

UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD



Factores asociados a la concentración de compuestos polares
totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana
2021

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
LICENCIADO EN NUTRICIÓN Y DIETÉTICA**

AUTOR

Juliana Liseth Calderon Laime
Anyela Fiorella Zevallos Vicharra

ASESOR

Maria del Carmen Taipe Aylas

COASESOR

Danny Domínguez Del Águila

Lima, Perú

2024

METADATOS COMPLEMENTARIOS**Datos de los Autores****Autor 1**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Autor 2

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Autor 3

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Autor 4

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (opcional)	

Datos de los Asesores**Asesor 1**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (Obligatorio)	

Asesor 2

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	
Número de Orcid (Obligatorio)	

Datos del Jurado

Presidente del jurado

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Segundo miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Tercer miembro

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	
Número del documento de identidad	

Datos de la Obra

Materia*	
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado:	
Idioma	
Tipo de trabajo de investigación	
País de publicación	
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	
Grado académico o título profesional	
Nombre del programa	
Código del programa Consultar el listado:	

***Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesauro).**

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE NUTRICIÓN Y DIETÉTICA SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LICENCIATURA

ACTA N° 140-2024

En la ciudad de Lima, a los dos días del mes de Septiembre del año dos mil veinticuatro, siendo las 10:50 horas, las Bachilleres ZEVALLOS VICHARRA, ANYELA FIORELLA Y CALDERON LAIME, JULIANA LISETH sustentan su tesis denominada **“Factores asociados a la concentración de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021”** para obtener el Título Profesional de Licenciado en Nutrición y Dietética, del Programa de Estudios de Nutrición y Dietética.

El jurado calificó mediante votación secreta:

- | | |
|--|----------------------|
| 1.- Prof. Jhelmira Bermudez Aparicio | APROBADO : MUY BUENO |
| 2.- Prof. Josselyne Escobedo Encarnacion | APROBADO : MUY BUENO |
| 3.- Prof. Vladimir Michael Colcas Acuña | APROBADO : MUY BUENO |

Se contó con la participación del asesor:

- 4.- Prof. Maria del Carmen Taipe Aylas

Habiendo concluido lo dispuesto por el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Católica Sedes Sapientiae y siendo las 11:45 horas, el Jurado da como resultado final, la calificación de:

APROBADO : MUY BUENO

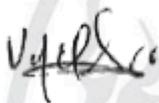
Es todo cuanto se tiene que informar.



Prof. Jhelmira Bermudez Aparicio
Presidente



Prof. Josselyne Escobedo Encarnacion



Prof. Vladimir Michael Colcas Acuña



Prof. Maria del Carmen Taipe Aylas

Lima, 02 de Setiembre del 2024

Anexo 2

CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESORA DE TESIS CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Los Olivos, 02 de agosto del 2024

Señor Doctor,
Yordanis Enriquez Canto
Jefe del Departamento de Investigación
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Católica Sedes Sapientiae

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que la tesis, bajo mi asesoría, con título: *Factores asociados a la concentración de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021*, presentado por Juliana Liseth Calderon Laime (código de estudiante: 20092005 / DNI: 47376350) y Anyela Fiorella Zevallos Vicharra (código de estudiante: 2011101165 / DNI: 72927251) para optar el título profesional de Licenciado en Nutrición y Dietética ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser sustentado ante el Jurado Evaluador.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 9 %** (nueve por ciento).* Por tanto, en mi condición de asesor(a), firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,



Maria del Carmen Taipe Aylas

Firma del Asesor (a)

DNI N°: 09732261

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4476-542X>

Facultad de Ciencias de la Salud

* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

Factores asociados a la concentración de compuestos polares
totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana
2021

DEDICATORIA

De Juliana:

A Dios, por no dejarme en este camino que ha sido complicado y regalarme un poco de sabiduría y fortaleza.

A mis padres, Adolfina y Hugo, quienes me han dado la existencia, y la capacidad por superarme y desear lo mejor en cada paso de este camino difícil de la vida.

A mi esposo Omar, por ser pieza clave y apoyo incondicional durante toda la realización de este proyecto, incluso en los momentos más tediosos. No fue fácil, pero estuvo motivándome y ayudándome hasta donde sus alcances lo permitían.

A mis hijos, por ser un motivo de seguir adelante, del cual tarde o temprano se obtendrá su recompensa.

A mi suegra, por apoyarme en este trayecto.

A mi compañera de tesis, por su apoyo, pese a todas las circunstancias que hemos pasado.

A toda mi familia y amigos, a quienes quiero por su presencia y respaldo.

De Anyela:

A mi familia, y a todos los que estuvieron a mi lado, por ayudarme, escucharme, aconsejarme y, en muchas ocasiones, guiarme.

AGRADECIMIENTO

De Juliana y Anyela:

A nuestra asesora, Mg. Maria del Carmen Taípe Aylas, por confiar desde un comienzo en nuestro proyecto, por compartir sus conocimientos y guiarnos en el proceso.

A nuestro coasesor, el Ing. Danny Domínguez, por su motivación y por el tiempo que dedicó para compartir sus conocimientos y por facilitarnos la herramienta principal para la realización del proyecto, y enseñarnos todo lo necesario con respecto a su manejo.

RESUMEN

Objetivo: Determinar la influencia de los factores asociados a la concentración de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021. **Metodología:** Estudio experimental y explicativo con 135 muestras. Estudio realizado con datos obtenidos por screening en cuatro mercados representativos de Lima metropolitana: Lima Norte, Mercado Unicachi de Comas, Lima Centro, Mercado La Parada de La Victoria, Lima Este, Mercado Productores de Santa Anita y Lima Sur, Mercado Unicachi de Villa El Salvador. Se emplearon cinco marcas de aceite (volumen, 1000 ml): La Patrona, Deleite, Primor, Mirasol y Don Sabor; asimismo, se realizaron frituras usando 3 variedades de papa fresca (canchán, yungay y huamantanga). Se midió el % de compuestos polares, utilizando el instrumento Testo 270. Posteriormente, se aplicó el software estadístico Primer-e, Past 4.10 y Stata 15.

Para el análisis, se realizó Permanova de una vía, Permdisp, Permanova de dos vías y Permanova de tres vías. Así, se logró estimar el porcentaje de compuestos polares (variable dependiente) y su relación respecto a cuatro variables independientes: marca de aceite, nivel de temperatura, uso del aceite y variedad de papa. **Resultados:** Existe relación significativa entre marca de aceite, nivel de temperatura y uso del aceite con el aumento de compuestos polares totales ($p < 0.05$). Sin embargo, la variable variedad de papa no presentó diferencia significativa. **Conclusión:** Existe influencia de factores como las altas temperaturas y la reutilización del aceite, la cual evidenció la elevación de la polaridad de los ácidos grasos en aceites.

ABSTRACT

Objective: To determine the influence of the factors associated with the concentration of total polar compounds in oils obtained in markets of Metropolitan Lima 2021.

Methodology: Experimental and explanatory study with 135 samples. Study carried out with data obtained by screening in four representative markets of Metropolitan Lima: North Lima, Unicachi Market in Comas, Central de Lima, La Parada Market in La Victoria, East Lima, Producers Market in Santa Anita and South Lima, Unicachi Market in Villa El Savior. Five brands of oil (volume, 1000 ml) were used: La Patrona, Deleite, Primor, Mirasol and Don Sabor; Likewise, fried foods were made using 3 varieties of fresh potatoes (canchán, Yungay and huamantanga). The % of polar compounds was measured using the TESTO 270 instrument. Subsequently, the statistical software PRIMER-e, PAST 4.10 and STATA 15 were applied.

One-way PERMANOVA, PERMDISP, two-way PERMANOVA and three-way PERMANOVA were performed for the análisis. With this, it was possible to estimate the percentage of polar compounds (dependent variable) and their relationship with respect to four independent variables: brand of oil, level of temperature, use of oil and potato variety. **Results:** There is a significant relationship between oil Brand, temperature level and oil use with the increase in total polar compounds ($p < 0.05$). However, the potato variety variable did not present a significant difference. **Conclusion:** There is an influence of factors such as high temperatures and the reuse of the oil, which evidenced the elevation of the polarity of fatty acids in oils.

ÍNDICE

Resumen	v
Índice	vii
Introducción	viii
Capítulo I. El problema de investigación	9
1.1.Situación problemática	9
1.2.Formulación del problema	11
1.3.Justificación de la investigación	11
1.4.Objetivos de la investigación	12
1.4.1.Objetivo general	12
1.4.2.Objetivos específicos	12
1.5.Hipótesis	12
Capítulo II. Marco teórico	13
2.1.Antecedentes de la investigación	13
2.2.Bases teóricas	15
Capítulo III. Materiales y métodos	20
3.1.Tipo de estudio y diseño de la investigación	20
3.2.Población y muestra	20
3.2.1.Tamaño de la muestra	20
3.2.2.Selección del muestreo	20
3.2.3.Criterios de inclusión y exclusión	21
3.3.Variables	22
3.3.1.Definición conceptual y operacionalización de variables	22
3.4.Plan de recolección de datos e instrumentos	23
3.5.Plan de análisis e interpretación de la información	24
3.6.Ventajas y limitaciones	24
3.7.Aspectos éticos	25
Capítulo IV. Resultados	25
Capítulo V. Discusión	31
5.1. Discusión	31
5.2. Conclusión	34
5.3. Recomendaciones	34
Referencias bibliográficas	35
Anexos	

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el consumo de frituras se encuentra ampliamente distribuido a lo largo del país. Estas representan uno de los métodos culinarios favoritos por los peruanos para las preparaciones de nuestra llamativa gastronomía de las 3 regiones (1). Sin embargo, resulta indispensable conocer que las frituras, luego de ser sometidas a tiempos de calentamiento, evidencian degradación del aceite o materia grasa, iniciando una cadena de “reacciones químicas” que deja como productos moléculas llamadas compuestos polares, los cuales resultan potencialmente tóxicos (2). Estos compuestos polares se adhieren al alimento frito y, posteriormente, son ingeridos, lo cual evidencia un riesgo para la salud de consumidor. Al ser elementos de bajo peso molecular, interfieren directamente sobre los tejidos celulares, pudiendo originar irritaciones intestinales, así como algunos tipos de cánceres entre otros (3).

Solo algunos estudios a nivel nacional han demostrado la calidad de los aceites vegetales, a través de la concentración de compuestos polares totales en determinados niveles de cocción (4). Por lo tanto, se considera relevante investigar esta premisa a nivel doméstico, ya que tiene implicancias directas sobre la salud de los consumidores (5). Además, para abarcar a toda la población de Lima Metropolitana, resulta indispensable emplear un método rápido y sencillo como el Testo 270. La finalidad es determinar la calidad del aceite de fritura controlando valores inferiores al 25%. Por otro lado, cabe recalcar que su uso está contemplado en la norma sanitaria de restaurantes y servicios de alimentación y afines del año 2018, la cual indica que se opte equipos portátiles como este (6).

Así, se propone determinar los factores asociados a la concentración de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021.

CAPÍTULO I. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Situación problemática

En el siglo XIX, con la llegada de la revolución industrial, se produjo la innovación de tecnologías a diferentes niveles. En el ámbito alimentario, se desarrollaron métodos para producción y conservación de alimentos. Estos representaban altas concentraciones de calorías, adición de grasas, déficit de nutrimentos y fibra dietaria. A consecuencia de este hecho, se fue desplazando la dieta saludable en la sociedad de ese entonces, llegando a establecerse nuevos patrones alimentarios insalubres con características “proaterogénicas y proinflamatorias” (7) (8).

En el siglo XX, a partir de la globalización, se sigue reflejando los cambios en el aumento de la exigencia laboral, la exposición al estrés, la limitación del tiempo disponible, el sedentarismo y la alimentación. Eso continuó favoreciendo la tendencia de consumo de alimentos no tradicionales y prácticas poco saludables. Ese es el caso de la fritura, la cual se ha convertido en uno de los procesos culinarios por excelencia de la dieta en la época actual (9) (10).

En nuestro país, Perú, el Ministerio de Salud ha reportado que “en la última década se incrementó en un 265% el consumo de comida rápida”. Siendo esta la velocidad de aumento más alta de la región. Además, el Instituto Nacional de Salud informó que el 87.1% de nuestra población consume al menos una vez a la semana preparaciones en forma de frituras (11). De igual manera, estudios realizados a nivel de Lima Metropolitana en escolares analizaron los patrones de consumo alimentario, hallando que el 68% consume frituras en casa dos o más veces a la semana, lo cual representa un consumo mayor a lo recomendado por las guías alimentarias para el poblador peruano (12) .

Según especialistas en nutrición y seguridad alimentaria del Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas (WFP), lo mencionado constituye una problemática de suma importancia, ya que viene afectando prematuramente diferentes grupos etarios como infantes y adolescentes. Además, se refiere a un aumento de la incidencia de enfermedades crónicas antes de los 30 años, las cuales usualmente se podían evidenciar a partir de los 40 años en adelante (13).

Para la obtención de comida rápida, es necesario que se lleve a cabo el proceso de fritura. Este método de cocción es el predilecto por la rapidez para su elaboración y puede ser aplicada fácilmente tanto a nivel doméstico como industrial. Con respecto a la fritura, se utilizará al aceite como materia prima, el cual será sometido a altas temperaturas. A través de la transferencia de calor, se realiza una cocción rápida y uniforme del alimento, mejorando las características organolépticas de este (14).

Por otro lado, cabe mencionar que, durante el proceso de fritura, se desarrollan diversas reacciones químicas como la hidrólisis, oxidación, polimerización y degradación térmica de ácidos grasos insaturados, dejando como producto moléculas de bajo peso molecular como el caso de los compuestos polares. Estos se adherirán al alimento que posteriormente será ingerido (15).

Un estudio experimental en ratas wistar macho alimentadas con aceites de repetidos ciclos de uso, que contienen un nivel de compuestos polares inferior a lo que establece la normativa, evidenció daño a nivel de membranas celulares, el cual también se pudo observar a nivel histológico. Fue posible analizar de manera latente “la degeneración de tejido” a medida que aumenta la cantidad de compuestos

polares en la dieta, viéndose afectado principalmente el sistema cardiovascular de este grupo de ratas (16).

Para prevenir una rápida degradación del aceite durante la fritura es necesario un correcto manejo. Factores como el tipo de aceite, número de uso de frituras, tipo de alimento a freír y la manipulación de las temperaturas, contribuyen al deterioro físico y químico del aceite o también llamado "oxidación de lípidos". Ello se puede contrastar en la normativa sanitaria para servicios de alimentación colectiva con la Resolución Ministerial n.º 405-2018-Minsa, la cual indica que las grasas y aceites utilizadas para freír no deben calentarse a más de 180°C y, durante su reutilización, deben filtrarse para eliminar partículas de alimentos que hubieran quedado de las frituras anteriores. Asimismo, cuando los cambios de color, olor, turbidez, sabor, entre otros, den indicios de un recalentamiento excesivo o quemado, debe desecharse (6).

Es importante que se asegure una fritura inocua en referencia al nivel doméstico, debido a que no existe control o difusión sobre prácticas saludables del manejo de las frituras, considerando que, actualmente, las cifras arrojan niveles altos de consumo de alimentos fritos es necesaria una adecuada promoción de este proceso. A esto se debe sumar el alza de los precios en la materia prima principal para las frituras, aceite, la cual ha tenido como consecuencia que se promueva el uso continuo y prolongado de aceites recalentados, lo que podría representar un riesgo para el estado de salud (14) (17).

Por todo lo expuesto, en esta investigación, se desarrollaron frituras de papas con el empleo de diferentes marcas de aceite más usadas en cuatro mercados representativos de Lima metropolitana, manejo de temperaturas (inicial, intermedio y final) y la determinación de compuestos polares.

Finalmente, bajo este contexto, la presente investigación pretende responder la siguiente interrogante: ¿cuál será la influencia de los factores asociados a la concentración de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021?

1.2. Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la influencia de los factores asociados a la concentración de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021?

1.2.2 Problemas específicos

¿Cuál es la influencia de las temperaturas de cocción sobre los porcentajes de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021?

¿Cuál será la influencia de la marca de aceite sobre los porcentajes de compuestos polares en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021?

¿Cuáles serán las influencias de los números de uso de aceite sobre los porcentajes de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021?

¿Cuál será la influencia de la variedad de papa sobre los porcentajes de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021?

1.3. Justificación de la investigación

El objetivo de la presente investigación se basa en analizar la influencia de los factores asociados a la concentración de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana en el año 2021.

La importancia en la presente investigación radica en que se determinará la calidad del aceite a través de la medición de la concentración de compuestos polares totales, luego de diferentes tratamientos térmicos (18). Asimismo, es importante recalcar que se realiza este estudio, debido a que existe poca información sobre la calidad de diferentes marcas más comunes de aceite para consumo humano en el mercado de Lima Metropolitana (19). De igual manera, se ha podido recoger información donde se muestra que la reutilización del aceite de las frituras es una de las prácticas más frecuentes en los hogares de Lima Metropolitana para “aprovechar” su uso en otras preparaciones. En ese contexto, cabe señalar que someter a los aceites de las frituras a sucesivos ciclos de calentamiento causa su deterioro, dejando productos secundarios que serán ingeridos directamente con los alimentos. Esto puede causar enfermedades cardiovasculares, intestinales, aterosclerosis, retardo en el crecimiento de niños, incluso algunos tipos de cánceres (20).

Por otro lado, según revisiones bibliográficas, los pobladores de Lima Metropolitana consumen preparaciones a base de frituras por lo menos dos veces a la semana. Eso significa que mantener esa frecuencia de consumo aumentaría la incidencia de las enfermedades ya mencionadas (13).

Asimismo, los integrantes de las familias de Lima Metropolitana pertenecen a la etapa de vida adulta (30 a 59 años), las cuales conforman la población económicamente activa (PEA). Por lo tanto, son las que aportan al producto bruto interno (PBI). Bajo ese contexto, dicha población, valga la redundancia, sería una población de riesgo (21) (22). En relación a la trascendencia, la presente investigación trabajó con todas las marcas

de aceite más consumidas en Lima Metropolitana. Dicha información fue obtenida a través de una encuesta realizada en 400 personas en las locaciones de los principales mercados de Lima Metropolitana. Lo mencionado se realizó con el objetivo de minimizar sesgos para el recojo de las muestras y controlar el error aleatorio. Asimismo, para el recojo de la data, se utilizó un instrumento de laboratorio, cuyo uso se contempla en la normativa tanto a nivel nacional como internacional para la determinación de CPT. Así, se estaría controlando el error sistemático.

También se realizó un análisis estadístico de nivel multivariado con el objetivo de controlar el efecto puro de las variables independientes. De esta manera, se trató de controlar la influencia de estas variables confusoras-modificadoras para manejar mejor el error sistemático (23).

Finalmente, en relación con la viabilidad del presente estudio, se obtuvo convenio con la UNMSM, la cual brindó los equipos correspondientes para el levantamiento de la data.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Analizar los factores asociados a la concentración de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021.

1.4.2. Objetivos específicos

Determinar la influencia de temperaturas de cocción sobre los porcentajes de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021.

Determinar la influencia de la marca de aceite sobre los porcentajes de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021.

Determinar la influencia de los números de usos de aceite sobre los porcentajes de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021.

Determinar la influencia de variedad de papa sobre los porcentajes de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021.

1.5. Hipótesis

1.5.1 Hipótesis nula

No existe influencia de los factores asociados a la concentración de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021.

1.5.2 Hipótesis alterna

Existe influencia de los factores asociados a la concentración de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

En la recopilación de antecedentes tanto internacionales como nacionales, los artículos encontrados son del 2014 al 2021.

2.1.1 Antecedentes nacionales

Una tesis realizada por Chavéz, en 2020, tuvo como objetivo principal el control y calidad del aceite a través de una propuesta de incorporar un dispositivo que lea los TPM (impurezas de los aceites) para mejorar el control y calidad de aceite en la máquina de fritura de pollo, además de ayudar en la parte económica y reducir costos. Asimismo, eso permitirá que la población se sienta segura de ir a comprar sin miedo a enfermarse, ya que se sabe que, en pocos años, la obesidad se ha ido incrementando y es una enfermedad que está causando malestar en la población (24).

En la tesis de Calagua et al., en 2019, el objetivo fue recuperar el aceite proveniente de la fritura de papas con seis horas de fritura profunda, utilizando un sistema de adsorción y filtración. Para verificar la calidad del aceite producto, se realizaron análisis de acidez e índice de peróxido, y se analizaron los compuestos polares al aceite filtrado, presentando mejores resultados (25).

Calsinet al., en 2016, desarrollaron un estudio en el cual fueron evaluados la estabilidad oxidativa del aceite de soya con adición de antioxidante de Isoflavona y TBHQ durante la fritura de papas, analizados en tiempo de 0, 1.5, 2.5 y 3.5 horas a 180° C con intervalos de fritura de papas cada 30 minutos, realizando ocho eventos de fritura. Para evaluar, se realizaron pruebas de índices de peróxido, acidez, dienos y trienos. Se presenta un incremento a las 3.5 horas, luego se observa una disminución del índice de peróxido. Los peróxidos son inestables y se descomponen a la temperatura de fritura, pues es útil como indicador de la oxidación en la etapa inicial, pero pueden disminuir y aumentar durante la fritura. Por lo tanto, no es un parámetro fiable para determinar la estabilidad oxidativa del aceite (26).

En la tesis de Cuba, en 2015, el objetivo fue determinar la presencia de hidrocarburos aromáticos benzo(a)pireno y compuestos polares en aceite recalentado utilizado en las pollerías de la ciudad de Huancayo. Se tomó muestra de aceite a 63 pollerías. Se encontró 25.11% de compuestos polares, los cuales se derivan de que el porcentaje máximo es 25% permitido para el consumo humano y establecido por el Ministerio de Salud de RD 363-2005 por RM de compuestos polares (27).

2.1.2 Antecedentes internacionales

Marchesino et al., en 2020, realizaron un estudio en Argentina sobre los procesos de fritura y su relación con los valores nutricionales y la inocuidad, debido a la creciente utilización de la fritura como método de cocción, ya que resulta de interés entender las modificaciones que ocurren en los alimentos y aceites de fritura durante el proceso de termo-oxidación y los efectos nutricionales asociados al consumo de productos fritos. Se ha llevado a cabo determinantes físico-químicas como indicadores de peróxido, índice de acidez, dienos y trienos conjugados y color, y componentes volátiles de deterioro y sabor, en el aceite de fritura y en los productos, con el fin de localizar el momento óptimo de corte del proceso de fritura, previo a que el deterioro y la generación de compuestos reduzcan la inocuidad y aceptación del alimento (14).

El estudio de Segurondo et al., en 2020, tuvo el objetivo de determinar la rancidez en aceites usados en el proceso de frituras en establecimientos de comida rápida. Para ello, se implementó la prueba de Kreiss (método cualitativo) y el índice de peróxidos (método cuantitativo) para cuantificar la rancidez en los aceites utilizados para el procesamiento de frituras. En el presente trabajo, se obtuvo un total de 12 muestras

analizadas. Eso determinó que el 42% se encuentra fuera del rango establecido según la Norma Boliviana (NB 34008), lo que confirma el uso de aceites rancios en establecimientos de expendio de comida rápida (28).

Feitosa et al., en 2020, evaluaron un estudio acerca de los cambios fisicoquímicos del aceite de palma crudo durante un caso real de fritura de akara, pasta de alubia con forma redondeada cocinada y vendida en la calle en Brasil. Se aplicó la fritura discontinua en cinco días consecutivos, fritando cinco horas al día. La formación de compuestos polares se evaluó mediante el método oficial IUPAC y a través de pruebas rápidas basadas en medidas de propiedades físicas de Testo 270 y Fri-check. Los resultados mostraron que, después de 15 horas de fritura el contenido de los compuestos polares totales, excedía el límite del 25% establecido en la mayoría de las recomendaciones y regulaciones sobre aceites calentados (3).

Jiang et al., en 2020, realizaron un estudio de las propiedades fisicoquímicas del aceite de maíz y su estabilidad oxidativa en la emulsión de aceite en agua, ya que se estudió después de freír pollo por 120 min. Los resultados mostraron que el contenido total de compuestos polares en el aceite a freír aumentó significativamente a 11.3%; además, indicaron que la fritura de pollo por corto tiempo deterioraba la calidad del aceite de maíz y se disminuía su estabilidad oxidativa. Por ello, los consumidores deben considerar los peligros potenciales de los alimentos que contienen aceite para freír a corto tiempo (29).

Clérici et al., en 2018, desarrollaron un estudio donde se tuvo como objetivo evaluar la calidad de los aceites de fritura de 14 establecimientos ubicados entre las cuatro avenidas principales de Catamarca capital. Se realizó la determinación del % CPT con un equipo Testo 270 en el aceite de la freidora a temperaturas 90-190° C. Asimismo, se realizó la valoración de las características organolépticas del aceite, aspecto (turbidez y viscosidad), color y olor. Se concluye que la medición capacitiva del %CPT resultó ser un método rápido y sencillo para evaluar la aptitud de uso del aceite. El oscurecimiento, al igual que la pérdida del olor característico, resultó ser un indicador relacionado con aceite de más de 25%CPT. Sin embargo, el cambio de color puede deberse no solo a la presencia de productos degradados en el aceite, sino también a la transferencia al aceite de los ingredientes del alimento que se está friendo (18).

Durán et al., en 2015, analizaron y actualizaron la evidencia sobre el consumo de aceites producidos y comercializados en Sudamérica, como el aceite de soja, maíz, palma, girasol, canola y oliva, y los efectos en la salud. El efecto saludable de los aceites comestibles puede ser susceptible a la alteración según el procedimiento culinario. Este puede implicar someter al aceite a altas temperaturas (frituras en profundidad o superficial), en cocción de largo tiempo, lo que genera cambios fisicoquímicos que repercuten en la salud. Los alimentos con estos aceites pueden marcar las diferencias en sus efectos (no se recomienda utilizar el aceite de canola en fritura, ya que cambia su perfil lipídico, disminuyendo sus efectos benéficos) (30).

Rivera et al., en 2014, evaluaron un estudio sobre el uso adecuado de aceites y su implicancia directa en la calidad del alimento obtenido y la salud de los consumidores, a partir de evaluación de índices físicos y químicos característicos del aceite. Los resultados obtenidos muestran que, de los 7 establecimientos, el E5, E6 y E7 se encuentra, fuera del límite de compuestos polares fijado a nivel internacional para su descarte (25%) e igualmente valores de índice de acidez por encima del 3% superior al límite establecido por la norma panameña. Por eso, el desconocimiento por parte de los usuarios de la manipulación y uso adecuado del aceite de frituras, la falta de normativa y fiscalización por entes responsables del tema, contribuyen a que algunos de los establecimientos descarten el aceite usado en condiciones excesivas de degradación termooxidativa (2).

2.2. Bases teóricas

2.2.1 Compuestos polares totales (CPT)

Son moléculas originadas por la degradación del aceite luego de someterlo a calentamiento. Según NTP, su contenido deberá ser representado por un valor inferior al 25%.

2.2.1.1. ¿Cómo se produce los compuestos polares?

Se produce de manera acumulativa luego del calentamiento repetido del aceite, evidenciando alteraciones en las estructuras de los ácidos grasos, convirtiéndolos en estructuras poliméricas con carácter polar. En una molécula polar hay ruptura entre las cargas positivas y negativas. Estas moléculas de bajo peso molecular se presentan como monoglicéridos, diglicéridos y ácidos grasos libres, los cuales, en conjunto, son llamados compuestos polares totales (2). Por otro lado, su aparición afecta las características organolépticas del aceite, así como su calidad nutricional (31).

2.2.2 Lípidos

Son macromoléculas insolubles en agua, pero solubles en solventes orgánicos. Dentro de su naturaleza, se incluye a los triglicéridos, fosfolípidos y esteroides (32) (33).

2.2.2.1 Clasificación de los lípidos

Según su estructura molecular, se clasifican en saponificables e insaponificables, encontrándose la diferencia en que los primeros contienen ácidos grasos en su estructura molecular, en tanto que los insaponificables se encuentran privados de ellos (34).

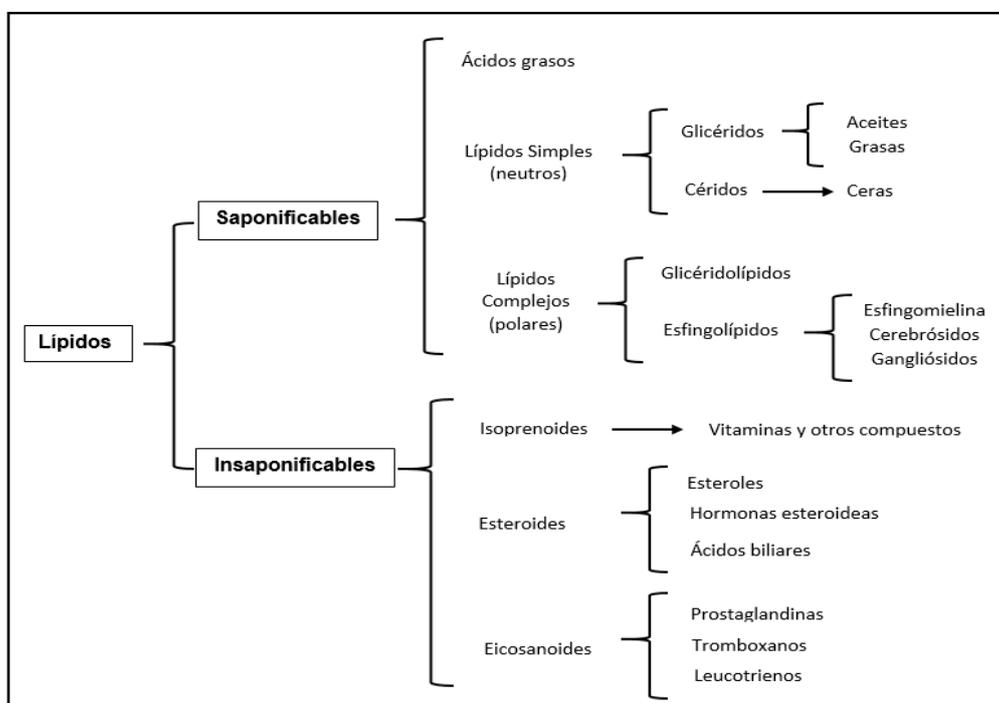


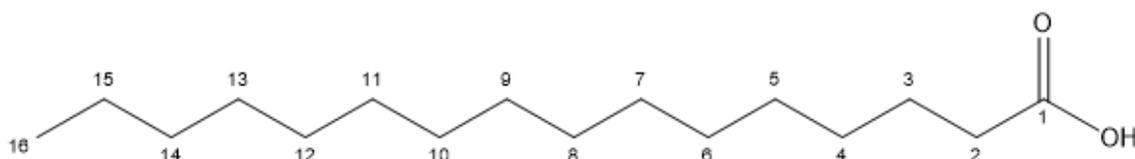
Figura 1. Clasificación de lípidos

2.2.2.2 Ácidos grasos

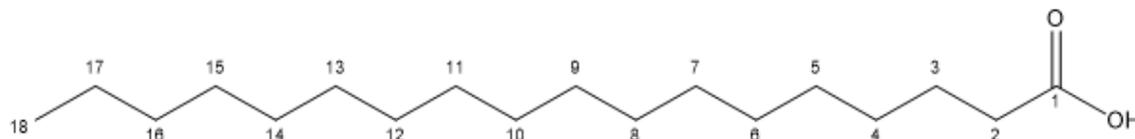
Son ácidos monocarboxílicos de cadena larga. Principalmente, contienen un número par de átomos de carbono, entre 12 y 24 usualmente. Esto se debe a que biológicamente se sintetiza a través de la aposición sucesiva de unidades de dos átomos de carbono. No obstante, existen ácidos grasos con un número impar de átomos de carbono, que posiblemente provienen de la metilación de un ácido graso de cadena par. Además, con relación a sus propiedades químicas, estas corresponden a la presencia de un grupo carboxilo y una cadena hidrocarbonada (35).

2.2.2.2.1 Ácidos grasos saturados

Poseen una reacción química baja. Típicamente contienen un número par de átomos de carbono. Además, en su configuración, no poseen enlaces dobles, por lo que pueden ser líquidos y sólidos a la de la temperatura ambiente. Los ácidos grasos saturados más abundantes de la naturaleza son el palmítico (C16:0 o hexadecanoico) y el esteárico (C18:0 u octadecanoico). También, se puede observar que existen ácidos grasos saturados de menos de 10 átomos de carbono, ya que a temperatura ambiente son líquidos y parcialmente solubles en agua. A partir de 12 carbonos, son sólidos e insolubles en agua. Finalmente, en relación con su punto de fusión, se aumentará proporcionalmente con la longitud de la cadena carbonada (35).



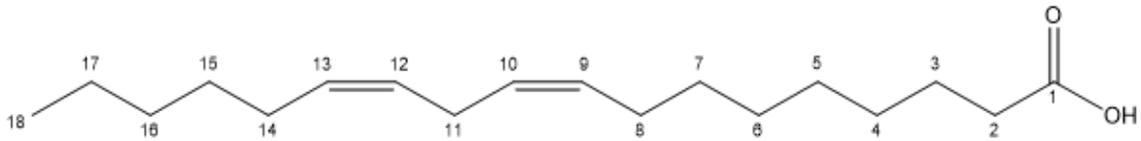
Ácido palmítico; $C_{15}H_{31}COOH$



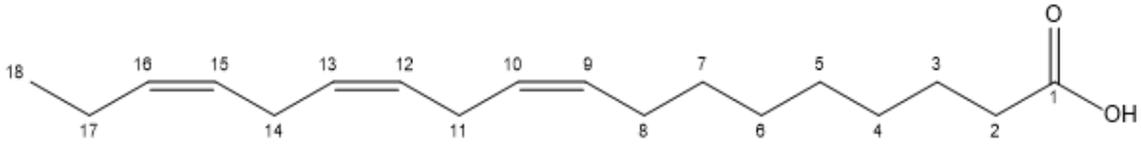
Ácido esteárico. $C_{17}H_{35}COOH$

2.2.2.2.2 Ácidos grasos insaturados o poliinsaturados

Presenta dobles o triples enlaces en la cadena carbonada; por eso, son rígidos, lo que los hace líquidos-aceitosos. Las insaturaciones presentes en la cadena de los ácidos grasos, principalmente, son del tipo cis. Esto hace que la disposición molecular sea angulada. Lo anterior corresponde a que los ácidos insaturados tengan un punto de fusión más bajo que los de sus pares saturados. Por otro lado, los dobles enlaces en trans distorsionan poco la simetría cristalina, ya que es muy parecida a la de los ácidos grasos saturados. Algunos ácidos grasos poliinsaturados (linoléico, linolénico y araquidónico) no pueden ser sintetizados por el organismo humano, por lo que deben ser administrados en la dieta. Por ello, reciben el nombre de ácidos grasos esenciales (35).



Ácido linoleico, $C_{17}H_{31}COOH$



Ácido linolénico, $C_{17}H_{29}COOH$

2.2.3 Aceites

Son extraídos de vegetales. Por lo general, son de aspecto líquido a temperatura ambiente. A comparación con el agua, presenta mayor viscosidad, menor densidad, insoluble en agua y soluble en solventes orgánicos (34) (36).

2.2.3.1 Aceite de soya

El aceite de soya corresponde al tipo de aceite más comercializado del mundo. Asimismo, posee alta digestibilidad, un alto contenido de ácido linoleico, que es precursor de los ácidos Omega 3, las cuales reducen el colesterol LDL y presenta una buena estabilidad térmica durante las frituras. Particularmente, este tipo de aceite no desencadena olores ni sabores desagradables con un adecuado manejo. Por otro lado, diversos estudios avalan que los aceites de soya absorben menos aceite en los alimentos durante la fritura lo que se puede traducir como un menor empleo de este insumo (37) (38) (39).

2.2.4 Grasas

Cuando los triglicéridos son sólidos a temperatura ambiente, se les llama grasas (moléculas saturadas). Las grasas forman una categoría de lípidos, ya que se distingue de otros lípidos por su estructura química y propiedades físicas (34).

2.2.4.1 Enranciamiento de las grasas

Comprende procesos de alteración de alimentos con alto contenido en grasa o aceite. Factores como la presencia de oxígeno, humedad, temperaturas variables (en las materias mencionadas) generan alteraciones a nivel químico-estructural, así como las características organolépticas (28) (40).

Por otro lado, el enranciamiento se puede dar a través de las siguientes reacciones:

2.2.4.1.1 Por hidrólisis

Esta reacción se basa en la hidrólisis de los triglicéridos que comprenden una grasa o aceite, dividiéndolas en ácidos grasos y glicerina. Esta reacción está mediada por la acción de las lipasas (28) (40) (41).

2.2.4.1.2 Por oxidación

Esta reacción de oxidación de los ácidos grasos se debe a la presencia de oxígeno y acción de las lipooxigenasas hacia los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados. Esto origina peróxidos y ruptura de los dobles enlaces, generando aldehídos, cetonas y ácidos de menor peso molecular. Además, el enranciamiento oxidativo es el que otorga las características desagradables de olor y sabor en los alimentos reduciendo el valor nutricional y arrojando compuestos relativamente tóxicos. Finalmente, en esta reacción, se podría destruir las vitaminas liposolubles, especialmente las vitaminas A y E (28) (40) (41).

2.2.5 Fritura

Este proceso culinario comprende una de las técnicas más antiguas de cocción. Para su desarrollo, es necesaria la intervención del factor temperatura, así como un medio de transferencia de calor, lo cual corresponde a las grasas (42). Asimismo, este método posee mayor aceptación, ya que mejora el alimento en cuanto a sabor y textura. Además, su desarrollo implica intervalos cortos de tiempo. Sin embargo, este procedimiento tiene un alto aporte calórico en el alimento y su alto consumo podría promover un ambiente obesogénico. De igual forma, al no manejarla adecuadamente, esta podría generar sustancias potencialmente tóxicas para el organismo, favoreciendo enfermedades de tipo cardiovascular, incluso algunos tipos de cáncer (43) (44).

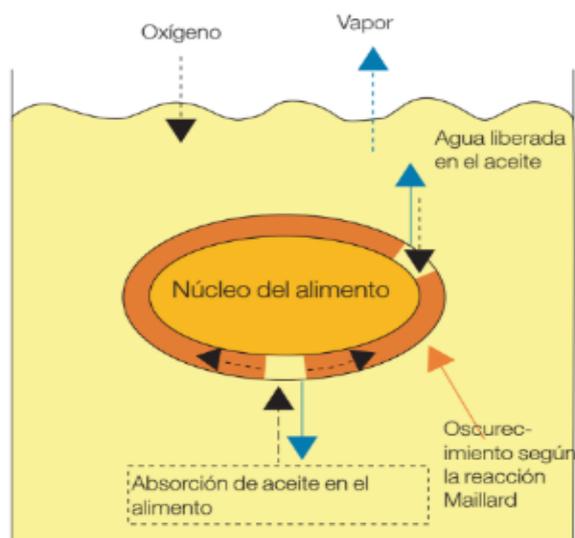


Figura 2. Reacciones durante el proceso de fritura

Fuente: Manual práctico de medición del aceite de cocinar

2.2.5.1 Tipos de fritura

Puede ser de la siguiente manera:

Fritura superficial: Se desarrolla en utensilios relativamente planos tipo sartén con un bajo nivel de grasa (45).

Fritura profunda: Es necesario una inmersión total del alimento en la materia grasa. Frecuentemente se emplea en freidoras a nivel industrial, lo que asegura la uniformidad de la cocción en el alimento (45).

2.2.6 Transferencia de calor

Las velocidades de transferencia de calor a los alimentos dependen de la diferencia de temperaturas entre este y el fluido y del coeficiente de conductancia térmica superficial. La velocidad a la que el calor se integra hacia el interior del material depende de la conductividad térmica. Las características de la fritura están estrechamente relacionadas con las propiedades fisicoquímicas y funcionales de los constituyentes de los alimentos, así como las variables de operación que se aplican en las diferentes etapas del proceso. La interacción de los fenómenos de transferencia de calor y masa hace que la fritura sea una de las operaciones unitarias más difíciles de entender, pues el coeficiente de transferencia de calor por convección cumple un rol preponderante (46).

2.2.6 Porcentaje de agua de los alimentos

El agua que contienen los alimentos sometidos a proceso de fritura tiene un papel importante, ya que es responsable de la cocción de la parte interna del alimento. Así, si

el agua deja de evaporarse, la costra se sobrecalienta y corre el riesgo de quemarse (45).

2.2.7 Temperatura de cocción

Las temperaturas de cocción se pueden representar como los intervalos de las condiciones térmicas para cocer alimentos. Debido a las variaciones superiores al punto de ebullición del agua (160-180°C), la materia prima que transferirá el calor experimentará cambios físicos, químicos e incluso biológicos (47) (48).

2.2.9 Papa

La papa (*Solanum tuberosum*), perteneciente a la familia de las solanáceas, se encuentra de manera abundante en los andes sudamericanos. Según el Centro de Internacional de la Papa (CIP), indica que es el tercer cultivo alimenticio con mayor importancia a nivel mundial. Desde el punto de vista nutricional, este tubérculo rico en carbohidratos proporciona energía baja en grasa; asimismo, constituye una fuente de almidones resistentes que se puede optimizar dependiendo del método de cocción (49).

2.2.8.1 Variedad de papa

El Perú tiene más de 3500 variedades de papa (la mayor del mundo). Estas variedades con diferentes propiedades, contenidos y cualidades son cultivadas en 19 regiones de nuestro país (49).

2.2.8.1.1 Variedad Canchán

Es un tubérculo color rosado ovalado redondeado. Se parece mucho a la papa yungay, pero tiene mejor sabor y textura en frituras (49).

2.2.8.1.2 Variedad Yungay

La papa Yungay es de piel bicolor y extraordinario sabor. Es una papa de ojos morados y posee cáscara áspera (49).

2.2.8.1.2 Variedad Huamantanga

Es un tubérculo en forma alargada ovalada color amarillo. Se parece a la papa amarilla (49).

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de estudio y diseño de la investigación

El presente estudio es de alcance explicativo. La presente investigación es de tipo experimental, debido a que se tuvo control directo de la variable temperatura y se midió si influye en la concentración de compuestos polares totales. El enfoque del estudio es de tipo cuantitativo, debido a la naturaleza y manejo de las variables. Además, se midieron las variables en un determinado contexto y se analizaron las mediciones obtenidas, utilizando métodos estadísticos para llegar a las conclusiones. El alcance es de tipo explicativo, porque está dirigido a responder por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiestan. La concentración de compuestos polares totales es identificada por el uso del Testo 270 que mide los porcentajes de concentración de compuestos polares totales en aceites de las marcas más usadas a nivel de Lima Metropolitana (50).

3.2. Población y muestra

3.2.1. Tamaño de la muestra

Se trabajó con 135 muestras de aceite vegetal de las marcas más consumidas. Estas fueron recogidas en los cuatro mercados más representativos de Lima Metropolitana. Se asumió un nivel de confianza 99%, una potencia del 80% y una diferencia mínima esperada por cocción entre temperaturas (51).

3.2.2. Selección del muestreo

En el presente estudio, se realizó un mapeo de los cuatro mercados más representativos de los conos de Lima Metropolitana (ver figura 1), los cuales se distribuyeron de la siguiente manera: por Lima Norte, el mercado “Unicachi” de Comas; por Lima Centro el mercado “La Parada”; por Lima Este, el “Mercado Productores de Santa Anita”; y por Lima Sur, el mercado “Unicachi” de Villa El Salvador. Una vez identificado los mercados más populares de los conos de Lima Metropolitana, se procedió a registrar los expendios de la unidad de análisis. A continuación, para su elección, se aplicó un muestreo aleatorio simple, empleando las tablas de números aleatorios con lo cual se obtuvieron como resultado 27 expendios (entre los cuatro mercados) y a la vez se seleccionó las cinco marcas de aceite vegetal más consumidas. Finalmente, se procedió a realizar un diseño de bloques completamente al azar (DBCA) para crear homogeneidad en la técnica experimental y lograr correlacionar las variables propuestas (variedad de papa, marca de aceite, temperatura y usos) (52).

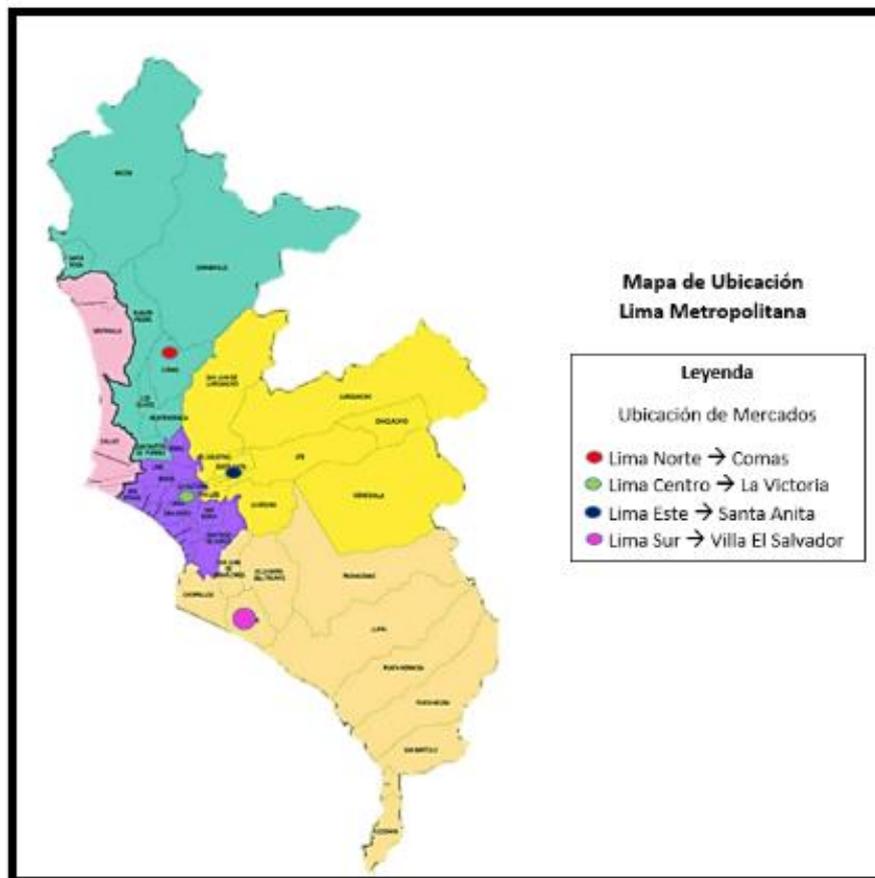


Figura 1. Puntos de mercados más representativos de Lima Metropolitana

3.2.3. Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión

- Todas las marcas de aceite vegetal más consumidas de los mercados de Lima Metropolitana.
- Todas las marcas de aceite vegetal que cuenten con registro sanitario de los mercados de Lima Metropolitana.
- Todos los aceites listos para el consumo humano con características organolépticas adecuadas de Lima Metropolitana.

Criterios de exclusión

- Todas las marcas de aceite de origen animal, mezclas vegetales que no sean de origen vegetal en los mercados de Lima Metropolitana.
- Todas las marcas de aceite a granel que no cuenten con registro sanitario en los mercados de Lima Metropolitana.

3.3. Variables

3.3.1. Definición conceptual y operacionalización de variables

Para el presente estudio, se trabajó con una variable dependiente que corresponde al porcentaje de compuestos polares. Dicha variable fue catalogada como una cuantitativa de razón, cuyos resultados deberán ser inferiores a 25% CPT. También, estos porcentajes serán obtenidos mediante el sensor capacitivo del instrumento Testo 270. De igual forma, se consideró para este estudio cuatro variables independientes (ver anexo 1).

Se consideró para este estudio cuatro variables independientes:

Nivel de temperatura: Las temperaturas de cocción se pueden representar como los intervalos de las condiciones térmicas para cocer alimentos. Debido a las variaciones superiores al punto de ebullición del agua (160-180°C), la materia prima que transferirá el calor experimentará cambios físicos, químicos e incluso biológicos.

Marca de aceite: De aspecto líquido a temperatura ambiente, a comparación con el agua presenta mayor viscosidad, menor densidad, insoluble en agua y soluble en solventes orgánicos. Se extrae a partir de vegetales.

Variedad de papa: La papa es un tubérculo comestible que se extrae de la planta herbácea *Solanum tuberosum*.

Uso de aceite: Corresponde al número de veces en los que se reutiliza el aceite.

3.4. Plan de recolección de datos e instrumentos

A continuación, se detalla el plan de recolección, el instrumento y el procesamiento de las muestras.

3.4.1. Plan de recolección de datos

El esquema general de recolección se detalla en el anexo 2. Brevemente se describe los procedimientos para el presente estudio, dada la variedad de ofertas en el mercado del aceite vegetal, se realizó un sondeo mediante *screening*, los cuales permitieron establecer las marcas más consumidas de aceite vegetal en Lima Metropolitana. Con este resultado, se utilizó la metodología de los percentiles.

Tiempo 1. Obtención y transporte de la muestra

Se recolectó información de las marcas de aceite vegetal en los mercados más representativos de Lima Metropolitana como se ha indicado. Asimismo, se aplicó un *screening*, el cual incluyó variedad de papa y uso del aceite. Con los datos obtenidos, se fabricó una tabla de Excel para su procesamiento, dando como resultado el número total de 135 muestras.

Tiempo 2. Preparación de materiales

Para el acondicionamiento de las variedades de papa y el lavado, se emplearon esponjas, logrando retirar el excedente de tierra; luego, se realizó la fase de pelado, empleándose una herramienta manual. De igual forma, se procedió a lavar nuevamente las diferentes variedades de papa. Después, para la fase de cortado se utilizaron cuchillos, dando forma de bastones de 1x5 cm. También, se procedió al escurrido en coladores amplios. Finalmente, se pesaron 100g de papa, empleando una balanza digital

Para la réplica de fritura discontinuo, se empleó una olla de acero de 20 cm de diámetro, la cual se adicionó 500ml de aceite vegetal, llevándolo a calentamiento entre las

temperaturas de 180° C, 200° C y 220° C. Asimismo, se incluyeron utensilios para la fase de escurrido como espumadera de acero y canastilla de acero (ver anexo 3).

Tiempo 3. Preparación de las muestras

En primer lugar, para la réplica de fritura, se acondicionaron las muestras de papa, según variedad (canchán, yungay y huamantanga), la cual comprendía lavado, pelado y corte de esta. Todas las variedades tuvieron forma de bastones de 1 x 5 cm.

En segundo lugar, se pesaron las muestras de papa cortadas en bastones, 100g de cada variedad.

En tercer lugar, se ubicaron los utensilios para desarrollar la fritura por inmersión (espumadera, canastilla y papel absorbente). En una olla de acero, se añadió 500ml de las siguientes marcas de aceite: La Patrona, Deleite, Primor, Mirasol y Don Sabor.

En cuarto lugar, para los tratamientos térmicos, se calentaron las cinco marcas de aceites vegetales en cocinas tradicionales. Para ello, las temperaturas oscilaron entre 180°C, 200°C y 220°C. Además, para verificar que se alcanzaron las temperaturas esperadas, se utilizó un termómetro digital.

En quinto lugar, se inició la réplica de fritura, adicionando las muestras de papas correspondientes a cada tratamiento térmico hasta lograr su cocción. Una vez terminado este proceso se retira las papas de la materia grasa procediéndose a escurrirla.

Tiempo 4. Determinación de porcentaje (%) de compuestos polares totales

Finalmente, se procedió a la medición de concentración de compuestos polares (%), empleando la herramienta Testo 270. Para ello, se retiró la olla del fuego y se esperó un lapso de cinco minutos hasta que no se observó burbujas en la superficie. Luego, se introdujo el sensor en el aceite (respetando la distancia entre las paredes de la olla de acero), observándose la iluminación de la pantalla a modo semáforo, arrojando los valores correspondientes a cada marca de aceite (ver anexo 4).

3.4.2. Instrumento

Para medir el porcentaje de compuestos polares totales, se utilizó el Testo 270, el cual es un método portátil. Este instrumento usa el principio de la medición capacitiva; es decir, se basa en la medición de la constante dieléctrica, la cual aplica un voltaje entre ambas placas del condensador. Estas placas se cargan hasta que se alcanza una determinada carga eléctrica. A medida que la carga se incrementa, los componentes polares de la grasa se alinean progresivamente. El polo positivo de los materiales se desplaza hacia la placa negativa y viceversa. Una vez que se ha cargado el condensador, este dispone de una cierta capacidad dependiente del dieléctrico, en este caso el aceite. A mayor cantidad de componentes polares en el aceite, mayor capacidad del condensador. Asimismo, el Testo 270 cuenta con los siguientes rangos de medición y exactitud. Para la temperatura, el rango de medición es +40 - +200° C; exactitud, ± 1.5 °C y resolución ± 0.5 °C; los compuestos polares totales, un rango de medición 0.5- 40%, exactitud ± 2.0 %; y resolución, ± 0.5 (53).

En este estudio, se ha reportado análisis con esta herramienta como el caso de Feitosa et al. en Brasil, quienes evaluaron los cambios fisicoquímicos del aceite durante un caso real de fritura de pasta de alubia. Se analizó la formación de compuestos polares totales mediante el método oficial IUPAC, comparándose con pruebas rápidas como Testo 270 y Fri-check. Ambas pruebas mostraron fuertes correlaciones lineales con el método

estándar ($r = 0,860$ para Testo 270 y $r = 0,947$ para Fri-check). Este hecho indica que las dos pruebas respondieron bien a los cambios fisicoquímicos que ocurren en el aceite durante la fritura (3).

No obstante, Wei-an et al. analizaron los métodos rápidos utilizados para la medición de compuestos polares totales hallando resultados altamente correlacionados con los que presenta el método de cromatografía en columna. También se concluye que el Testo 270 era adecuado para la medición en oleína de palma, pero sugería otra herramienta para la medición de aceite de soya (54).

Finalmente, para este estudio, se han contemplado los valores mayores a 25%, la cual se encuentra vigente según la NTS N°142-MINSA/2018/DIGESA “Norma Sanitaria para el Funcionamiento de Restaurantes y Servicios Afines” (6).

3.5. Plan de análisis e interpretación de la información

Los datos obtenidos fueron procesados con el programa Microsoft Excel 2016 para crear una base de datos. Posteriormente, estos fueron exportados al programa estadístico Stata versión 15 para proceder con el análisis, asimismo se trabajó con software estadístico Primer-e y Past 4.10.

Del mismo modo, se aplicó la estadística descriptiva, teniendo en cuenta que, para las variables como concentración de compuestos polares, se describió a través de la media cuantitativas se utilizó la media (MTC) y su desviación estándar (medida de dispersión).

De igual forma, para las variables cualitativas como nivel de temperatura, marca de aceite y variedad de papa se describió a través de frecuencias y porcentajes.

Finalmente, para el análisis estadístico multivariado, se utilizó la prueba Permanova de una vía, Permdisp, Permanova de dos vías y Permanova de tres vías. Previo a esto, se aplicó el supuesto según Test de Homocedasticidad (55).

3.6. Ventajas y limitaciones

Una de las ventajas del presente estudio se relaciona a la naturaleza en su diseño experimental, el cual posee un alcance explicativo, minimizando la varianza de la data. Asimismo, se controlaron las variables confusoras y modificadoras, y se aplicaron pruebas estadísticas multivariadas, con la finalidad de controlar el error aleatorio y sistemático. Adicionalmente, se aplicó el diseño de bloques completamente al azar para manejar la homogeneidad de la data. También, se asegura un nivel de confianza de 99% y un nivel de significancia de 1% en los resultados. Para esto, la presente investigación contó con el uso de una herramienta estandarizada a nivel nacional como el Testo 270, la cual emplea un método de detección de calidad simple y a bajo costo.

Sin embargo, una de las limitaciones más importantes radicó en que la prueba para determinar los compuestos polares totales sea una prueba rápida, mas no se compara con el método IUPAC. Eso podría conllevar a una probabilidad de sesgo. De igual modo, otra limitante se presentó debido al etiquetado en las marcas de aceite analizadas, ya que no consignaban información relacionada a la composición, origen y porcentaje del insumo vegetal. No obstante, solo dos reportaban aditivos y/o antioxidantes, pero se desconoce la fuente y en qué concentración se hallaban añadidos a la materia prima. Por otro lado, se debe considerar el impacto económico sobre la unidad de análisis, debido al incremento constante en los precios de mercado. Esto se relaciona a la coyuntura, limitando el tamaño de la muestra. Finalmente, es importante mencionar el factor del error humano, pudiendo presentar alguna equivocación por parte de los investigadores. Por este motivo, en el presente estudio, se consideró un número de repeticiones adecuadas a las muestras que fueron analizadas.

3.7. Aspectos éticos

La presente investigación se presentó ante el Comité de Ética en Investigación de la Universidad Católica Sedes Sapientiae, ver Reg: CE-878 (ver anexo 5). En todo momento, se mantuvo el anonimato de los puestos de expendio y de los participantes en el *screening* del estudio.

Asimismo, la presente investigación tuvo como unidad de análisis a las marcas de aceite vegetal más usadas en Lima Metropolitana. Finalmente, no se ha requerido ningún tipo de información personal de los participantes; por ello, no se utilizó ningún tipo de consentimiento informado.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

En el mes de noviembre del 2021, entre el día 8 al 27, se analizaron las marcas de aceite más consumidas Lima Metropolitana tomados de los cuatro mercados más representativos de este. Para este análisis, se empleó Permanova de una vía, de dos vías y de tres vías, estas dos últimas para saber si existen interacciones entre las variables independientes. Adicionalmente, se eligió el test de dispersión multivariante o Permdisp, el cual indica si hay diferencias significativas en la variabilidad de dos variables. A continuación, se exponen los resultados:

Resultado 1. Factores que intervienen en la concentración de compuestos polares totales

Los datos se analizaron mediante Permanova de una vía, mostrando que la variable marca de aceite, nivel de temperatura y uso del aceite tenían una relación significativa con la concentración de compuestos polares totales ($p < 0.05$) (cuadro 1). Sin embargo, la variable variedad de papa no presentó diferencias significativas respecto a la concentración de compuestos polares totales.

Permanova de una vía						
	Source	gl	SC	CM	Seudo F	p
Marca de aceite	Entre grupos	4	293.96	73.489	7.176	0.0001
	Dentro de grupos	130	1331.3	10.241		
	Total	134	1625.3			
Nivel de temperatura	Entre grupos	2	260.63	130.31	12.605	0.0001
	Dentro de grupos	132	1364.6	10.338		
	Total	134	1625.3			
Uso del aceite	Entre grupos	2	442.56	221.28	24.697	0.0001
	Dentro de grupos	132	1182.7	8.9599		
	Total	134	1625.3			
Variedad de papa	Entre grupos	2	37.937	18.969	1.5774	0.2143
	Dentro de grupos	132	1587.3	12.025		
	Total	134	1625.3			

Número de permutaciones: 9999

Cuadro 1. Test de Permanova de una vía. Sombreado con color rosa $p < 0.05$.

Por su parte, Permdisp mostró que las variables “marca de aceite”, “nivel de temperatura” y “uso del aceite” presentaban diferencias en la dispersión respecto al centroide (cuadro 2).

		PERMDISP				
		gl	SC	CM	Seudo F	p
Marca de aceite	Entre grupos	4	79.7757	19.9439	3.854	0.0036
	Dentro de grupos	130	672.794	5.17534		
	Total	134	752.57			
Nivel de temperatura	Entre grupos	2	65.0707	32.5354	6.375	0.0017
	Dentro de grupos	132	673.648	5.10339		
	Total	134	738.718			
Uso del aceite	Entre grupos	2	45.4692	22.7346	4.721	0.0065
	Dentro de grupos	132	635.73	4.81614		
	Total	134	681.2			

Número de permutaciones: 9999

Cuadro 1. Test de dispersión Permdisp por cada variable. Sombreado con color rosa $p < 0.05$.

Resultado 2. De las marcas de aceite analizadas

La marca La Patrona presentó diferencia significativa respecto a Deleite y Primor, presentando, por lo tanto, mayor concentración de compuestos polares totales ($p < 0.05$). Asimismo, la marca Deleite presentó diferencia significativa respecto a Mirasol y Don Sabor, presentando, por consiguiente, menor concentración de compuestos polares totales ($p < 0.05$). En general, se concluyó que la marca La Patrona es el aceite que concentra mayor contenido de compuestos polares totales y la marca Deleite es el aceite con menor contenido de compuestos polares totales. Lo mencionado se puede verificar a través del test de dispersión, el cual mostró que la marca La Patrona y Primor tienen dispersiones significativamente diferentes ($p < 0.05$) (cuadro 3, fig. 1).

	Marca de aceite									
	PERMANOVA					PERMDISP				
	La Patrona	Deleite	Primor	Mirasol	Don Sabor	La Patrona	Deleite	Primor	Mirasol	Don Sabor
La Patrona		F=16.81	F=11.84	F=4.485	F=2.481		F=6.24	F=9.109	F=5.106	F=1.398
Deleite	$p=0.001$		F=2.464	F=12.19	F=8.453	$p=0.077$		F=0.6103	F=0.3716	F=1.834
Primor	$p=0.003$	$p=1.00$		F=5.755	F=4.14	$p=0.002$	$p=1.00$		F=2.822	F=3.789
Mirasol	$p=0.323$	$p=0.015$	$p=0.199$		F=0.161	$p=0.15$	$p=1.00$	$p=0.985$		F=1.054
Don Sabor	$p=1.00$	$p=0.025$	$p=0.335$	$p=1.00$		$p=1.00$	$p=1.00$	$p=0.331$	$p=1.00$	

Cuadro 3. Matrices de contrastes por pares de categorías de la marca de aceite, tanto para Permanova de una vía como para Permdisp. Se usó la corrección de Bonferroni. Los valores de p aparecen en la diagonal inferior, los valores F aparecen en la diagonal superior. Sombreado con color rosa $p < 0.05$.

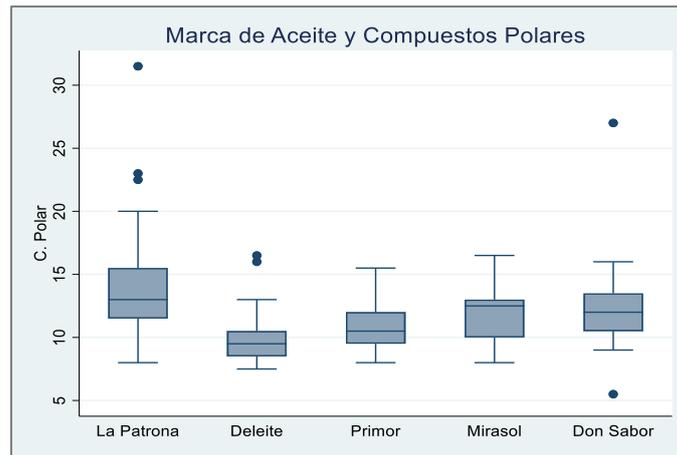


Figura 1. Gráficos de caja y bigote de los porcentajes de concentración de compuestos polares basado en las diferentes marcas de aceite

Resultado 3. Del nivel de temperatura

Todas las categorías de nivel de temperatura tienen diferencias estadísticamente significativas entre sí ($p < 0.05$). Esto permite indicar que existe relación entre el incremento del nivel de temperatura y el incremento de concentración de compuestos polares totales. De igual forma, se puede verificar a través del test de dispersión que los niveles de temperatura correspondientes a 180°C y 200°C presentan dispersiones significativamente diferentes respecto a 220°C ($p < 0.05$) (ver cuadro 4 y figura 2).

Nivel de temperatura						
Permanova			Permdisp			
	180°C	200°C	220°C	180°C	200°C	220°C
180°C		F=10.32	F=19.65		F=0.1477	F=7.653
200°C	p=0.0042		F=6.468	p=1.00		F=6.538
220°C	p=0.0003	p=0.0312		p=0.0114	p=0.0255	

Cuadro 4. Matrices de contrastes por pares de categorías de nivel de temperatura, tanto para Permanova de una vía como para Permdisp. Se usó la corrección de Bonferroni. Los valores de p aparecen en la diagonal inferior, los valores F aparecen en la diagonal superior. Sombreado con color rosa $p < 0.05$.

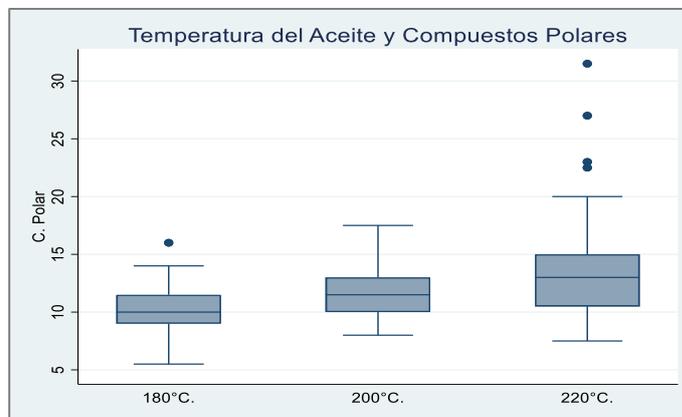


Figura 2. Gráficos de caja y bigote de los porcentajes de concentración de compuestos polares basado en el nivel de temperatura

Resultado 4. De los usos de aceite

Todas las categorías de usos del aceite tienen diferencias estadísticamente significativas entre sí ($p < 0.05$). Esto permite indicar que hay una relación entre el incremento del uso del aceite y el incremento del porcentaje de compuestos polares totales. Por otro lado, el test de dispersión indica que el 1er uso del aceite tiene dispersión significativamente diferente respecto al 3er uso ($p < 0.05$) (ver cuadro 5 y figura 3).

Uso del aceite						
Permanova			Permdisp			
	1er uso	2do uso	3er uso	1er uso	2do uso	3er uso
1er uso		F=21.15	F=44.28		F=2.848	F=8.179
2do uso	p=0.0006		F=9.985	p=0.2901		F=2.554
3er uso	p=0.0003	p=0.0051		p=0.003	p=0.3354	

Cuadro 5. Matrices de contrastes por pares de categorías de usos del aceite, tanto para Permanova de una vía como para Permdisp. Se usó la corrección de Bonferroni. Los valores de p aparecen en la diagonal inferior, los valores F aparecen en la diagonal superior. Sombreado con color rosa $p < 0.05$

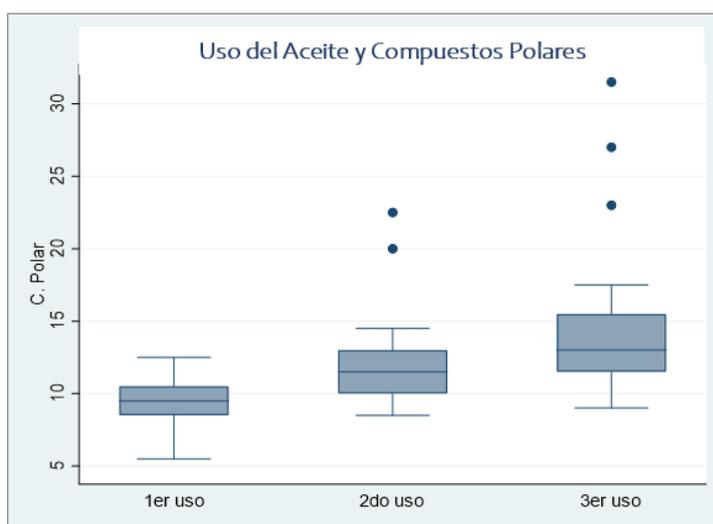


Figura 3. Gráficos de caja y bigote de los porcentajes de compuestos polares basado en el uso del aceite

Resultado 5. De la variedad de papa

Las tres variedades de papa evaluadas no presentaron significancia estadística importante en el incremento de compuestos polares al ser fritas (ver figura 4).

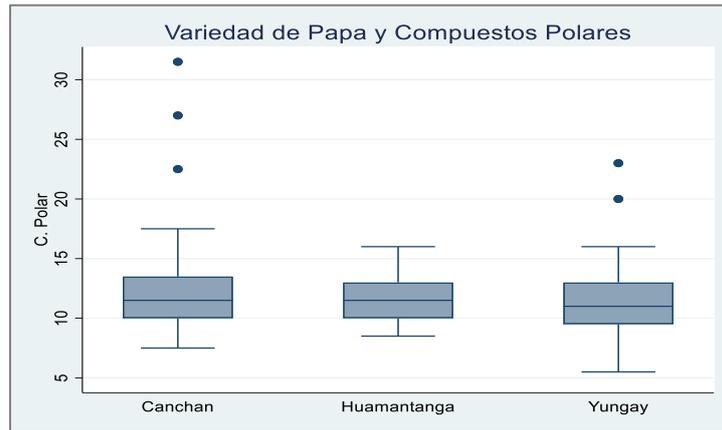


Figura 4: Gráficos de caja y bigote de los porcentajes de compuestos polares basado en la variedad de papa. Las diferencias no tienen significancia estadística

Resultado 6. Interacción de variables

Las siguientes variables fueron analizadas para comprobar la existencia de interacciones entre ellas. Para ello, se aplicaron dos procedimientos: en primer lugar, se vio la presencia de interacciones por pares de variables, por medio del Permanaova de dos vías; en segundo lugar, se vio la interacción de las tres variables que tuvieron significancia estadística, cuando se realizó el Permanaova de una vía (marca de aceite, nivel de temperatura y el uso del aceite). En este caso, la interacción fue evaluada por medio del Permanaova de tres vías.

Los resultados del Permanaova de dos vías (cuadro 6) indican que no existe una interacción en las relaciones por pares entre las cuatro variables independientes; es decir, se genera subcategorías por cruce de variables y no genera nuevas diferencias con significancia estadística.

Permanova de dos vías					
Fuente	gl	SC	CM	Seudo F	p
Marca de aceite	4	293.956	73.489	9.117	0.0001
Nivel de temperatura	2	260.626	130.31	16.167	0.0001
Interacción	8	103.411	12.926	1.6036	0.1237
Residual	120	967.278	8.0606		
Total	134	1625.3			
Marca de aceite	4	293.956	73.489	10.623	0.0001
Uso de aceite	2	442.559	221.28	31.986	0.0001
Interacción	8	58.5889	7.3236	1.0586	0.4017
Residual	120	830.167	6.9181		
Total	134	1625.3			
Marca de aceite	4	293.956	73.489	7.1442	0.0001
Variedad de papa	2	37.937	18.969	1.844	0.1623
Interacción	8	58.9889	7.3736	0.71682	0.6903
Residual	120	1234.39	10.287		
Total	134	1625.3			
Nivel de temperatura	2	260.626	130.31	18.509	0.0001
Uso de aceite	2	442.559	221.28	31.43	0.0001
Interacción	4	34.9852	8.7463	1.2423	0.2987
Residual	126	887.1	7.0405		
Total	134	1625.3			
Nivel de temperatura	2	260.626	130.31	12.636	0.0001
Variedad de papa	2	37.937	18.969	1.8394	0.1606
Interacción	4	27.3407	6.8352	0.66281	0.6317
Residual	126	1299.37	10.312		
Total	134	1625.3			
Uso de aceite	2	442.559	221.28	24.917	0.0001
Variedad de papa	2	37.937	18.969	2.1359	0.1172
Interacción	4	25.8074	6.4519	0.7265	0.5898
Residual	126	1118.97	8.8807		
Total	134	1625.3			

Número de permutaciones: 9999

Cuadro 6. Test de Permanova de dos vías por cada par de variables de factor. Con color celeste el valor de p de la interacción.

Resumen de resultados

- De la marca del aceite, se puede indicar que La Patrona presentó más incremento de compuestos polares que el resto de aceites.
- Del uso del aceite, se puede indicar que, a más reutilización del aceite, habrá más incremento de compuestos polares.
- Del nivel de temperatura, se puede indicar que, a mayor incremento de la temperatura del aceite, habrá más incremento de compuestos polares.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

5.1 Discusión

El incremento en la concentración de compuestos polares totales

Se realizó un modelo replica de fritura discontinua con condiciones similares a una fritura doméstica, teniendo en cuenta para este primer momento cuatro variables: marca de aceite, temperatura de freído, número de usos del aceite y variedad de papa. De estas, las tres primeras evidenciaron significancia con relación al incremento de compuestos polares. Este resultado se asemeja a lo reportado por Cueva, quien estudió el efecto del número de ciclo de fritado de papa blanca y el tipo de aceite vegetal utilizado en la estabilidad oxidativa y concentración de compuestos polares de cada aceite residual. Demostró que la interacción de fritura y el tipo de aceite presentó significancia en relación a la disminución de estabilidad oxidativa y que el aumento de compuestos polares depende directamente de la composición de ácidos grasos en cada aceite vegetal (56). Asimismo, en relación a la variable temperatura se evidencia significancia posterior a su análisis. Ello se ve reflejado en las investigaciones de Astudillo, quien indica que, a medida que la temperatura y número de usos aumentan, también se ve incrementado consecuentemente la concentración de compuestos polares (48). Por último, en relación a la variable variedad de papa no hay mucha diferencia ($p < 0.05$) en el porcentaje de compuestos polares entre las diferentes variedades analizadas, siendo la variedad "canchan" la que presenta una mayor concentración.

Evaluación de las marcas de aceite

En el presente estudio, se encontró que el aceite de la marca La Patrona presentó un mayor nivel en la concentración de compuestos polares comparado con el resto de las otras marcas analizadas ($p < 0.05$). Por el contrario, el aceite de la marca "Deleite" presentó una menor concentración de compuestos polares respecto a las otras marcas de aceite analizados, hallándose diferencia significativa ($p < 0.05$). Dichas marcas reportaban en su contenido aceite proveniente de la semilla de soya. La marca de aceite La Patrona cuenta con la adición de un tipo de antioxidante, cuyo nombre no figura en la etiqueta. Para ambas marcas de aceite, se presenta en su composición química un porcentaje mayoritario de ácidos grasos poliinsaturados 86%, los cuales funcionan como precursores de los ácidos grasos Omega 3, cuya función es reducir el colesterol LDL (linolénico 8%, linoleico 54% y oleico 24%) y solo el 13% corresponde a ácidos grasos saturados (palmítico 9% y esteárico 4%) (35) (37) (57). Por eso, podemos referir que el aceite de soya, desde el punto de vista nutricional, aporta grandes beneficios en estado natural. Sin embargo, al ser sometidos al calentamiento, pierde estabilidad en su configuración química, oxidando rápidamente este tipo de ácido graso.

Un estudio realizado en la región Piura analizó diferentes marcas de aceites vegetales empleados en las frituras en los establecimientos de comida (comedores, restaurantes, pollerías y otros). Se encontró que las marcas de aceite con contenido de semilla de girasol, cártamo y soya presentan menor estabilidad, debido a su alto contenido en ácidos grasos poliinsaturados. Finalmente, en este estudio, se concluyó que los aceites de cártamo, de girasol y de soya, semillas genéticamente modificadas, con un alto contenido de ácido oleico, son aceites adecuados para freír, debido a que mejoran su estabilidad oxidativa (58).

Por otro lado, para mejorar la estabilidad oxidativa del aceite de soya, es conocida la adición de otros tipos de aceite (palma, algodón, entre otros), lo cual refuerza su estructura química ante la elevación de las temperaturas. Asimismo, se adicionan antioxidantes, los cuales aportan un mayor efecto de protección en la estabilidad oxidativa del aceite de soja durante la fritura. Eso puede comprobarse como lo menciona Calsin, quien comparó la adición de TBHQ (Terbutil Hidroquinona), y extracto de Isaño al aceite de soya, luego de realizar frituras de papas en diferentes ciclos de tiempos,

comprobandose efectivamente menor formación de compuestos volátiles en el aceite de soja analizado (26).

A nivel orgánico, al intervenir el factor temperatura, tratamientos térmicos evaluados, sobre el aceite de soja, se produce el desplazamiento de los hidrógenos en la cadena de estos ácidos grasos poliinsaturados, particularmente en el grupo metileno adyacente al doble enlace causando inestabilidad (35).

Particularmente, para el caso del aceite de la marca La Patrona, solo se ha considerado ácidos grasos provenientes de la soja. Esto se trata de un ácido graso lábil a elevaciones continuas de temperaturas. De igual manera, no fue posible realizar el análisis del antioxidante agregado, debido a que se desconoce la fuente. Cabe recalcar que la adición de antioxidantes reduce la oxidación del aceite a temperatura ambiente; sin embargo, este efecto disminuye ante la exposición del aceite durante las frituras, ya que se debe considerar que hay pérdidas por volatilización o descomposición. Finalmente, se debe hacer una buena elección en cuanto al tipo de aceite, el cual deberá cumplir con las características referidas de calidad y rendimiento para asegurar una fritura inocua (59) (60).

Evaluación del uso del aceite

En el presente estudio, se encontró que, a mayor reutilización del aceite, se incrementa los compuestos polares. Por ello, siguiendo el modelo de fritura casera, se procedió a freír en repetidas oportunidades, dejando espacio para el enfriamiento respectivo de dicha materia prima para la determinación en la composición de compuestos polares. Por ese motivo, a la evaluación de las diferentes marcas de aceite analizadas en la categoría de uso, se presentan diferencias estadísticamente significativas entre sí ($p < 0.05$). Esto permite indicar que hay una relación entre el incremento del uso del aceite y el incremento del porcentaje de compuestos polares entre el primer y tercer uso.

Ello se puede explicar mediante los estadios de calentamiento y enfriamiento irregular de los aceites que se presentan en frituras domésticas, aumentando el deterioro debido al incremento de la solubilidad del oxígeno en el aceite cuando este se enfría desde la temperatura de fritura. Adicionalmente, entre los usos uno y tres se producirá la ruptura de los primeros ácidos grasos poliinsaturados, lo que trae consigo la formación de compuestos no volátiles (61).

Al respecto, este ítem debe considerar la influencia que presenta la composición de ácidos grasos en las marcas de aceites. En el caso de los aceites ricos en ácidos grasos insaturados (principalmente para este estudio soya y girasol) tienen posición tipo *cis*, lo cual hace que la disposición espacial de la molécula sea angulada, ubicándose el vértice en la insaturación. Por consiguiente, los puntos de fusión de los ácidos grasos insaturados resultan más bajos que los saturados. Además, es preciso resaltar que estos tipos de ácidos grasos pueden autooxidarse mediante una reacción espontánea, emitiendo peróxidos y radicales libres que provocan en conjunto compuestos no volátiles durante el proceso de fritura. Esta producción dependerá de las repeticiones que se den (61).

Estos resultados fueron similares a lo obtenido por Zribi et al., quienes determinaron la influencia de la presencia de los ácidos grasos insaturados frente a un mayor nivel en porcentaje de compuestos polares durante la fritura (62).

Por otro lado, Warner et al. informaron que la formación de compuestos polares aumentaba proporcionalmente en los aceites de semillas de soya, algodón, girasol y maíz durante la fritura de papas fritas, cuando más veces se repetía dicho procedimiento (63).

Asimismo, Karakaya y Simsek investigaron el efecto de la fritura sobre la degradación del aceite, controlando mediante la medición de concentración de compuestos polares totales en los aceites de maíz, soja y oliva, lo cual se evidenció que aumentó

significativamente con las repeticiones ($p < 0,05$) (64). Por lo mencionado, queda demostrado lo siguiente: a mayor uso de aceite, se aumenta el porcentaje de compuestos polares.

Evaluación de la temperatura de freído

En el presente estudio, se encontró que a mayor incremento en la temperatura del aceite hubo mayor producción de concentración de compuestos polares. Se emplea tres tratamientos térmicos 180° C, 200° C y 220° C, evidenciándose diferencias estadísticamente significativas entre cada tratamiento ($p < 0,05$). Adicionalmente, se hallaron constantes variables de porcentajes de compuestos polares para cada marca de aceite evaluado. Ello se podría explicar a través de la transferencia de calor (aceite-alimento) durante la fritura, la cual da inicio a múltiples reacciones químicas; asimismo, dependerá también del tipo de aceite y la velocidad de incremento de la temperatura. Por ello, internamente se produce uniones cruzadas entre las cadenas de ácidos grasos insaturados. Estas reacciones pueden ser directas o a través de átomos de oxígeno a mayor elevación de la temperatura, dando lugar a dichas estructuras polares no volátiles (61).

Según lo descrito en un estudio realizado por Zapata et al., se determinó la concentración de compuestos polares en aceite post fritura (girasol, maíz y soya), aplicando el mismo método para determinación de concentración de compuestos polares. Así, se obtuvo diferencias significativas entre cada tipo de aceite a diferentes temperaturas. Este hecho puede estar atribuido al grado de insaturación de los aceites analizados (65).

Lo mencionado concuerda con lo reportado por Lázaro, quien evaluó frituras empleando temperaturas superiores a 180° C, describiendo reacciones de termo oxidación, polimerización e hidrólisis producto del aumento en el contenido de ácidos grasos libres y compuestos polares (dímeros de triacilglicerol y oxi-digliceroles, dímeros, polímeros). Estos, a su vez, alteran las características organolépticas y la calidad nutricional de los aceites (66).

Los resultados no fueron ajenos a otros estudios como el de Romero et al., quienes estudiaron el aumento de compuestos polares de alimentos fritos cuando las temperaturas oscilaban entre 200° C y 220° C, demostrando que, a mayor número de frituras, mayor es la formación de compuestos polares. Este comportamiento puede explicar las características observadas en el presente estudio (67).

Interacción entre las variables

En el presente estudio, se muestra que cada variable por sí sola interviene en el incremento de los compuestos polares; sin embargo, al ser analizadas las interacciones entre las variables, no presenta significancia en el incremento de compuestos polares ($p > 0,05$).

Se puede afirmar que la marca de aceite, el número de usos del aceite y la temperatura durante el freído son variables importantes para incrementar los compuestos polares (68). De igual manera, Yiung Liu et al. demostraron la importancia del comportamiento de las frituras en papas de tipo bastón, hallando factores intervinientes como el tipo de aceite, como el de la palma y soya que presentaron grados de deterioro, al ser calentadas en temperaturas de 140°C y 180°C, aumentaron el contenido de compuestos polares totales. Cabe aclarar que no se pudo demostrar el efecto del alimento sobre el aumento de estos compuestos, pero sí aumentaban la viscosidad del aceite (69).

Investigaciones realizadas por Awuchi et al. indicaron que valores de índice de refracción entre 3 - 5% están relacionados con el aumento en el grado de oxidación del aceite, pero que depende del peso molecular del alimento, ácidos grasos, longitud de cadena, grado de insaturación y grado de conjugación. En este caso, debido a la composición del alimento, rico en almidón, posee estructura rígida en sus gránulos, ya

que está conformado por capas centrales de amilosa y amilopectina distribuidas céntricamente. Particularmente, este tipo de alimentos, al someterse a ciclos de fritado cortos, dan como resultados bajos índices de refracción. Ello se debe a que, dentro del gránulo, se ubican zonas cristalinas de moléculas de amilopectina distribuidas de forma paralela a través de puentes de hidrógeno, así como zonas amorfas causadas por la amilosa que no tienen la posibilidad de asociarse entre sí. Por esta razón, los gránulos que contienen más porción de amilopectina, como las variedades de papas presentadas, no presentan altos índices de refracción. Sin embargo, al aumento de ciclos de fritura, temperatura y estado del aceite podría generarse mayor deterioro de los almidones, contribuyendo a la formación de compuestos polares (70).

5.2. Conclusiones

La presente investigación corroboró la hipótesis planteada; es decir, existe influencia de factores como las altas temperaturas y la reutilización del aceite, los cuales estarían incrementando la concentración de compuestos polares totales (elevación de la polaridad de los ácidos grasos) en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana durante el 2021.

5.3. Recomendaciones

Se recomienda, para futuros estudios, aplicar el método IUPAC con el objetivo de minimizar la probabilidad de sesgo en los resultados.

Se sugiere, para otras investigaciones, realizar un análisis químico detallado de los componentes en las diferentes marcas de aceite con el objetivo de llegar a conclusiones más sólidas.

Se recomienda realizar más estudios, empleando un mayor número de ciclos de frituras, con la finalidad de ampliar el rango de concentraciones de compuestos polares totales ya obtenidas en la presente investigación.

Analizar otras marcas de aceite vegetal para frituras, de uso doméstico, que también presenten un alto consumo tanto en Lima Metropolitana como a nivel nacional.

Se recomienda vigilar las marcas Don Sabor y La Patrona por los resultados obtenidos en este estudio.

Utilizar diferentes puntos de temperatura, que sean superiores a las propuestas en este estudio.

Complementar lo establecido con otras pruebas de laboratorio como grado de acidez, índice de peróxidos, entre otros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pamo R. Obesidad en la pobreza y gastronomía peruana. *Revista de la Sociedad Peruana de Medicina Interna*. 2019; 27(2).
2. Rivera Y, Gutiérrez C, Gómez R, Matute M, Izaguirre C. Cuantificación del deterioro de aceites vegetales usados en procesos de frituras en establecimientos ubicados en el Municipio Libertador del Estado Mérida. *Ciencia Ingeniería*. 2014.
3. Feitosa S, Boffo E, Batista S, Velasco J, Silva S, Bonfim R, et al. Estudio de un caso real sobre los cambios fisicoquímicos del aceite de palma crudo (*Elaeis guineensis*) durante la fritura de akara, albóndigas de pasta de alubia tradicionales, en Brasil. *Palmas*. 2020; 41.
4. Incacutipa. Diagnóstico preliminar sobre el manejo de aceites vegetales usados (AVU) en los mercados, brosterías-salchipaperías, puerto muelle y pollerías de la ciudad de Puno. Gerencia de Medio Ambiente Saneamiento y Servicios, Puno.
5. Gutiérrez J, Mondragón P, García L, Hernández S, Ramírez S, Núñez N. Breve descripción de los mecanismos moleculares de daño celular provocado por los radicales libres derivados de oxígeno y nitrógeno. *Rev. Esp Méd Quir*. 2014;: p. 446-454.
6. Norma Sanitaria para el funcionamiento de restaurantes y servicios afines. En: Perú; 2018
7. Marchiori G, González A, Perovic N, Defagó M. Una mirada global sobre la influencia de los patrones alimentarios en las enfermedades cardiovasculares. *Perspect Nut Hum*. 2017.
8. Bejar Gonzales D, Jove Castillo E. Estudio tecnologías 4.0 en el sector de industrias alimentarias..
9. KC H. La globalización del sistema alimentario y la crisis de 2007 en los países de la comunidad andina..
10. L P. Globalización, soberanía y patrimonio alimentario..
11. Salud INd. Cerca del 70% de adultos peruanos padecen de obesidad y sobrepeso. Perú: Ministerio de Salud.
12. Aparco J, Bautista W, Astete L, Pillaca J. Evaluación del estado nutricional, patrones de consumo alimentario y de actividad física en escolares del Cercado de Lima. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Publica*. 2016; p. 633-639.
13. Torres F, Ciriaco M. La epidemia de obesidad infantil en el Perú..
14. Marchessino M, López L, Guerberoff K, Olmedo H. Los procesos de fritura y su relación con los valores nutricionales y la inocuidad: Una visión integral desde la seguridad alimentaria. 8.
15. N.A O. Nivel de conocimiento de efectos nocivos por aceites recalentados y hábitos alimentarios de frituras en alumna del II y IV ciclo de la facultad de ciencias farmacéutica y bioquímica de la UIGV. [Tesis].
16. Rollán IC. Efectos tóxicos derivados de la ingestión subcrónica de aceite de oliva sometido a diversos grados de fritura en rata. 2016;: p. 166.
17. Koo W. Oliva Aceite Perú Exportación 2018. AGRODATAPERU.
18. Cléricsi S, Molina M, Porcú E, Melillo E, Salcedo A. Calidad de aceites de fritura en rosterías céntricas de San Fernando del Valle de Catamarca. Resultados preliminares 2018. *Investigación, Ciencia y Universidad*. 2018; 2(3).
19. Cruz Ayala M. Estudio comparativo del estado de oxidación de aceite vegetal (Primor) expuesto al medio ambiente y sometido al calor en frituras de proteínas y carbohidratos.
20. Gesteiro E, Galera J, Gonzáles M. Aceite de palma y salud cardiovascular: consideraciones para valorar la literatura. *Nutrición Hospitalaria*. 2018.
21. Perfil Sociodemográfico. Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

22. Oliva O, Fragoso S. Consumo de comida rápida y obesidad, el poder de la buena alimentación en la salud. *Revista Iberoamericana para la Investigación y Desarrollo Educativo*. 2013; 4(7).
23. Ságaro del Campo N, Zamora L. Técnicas estadísticas multivariadas para el estudio de la causalidad en Medicina. *Revista de Ciencias Médicas de Pinar del Río*. 2020; 24(2).
24. Cabrera J. Propuesta de incorporar un dispositivo de medición que permita la lectura de TPM para mejorar el control y calidad del aceite de la máquina de fritura de pollo, en KFC 131 Real Plaza Arequipa-Perú. [Tesis].
25. Calagua A, Espinoza M. Recuperación de aceite utilizado en fritura de papas mediante un sistema de adsorción y filtración con sílica y tierra..
26. Calsin M, Aro J, Tipacti Z. Estabilidad oxidativa del aceite de soya con adición de antioxidante de Isoflavona durante la fritura de papas. *Investigación Altoandina*. 2016; 18(4).
27. Cuba R. Presencia de hidrocarburos aromáticos en aceites recalentados utilizados en pollerías de la ciudad de Huancayo 2015. [Tesis].
28. Segurondo R, Cortez V. Determinación de la rancidez en aceites usados en el proceso de frituras en establecimientos de expendio de comida rápida. *Con-Ciencia*. 2020;: p. 21-28.
29. Jiang H, Chen W, Jia Z, Tao F. Propiedades físicoquímicas del aceite para freír a corto plazo para alas de pollo y su estabilidad oxidativa en una emulsión de aceite en agua. *Ciencia de los Alimentos*. 2020; 8: p. 668-674.
30. Durán S, Torres J, Sanhueza. Aceites vegetales de uso frecuente en Sudamérica: características y propiedades. *Nutrición Hospitalaria*. 2015.
31. Pooja C, Sukhneet S. Compuestos polares en aceites para freír: una revisión. 2020.
32. Argueso R, Díaz J, Díaz J, Rodríguez A, Castro M, Diz Lois F. Lípidos. colesterol y lipoproteínas. *Galicia Clínica*. 2011.
33. Badui S. *Química de los alimentos*. 4th ed. México: Pearson Educación; 2006.
34. Carvajal C. *Lípidos, lipoproteínas y aterogénesis*. 4th ed. San José: Editorial Nacional de Salud y Seguridad Social; 2019.
35. Murray R, Bender D, Botham K, Kennelly P, Rodwell V, Weil A. HARPER. *Bioquímica ilustrada D.F: McGraw-Hill Interamericana Editores*; 2010.
36. Vera M. *Aceite de oliva virgen extra: su obtención y conservación* Madrid: AMV; 2011.
37. Valencia R, Garzon V. *Potencialidades de la Soya y usos en la Alimentación Humana y Animal*. Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
38. Ridner E. *Soja, propiedades nutricionales y su impacto en la salud*. 1st ed. Buenos Aires; 2006.
39. Herrera C, Magni S. *Producción de aceite de soya*..
40. García E, Fernández I, Fuentes A. Determinación del enranciamiento hidrolítico de un aceite de oliva mediante el grado de acidez..
41. Madrid U, editor. *Bioquímica de Productos Agrícolas*. 4th ed. Madrid: Cátedra de Bioquímica y Química Agrícola; 1986.
42. Fellows P. *Food procesing technology: principles and practice*..
43. Suaterna C. La fritura de los alimentos: pérdida y ganancia de nutrientes en los alimentos fritos. *Perspectivas en Nutrición Humana*. 2008; 10(1): p. 77-88.
44. Juárez M, Sammán N. El deterioro de los aceites durante la fritura. *Rev. Esp. Nutr Comunitaria*. 2007; 13(2).
45. Lercker G, Carrasco A. *El proceso culinario de fritura y el uso del aceite de oliva en el mismo*; 2010.

46. Tirado F. D, Acevedo D, Montero M. P. Transferencia de calor y materia durante el proceso de freído de alimentos: Tilapia (*Oreochromis niloticus*) y fruta de pan (*Artocarpus communis*). *Información Tecnológica*. 2015; 26(1).
47. Campos J. Efecto de la temperatura y tiempo de fritura en la textura y color de un chip de oca (*Oxalis tuberosa*). [Tesis].
48. Rubio G. Evaluación del deterioro del aceite vegetal en la preparación de papas fritas..
49. Papa Cldl. [Online] Acceso 3 de Noviembre de 2021. Disponible en: <https://cipotato.org/es/potato/>.
50. Hernández R, Fernández C, Baptista P, Méndez S, Mendoza C. *Metodología de la Investigación México*: McGraw-Hill Education; 2014.
51. Jiménez J, Argimon J. *Método de Investigación clínica y epidemiología España*: Elsevier; 2013.
52. Melo O, López L, Melo S. *Diseño de Experimentos. Métodos y Aplicaciones* Bogotá; 2020.
53. 270 T. *Medidor de aceite de fritura*; 2019.
54. Chen Wa, Chiu C, Cheng WC, Hsu CK, Kuo Mi. Compuestos polares y valores de acidez de aceites de fritura de uso repetido medidos por métodos estándar y rápidos. *Journal of Food and Drug Analysis*. 2013; 21(1): p. 58-65.
55. Véliz C. *Análisis multivariante: métodos estadísticos multivariantes para la investigación*. 1st ed. Buenos Aires: Cengage Learning Editores S.A; 2015.
56. Paredes E. Efecto del número de ciclos de fritado de papa blanca y tipos de aceite vegetal en la estabilidad y concentración de compuestos polares de cada aceite residual. [Tesis].
57. Lirong X, Yang F, Li X, Zhao C, Jin Q, Huang J, et al. Evaluación de la distribución de compuestos polares en aceites comestibles bajo frituras en restaurantes. *Revista de composición y análisis de alimentos*. 2022; 106.
58. Reyes HD. Estudio de la generación de aceites usados en los diferentes establecimientos de comida y su reutilización industrial..
59. Esquivel A, Castañeda Ovando A, Ramírez Godínez J. Cambios químicos de los aceites comestibles durante el proceso de fritura..
60. Suaterna AC. La fritura de los alimentos: el aceite de fritura. *Perspectivas en Nutrición Humana*. 2009;; p. 39-53.
61. E C, D.B M. La química de los aceites de freír. *Journal of food science*. 2007.
62. Zribi A, Jabeur H, Aladedunye F, Rebai A, Mattaus B. Supervisión de las características de calidad y estabilidad y las composiciones de ácidos grasos de los aceites de oliva y de semillas refinados durante la fritura en sartén y profunda repetida mediante GC, FT-NIRS y quimiometría. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2014;; p. 10357-10367.
63. Warner K. Frying quality and oxidative stability of high-oleic corn oils. ; p. 1317-1322.
64. Karakaya S, Sebnem S. Cambios en los compuestos polares totales, índice de peróxido, fenoles totales y actividad antioxidante de varios aceites utilizados en frituras profundas. *Revista de la Sociedad Estadounidense de Químicos del Petróleo*. 2011;; p. 1361-1366.
65. Zapata A, Vanegas L, Rojano B. Oleína de palma estabilizada con antioxidante natural de romero en un proceso discontinuo de fritura. *Información Tecnológica*. 2013; 25(2): p. 131-140.
66. Lázaro M. Alteraciones de los aceites vegetales durante la fritura..
67. Romero A, Bastida S, Sánchez F. Formación de monómeros de ácidos grasos cíclicos en la fritura doméstica de alimentos congelados en aceite de girasol y aceite de girasol con alto contenido de ácido oleico sin reposición de aceite. *Alimentos Chem Toxicol*. 2006;; p. 1674-1681.

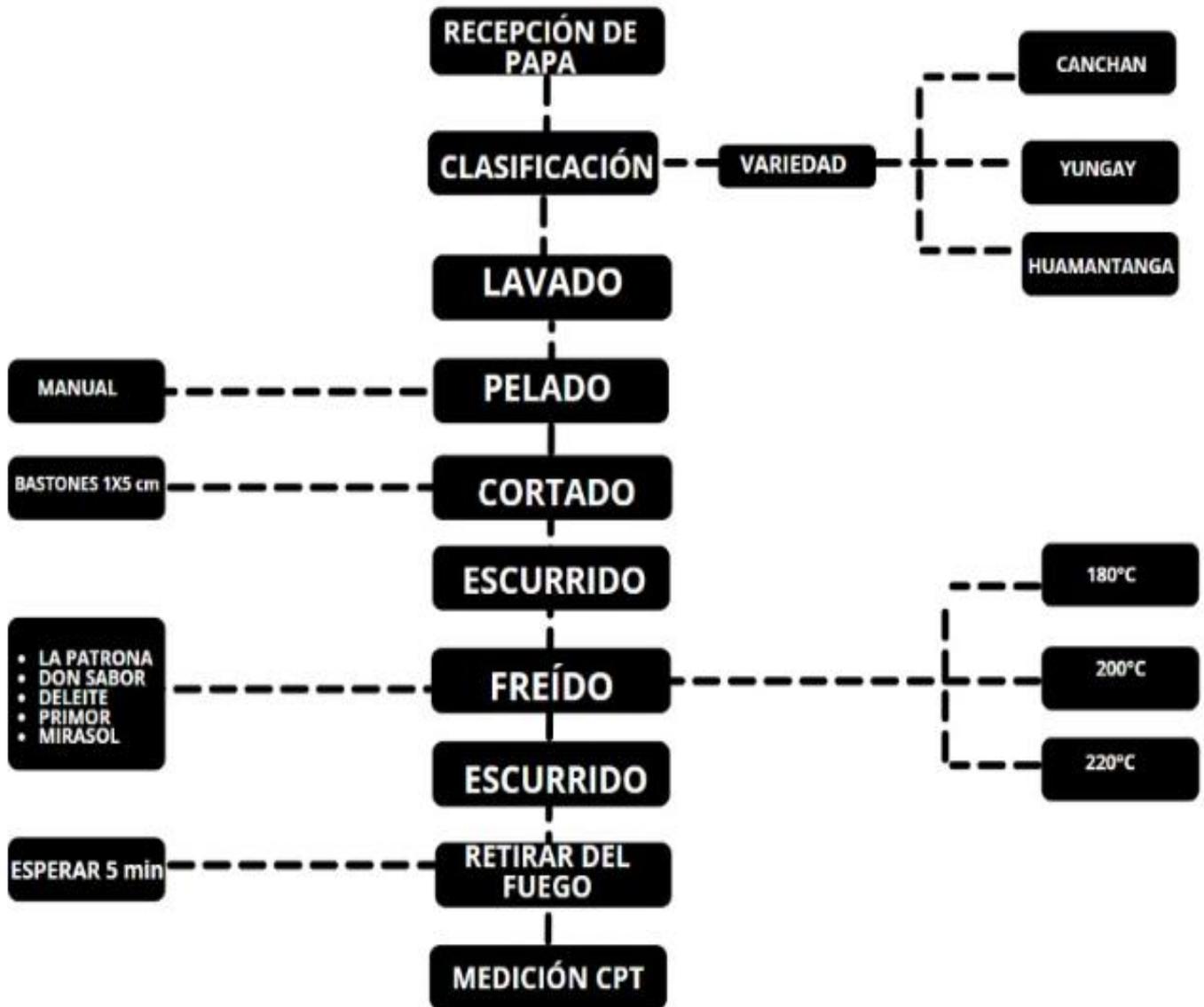
68. Flores M, Avendaño V, Bravo J, Valdés C, Forero O, Quitral V, et al. Parámetros del aceite comestible durante los procesos de deterioro. *Revista Internacional de Ciencia de los Alimentos*. 2021.
69. Liu Y, Tian J, Duan Z, Li J, Liuping V. Efecto de la actividad de la superficie del aceite en el comportamiento de absorción de aceite de las tiras de papa durante el proceso de fritura. *Food Chemistry Advances*. 2021; 365.
70. Ch. A, A I, V. I, I A. Efectos de fritura a profundidad repetida con índice de refracción y valor de peróxido de aceites vegetales seleccionados. 2018; 4.
71. Coronado H. M, Vega S, Rey Gutierrez L, Vázquez F. M, Radilla C. Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*. 2015; 42(2).
72. Crespiin M. Efecto del secado previo y tiempo de fritura en las características fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial de hojuelas de papa frita variedad yungay. [Tesis].
73. C, A M, K, E VH, K, G A. *Bioquímica*. 3rd ed. Madrid: Pearson Addison Wesley; 2002.
74. Prakash K, Kalpana R, Keasvan R. Cambios físico-químicos durante la fritura repetida de aceite cocido: una revisión. 2015.
75. Chacón de León C. Determinación del antioxidante sintético más estable contra la oxidación en el estudio comparativo sobre la degradación de diferentes aceites vegetales utilizados como medio de transferencia de calor y de masa.
76. Food and Agriculture Organization of the United Nations-World Health Organization. *Codex Alimentarius*. International Food Standards.

ANEXOS

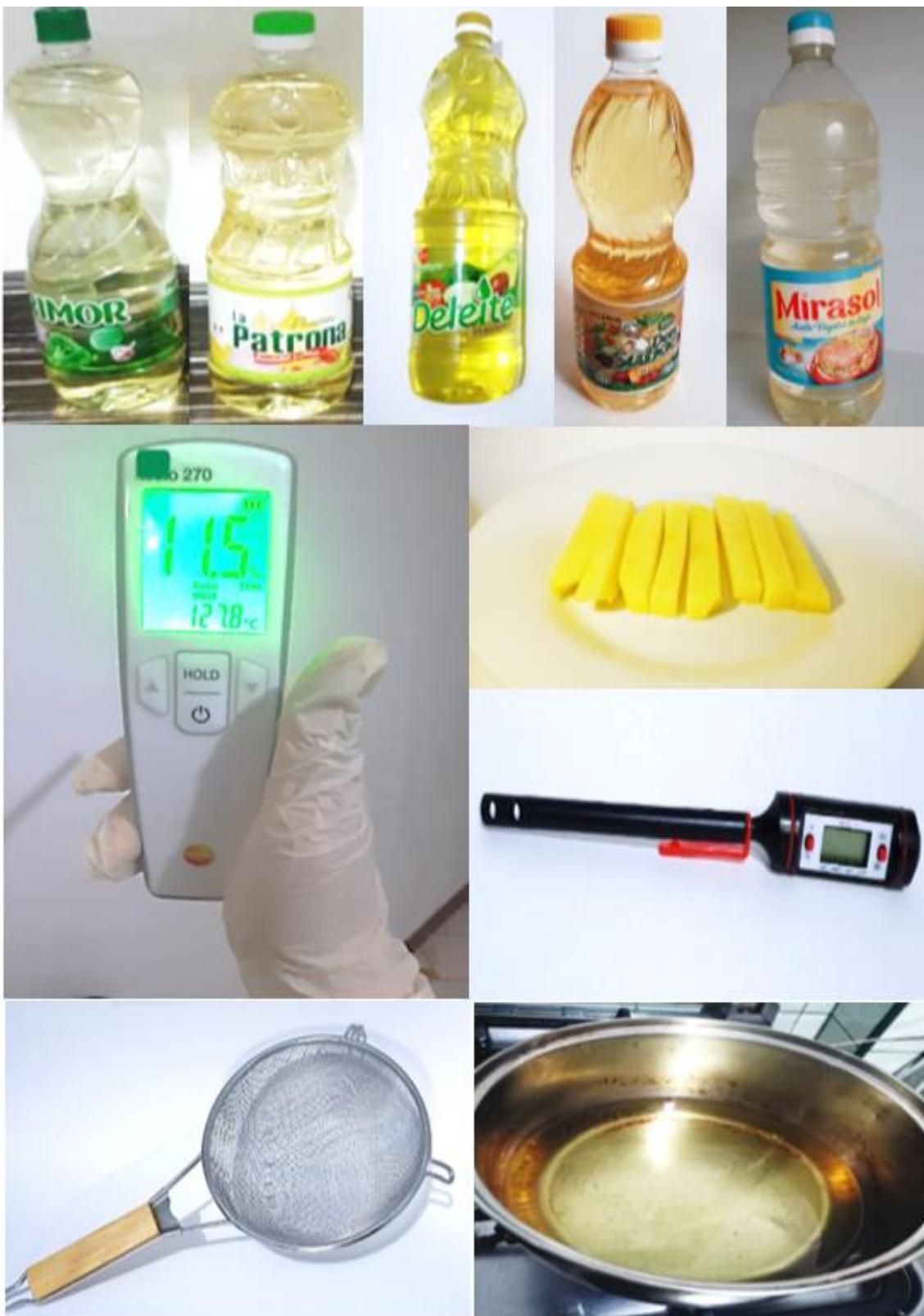
Anexo 1. Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Indicadores	Tipo de variable	Escala de medición	Valor/categoría
Concentración de Compuestos polares totales	Los compuestos polares se originan como resultado de la degradación del aceite luego de someterlo a calentamiento.	%	Cuantitativa	Razón	%CPT según contenido
Nivel Temperatura	Las temperaturas de cocción se pueden representar como los intervalos de las condiciones térmicas para cocer alimentos; donde gracias a las variaciones superiores al punto de ebullición del agua (160-180°C) la materia prima que transferirá el calor experimentará cambios físicos, químicos e incluso biológicos.	-	Cualitativa	ordinal	180°C 200°C 220°C
Marca de aceite	Son de aspecto líquido a temperatura ambiente, a comparación con el agua presenta mayor viscosidad, menor densidad, insoluble en agua y soluble en solventes orgánicos, y estos se extraen a partir de vegetales.	-	Cualitativa	nominal	LA PATRONA DELEITE PRIMOR MIRASOL DON SABOR
Variedad de papa	La papa es un tubérculo comestible que se extrae de la planta herbácea <i>Solanum tuberosum</i> .	-	Cualitativa	nominal	Canchan Yungay Huamantanga
Uso de aceite	Corresponde al número de veces en los que se reutiliza el aceite.	-	Cualitativa	nominal	1°uso 2°uso 3°uso

Anexo 2. Flujograma de proceso de réplica de fritura



Anexo 3. Materiales



Anexo 4. Preparación de las muestras y determinación de % de CPT



Anexo 5. Carta de aprobación del protocolo de tesis por el Comité de Ética en Investigación de la Facultad de Ciencias de la Salud.



Nº Reg. : CE-878

Los Olivos, 18 de Octubre de 2021

CARTA DE APROBACIÓN DEL PROTOCOLO DE TESIS POR EL COMITÉ DE ÉTICA EN INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Srtas.

**Zevallos Vicharra Anyela Fiorella
Calderon Laime Juliana Liseth**

Por medio de la presente me permito hacer de su conocimiento que se ha realizado la revisión de su Tesis.

“Influencia de las temperaturas de cocción sobre la concentración de compuestos polares totales en aceites para consumo humano Lima Metropolitana”

Cuyo asesor es la profesora María del Carmen Taípe Aylas. Se emite la presente CARTA DE APROBACIÓN, a fin de que prosiga con los trámites correspondientes en la elaboración de su Tesis.

Sin otro particular me despido de usted.

Atentamente.

Dr. Luis Quiroz Avilés
Comité de Ética en Investigación

UNIVERSIDAD LICENCIADA- RES. N°117-2018-SUNEDU/CD

Esq. Constelaciones y Sol Oro s/n Urb. Sol de Oro –Los Olivos ☎ 533 0008

Anexo 6. Matriz de Consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores	Población y muestra	Diseño	Instrumentos	Análisis estadístico
<p>Problema general</p> <p>¿Cuál es la influencia de los factores asociados a la concentración de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021?</p> <p>Problemas específicos</p> <p>¿Cuál es la influencia de las temperaturas de cocción sobre los porcentajes de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021?</p> <p>¿Cuál será la influencia de la marca de aceite sobre los porcentajes de compuestos polares en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021?</p> <p>¿Cuáles serán las influencias de los números de uso de aceite sobre los porcentajes de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021?</p> <p>¿Cuál será la influencia de la variedad de papa sobre los porcentajes de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Analizar los factores asociados a la concentración de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Determinar la influencia de temperaturas de cocción sobre los porcentajes de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021.</p> <p>Determinar la influencia de la marca de aceite sobre los porcentajes de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021.</p> <p>Determinar la influencia de los números de usos de aceite sobre los porcentajes de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021.</p> <p>Determinar la influencia de la variedad de papa sobre los porcentajes de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021.</p>	<p>Hipótesis alterna</p> <p>Existe influencia de los factores asociados a la concentración de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021.</p> <p>Hipótesis nula</p> <p>No existe influencia de los factores asociados a la concentración de compuestos polares totales en aceites obtenidos en mercados de Lima Metropolitana 2021.</p>	<p>Variable dependiente</p> <p>Concentración de compuestos polares totales</p> <p>Variables independientes</p> <p>Nivel de temperatura</p> <p>Marca de aceite</p> <p>Variedad de papa</p> <p>Uso de aceite</p>	<p>Muestra</p> <p>El presente estudio trabajó con 135 muestras de aceite vegetal de las marcas más consumidas, las cuales fueron recogidas en los 4 mercados más representativos de Lima Metropolitana.</p> <p>Criterios de inclusión</p> <p>-Todas las marcas de aceite vegetal más consumidas de los mercados de Lima Metropolitana.</p> <p>-Todas las marcas de aceite vegetal que cuenten con registro sanitario de los mercados de Lima Metropolitana.</p> <p>-Todos los aceites listos para el consumo humano con características organolépticas adecuadas.</p> <p>Criterios de exclusión:</p> <p>- Todas las marcas de aceite de origen animal, mezclas vegetales que no sean de origen vegetal en los mercados de Lima Metropolitana.</p> <p>- Todas las marcas de aceite a granel que no cuenten con registro sanitario en los mercados de Lima Metropolitana.</p>	<p>Diseño Experimental</p> <p>Alcance Explicativo</p>	<p>Método portátil de medición capacitiva, Testo 270</p>	<p>Análisis descriptivo:</p> <p>Las variables cuantitativas fueron analizadas como media \pm desviación estándar.</p> <p>Análisis inferencial:</p> <p>Para el análisis entre las variables se empleó PERMANOVA de una vía, de dos vías y de tres vías, éstas dos últimas para saber si existen interacciones entre las variables independientes. Adicionalmente, se eligió el test de dispersión multivariante o PERMDISP, el cual indica si hay diferencias significativas en la variabilidad de dos variables.</p>

