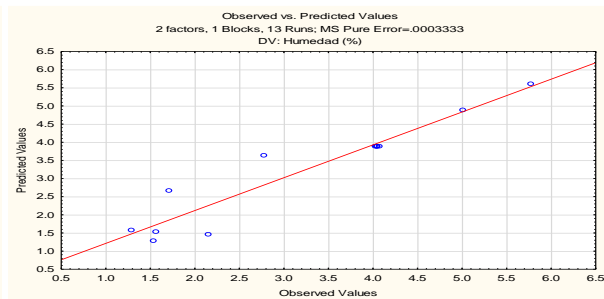
(a) Gráfico de regresión de L*



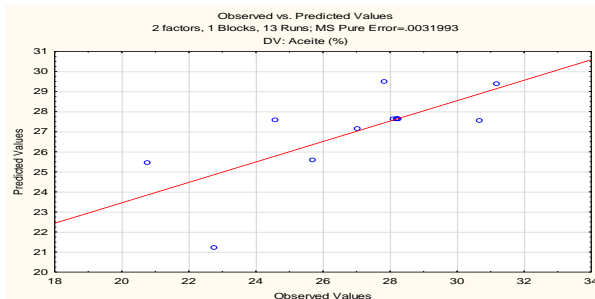
(b) Gráfico de regresión de a*



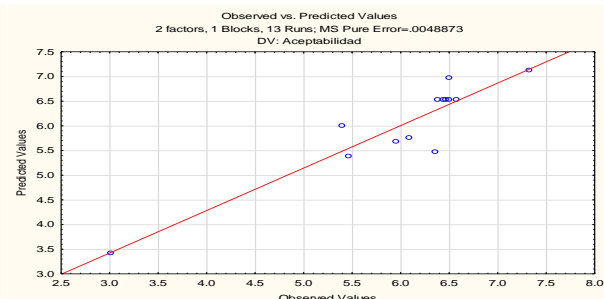
(c) Gráfico de regresión de b*



(d) Gráfico de regresión de Humedad (%)

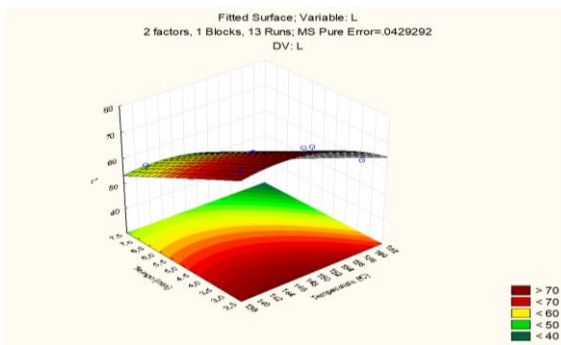


(e) Gráfico de regresión de aceite (%)

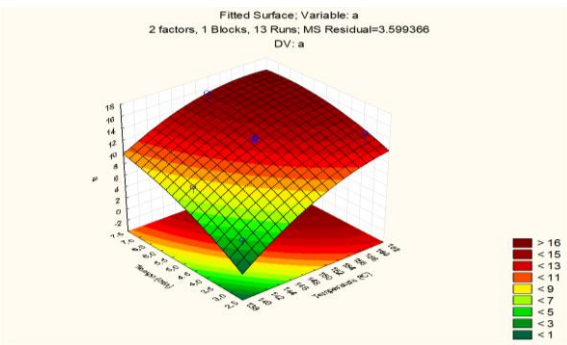


(f) Gráfico de regresión de aceptabilidad

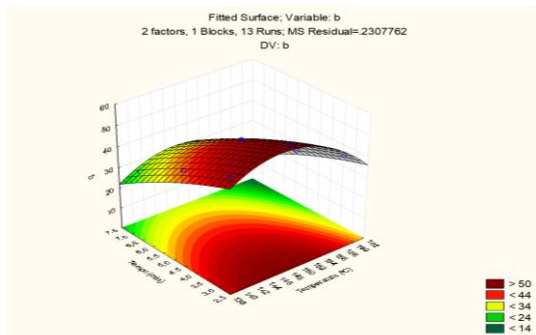
Anexo 2. Análisis de superficie respuesta (SM) tridimensional para las variables de color, humedad, porcentaje de aceite y aceptabilidad.



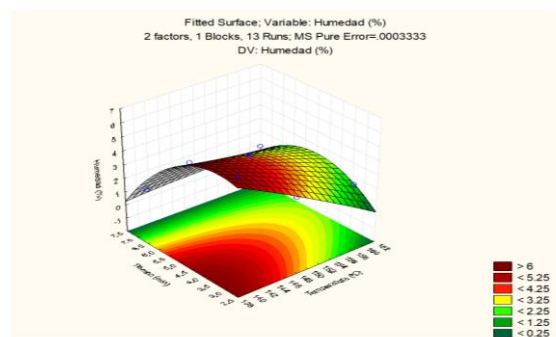
(a) Gráfico de SM de L*



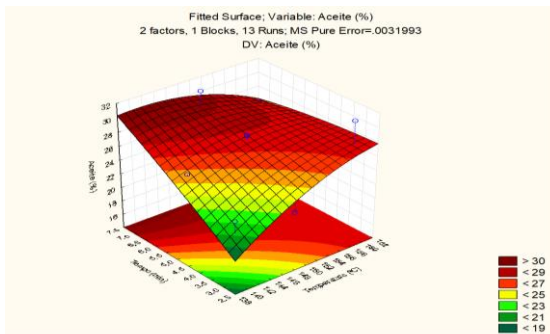
(b) Gráfico de SM de a*



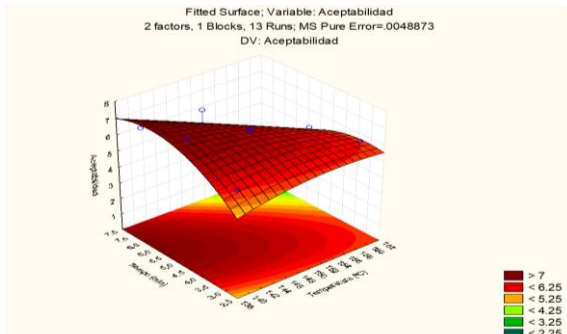
(c) Gráfico de SM de b*



(d) Gráfico de SM de Humedad (%)



(e) Gráfico de SM de aceite (%)



(f) Gráfico de SM de aceptabilidad

Anexo 3. Ficha para evaluación de aceptabilidad de los panelistas

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL DE HOJUELAS DE ARRACACHA

EDAD.....

SEXO.....

1. INSTRUCCIONES

- Usted tiene a su disposición 9 muestras de hojuelas de arracacha de la variedad amarilla las cuales han pasado por un proceso de fritura.
- Por favor, marcar según corresponda en base a la escala hedónica.
- Tomar un poco de agua y enjuagarse entre muestra y muestra.

2. MARCA CON UNA "X" LA OPCION QUE CONSIDERE ADECUADA PARA DESCRIBIR LAS MUESTRAS:

| ESCALA HEDÓNICA | MUESTRAS | | | | | | | | |
|----------------------------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 215 | 347 | 592 | 864 | 479 | 138 | 726 | 351 | 983 |
| Me disgusta extremadamente | | | | | | | | | |
| Me disgusta mucho | | | | | | | | | |
| Me disgusta moderadamente | | | | | | | | | |
| Me disgusta levemente | | | | | | | | | |
| No me gusta ni me disgusta | | | | | | | | | |
| Me gusta levemente | | | | | | | | | |
| Me gusta moderadamente | | | | | | | | | |
| Me gusta mucho | | | | | | | | | |
| Me gusta extremadamente | | | | | | | | | |

3. EN CASO QUE EL ANALISTA TENGA ALGUNAS OBSERVACIONES MENCIONARLAS A CONTINUACIÓN:

.....

Anexo 4. Álbum fotográfico

Imagen 1. Acondicionamiento de tubérculos de arracacha



Imagen 2. Cortado y moldeado de hojuelas de arracacha



Imagen 3. Fritura de hojuelas de arracacha



Imagen 4. Determinación de color para las hojuelas fritas de arracacha



Imagen 5. Análisis de humedad de las hojuelas fritas de arracacha



Imagen 6. Determinación del porcentaje de aceite de hojuelas fritas de arracacha



Imagen 7. Prueba de aceptabilidad por parte de los panelistas

